

VOLATILIDAD Y CICLOS DEL PRODUCTO Y LA INVERSIÓN EN URUGUAY EN EL LARGO PLAZO: ANÁLISIS ESPECTRAL Y APLICACIÓN DE FILTROS

CAROLINA ROMÁN*

DANIELA VÁZQUEZ**

Resumen

El proceso de acumulación de capital es uno de los factores fundamentales para el crecimiento económico de una economía. En este artículo se propone estudiar las fluctuaciones cíclicas de la inversión y del producto en el largo plazo, 1870-2010, en Uruguay, a partir del análisis de las series y la extracción de señales. En particular, este trabajo se ocupa de identificar las características de los ciclos de la inversión y del producto, tales como los cambios de fases, la coherencia, el movimiento conjunto, la persistencia, la duración de los ciclos, la volatilidad cíclica y la volatilidad relativa. Los estudios previos que han examinado estos comportamientos de la inversión, se han concentrado en periodos ubicados en la segunda mitad del siglo XX dado que hasta el momento no se disponía de series históricas de muy largo plazo. Este trabajo utiliza nuevas series históricas de inversión, elaboradas por Román y Willebald (2012), que cubren el periodo desde 1870 hasta el presente. Además aplica el análisis espectral con este horizonte histórico y utiliza distintas técnicas de extracción de señales que permiten comparar la sensibilidad de los resultados ante los procedimientos utilizados.

Palabras clave: volatilidad cíclica, inversión, Uruguay, ciclos de la inversión, análisis espectral.

Abstract

Capital accumulation is one of the main factors that drive economic growth. In this article we analyze some of the cyclical characteristics of the long run evolution of capital accumulation in Uruguay using the spectral analysis and the decomposition of time series in the period 1870-2010. In particular, the focus is on studying the cycles of investment and product, the duration, persistence, the cyclical volatility and the relative volatility of investment in relation to product. Previous studies on investment have dealt with these features but for the second half of the 20th century. We take advantage of new historical series on investment, recently published by Román and Willebald (2012), which covers the time period since 1870 to the present. In addition, the spectral analysis is used in this historical context, and several techniques for decomposition of time series are used as a sensibility analysis of the results obtained.

Key words: cyclical volatility, investment, Uruguay, investment cycles, spectral analysis.

Agradecimientos

Agradecemos los comentarios recibidos por parte de Ana Laura Badagián para completar y mejorar este trabajo así como las observaciones y sugerencias de los dos evaluadores anónimos. Los errores remanentes son de nuestra entera responsabilidad.

* Instituto de Economía, Facultad de Ciencias Económicas y de Administración, Universidad de la República, Uruguay.
E-mail: croman@iecon.ccee.edu.uy

** Instituto de Economía, Facultad de Ciencias Económicas y de Administración, Universidad de la República, Uruguay.
E-mail: daniela.vazquez@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Los factores determinantes del crecimiento económico han sido explicados por diversas teorías, pero más allá de cuál sea el factor explicativo principal, y aún, aceptando que éste podría ser diferente en distintos estadios del desarrollo, el proceso de acumulación de capital físico constituye un aspecto medular e indispensable para el crecimiento económico.

El capital es un factor de producción y al mismo tiempo actúa como canalizador de otros procesos. En particular, la acumulación de capital ha sido señalada como uno de los canales a través del cual la volatilidad afecta el crecimiento (Toledo 2008, CEPAL 2008). Una mayor volatilidad de la inversión puede dificultar un proceso sostenido de acumulación de capital debido a factores tales como la presencia de mercados de capitales imperfectos y una mayor precaución de los inversionistas bajo escenarios de incertidumbre.

Los ciclos económicos se definen como oscilaciones de las variables económicas y estadísticamente se miden a partir de las fluctuaciones en torno a su tendencia. Las series de tiempo, en general, presentan un comportamiento oscilante, aunque no todas estas fluctuaciones son de interés económico. Se requiere la aplicación de técnicas para detectar aquellos componentes relevantes para el análisis.

Este artículo se propone realizar un primer ejercicio para estudiar las características de la volatilidad y del ciclo de la inversión y del producto en Uruguay en el periodo 1870-2010, a partir del análisis espectral y la extracción de señales. En particular se ocupa de estudiar las características de las fluctuaciones cíclicas de la inversión y del producto, tales como los cambios de fases, la coherencia, el movimiento conjunto, la persistencia, la duración de los ciclos, la volatilidad cíclica y la volatilidad relativa. Los estudios que han abordado el análisis de los ciclos y la volatilidad de las series de inversión en Uruguay se han limitado a estudiar la segunda década del siglo XX dado que hasta el momento no se disponía de series históricas de muy largo plazo. Este trabajo utiliza nuevas series históricas de inversión elaboradas recientemente por Román y Willebald (2012) que cubren el periodo desde 1870 hasta el presente y además aplica el análisis espectral con este horizonte histórico. Estos dos aspectos constituyen las contribuciones fundamentales que se propone este artículo.

La metodología a utilizar se basa en el análisis espectral, o en el dominio de las frecuencias, y el cálculo de medidas estadísticas sobre las señales extraídas a partir del filtrado de las series. Como se pretende especialmente estudiar las características del componente cíclico, se utiliza el método de extracción de componentes sobre la base de los modelos de la forma reducida o ARIMA univariantes. Se aplicaron el filtro de Hodrick-Prescott y el filtro Alisado Exponencial, y se compararon si las características de los ciclos son sensibles a estas dos metodologías.

El artículo, luego de esta introducción, se compone de seis secciones. A continuación se resumen alguno de los antecedentes relativos a los estudios de los ciclos y la volatilidad del producto y de la inversión en Uruguay. En la tercera sección se describen los datos y la metodología a utilizar. La cuarta sección contiene los resultados de los análisis descriptivos, espectrales y la aplicación de filtros. En quinto lugar se resumen y comentan los resultados. La sección sexta presenta las conclusiones y por último las referencias bibliográficas se enumeran en la séptima sección.

2. ANTECEDENTES

La volatilidad macroeconómica de los países en desarrollo es una característica resaltada de forma continua por la literatura de crecimiento y desarrollo. Los países latinoamericanos están caracterizados por una persistente volatilidad del crecimiento y mayores niveles de inestabilidad en comparación con otras regiones del mundo (Bértola y Ocampo 2010; CEPAL 2010, Fanelli 2008 y 2009; Fanelli, Lorenzo y Oddone 2003).

El análisis de los ciclos y la volatilidad del producto en Uruguay ha sido objeto de diversos trabajos. Bértola y Lorenzo (2000 y 2004) han estudiado las tendencias de crecimiento de largo plazo, 1870-2000, de las economías del cono sur y han identificado patrones de fluctuación cíclica del PIB per cápita. Estos autores encuentran fluctuaciones con períodos cercanos a los 20 años de duración que se asimilan a los ciclos Kuznets e identifican la existencia de mayor simultaneidad entre los ciclos y una volatilidad más alta durante las etapas de mayor apertura económica (antes de 1930 y entre 1970

y 2000). A su vez, al comparar Argentina, Brasil y Uruguay con una muestra de países desarrollados, encuentran que las economías del cono sur son más volátiles. Otros estudios también han evidenciado que Uruguay presenta como rasgo característico una volatilidad importante del crecimiento del PIB per cápita y también de su ciclo, como son los trabajos de Azar y Fleitas (2012); Bértola (2008); Bértola y Lorenzo (2004); Bonino, Román y Willebald (2012); Carbajal y De Melo (2007); Kamil y Lorenzo (1998); Oddone y Cal (2006); Oddone (2010).

En relación con la inversión, el estudio de los ciclos y la volatilidad en Uruguay se ha concentrado en la segunda mitad del siglo XX puesto que hasta el momento no se disponía de series históricas que cubrieran un periodo más extenso. Kamil y Lorenzo (1998) encuentran, a partir de series trimestrales entre 1975 y 1994, que la inversión bruta interna fija es pro-cíclica, rezaga al ciclo de referencia, y presenta una volatilidad cíclica media (mayor a uno)¹. Fanelli, Lorenzo y Oddone (2003) han abordado el estudio de la volatilidad de las variables macroeconómicas en América Latina para el periodo 1964-1997. A partir de series anuales encuentran una mayor volatilidad de estas variables y en particular de la inversión, en comparación con países desarrollados. Este mismo resultado para el caso de Uruguay, evidencian Oddone y Cal (2006) para el periodo 1960-2001 utilizando series anuales. Carbajal y De Melo (2007), a partir de series anuales, caracterizan la volatilidad cíclica para la segunda mitad del siglo XX (hasta 2004) y encuentran una elevada volatilidad relativa de la inversión y un comportamiento pro-cíclico, en relación con el producto. Finalmente, el antecedente más directo por la utilización del análisis espectral con series macroeconómicas de Uruguay, es Badagián (2003) aunque aborda un periodo reciente, 1980-2002, y utiliza series trimestrales. La autora aplica diversas técnicas de extracción de señales y concluye que algunos resultados son sensibles a la metodología utilizada. En relación con la inversión, encuentra que la prociclicidad y la coherencia respecto al ciclo del producto son resultados que se mantienen robustos con independencia de la técnica empleada, pero otros rasgos como la sincronización y el rezago del ciclo de la inversión respecto al producto y los niveles de volatilidad cíclica son sensibles al método aplicado.

En síntesis, parte de las características encontradas por los antecedentes previamente comentados resultan consistentes con la evidencia internacional sistematizada por Kamil y Lorenzo (1998), según la cual la inversión bruta fija se caracteriza por ser pro-cíclica. Sin embargo, otros rasgos como el cambio de fase de las fluctuaciones cíclicas y los niveles de la volatilidad cíclica resultan ser dependientes de la técnica utilizada. Si bien a nivel internacional el patrón de las fluctuaciones del ciclo de la inversión es coincidente con el ciclo del producto, los trabajos para Uruguay encuentran que el ciclo de la inversión puede ser coincidente pero también rezagar al del producto. También la volatilidad cíclica de la inversión presenta niveles medios y altos, en función del método utilizado, cuando la evidencia de otros países muestra que la volatilidad cíclica suele ser alta, siendo a su vez dos o tres veces más volátil que el producto.

3. DATOS Y METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

3.1 FUENTES DE DATOS

Para estudiar la evolución de la inversión se utiliza la variable formación bruta de capital fijo (FBKF) y en el caso del producto se trabaja con el producto interno bruto (PIB). En ambos casos son series anuales entre 1870 y 2010 y están expresadas en pesos a precios constantes de 2005. La serie correspondiente a la formación bruta de capital fijo corresponde a Román y Willebald (2012) mientras que la de PIB se tomó de Bonino, Román y Willebald (2012). Desde 1955 hasta el presente ambas series están basadas en información proveniente del Sistema de Cuentas Nacionales (Banco de la República, 1965 y Banco Central del Uruguay 1976, 1980, 1989, 1994 y datos disponibles en el sitio web <http://www.bcu.gub.uy>). Para cubrir el periodo anterior las series están construidas a partir de estimaciones históricas. En el caso del PIB las series históricas corresponden a Bértola et al. (1998) y Bertino y Tajam (1999). En relación con la formación bruta de capital fijo las estimaciones fueron elaboradas por Román y Willebald (2012).

3.2 EXTRACCIÓN DE SEÑALES Y ANÁLISIS ESPECTRAL

Los ciclos económicos son definidos como oscilaciones de las variables económicas que se miden estadísticamente a partir de las fluctuaciones en torno a la tendencia. Las series de tiempo, en general, presentan oscilaciones pero no todas son de interés económico. Las series anuales se pueden describir en función de tres componentes: la tendencia (evolución de la serie vinculada a factores de largo plazo); el ciclo (fluctuaciones con periodicidad mayor al año pero menor al “largo plazo”); y el componente irregular (con una estructura aleatoria y caracterizado como un proceso estocástico ruido blanco). Estos componentes no son directamente observables a partir de los datos originales, por lo que se necesita utilizar procedimientos específicos que los permita identificar.

Este artículo utiliza las series históricas de inversión y producto, con frecuencia anual y expresadas en pesos constantes del 2005, y se estiman modelos de la forma reducida o ARIMA univariantes, que permite detectar y corregir los datos atípicos de las series. De esta forma, la serie original es ajustada por la presencia de valores atípicos y la nueva estimación se denomina “serie linearizada”; en un paso siguiente se extrae el componente irregular y así se obtiene la señal conocida como “tendencia-ciclo”. Estas estimaciones se realizan en el módulo TRAMO-SEATS del programa DEMETRA (versión 2.0).

En el análisis espectral, o dominio de las frecuencias, las series de tiempo se interpretan como una combinación de fluctuaciones de distinta amplitud y duración. Desde esta perspectiva, cada componente de la serie -tendencia, ciclo y componente irregular- se asocia con un rango de frecuencia determinado. Esta técnica permite identificar de qué forma las distintas frecuencias contribuyen a la explicación de la variabilidad total de una serie, describiendo cuales son los ciclos más importantes y la relación de los ciclos con los de otra variable de referencia. Asimismo, otra ventaja de esta técnica es que permite identificar cuáles son las frecuencias que se ven alteradas al aplicar filtros de distinta naturaleza, sea el filtro de Hodrick Prescott, Alisado Exponencial u otros. De esta manera, permite identificar si los resultados son sensibles a la utilización de distintos métodos de extracción de señales. Para realizar el análisis espectral se utilizaron los programas Gretl (versión 1.9.5) y R (versión 2.15.1)

Las características de los ciclos, que en el dominio del tiempo se estudian a través de medidas estadísticas, también se pueden abordar a partir del análisis espectral. En este caso se utilizan tres herramientas: la función de densidad espectral de cada variable, la función de coherencia entre los ciclos de las variables y la función de cambio de fase de la variable respecto al ciclo de referencia.

La función de densidad espectral o espectro poblacional, que se estima a través del periodograma muestral, permite visualizar cuáles son las frecuencias dominantes y cuáles las de menor importancia para explicar la variabilidad de una serie. En el gráfico de la función de densidad espectral un pico indica la presencia de un componente cíclico con un periodo, o longitud de onda, igual a $2\pi/\omega$ (siendo ω la frecuencia). El análisis espectral multivariado se aplica a la inversión y al producto. La función de fase brinda información sobre el liderazgo o rezago de la inversión respecto al producto. El signo de esta función indicará si existe desfase y de qué tipo mientras que su valor indicará de cuantos periodos es el desfase. Para determinada frecuencia, si la función es positiva los ciclos de la inversión lideran a los ciclos del producto. Si por el contrario, la función es negativa entonces los ciclos de inversión rezagan a los ciclos del producto. Por su parte, la función de coherencia permite observar el grado en que dos series se encuentran influidas por los mismos ciclos. Un valor de la función cercano a uno, para una determinada frecuencia, está asociada a una elevada correspondencia entre las fluctuaciones de las series. Asimismo, una escasa asociación entre ambas variables está vinculada a un valor de la función cercano a cero.

Por otra parte se estudiaron las fluctuaciones cíclicas a partir de las señales obtenidas a partir de métodos que permiten extraer el componente tendencial. Se aplican dos técnicas de filtrado, utilizando el programa Gretl (versión 1.9.5): el filtro de Hodrick-Prescott (HP) y el filtro Alisado exponencial (AE). El filtro de Hodrick-Prescott es uno de los procedimientos más utilizados que permite extraer la tendencia de una serie de tiempo. La idea sobre la cual se basa este método es que la serie observada está compuesta por un componente de tendencia (estocástica y suave) y uno cíclico (no correlacionado con la tendencia), con lo cual el objetivo es extraer la tendencia de los datos de forma de que las desviaciones de la serie respecto a la tendencia se interpreten como el componente cíclico. El filtro Alisado Exponencial (AE) también permite remover de los datos los componentes asociados

a las bajas frecuencias que se identifican con la tendencia de largo plazo de la serie, pero utilizando otros parámetros en su estimación.

Al igual que los filtros empiristas en general, ambos han recibido críticas y en particular la ausencia de fundamentos teóricos y el riesgo de extraer señales que se ven influenciadas por otras que no son de interés y por lo tanto dificultar las interpretaciones. Por esa razón, en este artículo, se utilizan las dos técnicas de extracción de señales (HP y AE) y se los aplica sobre las tres especificaciones de cada serie (los datos originales, la serie linearizada y la serie tendencia-ciclo) para así darle mayor robustez a los resultados.² A su vez, con las series linearizadas (ajustadas por los *outliers*) y los componentes tendencia-ciclo (sin el componente irregular) se repiten los ejercicios de análisis espectral y desagregación de los componentes aplicando los filtros HP y AE.

Para estudiar las características de las oscilaciones cíclicas de la inversión y del producto se calculan una conjunto de medidas estadísticas: la desviación estándar para medir la volatilidad; la estructura de correlaciones para estudiar la persistencia del ciclo; y las correlaciones cruzadas de los componentes cíclicos con el objetivo de medir el comovimiento de la inversión respecto al ciclo del producto—procíclico, contracíclico o acíclico— y los cambios de fase —liderazgo, rezago o sincronización—.

4. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LAS SERIES DE INVERSIÓN Y PRODUCTO

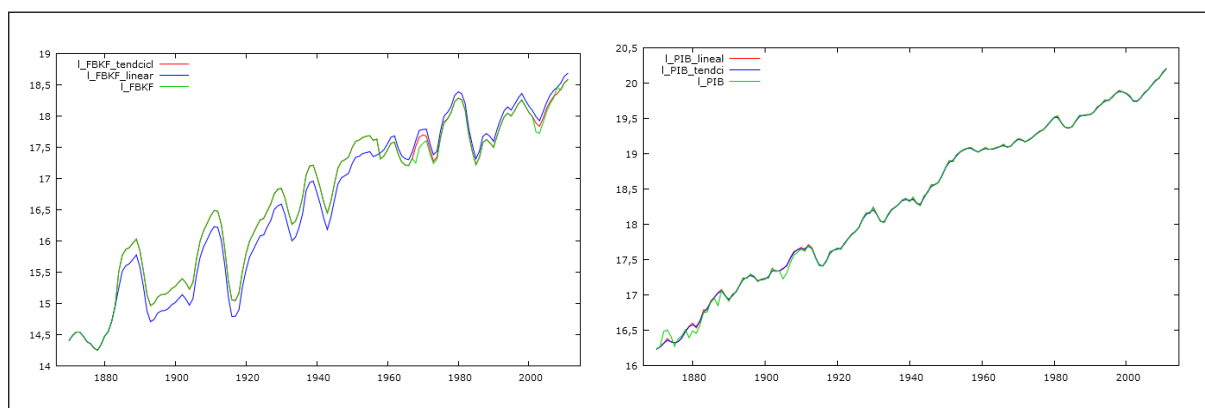
Las variables macroeconómicas en general, y en particular la inversión y el producto, suelen tener una variabilidad que crece con la tendencia, por lo que se les aplica la transformación logarítmica para estabilizar la varianza. Al mismo tiempo, este procedimiento facilita la interpretación cuando se aplica un filtro para descomponer la tendencia del ciclo. Por lo tanto, todos los ejercicios se realizan sobre las logaritmos de las variables inversión y producto.

Las series de inversión y de producto se ajustaron a partir de la modelización automática del módulo Tramo-Seats del programa DEMETRA. El modelo estimado para cada variable corrige los valores atípicos o *outliers* (obteniendo las series linearizadas) y extrae el componente irregular para obtener así la señal tendencia-ciclo.³ En el caso de la inversión, el programa estima un modelo univariado ARIMA (3, 1, 0) con cuatro valores atípicos: dos cambios de nivel (LS) en 1884 y 1958, un cambio transitorio (TC) en 1968 y un *outlier* aditivo (AO) en 2008. Además se intervino *ad hoc* la serie ajustando un cambio transitorio en el año de la crisis económica del 2002, que significó una abrupta caída de la inversión, para obtener una mejor especificación del modelo. En relación con la serie del producto, el programa estima de forma automática un modelo ARIMA (0, 1, 1) con cinco valores atípicos: dos *outliers* aditivos (OA) en 1875 y 1887 y tres cambios transitorios (TC) 1872, 1879 y 1905.

En el Gráfico 1, la evolución de la inversión y del producto, ambas series anuales expresadas a precios constantes del año 2005, comparten una tendencia creciente. Para cada variable se grafican las tres especificaciones: sus datos originales, la serie linearizada y el componente tendencia-ciclo. Si bien al aplicar logaritmos, la variabilidad de la serie se reduce, las oscilaciones que persisten en la inversión, especialmente en las primeras décadas del periodo, pueden responder a la propia construcción histórica de la serie.⁴

GRÁFICO 1

Evolución de la FBKF (izquierda) y del PIB (derecha): series original, linearizada y tendencia ciclo



Fuente: Ver sección 3.1

El análisis espectral y la aplicación de filtros (HP y AE), que se describen en las próximas secciones, se realizan sobre las tres modelizaciones de la inversión y del producto: los datos originales; las series linearizada y la tendencia-ciclo (las dos últimas estimadas mediante el Tramo-Seats).⁵

4.1 ANÁLISIS ESPECTRAL UNIVARIADO

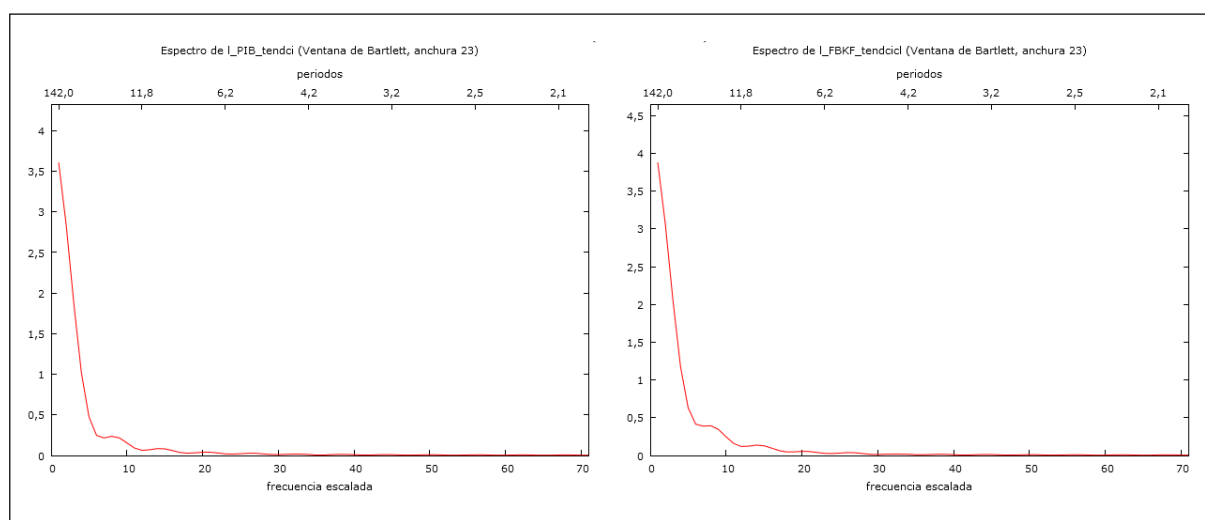
El análisis espectral permite estudiar de qué forma las frecuencias contribuyen a la explicación de la variabilidad total de la serie, y se utiliza el periodograma muestral como herramienta para identificar el componente predominante de la serie. En el periodograma las oscilaciones de baja frecuencia (ceronas a cero) se asocian a movimientos de largo plazo o estructurales que definen la tendencia y las de mayor frecuencia se identifican con los ciclos más cortos. En series macroeconómicas anuales, como las utilizadas en este artículo, se espera encontrar que la tendencia sea el componente predominante y por lo tanto la función tome los niveles más altos para valores cercanos a cero.

Se presenta en el Gráfico 2 los periodogramas de la inversión y del producto, respectivamente, estimados a partir de los componentes tendencia-ciclo de cada variable y utilizando una ventana de Barlett de ancho 23.⁶ El eje de las abscisas superior indica la cantidad de años de duración del ciclo, mientras que el eje inferior mide la frecuencia con que se repite un ciclo determinado a lo largo del periodo de tiempo (cuya escala, estandarizada, está comprendida entre 0 y $T/2$, siendo T la cantidad de observaciones, 142 en este caso). Al ser series anuales, se espera observar que la función tome los máximos valores para las frecuencias cercanas a cero (asociadas con la tendencia), y valores menores para periodos entre cero y 35 años y medio.

Por un lado, se observa que los periodogramas de la inversión y del producto son muy similares, con valores que tienden a infinito para la frecuencia cero –asociada a la tendencia– y con una duración de 142 años (cantidad de observaciones de las series anuales entre 1870 y 2010). Al mismo tiempo, no se distinguen ciclos muy importantes en las series ya que el espectro tiende a cero para frecuencias mayores a 10. No obstante, entre las frecuencias 0 y 10 (eje inferior), es decir entre las frecuencias asociadas a la tendencia y a los ciclos de 12 años (eje superior), hay indicios de que pueda existir algún ciclo de mediano plazo, ya que la caída del espectro estimado no es exponencial, sino que tiene un pequeño escalón. Es usual observar además que el componente de tendencia predomine, ocultando otros ciclos de frecuencia algo mayor.

GRÁFICO 2

Periodograma de las series Tendencia-Ciclo en logaritmos del PIB (izquierda) y de la FBKF (derecha)



Fuente: Ver sección 3.1

En resumen, del análisis espectral univariado de la inversión y del producto, surge que la tendencia es el componente más relevante en la explicación de la variabilidad de las series, y esto ocurre utilizando indistintamente las tres modelizaciones de las series utilizadas (original, linearizada y tendencia-ciclo).

4.2 ANÁLISIS ESPECTRAL MULTIVARIADO

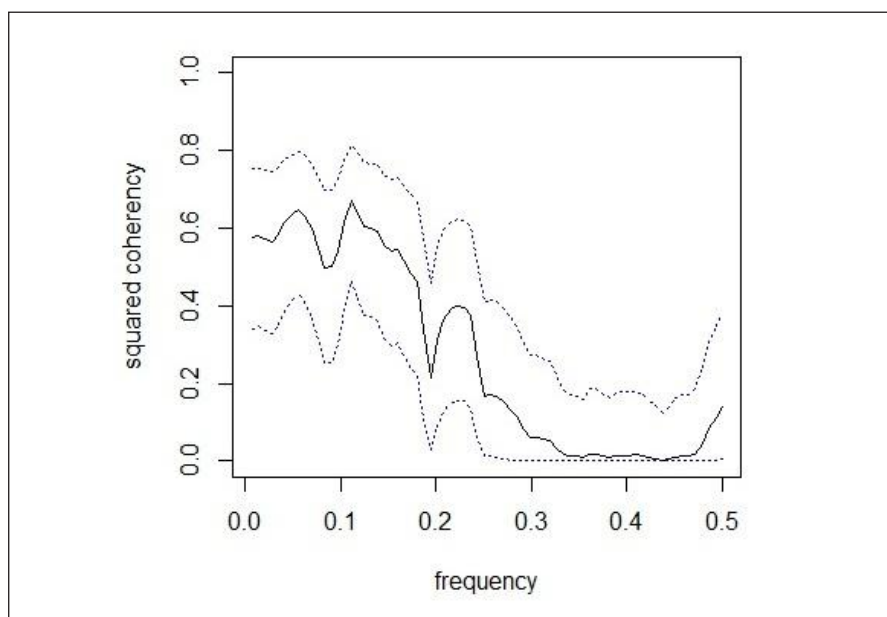
La descripción de la relación entre las fluctuaciones cíclicas de la inversión y del producto se realiza a través del análisis multivariado que permite identificar el grado de asociación (la coherencia) entre los ciclos de las variables y el cambio de fase de los ciclos de la inversión respecto al ciclo del producto.⁷ Los niveles de coherencia, siguiendo la clasificación utilizada en Badagían (2003), se pueden agrupar en tres categorías: bajo, si el máximo valor de la función de coherencia es menor a 0,40; medio cuando los valores se ubican entre 0,40 y 0,75; y altos cuando los niveles son superiores a 0,75. A su vez, a partir de la función de fases se puede identificar si la inversión lidera, rezaga o sincroniza con el ciclo del producto, a partir del signo y valor que tome la función.

4.2.1 Coherencia entre los ciclos

Cuando se analizan las series originales, los ciclos más coherentes (valores de la función de coherencia en niveles medios o moderados) son aquellos asociados con la tendencia (los cercanos a la frecuencia 0) y con los componentes cíclicos de las series (ver Gráfico 3). La mayor correlación en la tendencia puede ser un indicio de que las variables comparten una tendencia común, es decir, podría ser una señal de la existencia de cointegración entre las series. En relación con los componentes cíclicos, se encuentra coherencia entre los ciclos cercanos a cero, en particular, hasta la frecuencia 0,2 –asociada a ciclos de 5 años– aunque luego hay un repunte hasta 0,25 –ciclos de 4 años– que luego se desvanece. La coherencia se hace más débil para las frecuencias asociadas a los ciclos de menor duración.

GRÁFICO 3

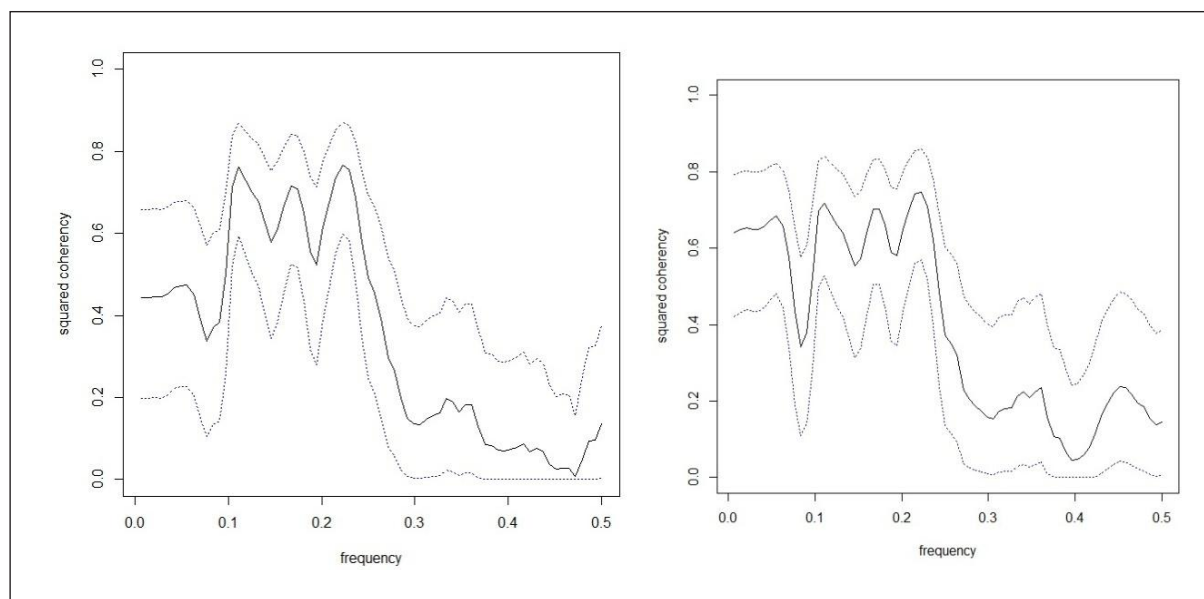
Coherencia entre las series del PIB y de la FBKF

**Fuentes:** Ver sección 3.1

Cuando se analiza la correlación entre las series tendencia-ciclo y las linearizadas (Gráfico 4), los niveles más altos de coherencia corresponden a aquellos ciclos con frecuencias más bajas, que se asocian con la tendencia y con los componentes cíclicos de las series. Entre estos últimos se encuentra mayor coherencia para las frecuencias menores de 0,25 (ciclos mayores a 4 años) algo que se insinuaba en las series originales (Gráfico 3). Para los ciclos mayores la función pierde importancia.

GRÁFICO 4

Coherencia entre las series del PIB y de la FBKF: Tendencia-Ciclo (izquierda) y Linearizadas (derecha)

**Fuentes:** Ver sección 3.1

Al comparar los gráficos de la serie original y la de tendencia-ciclo, la coherencia de la última resulta claramente más alta para ciclos con frecuencia 0,1 y 0,25 (correspondientes a ciclos de 4 y 10 años) que para los cercanos a cero. Esto no es tan evidente en la serie original. Lo que surge en todos los casos es que la coherencia disminuye para los ciclos con una duración menor a 4 y 5 años.

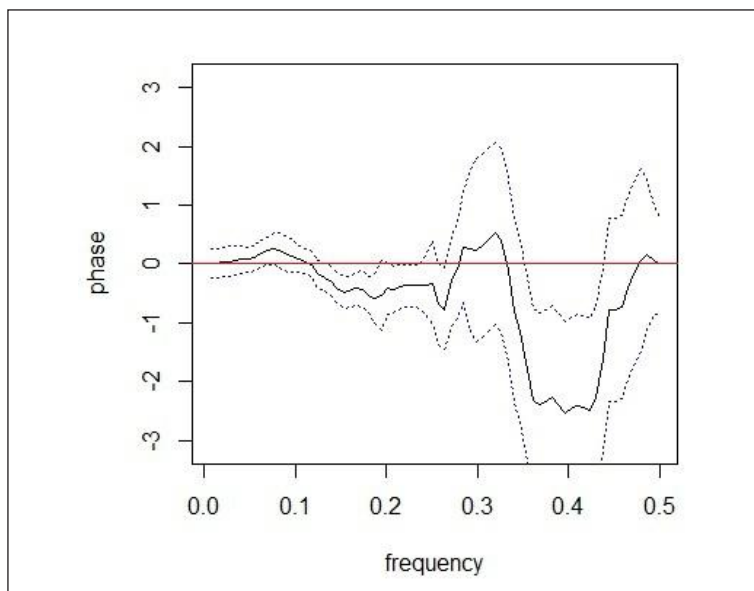
En síntesis, del análisis espectral multivariado surge que la coherencia entre la inversión y el producto es mayor para los ciclos cercanos a cero (tendencia), y los ciclos de entre 4 y 10 años. La correlación entre estos ciclos se evidencia más cuando se trabaja con el componente tendencia-ciclo. En cualquier caso, la correspondencia disminuye para los ciclos más cortos, menores a 4 o 5 años.

4.2.2 Cambio de fase entre los ciclos

Otro aspecto a analizar es la existencia de cambios de fase entre los ciclos de la inversión respecto al producto para una misma frecuencia (es decir, en los ciclos de igual duración). Esto es, si las fluctuaciones cíclicas, de determinada duración, de la inversión lideran, rezagan o coinciden con los ciclos —de igual duración— del producto. Para esto se analiza el espectro de la función de fase que indica si existe desfase y de cuántos períodos es el mismo. En el gráfico el valor cero implica que no existe diferencia de fases entre los ciclos de las variables. Si se observa que la función sale del intervalo de confianza en torno al cero (línea punteada) entonces los ciclos no coinciden.

En el caso de las variables en sus versiones originales (Gráfico 5) el intervalo de confianza deja de incluir al cero para las frecuencias entre $\lambda = 0,35$ y $\lambda = 0,45$ (asociadas a los ciclos de 2,5 años en promedio) donde hay un desfase de aproximadamente 2,5 años entre las variables (según el eje de las ordenadas que indica cuantos años es el desfase). En particular, son los ciclos de 2,5 años de la inversión los que tienen un rezago de 2,5 años respecto a estos mismos ciclos del producto.

GRÁFICO 5
Función de fases entre la series de FBKF y del PIB



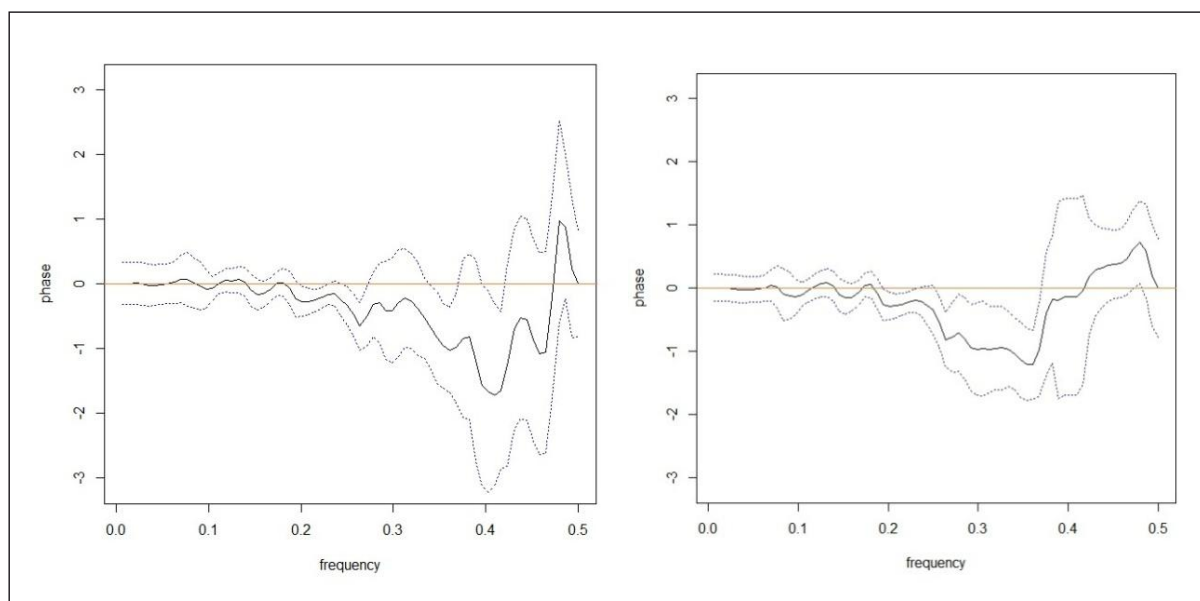
Fuentes: Ver sección 3.1

Nota: En el eje de las abscisas la escala es de 0 a π , pero en el Programa R se estandariza las frecuencias, denominadas λ y adquiere valores entre 0 y 0,5. Para expresar las frecuencias en periodos, p , se calcula $p=1/\lambda$.

El análisis de los desfases de las series linearizada y tendencia-ciclo (Gráfico 6) también presenta indicios de desfase de la inversión para las frecuencias entre 0,3 y 0,45 (ciclos de 2,5 años de duración aproximadamente), en línea con lo encontrado para las variables originales, aunque el rezago es menor (entre 1 y 1,5 años).

GRÁFICO 6

Fases entre la series de FBKF y del PIB de Tendencia-Ciclo (izquierda) y Linearizadas (derecha)



En síntesis, de las estimaciones espectrales se identifica que las fluctuaciones cíclicas de la inversión rezagan al ciclo del producto entre 1 y 2,5 años, dependiendo del componente de la serie utilizado, aunque en cualquier caso el desfase se produce para frecuencias altas, que se asocian a ciclos de 2,5 años aproximadamente.

5. APLICACIÓN DE LOS FILTROS

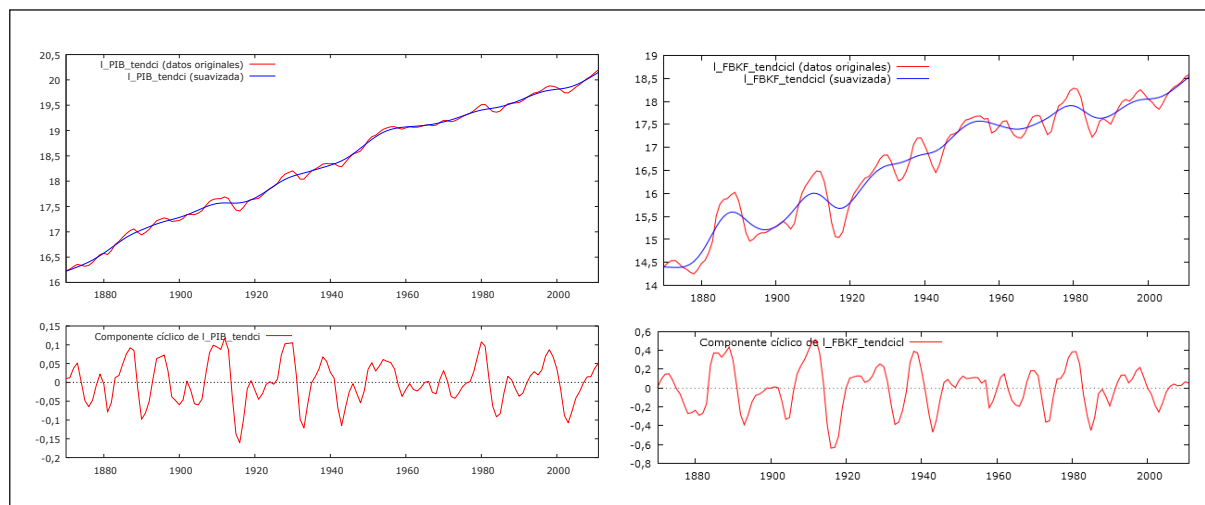
Las características de las oscilaciones de las variables también se pueden estudiar a partir de medidas estadísticas sobre los componentes cíclicos. Para esto, es necesario aplicar algún método para extraer estas señales de las series. Los principales componentes de la serie (Y_t) son la tendencia (T_t), el ciclo (C_t) y componente irregular (I_t) (al ser series anuales no hay componente estacional) como lo ilustra la siguiente ecuación:

$$Y_t = T_t + C_t + I_t$$

Entre las técnicas que se pueden utilizar para la desagregación de componentes de series anuales, se encuentra el filtro de Hodrick-Prescott (HP) y el Alisado Exponencial (AE). El objetivo de estos procedimientos es extraer la tendencia de la serie, de forma de interpretar las desviaciones en torno a ella como oscilaciones cíclicas. En el caso del filtro HP se elige, como es habitual para datos anuales, un parámetro de suavización de 100. Cuando se aplica el filtro AE se utiliza como ponderador de la observación central el coeficiente 0,6.

En primer lugar, se aplican ambos filtros a las series originales de inversión y del producto, obteniendo la tendencia (T_t) y el componente cíclico (C_t). En segundo lugar, se aplica el filtro de HP a los componentes tendencia-ciclo y linearizados estimados a partir de la modelización ARIMA (Ver Gráfico 7 que describe la descomposición de la señal tendencia-ciclo).

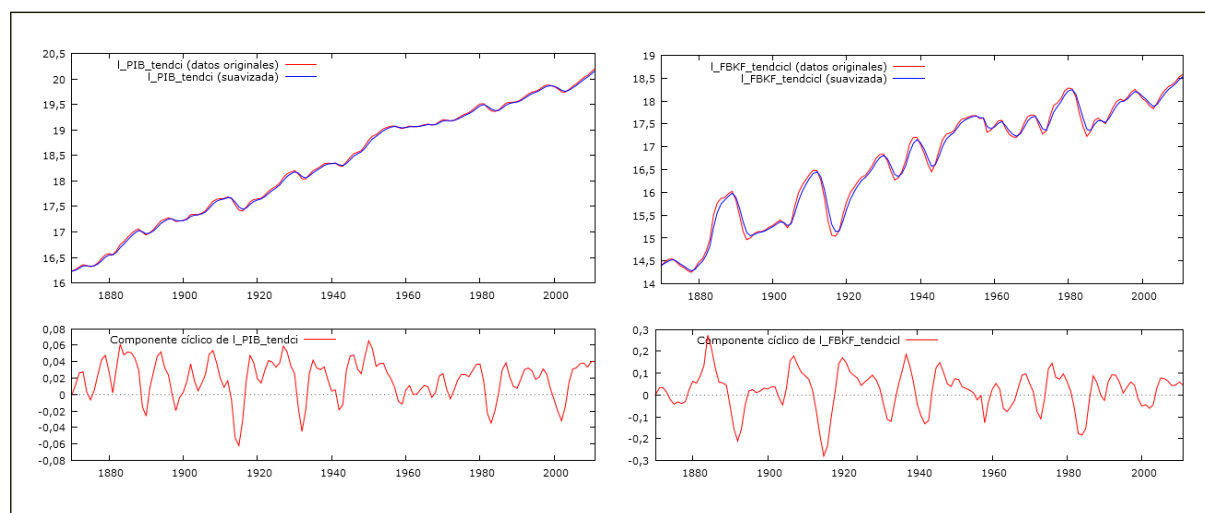
GRÁFICO 7
Tendencia y Ciclo del PIB (izquierda) y FBKF (derecha) según HP
sobre series tendencia-ciclo del Tramo-Seats



Fuente: Ver sección 3.1

En tercer lugar, se aplica el filtro AE a los componentes tendencia-ciclo del producto y de la inversión (Gráfico 8), a las series originales y a las linearizadas (estas dos últimas no se presentan en el gráfico).

GRÁFICO 8
Tendencia y Ciclo del PIB (izquierda) y FBKF (derecha) según AE sobre serie de Tendencia-Ciclo



Fuente: Ver sección 3.1

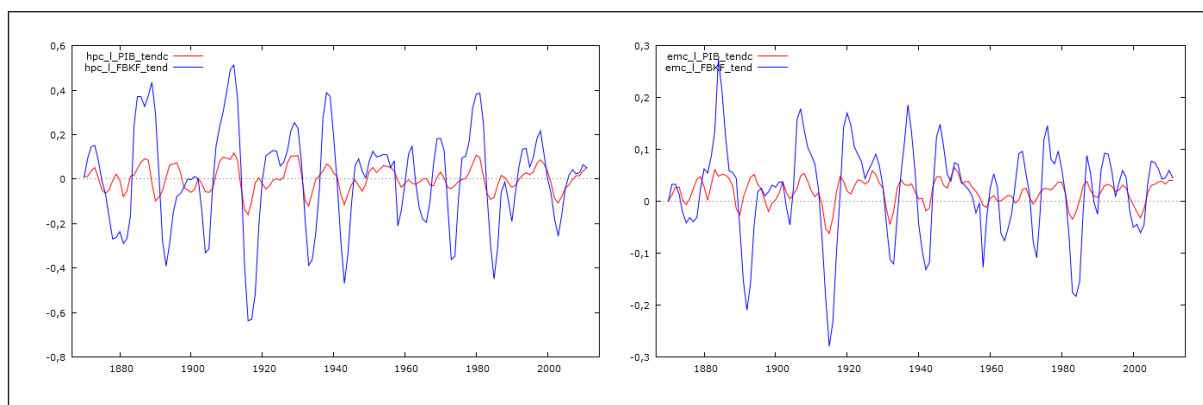
5.1 ESTUDIO DE LOS CICLOS DE LAS SERIES

Una vez que se obtienen los componentes cíclicos de la inversión y del producto se estudian las características de las fluctuaciones: los niveles volatilidad cíclica, la persistencia del ciclo y el movimiento conjunto. Para esto se calculan un conjunto de medidas estadísticas: la desviación estándar; las funciones de autocorrelación y las correlaciones cruzadas.

Al comparar gráficamente los ciclos de ambas variables, utilizando los filtros HP y AE, se observa la existencia de oscilaciones contemporáneas entre las series, siendo la volatilidad de la inversión mucho mayor que la del producto (Gráfico 9). Estos indicios se precisan a través de las medidas de correlación cruzada y desviación estándar.

GRÁFICO 9

Evolución del componente cíclico de la serie de tendencia-ciclo del PIB y de la FBKF según HP (izquierda) y AE (derecha)



Fuente: Ver sección 3.1

5.1.1 Movimientos conjunto de los ciclos

Para analizar el movimiento conjunto de los ciclos entre la inversión y el producto se calculan los coeficientes de correlación cruzada. Por un lado, la correlación contemporánea, en $t=0$, permite definir el movimiento conjunto del ciclo de la inversión en relación con el del producto como procíclico (función de correlación contemporánea positiva y significativa), contracíclico (correlación negativa y significativa) o acíclico (coeficiente de correlación no significativo). Por otra parte, los coeficientes de correlación para los periodos distintos al contemporáneo ($t<0$ y $t>0$) aspiran a identificar el cambio de fase del componente cíclico de la inversión respecto al del producto. El ciclo de la inversión lidera el ciclo del producto si el coeficiente alcanza su máximo valor, en términos absolutos, en $t<0$; y se entiende que rezaga si el máximo valor se observa en $t>0$. En caso que el máximo valor se observe en el momento contemporáneo, $t=0$, entonces ambos ciclos son coincidentes.

En la Tabla 1 se presentan los coeficientes de correlación cruzada entre los componentes cíclicos de la inversión respecto al producto, considerando hasta 5 rezagos, a partir de las cifras de las tres versiones de cada serie –originales, linearizadas y tendencia-ciclo–, con los resultados obtenidos al aplicar los filtros de HP por un lado, y de AE, por el otro. En el caso de las series originales, la correlación contemporánea es de 0,67 en el caso de la aplicación del filtro de HP y 0,60 en el caso del filtro AE. Ambos niveles de correlación son significativos y moderados altos, indicando que la inversión es procíclica respecto al producto. A su vez, en todos los casos el máximo valor del coeficiente, en términos absolutos, se produce en el periodo contemporáneo, $t=0$, evidenciando que el componente cíclico de la inversión y del producto sincronizan, es decir, no existen desfases. Estos resultados se repiten para las series tendencia-ciclo y linearizadas. No obstante, la existencia de sincronización había sido rechazada a partir del análisis espectral de la función de fases, encontrándose, por el contrario, que los ciclos de la inversión rezagan a los ciclos del producto. Esta sensibilidad de los resultados a las técnicas utilizadas ha sido evidenciada también por Badagían (2003).

CUADRO 1
Comovimiento y cambio de fase: correlación cruzada de los ciclos
de la inversión (FBKF) respecto al producto (PIB)

	HP RETARDO FCC	Alisado Exponencial RETARDO FCC
Series Originales	-5 -0,4154 *** -4 -0,2446 *** -3 0,0295 -2 0,3619 *** -1 0,6231 *** 0 0,6706 *** 1 0,4672 *** 2 0,1678 ** 3 -0,0688 4 -0,1718 ** 5 -0,2159 **	-5 -0,3178 *** -4 -0,1931 ** -3 0,0128 -2 0,2992 *** -1 0,5493 *** 0 0,6028 *** 1 0,4007 *** 2 0,1310 3 -0,0412 4 -0,0645 5 -0,0840
Series Tendencia-Ciclo	-5 -0,2759 *** -4 -0,2391 *** -3 -0,0999 -2 0,1605 * -1 0,4830 *** 0 0,7141 *** 1 0,7090 *** 2 0,4602 *** 3 0,1074 4 -0,1957 ** 5 -0,3751 ***	-5 -0,2697 *** -4 -0,1503 * -3 0,0951 -2 0,4214 *** -1 0,6713 *** 0 0,6796 *** 1 0,4506 *** 2 0,1546 * 3 -0,0494 4 -0,1319 5 -0,1442 *
Series Linearizadas	-5 -0,2408 *** -4 -0,2244 *** -3 -0,1074 -2 0,1325 -1 0,4338 *** 0 0,6698 *** 1 0,6627 *** 2 0,4270 *** 3 0,0933 4 -0,1907 ** 5 -0,3633 ***	-5 -0,2583 *** -4 -0,1415 * -3 0,0786 -2 0,3779 *** -1 0,6081 *** 0 0,6218 *** 1 0,3805 *** 2 0,1124 3 -0,0744 4 -0,1379 5 -0,1276

5.2 PERSISTENCIA

La persistencia de las fluctuaciones cíclicas de la inversión y del producto, respectivamente, se puede observar a través de las respectivas funciones de autocorrelación de primer orden (Tabla 2). Este coeficiente da cuenta de qué tan relevantes fueron los momentos pasados en el ciclo presente. Es decir, cuál es la importancia de los valores pasados para explicar las fluctuaciones actuales.

CUADRO 2

Persistencia del ciclo: coeficiente de autocorrelación de primer orden de la FBKF y del PIB

	Series	Series Originales		Series Tendencia-Ciclo		Series Linearizadas	
	Filtro	HP	AE	HP	AE	HP	AE
Persistencia	γ_1^{PIB}	0,56	0,43	0,76	0,73	0,64	0,55
	γ_1^{FBKF}	0,81	0,77	0,82	0,79	0,82	0,79

El ciclo de la inversión, según ambos filtros, muestra una mayor persistencia (coeficiente de autocorrelación de 0,81 con HP y 0,77 con AE) que el que presenta el ciclo del producto (coeficiente 0,56 con HP y 0,43 con AE). Este resultado permite concluir que el ciclo de la inversión es bastante más dependiente de sus valores pasados que lo que sucede con el ciclo del producto, con independencia del método utilizado. Esta conclusión se mantiene cuando se trabaja con las series tendencia-ciclo y linearizadas. Un punto interesante, es que los cálculos del coeficiente de autocorrelación que surgen al aplicar el filtro AE presentan niveles de persistencia sistemáticamente menores que los que se obtienen al aplicar el filtro de HP.

5.3 VOLATILIDAD CÍCLICA Y RELATIVA

La volatilidad cíclica se calcula a partir de la desviación estándar del componente cíclico de cada serie (Tabla 3). Al comparar los resultados, de las dos técnicas de extracción de señales, se observa que al aplicar el filtro HP se obtienen estimaciones más volátiles que el filtro AE. Para evaluar la diferencia en la amplitud del ciclo de la inversión respecto al del producto, es decir la volatilidad relativa, se calcula el ratio entre la desviación estándar del componente cíclico de la inversión respecto al producto. Este es un aspecto muy importante ya que brinda información sobre cuán volátil es la inversión en relación con el producto evaluando si la inversión constituye un canal a través del cual la volatilidad puede afectar el crecimiento. La volatilidad relativa se puede clasificar en alta (si el ratio es mayor a 2), media (niveles entre 1 y 2) y baja (nivel menor a uno).⁸

CUADRO 3

Volatilidad cíclica y relativa

Volatilidad Relativa =		σ FBKF	
		σ PIB	
Series Originales	HP	0,232	= 3,46
		0,067	
	AE	0,092	= 3,07
		0,03	
Series Tendencia-Ciclo	HP	0,23	= 4,11
		0,056	
	AE	0,091	= 3,79
		0,024	
Series Linearizadas	HP	0,224	= 3,67
		0,061	
	AE	0,088	= 3,26
		0,027	

Observando las series originales, en el caso del filtro HP, mientras que el producto se aleja un 6,7% en promedio de su tendencia, la inversión lo hace un 23,2%, resultando en que la inversión es 3,5 veces más volátil que el producto. Cuando se utiliza el filtro AE, mientras que la serie del producto se aleja un 3% en promedio de su tendencia, la inversión lo hace un 9,2%. En este caso la inversión es 3,1 veces más volátil que el producto. La mayor volatilidad relativa de la inversión es un resultado que se repite también con las series tendencia-ciclo y linearizadas.

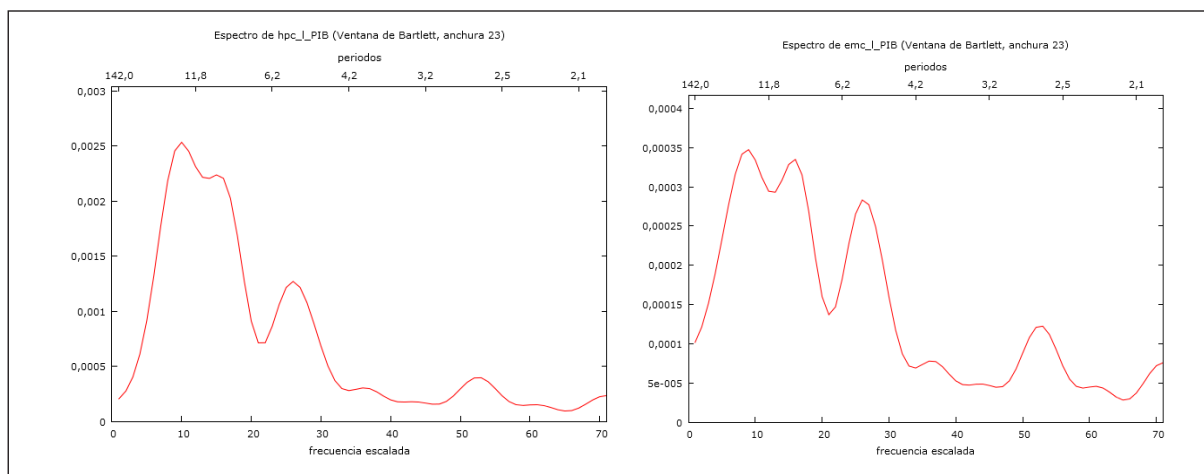
En resumen, con independencia del procedimiento de filtrado la volatilidad relativa se puede catalogar como alta, aunque las series filtradas por el AE resultan bastante menos volátiles que las series filtradas por el HP, aspecto que también se observaba al comparar gráficamente la magnitud de las variaciones del componente cíclico (Gráfico 9). Además, esta evidencia se encuentra en línea con lo parte de lo que la literatura encuentra para el caso de Uruguay (en la segunda mitad del siglo XX), y con que la inversión puede constituir una de las fuentes que genera mayor volatilidad en el crecimiento.

5.4 ANÁLISIS DEL ESPECTRO DE LOS COMPONENTES CÍCLICOS

Luego de aplicados los filtros, se presentan los espectros de los componentes cíclicos obtenidos a partir de los dos procedimientos, que permiten identificar las frecuencias que más influyen en la explicación de los ciclos y la duración de los períodos cíclicos.

En el caso del producto (Gráfico 11) la frecuencia de mayor magnitud, y por ende de mayor importancia en la explicación de los ciclos de la serie, es la correspondiente a los ciclos de 14,2 años en el caso de HP y de 15,8 años en el caso del AE. En este último escenario se encuentra otro ciclo, de casi igual importancia, en la frecuencia asociada a los ciclos de 8,8 años. Luego se encuentran, con ambos filtros, otros ciclos de menor relevancia en las frecuencias correspondientes a los ciclos de 5,5 años y 2,7 años (siendo esta última de escasa relevancia por su magnitud).

GRÁFICO 10
Periodograma del ciclo del PIB según HP (izquierda) y AE (derecha)

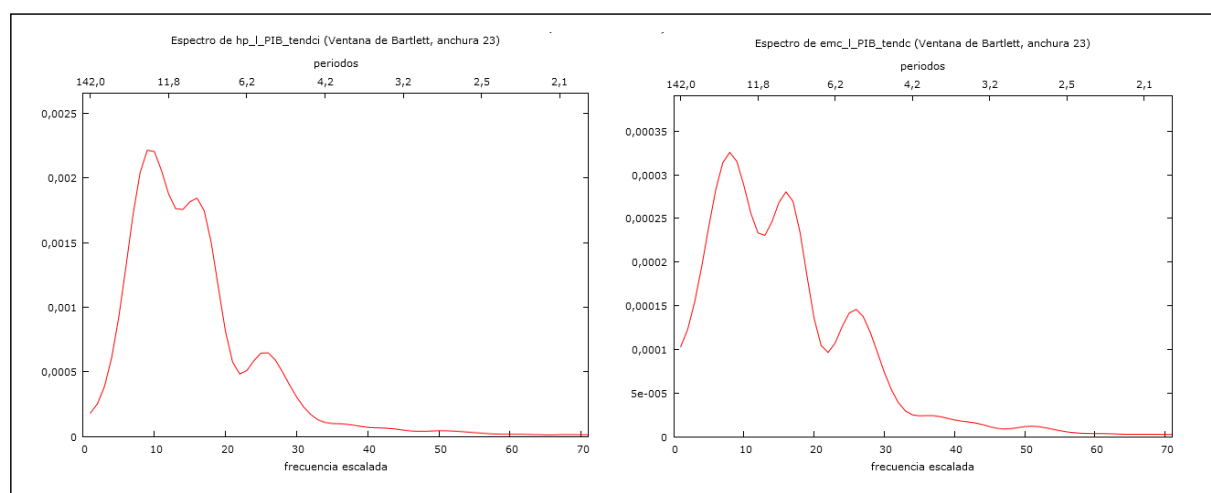


Fuente: ver sección 3.1

El componente tendencia-ciclo del producto, filtrado por HP (Gráfico 11), presenta el ciclo más importante de 15,8 años de duración, uno de menor relevancia de 8,9 años y uno más pequeño que dura 5,5 años. Al aplicar el filtro AE, los ciclos que resultan son de duración similar a los obtenidos con la aplicación del filtro HP (en orden de importancia, la duración en años de los ciclos es 17,8, 8,9 y 5,5, respectivamente).

GRÁFICO 11

Periodograma del ciclo de la Tendencia-Ciclo del PIB según HP (izquierda) y AE (derecha)

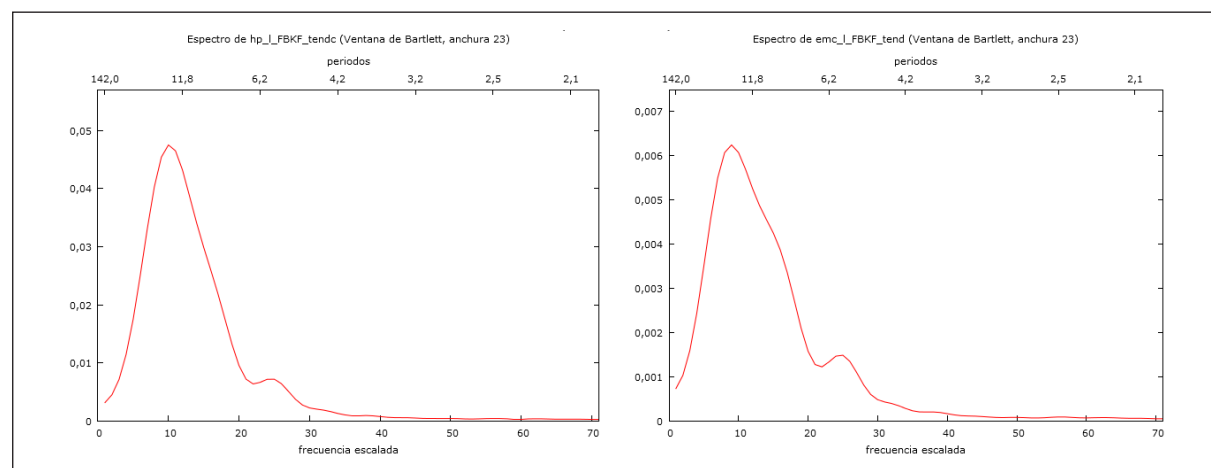


Fuente: ver sección 3.1

En el caso de la inversión (Gráfico 12) la frecuencia que mayor importancia tiene en la explicación de los ciclos es la correspondiente a ciclos de 14,2 años de duración en el caso de la aplicación del filtro HP y de 15,8 años en el caso de la aplicación del filtro AE, presentando además un ciclo de menor magnitud en la frecuencia asociada a los ciclos de 5,7 años. La duración de estos ciclos, según HP y AE, es muy similar cuando se trabaja con las series originales y linealizadas.

GRÁFICO 12

Periodograma del ciclo de la Tendencia-Ciclo de la FBKF, según HP (izquierda) y AE (derecha)



Fuente: ver sección 3.1

En breve, como surge de la comparación de los periodogramas, el ciclo del producto, adoptando distintas modelizaciones de la serie, presenta un ciclo entre 14 y 15,8 años (dependiendo de la especificación de la serie) cuando se aplica el filtro HP y son algo más largos en el caso del filtro AE. En relación con la inversión, el ciclo es de 14,2 años cuando se aplica HP (y algo más extenso cuando se utiliza AE). Además, la inversión y el producto comparten un ciclo más corto y menos relevante de 5,5 años aproximadamente. Por su parte, el producto presenta otro ciclo, de casi 9 años que no se identifica en el comportamiento de la inversión.

La longitud de los ciclos más relevantes y largos que se encontraron, en el producto y la inversión, en torno a los 14-16 años podría ser interpretado en el marco de los ciclos largos identificados por Kuznets entre 15 y 25 años de duración y relacionados con oscilaciones en la inversión en construcción, movimientos de capital y de trabajo (Bértola y Lorenzo 2004). En el caso del ciclo del producto, la duración

es menor a la estructura de 20 años encontrada por Bértola y Lorenzo (2000 y 2004) sobre el crecimiento del producto per cápita (aplicando otra metodología). El ciclo más corto encontrado para el producto, en torno a los 9 años podría ser identificado con un ciclo Juglar. Resultado en línea con el ciclo de 10 años de longitud del producto per cápita identificado por Bértola y Lorenzo (2000 y 2004).

6. SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS

Del estudio realizado en este artículo, tanto a partir del análisis espectral como de la extracción de señales, se pueden identificar los principales rasgos del comportamiento de las oscilaciones cíclicas de la inversión y del producto en Uruguay en el largo plazo, 1870-2010.

Se trabajó con las variables en logaritmos y se estimaron modelos ARIMA mediante el procedimiento de modelización automática del programa TRAMO-SEATS con una excepción de intervención *ad-hoc* en la serie de inversión. Por un lado, se realizó un análisis espectral univariado y multivariado para estudiar las características de coherencia, cambio de fase y comovimiento entre los componentes cíclicos de la inversión y del producto. Por otro lado, se aplicaron dos técnicas de extracción de señales, el filtro de Hodrick-Prescott y el Alisado Exponencial, con el objetivo de descomponer la tendencia del ciclo y estudiar las características de las oscilaciones cíclicas. Todos los análisis se realizaron comparando las tres especificaciones del producto y la inversión: versión original, linearizada y tendencia-ciclo.

Las principales características de las fluctuaciones cíclicas de la inversión y del producto se resumen a continuación:

- a) A partir del análisis espectral univariado se encontró que el componente más importante, tanto de la inversión como del producto, que explican la variabilidad de las series es aquel asociado a la tendencia. Esto ocurre utilizando tanto las variables en su versión original, linearizada como los componentes tendencia-ciclo. A su vez, hay indicios que ciclos de mediano plazo (12 años) puedan explicar, en menor medida, la variabilidad de la serie.
- b) Utilizando el análisis espectral multivariado se encontró mayor coherencia o correlación entre los componentes cíclicos de la inversión y del producto para aquellas frecuencias asociadas a la tendencia y a los ciclos entre 4 y 10 años de duración, y este comportamiento es más claro al trabajar con el componente tendencia-ciclo.
- c) A partir de la función de fases, en el análisis espectral, se identifica que fluctuaciones cíclicas de la inversión rezagan al ciclo del producto entre 1 y 2,5 años, dependiendo del componente de la serie utilizado, aunque en cualquier caso el desfase se produce para frecuencias altas, que se asocian a ciclos de 2,5 años aproximadamente. Sin embargo, cuando se realiza el estudio de los cambios de fase a partir de los coeficientes de correlación cruzada, se observa sincronización entre las fluctuaciones cíclicas de la inversión y del producto.
- d) La inversión es pro-cíclica respecto al producto, derivado de un coeficiente de correlación contemporánea positivo y significativo. Este resultado es independiente si se utiliza el análisis espectral o la técnica de filtrado.
- e) En cuanto a la persistencia de los ciclos, a partir de las funciones de autocorrelación de primer orden de cada serie, se concluye que el ciclo de la inversión presenta mayores niveles de dependencia respecto a sus valores pasados.
- f) A partir de las medidas de la desviación estándar del componente cíclico se encuentra que la inversión y el producto presentan volatilidad cíclica. La amplitud del ciclo es mayor en el caso de la inversión, entre 3 y 4 veces (en función del filtro utilizado), en relación con el producto. Estos altos niveles de volatilidad relativa son independientes de las versiones consideradas de las series -originales, linearizadas o tendencia-ciclo-, así como del filtro utilizado, HP o AE. La diferencia que surge entre ambos filtros, es que la amplitud de los ciclos es menor cuando se utiliza el AE en relación con el de HP.
- g) Del análisis espectral de los componentes cíclicos surge que el producto presenta un ciclo largo entre 14 y 16 años (algo más extensos cuando se aplica el filtro AE) y otro de menor relevancia de casi 9 años. Por su parte, la inversión muestra un ciclo menor de 14,2 años y comparte con el producto un ciclo de 5,5 años aproximadamente.

7. CONCLUSIONES

Este artículo estudia las fluctuaciones de la inversión y del producto entre 1870 y 2010 en Uruguay. La evolución de la acumulación de capital físico en el largo plazo se ha caracterizado por ser pro-cíclica respecto al producto, presentar una volatilidad relativa alta, con oscilaciones entre 3 y 4 veces mayores que las del producto. Estos resultados se mantienen con independencia de las técnicas utilizadas y las especificaciones de las series.

Otros rasgos tales como, los cambios de fase, difieren en función del procedimiento de análisis.⁹ Por un lado, el análisis espectral aporta evidencia de que los ciclos de la inversión rezagan el producto, entre 1 y 2 años. Este es un resultado en línea con lo encontrado por Kamil y Lorenzo (1998) en el periodo 1975-1994 donde la inversión responde con un trimestre de rezago al ciclo de referencia (calculando coeficientes de correlación cruzadas). Por otro lado, las estimaciones de los coeficientes de correlación apoyan la hipótesis de coincidencia entre el ciclo de inversión y el de referencia, siguiendo los patrones que se encuentran a nivel internacional (citados en Kamil y Lorenzo, 1998). Es decir, el estudio del cambio de fase de las fluctuaciones cíclicas ha mostrado ser sensible a las herramientas utilizadas.

La mayor volatilidad de la inversión en relación con el producto es un resultado que se ubica en contexto con la literatura que discute la volatilidad de la formación bruta de capital como una de las fuentes que genera inestabilidad al producto (Toledo 2008; CEPAL 2008). Al mismo tiempo, concuerda con estudios empíricos de Uruguay para periodos más cortos y recientes; aunque los niveles de volatilidad relativa son mayores que los encontrados por Kamil y Lorenzo (1998) (para 1975-1998 con series trimestrales, la inversión es entre dos y tres veces más volátil que el producto) y menores a los de Carbajal y De Melo (2007) (para 1950-2004, a partir de series anuales, calculan un ratio de 5,5).

Por último, del análisis espectral de los componentes cíclicos surge que el producto presenta un ciclo entre 14 y 16 años (algo mayor cuando se aplica AE) y otro de menor relevancia de casi 9 años. Por su parte, la inversión muestra un ciclo menor de 14,2 años y comparte con el PIB un ciclo de 5,5 años. La duración de los ciclos largos en torno a los 14-16 años podría ser interpretado en el marco de los ciclos Kuznets mientras que el ciclo más corto del producto, en torno a los 9 años de longitud, se podría identificar con un ciclo Juglar.

Cabe destacar que, aunque consideraciones acerca de las asimetrías en la duración de las fases de los ciclos y la dependencia de los ciclos a la duración de sus fases enriquecerían el análisis (como hacen Layton et al., 2007, para Estados Unidos), se dejaron de lado porque exceden el objetivo del trabajo, quedando planteado su tratamiento para próximas investigaciones.

El estudio realizado es esencialmente metodológico y descriptivo y podría ser utilizado, en próximas etapas, para caracterizar periodos históricos tradicionalmente identificados por la literatura como “patrones de desarrollo” y contrastar la existencia de comportamientos específicos de cada etapa. En esta línea, considerar períodos más acotados podría brindar nuevos elementos para explicar las características y los cambios de las fluctuaciones cíclicas.¹⁰ La utilización de las técnicas de análisis espectral y extracción de señales, propuestas por este trabajo, permiten evaluar la sensibilidad de los resultados a diferentes metodologías y especificaciones de las variables, discutiendo la robustez de los resultados.¹¹ Es esta una de las ventajas más relevantes que se pueden explotar en futuros trabajos. Al mismo tiempo, un análisis interpretativo buscando explicar los hechos identificados en este trabajo, como los factores explicativos de la volatilidad de la inversión, conceptualizaciones teóricas para comprender la longitud de los ciclos permitirían brindar mejores contribuciones para explicar la evolución de la acumulación de capital físico y del desempeño económico de Uruguay en el largo plazo.

NOTAS

- 1 Estos autores analizan también el comportamiento de las fluctuaciones cíclicas de los principales componentes de la inversión bruta fija. Tanto la inversión en construcción como en maquinaria y equipos resultan ser procíclicas y presentan una volatilidad cíclica alta. Sin embargo mientras las fluctuaciones cíclicas de la construcción rezagan al ciclo de referencia, el componente de maquinaria y equipos sincroniza con el ciclo del producto.
- 2 Otra metodología que se podría aplicar, y que permitiría estudiar qué tan dependientes son los resultados a los filtros empleados, sería el filtro de Kalman basado en modelos estructurales.
- 3 En relación con la detección de *outliers*, en este artículo se ha optado por una modelización automática de las variables con una sola excepción (se realizó una intervención ad-hoc en la serie de inversión debido a la crisis del 2002). Sin embargo, es cierto que la decisión de ceñirse a la modelización automática sin evaluar la existencia de perturbaciones en las series debido a momentos cruciales de la historia económica constituye una limitación a nuestro ejercicio. Este es un punto importante para mejorar en próximas investigaciones.
- 4 Ver Román y Willebald (2012) para mayor detalle sobre la construcción de la serie de inversión.
- 5 Todos los ejercicios y análisis se realizaron con estas tres especificaciones de las variables, pero en los casos en que los resultados coinciden solo se reportan los correspondientes a los componentes tendencia-ciclo; en caso de haber diferencias se presentan las tres versiones de cada serie.
- 6 Se omiten en el Gráfico 2 la series original y linearizada por no existir diferencias significativas con el componente tendencia-ciclo.
- 7 Para el análisis de la coherencia y de cambio de fase se utiliza el programa R.
- 8 Estos son los criterios adoptados por Kamil y Lorenzo (1998) y utilizados también en Badagián (2003)
- 9 Badagián (2003) también deriva esta conclusión pero utilizando datos trimestrales en un periodo reciente.
- 10 Un ejemplo es el trabajo de Zunino (2010) que estudia la existencia de cambios estructurales endógenos en la evolución de la volatilidad macroeconómica. A partir de series trimestrales entre 1985 y 2009 encuentra tres periodos diferenciados en cuanto a la volatilidad de la actividad económica.
- 11 Por citar un trabajo en esta línea, Cáceres (2012), estima la brecha de producto y el producto potencial para la economía uruguaya entre 1975 y 2011 y concluye que los resultados sobre volatilidad y persistencia difieren aplicando un Modelo de vectores autorregresivos estructural de los que surgen al aplicar otras técnicas como los métodos univariados de filtrado de la serie del PIB.

BIBLIOGRAFÍA

- AZAR, Paola y FLEITAS, Sebastián (2012), "Gasto Público Total y Social: El Caso De Uruguay En El Siglo XX - Total and social public expenditure: the Uruguayan case in the 20th century", *Revista de Historia Económica*, Vol 30, Issue 1, pp 125 - 156.
- BADAGIÁN, Ana Laura (2003), "Extracción de señales y estimación de ciclos macroeconómicos en los países del MERCOSUR: Un análisis integrado en el dominio del tiempo y de las frecuencias", Trabajo Monográfico, Facultad de Ciencias Económicas y de Administración, Universidad de la República.
- BANCO CENTRAL DEL URUGUAY (1994) *Boletín Estadístico*. N°169, Diciembre, Montevideo.
- BANCO CENTRAL DEL URUGUAY (1989) *Producto e Ingreso Nacionales*. Montevideo.
- BANCO CENTRAL DEL URUGUAY (1980) *Indicadores de la actividad económico-financiera*. Diciembre, Montevideo.
- BANCO CENTRAL DEL URUGUAY (1976) *Producto e Ingreso Nacionales. Actualización de las Principales Variables*. División Asesoría Económica y Estudios, Montevideo.
- BANCO DE LA REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY (1965) *Cuentas Nacionales*, Montevideo.
- BERTINO, Magdalena y TAJAM, Héctor (1999), *El PIB de Uruguay 1900-1955*. Instituto de Economía, Facultad de Ciencias Económicas y de Administración, Universidad de la República, Montevideo.
- BÉRTOLA, Luis, CALICCHIO, Leonardo, CAMOU, María y RIVERO, Laura (1998), *El PIB Uruguayo 1870-1936 y otras estimaciones*. Programa de Historia Económica, Facultad de Ciencias Sociales, Montevideo.
- BÉRTOLA, Luis y LORENZO, Fernando (2004), "Witches in the South: Kuznets-like swings in Argentina, Brazil and Uruguay since the 1870s", en Van Zanden, J.L. and Heikenen, S. (eds) *The Experience of Economic Growth*, Aksant, Amsterdam.
- BÉRTOLA, Luis y LORENZO, Fernando (2000), "Componentes tendenciales y cíclicos de las economías de Argentina, Brasil y Uruguay", en Bértola, L., *Ensayos de Historia Económica. Uruguay y la Región en la Economía Mundial, 1870-1990*. Trilce, Montevideo.

BÉRTOLA, Luis (2008), "An Overview of the Economic History of Uruguay since the 1870s". EH.Net Encyclopedia, edited by Robert Whaples. March 16, 2008. URL <http://eh.net/encyclopedia/article/Bertola.Uruguay.final>

BÉRTOLA, Luis y OCAMPO, Antonio (2010), *Desarrollo, vaivenes y desigualdad. Una historia de América Latina desde la Independencia*. Secretaría General Iberoamericana.

BONINO, Nicolás, ROMÁN, Carolina y WILLEBALD, Henry (2012), "PIB y estructura productiva en Uruguay (1870-2011): Revisión de series históricas y discusión metodológica". *Documento de Trabajo*, 05/12, Instituto de Economía, FCEyA-UdelaR, Montevideo.

CÁCERES, Luis (2012), "Estimación del producto potencial y la brecha de producto para Uruguay: un Modelo de Vectores Autorregresivos Estructural (SVAR) y otras medidas alternativas", Investigación de tesis para obtener el título de magister en economía internacional, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de la República, Montevideo.

CARBAJAL, Fedora y DE MELO, Gioia (2007), "Volatilidad cíclica y arquitectura financiera doméstica, un estudio histórico comparado. El caso de Uruguay y Nueva Zelanda", en Álvarez, J., Bértola, L. y Porcile, G. (Comp.) *Primos Ricos y Empobrecidos. Crecimiento, distribución del ingreso e instituciones en Australia-Nueva Zelanda vs Argentina-Uruguay*, Editorial Fin de Siglo, Montevideo, pp. 305-341.

CEPAL (2008), "Estudio económico de América Latina y el Caribe 2007-2008. Política macroeconómica y volatilidad", LC/G.2386-P, Santiago de Chile.

CEPAL (2010), "Estudio económico de América Latina y el Caribe 2009-2010. Impacto distributivo de las políticas públicas".

FANELLI, José María (2009), *Volatilidad, Ciclo y Política Fiscal en América Latina*. Edita EUROsociAL Fiscalidad, Instituto de Estudios Fiscales, España.

FANELLI, José María (2008), "Volatilidad y crisis en América Latina: evidencia empírica y políticas", Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

FANELLI, José María, LORENZO, Fernando y ODDONE, Gabriel (2003), "Fluctuaciones y Crecimiento Económico de América Latina Durante la Década del Noventa: Evaluación y Agenda Política", *Revista de Economía*; Información Comercial Española (ICE) N° 806, abril, pp.153-172.; Dirección General de Política Comercial, Secretaría de Estado de Comercio y Turismo, Madrid.

KAMIL, Herman y LORENZO, Fernando (1998), "Caracterización de las fluctuaciones cíclicas en la economía uruguaya", *Revista de Economía*, Segunda Época, Banco Central del Uruguay, Vol. 5, N°1:83-140.

LAYTON, Allan P. y SMITH, Daniel R. (2007), "Business cycle dynamics with duration dependence and leading indicators", *Journal of Macroeconomics*, Vol. 29, N°4:855-875.

ODDONE, Gabriel (2010), *El Declive. Una Mirada de la Economía de Uruguay el Siglo XX*, Librería Linardi y Risso, Montevideo.

ODDONE, Gabriel y CAL, Ivana (2006), "Instituciones y políticas en el declive económico de Uruguay durante el siglo XX", *XXI Jornadas Anuales de Economía*, Banco Central del Uruguay, Agosto, Montevideo.

ROMÁN, Carolina y WILLEBALD Henry (2012), "Indicadores de inversión en el largo plazo: una propuesta para Uruguay (1870-2011)", *Documento de Trabajo*, 21/12, Instituto de Economía, Facultad de Ciencias Económicas y de Administración, Universidad de la República, Montevideo.

TOLEDO, Manuel (2008), "Understanding business cycles in Latin America" Documento presentado en el Taller Política macroeconómica y fluctuaciones cíclicas, Santiago de Chile, inédito.

ZUNINO, Gonzalo (2010), "¿Experimentó Uruguay la Gran Moderación? Un análisis de cambio estructural", Documento de Trabajo, 01/10, CINVE.