



BANCO CENTRAL DE RESERVA

Documento Ocasional

2020-03

PIB Potencial y ciclo económico de El Salvador
Función de producción y filtros univariados

Luis Adalberto Aquino Cardona



BANCO CENTRAL DE RESERVA

Documento Ocasional

2020-03

PIB Potencial y ciclo económico de El Salvador

Función de producción y filtros univariados

Luis Adalberto Aquino Cardona

2020

**Departamento de Investigación Económica y Financiera
Banco Central de Reserva de El Salvador
Alameda Juan Pablo II, entre 15 y 17 Avenida Norte
San Salvador, El Salvador, C. A.**

El Banco Central al publicar esta serie de Documentos Ocasionales, pretende facilitar la difusión de estudios económicos y financieros que contribuyan al mejor conocimiento de la realidad salvadoreña.

Las interpretaciones, análisis y conclusiones de estos trabajos representan las ideas de los autores y no coinciden necesariamente con el criterio de este Banco Central.

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin previa autorización del Departamento de Investigación Económica y Financiera del Banco Central de Reserva de El Salvador.

ISSN 1813-6494

Resumen

El documento de investigación contiene una estimación del PIB potencial y del ciclo económico salvadoreño, calculado mediante tres enfoques: a) Función de producción tipo Cobb-Douglas, que modela el producto en términos de la acumulación de factores de producción siendo estos el capital (K), el trabajo (L) y la productividad total de los factores (TFP), esta función asume retornos constantes a escala; b) Modelo de crecimiento endógeno con restricción externa; y c) Filtros univariados, aplicando tres de las técnicas más reconocidas para este tipo de medición: Hodrick-Prescott (HP), Baxter y King (BK), Christiano Fitzgerald (CF). El período analizado cubre cifras anuales y datos de alta frecuencia de 1990-2020, respectivamente, con las cifras oficiales del Sistema de Cuentas Nacionales, SCN 2008. Se logró identificar que la fase expansiva del ciclo económico tuvo una duración máxima de ocho años y una mínima de tres años; por su parte, la fase contractiva tuvo una duración máxima de cinco años y una mínima de dos años. De acuerdo con los resultados obtenidos para el período 1990-2020, los diferentes métodos utilizados convergen en la estimación de la tasa del PIB potencial estimada en 2.2% para la economía salvadoreña.

Abstract

The research document contains an estimate of the potential GDP and the Salvadoran business cycle, calculated using three approaches: a) Cobb-Douglas type production function, which models the product in terms of the accumulation of production factors, these being capital (K), labor (L) and total factor productivity (TFP), this function assumes constant returns to scale; b) Endogenous growth model with external restriction; and c) Univariate filters, applying three of the most recognized techniques for this type of measurement: Hodrick-Prescott (HP), Baxter and King (BK), Christiano Fitzgerald (CF). The analyzed period covers annual figures and high-frequency data from 1990-2020, respectively, with official figures from the System of National Accounts, SNA 2008. It was possible to identify that the expansionary phase of the economic cycle had a maximum duration of eight years and a minimum of three years; for its part, the contractionary phase lasted a maximum of five years and a minimum of two years. According to the results obtained for the period 1990-2020, the different methods used converge in estimating the potential GDP rate estimated at 2.2% for the Salvadoran economy.

Clasificación JEL: C32, E23, E32

Palabras claves: PIB potencial, Brecha del producto, Ciclo económico, filtros univariados

Se agradece el aporte técnico de Pablo José Amaya, Senior del Departamento de Investigaciones Económica y Financiera (DIEF) del Banco Central de Reserva de El Salvador, quien participó en la estimación del PIB Potencial con la función de Producción.

I.	Objetivos de la investigación.....	5
II.	PIB potencial: definición.....	5
III.	Metodología de estimación del PIB Potencial	7
	A. Función de Producción Cobb-Douglas	7
	B. Modelo de crecimiento endógeno con restricción externa	8
	C. Filtros Univariados.....	10
	1. Hodrick-Prescott (HP).....	11
	2. Baxter & King (BK).....	12
	3. Christiano Fitzgerald.....	14
IV.	Resultados del PIB potencial con los tres enfoques	15
V.	Caracterización del ciclo económico	21
VI.	PIB Potencial estimado con datos de alta frecuencia.....	23
	A. Filtro Hodrick-Prescott (HP).....	26
	B. Filtro Baxter y King (BK).....	28
	C. Christiano Fitzgerald.....	30
	D. Brecha del Producto y PIB potencial	32
VII.	Conclusiones.....	33
	Bibliografía.....	34

I. Objetivo de la investigación

El principal objetivo de esta investigación fue realizar una estimación del PIB potencial y de la brecha del producto (Output GAP) para la economía salvadoreña, utilizando tres métodos de estimación: a) Función de Producción tipo Cobb-Douglas; b) Modelo de crecimiento endógeno con restricción externa; y c) Filtros univariados: Hodrick-Prescott (HP), Baxter & King (BK) y Christiano-Fitzgerald (CF). Para las series anual y trimestral, se utilizó del Valor de la Cadena Monetaria (VCM) del Índice de Volumen Encadenado (IEV), según cifras oficiales del Sistema de Cuentas Nacionales, SCN2008, año de base estadística 2005, y año de referencia 2014.

Se busca responder a las siguientes interrogantes:

- ¿Cuál es la tasa de crecimiento potencial del Producto Interno Bruto de El Salvador?
- ¿Cuáles son los determinantes del crecimiento económico de El Salvador?
- ¿Qué tan alejado está la tasa del PIB observado respecto a la estimación del producto potencial de El Salvador?

II. PIB Potencial: Definición

El PIB potencial se define como aquel que mide el nivel de producción máximo que un país puede alcanzar con el trabajo, capital y tecnología existentes, sin provocar presiones inflacionistas. Indica la capacidad productiva a largo plazo de una economía a través de la cantidad máxima que puede producirse manteniendo los precios estables. A este indicador también suele llamarse nivel de pleno empleo (tasa natural de paro).

Si el país se encuentra en su nivel de PIB potencial, el desempleo es bajo y su producción está a su máxima capacidad, considerando la utilización plena y combinación eficiente de la dotación de recursos de capital, fuerza laboral y tecnología disponibles.

El PIB observado suele diferir del potencial y a la diferencia entre ambos se le denomina “output gap” o “brecha del producto”. En las fases expansivas, la actividad económica se mantiene durante un periodo de tiempo por encima de su potencial, generándose una “brecha positiva”, asociado con presiones inflacionistas. En las recesiones, ocurre lo contrario: la actividad económica cae por debajo de su nivel potencial y se genera una “brecha negativa”, caracterizada por periodos de ajuste en la actividad productiva que genera tensiones a la baja sobre la inflación. Cuando esa brecha negativa es grande significa que la economía se encuentra en una crisis económica y que se ubica por debajo de su frontera de posibilidades de producción.

La Frontera de Posibilidades de la Producción (FPP), es una representación gráfica que muestra varias combinaciones de producción que se pueden alcanzar cuando todos los recursos se utilizan de la manera más eficiente, dado el estado actual de la tecnología.

El producto potencial, ha sido uno de los principales indicadores utilizados para analizar la política económica. Desde el ámbito de la teoría económica, se asume que el producto potencial es el nivel de producción que no está sujeto a los choques de oferta o demanda agregada (Campbell y Mankiw 1987), también se ha interpretado como una medida de la capacidad productiva de la economía consistente con una tasa natural de desempleo (Acevedo, 2009, Cahn y Saint-Guilhem, 2007). La brecha entre el PIB observado y su crecimiento potencial permite analizar la dinámica del ciclo de la economía, que en el caso de los bancos centrales es utilizada para identificar las presiones de demanda que pueden afectar la dinámica de la inflación.

Cuando la producción observada es menor que el producto potencial durante un período de tiempo es debido a que los factores de la producción están siendo subutilizados y, por tanto, se estaría produciendo menos de lo que se alcanzaría si los factores disponibles estuvieran trabajando a ritmo normal, así la economía se ubica en una fase depresiva del ciclo. En contraste, si la producción observada crece a un mayor ritmo que el potencial, algunos factores estarán trabajando a un ritmo superior al normal, registrándose una presión de aumento de los costos y, por ende, de los precios de los productos.

La trayectoria del producto potencial es una serie no observada, por lo cual es necesario implementar algún método de estimación. El marco general establece que la serie observada del PIB es resultado de la suma de dos componentes, un componente permanente que se define como la trayectoria del producto potencial y otro transitorio, relacionado con la teoría de los ciclos económicos y que representa las desviaciones temporales de su tendencia de largo plazo (Mills, 1991 y 2003; Canova, 1998 y 2007; Hodrick y Prescott, 1992).

$$(1) Y_t = Y_t^P + Y_t^C \text{ para } t = 1, 2, 3, \dots, T$$

Donde Y_t es la serie observada del PIB, Y_t^P representa el producto potencial y la diferencia entre la serie observada y su crecimiento potencial es la brecha del producto o el componente de ciclo Y_t^C .

La estimación de ambos componentes se puede realizar utilizando diversas técnicas, pero no existe un consenso sobre la mejor especificación del modelo o forma de estimación, no existe garantía de unicidad en el proceso de descomposición y, además, distintos modelos tendenciales generan diferentes componentes cíclicos con el riesgo de generar resultados espurios (Watson, 1986; Maravall, 1999 y Mills, 2003). En este sentido, la aplicación simultánea de un amplio espectro de métodos de descomposición de las series permite obtener evidencia robusta sobre estos patrones regulares; y en consecuencia de una mejor aproximación de la brecha del producto.

III. Metodología de estimación del PIB Potencial

En esta sección se explican los tres enfoques metodológicos para la estimación del PIB potencial, siendo estos: 1) Función de Producción Cobb-Douglas; 2) modelo de crecimiento endógeno con restricción externa; y 3) Filtros Univariados.

A. Función de Producción Cobb-Douglas

La aproximación del producto potencial por medio de la función de producción es una metodología ampliamente utilizada, tiene un fundamento teórico a diferencia de los filtros, lo cual le permite tener una mayor consistencia y poder explicativo. Esta metodología modela el producto en términos de sus factores de producción, lo que conlleva a estimar una función de producción que relaciona el producto con el capital (K), el trabajo (L) y la productividad total de los factores (TFP). La aplicación empírica de esta metodología requiere asumir una forma funcional específica de la función de producción, generalmente asumida como una función Cobb-Douglas con retornos constantes a escala (Cruz y Francos, 2008; Acevedo, 2009) definida por la siguiente expresión:

$$(2) Y_t = A_t + K_t^\alpha + L_t^{(1-\alpha)}$$

donde Y_t es el nivel de producto, α es la elasticidad del capital (K), L es el trabajo y el valor de $A_t = TFP$ o “residuo de Solow” representa la productividad total de los factores de la producción. Es importante señalar que, en el caso de El Salvador, no se dispone de información oficial sobre los acervos de capital. Por este motivo, se utiliza una aproximación mediante la fórmula de inventarios perpetuos:

$$(3) K_t = (1 - \delta) K_{t-1} + I_t$$

La expresión (3) define que el stock de capital del periodo actual (K_t) es igual al stock de capital del periodo anterior ajustado por la tasa de depreciación (δ) más los flujos de la nueva inversión (I_t). Es importante señalar que existe una importante discusión en torno a los valores de la tasa de depreciación debido a que diferentes valores influye en la trayectoria de la serie de capital. En el presente estudio, se asume que la tasa de depreciación del capital es del 5% compatible con otras investigaciones recientes para el caso de El Salvador (Cabrera, 2003, Johnson, 2013).

Asimismo, es necesario calcular o definir un valor inicial del capital. Normalmente se utiliza la siguiente expresión:

$$(4) K_0 = Y_0 \left[\frac{1}{(\delta + g)} \right] I/Y$$

donde Y_0 es el valor del PIB en el año inicial, δ es la tasa de depreciación, g la tasa de crecimiento promedio del PIB o de la inversión; I/Y el promedio del ratio inversión a PIB para el periodo de análisis.

La metodología utilizada en la construcción del stock de capital asume un factor de ajuste (Adj_t) definido en la siguiente ecuación (Shiau, Kilpatrick y Matthews, 2002; Loría y De Jesús, 2007):

$$(5) Adj_t = (1 - \delta) Adj_{t-1}$$

Este factor permite generar una serie del capital ajustado (K_t^*):

$$(6) K_t^* = \frac{(K_t / Adj_t)}{\delta}$$

La ventaja de esta metodología es que la serie resultante para el stock de capital sigue la trayectoria de la inversión. Así el valor inicial del acervo de capital es igual a la inversión real (I_t) multiplicada por su vida útil ($1/\delta$). El capital inicial se ajusta al alza cada año hasta que el factor de ajuste alcanza su valor de equilibrio el cual es igual a $1/\delta$.

B. Modelo de crecimiento endógeno con restricción externa

El análisis de modelos de crecimiento endógeno, en específico, del enfoque de crecimiento económico con restricción externa, son parte de la familia de modelos que destaca que el crecimiento de la economía es liderada por la demanda. Además, dicho enfoque considera a la industria manufacturera como un eje principal en la dinámica del crecimiento.

La restricción externa, bajo este enfoque, se refiere a la incapacidad de una economía para alcanzar la tasa de crecimiento del producto, asociada al ahorro potencial y a la relación marginal producto-capital. La balanza de pagos impone la restricción al crecimiento, a través del límite impuesto por la disponibilidad de divisas en la economía.

Uno de los supuestos principales de esta perspectiva de análisis, es que la diferencia entre la tasa de crecimiento de un país dado y la del resto del mundo es proporcional a la razón de sus respectivas elasticidades ingreso de exportaciones e importaciones. El modelo establece que, a igualdad de las demás condiciones, la tasa de crecimiento de un país dado, en el largo plazo, se apartará de la del resto del mundo si la elasticidad ingreso de las importaciones del país es mayor que la elasticidad ingreso en el resto del mundo para sus exportaciones. En otras palabras, la razón de crecimiento del producto de un país dado respecto de la del resto del mundo es igual a la razón entre la elasticidad ingreso de las exportaciones del resto del mundo y la elasticidad ingreso de las importaciones de ese país, $y_b/y_w = \xi/\pi$.

Esta última expresión indica que si la razón de elasticidades ingreso, ξ/π , del comercio exterior es menor (mayor) que uno, el producto de la economía doméstica (y_b) aumentará a un ritmo menor (mayor) que el del resto del mundo y_w .

El enfoque post-Keynesiano del crecimiento económico con restricción externa analiza la relación entre el crecimiento y el equilibrio externo, a fin de determinar el crecimiento compatible con el equilibrio de la balanza de pagos; primero en la Cuenta Corriente (Thirlwall, 1979) y luego, ampliado a los flujos de capital (Thirlwall y Hussein, 1982).

En el contexto anterior, el sector externo es vital para determinar la posibilidad de crecer bajo las premisas de que dicha tasa estará determinada por la dinámica del mercado externo, el valor de las elasticidades ingreso de exportaciones e importaciones, asumiendo que las variaciones de precios relativos no influyen significativamente en el ajuste de la balanza de pagos.

La idea subyacente en este enfoque es que el crecimiento de las exportaciones relaja la restricción externa y genera un círculo virtuoso entre el crecimiento del producto y el crecimiento de la productividad; eso se debe a economías de escala y al incremento de la relación capital-trabajo.

El modelo plantea que "...El crecimiento de largo plazo de una economía (y_a) está restringido por la balanza de pagos si la tasa de crecimiento consistente con el equilibrio en cuenta corriente (y_{bpc}) -o un crecimiento sostenible de los flujos financieros externos- se sitúa por debajo de la tasa de crecimiento máxima de una economía determinada por la expansión máxima de factores por el lado de la oferta (y_p)".

$$y_p > y_{bpc} \geq y_a$$

Formalmente el modelo parte de un conjunto de ecuaciones relacionadas con las funciones de demanda de exportaciones e importaciones y la condición de equilibrio de la Balanza de Pagos:

Condición de equilibrio de la Balanza de pagos

$$P_d X = P_f M$$

Funciones de demanda de Exportaciones e Importaciones

$$M = (P_f/P_d)^g Y^h$$

$$X = (P_d/P_f)^v Y^{*w}$$

Funciones expresadas en tasas de crecimiento

$$m = g(p_f - p_d) + hy$$

$$x = v(p_d - p_f) + wy^*$$

De lo anterior se tiene que:

$$p_d + x = p_f + m$$

la tasa de crecimiento económico de largo plazo consistente con el equilibrio de balanza de pagos (y_b), viene dada por la siguiente expresión:

$$y_b = [(1 + v + g)(p_d - p_f) + wy^*]/h$$

Si la tasa de variación de precios relativos tiene poco efecto en el crecimiento de las importaciones y exportaciones, y si $(1 + v + g)(p_d - p_f) = 0$, la ecuación anterior queda expresada así:

$$y_b = wy^*/h$$

Si $v(p_d - p_f) = 0$, debido a las bajas elasticidades precio de la demanda, de modo que la condición de Marshall-Lerner es difícilmente satisfecha, o que existe una resistencia a los salarios reales; entonces: $x = wy^*$, y sustituyendo en la ecuación anterior, se tiene la denominada Ley de Thirwall:

$$y_b = x/h$$

Si el relativo de la tasa media acumulativa del crecimiento económico de dos países resulta menor que uno, significa que el país en desarrollo tiene restringido su tasa de crecimiento económico al $x\%$ de la tasa de crecimiento del país desarrollado. Una aplicación de evidencia empírica de modelo para El Salvador puede verse con más detalle en Aquino (2017).

C. Filtros Univariados

La trayectoria del producto potencial es una serie no observada, por lo cual es necesario implementar algún método de estimación. Beveridge y Nelson (1981) mencionan que la mayoría de series observadas se puede aproximar como resultado de la suma de dos componentes: un componente permanente, que se define como la trayectoria del producto potencial y otro transitorio, relacionado con la teoría de los ciclos económicos y que representa las desviaciones temporales de su tendencia de largo plazo (Mills, 1991 y 2003; Canova, 1997; Hodrick y Prescott, 1992).

$$Y_t = Y_t^P + Y_t^C \quad \text{para } t = 1, 2, 3, \dots, T \quad [1]$$

donde Y_t es la serie observada del PIB, Y_t^p representa el producto potencial y la diferencia entre la serie observada y su crecimiento potencial es la brecha del producto o el componente de ciclo Y_t^c . La estimación de ambos componentes puede realizarse utilizando diversas técnicas, pero no existe un consenso sobre la mejor especificación del modelo o forma de estimación, no existe garantía de unicidad en el proceso de descomposición y donde además, distintos modelos tendenciales generan diferentes componentes cíclicos con el riesgo potencial de generar resultados espurios (Watson, 1986; Maravall y Planasb, 1999; Mills, 2003). En este sentido, la aplicación simultánea de un amplio espectro de métodos de descomposición de las series permite obtener evidencia robusta sobre estos patrones regulares; y en consecuencia de una mejor aproximación de la brecha del producto.

1. Filtro de Hodrick-Prescott (HP)

El filtro Hodrick-Prescott es la técnica más utilizada y consiste en extraer una tendencia suavizada de la serie observada (Y_t^*), la cual representa el producto potencial, y las desviaciones entre la serie original y su tendencia suavizada ($C_t = Y_t - Y_t^*$) definen al ciclo. El producto potencial es la serie de valores generados al minimizar la siguiente expresión:

$$\min_{Y_t^*} \left\{ \sum_{t=1}^T (Y_t - Y_t^*)^2 + \lambda \sum_{t=2}^{T-1} [(Y_t^* - Y_{t-1}^*) - (Y_{t-1}^* - Y_{t-2}^*)]^2 \right\} \quad [2]$$

El método consiste en minimizar las variaciones del ciclo $(Y_t - Y_t^*)^2$, sujeto a que la segunda diferencia del componente permanente no supere cierto porcentaje. El primer término de la ecuación anterior puede definirse como una bondad de ajuste y el segundo término una medida del grado de suavidad de la serie. El valor de lambda (λ) es un número positivo que compensa entre el ajuste de la serie a la tendencia (ciclo) y el grado en que es suavizada la tendencia; por ejemplo, un valor grande de λ , genera una tendencia suavizada de la serie original, pero un valor que tiende a infinito, produce una tasa de crecimiento contante para el componente permanente. En este caso, el resultado final es una serie que es igual a la estimación por mínimos cuadrados ordinarios, entre la serie observada una constante y una tendencia lineal. Hodrick y Prescott (1992), asumen que el componente de ciclo y la segunda diferencia del componente permanente tienen media igual a cero, y ambas series se distribuyen como una normal con varianza σ_c^2 y $\sigma_{Y^*}^2$, así la media condicional del componente permanente (Y_t^*) está dada por la solución del problema de optimización de la ecuación (2), bajo la restricción:

$$\lambda = \frac{\sigma_c^2}{\sigma_{Y^*}^2} \quad \text{o} \quad \sqrt{\lambda} = \frac{\sigma_c}{\sigma_{Y^*}}$$

En este contexto, Hodrick y Prescott (1992) observan que en el caso de la economía de los Estados Unidos para el período de 1950:1 a 1979:2, el 5% del componente cíclico cambia o está relacionado con (1/8)% del cambio en cada trimestre del componente permanente. Relacionando ambas cantidades $\sqrt{\lambda} = 5/[1/8] = 40$ ó bien $\lambda = 1600$, que es el factor de ajuste para el caso de observaciones trimestrales. De esta manera se puede obtener una serie suavizada, partir de una serie observada, que es identificada como el componente permanente que no está sujeto a los “shocks” de demanda y por lo tanto representa el producto potencial.

La técnica del filtro HP ha sido objeto de diversas críticas, por ejemplo en el trabajo de Harvey y Jaeger (1993) señalan la dificultad de identificar de manera apropiada el valor de lambda, por otra parte se asume que el ciclo se distribuye como una normal con media cero, lo cual resulta difícil de sostener en la gran mayoría de las variables macroeconómicas. En efecto este supuesto sobre el componente cíclico, implica que las series deberían mostrar una trayectoria bastante estable, disminuyendo la influencia de posibles quiebres estructurales. Finalmente, el filtro es bastante sensible a los valores iniciales y final de la muestra, en consecuencia, se argumenta que el filtro HP tiende a calcular ciclos espurios o bien distorsiona el componente cíclico de la serie.

No obstante, ambos autores mencionan que el hecho de que el modelo de ciclo fuera rechazado por razones de parsimonia no significa que no proporciona una descripción válida de los datos. El modelo cíclico obtenido mediante la imposición de una tendencia suave estableciendo $\sigma_{\eta}^2 = 0$ tiene un mejor ajuste que el modelo de tendencia lineal local. La explicación reside en el hecho de que el modelo de tendencia lineal local surge como un caso extremo del modelo de tendencia y ciclo suavizada cuando ρ tiende a “0” y λ_c tiende a “0”. Así, cuando σ_x^2 es muy pequeño, como es aquí, es difícil elegir el ciclo en un modelo sin restricciones ya que la función de verosimilitud es muy plana.

2. Filtro Baxter & King (BK)

El filtro de Baxter y King (BK), 1999, se concentran en la extracción del ciclo de una serie y no propiamente en su tendencia. No obstante, la aplicación de la técnica genera ambos componentes. En este enfoque, la serie de tiempo observada se integra por tres componentes: el primero que describe un movimiento lento o de baja frecuencia que es identificado como la tendencia denominado como filtro de tipo “*low-pass*”. La frecuencia se refiere a la periodicidad o la amplitud del periodo, en la que cambia el componente de la serie, por lo cual se distingue estos tres componentes: tendencia, ciclo e irregular. También un componente de alta frecuencia denominado “irregular” o filtro “*high-pass*” y un tercero que es intermedio, en términos de la frecuencia, que representa al ciclo de la serie conocido como filtro “*band-pass*”, que se obtiene al aplicar una media móvil centrada simétrica sobre la serie original, así:

$$C_t = \sum_{h=-\infty}^{\infty} b_h Y_{t-h} = b_0 Y_t + \sum_{h=1}^{\infty} b_h (Y_{t-h} + Y_{t+h}) \quad [3]$$

donde $C_t = Y_t - Y_t^*$, b_h representan las ponderaciones de la media móvil que debe cumplir con la condición de simetría ($b_h = b_{-h}$). El problema fundamental es aislar la frecuencia específica en los datos para extraer cada uno de los componentes. Baxter y King (1999), asumen que el componente de tendencia se puede identificar por medio de un filtro de baja frecuencia (*low-pass*) ideal o teórico, donde el promedio móvil es de orden infinito. Estas ponderaciones, en el contexto del análisis de dominio de frecuencia (*Frequency Domain Analysis*), se pueden obtener mediante la transformación inversa de Fourier. Si la serie de tiempo presenta un comportamiento cíclico, es posible realizar una aproximación por medio de funciones trigonométricas. Las series trigonométricas que aproximan una función cíclica o periódica se les denomina series de Fourier. La transformación inversa de Fourier queda expresada de la manera siguiente:

$$b_h = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \beta(\omega) e^{i\omega h} d\omega = \frac{1}{2\pi} \int_{-\omega}^{\omega} e^{i\omega h} d\omega \quad [4]$$

donde $\beta(\omega)$ es una función de frecuencia-respuesta, es decir, indica la extensión a la cual el ciclo (C_t) responde a la serie original en una frecuencia ω . Evaluando la integral de la expresión (4), se obtienen las ponderaciones para el filtro ideal:

$$b_0 = \omega/\pi \text{ y } b_h = \text{sen}(h\omega)/h\pi, \text{ para } h=1,2,\dots, \quad [5]$$

donde $\omega = 2\pi (1/pl - 1/ph)$, en tanto que pl y ph son el corte inferior y superior, de la frecuencia del ciclo, respectivamente.

El promedio móvil finito aplicado a la serie, también se puede representar mediante la inversa de Fourier y calcular su función de frecuencia-respuesta mediante la siguiente expresión:

$$\alpha_K(\omega) = \sum_{h=-K}^K a_h \exp(-i\omega h)$$

La propuesta de Baxter y King (1999) es seleccionar el filtro que minimice la distancia entre los ponderadores del filtro ideal $\beta(\omega)$ y el filtro estimado $\alpha_k(\omega)$:

$$\min Q = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} |\beta(\omega) - \alpha_k(\omega)|^2 d\omega \quad [6]$$

La aproximación óptima del filtro dado un máximo de rezagos K , es truncar las ponderaciones infinitas del filtro ideal en número igual a K rezagos. El filtro estimará

ponderaciones finitas iguales a las infinitas hasta el rezago k , e igualará a cero todas las ponderaciones mayores a $K+1$. De tal manera, que el número de rezagos adquiere una gran relevancia toda vez que define la precisión de los ponderadores. No existe un número ideal de rezagos, pero cuando se incrementan los rezagos se mejora la aproximación con el filtro ideal, a costa de perder información al principio y al final de la muestra (Flores, 2000).

Baxter y King (1999), señalan que es necesario definir las características del componente cíclico. El procedimiento general se puede definir en dos pasos: medir la amplitud del ciclo, y posteriormente se realiza el proceso de suavizamiento aplicando promedio móvil centrado, cuyas ponderaciones de cada observación dependen de las frecuencias que se buscan extraer. Los autores utilizan la información de Burns y Michel (1946), donde los ciclos económicos son fluctuaciones recurrentes pero no periódicas, con duración no menor a 6 trimestres (año y medio) y no superior a treinta trimestres (8 años).

3. Filtro Christiano Fitzgerald (CF)

Este utiliza una media móvil con ponderaciones cambiantes no simétricas, además de considerar que la serie describe un camino aleatorio. El filtro CF asume que el problema de optimización entre el filtro ideal y el filtro estimado, debe considerar las propiedades de la serie de tiempo, así la función a minimizar se modifica incluyendo una función de densidad espectral $f_y(\omega)$ de la serie observada (Y_t):

$$\min Q = \int_{-\pi}^{\pi} |B(e^{i\omega}) - \hat{B}^{p,f}(e^{i\omega})|^2 f_y(\omega) d\omega \quad [7]$$

donde $B(e^{i\omega})$ es el filtro ideal $\hat{B}^{p,f}(e^{i\omega})$ el filtro estimado, el promedio móvil está acotado por los valores de $-f$ a p , que se refieren al número mínimo y máximo de períodos por ciclo. Christiano y Fitzgerald (2003), sugieren utilizar la función espectral de un proceso estocástico de camino aleatorio sin constante, como una aproximación del espectro de la serie observada. El proceso de la serie se define como: $y_t = y_{t-1} + \theta(L)\varepsilon_t$, $E\varepsilon_t^2 = 1$; $\theta(L)$ es un polinomio de rezagos de orden q , L es el operador rezago. Además, el filtro CF utiliza todas las observaciones disponibles en la muestra, y por lo tanto no es simétrica. La solución al problema de optimización viene dada por la siguiente ecuación:

$$C_t = b_0 Y_t + \sum_{j=1}^{T-t-1} b_j y_{t+j} + \tilde{b}_{T-t} Y_T + \sum_{j=1}^{t-2} b_j y_{t-j} + \tilde{b}_{t-1} Y_1 \quad [8]$$

Los b_0 y b_j están definidos en el mismo sentido que el filtro BK pero $j= 3,4, \dots, T-2$; por su parte los ponderadores \tilde{b}_{T-t} y \tilde{b}_{t-1} , son una función lineal de los ponderadores b_j , los cuales se pueden calcular mediante la expresión:

$$\tilde{b}_{T-t} = -\frac{1}{2}b_0 - \sum_{j=1}^{T-t-1} b_j \quad [9]$$

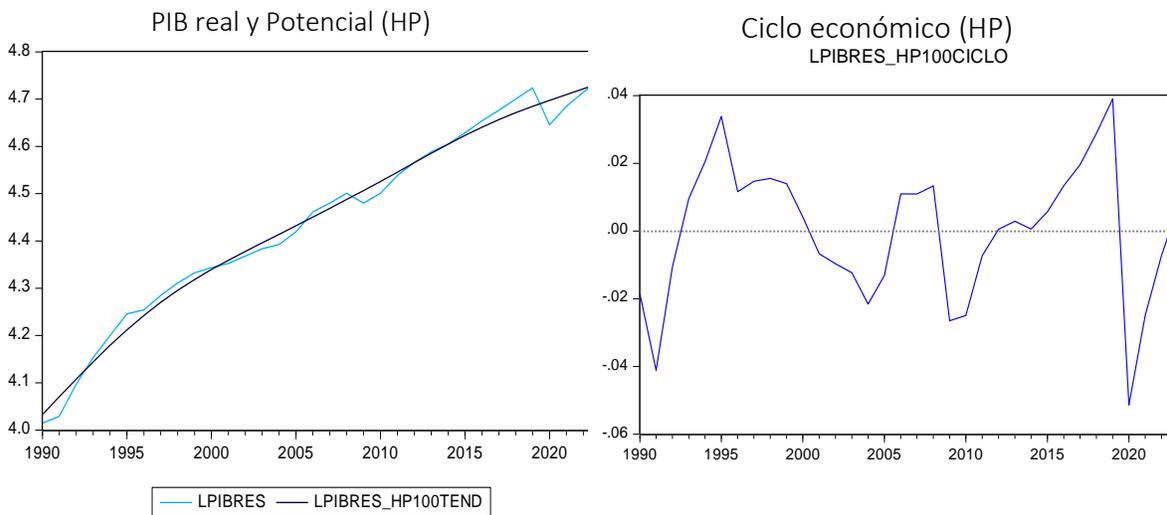
$$\tilde{b}_{t-1} = -\frac{1}{2}b_0 - \sum_{j=1}^{t-2} b_j \quad [10]$$

IV. Resultados del PIB potencial con los tres enfoques

La aplicación de los filtros se realizó a la serie anual del Valor de la Cadena Monetaria del Índice de Volumen Encadenado (IVE) del Sistema de Cuentas Nacionales (Año base 2005 y año de referencia 2014) publicado oficialmente, para el período de 1990 a 2019. Considerando que el Filtro de Baxter-King con rezagos genera pérdida de información, se incorporaron proyecciones preliminares del crecimiento económico para período de 2020-2023.

El filtro de Hodrick-Prescott (HP) produjo resultados que muestran que la economía salvadoreña atravesó por tres fases expansivas (ocho años: 1993-2000; tres años: 2006-2008; ocho años: 2012-2019) en que el PIB observado creció arriba de su tasa potencial, estimada en 2.28% (1990-2019).

Gráfica 1 PIB real y Filtro Hodrick-Prescott (HP), escala logarítmica.



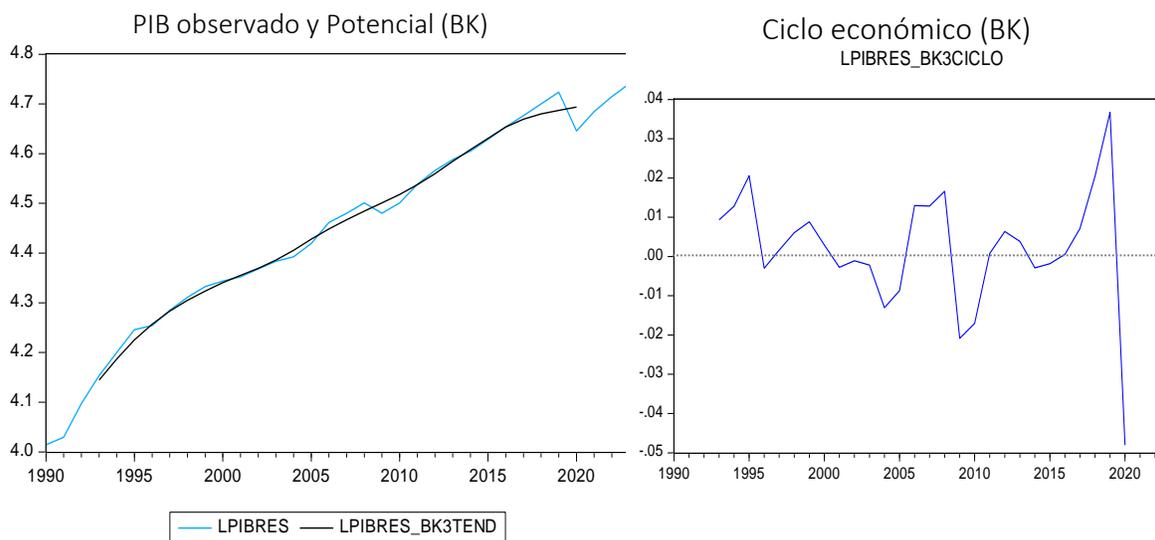
Fuente: Cálculos del autor

También, se aprecian tres fases decrecientes (tres años: 1990-1992; cinco años: 2001-2005; y tres años: 2009-2011) donde el PIB observado creció por debajo de su tasa potencial (ver gráfica 1). La duración de los ciclos tanto en la fase expansiva como en la contractiva no es homogénea, como se observa en el componente cíclico del PIB.

El filtro de Baxter & King (BK), por su parte, generó siete fases expansivas con duración entre uno y tres años cada una y siete fases recesivas donde el PIB observado creció por debajo de su tasa potencial, estimada en 2.11% (1990-2019); las últimas de estas fases

se observaron en 2014-2015, consecutivamente y en 2017. El año 2020 de nuevo se observará una contracción económica cuya duración será objeto de análisis posterior. Este filtro estimó ciclos económicos con una menor duración y menos volátil que los calculados por el filtro anterior (ver gráfica 2).

Gráfica 2 PIB observado y Filtro de Baxter y King, escala logarítmica.

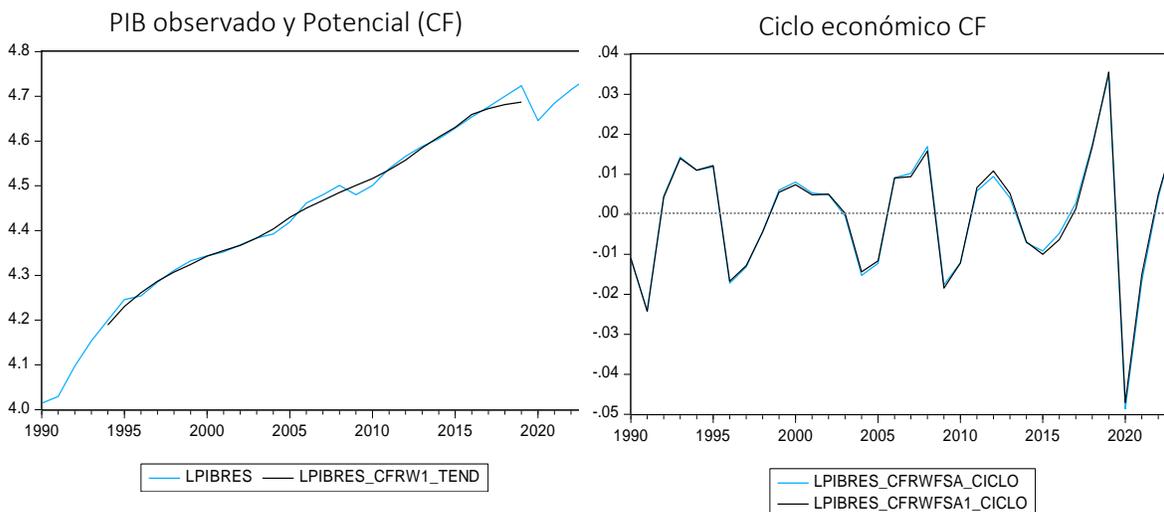


Fuente: Cálculos del autor

El filtro de Christiano Fitzgerald (CF), generó seis fases expansivas con duración entre dos y tres años cada una y cinco fases contractivas donde el PIB observado creció por debajo de su tasa potencial, estimada en 2.02%; la última de estas fases se observó en 2014 y 2015, consecutivamente (ver gráfica 3). Este filtro estimó ciclos económicos muy similares que los estimados mediante el filtro BK y al igual que éste, resultaron de menor duración y menos volátiles que los estimados por el filtro HP. También, los filtros de BK y CF coincidieron en estimar una fase contractiva del ciclo económico para el período 2014-2015.

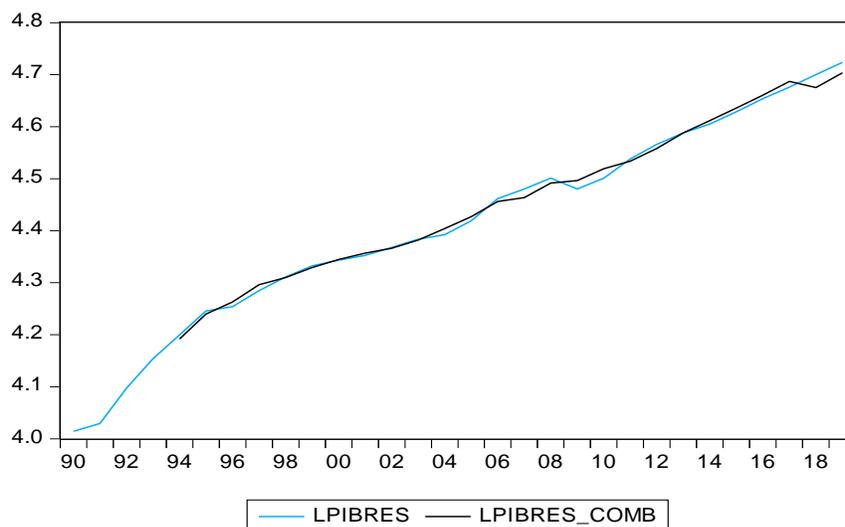
Finalmente, se aplicó la metodología de combinación lineal para obtener una cuarta estimación del PIB potencial (ver gráfica 4), a partir de las estimaciones obtenidas mediante los tres filtros univariantes; los parámetros para las ponderaciones de cada modelo fueron obtenidas mediante una regresión econométrica en dos etapas. La combinación lineal de pronósticos independientes produjo una nueva estimación de 2.09% para el PIB potencial.

Gráfica 3 PIB observado y Filtro de Christiano Fitzgerald, escala logarítmica.



Fuente: Cálculos del autor

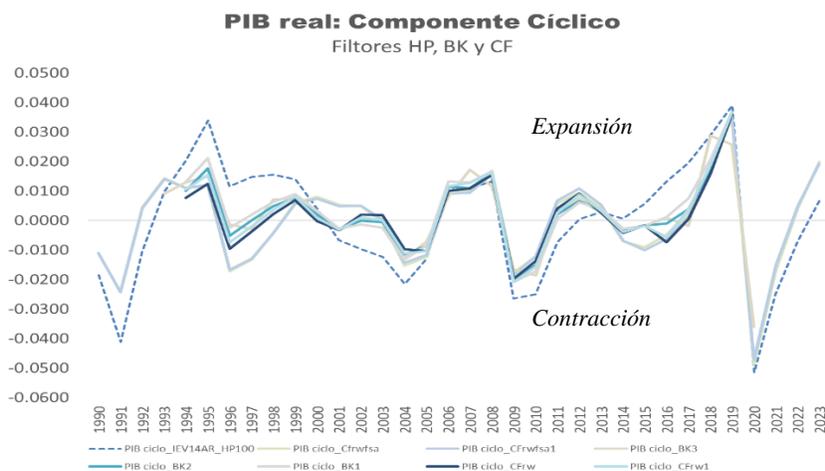
Gráfica 4 PIB observado y Combinación lineal, escala logarítmica.



Fuente: Cálculos del autor

Las diferentes estimaciones obtenidas mediante los filtros de BK y CF son muy coincidentes en sus resultados, en cuanto a las fases expansiva y recesiva del ciclo económico y en términos de años de duración de cada fase; por su parte, el filtro de Hodrick-Prescott tiende a generar resultados más volátiles que los dos anteriores (ver gráfica 5). La incorporación de rezagos en la estimación provoca la pérdida de datos, razón por la cual se incorporó pronósticos de la tasa del PIB para el período 2020-2023 y se aplicó el filtro de CF para la muestra completa asimétrica.

Gráfica 5 Filtros HP, BK, CF: **Ciclo económico estimado**, escala logarítmica.



Fuente: Cálculos del autor

Con base en los resultados anteriores (ver tabla 1), se estimó para El Salvador una tasa de **PIB potencial de 2.1%** promedio, para el período de 1990-2019.

Tabla 1. PIB Potencial estimado: Filtros Univariados y combinación lineal

	PIB pot_HP	PIB pot_BK	PIB pot_CFrw	PIB pot_Comb	Promedio
1990-2019	2.28	2.11	2.02	2.09	2.12

Fuente: Cálculos del autor

El modelo de crecimiento endógeno con restricción externa produjo un resultado similar al obtenido con los filtros univariados. El período de análisis fue de 1990 a 2019, con datos anuales. Los resultados actualizados se muestran en la tabla 2. Bajo este enfoque, los resultados indican una tasa de PIB potencial de 2.2% estimada para la economía salvadoreña, muy similares a los reportados por Aquino (2017).

Tabla 2. PIB Potencial estimado
Modelo de crecimiento endógeno con restricción externa

Período	Modelo de Estimación	R ²	Elasticidad ingreso de		Razón de Elasticidades ξ/π	Razón de tasas de crecimiento económico y_v/y_w	Relativo de tasas de crecimiento de x/m	PIB [*] con restricción externa (y_w)	Actualizado 1990-2019
			Importaciones (π)	Exportaciones (ξ)					
1990-2017	Modelo VAR (LP)		1.90	1.68	0.88	1.03	1.24	2.2	2.21
1990-2017	Modelo de corrección de Errores (ECM) Importaciones	0.79	1.97		0.88			2.1	2.20
	Modelo de corrección de Errores (ECM) Exportaciones	0.70		1.73					
	<i>Crecimiento económico medio acumulativo</i>								
	<i>Estados Unidos de América</i>		<i>2.44</i>						
	<i>El Salvador</i>		<i>2.51</i>						

Fuente: Cálculos del autor

La Función de Producción Cobb-Douglas incorporó la estimación del stock de capital, de la mano de obra y una estimación de la productividad total de los factores, obtenida como el *residuo de Solow*. Debido al choque de la pandemia se evaluó un segundo modelo la incorporar las series en tendencia.

El modelo con las series en nivel dio los resultados siguientes:

$$\ln Y_t = 0.3294 \ln K_t + 0.6705 \ln L_t$$

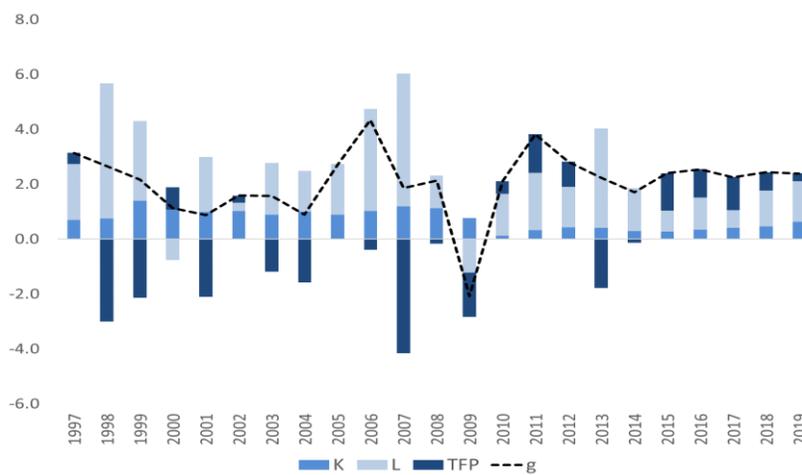
El modelo con la tendencia de las series dio los resultados siguientes:

$$\ln Y_t = 0.3315 \ln K_t + 0.6684 \ln L_t$$

De lo anterior, se estimó que el coeficiente del capital de $\alpha = 0.3294$, en tanto que la intensidad del trabajo $(1-\alpha) = 0.6705$, es decir, que el crecimiento de la economía salvadoreña está sustentado en la intensidad de uso del factor trabajo y en menor medida, en el uso del factor capital. Los resultados obtenidos con la segunda especificación de la función de producción fueron muy similares a los primeros, siendo los valores estimados de $\alpha = 0.3315$ y de $(1-\alpha) = 0.6684$; ambas estimaciones son comparables con los reportados en estudios previos [Catalán y Aquino (2013) $\alpha = 0.33$ y $(1-\alpha) = 0.67$; Agosin, Machado y Nazal (2002) $\alpha = 0.33$ y $(1-\alpha) = 0.77$; y Cabrera (2003) con $\alpha = 0.357$ y $(1-\alpha) = 0.695$].

A partir de los coeficientes estimados fue posible determinar la contribución factorial a la tasa de crecimiento económico del país en la historia reciente (ver gráfica 6). Los resultados son consistentes con la evidencia empírica precedente, e indican que la contribución relativa del factor trabajo a la tasa del PIB es mayor que el aporte del factor capital y la productividad total de los factores.

Gráfica 6
Contribución factorial a la tasa del PIB real



Fuente: cálculos del autor

Se aplicó una tendencia segmentada a la serie del residuo de la función de producción (Acevedo, F.E 2009). Scacciavillani y Swagel (1999), así como Cahn y Saint-Guilhem (2007). Así, el PIB potencial ($\ln Y_t^p$) se puede calcular sumando a la función de producción estimada la serie \widetilde{TPF}_t que resulta de aplicar una tendencia segmentada a la TPF:

$$\ln Y_t^p = (0.3294 \ln K_t + 0.6705 \ln L_t) + \widetilde{TPF}_t$$

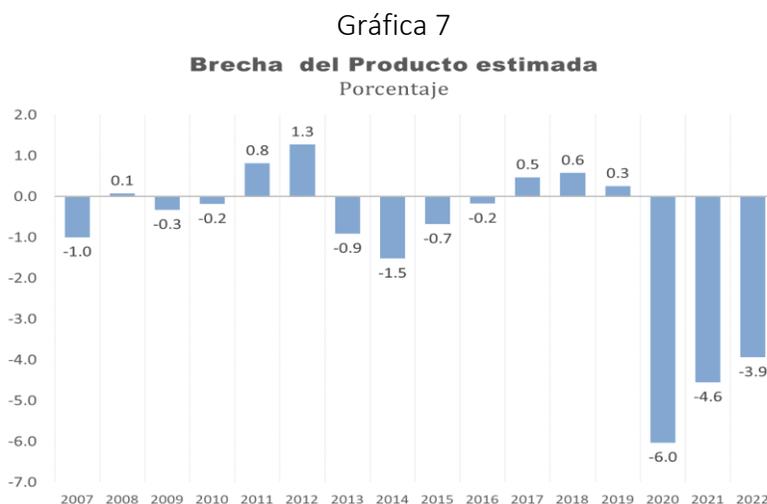
A partir de los resultados estimados, se calculó la tasa del PIB potencial de El Salvador usando las dos especificaciones de la función de producción. Vale mencionar que las estimaciones son sensibles al período de la muestra seleccionada. Ambas especificaciones de la función de producción, con series en niveles y con la tendencia de las series, produjo una tasa de PIB potencial entre 2.2% y 2.1%, respectivamente.

Tabla 3. Función de Producción Cobb-Douglas
Tasa de PIB Potencial estimada

Período	Serie en niveles	Tendencia de las series
1997-2019	2.1%	2.1%
2010-2019	2.4%	2.3%
2010-2025	2.2%	2.1%

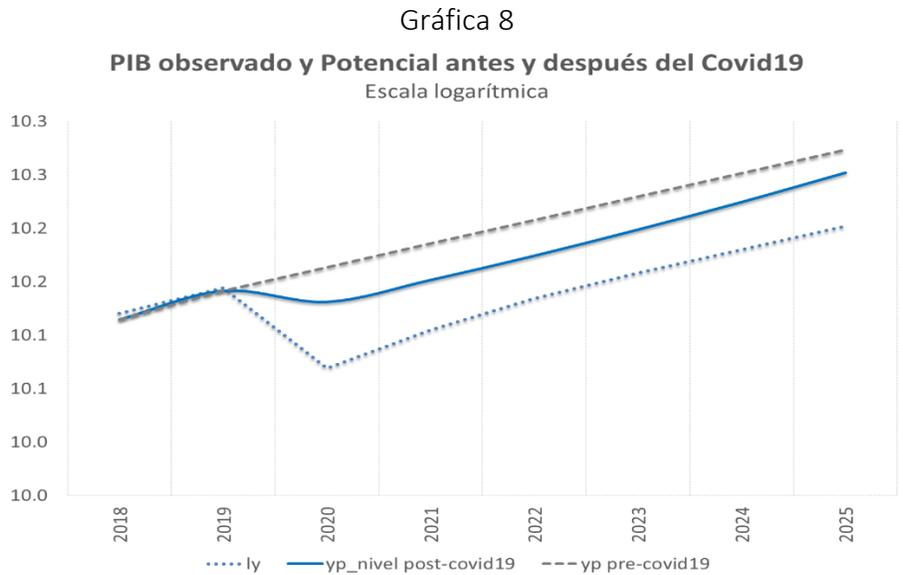
Fuente: Cálculos del autor

La brecha del producto se muestra en la gráfica 7, e indica que como consecuencia del choque de la pandemia el crecimiento económico se desvió de su tendencia de largo plazo y retornará a ella gradualmente.



Fuente: Cálculos del autor

Se comparó la estimación del PIB potencial con la trayectoria del PIB previo al choque de la pandemia y la proyección esperada post-covid19 (ver gráfica 8), lo que permite apreciar el impacto sobre el crecimiento económico del país.

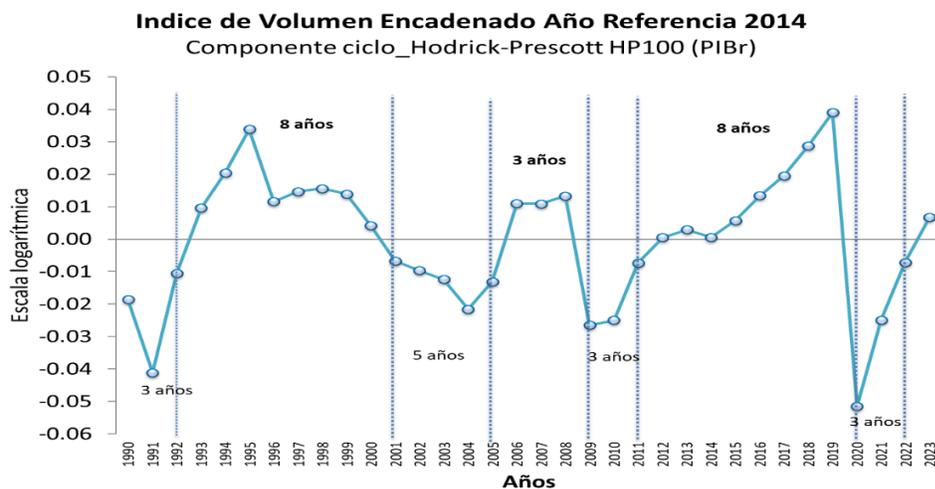


Fuente: Cálculos del autor

V. Caracterización del ciclo económico

La estimación del ciclo económico para el período 1990-2019 mediante los filtros univariados, proveyó información que sirve para identificar ciertas características acerca de las oscilaciones observadas en el desempeño económico de El Salvador, esto es, las fases expansivas y contractivas, así como la frecuencia y duración de las mismas.

Gráfica 9 El Salvador: **Brecha del PIB base 2005 (año referencia 2014)**
Filtro Hodrick-Prescott, escala logarítmica



Fuente: Cálculos del autor

Primero, se estimaron seis fases de ciclo: tres expansivas y tres contractivas (ver gráfica 9). La fase expansiva tuvo una duración máxima de 8 años y una duración mínima de 3 años. La fase contractiva tuvo una duración máxima de 5 años y una mínima de 3 años.

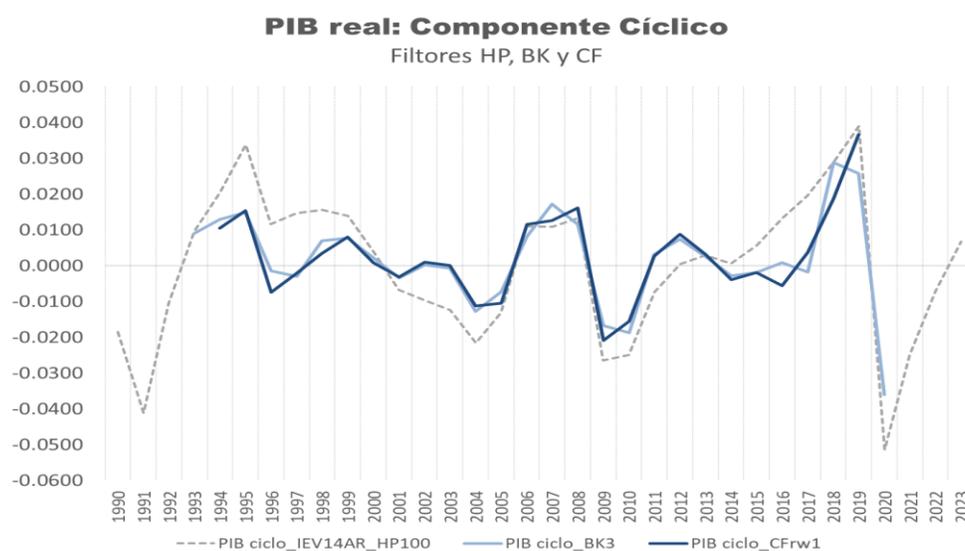
Tabla 4. PIB Potencial estimado con Filtro Hodrick-Prescott
Por sub-períodos de las fases del ciclo económico

Período	PIB Potencial ^e (Base 2005 y Año de Referencia 2014)	Fase del ciclo (duración años)
1990-1992	3.8	Contractiva (3)
1993-2000	2.9	Expansiva (8)
2001-2005	1.85	Contractiva (5)
2006-2008	1.8	Expansiva (3)
2009-2011	2.0	Contractiva (3)
2012-2019	2.2	Expansiva (8)

Fuente: Cálculos del autor. Nota: e = estimado

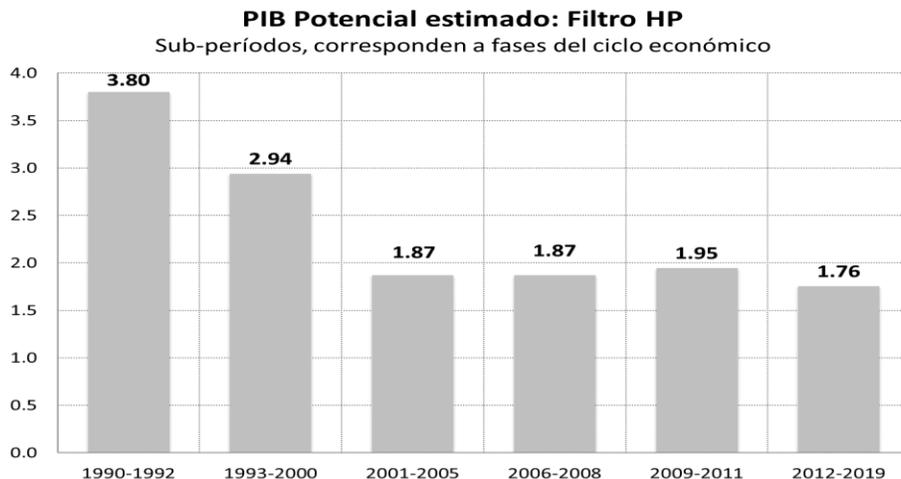
Segundo, de acuerdo con el PIB potencial estimado con el filtro HP (ver tabla 4), se observan dos fases expansivas con duración de ocho años consecutivos cada uno (1993-2000; y 2012-2019); y una tercera fase expansiva de tres años de duración (2006-2008). También se observan tres fases contractivas, dos con duración de tres años (1990-1992; y 2009-2011) y una de cinco años de duración (2001-2005). Vale aclarar que, bajo los filtros de BK y CF la fase expansiva estimada por el filtro HP, período 2012-2019, se interrumpe en 2014 y 2015 (ver gráfica 10), donde ambos filtros estiman que la economía creció por debajo de la tasa de PIB potencial.

Gráfica 10 El Salvador: Brecha del PIB base 2005 (año referencia 2014)
Baxter & King y Christiano Fitzgerald, escala logarítmica



Tercero, el PIB potencial estimado ha seguido una trayectoria descendente (ver gráfica 11) a lo largo de las últimas tres décadas.

Gráfica 11. Trayectoria del PIB Potencial estimado, Filtro Hodrick-Prescott

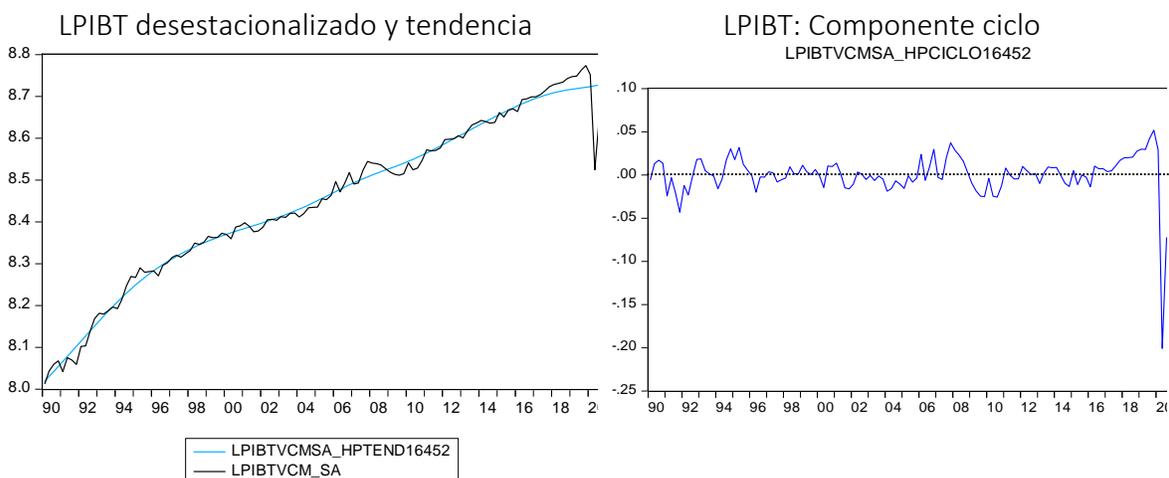


Fuente: Cálculos del autor

VI. PIB Potencial estimado con datos de alta frecuencia

Se analizó el comportamiento del Producto Interno Bruto Trimestral (PIB trimestral) que corresponde al Índice de Volumen Encadenado (IVEsa) desestacionalizado, el cual excluye el componente estacional de la serie original (ver gráfica 12). Se aplicó una transformación logarítmica a las series y se cubrió el período trimestral desde 1990Q1 a 2020Q3. Con datos de alta frecuencia es factible realizar la estimación de la tasa del PIB Potencial y se aplicó un valor de $\lambda=1645.2$

Gráfica 12. LPIB Trimestral, escala logarítmica



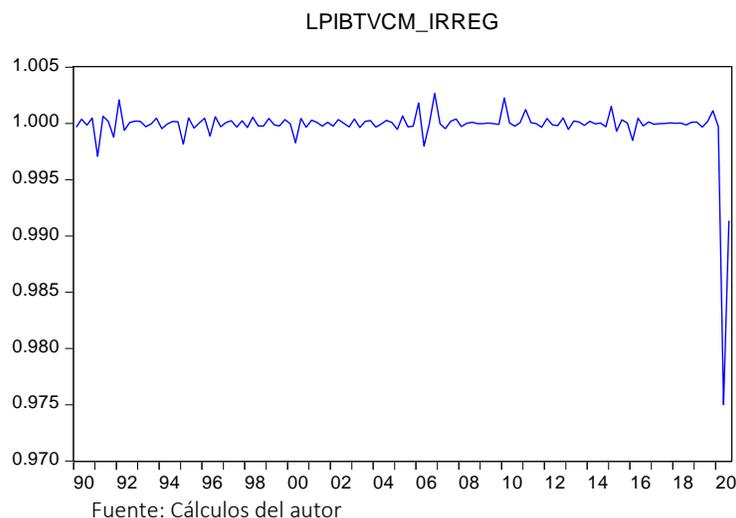
Fuente: Cálculos del autor

Guerrero (2012) explica que la necesidad de suavizar los datos de una serie de tiempo surge porque la información muchas veces presenta movimientos erráticos y fluctuaciones indeseables que, básicamente, oscurecen la dinámica de la variable a la que se refiere la serie; lo que se busca con este tipo de ajuste o suavizamiento es ofrecer a los usuarios datos que permitan apreciar con mayor claridad el comportamiento dinámico de las series, sin el oscurecimiento ocasionado por efectos estacionales y otras fluctuaciones que típicamente carecen de importancia.

La serie ajustada por estacionalidad muestra los movimientos a corto plazo del PIB trimestral, ya que se le han eliminado los efectos periódicos “*estacionales*” que se repiten cada año y que alteran los movimientos de la serie original. Por ejemplo, en el caso de El Salvador, y en atención a los estándares internacionales de las NEDD del Fondo Monetario Internacional (FMI), se usa oficialmente la serie desestacionalizada del PIB trimestral (IEVsa) para calcular la tasa de crecimiento “oficial” para esta variable. Por otro lado, una serie de tendencia-ciclo se obtiene al excluir el componente irregular de la serie ajustada por estacionalidad, de manera que permite observar mejor los movimientos a largo plazo del PIB trimestral.

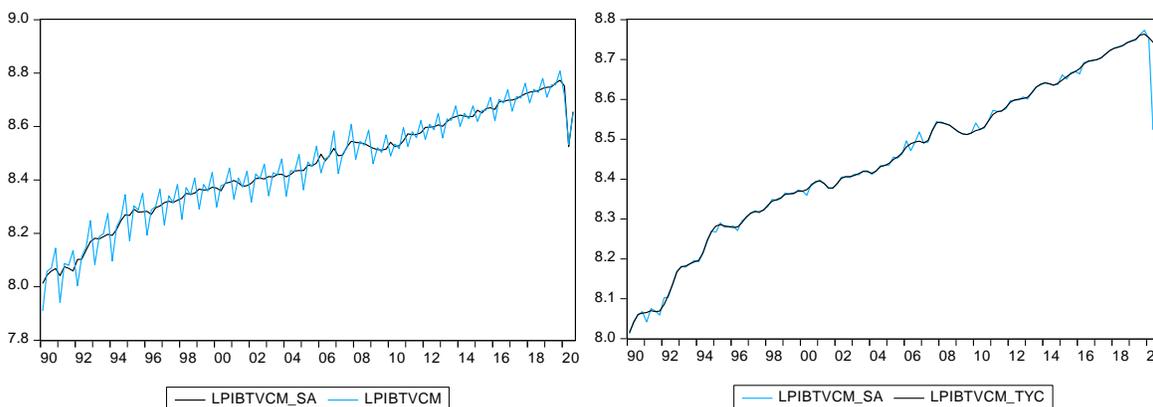
La serie del PIB Trimestral (IEVsa) puede descomponerse en sus elementos básicos mediante la aplicación de técnicas de suavizamiento o de extracción de señales como son el software *Tramo&Seat* (Gómez y Maravall 1994, 1996), *Census X-13* y filtro de Hodrick-Prescott (*Eviews*), *JDemetra+* (*Eurostat*), entre otros. La serie desestacionalizada publicada oficialmente tiene un componente irregular bastante volátil y la presencia de algunos “*outliers*” (ver gráfica 13), lo que introducen distorsiones en la dinámica de la variable aún si ésta ha sido desestacionalizada. Al excluir el componente irregular, se obtiene la serie de tendencia ciclo que provee una señal más estable acerca de la dinámica de largo plazo sobre el PIB trimestral.

Gráfica 13. LPIBT: Componente Irregular, escala logarítmica



En la gráfica 14 se aprecia la serie desestacionalizada del PIB trimestral (IEVsa), que comparada con la serie original tiene un desempeño más estable; sin embargo, la presencia del componente irregular hace que todavía experimente un comportamiento “errático”. Para resolver esa volatilidad aun presente en la serie, se excluyó el componente irregular a fin de obtener una señal mucho más estable denominada tendencia-ciclo y de esa manera, un horizonte de más largo plazo para el PIB trimestral.

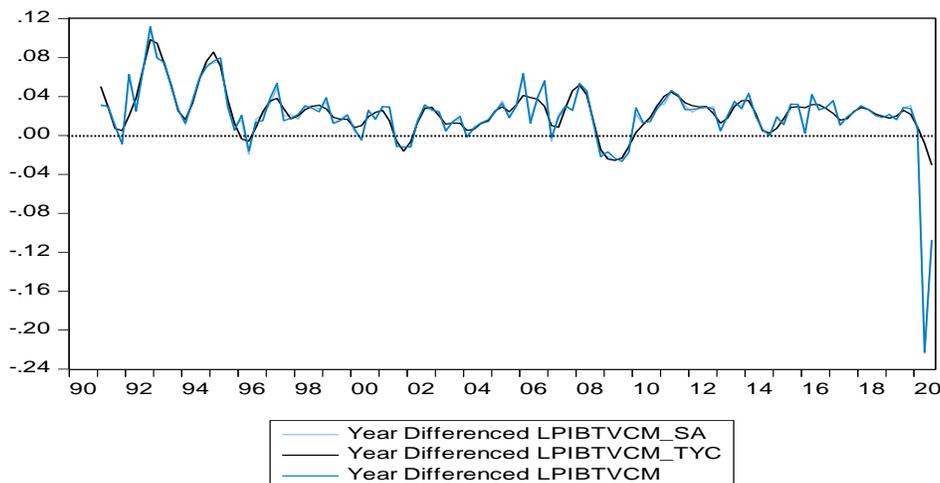
Gráfica 14. LPIBT (IEV): Original, desestacionalizada y tendencia-ciclo
Escala logarítmica



Fuente: Cálculos del autor.

Las tasas de crecimiento de las series ajustadas (ver gráfica 15) ilustran precisamente las distorsiones provocadas por los componentes estacional en la serie original y que es excluido en la serie desestacionalizada, así como por el componente irregular de la serie desestacionalizada que es excluido de la serie en tendencia ciclo.

Gráfica 15. PIBT (IEV): Original, desestacionalizada, tendencia-ciclo, variación (%)



Fuente: Cálculos del autor.

Las variaciones anuales de la serie desestacionalizada son mucho más volátiles que aquellas de la serie en tendencia ciclo. Esta última permite apreciar de manera más estable la dinámica de largo plazo del PIB trimestral. Dichos ajustes son valederos y se aplicaron técnicas de suavizamiento y de extracción de señales aceptadas internacionalmente.

El Salvador es suscriptor de las Normas Especiales de Divulgación de Datos (NEDD) del Fondo Monetario Internacional (IMF) y éstas requieren a los países miembros apearse a la metodología establecida por convención en los estándares internacionales contenidos en el Manual de Cuentas Nacionales Trimestrales (IMF, Naciones Unidas). En razón de lo anterior, el BCR debe utilizar la serie del PIB Trimestral (IEVsa) desestacionalizada para medir el crecimiento económico con periodicidad trimestral.

Como se mencionó en la sección III de este estudio, existen varios procedimientos - denominados filtros- para suavizar los datos, la mayoría de los cuales parten del criterio de sencillez de aplicación. En dicha sección se hizo referencia a los más utilizados, entre los que se puede mencionar los siguientes: 1) Tendencia con Promedio de Fases (PAT, por sus siglas en inglés) usado por el National Bureau of Economic Research (NBER) y el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) de México, en relación con el cálculo de índices cíclicos; 2) el filtro de Hodrick-Prescott (HP) doble que se utiliza en la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) (véase Hodrick y Prescott, 1997 y OECD, 2008); 3) Filtro Baxter y King (1999); y 4) el filtro de Christiano y Fitzgerald (2003) empleado por Eurostat, que permite elegir el paso de banda para la frecuencia de los ciclos.

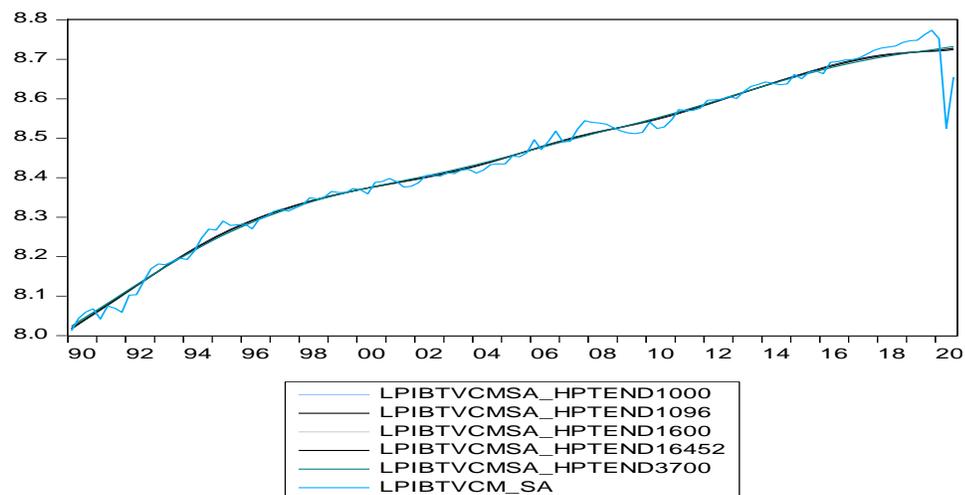
A continuación, se analizan los principales resultados de la tasa del PIB potencial estimada, la frecuencia y duración del ciclo económico obtenidas mediante la aplicación de los tres filtros antes descritos a la serie desestacionalizada del PIB trimestral.

A. Filtro Hodrick-Prescott (HP)

Se aplicó el filtro HP a la serie del PIBT (IEVsa) desestacionalizada para extraer los componentes de la tendencia y del ciclo. Se aplicaron cuatro valores para el parámetro de suavizamiento lambda $\lambda=1600$ (Hodrick-Prescott, 1997); $\lambda=1096$ (Sarabia, 2010); $\lambda=1000$ y 3700 (Loria y Salas, 2014); lo anterior, considerando la evidencia empírica que señala que valores de “ λ ” en un rango de 1000 a 3700 no generan diferencias significativas en la estimación del PIB potencial (ver gráfica 16). También, Amaya et al (2018) siguiendo a Marcet y Ravn (2003) estimaron un valor para lambda de $\lambda=1645.2$ a fin de extraer el componente ciclo del PIB trimestral de El Salvador.

La tendencia de la serie para los diferentes valores de lambda, antes mencionados, resultó muy similar a la que se obtuvo por medio del filtro Hodrick-Prescott ($\lambda=1600$), tal como la evidencia empírica lo señala (ver gráfica 16).

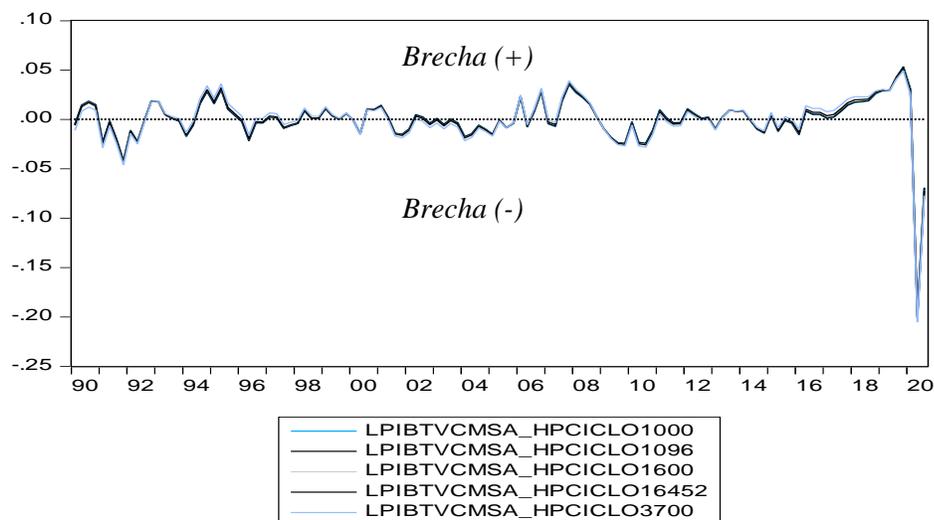
Gráfica 16. PIBT (IEV) observado y Filtro Hodrick-Prescott (HP) (escala logarítmica)



Fuente: Cálculos del autor

Aplicando diferentes valores de λ a la serie logarítmica del PIB real, se extrajo el componente ciclo de cada una de ellas y los resultados son muy similares entre sí (ver gráfica 17).

Gráfica 17. PIBT (IEVs): HP Ciclo económico estimado (para valores de λ)



Fuente: Cálculos del autor

El filtro Hodrick-Prescott (HP) generó trece máximos locales y doce mínimos locales, durante el período 1990Q1 a 2020Q3 (ver tabla 5). En 2019Q4 se alcanzó la mayor tasa potencial de crecimiento del PIB trimestral, seguido de 2007Q4 y 1993Q1. El mínimo local más bajo se había observado en 1991Q4 y 2010Q2 donde la economía alcanzó el mínimo respecto del potencial, pero han sido claramente desplazados por la contracción del 2020Q2, como resultado de la pandemia covid19.

Tabla 5. Filtro HP: Ciclos económicos, frecuencia y duración

Máximo local		Mínimo local		Ciclos de la economía		
Fecha	Brecha (%)	Fecha	Brecha (%)	Período	Duración (trimestres)	Fase
1990Q3	1.7	1991Q4	-4.3	1990Q2-1990Q4	3	Expansiva
1993Q1	1.9	1994Q1	-1.6	1991Q1-1992Q3	7	Contractiva
1995Q1	1.8	1996Q2	-2.0	1992Q4-1993Q3	4	Expansiva
1997Q1	0.3	1997Q3	-0.8	1993Q4-1994Q2	3	Contractiva
1999Q1	1.1	2000Q1	-0.1	1994Q3-1995Q4	6	Expansiva
2000Q4	1.0	2001Q4	-1.6	1996Q1-1996Q4	4	Contractiva
2002Q3	0.1	2004Q1	-1.9	1997Q1-1997Q2	2	Expansiva
2007Q4	3.7	2010Q2	-2.5	1997Q3-1998Q1	3	Contractiva
2011Q1	0.8	2013Q1	-1.0	1998Q2-1999Q4	7	Expansiva
2012Q1	1.0	2014Q4	-1.3	2000Q1-2000Q2	2	Contractiva
2013Q3	0.9	2017Q2	-0.5	2000Q3-2001Q2	4	Expansiva
2015Q1	0.5	2020Q2	-20.1	2001Q3-2002Q1	3	Contractiva
2019Q4	5.2			2002Q2-2002Q3	2	Expansiva
				2002Q4-2005Q4	13	Contractiva
				2006Q1-2008Q4	12	Expansiva
				2009Q1-2011Q3	11	Contractiva
				2011Q4-2012Q3	4	Expansiva
				2012Q4-2013Q1	2	Contractiva
				2013Q2-2014Q2	5	Expansiva
				2014Q3-2016Q1	7	Contractiva
				2016Q2-2016Q4	3	Expansiva
				2017Q1-2017Q2	2	Contractiva
				2017Q3-2020Q1	11	Expansiva
				2020Q2-2020Q3	2	Contractiva

Fuente: Cálculos del autor. Brecha como proporción del PIB potencial estimado

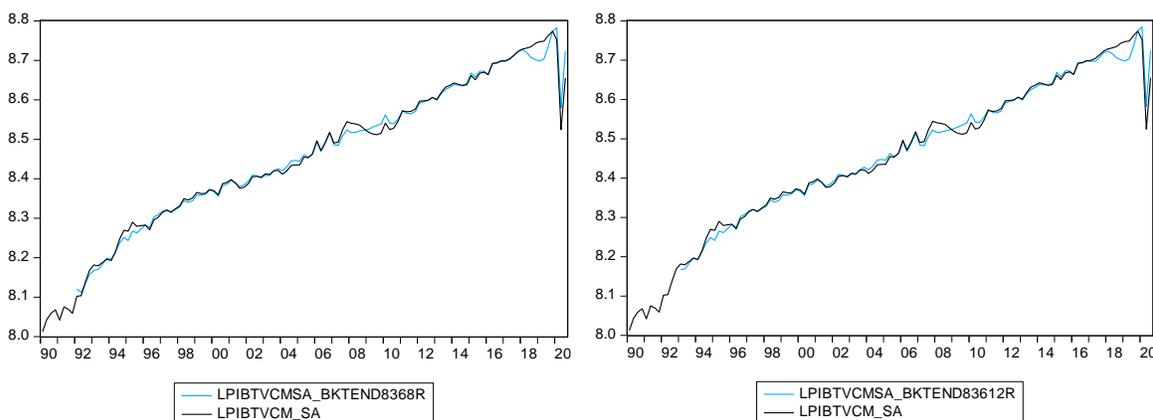
La duración y frecuencia de los ciclos económico fue estimada mediante el filtro HP, calculando treinta ciclos, aunque once de ellos tuvieron únicamente una duración de uno o dos trimestres. El ciclo expansivo más amplio tuvo una duración de dieciséis trimestres (2016Q2-2020Q1); el segundo, duró siete trimestres (1998Q2-1999Q4), y el tercero duró seis trimestres (1994Q3-1995Q4; y 2007Q3-2008Q4); por otra parte, el ciclo contractivo más prolongado tuvo una duración de trece trimestres (2002Q4-2005Q4), seguido por otro de ocho trimestres (2009Q1-2010Q4) y uno de siete trimestres (1991Q1-1992Q3). Las fases expansivas tuvieron una mayor duración que las fases contractivas estimadas.

B. Filtro Baxter & King (BK)

El principal punto de debate en la estimación del filtro BK, es encontrar los valores fijos de las bandas de fluctuación y el número de rezagos óptimo para una mejor aproximación al filtro ideal. Sin embargo, esta aproximación al filtro ideal presenta un trade off entre un mayor número de rezagos y la pérdida de información al principio y final de la muestra.

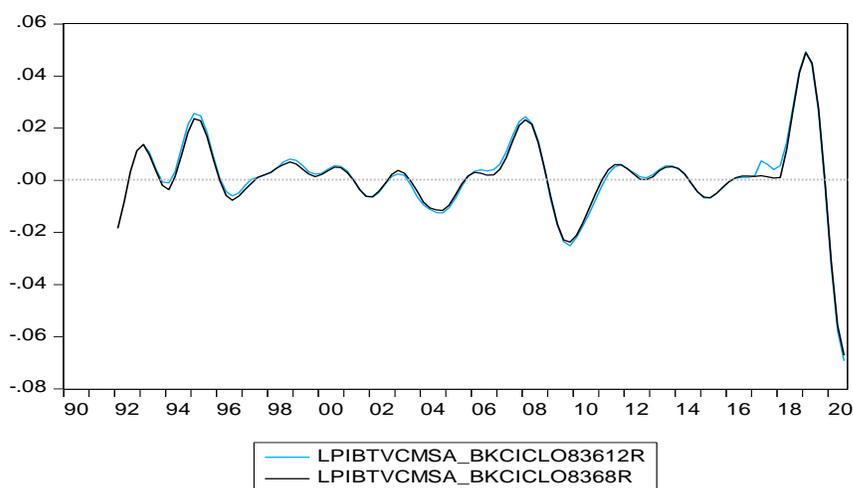
Por otra parte, Baxter y King (1999) señalan que el ciclo genera buenos resultados en una banda entre año y medio y ocho años. Sin embargo, se considera que se obtienen mejores resultados en una banda de 2 a 9 años, de acuerdo con el análisis de frecuencia del estudio de los ciclos (Loria y Salas, 2014). La literatura económica señala que para series trimestrales un nivel adecuado de rezagos sería de 12, sin embargo, no hay grandes diferencias entre la elección de 8 y 12 rezagos para el caso salvadoreño, ya que prácticamente las tendencias son muy similares (ver gráficas 18 y 19), salvo la pérdida de información por parte del filtro con un mayor rezago.

Gráfica 18. PIBT (IEVas): Observado y potencial, escala logarítmica (Baxter y King)



Fuente: Cálculos del autor

Gráfica 19. PIBT (IEVas): Ciclo económico estimado (BK), escala logarítmica



Fuente: Cálculos del autor

El ciclo económico obtenido con el filtro BK produjo los resultados mostrados en la tabla 6 y, la tasa de PIB potencial estimada fue de 2.15% y 2.1%, con 8 y 12 rezagos, respectivamente.

Tabla 6. Filtro BK: Ciclos económicos, frecuencia y duración

Máximo local		Mínimo local		Ciclos de la economía		
Fecha	Brecha (%) BK8	Fecha	Brecha (%) BK8	Período	Duración (trimestres)	Fase
1993Q1	1.4			1992Q1-1992Q2	2	Contractiva
				1992Q3-1993Q3	5	Expansiva
1995Q1	2.4	1992Q1	-1.8	1993Q4-1994Q1	2	Contractiva
				1994Q2-1996-Q1	8	Expansiva
1999Q4	0.1	1993Q4	-0.2	1996Q2-1997-Q2	5	Contractiva
				1997Q3-2001Q2	16	Expansiva
2003Q2	0.3	1996Q3	-0.8	2001Q3-2002Q3	5	Contractiva
				2002Q4-2003Q2	3	Expansiva
2008Q1	2.3	2001Q3	-0.4	2003Q3-2005Q3	9	Contractiva
				2005Q4-2008Q4	13	Expansiva
2011Q4	0.6	2004Q4	-1.2	2009Q1-2010Q4	8	Contractiva
				2011Q1-2014Q2	14	Expansiva
2019Q1	4.9	2009Q4	-2.4	2014Q3-2016Q1	7	Contractiva
				2016Q2-2019Q3	14	Expansiva
		2015Q1	-0.6	2019Q4 2020Q3	4	Contractiva*
		2020Q3	-6.7			

*En proceso de desarrollo

Fuente: Cálculos del autor. Brecha como proporción del PIB potencial estimado

El filtro BK con ocho rezagos produjo siete máximos locales y ocho mínimos locales durante el período bajo análisis; en 1995Q1 fue donde se tuvo la mayor tasa de crecimiento del PIB. El mínimo local más bajo se observó en 2020Q3 y el segundo se ubicó en 2009Q4. En lo relativo a la duración de los ciclos, BK con ocho rezagos reporta quince ciclos, menos que lo generado por el filtro HP. Los ciclos expansivos tuvieron una mayor duración que los contractivos, medido en número de trimestres.

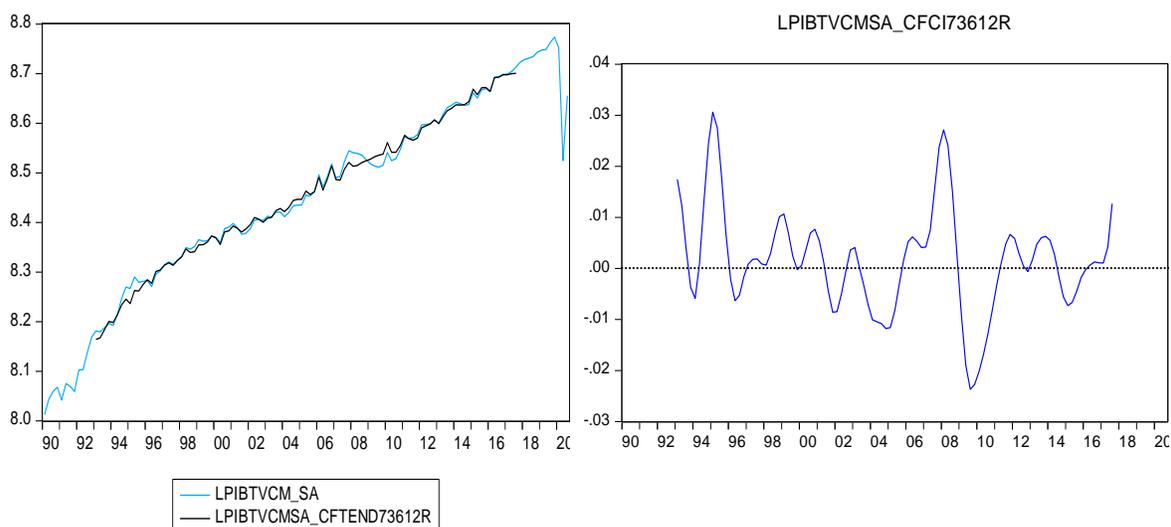
En la fase expansiva se encontraron tres ciclos con mayor duración (16 trimestres: 1997Q3-2001Q2; 14 trimestres: 2016Q2-2019Q3; y 13 trimestres: 2005Q4-2008Q4). En la fase contractiva se encontraron tres ciclos con mayor duración (9 trimestres: 2003Q3-2005Q3; 8 trimestres: 2009Q1-2010Q4; y 7 trimestres: 2014Q3-2016Q1).

C. Filtro Christiano Fitzgerald (CF)

La aplicación del filtro Christiano-Fitzgerald (CF, 2003), asume una frecuencia entre 6 y 32 trimestres para estimar la brecha del producto. Esta frecuencia provoca más volatilidad, lo que agrega distorsión al análisis del ciclo. Por tal razón, para el caso de El Salvador, se utilizó una frecuencia de 7 y 36 trimestres, 12 rezagos para el filtro de CF pues se considera que arroja mejores resultados y se asume que la serie sigue un proceso de camino aleatorio (ver gráfica 20).

El filtro CF con doce rezagos produjo nueve máximos locales y ocho mínimos locales durante el período bajo análisis (ver tabla 7); en 1995Q1 fue donde se tuvo la mayor tasa de crecimiento del PIB real. El mínimo local más bajo se observó en 2009Q3 como resultado de la crisis financiera global donde la economía alcanzó el mínimo respecto del potencial.

Gráfica 20. PIBT (IEVas): Observado, Potencial y Ciclo (Filtro CF), escala logarítmica



Fuente: Elaboración propia del autor

En lo relativo a la duración de los ciclos, el filtro de CF reportó que la fase expansiva de más duración alcanzó trece trimestres (2005Q4-2008Q4), seguida por otra de once trimestres (1997Q1-1999Q3). La fase contractiva de más duración alcanzó nueve trimestres, en dos ocasiones (2003Q3-2005Q3; y 2009Q1-2011Q1).

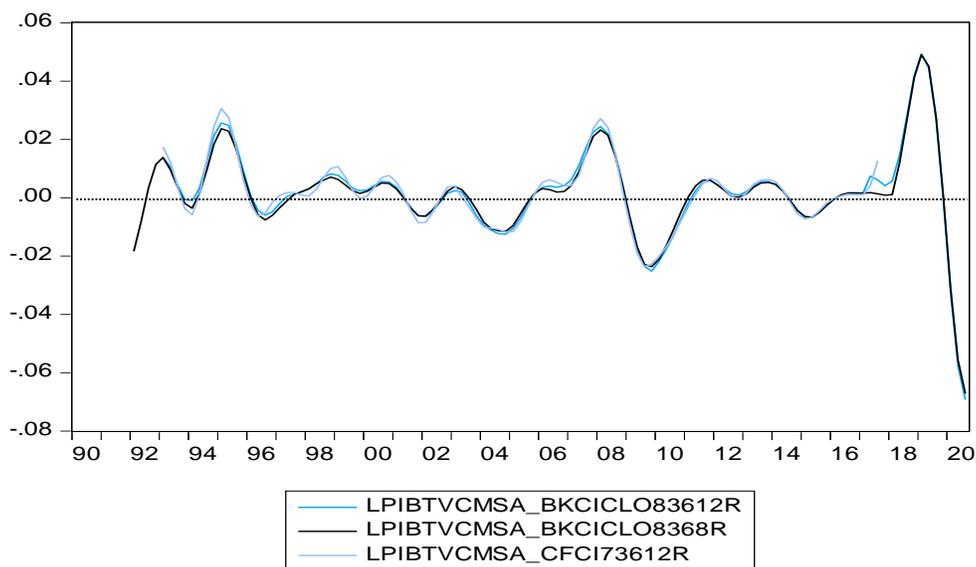
Tabla 7. Filtro CF: Ciclos económicos, frecuencia y duración

Máximo local		Mínimo local		Ciclos de la economía		
Fecha	Brecha (%)	Fecha	Brecha (%)	Período	Duración (trimestres)	Fase
1993Q1	1.7	1994Q1	-0.6	1993Q1-1993Q3	3	Expansiva
				1993Q4-1994Q1	2	Contractiva
1995Q1	3.1	1996Q2	-0.6	1994Q2-1995Q4	7	Expansiva
				1996Q1-1996Q4	4	Contractiva
1999Q1	1.1	1999Q4	-0.027	1997Q1-1999Q3	11	Expansiva
				1999Q4	1	Contractiva
2000Q4	0.8	2001Q4	-0.9	2000Q1-2001Q2	6	Expansiva
				2001Q3-2002Q3	5	Contractiva
2003Q1	0.4	2004Q4	-1.2	2002Q4-2003Q2	3	Expansiva
				2003Q3-2005Q3	9	Contractiva
2008Q1	2.7	2009Q3	-2.4	2005Q4 -2008Q4	13	Expansiva
				2009Q1-2011Q1	9	Contractiva
2011Q4	0.7	2012Q4	-0.1	2011Q2-2012Q3	6	Expansiva
				2012Q4	1	Contractiva
2013Q4	0.6	2015Q1	-0.7	2013Q1-2014Q2	6	Expansiva
				2014Q3-2016Q1	7	Contractiva
2017Q3	1.3			2016Q2-2017Q3	6	Expansiva

Fuente: Elaboración propia del autor. Brecha como proporción del PIB potencial estimado

Al comparar el ciclo económico estimado a través de los filtros de BK con 8 y 12 rezagos, y de CF con 12 rezagos, los resultados obtenidos fueron muy similares en términos de valores y frecuencia (ver gráfica 21).

Gráfica 21. PIBT: Ciclo económico estimado con Filtros BK y CF, con rezagos

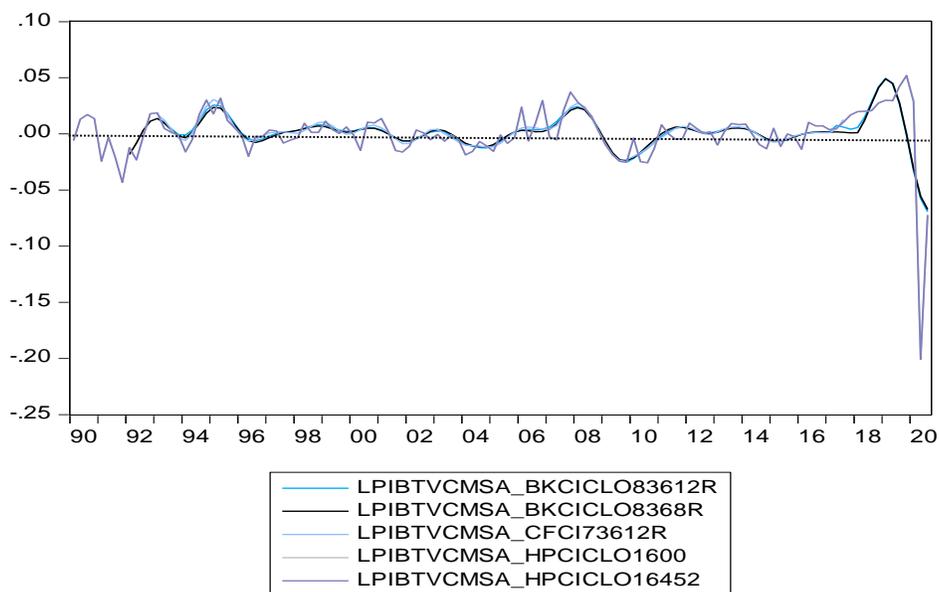


Fuente: Elaboración propia del autor

D. Brecha del Producto y PIB potencial

A partir de los resultados anteriores, se agruparon las brechas del PIBT estimadas mediante los tres filtros HP, BK y CF. Los tres filtros coinciden al estimar que en 2020 se registró la peor caída del producto en la historia reciente de economía salvadoreña.

Gráfica 22. PIBT: Brecha del producto, estimado con Filtros HP, BK y CF



Fuente: Elaboración propia del autor

Finalmente, usando la serie desestacionalizada del PIB trimestral para todo el período comparable, en promedio, mediante los tres filtros se estima una tasa de PIB potencial alrededor del 2.2%, tasa que resultó similar que la estimada con datos anuales, usando los filtros univariantes, el modelo de crecimiento con restricción de balanza de pagos y el modelo de la función de producción Cobb-Douglas.

VII. Conclusiones

- La presente investigación tuvo por objetivo estimar la tasa del PIB potencial y el ciclo económico de la economía salvadoreña, para el período de 1990 a 2020.
- La serie del PIB potencial es una variable no observada por lo que se requiere utilizar algunas técnicas para su estimación. Al respecto, no hay un consenso sobre un método en particular para identificar la trayectoria del Producto potencial de una economía, por lo que se sugiere utilizar más de una técnica en el proceso de estimación del PIB potencial y, en consecuencia, de la brecha del producto.
- Se aplicaron tres técnicas de los Filtros Univariados más utilizados en este tipo de medición: Hodrick-Prescott (HP), Baxter & King (BK), Christiano Fitzgerald (CF). Adicionalmente, se calculó la Función de Producción Cobb-Douglas que permite estimar la contribución factorial del trabajo, del capital y la productividad total de los factores; y finalmente, se aplicó el modelo de crecimiento endógeno con restricción externa.
- Para El Salvador se estimó una tasa de **PIB potencial de alrededor de 2.2%**, usando datos anuales para el período de 1990-2020. Los tres enfoques metodológicos utilizados coincidieron en el dato estimado. La tasa del PIB potencial estimada ha seguido una trayectoria descendente desde 1990 a la fecha y, su futuro desempeño, dependerá de las perspectivas económicas.
- Se utilizaron datos de alta frecuencia, esto es, la serie desestacionalizada del PIB trimestral (correspondiente al Índice de Volumen Encadenado), para el mismo período mencionado y aplicando los Filtros Univariados. Esto permitió determinar los valores de máximos y mínimos locales para la tasa de PIB potencial, así como estimar las fases del ciclo económico, con su frecuencia y duración en número de trimestres. La tasa de PIB potencial, con datos de alta frecuencia, se estimó en 2.2% y resultó similar a la que se obtuvo con dato anuales.
- En términos trimestrales, se estimó que durante 2020 se registró la peor caída del producto en la historia reciente de economía salvadoreña.

Bibliografía

- Aquino Cardona, Luis Adalberto (2017), “Crecimiento económico con restricción externa de Balanza de Pagos”, DRAFT, Banco Central de Reserva de El Salvador.
- Catalán Horacio y Aquino C., Luis Adalberto (2013), “Estimación del PIB Potencial y la Brecha del Producto: una evaluación empírica para El Salvador”, Documentos Ocasionales 2013-01, ISSN 1813 6494, Banco Central de Reserva de El Salvador.
- Baxter M. Y R. G. King (1999). “Measuring business cycles: approximate band-pass filters for economic times series”. *The Review of Economics and Statistics*, 81(4): 575-593.
- Beveridge, S. y C. R. Nelson (1981). “A New Approach to Decomposition of Economic Time Series into Permanent and Transitory Components with Particular Attention to Measurement of the Business Cycle”. *Journal of Monetary Economics*, 7, pp. 151-174.
- Burns, A.F. y W.C. Mitchell (1946). “Measuring Business Cycles”. *nber Books*. Canova F., (1997). “Detrending and business cycle facts”. *Journal of Monetary Economics*, 41, pp. 475-512.
- Christiano L. C. y T. J. Fitzgerald, (2003). “The Band Pass Filter”. *International Economic Review*, Department of Economics, 44(2), pp. 435-465.
- Guerrero, V. (2011), “Medición de la tendencia y el ciclo de una serie de tiempo económica desde una perspectiva estadística”. *Realidad, Datos y Espacio. Revista Internacional de Estadística y Geografía*, 2(2):50-73.
- Guerrero, Victor M, (2012), “Análisis estadístico de series de tiempo económicas generadas con datos oficiales”; *Realidad, Datos y Espacio, Revista Internacional de Estadística y Geografía*, Vol. 3 Núm. 3 septiembre-diciembre 2012.
- Hodrick, R.J. y E.C. Prescott (1997). “Postwar US business cycles: An empirical investigation”. *Journal of Money, Credit, and Banking*, 29(1), 1-16.
- Maravall A., y C. Planasb (1999), “Estimation error and the specification of unobserved component models”, *Journal of Econometrics*, 92(2), pp. 325-353.
- Mills, T. C. (2003), “Modelling Trends & Cycles in Economic Time Series”, Palgrave Macmillan.
- Mishkin, F. (2007). “Will Monetary Policy Become More of a Science?”. *National Bureau of Economic Research*, WP 13566.

- Watson, M., (1986). "Univariate detrending methods with stochastic trends". *Journal of Monetary Economics*, 18, pp. 49-75.

