



## Una propuesta para medir el ciclo económico

Randall Romero Aguilar\*  
[rromero@secmca.org](mailto:rromero@secmca.org)

### 1 Introducción

Para evaluar el estado actual de la economía de un país, los economistas recurrimos usualmente al análisis de un conjunto de datos, principalmente aquellos agrupados en series de tiempo, es decir, de datos compilados y publicados por agencias estadísticas en intervalos regulares (por ejemplo, mensuales y trimestrales). En especial, para determinar la evolución del nivel de producción del país analizamos el producto interno bruto trimestral (PIB) o bien un índice de actividad económica mensual (IMAE).

Este análisis es muy importante para la toma de decisiones por parte de las autoridades económicas, por cuanto revela la necesidad de intervenir en la economía con políticas monetarias (control de agregados monetarios, o de la tasa de interés) o fiscales (nivel de impuestos y gasto público). No obstante, las autoridades no reaccionan de la misma manera a todos los cambios que observan en el PIB o el IMAE, puesto que primero deben identificar la *persistencia* de esos cambios.

Desde hace cerca de 100 años, siguiendo el trabajo de Persons (1919) los economistas analizan los distintos indicadores de la economía (PIB, IMAE, por ejemplo) como la agregación de cuatro componentes *no observables*, a saber:

- una tendencia de largo plazo, asociada con el crecimiento económico;
- un componente cíclico con periodicidad superior al año, que identificamos como el *ciclo económico*;
- un componente cíclico que refleja variaciones que se presentan en la misma época del año todo los años, el componente estacional; y
- un componente residual, que recoge movimientos que no responde a ninguno de los tres anteriores, al que llamamos *componente irregular*.

---

\*Economista de la Secretaría Ejecutiva del Consejo Monetario Centroamericano (SECMCA). Doctor en Economía por la Ohio State University.

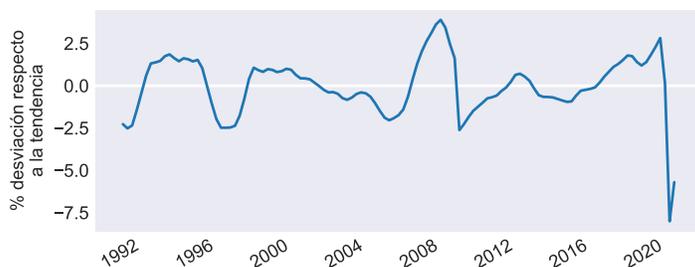


Figura 1: Ciclo del PIB de Costa Rica, según HP( $\lambda = 1600$ )

Aunque las técnicas empleadas para desagregar o “filtrar” estos componentes han cambiado con los años, las instituciones encargadas de compilar y publicar estas estadísticas rutinariamente han seguido esta conceptualización de Persons, y publican estas variantes para los principales indicadores de producción e ingreso:

- la serie original, es decir, el PIB o IMAE sin modificaciones;
- la serie desestacionalizada, la cual se obtiene de remover el componente estacional de la serie original; y
- la serie tendencia-ciclo, en la cual se han removido tanto el componente estacional como el irregular de la serie original.

Ahora bien, a partir de esta última variante, el usuario debe emplear algún método para separar o “filtrar” la tendencia del ciclo.

## 2 Limitaciones del filtro de Hodrick y Prescott

Quizá el método más conocido y empleado por los economistas es el de Hodrick y Prescott (1997), el cual define la tendencia como una serie “suave” que se ajusta bien a los datos, donde el grado de suavizamiento está controlado por un parámetro  $\lambda$ , mientras que el ciclo se obtiene de manera residual. Por ejemplo, en la Figura 1 se muestra el ciclo del PIB de Costa Rica, medido con el filtro de Hodrick-Prescott con  $\lambda = 1600$ , valor que usualmente se asigna a este parámetro cuando se filtran datos trimestrales. No obstante, el filtro de Hodrick y Prescott tiene varias limitaciones, como bien lo resume Hamilton (2017) en *Why You Should Never Use the Hodrick-Prescott Filter*.

La primera de estas limitaciones es que el filtro HP introduce relaciones dinámicas espurias entre las series, una limitación similar a la observada por Granger y Newbold (1974) en cuanto a relaciones espurias encontradas entre series que tienen raíz unitaria al ser analizadas con el modelo clásico de regresión lineal. En el caso concreto del filtro HP, al analizar la representación espectral del filtro HP Cogley y Nason (1995) mostraron que al ser aplicado a series estacionarias en diferencia (es decir, aquellas que tienen una raíz unitaria),

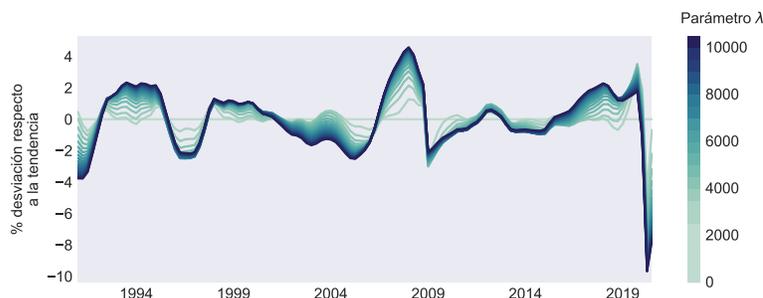


Figura 2: Ciclo del PIB de Costa Rica según el filtro Hodrick-Prescott, para distintos valores de  $\lambda$

el filtro HP tiende a sobredimensionar la varianza asociada con las frecuencias del ciclo económico, induciendo correlaciones entre las series filtradas que no existen en las series originales. La principal implicación de este resultado es que la metodología usual para evaluar el valor empírico de modelos de equilibrio general estocásticos (DSGE) era defectuosa: al comparar los ciclos filtrados con HP con los datos simulados a partir de este modelo, el buen ajuste del modelo podría deberse únicamente a la dinámica espuria introducida por el mismo filtro.

Una segunda limitación del filtro HP es que el resultado es muy sensible al parámetro  $\lambda$ , y aunque hay estudios que buscan determinar un valor “óptimo” para este parámetro, no deja de ser arbitrario. Además, según Hamilton (2017) cuando se formaliza estadísticamente el filtro, los valores que se obtienen para  $\lambda$  distan mucho de los valores que se utilizan en la práctica (100 en datos anuales, 1600 en trimestrales, y 14400 en mensuales). Esta sensibilidad se muestra en la figura 2, en la que se ve cómo la volatilidad resultante del ciclo aumenta conforme  $\lambda$  aumenta.

La tercera limitación del filtro HP, es que los valores filtrados en los extremos de la muestra son muy distintos de los del medio de la muestra, y también están caracterizados por dinámicas espurias. Esto nos dice que el filtro HP es muy sensible en las colas, por lo que los valores que reporta al final de la muestra puede cambiar drásticamente conforme nuevas observaciones de la serie de tiempo están disponibles. Esta limitación se ilustra con más detalle en la figura 3, que muestra el resultado de filtrar con HP(1600) la serie del PIB conforme se añaden nuevos trimestres a la muestra. En esta figura, el final de cada línea individual coincide con el último trimestre disponible a la hora de calcular el filtro. Así, por ejemplo, cuando se publicó el dato del PIB de Costa Rica del primer trimestre de 2009, el filtro HP indicó que la economía se encontraba 5.1 puntos porcentuales por debajo de la tendencia de largo plazo; no obstante, con el paso del tiempo, conforme se publicaron datos del PIB para los nuevos trimestres, el filtro HP pasó a indicar que en realidad la economía costarricense estaba 2.6% por debajo de la tendencia.

Los periodos de mayor dispersión en las curvas en la figura 3, cerca de 2008 y más recientemente en 2019, sugieren que el filtro es particularmente sensible a cambios estructurales,

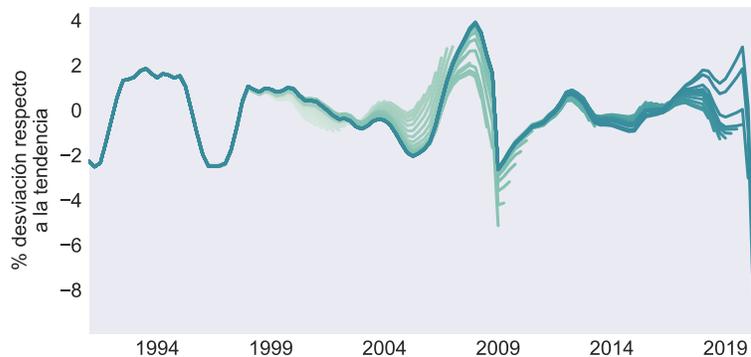


Figura 3: Ciclo del PIB de Costa Rica según el filtro Hodrick-Prescott, para distintos valores de  $\lambda = 1600$ , conforme la serie del PIB tendencia-ciclo se expande con datos de trimestres adicionales

en este caso asociados a la Gran Recesión de 2008 y a la pandemia de 2020. Estos cambios estructurales están caracterizados por fuertes caídas en la *tendencia* de la producción, pero el filtro HP por construcción suaviza los cambios de la tendencia. Por ello, puesto que el ciclo se obtiene de manera residual, al inicio del cambio estructural el filtro atribuye la mayor parte de la contracción al ciclo y no a la tendencia; conforme los datos posteriores al cambio empiezan a confirmar el quiebre de la tendencia, el filtro ajusta a la baja la tendencia y con ello incrementa la estimación del ciclo. En la figura también se aprecia que la estimación del filtro *anterior* al quiebre estructural también es reajustada conforme avanza el cambio estructural: por ejemplo, inicialmente el filtro cuantificó que en el cuarto trimestre de 2019 la economía se encontraba 0.6% debajo de la tendencia, pero tres trimestres después, con datos iniciales de la contracción provocada por la pandemia, el filtro ahora muestra que en ese último trimestre de 2019 la economía estaba 2.8% por encima de la tendencia.

De la discusión anterior queda claro que el filtro Hodrick-Prescott es una herramienta inadecuada para evaluar la coyuntura actual de un país, puesto que al ofrecer un dato puntual del ciclo económico en el último periodo filtrado da la falsa sensación de que es un dato preciso, sujeto a revisión únicamente por los cambios propios en las cifras inicialmente estimadas por cuentas nacionales, pero no por datos correspondientes a períodos posteriores. En el resto de esta nota propondré una manera alternativa de medir el ciclo económico, así como de cuantificar la incertidumbre propia de esta medición.

### 3 Una variante del filtro de Baxter y King

La variante propuesta en esta nota parte del filtro de Baxter y King (1999), quienes desarrollaron su filtro con técnicas espectrales explícitamente diseñadas para extraer el ciclo económico, en vez de la tendencia (como lo hicieron Hodrick y Prescott). Así, Baxter y King definen el ciclo como la agregación de todas las oscilaciones de la serie que correspondan a un rango de periodicidad definido por el investigador, usualmente de entre 6 y 32

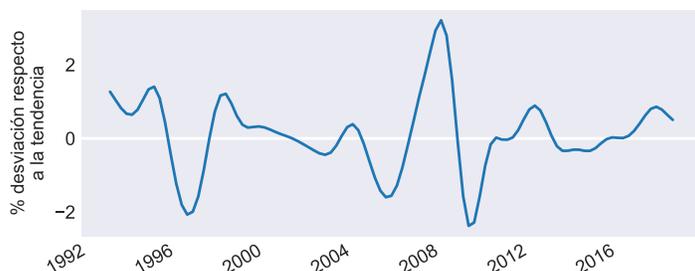


Figura 4: Ciclo del PIB de Costa Rica, según BK( $p = 6, q = 32, K = 8$ )

trimestres, siguiendo la definición original de ciclo económico planteada por Burns y Mitchell (1946). Si denotamos por  $y_t$  la serie tendencia-ciclo de la producción y por  $c_t$  al ciclo económico, entonces el filtro ideal —aquél que filtra con exactitud las oscilaciones con periodicidad en el rango  $[p, q]$  periodos—viene dado por

$$c_t = \sum_{h=-\infty}^{\infty} b_h y_{t-h}, \quad \text{donde } b_h = \frac{\text{sen}\left(\frac{2\pi h}{p}\right) - \text{sen}\left(\frac{2\pi h}{q}\right)}{h\pi}; \quad b_0 = \frac{2(q-p)}{pq}$$

Evidentemente el filtro ideal no es factible, porque requiere una cantidad infinita de datos. Por ello en la práctica se utiliza una aproximación del filtro ideal, que se obtiene simplemente truncando la sumatoria de manera simétrica, utilizando entonces  $K$  rezagos y adelantos:

$$c_t = \sum_{h=-K}^K b_h^* y_{t-h}, \quad \text{donde } b_h^* = b_h - \theta$$

y  $\theta$  es una constante que se resta a los ponderadores  $b_h$  de manera que la suma de los pesos resultantes  $\sum_{h=-K}^K b_h^* = 0$ , lo que es necesario para efectivamente remover la tendencia. Así, al implementar el filtro Baxter-King hay una disyuntiva: entre mayor sea  $K$  mejor será la aproximación al filtro ideal, pero serán más los períodos en los extremos de la muestra para los cuales no se podrá implementar el filtro. Por ejemplo, si con datos trimestrales se fija  $K = 8$ , no se tendrá disponible los últimos dos años del ciclo. La figura 4 muestra el ciclo que se obtiene de filtra el PIB trimestral de Costa Rica usando  $K = 8$  rezagos, siguiendo la definición usual del ciclo de oscilaciones de entre 6 y 32 trimestres.

A partir de la fórmula de cálculo del filtro BK se observa que para el cálculo del ciclo en un periodo dado se utilizan  $2K + 1$  datos de la serie  $y$ , a saber  $K$  rezagos,  $K$  adelantos, y el dato contemporáneo. Es por esta razón que conforme pasa el tiempo y se publican nuevos datos la serie del ciclo no cambia. Esto en contraste con el filtro HP, que utiliza todas las observaciones de  $y$  en el cálculo de cada uno de los datos puntuales del ciclo.

El filtro Baxter-King tiene ciertas ventajas respecto al de Hodrick-Prescott, entre ellas (i) para obtener el ciclo no requiere partir de la tendencia-ciclo, porque puede filtrar movimientos

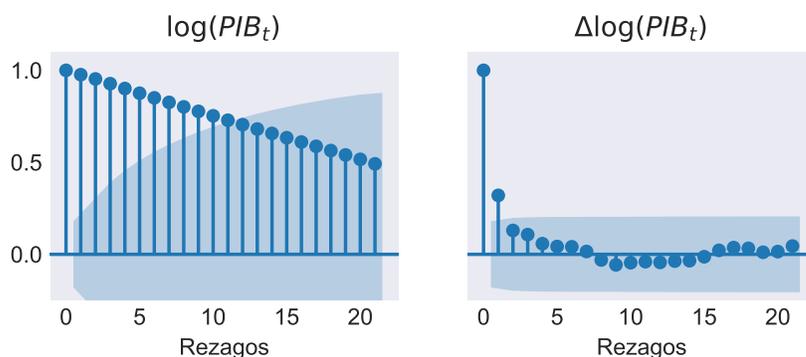


Figura 5: Autocorrelograma del (log)PIB de Costa Rica y de su primera diferencia

estacionales, (ii) al ser simétrico, no induce un cambio de fase, es decir, no cambia las fechas de las expansiones y recesiones, y (iii) los datos del ciclo no cambian conforme se agregan nuevas observaciones.

No obstante, pese a estas ventajas está claro que por sí mismo el filtro Baxter-King es inútil para diagnosticar la situación actual de la economía: ¡para tener el dato del ciclo del trimestre más actual habría que esperar al menos dos años!

Para solventar este problema, propongo extender el periodo del ciclo en una manera similar a lo planteado por Christiano y Fitzgerald (2003, CF), quienes asumen que la serie a ser filtrada sigue una caminata aleatoria, con lo que crean un filtro asimétrico. En el método propuesto en esta nota se mantiene el supuesto de caminata aleatoria —el cual parece razonable para la serie del PIB de Costa Rica, según los autocorrelogramas de la figura 5—pero, a diferencia de CF, se utilizan los mismos pesos del filtro Baxter-King, proyectando los  $K$  periodos futuros de la serie y filtrando la serie extendida resultante.

Otra novedad del método propuesto es que se construyen intervalos de confianza para las proyecciones.

## Intervalos de confianza I: asumiendo perturbaciones normales

Asumiendo que la serie se puede representar apropiadamente como una caminata aleatoria con deriva,

$$y_t = \mu + y_{t-1} + \sigma \epsilon_t$$

donde  $\mu$  y  $\sigma$  corresponden a la tasa media de crecimiento trimestral y su desviación estándar, y  $\epsilon$  es un error normal estándar, el valor del ciclo puede obtenerse al aplicar el filtro Baxter-King a la serie extendida

$$\underbrace{y_1, y_2, \dots, y_T}_{\text{serie original}}, \underbrace{y_T + \mu, y_T + 2\mu, \dots, y_T + K\mu}_{\text{proyección}}$$

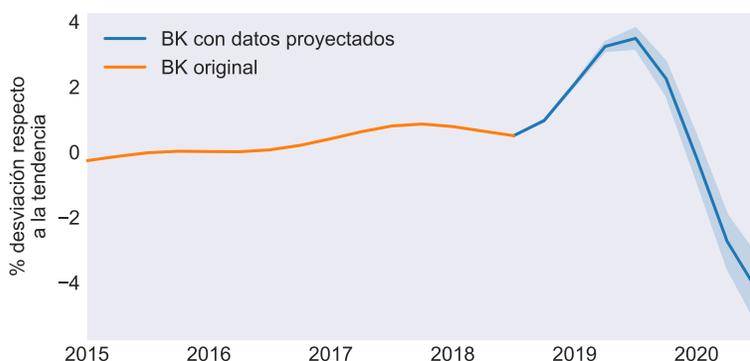


Figura 6: Ciclo del PIB de Costa Rica, extendiendo la muestra para BK usando pronósticos. Intervalo de confianza asume normalidad

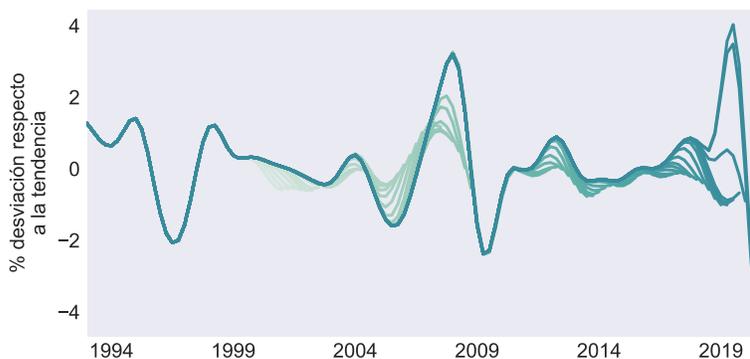


Figura 7: Ciclo del PIB de Costa Rica según el filtro Baxter King ampliado con proyecciones, conforme la serie del PIB tendencia-ciclo se expande con datos de trimestres adicionales.

Puesto que el filtro BK es lineal, es sencillo demostrar que los últimos  $K$  datos del ciclo obtenido a partir de este método tendrán una distribución normal. Utilizando valores críticos de la distribución normal estándar podemos construir el ciclo mostrado en la figura 6, el cual muestra también un intervalo de confianza del 95%. Puesto que estamos utilizando  $K = 8$  rezagos y se cuenta con datos hasta el tercer trimestre de 2020, el filtro BK da datos del ciclo hasta el tercer trimestre de 2018. El ciclo del cuarto trimestre de 2018 se mide con 16 datos ya observados y 1 proyectado, sucesivamente hasta el último trimestre disponible, en el cual se calcula el ciclo a partir de 9 datos observados y 8 proyectados. Por esta razón el ancho de los intervalos de confianza crece linealmente conforme se acerca al final de la muestra.

El filtro así calculado, al depender de proyecciones, también está sujeto a revisiones posteriores, durante los  $K$  periodos siguientes. Estas revisiones se muestran en la figura 7, la cual es similar a la figura 3. A primera vista, está claro que el método propuesto en esta nota no elimina del todo las fuertes correcciones a la estimación inicial del ciclo que son necesarias con posterioridad a un cambio estructural en la serie. No obstante, la *magnitud* de tales correcciones es menor con el filtro BK ampliado con proyecciones que con el filtro HP, tal como lo muestra la figura 8.

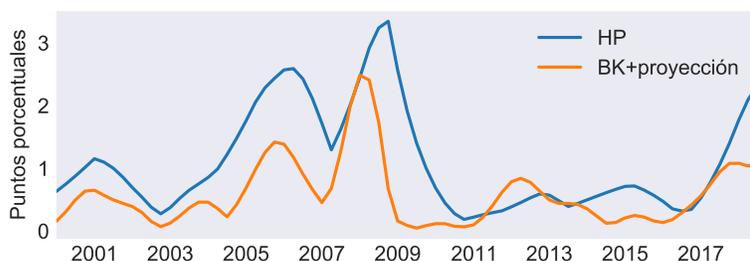


Figura 8: Diferencia entre las estimaciones máxima y mínima del ciclo del PIB de Costa Rica para cada trimestre, según el filtro utilizado

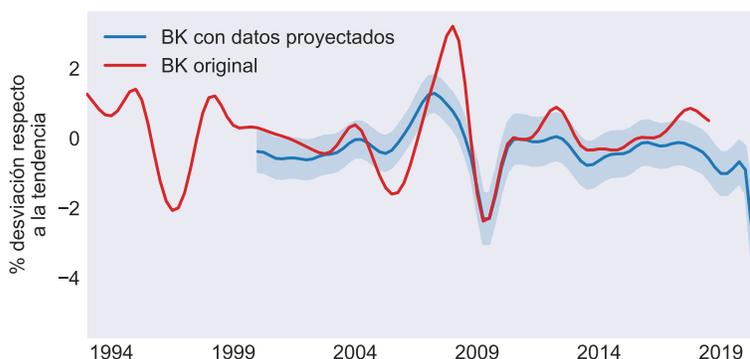


Figura 9: Ciclo del PIB de Costa Rica según el filtro Baxter-King (rojo) y estimación preliminar del ciclo (azul) dos años antes de contar con los datos necesarios para la estimación definitiva del ciclo. Intervalo de confianza del 95% asume normalidad del crecimiento trimestral.

Para evaluar la calidad del intervalo de confianza así construido, se procedió a aplicar este método con datos históricos, guardando la estimación e intervalo del último dato y ampliando la muestra un trimestre a la vez. Finalmente se calcula el ciclo con el filtro BK usando todos los datos disponibles. El resultado se muestra en la figura 9, en la cual se presenta el ciclo del PIB de Costa Rica según el filtro Baxter-King (rojo) y la estimación preliminar del ciclo dos años antes de contar con los datos necesarios. Idealmente, la línea roja debería estar dentro del intervalo 95% de los trimestres, pero como puede verse en la figura hay desviaciones importantes entre 2005 y 2008, y más leves en 2013 y 2018.

## Intervalos de confianza II: bootstrapping

Parte del problema de calidad del intervalo de confianza construido a partir del supuesto de normalidad del crecimiento trimestral de la serie se debe a que en la práctica la serie ha estado sometida a importantes cambios estructurales, los cuales se manifiestan como crecimientos negativos muy grandes al inicio de cada cambio estructural. Con ello, la distribución es asimétrica y con una kurtosis mayor a la de la distribución normal.

Una forma de enfrentar este problema es hacer una estimación no-paramétrica de la distribución del ciclo, utilizando para ello la técnica de remuestreo conocida como *bootstrapping*. Esta técnica, propuesta por Efron (1979), busca inferir las propiedades de un estimador a partir de simulaciones de Montecarlo, con la particularidad de que en vez de tomar muestras de una distribución conocida (por ejemplo la normal estándar) como típi-

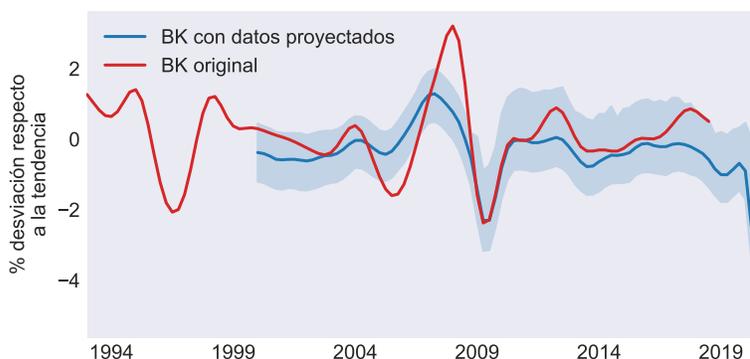


Figura 10: Ciclo del PIB de Costa Rica según el filtro Baxter-King (rojo) y estimación preliminar del ciclo (azul) dos años antes de contar con los datos necesarios para la estimación definitiva del ciclo. Intervalo de confianza del 95% construido con *bootstrap*.

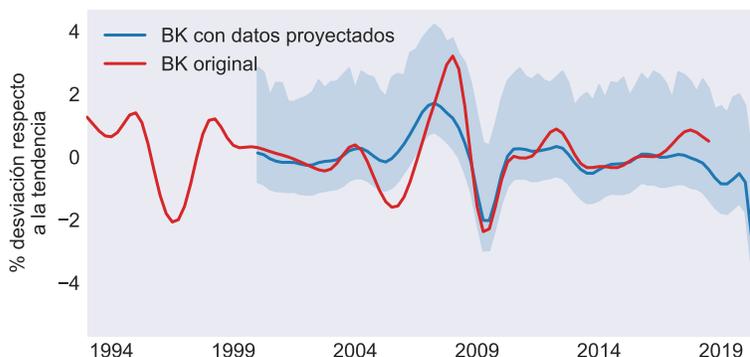


Figura 11: Ciclo del PIB de Costa Rica según el filtro Baxter-King (rojo) y estimación preliminar del ciclo (azul) dos años antes de contar con los datos necesarios, conforme nuevos datos están disponibles. Intervalo de confianza del 95% construido con *bootstrap* a partir de todos los datos.

camente se haría en un experimento de Montecarlo paramétrico, se toman muestras con repetición a partir de la muestra de datos bajo análisis. En nuestro caso particular, para cada trimestre a partir de 2001 se toman 5000 muestras con repetición a partir de los datos del crecimiento del PIB tendencia-ciclo ya observados a ese trimestre, que se utilizan para proyectar  $K = 8$  trimestres de la serie hacia adelante (simplemente obteniendo la suma acumulada, por tratarse de una caminata aleatoria), y se le aplica el filtro BK a las muestras ampliadas resultantes, obteniendo así obtener 5000 estimaciones distintas del valor del ciclo para ese trimestre. Una vez hecho esto, para construir el ciclo se toma el promedio de estas simulaciones, y para los intervalos de confianza se toman los cuantiles apropiados; por ejemplo, para un intervalo de confianza del 90% se toman como límites del intervalo a los cuantiles 0.05 y 0.95. En principio, si el número de repeticiones en el procedimiento anterior es suficientemente elevado, la estimación del ciclo como promedio de estas simulaciones es igual a la de la sección anterior, en la que se asume normalidad. El resultado de este nuevo procedimiento se presenta en la figura 10.

Puede verse que este nuevo intervalo corrige el problema de cobertura en 2013 y 2018 (la línea roja ahora sí está dentro del intervalo), no así para las desviaciones observadas en 2008. Esto se debe a que anterior a este cambio estructural, el muestreo del *bootstrap* no contiene observaciones similares a la caída de la producción de ese año. Si se hubiese

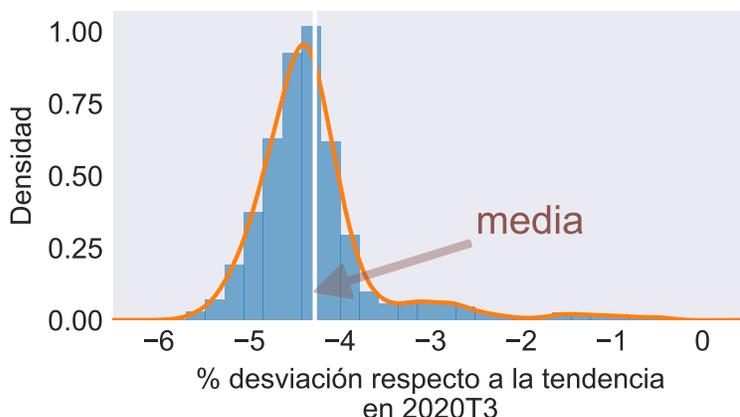


Figura 12: Estimación del ciclo del PIB de Costa Rica en 2020T3 (última fecha con dato disponible), construida con *bootstrap*

contruido el intervalo de confianza con toda la muestra actual (lo que no hubiese sido factible en esa fecha, pero que ayudaría a mejorar la calidad de los intervalos de confianza ante posibles nuevos cambios estructurales) el intervalo resultante sí cubriría el episodio de 2008, pero al costo de ser más amplio en todas los periodos, como se ilustra en la figura 11.

Finalmente, en la figura 12 se ilustra la estimación de la *distribución* del ciclo del PIB para una fecha puntual. Como puede verse, la posibilidad de fuertes contracciones en la producción da por resultado una distribución asimétrica, con una estimación puntual (promedio simple) de 4.3 puntos porcentuales por debajo de la tendencia.

## 4 Comentarios finales

En esta nota se han ilustrado varios resultados importantes. Primero, la estimación del ciclo económico a partir del filtro de Hodrick-Prescott es una herramienta deficiente para fines de análisis de coyuntura, por cuanto el último valor filtrado (casualmente el que es relevante en un análisis de coyuntura) es muy sensible a nuevos datos que se publiquen con el pasar del tiempo.

Segundo, este problema no es exclusivo del filtro de Hodrick-Prescott. Otros filtros (como el Christiano-Fitzgerald o la versión ampliada del de Baxter-King propuesto en esta nota) también están sujetos a revisiones considerables en los datos del extremo de la muestra, conforme se publiquen nuevos datos. No obstante, esta nota muestra cómo construir un filtro mucho menos sensible que el de Hodrick-Prescott a estos datos nuevos, según se pudo ver en la figura 8.

Tercero, puesto que estas revisiones son inevitables, cuando se desea realizar análisis de



coyuntura a partir de una estimación del ciclo económico resulta indispensable acompañar la estimación puntual del ciclo con una cuantificación de la incertidumbre asociada a esa estimación. En esta nota se presentan dos propuestas, una basada en el supuesto de normalidad del crecimiento trimestral de la producción y otra no paramétrica a partir de estimaciones por *bootstrap*.

Cuarto, en presencia de cambios estructurales, la estimación de intervalos de confianza para los últimos datos del ciclo económico es más robusta cuando se realiza con *bootstrap*, siempre y cuando la muestra a partir de la cual se hacen las simulaciones del *bootstrap* contenga observaciones similares a la de un cambio estructural.

Finalmente, aunque no se discute en esta nota, una potencial ventaja del método desarrollado aquí es que permite tener estimaciones del ciclo económico más allá del final de la muestra de datos disponibles. Por ejemplo, el último dato disponible en esta nota es del tercer trimestre de 2020, por lo que la última estimación del ciclo también corresponde a este periodo. No obstante, no hay ningún motivo para extender la muestra solo los  $K$  periodos requeridos por el filtro de Baxter-King; bien podría extenderse  $K + 3$  periodos, por ejemplo, de manera que se tenga una estimación muy preliminar del ciclo para el segundo trimestre de 2021 (el cual no ha concluido a la fecha en que escribo esta nota). Esta estimación preliminar estaría también acompañada de una medida de su incertidumbre, y podría resultar oportuna para el análisis de coyuntura porque las cifras de producción de un país siempre se publican con algún rezago, debido al tiempo requerido para compilar y publicar esa información. Esta oportunidad es más evidente cuando se trata del PIB trimestral, aunque también se podría explotar con un indicador mensual de actividad económica.

## Referencias

- Baxter, Marianne y Robert G. King (1999). "Measuring Business Cycles: Approximate Band-Pass Filters for Economic Time Series". En: *The Review of Economics and Statistics* 81.4, págs. 575-593.
- Burns, Arthur F. y Wesley C. Mitchell (mayo de 1946). *Measuring Business Cycles*. NBER Books burn46-1. National Bureau of Economic Research, Inc.
- Christiano, Lawrence J. y Terry J. Fitzgerald (2003). "The Band Pass Filter". En: *International Economic Review*.
- Cogley, Timothy y James M. Nason (1995). "Effects of the Hodrick-Prescott filter on trend and difference stationary time series Implications for business cycle research". En: *Journal of Economic Dynamics and Control* 19.1-2, págs. 253-278. ISSN: 0165-1889.
- Efron, Bradley (1979). "Bootstrap Methods: Another Look at the Jackknife". En: *The Annals of Statistics* 7.1, págs. 1-26.
- Granger, Clive W.J. y Paul Newbold (1974). "Spurious Regressions in Econometrics". En: *Journal of Econometrics* 2.



# Notas Económicas Regionales

---

Secretaría Ejecutiva del Consejo Monetario Centroamericano

No. 123, Junio 2021

---

- Hamilton, James D. (2017). "Why You Should Never Use the Hodrick-Prescott Filter". En: *Review of Economics and Statistics* 100.5.
- Hodrick, Robert J. y Edward C. Prescott (1997). "Postwar U.S. Business Cycles: An Empirical Investigation". En: *Journal of Money, Credit and Banking* 29.1, págs. 1-16. ISSN: 00222879, 15384616.
- Persons, Warren M. (1919). "Indices of Business Conditions". En: *Review of Economic Statistics*.