



FACULTAD DE  
CIENCIAS ECONÓMICAS  
Y DE ADMINISTRACIÓN

DEPARTAMENTO DE  
ECONOMÍA



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

# Brecha del producto y consistencia macroeconómica: revisión de estimaciones alternativas.

Rafael Mosteiro Crosa

Programa de Maestría en Economía de la Facultad de Ciencias Económicas  
Universidad de la República

Montevideo - Uruguay

Octubre de 2023

# Brecha del producto y consistencia macroeconómica: revisión de estimaciones alternativas.

Rafael Mosteiro Crosa

Tesis de Maestría presentada al Programa de Maestría en Economía de la Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de la República, como parte de los requisitos para la obtención del título de Magíster en Economía.

Director de tesis:

PhD Prof. Fernando Lorenzo

Director académico:

PhD Andres Rius

Montevideo - Uruguay

Octubre de 2023

## Página de aprobación

El tribunal docente integrado por los abajo firmantes aprueba el Trabajo Final:

Titulo

Brecha del producto y consistencia macroeconómica: revisión de estimaciones alternativas.

Autor

Rafael Mosteiro Crosa

Tutor

PhD Prof. Fernando Lorenzo

Posgrado

Maestría en Economía

Puntaje

---

Tribunal

---

---

---

Fecha:

## Agradecimientos

En primer lugar, agradezco a mi tutor Fernando Lorenzo y mi director académico Andres Rius. Ambos, además de ser referentes personales en la disciplina, demostraron poseer la capacidad técnica y la calidez humana (particularmente, la paciencia) para que este proceso sea lo más provechoso y menos arduo posible.

En segundo lugar, muestro mis agradecimientos por el apoyo técnico y moral de Silvia Rodríguez y Bibiana Lanzilotta, con quienes compartimos en simultáneo, en calidad de maestranda y tutora respectivamente, el interés por el estudio sobre la temática de esta tesis. Asimismo, en tercer lugar, cabe agradecer a los docentes del Seminario de Tesis (Carlos Bianchi y Cecilia Parada) y mis compañeros, cuyos aportes se vieron reflejados en que el proyecto tome viabilidad.

En cuarto lugar, agradecer a aquellas amistades que me acompañaron en el proceso, apoyando, consultando, debatiendo y presionando para que la tesis vea la luz.

En último lugar, pero no menos importante, agradecer a mis padres: Ariel Mosteiro y Teresa Crosa. Gigantes que con sacrificio, me brindaron sus hombros para que me pare sobre ellos.

Rafael Mosteiro Crosa\*

### Resumen

El objetivo de la presente investigación es determinar la consistencia de las estimaciones de la brecha del producto de Uruguay en el periodo comprendido entre los años 2010 y 2021, analizando las implicaciones que tienen las distintas aproximaciones metodológicas sobre el diseño de las acciones de la política monetaria en situaciones de estrés, en particular, para el período 2019-2021 derivado de la crisis por la pandemia COVID-19. Adoptando la terminología de “producto subyacente” con la finalidad de caracterizar las distintas metodologías de aproximación a la brecha del producto, se obtienen estimaciones a partir del filtro Hodrick-Prescott y modelos de componentes inobservables (UC), tanto univariados como multivariados. Una vez estimado el insumo de posición cíclica, se modelan cuatro especificaciones de reglas de Taylor: a) backward-looking, b) backward-looking con variación del tipo de cambio nominal, c) forward-looking y d) forward-looking con variación del tipo de cambio nominal. Los resultados alcanzados exhiben que aquellas aproximaciones de la brecha del producto derivadas de los modelos de componentes inobservables presentan un desempeño en términos de consistencia superior a aquel basado en el filtro de Hodrick-Prescott. A su vez, los modelos regla de política monetaria a la Taylor presentan, en términos generales, un ajuste favorable al utilizar el insumo de brecha del producto derivado de la aproximación multivariada. Asimismo, la consistencia de la regla de política monetaria en situaciones “normales” alcanza su mejor resultado bajo el método de UC univariado, mientras que en situaciones de estrés la aproximación multivariada internaliza los shocks adversos y exhibe una consistencia levemente superior. Por tanto, la evidencia presentada permite recomendar el uso integrado de las herramientas de componentes inobservables para la caracterización de la situación de coyuntura y el diseño de la política monetaria.

Palabras clave: Brecha del producto; Reglas de política monetaria; Modelos de componentes inobservables; Filtro de Hodrick-Prescott; Incertidumbre; Estimaciones en tiempo real.

Clasificación JEL: E32; E37; E52; C22; C32; D81

---

\*Centro de Investigaciones Económicas, Correo:rmosteiro@cinve.org.uy

# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Marco Conceptual</b>	<b>5</b>
2.1. Producto subyacente y brecha del producto . . . . .	5
2.2. Antecedentes . . . . .	9
<b>3. Metodología empírica</b>	<b>14</b>
3.1. Producto tendencial y filtros univariados . . . . .	14
3.2. Producto natural y modelos de componentes inobservables multivariados . . . . .	17
3.3. Reglas de política monetaria a la Taylor . . . . .	19
3.4. Datos y metodología . . . . .	20
<b>4. Resultados</b>	<b>23</b>
4.1. Estimaciones de las Brechas del Producto . . . . .	23
4.2. Consistencia de las estimaciones . . . . .	29
4.3. Modelos de Reglas de Taylor . . . . .	31
4.4. Consistencia de Reglas de Taylor . . . . .	35
4.5. Limitaciones y extensiones . . . . .	38
<b>5. Reflexiones Finales</b>	<b>40</b>
<b>Referencias</b>	<b>42</b>
<b>A. Anexo</b>	<b>46</b>
A.1. Contrastes de Raíz Unitaria Dickey-Fuller Aumentado . . . . .	46
A.2. Modelo de Componentes Inobservables . . . . .	50

# 1. Introducción

Las políticas macroeconómicas fueron puestas a prueba con la irrupción de la crisis económica y sanitaria derivada de la pandemia COVID-19 en el año 2020. El instrumental técnico con el que se gestionan las políticas monetarias y fiscales se enfrentó al desafío de tener que servir de base para atender el drástico cambio que estaba ocurriendo, en condiciones de alta incertidumbre acerca de la evolución de la situación de coyuntura y de sus efectos sobre el funcionamiento general de la economía.

En particular, las acciones basadas en reglas de política requerían disponer de estimaciones oportunas y fiables de la trayectoria del nivel de actividad y, a su vez, disponer de estimaciones lo más precisas posibles de la posición cíclica en que se encontraba la economía, lo que implicaba depurar los datos de actividad económica del impacto que estaba teniendo la emergencia sanitaria. Se entiende que al depurar el efecto de las fluctuaciones de corto plazo, la gestión de la política macroeconómica se encuentra en condiciones de trazar lineamientos y planes de acción que se ajusten, de la forma más adecuada posible, a las condiciones estructurales (subyacentes) de la economía, adoptando una perspectiva que vaya más allá de la coyuntura y que tenga en cuenta las implicaciones de mediano y largo plazo.

La determinación y cuantificación de la posición cíclica implica, sin embargo, disponer de estimaciones del producto potencial y de la brecha de producto. Ambos indicadores, que no son directamente observables de las estadísticas oficiales, surgen de cálculos y estimaciones que requieren de la aplicación de procedimientos estadístico-econométricos que sirvan de soporte metodológico para la construcción de los indicadores. Cabe precisar que en la estimación de estas magnitudes desempeñan un papel determinante los métodos de estimación utilizados y la información disponible al momento de implementar los cálculos. Las consideraciones acerca del método de estimación guarda relación con las definiciones que el analista adopta sobre el “producto potencial” y la brecha de producto. Este punto es especialmente relevante, en la medida que los conceptos utilizados determinan, en buena medida, la naturaleza de las cuantificaciones realizadas y las interpretaciones que el analista puede realizar. La información disponible, por su parte, es relevante porque determina el grado de incertidumbre de las estimaciones. Los datos utilizados en las cuantificaciones importan a la hora de establecer, por un lado, la incertidumbre

sobre la posición de las variables en el momento  $t$ , dada la información disponible hasta la fecha en que se implementan las estimaciones. Por otro, los datos considerados aportan información relevante sobre la revisión y actualización de las estimaciones realizadas anteriormente.

La caracterización de cualquier fenómeno económico depende de la información que tienen los responsables de diseñar e implementar las políticas macroeconómicas. No obstante, la revisión de los diagnósticos previos juega un papel clave en el proceso de toma de decisiones. En circunstancias de estrés, como ocurrió en ocasión de la irrupción de la pandemia del COVID-19, estas modificaciones de diagnóstico adquieren aún mayor importancia y la necesidad de contar con estimaciones actualizadas y confiables de la posición cíclica se vuelve crucial, si es que se pretenden evitar sesgos procíclicos indeseados en la orientación de las políticas monetarias y fiscales.

Esta problemática ha sido abordada por parte de la literatura académica en el marco de la revisión de las disciplinas regladas que vienen utilizando múltiples países para manejar las políticas macroeconómicas. En esta materia, ocupan un sitio destacado los trabajos de [Orphanides \*et al.\* \(2000\)](#), [Orphanides y van Norden \(2002\)](#) y [Orphanides \(2003\)](#), que han inspirado los estudios más recientes sobre política económica ([Heimberger \*et al.\* \(2019\)](#), [Heimberger \(2020\)](#), [Brooks y Fortun \(2020\)](#)). Los aportes de estos autores abordan de forma explícita el papel de la incertidumbre en las estimaciones de la brecha del producto y el producto potencial, prestando especial atención a los procesos de revisión de las estimaciones de los indicadores y el papel que éstos tienen a la hora de determinar la posición cíclica en que se encuentra la economía en un determinado momento.

En Uruguay, las estimaciones de la brecha del producto son utilizadas como insumo por parte de la política monetaria, a través de su incorporación como una de las variables que se incluye en la regla de tasa de interés a la Taylor aplicada por el Banco Central del Uruguay (BCU). La brecha del producto desempeña, también, un papel importante en la orientación de la política fiscal, en la medida que el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) ha adoptado una regla basada en una meta indicativa sobre el denominado Resultado Fiscal Estructural (RFE), cuya determinación requiere, entre otros aspectos, la corrección cíclica de las magnitudes fiscales.

Tanto el BCU, como el MEF, realizan sus propias estimaciones de la brecha del producto,

asumiendo en cada caso una perspectiva metodológica que entienden se adecua a las características de sus respectivos procesos de toma de decisión, aunque ninguna de las estimaciones está exenta de los inconvenientes e inconsistencias antes mencionados. A modo de ejemplo, puede citarse que, en el marco de la aplicación de la meta indicativa del RFE, la estimación de la brecha de producto presentada en la Exposición de Motivos de la Ley de Presupuesto Nacional, aprobada a finales del e año 2020 se presentaba una estimación de la brecha del producto de signo negativo para 2019, mientras que en la Ley de Rendición de Cuentas del año 2020 el mismo indicador presentaba un valor de signo contrario.

En este contexto, el objetivo de la presente tesis es investigar la consistencia de las estimaciones de la brecha del producto, analizando las implicancias que tienen las distintas aproximaciones metodológicas sobre el diseño de las acciones de la política monetaria de Uruguay en el periodo comprendido entre los años 2010 y 2021. En particular, la investigación realizada analiza en profundidad el episodio de estrés derivado de la crisis del COVID-19 en el transcurso de 2020. Los aportes de la tesis pretenden arrojar luz sobre las posibles inconsistencias que pueden tener origen en las discrepancias entre estimaciones alternativas de la brecha del producto generadas a partir de la aplicación de diferentes procedimientos estadístico-econométricos. El foco del análisis está puesto en la evaluación de la consistencia entre las estimaciones ante eventos críticos y en la caracterización de la incertidumbre asociada a las estimaciones en tiempo real.

En concreto, la investigación se ha propuesto aportar evidencia sobre la forma que la definición de la brecha del producto incide sobre la aplicación en la práctica de reglas de política monetaria en Uruguay en el período 2010-2021 y si existen aproximaciones metodológicas que resultan más adecuadas desde el punto de vista del proceso de revisión de las estimaciones iniciales realizadas con información en tiempo real. Asimismo, el estudio realizado ha analizado la experiencia de la política monetaria aplicada en Uruguay en el período de estrés 2020-2021 con el propósito de evaluar la consistencia ex - post de las acciones llevadas adelante por el BCU, considerando escenarios en que se utilizan estimaciones de la brecha del producto generada por diferentes procedimientos. La idea de base de la investigación consiste en determinar si existen métodos que aseguran de mejor manera la consistencia ex-post, a través de cuantificaciones que resultan más robustas en el marco del proceso de revisión de las estimaciones.

El trabajo se organiza de la siguiente manera. En el Capítulo 2 se presenta el marco conceptual y los principales antecedentes de la investigación, considerando la relevancia que tienen distintas definiciones del producto potencial y de la brecha del producto a la hora de interpretar las estimaciones de estas magnitudes inobservables, así como las ventajas e inconvenientes que tienen cada una de las aproximaciones metodológicas. En el Capítulo 3 se desarrolla el marco metodológico del estudio, desarrollando algunos de los principales métodos y procedimientos que se encuentran disponibles para implementar las estimaciones de la brecha del producto y el producto potencial y presentando los rasgos básicos de las reglas de política monetaria a la Taylor que se utilizan para el estudio de la experiencia de la economía uruguaya. En el Capítulo 4 se presentan los resultados de las estimaciones realizados y se extraen conclusiones acerca de la consistencia que tienen las acciones de política monetaria ante distintas alternativas de estimación de la brecha del producto y distintos tipos de reglas de Taylor. Finalmente, en el Capítulo 5 se realizan algunas consideraciones finales a la luz de los resultados obtenidos en la investigación.

## 2. Marco Conceptual

### 2.1. Producto subyacente y brecha del producto

Los métodos más generalmente referidos en la literatura especializada para estimar la brecha del producto (output gap) difieren en las propiedades estadísticas de las estimaciones que proveen, en las hipótesis teóricas que les sirven de fundamento y, por ende, en la interpretación de las mismas. La base de las estimaciones se apoya en la definición de la brecha del producto ( $x_t$ ) como diferencia entre el producto efectivo ( $y_t$ ) y el “producto potencial” ( $y_t^*$ ), es decir,  $x_t = y_t - y_t^*$ .

La multiplicidad de métodos disponibles establece diferencias en términos de la propia conceptualización del término “producto potencial”, que, en general, refiere al nivel de producción que se corresponde con la utilización plena de los factores productivos disponibles.

En este trabajo se propone partir de una definición más laxa del término, adoptando la terminología de “producto subyacente”. Bajo esta terminología se pueden establecer tres acepciones de producto subyacente, que se corresponderían de manera más directa con las características de los métodos y procedimientos que suelen utilizarse para implementar las estimaciones de la brecha del producto (Kiley, 2013).

La primera acepción identifica al producto subyacente como *producto tendencial*, en la medida que supone asimilar el concepto a la tendencia estocástica de largo plazo del producto efectivo. Esta definición ancla la estimación del producto subyacente en las propiedades estadísticas de la serie temporal del producto efectivo. En este caso, el producto subyacente aparece caracterizado por un componente inobservable de los datos originales que debe presentar una evolución más suave que el producto efectivo. De este modo, la brecha del producto aparece definida a partir de las desviaciones sistemáticas del producto efectivo respecto a su nivel tendencial. Los métodos de estimación asociados a este tipo de definición son los denominados filtros univariados de series temporales. Esta clase de procedimientos permite caracterizar las estimaciones en términos de bondad de ajuste estadístico de la estimación y de la simplicidad y transparencia que tiene el procedimiento desde la perspectiva de los usuarios de las estimaciones. Como contrapartida, este tipo de estimaciones del producto subyacente carece de fundamentos explícitos

en términos de la teoría económica.

La segunda definición del producto subyacente se corresponde con el concepto tradicional de *producto potencial* ya referido, en donde se asume un enfoque tecnológico para definir el concepto. De este modo, el producto subyacente aparece definido a partir del nivel de producción de la economía compatible con la plena utilización de los factores productivos disponibles, asimilando el concepto de producto subyacente al uso eficiente de las capacidades de producción de la economía, es decir, al pleno uso de los factores de producción (capital físico y capital humano), dados los niveles de productividad. En este caso, la brecha del producto se interpreta como las desviaciones sistemáticas del producto efectivo respecto al nivel del producto consistente con el uso eficiente de los factores de producción. Para la implementación de las estimaciones empíricas suele recurrirse a lo que suele denominarse el “método de la función de producción”, en la medida en que apoya en la especificación de una función de producción de rendimientos constantes a escala, generalmente del tipo Cobb-Douglass. Este tipo de enfoque ofrece estimaciones que tienen la ventaja de tener evidentes fundamentos desde el punto de vista de la teoría económica y resultan fáciles de estimar. La debilidad más notoria del “método de la función de producción” es que no pueden determinarse las propiedades estadísticas de las estimaciones resultantes y que es difícil que las mismas puedan caracterizarse en términos de bondad de ajuste. Además, a diferencia de la conceptualización anterior, no puede asegurarse que a largo plazo las estimaciones de la brecha del producto tengan media nula, como sería deseable si se pretende que este concepto pueda relacionarse con el componente cíclico del producto efectivo.

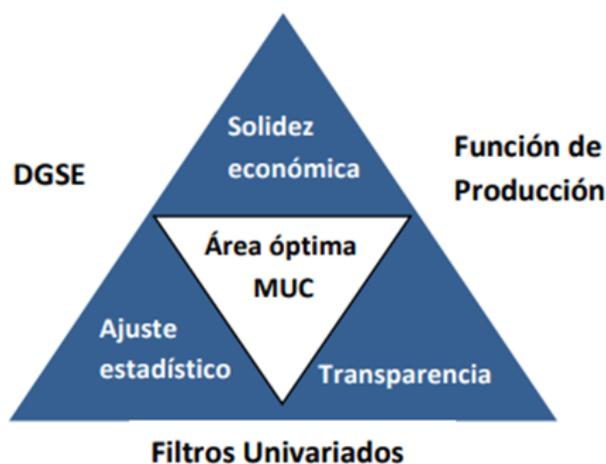
La tercera definición de producto subyacente surge de su asimilación al concepto de *producto natural*, que refiere a aquel nivel de producción de equilibrio de largo plazo compatible con la flexibilidad de precios, en donde el desempleo se encuentra en su nivel natural (desempleo friccional). Esta definición remite a las condiciones de equilibrio del mercado, por lo que el producto subyacente resulta ser consistente con las trayectorias de equilibrio de los precios y salarios que aseguran el pleno empleo de los factores productivos. De esta definición se desprende que la brecha del producto pueda interpretarse en términos de desviaciones sistemáticas del producto efectivo respecto al nivel de producto natural. Para la implementación de las es-

timaciones suelen utilizarse modelos que encuentran su fundamento en la curva de Philips y en la ley de Okun. Entre ellos, se encuentran los modelos de equilibrio general computables (DGSE, por sus siglas en inglés) y los modelos de componentes inobservables multivariados (MUC, por sus siglas en inglés). Este tipo de procedimiento presenta ventajas en lo que refiere a la solidez de los fundamentos económicos y la bondad de ajuste estadístico. Sin embargo, la propia complejidad de los modelos y las dificultades técnicas que implica la construcción de los mismos, plantean dificultades para la interpretación de las estimaciones y no son fáciles de comprender por parte de los usuarios (problemas de transparencia).

Considerando estas tres definiciones del producto subyacente y los procedimientos utilizados para implementar las estimaciones, la preferencia por alguna de estas alternativas dependerá esencialmente del objetivo que se persigue y también de las especificidades de la economía analizada. De las definiciones anteriores se infiere que cada método presenta criterios deseables que no se intersectan completamente entre sí, conformando un espacio de elección en que deben hacerse intervenir la solidez de los fundamentos económicos, la bondad de ajuste estadístico de las estimaciones y la transparencia.

En este sentido, los criterios propuestos por [Cuerpo \*et al.\* \(2018\)](#) permiten clasificar los distintos procedimientos en términos de sus propiedades. Como surge del análisis de las definiciones y los métodos disponibles cada procedimiento presenta fortalezas en, al menos dos de las dimensiones consideradas. En la Figura 1 se presentan de forma esquemática los dilemas que se presentan a la hora de seleccionar los procedimientos de estimación de la brecha del producto. [Cuerpo \*et al.\* \(2018\)](#) consideran que el método de estimación que mejor cumple con los tres criterios deseables es el de los modelos de componentes inobservables multivariados (MUC), aunque en la literatura especializada no existe consenso respecto a la superioridad de un método sobre otro.

**Figura 1:** Triángulo de propiedades sobre procedimientos de estimación



Fuente: Figura extraída de [Lanzilotta et al. \(2021\)](#).

A pesar de que la estimación de la brecha del producto no es neutra respecto a la definición del producto subyacente que la caracteriza y que cada método asociado posee ventajas y desventajas, los diferentes procedimientos comparten entre sí la ausencia de neutralidad respecto a la forma en que utilizan la información disponible en cada momento del tiempo. La información disponible al momento de implementar las estimaciones ( $t$ ) determina la incertidumbre de estimaciones resultantes, incidiendo sobre dos áreas diferentes. Por un lado, la determinación de la posición cíclica de la economía en el periodo  $t$  puede verse afectada por la disponibilidad de nueva información, correspondiente a periodos posteriores. Por otro lado, la estabilidad de las estimaciones de la brecha del producto a lo largo del tiempo, que se expresa en el proceso de revisión de las estimaciones, incide sobre la consistencia misma de las decisiones que se toman a partir de la información disponible en cada momento.

La incertidumbre generada por el proceso de revisión de las estimaciones del producto subyacente y de la brecha de producto se tensiona, muy especialmente, en situaciones extraordinarias como la acontecida ante la irrupción de la crisis derivada de la pandemia COVID-19. En estas circunstancias, la incertidumbre que presentan las estimaciones de los componentes inobservables pueden llevar a que, por ejemplo, la política monetaria asume una orientación inadecuada, lo que puede afectar las perspectivas de crecimiento económico, esto con indepen-

dencia del método de estimación escogido ([Tereanu et al., 2014](#)).

## 2.2. Antecedentes

A partir del artículo seminal de [Kydland y Prescott \(1977\)](#) el debate académico sobre la consistencia intertemporal de las políticas aplicadas por parte de los gobiernos ha girado en torno a la contraposición entre reglas versus discrecionalidad. En el caso de la política monetaria ha dominado la preferencia por el establecimiento de sistemas basados en reglas, en los que se suelen combinar, con distinto peso relativo, objetivos de estabilidad de precios (baja inflación) y de crecimiento económico.

Las discusiones más recientes en la literatura especializada han puesto el acento en la necesidad de evitar el establecimiento de reglas excesivamente rígidas que puedan provocar sesgos indeseados en la orientación de las políticas macroeconómicas (monetarias y fiscales) y que pueden plantear problemas de economía política que incidan sobre la sostenibilidad de las disciplinas basadas en reglas ([Taylor, 2017](#)).

Uno de los temas de desarrollo más reciente tiene que ver con los problemas que plantea la incertidumbre de las estimaciones de la brecha del producto que se consideran a la hora de determinar la orientación de las políticas monetarias y fiscales. Una parte relevante de la incertidumbre está relacionada con las discrepancias que pueden existir entre las estimaciones iniciales, en tiempo real de la brecha del producto y las estimaciones definitivas que, en general, sólo pueden conocerse una vez transcurrido el tiempo (a veces varios periodos). Otra parte de la incertidumbre aparece vinculada a las diferencias que pueden surgir de la utilización de distintos procedimientos de estimación de los componentes inobservables (producto subyacente y brecha del producto). La confluencia de ambas fuentes de incertidumbre hace que las decisiones de política tengan que ser adoptadas a partir de la información imperfecta, probablemente, insuficiente.

La ampliación de los modelos básicos de reglas de política en condiciones de información imperfecta se han desarrollado teniendo en cuenta la incertidumbre generada por la existencia de discrepancias entre la información en tiempo real y las estimaciones ex-post (definitivas) de los componentes inobservables. En este tipo de modelos se amplía la ecuación de determina-

ción de la regla de política, incorporando un término de error, cuya estructura estocástica capta la diferencia entre lo observado inicialmente y las estimaciones revisadas (Orphanides, 2003; Ehrmann y Smets, 2003; Cukierman y Lippi, 2005). Una amplia revisión de estos desarrollos teóricos puede encontrarse en el trabajo de Croushore (2011).

La incorporación de los efectos combinados de la incertidumbre generada por las discrepancias entre la información en tiempo real y ex-post y de la resultante de la aplicación de diferentes métodos de estimación de los componentes inobservables no ha sido igualmente desarrollada. Una referencia al respecto se encuentra en el trabajo de Neri y Ropele (2012), que introducen la interacción entre la información imperfecta y el proceso de estimación del componente inobservable en la regla de política monetaria. En la representación propuesta, la presencia de “ruido” introduce movimientos no deseados en tasa de interés, lo que provoca fluctuaciones no deseadas en el funcionamiento macroeconómico.

La revisión de antecedentes de estudios empíricos en la literatura internacional ubica a los trabajos de Orphanides *et al.* (2000), Orphanides y van Norden (2002) y Orphanides (2003) como una triada de estudios seminales acerca de los efectos que tiene la incertidumbre asociada a las estimaciones basadas en información en tiempo real, considerando las implicaciones en las reglas de política monetaria aplicadas en Estados Unidos. En primero de estos trabajos el autor utiliza la información histórica de estimaciones de brecha de producto disponibles en la Reserva Federal, evaluando la variabilidad que las diferencias halladas entre las estimaciones contemporáneas y las implementadas ex-post. Como consecuencia de las mismas, la acción de la política monetaria provoca movimientos no deseadas en el nivel de actividad, que tienen origen en la aplicación de la propia regla. El segundo artículo se centra en la evaluación de la robustez de las estimaciones de brechas de producto, considerando información adelantada del ciclo mediante modelos multivariados. Por su parte, el tercer artículo de Orphanides (2003) combina los aportes de los dos trabajos previos y propone un argumento teórico sobre los efectos de la incertidumbre en tiempo real sobre el funcionamiento de las reglas de política monetaria.

A partir de estos trabajos pioneros, Ehrmann y Smets (2003) amplían las bases teóricas y conceptuales del del efecto de la incertidumbre sobre las reglas de política monetaria, aplicando el enfoque desarrollado al estudio de la experiencia de la Eurozona hallando que, a pesar que

reglas de Taylor tienen un desempeño adecuados si se estima óptimamente el componente ciclo, la existencia de información incompleta acerca de la posición de la brecha de producto puede provocar un comportamiento inercial por parte de la autoridad monetaria.

En la literatura internacional se destacan, asimismo los aportes de [Beck y Wieland \(2008\)](#), [Benati \(2008\)](#) y [Neri y Ropele \(2012\)](#). El primero de estos estudios da cuenta de que los bancos centrales de Estados Unidos y Europa perciben de forma incorrecta y persistente las presiones inflacionarias basados en una estimación imperfecta del producto potencial, lo que conlleva a la adopción de políticas monetarias inconsistentes. El trabajo de [Benati \(2008\)](#) se concentra en investigar la persistencia de la inflación en distintos regímenes monetarios y en evaluar la incidencia de las revisiones en la estimación del producto potencial en Estados Unidos. El estudio de [Neri y Ropele \(2012\)](#) halla que la incertidumbre asociada a las estimaciones basadas en información en tiempo real y la resultante de la aplicación de diferentes métodos de estimación han provocado que el Banco Central Europeo haya desarrollado una política monetaria menos agresiva y más inercial que la que hubiera tenido lugar si se hubiera contado con estimaciones insesgadas del producto potencial y de la brecha del producto.

Asimismo, cabe destacar los aportes realizados por [Chen y Mills \(2012\)](#) y [Proietti et al. \(2020\)](#). Ambos artículos poseen como objetivo hallar qué método de estimación de la brecha de producto presenta resultados satisfactorios en términos de la revisión entre la estimación final y en tiempo real. Mientras que el primero realiza estimaciones de brecha del producto para Estados Unidos bajo la caracterización natural y lo compara con una serie de filtros asociados a la caracterización tendencial, el segundo utiliza a su vez los modelos de componentes inobservables multivariados para aproximar, bajo una estrategia híbrida, la caracterización potencial. De esta manera, este último estima, para Italia, las tres definiciones de brecha del producto antes mencionadas y compara su desempeño. En estos dos artículos, los autores encuentran que aquella estimación de la brecha del producto basado en la caracterización natural, a través de modelos UC Multivariados, es la que presenta los resultados relativamente satisfactorios de revisión. En la región, [Cusinato et al. \(2013\)](#) emula el aporte realizado por [Chen y Mills \(2012\)](#) para Brasil, hallando resultados similares.

La crisis derivada de la pandemia del COVID-19 ha vuelto a poner el foco en los proble-

mas asociados a las estimaciones del producto potencial y de la brecha del producto y en sus implicaciones en términos del ajuste cíclico del resultado fiscal (Heimberger *et al.*, 2019, 2020; Gros, 2020). Los trabajos de Heimberger *et al.* (2019, 2020) para la Unión Europea plantean la necesidad de reformar los procedimientos de estimación de PIB potencial en forma urgente y, directamente, proponen anular las estimaciones producidas antes del inicio de la pandemia hasta que se haya podido desarrollar un enfoque más confiable y que permita evitar sesgos procíclicos en el manejo de la política fiscal. Al igual que otros autores, como Brooks y Fortun (2020) y Gros (2020), Heimberger recomienda ampliar la flexibilidad de las reglas utilizadas en la actualidad para evitar un círculo vicioso de retroalimentación generado por la aplicación de políticas basadas en estimaciones sesgadas que promoverían acciones tempranas de consolidación fiscal y que socavarían las posibilidades de recuperación económica.

En el ámbito local, el trabajo pionero que aportó estimaciones del ciclo macroeconómico de referencia para la economía uruguaya con datos del PIB trimestral fue realizado por Fernández (1990). En este estudio se realiza un fechado de los picos y valles de las fluctuaciones cíclicas y se aporta una caracterización completa de la forma en que se sucedieron fases contractivas y expansivas en el nivel general de la actividad económica de Uruguay. Posteriormente, Kamil y Lorenzo (1997) aportaron una descripción sintética de los principales rasgos de las fluctuaciones cíclicas de las distintas variables macroeconómicas de Uruguay. Más recientemente, los trabajos de Guenaga *et al.* (2012) y Carbajal *et al.* (2007) presentaron un análisis comparado de las estimaciones cíclicas obtenidas a partir del método de la función de producción y de filtros univariados. El artículo de Theoduloz (2010) aporta resultados de la aplicación del filtro de Hodrick-Prescott, de la función de producción y de la estimación de modelo VAR estructural. En la misma línea de trabajo, Rodríguez *et al.* (2009) comparan las estimaciones de los componentes inobservables a partir de los filtros univariados de Hodrick-Prescott y de Christiano-Fitzgerald. Por su parte, el FMI en el informe del artículo 4 de Uruguay elaboró estimaciones del producto subyacente y de la brecha de producto resultante de la aplicación de un amplio abanico de procedimientos univariados y multivariado.

Uno de los trabajos más recientes elaborados con datos de la economía uruguaya establece las principales diferencias que surgen de los indicadores habituales del déficit fiscal corriente,

en comparación con los que surgen de la aplicación del resultado fiscal estructural [Pizzolón y Rasteletti \(2013\)](#). Por su parte, [Lanzilotta et al. \(2021\)](#), estiman la brecha de producto a través del filtro de Hodrick-Prescott y del filtro de Kalman con el objetivo de implementar estimaciones de ajuste cíclico del déficit fiscal. Mientras tanto, los trabajos estudiantiles de [Koster et al. \(2021\)](#) y [Hernandez \(2021\)](#) evalúan, como pretende hacer este trabajo de tesis, el efecto de la crisis del Covid-19. El primero evaluando los efectos en la estimación de la posición cíclica considerando estimaciones secuenciales de proyecciones del producto potencial, mientras que el segundo utiliza extrapolaciones de la brecha del producto que permiten evaluar la respuesta de la política monetaria ante variaciones del tipo de cambio.

### 3. Metodología empírica

#### 3.1. Producto tendencial y filtros univariados

Dentro del espectro de filtros univariados utilizados para la estimación de la brecha del producto asociada a la definición de producto tendencial, los procedimientos más utilizados son el filtro de Hodrick-Prescott y los modelos de componentes inobservables de series temporales (UUC, por sus siglas en inglés).

El del filtro de Hodrick-Prescott permite implementar una descomposición de la serie desestacionalizada del PIB (o de su tendencia-ciclo) en sus componentes de tendencia (producto subyacente) y de ciclo, que surge a partir del siguiente problema de minimización:

$$T_t^{HP}(y_t) = \operatorname{argmin}_{\{y_t^T\}} \sum_{t=1}^T (y_t - y_t^T)^2 + \lambda \sum_{t=3}^T (\Delta^2 y_t^T)^2 \quad (1)$$

donde  $y_t$  representa el componente de tendencia-ciclo del producto efectivo y  $y_t^T$  la tendencia. El primer término puede considerarse como una medida de la bondad de ajuste de la tendencia-ciclo respecto a la tendencia, mientras que el segundo término es el que permite aportar suavidad a las estimaciones del componente tendencial. Precisamente, el valor del parámetro  $\lambda$  es el que permite definir el grado de suavidad de las estimación resultantes: cuanto mayor sea el valor de dicho parámetro, más suave será la tendencia estimada (Alvarez y Gómez-Loscos, 2017). Siguiendo los lineamientos del trabajo pionero de Hodrick y Prescott (1997), para datos de frecuencia trimestral el valor de este parámetro se establece en 1600.

La operativización de este procedimiento requiere contar con una estimación del componente de tendencia-ciclo de la serie trimestral del PIB. A tales efectos, en este trabajo se utilizó la rutina Tramo-Seats desarrollada por Gómez y Maravall (1996). A partir de la estimación del componente de tendencia-ciclo se procedió a la aplicación del filtro Hodrick-Prescott programado en las rutinas `tramoseats` y `RJDemetra` del software estadístico R para obtener estimaciones específicas de la brecha del producto y del producto potencial:

$$OG_t^{HP}(y_t) = y_t - T_t^{HP}(y_t) \quad (2)$$

En los modelos de componentes inobservables univariados se plantea una representación en el espacio de los estados en que se propone una especificación para cada uno de los componentes inobservables del PIB efectivo. Para la transformación logarítmica de dicha serie, el sistema de ecuaciones propuesto es el siguiente:

$$y_t = \mu_t + \gamma_t + \psi_t + v_t + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \sim \text{NID}(0, \sigma_\varepsilon^2), \quad t = 1, \dots, T, \quad (3)$$

donde  $y_t$  es el producto efectivo,  $\mu_t$  es el producto tendencial,  $\psi_t$  es la brecha del producto,  $v$  es el componente estacional y  $\varepsilon_t$  es un término de perturbación que se distribuye normal con media nula y varianza  $\sigma_\varepsilon^2$ . Obsérvese que el producto tendencial aparece definido a partir de un nivel subyacente que evoluciona de forma aleatoria de acuerdo a la siguiente representación:

$$\mu_t = \mu_{t-1} + \beta_{t-1} + \eta_t, \quad \eta_t \sim \text{NID}(0, \sigma_\eta^2) \quad (4)$$

$$\beta_t = \beta_{t-1} + \zeta_t, \quad \zeta_t \sim \text{NID}(0, \sigma_\zeta^2), \quad (5)$$

donde  $\mu_{t-1}$  representa el nivel subyacente y  $\beta_{t-1}$  la pendiente del crecimiento a largo plazo (tendencial). Los términos de perturbación son procesos estocásticos ruido blanco independientes entre sí y, también, independientes de  $\varepsilon_t$ . El sistema de ecuaciones (4) y (5) permite representar una variado tipo de componentes tendenciales ( $\mu_t$ ) dependiendo del valor de las varianzas de  $\eta_t$  y  $\zeta_t$ :

- Si  $\sigma_\varepsilon^2 = \sigma_\zeta^2 = 0$ , el nivel subyacente asume la forma de un paseo aleatorio con deriva, es decir, un proceso integrado de orden uno, I(1), con crecimiento constante ( $\beta_t = \beta$ , para todo t). Si, además,  $\beta_0 = 0$ , entonces el proceso es un camino aleatorio sin deriva.
- Si  $\sigma_\eta^2 = 0$  y  $\beta_0 = 0$ , el nivel subyacente es estacionario en torno a un nivel constante, es decir, un proceso I(0) con constante  $\mu$ . Mientras tanto, si  $\sigma_\eta^2 = \sigma_\zeta^2 = 0$ , entonces el nivel subyacente sigue un proceso estacionario en torno a una tendencia determinística, es decir, un proceso I(0) con constante  $\mu$  y pendiente  $\beta$ .
- Si  $\sigma_\eta^2 = 0$  entonces el nivel subyacente presenta un crecimiento a largo plazo que evolu-

ción de forma aleatoria (suave). Si a su vez,  $\sigma_\varepsilon^2 = 0$ , entonces el proceso es integrado de orden dos, I(2).

Tanto para la caracterización de la estacionalidad como la del componente cíclico, la estructura posee una forma trigonométrica dada por las siguientes ecuaciones:

$$v_t = \sum_{j=1}^{\lfloor s/2 \rfloor} v_{j,t} + \omega_{j,t}, \quad \omega_t \sim \text{NID}(0, \sigma_\omega^2), \quad (6)$$

$$\begin{bmatrix} v_{j,t} \\ v_{j,t}^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \lambda_j & \sin \lambda_j \\ -\sin \lambda_j & \cos \lambda_j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{j,t-1} \\ v_{j,t-1}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \omega_{j,t} \\ \omega_{j,t}^* \end{bmatrix}, \quad \begin{matrix} j = 1, \dots, \lfloor s/2 \rfloor, \\ t = 1, \dots, T, \end{matrix} \quad (7)$$

$$\begin{bmatrix} \psi_t \\ \psi_t^* \end{bmatrix} = \rho \begin{bmatrix} \cos \lambda_c & \sin \lambda_c \\ -\sin \lambda_c & \cos \lambda_c \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \psi_{t-1} \\ \psi_{t-1}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \kappa_t \\ \kappa_t^* \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$\begin{bmatrix} \kappa_t \\ \kappa_t^* \end{bmatrix} \sim \text{NID} \left( 0, \begin{bmatrix} \sigma_\kappa^2 & 0 \\ 0 & \sigma_\kappa^2 \end{bmatrix} \right)$$

donde  $v_t$  representa la estacionalidad y  $\psi_t$  el componente cíclico.

Para el caso de la estacionalidad, donde  $s$  es la frecuencia del proceso,  $\lambda_j = 2\pi j/s$  es la frecuencia de la estructura estacional en radianes y  $\omega_t$  y  $\omega_t^*$  son términos de perturbación aleatoria que cumplen con la condición de ser independientes entre sí y, también, respecto a las perturbaciones de las ecuaciones (3), (4) y (5), presentando una varianza común  $\sigma_\omega^2$ .

Mientras tanto, en el componente cíclico  $\rho_\psi$  es el damping factor, con  $0 < \rho_\psi \leq 1$ ,  $\lambda_c$  es la frecuencia en radianes del ciclo y  $\kappa_t$  y  $\kappa_t^*$  son perturbaciones aleatorias que cumplen con la condición de ser independientes entre sí y, también, respecto a las perturbaciones de las ecuaciones (3), (4), (5) y (8), con varianza común  $\sigma_\kappa^2$ . El damping factor puede considerarse como una medida de persistencia del componente cíclico, por lo que cuanto más cercano se halle  $\rho_\psi$  de 1, mayor será la persistencia de este tipo de fluctuaciones. En el caso extremo que  $\rho_\psi = 1$ , el ciclo sería no estacionario. De las ecuaciones que representan el componente cíclico se desprende que el período del ciclo es  $p = 2\pi/\lambda_c$  (Durbin y Koopman, 2012). La solución de este sistema de ecuaciones en el espacio de los estados se implementa a partir de la aplicación del filtro de Kalman. Para la obtención de las estimaciones, en este trabajo se hizo uso del

software econométrico OxMetrics, que tiene la posibilidad de realizar estimaciones simultáneas de distintas estructuras cíclicas que pueden estar presentes en los datos considerados (de corto, mediano y largo plazo).

### 3.2. Producto natural y modelos de componentes inobservables multivariados

Para la estimación de la brecha del producto correspondiente al enfoque del producto natural se procedió a la estimación de un modelo MUC. La operativización de esta metodología se apoya en una generalización multivariante de un sistema de ecuaciones similar al presentado en el apartado anterior, incorporando en el vector de variables observables (endógenas) un conjunto de indicadores macroeconómicos que aportan información sobre las fluctuaciones cíclicas del PIB de la economía uruguaya. De esta forma, la descomposición de la serie del PIB se realiza a partir del siguiente sistema de ecuaciones:

$$y_{i,t} = \mu_{i,t} + \psi_{i,t} + \varepsilon_{i,t}, \varepsilon_{i,t} \sim \text{NID}(0, \sigma_{\varepsilon,i}^2) \quad (9)$$

$$\mu_{i,t} = \mu_{i,t-1} + \beta_{i,t-1} + \eta_{i,t}, \eta_{i,t} \sim \text{NID}(0, \sigma_{\eta,i}^2) \quad (10)$$

$$\beta_{i,t} = \beta_{i,t-1} + \xi_{i,t}, \xi_{i,t} \sim \text{NID}(0, \sigma_{\xi,i}^2) \quad (11)$$

$$v_{i,t} = \sum_{j=1}^{\lfloor s/2 \rfloor} v_{i,j,t} + \omega_{i,t}, \omega_{i,t} \sim \text{NID}(0, \sigma_{\omega^2,i}), \quad (12)$$

$$\begin{bmatrix} \psi_{i,t} \\ \psi_{i,t}^* \end{bmatrix} = \rho \begin{bmatrix} \cos \lambda_c & \sin \lambda_c \\ -\sin \lambda_c & \cos \lambda_c \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \psi_{i,t-1} \\ \psi_{i,t-1}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \kappa_{i,t} \\ \kappa_{i,t}^* \end{bmatrix} \quad (13)$$

$$\begin{bmatrix} \kappa_{i,t} \\ \kappa_{i,t}^* \end{bmatrix} \sim \text{NID} \left( 0, \begin{bmatrix} \sigma_{\kappa^2,i} & 0 \\ 0 & \sigma_{\kappa^2,i} \end{bmatrix} \right)$$

donde  $i$  representa un vector de variables que en este caso incluyen la inflación ( $\pi$ ), la tasa de desempleo ( $d$ ) y un indicador sintético del nivel de actividad de un conjunto de países relevantes para la economía uruguaya ( $int$ ). La racionalidad detrás de la elección de este conjunto de variables consiste en tratar de capturar, por un lado, las condiciones macroeconómicas, basadas

en la curva de Phillips y en la ley de Okun, y por otro lado, el efecto que pueden tener las presiones de demanda internacional sobre la brecha del producto de una economía pequeña como la uruguaya.

De manera sintética el sistema de ecuaciones expresado en el espacio de los estados puede representarse como:

$$y_t = Z_t a_t + \varepsilon_t, \varepsilon_t \sim \text{NID}(0, H_t) \quad (14)$$

$$a_{t+1} = T_t a_t + R_t \eta_t, \eta_t \sim \text{NID}(0, Q_t) \quad (15)$$

La ecuación (14), que se denomina ecuación de medición, recoge el comportamiento del vector de variables endógenas observables ( $y_t$ : producto efectivo, inflación, tasa de desempleo, nivel de producción de socios comerciales relevantes) expresada como una combinación lineal del vector  $a_t$  de componentes inobservables y de la matriz  $Z_t$  que enlaza los factores inobservables con las variables observables a la que se le agrega un  $\varepsilon_t$  que contiene las perturbaciones aleatorias correspondientes a las variables observables, cumpliendo con las condiciones habituales de independencia, con una matriz de varianzas desconocidas  $H_t$  (Durbin y Koopman, 2012).

La ecuación de transición (15) que se denomina ecuación de transición, representa el comportamiento del vector de componentes inobservables, el que aparece definido a partir de una matriz de transición  $T_t$  que incorpora las representaciones estocásticas de los distintos componentes y de un vector  $\eta_t$  que contiene las perturbaciones aleatorias de las “senñales”, con una matriz de varianzas  $Q_t$ . La matriz  $R_t$ , denominada la matriz de selección, cumple el objetivo de imponer la correspondiente estructura determinística o estocástica para cada componente inobservable (así como para las relaciones entre los mismos). Por tanto, del producto entre  $R_t$  y  $\eta_t$  emergen las relaciones entre los componentes de cada variable y, por ende, la relación entre las condiciones de mercado y la brecha del producto que se pretende estimar (Durbin y Koopman, 2012).

Expresadas estas ecuaciones en la forma de espacio de los estados, la resolución del sistema utilizado para la estimación de los parámetros y de los componentes inobservables (incluida la

brecha del producto) surge de la aplicación del filtro de Kalman combinado con métodos de Montecarlo basados en cadenas de Markov (MCMC). Para la obtención de estas estimaciones se recurrió al software econométrico incluido en el programa OxMetrics.

### 3.3. Reglas de política monetaria a la Taylor

Una vez definidas las distintas alternativas de estimación de la brecha del producto se procedió a especificar las reglas de política monetaria que la autoridad monetaria podría haber aplicado, en el marco de una estrategia de secuencialidad de las estimaciones con información en tiempo real, por lo que en cada simulación se considera la estimación de la brecha del producto, que pretende “replicar” las condiciones del entorno macroeconómico en cada uno de los años del periodo analizado.

Las especificaciones de las reglas de política monetaria a utilizar serán las típicas estructuras backward looking y forward looking de las Reglas de Taylor, agregando una variante adicional a cada una de ellas incorporando información sobre las variaciones del tipo de cambio nominal.

Como referencia regional, se destaca el artículo de [Moura y de Carvalho \(2010\)](#), quienes estiman diversas especificaciones de reglas de política monetaria a la Taylor para Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México, Perú y Venezuela, hallando que la brecha del producto es únicamente relevante para guiar la tasa de referencia nominal para Chile, Colombia y Venezuela. Mientras tanto, en el ámbito local, el anexo del informe de política monetaria del Banco Central del Uruguay del primer trimestre de 2021 (BCU, [2021](#)) recopila los resultados de los modelos de reglas de Taylor que surgen de utilizar tres trabajos de investigación interna de la entidad monetaria. Los métodos de estimación utilizados por los autores de estos trabajos son el modelo DGSE (representación natural del producto subyacente) y dos modelos semi-estructurales neo-keynesianos (MMET y MPM, de acuerdo a las siglas planteadas por los autores).

Las ecuaciones (16) y (18) representan las reglas de política monetaria backward looking y forward looking, respectivamente, en tanto las ecuaciones (17) y (19) incorporan en las referidas reglas los posibles efectos de la variabilidad del tipo de cambio nominal:

$$i_t = \alpha + \rho i_{t-1} + \gamma_\pi (\pi_{t-1} - \pi_t^*) + \gamma_y y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (16)$$

$$i_t = \alpha + \rho i_{t-1} + \gamma_\pi (\pi_{t-1} - \pi_t^*) + \gamma_y y_{t-1} + \Delta \delta_{t-1} + \varepsilon_t \quad (17)$$

$$i_t = \alpha + \rho i_{t-1} + \gamma_\pi (E_t \pi_{t+4} - \pi_t^*) + \gamma_y y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (18)$$

$$i_t = \alpha + \rho i_{t-1} + \gamma_\pi (E_t \pi_{t+4} - \pi_t^*) + \gamma_y y_{t-1} + \Delta \delta_{t-1} + \varepsilon_t \quad (19)$$

donde  $i_t$  es la tasa de interés nominal,  $\pi_{t-1}$  la inflación trimestral,  $E_t \pi_{t+4}$  es la expectativa de inflación a cuatro trimestres,  $\pi_t^*$  es la meta de inflación,  $y_{t-1}$  es el producto subyacente y  $\Delta \delta_{t-1}$  es la variación del tipo de cambio nominal.

El método de estimación utilizado es el modelo de rezagos distribuidos con errores robustos estandarizados a la Newey-West. Alcanzadas las estimaciones de los modelos reglas de política monetaria, se simulan las trayectorias de la tasa de interés de política monetaria de referencia que se deberían haber aplicado en las condiciones de brecha del producto en tiempo real y bajo estimación final, con el objetivo de evaluar la consistencia temporal de las recomendaciones de política monetaria que surgen de las reglas.

### 3.4. Datos y metodología

En la implementación empírica de la metodología propuesta sobre distintos métodos y procedimientos para estimar la brecha del producto se consideraron datos del Índice de Volumen Físico del Producto Interno Bruto (PIB) de la economía uruguaya elaborado por el Banco Central del Uruguay (BCU). El periodo de análisis se extiende entre el segundo trimestre de 1980 y el cuarto trimestre del al año 2021.

Las estimaciones secuenciales en tiempo real de la brecha del producto abarcaron el periodo comprendido entre los años 2010 y 2021. A tales efectos, se consideraron doce (12) vintages. La primera datos entre 1980 y el cuarto trimestre de 2010, la segunda desde 1980 hasta el cuarto trimestre de 2011 y la última información hasta el cuarto trimestre de 2021. El análisis de esta secuencia de estimaciones permitió evaluar la consistencia entre las estimaciones iniciales en tiempo real y las estimaciones definitivas que surgen de la consideración de información para el periodo posterior al de referencia, aportando valiosa información acerca de la importancia del proceso de revisión de las estimaciones de la brecha del producto y del producto potencial como fuente de incertidumbre en la hora de adoptar decisiones de política macroeconómica.

La información sobre la tasa de desempleo y la variación del Índice General de Precios de Consumo, como indicador de la tasa de inflación, surgen de información elaborada por el Instituto Nacional de Estadística, mientras que los datos del tipo de cambio nominal provienen del BCU. El indicador sintético del nivel de actividad de los socios comerciales relevantes de la economía uruguaya fue elaborado a partir del BCU y del Instituto Uruguay XXI, en lo que refiere al comercio exterior de bienes, y de las estadísticas del Banco Mundial y del FMI sobre datos trimestrales de actividad económica de los socios comerciales. En la construcción de este indicador se consideraron los 10 principales socios comerciales de Uruguay en el periodo comprendido entre 1980 y 2021 (Argentina, Brasil, Chile, China, Alemania, Italia, México, Países Bajos, Reino Unido y Estados Unidos). Las ponderaciones utilizadas en el cálculo del índice compuesto surgen de la participación relativa de cada uno de los países en el total de las exportaciones correspondientes a cada trimestre.

Mientras tanto, en la estimación de los modelos de Reglas de Taylor se consideraron datos sobre la tasa de interés de referencia del BCU, la brecha del producto previamente obtenida, la variación del Índice General de Precios del Consumo, las expectativas de inflación y la variación del tipo de cambio nominal, para el período comprendido entre el primer trimestre de 2005 al cuarto trimestre de 2021. Este período fue escogido derivado de que, a partir del año 2003, la política monetaria del BCU abandonó el instrumento tipo de cambio en favor de un régimen de agregados monetarios, estabilizándose las variables macroeconómicas para la modelización econométrica en torno al 2005.

La tasa de interés de referencia del BCU es aproximada a partir de la tasa call interbancaria a un día hábil, recopilada de la Bolsa Electrónica de Valores (BEVSA). Esta aproximación recoge la cotización de mercado de los instrumentos monetarios de la entidad que los rige, siendo utilizada para la modelización de reglas de Taylor por los trabajos sistematizados en el anexo del informe de política monetario del primer trimestre de 2021 del BCU (Banco Central del Uruguay, 2021), así como en el trabajo estudiantil de [Hernandez \(2021\)](#). Mientras tanto, las expectativas de inflación surgen de la recopilación histórica de la Encuesta de Expectativas de Inflación realizada por el BCU, particularmente, el promedio simple de las expectativas de inflación de los próximos doce meses. A su vez, la información sobre el tipo de cambio nominal

surge de los datos recopilados por BEVSA.

En cuanto a la brecha de inflación y expectativas de inflación (es decir, la diferencia entre el valor observado de inflación/expectativa y la meta objetivo de inflación de la entidad monetaria), el valor de referencia a partir del cual se calculó la brecha es el promedio histórico de variación de precios para el período 2005-2021. Esta decisión fue tomada así considerando que los agentes, ante el sistemático resultado con signo positivo frente a la meta de inflación fijada por el BCU, se fija una tasa efectiva de equilibrio inflacionario. Esta estrategia es tomada, también, por los trabajos referidos en el acápite anterior.

En el caso de las simulaciones de tasa de interés de referencia de política monetaria, las estimaciones secuenciales en tiempo real y estimación final utilizando como insumo principal la brecha del producto abarcaron el período comprendido entre el segundo trimestre de 2019 y el cuarto trimestres de 2021, con periodicidad de estimación trimestral. De esta forma, se evalúa la recomendación de política monetaria que surge de las distintas estimaciones de regla en un contexto donde: a) el instrumento de política monetaria es la tasa de interés de referencia (setiembre de 2020) y b) se enfrenta un período de estrés derivado de la pandemia COVID-19. Por tanto, se obtienen doce (12) estimaciones de brecha del producto con periodicidad trimestral para cada uno de los tres métodos de estimación considerados. A su vez, se genera para cada una de estas, cuatro simulaciones de trayectorias derivadas de los modelos de regla a la Taylor antes referidas. Por tanto, se obtienen 144 trayectorias, 36 para cada modelo de regla de política monetaria.

Una vez generadas las simulaciones, se procede a evaluar la consistencia de las recomendaciones de tasa de interés de referencia que surgen de las reglas. Para ello, se calcula el promedio y el desvío estándar de las revisiones de tasa de interés de referencia considerando que, cada modelo de acuerdo al método de estimación de brecha del producto que utilice, capturará el efecto en la regla sugerida derivada de la variabilidad en la obtención de la posición cíclica. Esta estrategia, tomando en cuenta simulaciones sobre las revisiones en vez de revisiones sobre los métodos de estimación, es la utilizada por [Orphanides \*et al.\* \(2000\)](#) para evaluar el desempeño (en este trabajo denominado consistencia) de las reglas de política monetaria.

## 4. Resultados

### 4.1. Estimaciones de las Brechas del Producto

En el Cuadro 1 y en la Figura 2 se presentan algunos rasgos básicos de las fluctuaciones cíclicas de la economía uruguaya (la brecha del producto) para cada uno de los procedimientos considerados, tomando como base la totalidad del periodo de análisis (1980-2021). En concreto, en el primer Cuadro 1 se presenta la periodicidad en años de la estructura cíclica estimada para la brecha del producto y se enumeran las fechas en que se identifican los valles (momentos en que se alcanzó el valor más bajo de la fase recesiva del ciclo) y los picos (momentos en que se alcanzó el valor más alto de la fase de auge del ciclo). Puede apreciarse que en lo que refiere a la periodicidad de la brecha, se obtuvieron resultados similares en la estrategia de modelización univariada y multivariada por modelos de componentes inobservables (en el entorno de 8,5 años de duración). En el caso de las estimaciones realizadas a partir del filtro Hodrick-Prescott no es posible estimar estadísticamente la duración del ciclo, pero la observación gráfica de las estimaciones estaría indicando que el periodo medio es similar al obtenido en el caso de los métodos de componentes inobservables.

Asimismo, en el periodo analizado se pudieron identificar cuatro valles y tres de picos, que no necesariamente coinciden entre los distintos métodos aplicados, pero que ofrecen perfiles de las fluctuaciones cíclicas que no presentan disparidades demasiado importantes. De acuerdo a los resultados de las estimaciones, el último período de pico se habría dado en torno al segundo y tercer trimestre de 2008, mientras que el último período de valle se encontraría alrededor del primer trimestre de 2020 y el primer trimestre de 2021.

Considerando la información aportada en la Figura 2, pueden constatarse la notorias similitudes que presentan las estimaciones de las brechas del producto, aunque surge de manera evidente que las estimaciones realizadas a través de métodos de componentes inobservables presentan mayor volatilidad que las provenientes de aplicar el filtro de Hodrick-Prescott sobre la serie de tendencia-ciclo estimada a partir de modelos ARIMA. Sin embargo, la comparación de las estimaciones realizadas a partir de los tres métodos considerados pone en evidencia que, con posterioridad a la crisis de 2002, la economía uruguaya asiste a una notoria disminución de

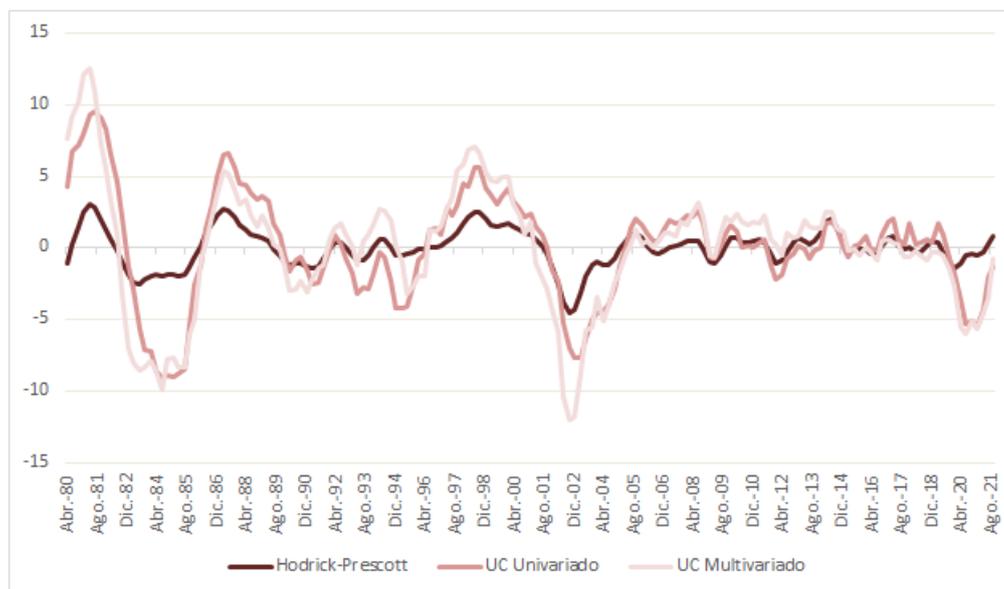
la amplitud de las fluctuaciones cíclicas. Estos resultados coinciden con los resultados hallados por Lanzilotta *et al.* (2023), quienes aportan evidencia estadística de que a partir del segundo trimestre de 2003 se produce un cambio estructural en la volatilidad cíclica de la economía uruguaya.

**Cuadro 1:** Resumen de las brechas del producto por método

	Hodrick-Prescott	UC Univariado	UC Multivariado
Periodicidad (años)	-	8.26	8.64
Valles	1983Q3-1995Q2-2002Q4-2020Q1	1984Q3-1995Q1-2003Q2-2021Q1	1984Q3-1995Q3-2002Q2-2020Q3
Picos	1987Q2-1998Q3-2008Q2	1987Q3-1998Q3-2008Q3	1987Q2-1998Q3-2008Q3

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2:** Brechas del producto por método



Fuente: Elaboración propia.

Las estimaciones que surgen de la aplicación del modelo univariado de componentes inobservables indica que la representación estadística más apropiada para la transformación logarítmica del PIB trimestral de la economía uruguaya aparece caracterizada por un nivel fijo y una pendiente estocástica, presentando una evolución suave del componente tendencial y una estructura estacional, también, de características estocásticas. En el caso de la aplicación de modelos multivariados de componentes inobservables se observan resultados similares. En ambos casos, se detectan inconsistencias entre estas representaciones de las tendencias y los resultados de los contrastes de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) que se presentan en el Anexo Estadístico.

En el Cuadro 2 se presentan los resultados que surgen de la estimación de los modelos de componentes inobservables multivariados, aportando información sobre las características de cada uno de los componentes y sobre pruebas de diagnóstico, así como algunos datos básicos sobre los supuestos considerados para las matrices de varianzas y covarianzas entre las variables y sobre los coeficientes estimados de la matriz de correlaciones.

Los resultados de las estimaciones muestran que las representaciones más apropiadas para la inflación y para la tasa de desempleo son de paseo aleatorio sin deriva, es decir, procesos  $I(1)$  sin constante. En ambos casos, estas caracterizaciones son coincidentes con los resultados de los contrastes de raíces unitarias que se presentan en el Anexo Estadístico.

Para las transformaciones logarítmicas de las series trimestrales del PIB de la economía uruguaya y del indicador sintético del nivel de actividad de los principales socios comerciales de Uruguay, las representaciones estadísticas más adecuadas aparecen caracterizadas por un nivel fijo y una pendiente que evoluciona de manera aleatoria (smoothness prior). Estos resultados no son consistentes con los obtenidos de la aplicación de contrastes ADF, aunque corresponde precisar que en la literatura especializada se suele hacer referencia a que una especificación de este tipo para la tendencia se ajusta óptimamente al comportamiento de series de actividad económica en los modelos multivariados de componentes inobservables (Proietti *et al.*, 2020). Para todas las variables consideradas se puede establecer la presencia de un único ciclo de mediano plazo, mientras que, por la propia naturaleza de la información considerada en su construcción, en el caso del indicador sintético de actividad de los principales socios comerciales de Uruguay no fue posible detectar la presencia de estacionalidad.

Los resultados de las estimaciones muestran que para las variables en nivel la matriz de varianzas y covarianzas es diagonal, es decir, que los niveles del PIB, la inflación, la tasa de desempleo y el indicador de actividad de los socios comerciales son independientes entre sí. En cambio, para el resto de los componentes inobservables (pendiente, ciclo estacionalidad e irregular) las matrices son de rango completo, por lo que sus comportamientos se encuentran interrelacionados. En la medida en que la inflación y la tasa de desempleo han sido caracterizados como procesos  $I(1)$  sin constante, se observa únicamente una vinculación entre las pendientes del crecimiento estocástico del PIB de Uruguay y del indicador de actividad de los principales

socios comerciales. De hecho, desde el punto de vista estadístico el coeficiente de correlación estimado no es estadísticamente distinto de la unidad, lo que estaría indicando que a largo del extenso periodo considerado en el análisis, el crecimiento tendencial del PIB se ha comportado *pari passu* con la trayectoria del crecimiento económico registrado en los principales socios comercial del país.

Por su parte, el conjunto de interrelaciones detectadas entre las estimaciones de los componentes cíclicos presentan algunos resultados intuitivos y otros que aparecen como *contraintuitivos*. Entre los primeros se encuentra la correlación *pari passu* negativa entre el ciclo del PIB uruguayo y la tasa de Desempleo, evidenciando que cuando la actividad económica se encuentra en fases expansivas, el desempleo se comporta en sentido inverso y de similar amplitud. En el mismo sentido, la correlación entre los ciclos del PIB de Uruguay y del indicador sintético de la actividad de los principales socios comerciales es de signo positivo (en torno a 0,32), aunque se encuentra bastante alejado del resultado comentado sobre la estrecha vinculación existente entre las tasas de crecimiento de largo plazo.

Por otra parte, se observa una correlación de signo positivo entre el ciclo del nivel de actividad de los principales socios comerciales y la inflación, mientras que la correlación con la tasa de desempleo es negativa. Esto estaría implicando que, a medida que el nivel de actividad de los socios comerciales se encuentra en fase expansiva, la demanda internacional crece, incidiendo positivamente sobre la generación de empleo y reduciendo cíclicamente la tasa de desempleo. Este aumento de la demanda internacional, a su vez, presiona al alza los precios de los bienes transables, incidiendo positivamente al alza de la inflación local.

Los resultados *contraintuitivos* corresponden a la correlación negativa detectada entre el ciclo de la actividad económica en Uruguay y la inflación, así como a la correlación positiva entre los componentes cíclicos de la tasa de desempleo y la inflación. Las estimaciones que se presentan en el Anexo Estadístico muestran que este último resultado es robusto ante distintas especificaciones de comportamiento de la inflación y la tasa de desempleo, así como también para el caso del modelo de economía cerrada, en el que se excluye el indicador sintético de la actividad de los principales socios comerciales del país. Todo parece indicar que este resultado estaría aportando evidencia acerca de la mayor relevancia que tiene el comportamiento cíclico

de la demanda internacional por sobre los factores domésticos.

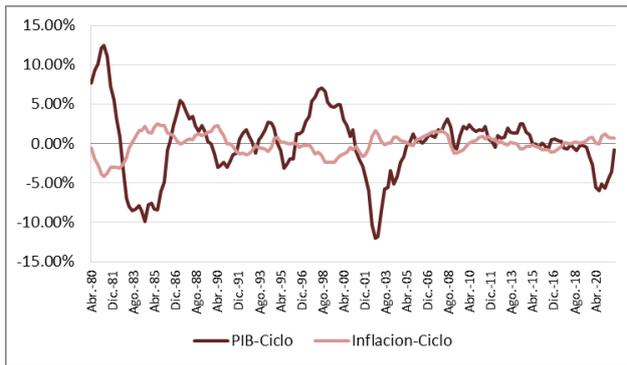
**Cuadro 2:** UC Multivariado con Economía Abierta

<b>Parámetros Principales</b>				
	Producto	Inflacion	Desempleo	Países Relevantes
Damping Factor	0.955			
Periodo Ciclo	8.64			
Brecha del Producto				
Nivel	0	0.07430	30.68000	0
Pendiente	0.00358	-	-	0.00035
Estacionalidad	0.01776	0.00049	0.01669	-
Ciclo	0.17381	0.02089	18.32000	0.04402
Irregular	0.06946	0.01174	10.48000	0.00067
<b>Matriz de Correlaciones Nivel</b>				
	Producto	Inflacion	Desempleo	Países Relevantes
Producto		0	0	0
Inflacion			0	0
Tasa de Desempleo				0
Producto 10 países				
<b>Matriz de Correlaciones Slope</b>				
	Producto	Inflacion	Desempleo	Países Relevantes
Producto		-	-	0.9988
Inflacion			-	-
Tasa de Desempleo				-
Producto 10 países				
<b>Matriz de Correlaciones Ciclo</b>				
	Producto	Inflacion	Desempleo	Países Relevantes
Producto		-0.573	-0.9974	0.3209
Inflacion			0.5126	0.5923
Tasa de Desempleo				-0.3882
Producto 10 países				
<b>Diagnostico Residuos</b>				
	Producto	Inflacion	Desempleo	Países Relevantes
Q(12)	8.3876	10.798	12.316	19.323***
Bowman-Shenton	0.68259	1.5919	1.5763	32.493***

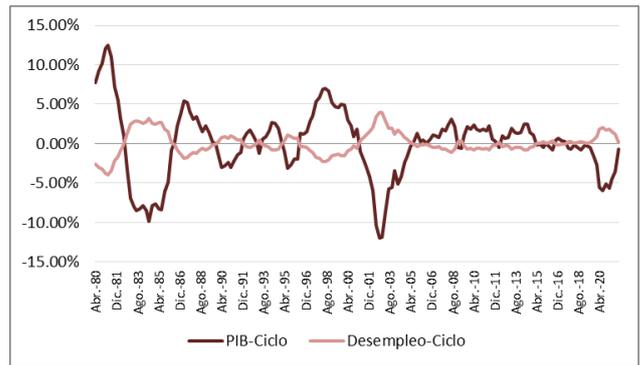
Fuente: Elaboración propia.

Nota: nivel de significación \*\*\*0,001, \*\*0,01, \*0,05, 0,1.

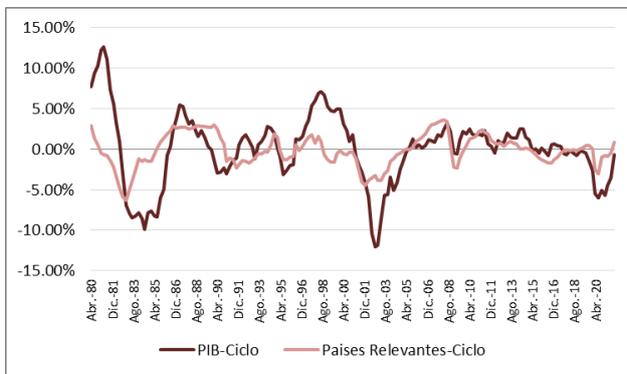
**Figura 3: Ciclos Multivariados**



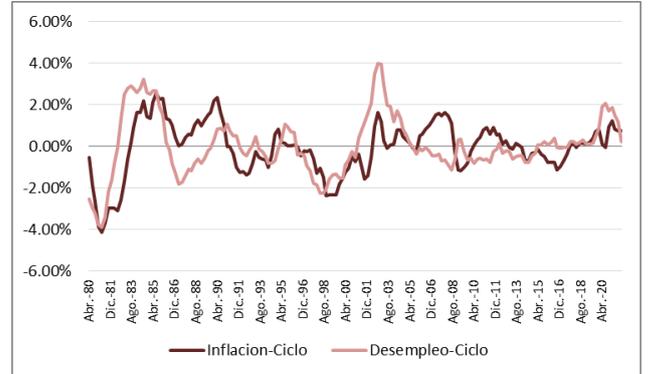
**((a)) PIB e Inflación**



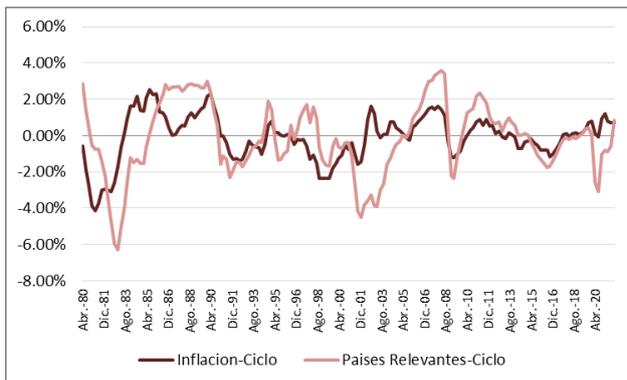
**((b)) PIB y Tasa de Desempleo**



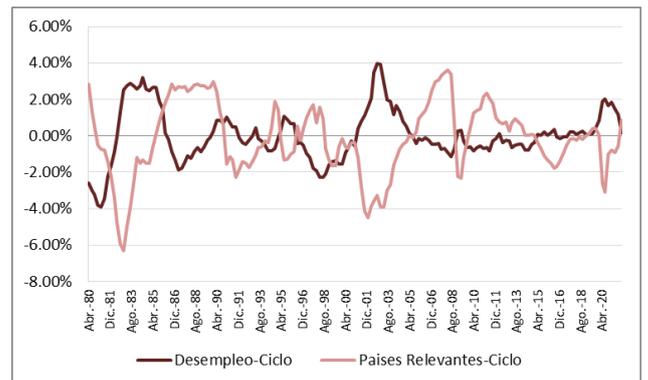
**((c)) PIB y Países Relevantes**



**((d)) Inflación y Tasa de Desempleo**



**((e)) Inflación y Países Relevantes**



**((f)) Tasa de Desempleo y Países Relevantes**

Fuente: Elaboración propia.

Las pruebas de diagnóstico indican que los modelos estimados cumplen con los supuestos básicos relativos al comportamiento de las perturbaciones aleatorias, en términos de ausencia de autocorrelación serial y de normalidad de los residuos. La única excepción ocurre en el caso

de la ecuación correspondiente al indicador sintético de actividad de los principales socios comerciales, en que se observa tanto autocorrelación, como no normalidad en el comportamiento de los residuos.

## **4.2. Consistencia de las estimaciones**

Una vez estimadas las brechas del producto correspondientes a los distintos modelos considerados importa considerar el grado de consistencia existente entre las estimaciones generadas a través de distintos procedimientos y la incertidumbre asociada a la utilización de estimaciones en tiempo real. Los resultados del análisis de ambas dimensiones puede realizarse a partir de la información expuesta en los Cuadros 3 y 4, en que se presenta información sobre un conjunto de estadísticos descriptivos y algunos indicadores de consistencia, contruidos a partir de la evaluación del proceso de revisión de las estimaciones en tiempo real de la posición cíclica de la economía uruguaya, considerando las discrepancias entre las estimaciones iniciales en tiempo real y las estimaciones finales, una vez que se ha completado el proceso de revisión.

En el Cuadro 3 puede apreciarse que en promedio (Media) las estimaciones que sufren con más intensidad el proceso de revisión son las que surgen de la aplicación del filtro de Hodrick-Prescott sobre la serie de tendencia ciclo estimada a partir de modelos ARIMA, exhibiendo un guarismo de un punto porcentual por encima del modelo UC Univariado y de 0,8 puntos porcentuales superior al modelo UC Multivariado. Sin embargo, si se considera una métrica comparativa en términos de variabilidad (SD), las revisiones correspondientes a los dos métodos basados en la estimación de modelos de componentes inobservables presentan una mayor volatilidad. En consecuencia, los resultados de la evaluación indican que, mientras que en los modelos UC Univariados y Multivariados las correcciones en la estimación del indicador no muestran sesgo sistemático en la estimación de la brecha del producto, el método Hodrick-Prescott tiende a subestimar el indicador de posición cíclica. Asimismo, cabe señalar que el error cuadrático medio de las estimaciones (RMS) indica que la distancia es de tan sólo 0,2 puntos porcentuales entre los distintos métodos utilizados.

**Cuadro 3:** Estadísticas descriptivas de las correcciones en la brecha del producto

Método	Media	SD	RMS	Min	Max	Corr
Hodrick-Prescott	1.373	1.079	1.716	0.277	3.925	0.974
UC Univariado	0.374	2.004	1.947	-4.430	3.026	0.992
UC Multivariado	0.533	2.183	2.148	-3.322	3.050	0.984

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 4 se presenta información acerca de cuatro indicadores de consistencia entre las estimaciones de la brecha del producto de la economía uruguaya: i) el coeficiente de correlación (Corr) entre la estimación final y la estimación en tiempo real; ii) el ratio entre la medida de variabilidad de las revisiones y medida de la variabilidad de la estimación final de la posición cíclica (NS); iii) el ratio entre el error cuadrático medio de las revisiones y la variabilidad de la estimación final de la posición cíclica (NSR); iv) la frecuencia relativa con que se producen estimaciones para un mismo periodo en que se produce un cambio de signo entre la estimación con información en tiempo real y la estimación final (OPSIGN).

En el caso del primer indicador de consistencia, los tres métodos presentan comportamientos similares, en consonancia con los elevados valores del coeficiente de correlación entre la estimación final y las estimaciones en tiempo real. Sin embargo, en el resto de los indicadores se observa que, una vez estandarizados los estadísticos SD y RMS teniendo en cuenta la variabilidad de las estimaciones finales de la brecha del producto, el método Hodrick-Prescott presenta un peor desempeño (en términos de consistencia) respecto a los métodos de componentes inobservables. Entre estos dos métodos, se observan desempeños similares, destacándose en el caso multivariado la reducción del valor de los indicadores, una vez que se tiene en cuenta la variabilidad de las estimaciones finales de la brecha del producto. En lo que refiere al indicador OPSIGN se observa que en el caso del método UC Multivariado se observan cambios de signo entre las estimaciones finales y las estimaciones en tiempo real con una frecuencia del 36,36 %, mientras que los casos del método UC Univariado y del filtro de Hodrick-Prescott, dichos guarismos se ubican en 45,45 % y 54,55 %, respectivamente. Los resultados indican, por tanto, que el método menos estable en términos de consistencia entre las estimaciones iniciales y finales es el filtro de Hodrick-Prescott.

**Cuadro 4:** Indicadores de Consistencia

Metodo	Corr	NS	NSR	OPSIGN
Hodrick-Prescott	0.974	0.825	1.4159	0.5455
UC Univariado	0.992	0.531	0.5154	0.4545
UC Multivariado	0.984	0.578	0.4968	0.3636

Fuente: Elaboración propia.

En suma, a pesar de que en principio las estimaciones de brechas del producto obtenidas a partir de la aplicación de los distintos procedimientos considerados con la muestra completa (1980-2021) resultaban similares, los métodos presentan características diferentes cuando se trata de evaluar la magnitud de la incertidumbre a la que se encuentran expuestas las decisiones de política económica. De acuerdo a los resultados presentados, los modelos de componentes inobservables exhiben mayor consistencia que el método de Hodrick-Prescott. Por otra parte, en la comparación entre las dos clases de modelos de componentes inobservables, las evaluaciones de consistencia inclinan la balanza levemente en favor de las representaciones multivariantes, aunque al evaluar la conveniencia de recurrir a uno y a otro procedimiento deben sopesarse de manera adecuada los costos de construcción y de estimación de cada uno de los modelos.

### **4.3. Modelos de Reglas de Taylor**

En el Cuadro 5 se presentan los resultados obtenidos de la estimación de los modelos de Regla de Taylor. En concreto, se han estimado 12 modelos, 4 para cada una de las estimaciones de brecha del producto, considerando Reglas de Taylor backward-looking, con y sin la consideración de las variaciones del tipo de cambio, (BL y BL-TC, respectivamente) y Reglas de Taylor forward-looking, con y sin la consideración de las variaciones del tipo de cambio, (FL y FL-TC, respectivamente).

**Cuadro 5: Modelos de Reglas Monetarias**

Variables	Hodrick-Prescott				UC Univariado				UC Multivariado			
	BL	BL-TC	FL	FL-TC	BL	BL-TC	FL	FL-TC	BL	BL-TC	FL	FL-TC
Cte	3.16 ***	4.70 ***	3.24 ***	5.14 ***	3.12 ***	5.01 ***	2.98 ***	5.09 ***	3.66 ***	6.13 ***	3.79 ***	6.43 ***
Tasa Call (-1)	0.53 ***	0.36 **	0.56 ***	0.34 ***	0.53 ***	0.33 ***	0.58 ***	0.34 ***	0.46 ***	0.16	0.49 ***	0.16 -
Brecha del Producto (-1)	0.91 *	1.26 *	0.81	1.25 **	0.17	0.32 -	0.08	0.26	0.35 ***	0.62 ***	0.32 **	0.59 ***
Brecha de Inflación (-1)	0.60 *	0.15	0.73 -	0.58	0.52 ***	0.26	0.48	0.36	0.67 ***	0.33 -	0.85 *	0.59 *
Var. Tipo Cambio (-1)		0.03		0.02		0.02		0.01		0.05 -		0.04 *
AO 200804	11.89 ***	11.92 ***	11.98 ***	11.68 ***	11.89 ***	11.31 ***	12.12 ***	11.37 ***	11.29 ***	10.93 ***	11.43 ***	10.85 ***
AO 201404					7.35 ***	7.12 ***	7.51 ***	7.19 ***	6.81 ***	6.16 ***	6.74 ***	6.10 ***
R Cuadrado	0.702	0.571	0.685	0.582	0.778	0.663	0.760	0.662	0.778	0.739	0.760	0.741
R Cuadrado Ajustado	0.682	0.529	0.665	0.541	0.759	0.622	0.741	0.620	0.759	0.707	0.741	0.710
Akaike	4.216	4.238	4.271	4.212	4.048	4.032	4.113	4.037	3.952	3.778	4.028	3.769
BIC	4.381	4.455	4.436	4.429	4.245	4.285	4.310	4.290	4.150	4.031	4.225	4.022
F- Statistics	36.47	13.34	33.69	13.94	42.68	16.09	38.69	15.97	42.68	23.12	38.69	23.39

Nota: nivel de significación \*\*\*0.001, \*\*0.01, \*0.05, 0.1.

Fuente: Elaboración propia.

BL: Backward-looking con variación del tipo de cambio nominal.

FL: Forward-looking con variación del tipo de cambio nominal.

BL-TC: Backward-looking con variación del tipo de cambio nominal.

FL-TC: Forward-looking con variación del tipo de cambio nominal.

Comparando los resultados de las estimaciones de las ecuaciones correspondientes a reglas de política monetaria a la Taylor, se destaca que para los métodos de Hodrick-Prescott y UC Multivariado, el impacto de la brecha es estadísticamente significativo y positivo, por lo que el accionar de la política monetaria es sensible a las diferentes estimaciones puntuales entre 1 y 0,5, respectivamente. Esto implica que, bajo una regla de política monetaria que incorpora la brecha del producto estimada a través del filtro de Hodrick-Prescott, la posición de la brecha se trasladaría *pari-passu* a la tasa de interés que controla la autoridad monetaria. Cabe destacar que, aquellos modelos en que se incorpora la variación del tipo de cambio nominal, hacen que la incidencia de la brecha del producto se incremente. Los resultados obtenidos cuando se incorpora la brecha del producto estimada a partir del método de Hodrick-Prescott presentan cierta similitud con los presentados por el BCU en el recuadro sobre reglas de política monetaria del informe del Banco Central del Uruguay del primer trimestre de 2021 (BCU, 2021), cuando se aplican modelos MMET, tanto incorporando o sin incorporar información sobre el desvío de la depreciación (0,94 y 0,99, respectivamente). En el caso de las estimaciones puntuales que surgen de la incorporación de la brecha del producto estimada a partir de modelos UC Multivariados, se aprecian similitudes con los resultados presentados por el BCU cuando se consideran modelos MPM y DGSE con desvío de la depreciación (0,43 y 0,53, respectivamente). De hecho, el resultado con el modelo UC Multivariado coincide, aproximadamente, con el trabajo realizado por [Hernandez \(2021\)](#), quién halló un guarismo en torno a 0,7.

Las estimaciones del parámetro asociado a la brecha de la inflación en los modelos BL presentan guarismos estadísticamente significativos para cada método de estimación de la brecha del producto (en el entorno de 0,6). Sin embargo, una vez que se incorpora la información sobre la variación del tipo de cambio nominal, la estimación puntual de este parámetro se reduce a prácticamente la mitad. Esto implica que los desalineamientos de la tasa de inflación respecto a la meta inflacionaria se incorporan en la regla de política monetaria de forma menos que proporcional.

En los modelos que se consideran las expectativas de inflación (FL) se observa un efecto más importante de la brecha de inflación, con la excepción del modelo que incorpora la brecha del producto estimada a partir del modelo UC Univariado. No obstante, y al igual que ocurre en los

modelos BL, al incorporar la variación del tipo de cambio nominal las estimaciones puntuales de los parámetros se reducen, aproximadamente, en la misma magnitud, convergiendo al valor 0,6. La estimación de este parámetro diverge de los resultados hallados en los modelos del BCU, que en promedio se ubican en el entorno de 1,6. Esto implica que, mientras en los modelos del BCU la política monetaria sobre-reacciona a los desvíos de la inflación respecto a la meta, los resultados que se aportan en este trabajo indican que la reacción es menos que proporcional. Cabe precisar que el valor estimado para este parámetro en este trabajo es similar al propuesto por Taylor como regla general.

En lo que refiere a las estimaciones del resto de los parámetros, se observa que el coeficiente de persistencia en la tasa de política monetaria, incorporando o no la variación en el tipo de cambio nominal, se ubica entre 0,3 y 0,5, respectivamente, lo que estaría indicando una baja persistencia de la política monetaria en Uruguay. La estimación puntual del parámetro correspondiente sin incorporar el desvío de la depreciación es similar al hallado por los modelos del BCU, cuyo promedio se ubica en 0,6. Asimismo, los valores estimados para el parámetro correspondiente a la variación cambiaria son indistinguibles entre los distintos modelos estimados en este trabajo, los que a su vez resultan similares a los hallados por el modelo MMET del BCU (0,03).

La evaluación de las medidas de bondad de ajuste de los doce modelos estimados indica que la representación que presenta una menor medida en términos de los estadísticos de Akkaike y BIC es el modelo FL-TC, en que se utiliza la estimación de la brecha del producto resultante del modelo UC Multivariado, la que resulta ligeramente menor a la del modelo BL-TC con el mismo input para dar cuenta de las fluctuaciones cíclicas. Si se tiene en cuenta la información aportada por el R2 ajustado, el modelo que presenta mejor ajuste es el BL, tanto cuando se incluyen estimaciones de brecha de producto por UC Univariado, como cuando se incorporan las estimaciones generadas por el modelo UC Multivariado.

Considerando conjuntamente las diferentes medidas de bondad de ajuste, no surge con claridad cuál es el tipo de representación que resulta más adecuada para especificar la regla de política monetaria. Sin embargo, el desempeño global de los modelos en que la brecha del producto es estimada a través del método UC Multivariado parece ser superior al resto de las

representaciones, tanto en ajuste estadístico como en resultados esperables en los parámetros.

#### **4.4. Consistencia de Reglas de Taylor**

Considerando los resultados de las estimaciones puntuales de los parámetros correspondientes a los distintos modelos de regla de Taylor (backward looking y forward looking) y las estimaciones de la brecha del producto generadas a partir de las distintas metodologías consideradas, se procedió a simular el comportamiento exhibido por las reglas para cada modelo en los trimestres comprendidos entre el segundo trimestre de 2019 y el primer trimestre de 2022. En concreto, se consideraron dos estrategias en lo que refiere al estimador de la posición cíclica de la economía uruguaya. Por un lado, se implementaron simulaciones con información en tiempo real, es decir, en base a estimaciones realizadas en  $t$  con información hasta  $t-1$ . En este caso, el procedimiento pretende reproducir las condiciones en que se adoptaron en la época las decisiones de política monetaria. Por otro lado, se realizaron simulaciones en las que se consideraron “estimaciones finales” de la brecha del producto, considerando la totalidad de la información correspondiente al periodo analizado (incluyendo, por tanto, datos ex – post).

En concreto, se realizaron 24 ejercicios en que se simularon las trayectorias de la tasa de interés nominal, considerando los dos escenarios mencionados para cada uno de las reglas de Taylor consideradas. El periodo escogido para el análisis de la trayectoria de la tasa de interés depende de la disponibilidad de información en tiempo real sobre la tasa de interés, en circunstancias en que el BCU volvió a aplicar una política monetaria basada en el manejo de la tasa de interés como instrumento (setiembre de 2020).

El Cuadro 6 se presentan los resultados de las simulaciones realizadas a partir de los distintos modelos, aportando información sobre un conjunto de estadísticos descriptivos que permiten determinar la consistencia entre distintas trayectorias de la tasa de interés. Los ejercicios de simulación contribuyen, asimismo, a evaluar el proceso de revisión de las estimaciones en tiempo real sobre el funcionamiento de las distintas alternativas de reglas de política monetaria.

El análisis de los resultados revela que, en promedio, los modelos en que las estimaciones de la brecha del producto resultan de la aplicación del filtro Hodrick-Prescott presentan revisiones superiores a las que resultan de aquellos procedimientos en que dicha magnitud se estima a par-

tir de modelos univariados y multivariados de componentes inobservables (presentando sesgo positivo). Esto estaría indicando que el uso del método de Hodrick-Prescott tiende a provocar una subestimación significativa de la tasa de interés, respecto a la referencia de las estimaciones en tiempo real. Las conclusiones relativas a los problemas metodológicos que surgen de la utilización del filtro de Hodrick-Prescott se mantienen cuando se considera la métrica del error cuadrático medio. De hecho, estos resultados eran esperables, teniendo en cuenta la relativamente alta sensibilidad de los resultados de las estimaciones de la brecha del producto ante el uso de diferentes procedimientos de estimación y de las intensas revisiones a que se ven expuestas las estimaciones de la brecha del producto generadas a partir del método Hodrick-Prescott.

**Cuadro 6:** Estadísticas descriptivas de consistencia en las tasa de interés de referencia

<b>Método</b>		<b>Media</b>	<b>SD</b>	<b>RMS</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
<b>Hodrick-Prescott</b>	<b>BL</b>	1.390	1.470	1.973	-0.719	4.526
	<b>BL-TC</b>	1.910	2.020	2.712	-0.988	6.220
	<b>FL</b>	1.232	1.303	1.749	-0.637	4.011
	<b>FL-TC</b>	1.894	2.003	2.690	-0.980	6.170
<b>UC Univariado</b>	<b>BL</b>	-0.364	0.423	0.544	-0.901	0.284
	<b>BL-TC</b>	-0.681	0.793	1.018	-1.688	0.532
	<b>FL</b>	-0.178	0.207	0.266	-0.442	0.139
	<b>FL-TC</b>	-0.555	0.646	0.829	-1.375	0.433
<b>UC Multivariado</b>	<b>BL</b>	-0.608	0.711	0.911	-1.643	0.396
	<b>BL-TC</b>	-1.079	1.261	1.615	-2.914	0.702
	<b>FL</b>	-0.567	0.662	0.849	-1.531	0.369
	<b>FL-TC</b>	-1.038	1.212	1.553	-2.803	0.675

Fuente: Elaboración propia.

Entre las simulaciones en que se incorpora la brecha del producto estimada a partir de modelos de componentes inobservables, se observa que los procedimientos univariados presentan una media y un RMS menor que el observado en el caso de las estimaciones provenientes de modelos multivariados (en ambos casos se detecta un sesgo negativo). Este resultado, también, era esperable, si se tienen en cuenta las semejanzas que presentan las revisiones de las estimaciones de la brecha del producto implementadas a partir de modelos univariados y multivariados. No obstante, la menor sensibilidad del funcionamiento de la regla de política monetaria ante variaciones de las estimaciones acerca de la posición cíclica de la economía uruguaya corresponde al uso de modelos univariados de componentes inobservables.

Por otra parte, las simulaciones correspondientes a aquellos modelos que incorporan información sobre variaciones del tipo de cambio nominal en la determinación de la regla de política monetaria presentan un peor desempeño en términos de consistencia respecto a las simulaciones que no tienen en cuenta la influencia de este factor. Asimismo, si se procede a evaluar la consistencia entre los modelos BL y FL, puede apreciarse que existe una leve ventaja a favor del segundo tipo de representaciones, por lo que los modelos que consideran la brecha de inflación, incorporando información sobre las expectativas inflacionarias muestran un desempeño superior en términos de consistencia respecto que aquellos que consideran la inflación rezagada.

En el Cuadro 7 se presentan dos medidas resumen correspondientes a los años afectados por la crisis de la pandemia del COVID-19, particularmente, el valor promedio y el desvío estándar de la tasa de interés cualquiera sea el método de estimación de la brecha del producto. De este modo, los resultados de las simulaciones sugieren que, tanto para el año 2020, como para el 2021, los modelos BL-TC estimados a partir de brechas del producto provenientes de modelos de componentes inobservables presentaron menores niveles de variabilidad de la tasa de política monetaria. Mientras tanto, y a pesar que se señalaba que los modelos FL presentaban un desempeño superior en término de consistencia respecto a los modelos BL, cuando se consideran individualmente los dos años de mayor estrés de la crisis, los modelos BL muestran una variabilidad menor de la tasa de interés de referencia, con un desempeño levemente favorable para la caracterización natural del producto subyacente (es decir, bajo utilización del modelo de componentes inobservables multivariados).

**Cuadro 7:** Estadísticas descriptivas de consistencia en años de estrés

Método		2020		2021	
		Media	SD	Media	SD
<b>Hodrick-Prescott</b>	<b>BL</b>	4.523	2.356	4.833	0.815
	<b>BL-TC</b>	3.474	3.021	5.084	1.822
	<b>FL</b>	5.388	2.157	5.230	0.535
	<b>FL-TC</b>	3.711	2.942	5.060	1.788
<b>UC Univariado</b>	<b>BL</b>	7.617	1.192	5.602	0.678
	<b>BL-TC</b>	7.820	0.838	6.126	0.265
	<b>FL</b>	7.678	1.319	5.759	0.605
	<b>FL-TC</b>	7.893	0.884	6.227	0.241
<b>UC Multivariado</b>	<b>BL</b>	7.385	1.091	5.371	0.811
	<b>BL-TC</b>	7.686	0.854	5.836	0.423
	<b>FL</b>	8.054	1.146	5.760	1.027
	<b>FL-TC</b>	6.340	2.953	5.948	0.440

Fuente: Elaboración propia.

En suma, los resultados de las simulaciones indican que las estimaciones de la brecha del producto generadas a partir de modelos de componentes inobservables presentan un nivel de consistencia superior a los del método Hodrick-Prescott. Por otra parte, y a pesar que los modelos forward-looking basados en estimaciones univariantes de los componentes inobservables exhiben un desempeño general ligeramente superior a los multivariantes (tanto forward-looking, como backward looking), cuando se considera la métrica de la variabilidad de la tasa de interés en el periodo de mayor estrés de la política monetaria, los modelos backward-looking en estimaciones multivariantes presentan la mayor consistencia en el diseño de la política monetaria.

#### 4.5. Limitaciones y extensiones

La principal limitación de este trabajo de investigación resulta en la evaluación de la consistencia en el diseño de política monetaria en situaciones de estrés utilizando únicamente el período derivado de la crisis sanitaria por COVID-19. En este sentido, sería deseable extender las estimaciones a períodos previos de estrés, como la crisis financiera de 2008 y la crisis económica de 2002. No obstante, esta extensión se ve limitada a la escasa disponibilidad de información en tiempo real de la primera década del siglo XXI.

En segundo lugar, los resultados de consistencia en el diseño de política monetaria están

condicionados tanto a las estimaciones de brecha del producto como a la modelización de la regla de Taylor que surge del insumo previamente estimado. Esto no permite distinguir precisamente entre el efecto de las revisiones en la estimación de la posición cíclica y los parámetros que se obtienen de la estimación final. Para ello, se entiende deseable extender el análisis de consistencia agregando escenarios de variabilidad en el error de los modelos de reglas de política monetaria, con la finalidad de detectar el efecto depurado de las revisiones en la brecha del producto en tiempo real.

En último lugar, la periodicidad trimestral, entendida relevante para la política monetaria, limita el uso de las caracterizaciones de producto subyacente a las definiciones tendencial y natural. Por tanto, no se considera en la evaluación el producto potencial derivado del método de función de producción y, por ende, la comparación entre las metodologías aplicadas por las principales entidades de política económica no es completa. Por esto, una extensión viable es la realización de una estimación de producto potencial en base a una metodología híbrida, que haga razonable la utilización de la periodicidad trimestral en esta caracterización del producto subyacente.

## 5. Reflexiones Finales

Como fue mencionado en la introducción, la brecha del producto como insumo de la política económica presenta complejidades de estimación, derivadas del momento temporal donde esta se realice, la incertidumbre de la situación de coyuntura y el método de estimación utilizado. En este trabajo se evaluaron tres métodos de estimación basados en dos caracterizaciones del producto “subyacente” que se entienden relevantes para la periodicidad trimestral de la política monetaria (producto tendencial y producto natural), con respecto a la propia estimación del indicador de coyuntura y su efecto en la recomendación de tasa de interés de referencia que surge de la regla de Taylor.

En primer lugar, se obtuvo que la distinción entre producto tendencial y natural para la estimación de brecha del producto generaría un desempeño indudablemente favorable para el segundo en términos de revisiones de la estimación en tiempo real en el caso que el método escogido para el primero sea el método Hodrick-Prescott. Sin embargo, si se escoge como método para ambos los modelos de componentes inobservables, habría que sopesar si la relativamente reducida ganancia en términos de consistencia de la representación natural frente a la tendencial compensa su costo de construcción.

En segundo lugar, cuando estas estimaciones se incorporan a la modelización de la regla de Taylor, se halla que aquellos modelos que incluyen la representación natural de la brecha del producto obtienen medidas de bondad de ajuste superiores al resto de las representaciones en términos globales. Se puede intuir que, parte de los efectos de las variables relevantes para la toma de decisión política, son internalizadas dentro de la estimación de la brecha del producto natural. A su vez, los parámetros de este tipo de modelos resultan coherentes con resultados hallados previamente en la literatura. En cuanto a los efectos de cada variable, los modelos basados en la representación tendencial a través del método Hodrick-Prescott muestran una sensibilidad mayor a la posición cíclica que aquellos modelos basados en representaciones a través de modelos de componentes inobservables.

En tercer lugar, la consistencia de la recomendación de tasa de interés de referencia presenta señales contrapuestas con respecto a qué método de estimación de la brecha del producto a través de modelos de componentes inobservables es preferible. Mientras que la consistencia

general de la tasa de interés de referencia para el período completo exhibe leve evidencia a favor de la caracterización de la brecha del producto tendencial en los modelos backward-looking y forward-looking (univariados), en períodos de estrés la caracterización natural captura los shocks exógenos y presenta un desempeño de mayor consistencia interna para este tipo de modelos.

En suma, las estimaciones de brecha del producto a partir de modelos de componentes inobservables presentan una robustez ante la incertidumbre por encima del método de Hodrick-Prescott. El costo de construcción de la caracterización natural parecería obtener ŕeditosm tanto en el ajuste estadístico de los modelos de regla de Taylor, como para su utilización como insumo de la política monetaria ante situaciones de estrés, no obstante, esta mayor complejidad no exhibe resultados favorables en términos de consistencia en contextos de coyuntura “normales” frente a la caracterización tendencial. Por lo tanto, ante la no superioridad general, resulta coherente estipular que es recomendable trabajar con ambas caracterizaciones en simultaneo o, incluso pensar, en la combinación de los dos procedimientos.

## Referencias

- Alvarez, L. J. y Gómez-Loscos, A. (2017). A menu on output gap estimation methods. Working Papers 1720, Banco de España.
- Beck, G. y Wieland, V. (2008). Central bank misperceptions and the role of money in interest rate rules. Working Paper Research 147, National Bank of Belgium.
- Benati, L. (2008). Investigating Inflation Persistence Across Monetary Regimes. *The Quarterly Journal of Economics*, 123(3):1005–1060.
- Brooks, R. y Fortun, J. (2020). Eurozone Output Gaps and the COVID-19 Shock. *Intereconomics: Review of European Economic Policy*, 55(5):291–296.
- Carbajal, F., Lanzilotta, B., Llambí, C., y Velazquez, C. (2007)). La brecha del producto para uruguay: metodologías para su estimación y aplicaciones. Documento de trabajo, Centro de Investigaciones Económicas.
- Chen, X. y Mills, T. (2012). Measuring the euro area output gap using a multivariate unobserved components model containing phase shifts. *Empir Econ*, 43:671–692.
- Croushore, D. (2011). Frontiers of real-time data analysis. *Journal of Economic Literature*, 49(1):72–100.
- Cuerpo, C., Cuevas, A., y Quilis, E. (2018). Estimating output gap: a beauty contest approach. *SERIEs*, 9:275–304.
- Cukierman, A. y Lippi, F. (2005). Endogenous monetary policy with unobserved potential output. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 29(11):1951–1983.
- Cusinato, R., Minella, A., y da Silva Pôrto Júnior, S. (2013). Output gap in brazil: a real-time data analysis. *Empir Econ*, 44:1113–1127.
- del Uruguay, B. C. (2021). Informe de política monetaria. primer trimestre 2021. Technical report, Banco Central del Uruguay.

- Durbin, J. y Koopman, S. J. (2012). *Time Series Analysis by State Space Methods*. Oxford University Press.
- Ehrmann, M. y Smets, F. (2003). Uncertain potential output: implications for monetary policy. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 27(9):1611–1638.
- Fernández, A. (1990). Indicadores del ciclo económico en Uruguay. *Suma* 5 (9): 27-55, Centro de Investigaciones Económicas.
- Gros, D. (2020). Lessons From the COVID-19 Crisis for Euro Area Fiscal Rules. *Intereconomics: Review of European Economic Policy*, 55(5):281–284.
- Guenaga, M., Mourelle, J., y Vicente, L. (2012). Estimaciones alternativas de producto potencial y brecha de producto en Uruguay. la función de producción versus filtros univariados. Documento de trabajo, Banco Central del Uruguay.
- Gómez, V. y Maravall, A. (1996). Programs TRAMO and SEATS, Instruction for User (Beta Version: september 1996). Working Papers 9628, Banco de España.
- Heimberger, P. (2020). Potential Output, EU Fiscal Surveillance and the COVID-19 Shock. *Intereconomics: Review of European Economic Policy*, 55(3):167–174.
- Heimberger, P., Huber, J., y Kapeller, J. (2019). The power of economic models: the case of the EU's fiscal regulation framework. *Socio-Economic Review*, 18(2):337–366.
- Hernandez, M. (2021). Taylor es Uruguayo: una regla para la tasa de interés. Serie documentos de investigación estudiantil, día 04/21, Instituto de Economía. Facultad de Ciencias Económicas y de Administración. UDELAR.
- Hodrick, R. y Prescott, E. (1997). Postwar U.S. business cycles: An empirical investigation. *Journal of Money, Credit and Banking*, 29(1):1–16.
- Kamil, H. y Lorenzo, F. (1997). Business cycle fluctuations in a small open economy: the case of Uruguay. *SSRN 92608*.
- Kiley, M. T. (2013). Output gaps. *Journal of Macroeconomics*, 37:1–18.

- Koster, N., Lorenzo, F., y Vallcorba, A. (2021). Implementación de las reglas fiscales: problemas metodológicos en la estimación del pib potencial. Serie documentos de investigación estudiantil, die 05/21, Instituto de Economía. Facultad de Ciencias Económicas y de Administración. UDELAR.
- Kydland, F. E. y Prescott, E. C. (1977). Rules rather than discretion: The inconsistency of optimal plans. *Journal of Political Economy*, 85(3):473–491.
- Lanzilotta, B., Lorenzo, F., y Mosteiro, R. (2021). El ajuste cíclico del déficit fiscal en uruguay. Documento de trabajo, 01/2021, Centro de Investigaciones Económicas.
- Lanzilotta, B., Mosteiro, R., y Zunino, G. (2023). Cambios estructurales en la volatilidad del crecimiento en uruguay y los países del mercosur. *Revista Desarrollo y Sociedad*. Aceptado para publicación.
- Moura, M. L. y de Carvalho, A. (2010). What can taylor rules say about monetary policy in latin america? *Journal of Macroeconomics*, 32(1):392–404.
- Neri, S. y Ropele, T. (2012). Imperfect information, real-time data and monetary policy in the euro area. *The Economic Journal*, 122(561):651–674.
- Orphanides, A. (2003). Monetary policy evaluation with noisy information. *Journal of Monetary Economics*, 50(3):605–631.
- Orphanides, A., Porter, R. D., Reifschneider, D., Tetlow, R., y Finan, F. (2000). Errors in the measurement of the output gap and the design of monetary policy. *Journal of Economics and Business*, 52(1):117–141.
- Orphanides, A. y van Norden, S. (2002). The unreliability of output-gap estimates in real time. *The Review of Economics and Statistics*, 84(4):569–583.
- Pizzolón, F. y Rasteletti, A. (2013). Assessing different methodologies for the estimation of uruguay’s structural fiscal balance. Technical note idb-tn-598, Inter-American Development Bank.

- Proietti, T., Fioramanti, M., Frale, C., y Monteforte, L. (2020). A Systemic Approach to Estimating the Output Gap for the Italian Economy. *Comparative Economic Studies*, 62(3):465–493.
- Rodriguez, S., Alvarez, I., y Silva, N. d. (2009). Producto potencial y brecha de producto en uruguay. *QUANTUM*, 4(1):4–21.
- Taylor, J. B. (2017). Rules versus discretion: Assessing the debate over the conduct of monetary policy. *NBER Working Paper*, (w24149).
- Tereanu, E., Tuladhar, M. A., y Simone, M. A. (2014). Structural Balance Targeting and Output Gap Uncertainty. IMF Working Papers 2014/107, International Monetary Fund.
- Theoduloz, T. (2010). Testing the gap: an application for uruguay. *Cuaderno de Economía*, (4):97.

## A. Anexo

### A.1. Contrastes de Raíz Unitaria Dickey-Fuller Aumentado

**Cuadro 8:** Contrastes de Raíz Unitaria sobre PIB de Uruguay (LPIB)

<b>I(1) vs I(2)</b>			
Null Hypothesis: D(LPIB) has a unit root			
Exogenous: Constant			
Lag Length: 7 (Automatic - based on SIC, maxlag=13)			
		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-3.45	0.0107
Test critical values:	1 % level	-3.47	
	5 % level	-2.88	
	10 % level	-2.58	
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.			
<b>I(0) vs I(1)</b>			
Null Hypothesis: LPIB has a unit root			
Exogenous: Constant, Linear Trend			
Lag Length: 8 (Automatic - based on SIC, maxlag=13)			
		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-3.34	0.0629
Test critical values:	1 % level	-4.02	
	5 % level	-3.44	
	10 % level	-3.14	
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.			
Fuente: Elaboración propia.			

**Cuadro 9:** Contrastes de Raíz Unitaria sobre Inflación (DLIPC)

<b>I(1) vs I(2)</b>			
Null Hypothesis: D(DLIPC) has a unit root			
Exogenous: None			
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=13)			
		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-19.06	0
Test critical values:	1 % level	-2.58	
	5 % level	-1.94	
	10 % level	-1.62	
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.			
<b>I(0) vs I(1)</b>			
Null Hypothesis: DLIPC has a unit root			
Exogenous: Constant			
Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=13)			
		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-1.98	0.2962
Test critical values:	1 % level	-3.47	
	5 % level	-2.88	
	10 % level	-2.58	
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.			

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 10:** Contrastes de Raíz Unitaria sobre Tasa de Desempleo (TASA\_DESEMPLEO)

---

**I(1) vs I(2)**

---

Null Hypothesis: D(TASA\_DESEMPLEO) has a unit root  
Exogenous: None  
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=13)

---

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-15.00	0
Test critical values:		
1 % level	-2.58	
5 % level	-1.94	
10 % level	-1.62	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

---

**I(0) vs I(1)**

---

Null Hypothesis: TASA\_DESEMPLEO has a unit root  
Exogenous: Constant  
Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=13)

---

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.06	0.2607
Test critical values:		
1 % level	-3.47	
5 % level	-2.88	
10 % level	-2.58	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

---

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 11:** Contrastes de Raíz Unitaria sobre PBI Países Relevantes (LPIB\_REL)

<b>I(1) vs I(2)</b>			
Null Hypothesis: D(LPIB_REL) has a unit root			
Exogenous: Constant			
Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=13)			
		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-9.91	0
Test critical values:	1 % level	-3.47	
	5 % level	-2.88	
	10 % level	-2.58	
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.			
<b>I(0) vs I(1)</b>			
Null Hypothesis: LSIN_SUAV has a unit root			
Exogenous: Constant, Linear Trend			
Lag Length: 2 (Automatic - based on SIC, maxlag=13)			
		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-2.99	0.1369
Test critical values:	1 % level	-4.01	
	5 % level	-3.44	
	10 % level	-3.14	
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.			

Fuente: Elaboración propia.

## A.2. Modelo de Componentes Inobservables

**Cuadro 12:** UC Univariado sobre PBI de Uruguay

<b>Parámetros Principales</b>	
	Producto
Damping Factor	0.962
Periodo Ciclo	8.26
Brecha del Producto	
Nivel	0
Pendiente	0.00087
Estacionalidad	0.00149
Ciclo	0.01603
Irregular	1.56E-10
<b>Diagnostico Residuos</b>	
	Producto
Q(12)	0.34734
Bowman-Shenton	9.9472

Fuente: Elaboración propia.

Nota: nivel de significación  
"\*\*\*\*"0,001, "\*\*\*"0,01, "\*\*"0,05,  
"0,1.

**Cuadro 13:** UC Multivariado con Economía Cerrada

<b>Parámetros Principales</b>			
	Producto	Inflacion	Desempleo
Damping Factor	0.968		
Periodo Ciclo	7.39		
Brecha del Producto			
Nivel	0	0.00688	28.49000
Pendiente	0.00036	-	-
Estacionalidad	0.00170	0.00004	0.00822
Ciclo	0.01314	0.00118	17.52000
Irregular	0.00553	0.00104	7.25400
<b>Matriz de Correlaciones Nivel</b>			
	Producto	Inflacion	Desempleo
Producto		0	0
Inflacion			0
Tasa de Desempleo			
Producto 10 países			
<b>Matriz de Correlaciones Slope</b>			
	Producto	Inflacion	Desempleo
Producto		-	-
Inflacion			-
Tasa de Desempleo			
Producto 10 países			
<b>Matriz de Correlaciones Ciclo</b>			
	Producto	Inflacion	Desempleo
Producto		-0.6892	-0.9777
Inflacion			0.5216
Tasa de Desempleo			
Producto 10 países			
<b>Diagnostico Residuos</b>			
	Producto	Inflacion	Desempleo
Q(12)	17.358**	14.531	9.0548
Bowman-Shenton	1.3024	3.1374	0.79232

Fuente: Elaboración propia.

Nota: nivel de significación \*\*\*\*0,001, \*\*\*0,01, \*\*0,05, \*0,1.