

Una revisión a la Curva de Phillips en Bolivia

A review of the Phillips Curve in Bolivia

*Mauricio Mora Barrenechea**

Resumen

El presente documento realiza una investigación empírica exploratoria sobre el estado de la pendiente de la Curva de Phillips para la economía boliviana con datos trimestrales, para el periodo entre 1992T2–2019T4, empleando el Método Generalizado de Momentos (GMM) con regresiones recursivas. Para tal efecto, se estimó una brecha de producto consistente con la teoría económica. Se encuentra que la brecha del producto tiene un efecto positivo y significativo sobre la inflación en el corto plazo, por lo que la Curva de Phillips se cumple. Más aún, se habría fortalecido el vínculo entre la inflación y el ciclo económico en los últimos años. Si bien la inercia inflacionaria es el principal determinante en la formación de precios, la importancia de las expectativas aumentó con el tiempo. Por su parte, el efecto del sector externo disminuyó en el último lustro.

Palabras clave: Curva de Phillips; Método generalizado de momentos; regresiones recursivas.

Abstract

This paper conducts exploratory empirical research on the status of the slope of the Phillips curve for the Bolivian economy with quarterly data, for the period between 1992Q2–2019Q4, using the Generalized Method of Moments (GMM) with recursive regressions. For

* Las conclusiones, opiniones y puntos de vista expresados en este documento son de exclusiva responsabilidad del autor, no comprometiéndolo de ninguna manera a la institución donde desenvuelve sus actividades laborales. Contacto: lmaurimorab@gmail.com.

this purpose, an output gap consistent with economic theory was estimated. The results show that the output gap has a positive and significant effect on inflation in the short term, so the Phillips Curve does hold. Furthermore, the link between inflation and the business cycle has been strengthened in recent years. Although inflationary inertia is the main determinant in price formation, the importance of expectations increased over time. The effect of the external sector decreased in the last five years.

Keywords: Phillips Curve; Generalized Method of Moments; recursive regressions.

Clasificación/Classification JEL: C32, C51, E31, E32

1. Introducción

Una manera de estudiar el comportamiento de los precios es a partir de la relación de corto plazo entre la inflación y el desempleo como la plantea la Curva de Phillips (Parkin, 2009). Este concepto económico ha sido la principal herramienta macroeconómica para entender el comportamiento de la inflación (Mendieta y Barber, 2017). Fue desarrollada por William Phillips, quien afirmó que existía una relación estable e inversa entre los salarios (inflación) y el desempleo (Phillips, 1958). Dicha ecuación permitió conectar el mercado laboral con el mercado monetario y daba indicios de que una política dirigida a la estabilidad de precios promovía el desempleo.

No obstante, la Curva de Phillips no ha estado exenta de duras críticas. Milton Friedman y Edmund Phelps afirmaron que esta relación solo era aplicable a corto plazo y que, a largo plazo, las políticas inflacionarias no disminuirían el desempleo¹ (Phelps, 1967; Friedman, 1968). En los años setenta, la validez de la Curva de Phillips fue puesta aún más en duda cuando surgió el fenómeno de la estanflación²; varios países experimentaron altas tasas de inflación y de desempleo conjuntamente.

1 La curva de Phillips a largo plazo se ve como una línea vertical en el punto de la tasa natural de desempleo.

2 La estanflación es una adaptación directa del término en inglés "*stagflation*", un concepto que se hizo conocido en la década de los 60 cuando la economía británica atravesó por un período de alta inflación, aumento del desempleo y estancamiento de la economía. Este fenómeno se consolidó durante la crisis del petróleo de 1973. En términos generales, el alza extraordinaria del precio de este *commodity* provocó un mayor costo de producción, que las empresas traspasaron directamente a los precios finales de los bienes, provocando un menor consumo y, por ende, una menor producción y un mayor desempleo.

Surgió evidencia empírica que demostraba que en la práctica la Curva de Phillips no se cumpliría. Por ejemplo, Campoverde *et al.* (2016), con datos entre 1991 y 2015, encontraron que el desempleo no es significativo para explicar la inflación en América Latina y que el cumplimiento de la Curva de Phillips depende del contexto económico de cada país.

Recientemente, la inflación, tanto en economías avanzadas como emergentes, mostró un comportamiento estable y en niveles bajos, lo que ha llevado a diversos autores a creer que la relación de la curva de Phillips se ha debilitado y la pendiente se ha aplanado (Kuttner y Robinson, 2010; Ball y Mazumder, 2011; Matheson y Stavrev, 2013; o FMI, 2013). Esto implicaría que la inflación responde en menor medida al ciclo de la actividad económica, es decir, el proceso de formación de los precios es menos sensible al grado de utilización de los recursos productivos en el mercado laboral y en el mercado de productos.

Según Montoriol (2015) y Occhino (2019), este aplanamiento se debería a dos transformaciones fundamentales. La primera está relacionada con la forma en la que la política monetaria ha logrado estabilizar la inflación, lo que propició una mayor confianza en los bancos centrales y, por ende, permitió anclar las expectativas de los agentes económicos. La segunda consiste en la globalización, la reducción de las barreras al comercio y el aumento de la competencia global, que habrían provocado que la inflación sea menos sensible a los ciclos de la demanda doméstica.

En el presente documento se realiza una investigación empírica exploratoria sobre el estado de la pendiente de la Curva de Phillips (determinar si se aplanó como en otros países). Para ello se estimó una Curva de Phillips Neo-Keynesiana (CPNK) empleando el Método Generalizado de Momentos (GMM, por su acrónimo en inglés), el instrumento más utilizado en literatura al respecto, utilizando datos trimestrales y tomando como referencia el periodo entre 1992T2 y 2019T4.

Dos aspectos distinguen a este documento de otros trabajos previos. En primer lugar, para aproximar de la mejor forma posible los efectos de los costos marginales, se estimó una brecha de producto consistente con la teoría económica. Se empleó un modelo multivariado en forma estado-espacio que toma en cuenta la propia Curva de Phillips, en vez de utilizar los filtros estadísticos univariados convencionales. En segundo lugar, para aproximar los efectos de las expectativas, se estimó la tendencia de la inflación, para obtener una serie más extensa.

Adicionalmente, se realizó un ejercicio de regresiones recursivas para analizar si cambiaron en el tiempo los coeficientes de la CPNK.

La distribución del documento es la siguiente. En la sección dos se realiza una breve revisión bibliográfica sobre la CPNK, con un repaso de los resultados para Bolivia. Posteriormente, se exponen los datos y la metodología empleada. En la sección cuatro se encuentran los resultados empíricos obtenidos. Finalmente, se presentan las conclusiones.

2. Revisión de literatura

La crítica teórica, como la de Friedman y Phelps, provocó que desde los años ochenta la Curva de Phillips atravesara por importantes cambios que condujeron al surgimiento de la Curva de Phillips Neo-Keynesiana (CPNK). Según Galí y Monacelli (2005), la CPNK se deriva de fundamentos microeconómicos sólidos que consideran tres aspectos principales: i) expectativas racionales (que dieron surgimiento a la versión *forward-looking* de la Curva de Phillips³), ii) competencia imperfecta (monopolística) y iii) rigideces de precios.

Una característica importante de la modelación de la dinámica de la inflación en el corto plazo es la introducción de cierta rigidez nominal de precios, en línea con los trabajos de Fischer (1977) y Taylor (1980). En ese sentido, el trabajo de Galí y Gertler (1999) dio una importante contribución a la investigación empírica al introducir inercia en el modelo teórico, produciendo rezagos de la inflación en el modelo de Calvo (1983)⁴. Esto dio surgimiento a la versión híbrida de la CPNK, permitiendo la presencia de agentes *backward-looking* y *forward-looking* a la vez. No obstante, la dificultad teórica para justificar la introducción de un rezago ha sido la principal crítica de este tipo de modelos (D'Amato y Garegnani, 2009).

En el modelo propuesto por Galí y Gertler (1999), la inflación de corto plazo sigue este proceso:

$$\pi_t = \phi_1 \pi_{t-1} + \phi_2 E_t(\pi_{t+1}) + \delta mc_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

3 Las versiones puramente *forward-looking* de la CPNK también han sido criticadas (Fuhrer y Moore, 1995; Rudd y Whellan, 2007).

4 Para comprender de forma más detallada cómo se incorpora la persistencia, se recomienda ver D'Amato y Garegnani (2009).

Donde π_t es la tasa de inflación en el presente, E_t representa las expectativas de inflación un periodo adelante, mc_t es el costo marginal y ε_t es un shock aleatorio. El coeficiente \varnothing se encuentra entre 0 y 1, lo que permite obtener la verticalidad de la Curva de Phillips en el largo plazo. La introducción de un rezago de la inflación responde a la necesidad de modelar la persistencia en la determinación de los precios.

Debido a que muchas economías se caracterizan por ser pequeñas y abiertas, surgió la necesidad de incorporar los shocks del sector externo como variables explicativas del comportamiento de la inflación de corto plazo. Típicamente, esto se logra introduciendo el tipo de cambio (*pass-through*) o alguna variable que refleje el nivel de los precios externos (precios internacionales de *commodities* o la inflación de socios comerciales). En ese sentido, en varios trabajos se ha modificado la especificación de Galí y Gertler (1999) para incorporar el sector externo de la siguiente manera:

$$\pi_t = \varnothing_1 \pi_{t-1} + \varnothing_2 E_t(\pi_{t+1}) + \delta mc_t + \gamma x_t + \varepsilon_t \quad (2)$$

Donde x_t representa la o las variables que aproximan los efectos del sector externo sobre la inflación doméstica. Dicha modificación se puede encontrar en Galí y Monacelli (2005), D'Amato y Garegnani (2009), Acosta *et al.* (2011), Milucka (2014), Lanau *et al.* (2018) o Aquino (2019). Ésta es la especificación que se emplea en el presente documento, la cual va en línea con los trabajos que se realizaron previamente para el caso de Bolivia.

2.1. La Curva de Phillips en Bolivia

Como en diversos países, en Bolivia también existe literatura sobre la aplicación de la Curva de Phillips, aunque no es extensa. Se puede mencionar el trabajo de Mendieta y Rodríguez (2007), quienes estimaron por GMM diversas CPNK con datos mensuales y trimestrales. Introdujeron el coeficiente de traspaso del tipo de cambio al nivel de precios (*pass-through*) y el “Índice de precios externo” (IPE)⁵ Relevante del Banco Central de Bolivia (BCB). Sus resultados señalan que el componente *forward-looking* es más importante que el *backward-*

5 El IPE es una variable que se construye en el BCB; es un promedio ponderado de la inflación de los principales socios comerciales de Bolivia, el cual considera tanto las variaciones de precios de estos países como el efecto de las fluctuaciones cambiarias de sus monedas.

looking. Asimismo, la brecha del producto tendría un efecto positivo, aunque bajo respecto al resto de las variables.

Posteriormente, Valdivia (2008) también estimó una CPNK con un modelo GMM, aunque incluyendo características propias de la economía boliviana, como la dependencia de insumos importados, conflictos sociales y el alto grado de dolarización observado en el periodo de estudio, entre otros. Encontró que existe una alta frecuencia de fijación de precios, por lo que el *trade-off* entre la inflación y el producto es débil, dando indicios de una curva de Phillips semivertical.

Acosta *et al.* (2011) analizan el comportamiento de la inflación en once países de América Latina mediante un panel dinámico de Curvas de Phillips de frecuencia trimestral. En el caso de Bolivia, encontraron que la inercia inflacionaria y la brecha del producto (aunque con un efecto bajo) son importantes en la dinámica de la inflación, al igual que en el resto de los países de la región. Los movimientos de los precios de los *commodities* son importantes, pero el tipo de cambio resulta no ser significativo, contrario a los resultados de Mendieta y Rodríguez (2007) y Valdivia (2008).

Murillo (2014) estimó una CPNK con datos mensuales para el período comprendido entre 2006 y 2014, y encontró que la inflación, en el corto plazo, responde en mayor medida a su inercia y al ciclo de la actividad económica, aproximada mediante el crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) real en términos mensuales. La inflación importada también tendría un efecto significativo, mientras que las expectativas tendrían un menor efecto.

En general, los resultados señalan que en Bolivia la inercia (componente *backward-looking*) juega un rol importante, por lo que los agentes económicos considerarían en mayor medida la inflación pasada que la esperada al momento de establecer los precios. Finalmente, los efectos del ciclo de la actividad económica tienen un efecto positivo, pero bajo, por lo que, se podría señalar que en Bolivia existe una pendiente más aplanada de la Curva de Phillips.

3. Datos y metodología

La inflación se aproximó a partir de las variaciones del “Índice de precios al consumidor” (IPC) que reporta el Instituto Nacional de Estadística (INE) de Bolivia. Para representar el componente *backward-looking* simplemente se utilizó el rezago de un periodo anterior de la inflación. En cuanto al resto de los componentes, se utilizaron las siguientes variables.

3.1. Componente *Forward-looking*

Típicamente, este componente se ha aproximado a partir de las expectativas de los agentes económicos obtenidas de encuestas; no obstante, éstas presentan algunos inconvenientes. Por un lado, está el problema de agregación (Coibion *et al.* 2018), es decir, cuál es la mejor forma de juntar o resumir una gran cantidad de pronósticos de encuestas individuales. Según Binder (2015), las estimaciones empíricas de los parámetros de la Curva de Phillips pueden variar dependiendo si se utiliza la mediana o la moda de las expectativas, o las expectativas de los hombres en lugar de las de las mujeres. Cualquier elección es difícil de justificar.

Otro aspecto que se debe considerar es el hecho de que muchas de las encuestas están dirigidas a especialistas, pronosticadores profesionales, economistas, entre otros⁶. Sin embargo, como señalan Meeks y Monti (2019), la idea no es incorporar en un modelo las expectativas más “racionales”, sino las que influyen en el comportamiento de la inflación observada. En efecto, Coibion y Gorodnichenko (2015), al estimar la Curva de Phillips, obtuvieron mejores resultados utilizando las expectativas de los hogares.

Otra forma de modelar el componente *forward-looking* es asumir la presencia de expectativas racionales con información completa (*full-information rational expectations*), es decir, los agentes pueden predecir perfectamente la inflación futura. Bajo este supuesto, la inflación esperada es reemplazada por la inflación observada ex post (π_{t+1}), en trabajos como los de Amberger y Fendel (2017) o Yiqun (2019). No obstante, existen investigaciones que han encontrado que las expectativas de la población no son racionales (Croushore, 1993; Roberts, 1998; Mankiw *et al.*, 2003; y Coibion *et al.* 2018)⁷.

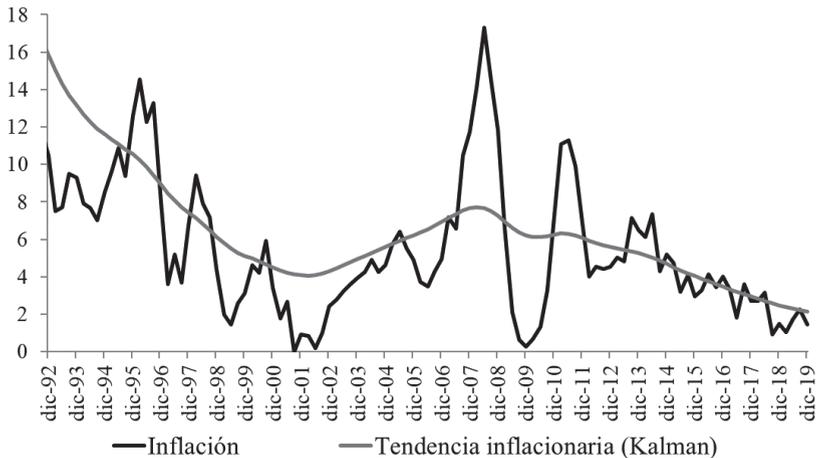
6 En el caso de Bolivia, en la Encuesta de Expectativas Económicas del BCB participan ejecutivos y/o asesores de instituciones financieras, empresas privadas, académicos y consultores.

7 Para mayor información en contra de la hipótesis de expectativas racionales, ver Coibion *et al.* (2018).

Mavroeidis *et al.* (2014) realizan una discusión más profunda sobre el desafío que representa utilizar una inflación esperada no observable. Consideran tres opciones: i) reemplazar las expectativas por realizaciones y el uso de rezagos de las variables como instrumentos, ii) derivar las expectativas de un modelo VAR, y iii) usar encuestas de expectativas. Según los autores, todas las opciones requieren el uso de instrumentos para abordar el problema de la simultaneidad. Otra opción es utilizar las expectativas de inflación derivadas de los mercados financieros, como lo hicieron Melnick y Strohsal (2016).

En el presente documento, se descartó el uso de las expectativas de inflación de la encuesta del BCB, porque solo se tienen datos desde 2005. Para modelar el componente *forward-looking* se utilizó como variable *proxy* la tendencia de la inflación obtenida a partir de un filtro. Las expectativas de corto plazo (aquellas relacionadas con horizontes de uno o dos años), a menudo parecen seguir de cerca la tendencia de la inflación (Meeks y Monti, 2019). De esta forma, se utilizó una variable que aproxime el comportamiento de las expectativas de inflación y que además cuente con información para un horizonte de tiempo más extenso (Gráfico 1). Se calculó la tendencia inflacionaria utilizando el filtro de Kalman (1960)⁸.

Gráfico 1: Inflación a doce meses y tendencia inflacionaria (en porcentajes)



Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadística.

8 La especificación que se utilizó se encuentra en el Anexo 1.

3.2. Costos marginales

Los costos marginales determinan el grado de relación entre la inflación y el ciclo de la actividad económica; representa el “*economic slack*”⁹. Asimismo, se puede obtener la tasa de sacrificio, es decir, el porcentaje de producción al que la economía tiene que renunciar por cada punto porcentual de reducción en la inflación. Si bien es una variable trascendental en la relación de la Curva de Phillips, el problema es cómo aproximarla.

Como se indica en BCRP (2019), en países avanzados, donde existe una mayor calidad de datos del mercado laboral, se puede utilizar la brecha del desempleo¹⁰ o los costos laborales (salarios)¹¹, mientras que en economías emergentes, donde existe un mayor grado de informalidad laboral, se emplea comúnmente la brecha del producto (diferencia entre la producción observada y la potencial). A pesar de que esta variable no es observable y se debe realizar estimaciones previas, esto no implica que no pueda ser una buena aproximación de las fuerzas del mercado. Acorde con Neiss y Nelson (2002), si la brecha del producto se define consistentemente con la teoría económica, puede producir resultados al menos tan buenos como los costos marginales.

Para obtener una buena aproximación de la brecha del producto, se empleó un modelo multivariado en forma estado-espacio, en vez de utilizar los filtros estadísticos univariados convencionales. Se utilizó la propia Curva de Phillips para obtener una brecha consistente con la teoría económica¹² (Gráfico 2).

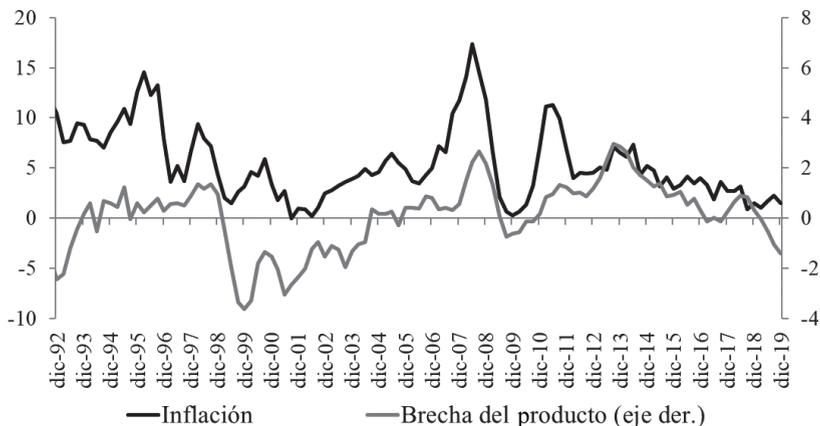
9 Según el Banco Central Europeo, “*economic slack*” se traduce como “capacidad productiva sin utilizar”. Normalmente existe capacidad productiva sin utilizar cuando la demanda es insuficiente para absorber todo lo que la economía es capaz de producir.

10 Por ejemplo, Vogel (2008), Ball y Mazumder (2011); Matheson y Stavrev (2013) o Karlsson y Österholm (2018).

11 Por ejemplo, Galí y Gertler (1999) o Galí *et al.* (2001).

12 En primera instancia, se buscaba utilizar la Ley de Okun, sin embargo, no se contaba con la información suficiente del desempleo. La especificación que se utilizó se encuentra en el Anexo 2.

Gráfico 2: Inflación a doce meses y la brecha del producto (en porcentajes)



Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadística.

3.3. Sector externo

La inclusión de variables exógenas permite capturar los factores externos que, directa o indirectamente, afectan al desenvolvimiento de la inflación interna, toda vez que Bolivia es una economía pequeña y abierta. Los efectos externos normalmente son aproximados a través de las variaciones de tipo de cambio debido al efecto traspaso.

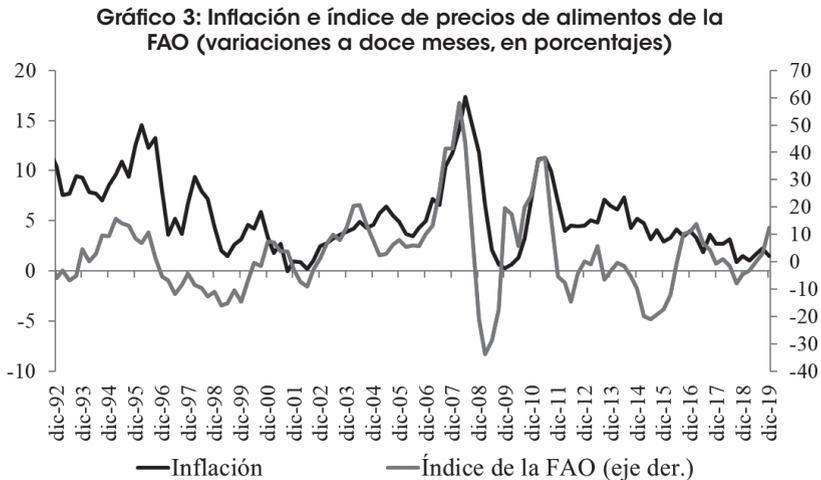
No obstante, en Bolivia, la evolución del tipo de cambio refleja cambios marcados: i) depreciaciones entre los años 90 y mediados de los 2000; ii) apreciaciones entre mediados de 2005 y 2010; y iii) una etapa de estabilidad cambiaria desde el año 2011 a la fecha de la realización de este documento. Estos periodos representan cambios estructurales importantes en la evolución de esta variable, lo cual pudo haber afectado incluso a la relación de la inflación y sus determinantes. Trabajar con una variable con cambios tan marcados y que no presente variaciones por un largo periodo representa un desafío adicional, puesto que se requieren metodologías que consideren la presencia de quiebres estructurales.

En ese sentido, en el presente documento no se considerará esta variable, toda vez que el objetivo principal es analizar la relación entre la inflación y el ciclo de la actividad económica en Bolivia. Dicha decisión limitará en cierta medida los resultados que se obtendrán, puesto que el efecto de las variaciones cambiarias sobre la inflación doméstica es relevante (en efecto,

existe una extensa literatura que analizó el efecto traspaso en el caso boliviano) y además que los quiebres estructurales que presenta el tipo de cambio tendrían implicancias en la estimación de la CPNK.

Con respecto a los estudios previos de la Curva de Phillips en Bolivia, mientras que tanto Mendieta y Rodríguez (2007) como Valdivia (2008) encontraron que el tipo de cambio tiene un efecto importante, Acosta *et al.* (2011) señalan que el tipo de cambio no es significativo. Por su parte, Murillo (2014) indica que no sería pertinente incluir el tipo de cambio nominal, puesto que, en los últimos años, sus movimientos reflejarían un comportamiento rezagado de la inflación externa.

Como variable alternativa se empleó el “Índice de precios de alimentos” de la FAO¹³ (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, por sus siglas en inglés) para aproximar las presiones inflacionarias externas (Gráfico 3). Se decidió usar este índice por los siguientes motivos: i) el precio del petróleo no tiene efectos directos sobre los precios de los combustibles porque estos están subsidiados; ii) los alimentos son el grupo con mayor peso en la canasta básica del IPC (42% según la base 2016); iii) existe evidencia empírica respecto a los efectos de los precios internacionales de los alimentos sobre la inflación doméstica (BCB, 2008; Acosta *et al.*, 2011; y Mora, 2020).



Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadística y la FAO.

¹³ Los datos se obtuvieron de la página web de la FAO.

3.4. Metodología de estimación

Se optó por el Método Generalizado de Momentos (GMM) desarrollado por Hansen (1982), como la herramienta más apropiada para este análisis, porque es simple de implementar y arroja resultados más robustos que otras alternativas (Mavroeidis *et al.*, 2014). No por nada ha sido la herramienta más utilizada para estimar la Curva de Phillips (Roberts, 1995; Galí y Gertler, 1999; Mendieta y Rodríguez, 2007; D'Amato y Garegnani, 2009; Murillo, 2014; Mavroeidis *et al.*, 2014; Coibion y Gorodnichenko, 2015; Medel, 2015; Amberger y Fendel, 2017; Ferreira *et al.*, 2018; Coibion *et al.* 2018; y Aquino, 2019).

La identificación se obtiene a través de restricciones de exclusión, es decir, se excluyen los rezagos de las variables del modelo y se las usa como instrumentos. Según D'Amato y Garegnani (2009), una de sus principales ventajas es que no requiere la imposición de una determinada distribución de probabilidades a las variables y es consistente con la presencia de agentes económicos que tienen un comportamiento optimizador de manera intertemporal.

Acorde con D'Amato y Garegnani (2009), en un contexto en el cual los agentes económicos utilizan la información presente y pasada disponible de manera eficiente (expectativas racionales), el error de pronóstico de la inflación futura no está correlacionado con el conjunto de información disponible al momento t . En términos de la ecuación (2), esto se reflejaría de la siguiente manera:

$$E \left\{ (\pi_t - \varnothing_1 \pi_{t-1} - \delta mc_t - \gamma x_t) z_t \right\} = 0 \quad (3)$$

Donde Z_t es un vector de variables (instrumentos) correspondientes al periodo t y a periodos previos. Por lo que una forma natural de resolver la ecuación (3) es mediante un GMM. Definamos y como un conjunto de observaciones de una variable aleatoria, cuya función de probabilidad depende de un vector de parámetros desconocidos (θ), tal que:

$$E (f (y_t, \theta)) = 0$$

Para $\theta = \theta_0$, el verdadero valor de los parámetros.

Como señalan D'Amato y Garegnani (2009), para estimar de manera eficiente un modelo GMM se necesitan los momentos de la muestra $f_t(\theta) = T^{-1} \sum_{t=1}^T f(y_t, \theta)$ y una matriz de covarianzas consistente con heterocedasticidad y autocorrelación (HAC, por sus siglas en inglés). Esta matriz HAC requiere que se defina un método *kernel* (para ponderar las covarianzas de modo que la matriz HAC sea semi-definida positiva) y un parámetro *bandwidth* (para truncar los rezagos de las autocovarianzas). Finalmente, para evaluar si todos los momentos muestrales son cercanos a cero (considerando que los momentos poblacionales correspondientes fueran cero), se aplica el test propuesto por Hansen (1982), el cual consiste en un Estadístico $-J \sim \chi^2(p - q)$, donde p representa el número de condiciones de ortogonalidad y q el número de parámetros a estimar

4. Resultados empíricos

La estimación de la ecuación (2) se realizó con datos de frecuencia trimestral tomando como referencia el periodo 1992T2–2019T4¹⁴. El IPC, la tendencia inflacionaria y el índice de la FAO se introdujeron en variaciones a doce meses, con el propósito de evitar lidiar con la estacionalidad de las series. Asimismo, la brecha del producto se construyó utilizando las variables con sus variaciones a doce meses. Se realizaron pruebas de raíz unitaria para corroborar que todas las variables que se introducen en el modelo sean estacionarias aplicando el test de Phillips y Perron (1988). Los resultados señalan que, a diferentes niveles de significancia, todas las variables son estacionarias (Cuadro 1).

Cuadro 1
Prueba de raíz unitaria

	Prueba de Phillips y Perron	
Inflación	0.0598	(Con intercepto)
Tendencia inflacionaria	0.0003	(Con intercepto)
Brecha del producto	0.0226	(Sin intercepto)
Índice de la FAO	0.0955	(Con intercepto)

Fuente: Elaboración propia.

¹⁴ El periodo de análisis inicia en el segundo trimestre de 1992 porque desde esa fecha se obtuvo la brecha de producto con el filtro de Kalman, que se explica en el Anexo 2. No se consideraron los datos de la gestión 2020, puesto que éstos reflejan un quiebre estructural importante por el impacto de la pandemia por COVID-19, que distorsionaría los resultados finales.

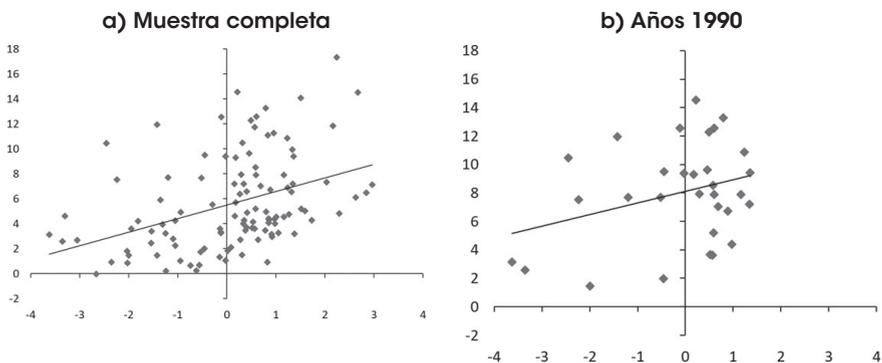
4.1. Análisis descriptivo

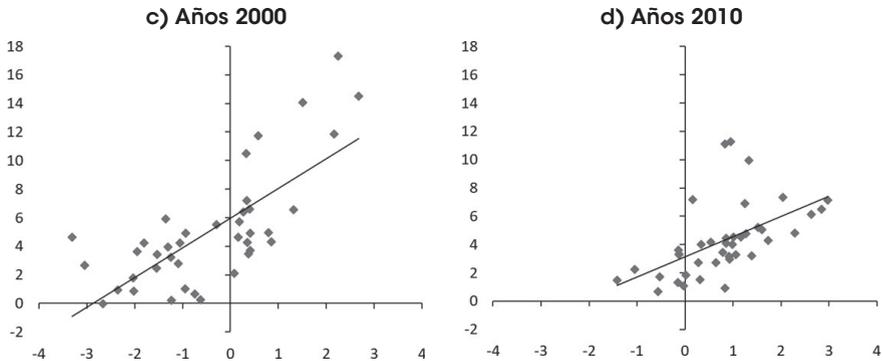
Un primer análisis del estado de la pendiente de la Curva de Phillips se puede obtener utilizando diagramas de dispersión (Gráfico 4). El análisis del total de la muestra refleja la existencia de una relación positiva entre la inflación a doce meses y la brecha del producto, acorde con la teoría (Gráfico 4a), es decir, periodos en los que la economía se aceleraba por encima de su nivel de largo plazo, se producían presiones inflacionarias.

Si se analiza por décadas, en los años noventa (Gráfico 4b), la relación refleja una pendiente más plana, es decir, no era tan clara la relación entre estas variables, puesto que se observaban altas tasas de inflación, aun cuando la brecha del producto era negativa, dando indicios de que otras variables eran más determinantes.

En la década de los 2000 (Gráfico 4c) se observa una relación más clara entre ambas variables, lo que denota la importancia del ciclo de la economía en la formación de los precios internos en dicho periodo. Finalmente, en la década de los 2010 (Gráfico 4d), si bien se observa una pendiente positiva, ésta no presenta el mismo grado de inclinación, lo cual iría en línea con la literatura reciente, que indica que la pendiente de la Curva de Phillips se ha ido aplanando.

Gráfico 4: Diagrama de dispersión entre la inflación y la brecha del producto

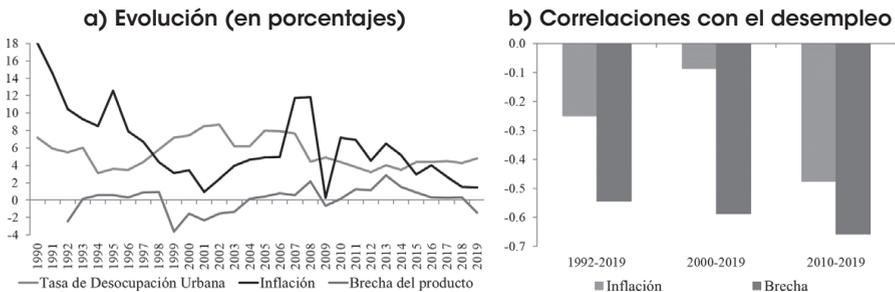




Nota: La inflación interanual se encuentra en el eje de las ordenadas, mientras que la brecha del producto, en el eje de las abscisas.
Fuente: Elaboración propia.

Para complementar el análisis descriptivo, se realizó una comparación entre la evolución de la inflación, la brecha del producto y la tasa de desempleo urbano con datos anuales. Se puede apreciar que, en periodos de altas tasas de inflación, la tasa de desocupación era baja, y viceversa (Gráfico 5a). Un análisis de correlaciones cruzadas corrobora la relación inversa que existiría entre ambas variables, la cual sería más fuerte en los últimos diez años (Gráfico 5b). En ese sentido, las bajas tasas de inflación en Bolivia en los últimos cinco años se explicarían por la presencia de capacidad productiva sin utilizar. Por otra parte, existe una relación inversa entre la tasa de desocupación y la brecha del producto estimada, por lo cual, esta última podría ser una buena aproximación del *economic slack*.

Gráfico 5: Inflación anual, tasa de desocupación urbana y brecha del producto



Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadística.

4.2. Resultados de la estimación

En esta sección se realiza la estimación de la CPNK híbrida siguiendo la especificación en la ecuación (2). A fin de evaluar la robustez del modelo, se estimaron diversos modelos GMM, considerando diferentes especificaciones de la matriz HAC que se mencionó en la Sección 3.4. Se utilizó entre uno hasta tres rezagos de las variables que ingresaron al modelo como instrumentos.

Cuadro 2
Resultados de la estimación por GMM

Variables	GMM	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
	Newey-West Fijo	Newey-West Fijo	Andrews	Newey-West Variable
Backward looking	0.46 (0.00)	0.46 (0.00)	0.46 (0.00)	0.48 (0.00)
Forward looking	0.40 (0.00)	0.40 (0.00)	0.40 (0.00)	0.39 (0.00)
Brecha del producto	0.43 (0.05)	0.43 (0.05)	0.43 (0.05)	0.39 (0.03)
Sector externo	0.08 (0.00)	0.08 (0.00)	0.08 (0.00)	0.08 (0.00)
Estadístico-J	8.55	8.55	8.99	4.61
Prob (Estadístico-J)	(0.07)	(0.07)	(0.06)	(0.33)

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados presentados en el Cuadro 2 reflejan que los modelos son robustos a los cambios en la especificación de la matriz HAC. Asimismo, las pruebas de restricciones de sobreidentificación de cada estimación medidas a partir del Estadístico-J, revelan que los instrumentos utilizados serían válidos¹⁵.

Se puede apreciar que el componente más importante para explicar la evolución de la inflación en el corto plazo es su rezago (*backward-looking*), es decir, en la formación de precios los agentes consideran en mayor medida la inflación pasada. Este resultado iría en línea con los obtenidos por Valdivia (2008), Acosta *et al.* (2011) y Murillo (2014). No obstante, el

¹⁵ Adicionalmente se realizaron las pruebas de ortogonalidad y de endogeneidad, que se encuentran en el Anexo 3.

componente *forward-looking* también tendría un efecto significativo, es decir, las expectativas de los agentes económicos también ayudan a explicar el comportamiento de la inflación observada. Los shocks del sector externo son significativos, aunque sus coeficientes son bajos respecto al resto de los componentes, hecho que llama la atención, dado que en los últimos años el grado de integración comercial de Bolivia aumentó.

En cuanto a la brecha del producto, éste tiene un coeficiente positivo y significativo (estadísticamente), dando indicios de que la Curva de Phillips sí se verifica en el caso boliviano. Es decir, el ciclo de la actividad económica permite explicar, en cierta medida, el comportamiento de la inflación. El aumento de la brecha del producto en un punto porcentual (pp) aceleraría a inflación en 0.4pp. Dicho resultado daría indicios de que no existe una Curva de Phillips aplanada, como se ha encontrado en la literatura más reciente. En efecto, los coeficientes estimados son mayores a los encontrados en otros países de la región. Por ejemplo, en Chile sería de 0.27 (Medel, 2015), en Brasil sería 0.16 (Ferreira *et al.*, 2018), en Colombia sería 0.10 (Lanau *et al.*, 2018), y en Perú sería de 0.07 (Aquino, 2019).

Por último, se corroboró la presencia de una Curva de Phillips vertical en el largo plazo. Para tal efecto, siguiendo los trabajos de D'Amato y Garegnani (2009) y Murillo (2014), se realizó un test de Wald para probar la hipótesis de que $\varnothing_1 + \varnothing_2 + \gamma = 1$. Los resultados indican que no se puede rechazar la hipótesis nula de verticalidad en el largo plazo al 1% de probabilidad (Cuadro 3).

Cuadro 3
Evaluación de verticalidad en el largo plazo

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
	Newey-West	Andrews	Newey-West
	Fijo		Variable
Valor	4.38	4.21	7.26
Probabilidad	(0.04)	(0.04)	(0.01)

Fuente: Elaboración propia.

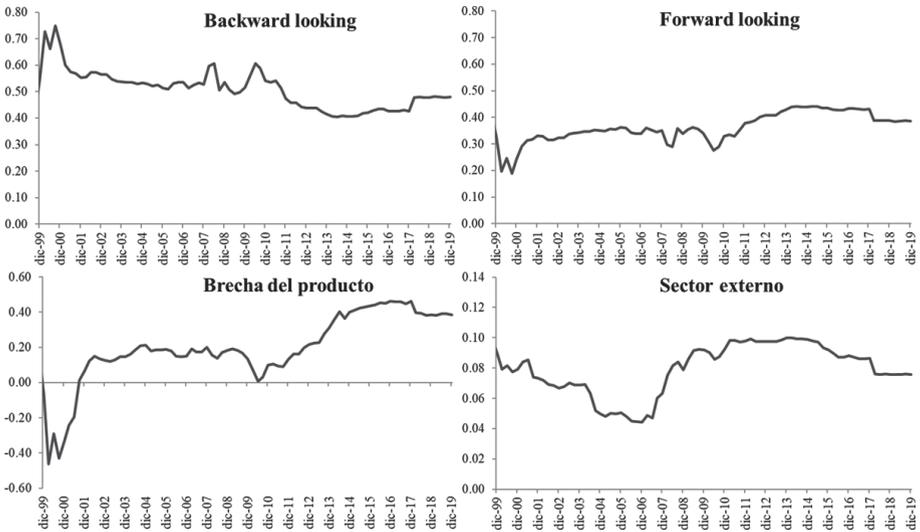
4.3. Evolución temporal de los coeficientes

La estimación de los coeficientes de esta relación macroeconómica permite tener una idea general de cómo se forma la inflación. No obstante, la dinámica de la inflación no es estática,

sino que varía según diversos factores subyacentes. Amberger y Fendel (2017) identifican los siguientes factores: las rigideces nominales por la frecuencia de los ajustes de precios (Riggi y Venditti, 2014), la volatilidad microeconómica y la incertidumbre (Vavra, 2014; Baley y Blanco, 2013), el nivel de inflación (Ball y Mazumder, 2011), shocks temporales como impuestos indirectos y precios de materias primas (Comisión Europea, 2014), la credibilidad del Banco Central (FMI, 2013) y la globalización (Stevens, 2013).

Analizar cómo cambiaron en el tiempo los coeficientes de la Curva de Phillips permite tener una mejor comprensión de la evolución actual de la inflación y del grado de efectividad de las acciones de política monetaria (Amberger y Fendel, 2017). Normalmente, este tipo de análisis se debería realizar con un filtro de Kalman,¹⁶ no obstante, también se puede llevar a cabo mediante regresiones recursivas (*rolling regressions*), que consisten en estimaciones de la CPNK considerando diferentes horizontes de tiempo. En ese sentido, se realizó un análisis de cómo cambiaron los coeficientes de la CPNK, utilizando los resultados del Modelo 3 con estimaciones a diferentes periodos (Gráfico 6).

Gráfico 6: Evolución de los coeficientes de la CPNK



Fuente: Elaboración propia.

¹⁶ Se intentó estimar una CPNK híbrida con filtro de Kalman, sin embargo, no se obtuvieron resultados coherentes. No sólo se debe tener cuidado con las variables que se utilizan (y el tratamiento que se les da), sino también la forma en que se definen las ecuaciones de estado y cómo se relacionan entre sí y con la ecuación de medición.

Si bien la inercia inflacionaria (*backward-looking*) es el principal componente en la formación de precios en el corto plazo, su efecto fue disminuyendo con el tiempo, aunque se observa un leve aumento en 2018. Por su parte, las expectativas de inflación (*forward-looking*) reflejaron un aumento gradual con el tiempo, llegando a tener un efecto mayor incluso que la inercia inflacionaria (entre 2013 y 2015) y aun cuando en 2018 reflejó una caída, su efecto sigue siendo mayor a los coeficientes estimados antes de 2012. Este hallazgo está en línea con los resultados de varios documentos de investigación (Stella y Stock, 2012; Stevens, 2013; Comisión Europea, 2014; Milucka, 2014; Amberger y Fendel, 2017). El incremento en la importancia del componente *forward-looking* se debería a un mayor anclaje de las expectativas de los agentes gracias a políticas más creíbles implementadas por los bancos centrales (Montoriol; 2015; Amberger y Fendel, 2017; Occhino 2019). En el caso de Bolivia, Mora *et al.* (2018) encontraron que existiría un mayor grado de anclaje de las expectativas de inflación en los últimos años.

El coeficiente de la brecha del producto presenta un aumento significativo, especialmente desde 2010. Entre 2002 y 2009 el coeficiente en promedio se situaba en torno a 0.16, después reflejó una disminución entre 2010 y 2011. Los mayores coeficientes se encuentran entre 2015 y 2017 (entre 0.41 y 0.46) periodo en el cual la economía nacional empezaba a desacelerarse (el crecimiento bajo de 5.5% en 2014 a 4.2% en 2017). El proceso desinflacionario en Bolivia del último quinquenio se explicaría en parte por un menor dinamismo de la economía nacional.

Según Amberger y Fendel (2017), existen diferentes factores que podrían explicar el aumento del coeficiente de la pendiente de la Curva de Phillips: i) una mayor frecuencia en el ajuste de los precios, ii) mayor flexibilidad salarial (la magnitud de la economía informal es considerable en Bolivia¹⁷), o iii) una mayor flexibilidad de los precios agregados (menor rigidez de precios) debido a una elevada incertidumbre. Obviamente, la variable que se utiliza para aproximar los costos marginales también juega un papel importante.

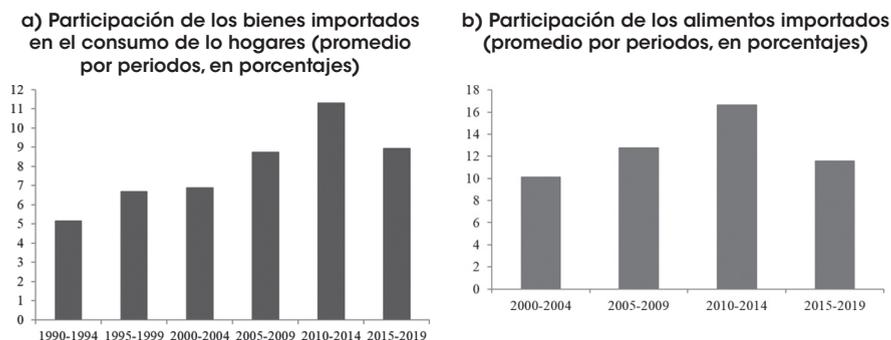
Por otra parte, la tasa de sacrificio, que se calcula como uno sobre el coeficiente de la brecha del producto, indica que para reducir en 1pp la inflación, el crecimiento económico

17 Según Medina y Schneider (2018), la economía informal representa casi la mitad de la producción total.

debiera disminuir en 8.1 pp respecto a su nivel de equilibrio en 2002, mientras que en 2019 solo debería reducirse en 2.6 pp.

Finalmente, en cuanto al sector externo, se observa una tendencia descendente entre 2000 y 2006. Posteriormente, se observa un aumento desde 2007 (el boom de los precios de las materias primas), situándose en torno a 0.10 desde 2011 hasta inicios de 2015, aunque después volvió a disminuir. El menor efecto del sector externo sobre la dinámica de los precios internos en los últimos cinco años podría deberse a tres razones: i) la estabilidad del tipo de cambio en Bolivia desde inicios de 2011, que ha mitigado los shocks externos¹⁸; ii) la caída de los precios internacionales de las materias primas y las menores presiones inflacionarias externas (Gráfico 3); y iii) una menor participación de los productos importados en el consumo de los hogares¹⁹ (Gráfico 7).

Gráfico 7: Participación de los productos importados por quinquenios



Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadística.

Notas: Gráfico 8a): Bienes de consumo importados (en millones de bolivianos) / Gasto de consumo final de los hogares (en millones de bolivianos corrientes).

Gráfico 8b): Importación de alimentos y bebidas (en millones de bolivianos) / Actividad de agricultura, silvicultura, caza y pesca (en millones de bolivianos corrientes) menos exportación de alimentos y bebidas básicas y elaboradas (en millones de bolivianos) más importación de alimentos y bebidas (en millones de bolivianos).

¹⁸ El efecto de las variaciones cambiarias sobre la inflación doméstica es relevante. Como se mencionó anteriormente, no se consideró esta variable en el análisis debido a los mercados quiebres estructurales que presenta y a que no presenta variaciones por un largo periodo.

¹⁹ Estos ratios podrían ser mayores dado que no consideran el contrabando.

4.4. ¿Missing deflation puzzle?

El “rompecabezas de la deflación desaparecida” es un concepto que se atribuye a una pequeña caída en la inflación subyacente ante una gran contracción del PIB durante la crisis financiera (Lindé y Trabandt, 2019). Si bien se observa que existe una relación significativa entre la actividad económica y la inflación, llama la atención que, en periodos de una desaceleración más profunda de la actividad económica, el coeficiente disminuyó (en 2000, 2009-2010, y 2019), es decir, el ciclo económico tuvo un menor efecto sobre la inflación. Si bien en dichos momentos se observan procesos desinflacionarios, posiblemente deberían haberse registrado valores negativos (deflación), si el coeficiente se hubiera mantenido estable. Esto daría indicios de la existencia de efectos asimétricos entre una brecha del producto positiva y una negativa (pareciera ser que es más fácil ajustar los precios al alza que a la baja), por lo que, se deberían aplicar metodologías no lineales para tener una mejor comprensión de la relación entre la actividad económica y la inflación.

5. Conclusiones

Se realizó una investigación empírica exploratoria sobre el estado de la pendiente de la Curva de Phillips para la economía boliviana, para lo cual se estimó una Curva de Phillips Neo-Keynesiana híbrida. Se empleó un GMM con datos trimestrales, tomando como referencia el periodo 1992T2–2019T4. Los resultados obtenidos dan indicios de que en los últimos años se ha fortalecido el vínculo entre la inflación y el ciclo económico, contrario a los resultados de trabajos recientes que señalan que la relación de la Curva de Phillips se ha debilitado (aplanamiento de la pendiente). La brecha del producto tiene un efecto positivo y significativo sobre la inflación en el corto plazo. Asimismo, también se cumple la verticalidad de la curva de Phillips en el largo plazo.

El coeficiente de la brecha del producto aumentó desde finales de 2010, alcanzando sus mayores valores entre 2015 y 2017. El aumento de la pendiente de la Curva de Phillips no solo es señal de que la relación entre la inflación y la actividad real se mantuvo, sino también de una posible mayor efectividad de las acciones de la política monetaria. Si bien la inercia inflacionaria (*backward-looking*) es el principal determinante en la formación de precios en el corto plazo, el efecto de las expectativas (*forward-looking*) habría aumentado con el tiempo.

Si bien la influencia del sector externo sobre la dinámica de los precios es significativa, su efecto habría disminuido en los últimos años por tres posibles razones: i) la estabilidad del tipo de cambio en Bolivia; ii) la caída de los precios internacionales de las materias primas; y iii) una menor participación de los bienes importados en el consumo de los hogares.

Si bien el presente documento arroja resultados que son de interés para los hacedores de política económica, así como para investigadores en particular, todavía quedan algunas incógnitas que responder. ¿Qué factores explican el aumento de la pendiente de la Curva de Phillips? ¿Cómo afectaron los cambios de la orientación de la política cambiaria a la relación de la inflación con sus determinantes? ¿Existen efectos asimétricos entre una brecha del producto positiva y una negativa? Estas preguntas se dejan para futuras investigaciones.

Fecha de recepción: 22 de enero de 2021

Fecha de aceptación: 26 de abril de 2021

Manejado por ABCE/SEBOL/IISEC

Referencias

1. Acosta, A., Barráez, D., Pérez, D. y Pérez, J.C. (2011). La inflación en América Latina durante el período 1995-2010: Un estudio de panel dinámico de curvas Phillips frecuentista y bayesiano.
2. Amberger, J. y Fendel, R. (2017). The Slope of the Euro Area Phillips Curve: Always and Everywhere the Same? *Applied Economics and Finance*, 4(3), 77-88.
3. Aquino, J. (2019). *The Small Open Economy New-Keynesian Phillips Curve: Specification, Structural Breaks and Robustness*. Working Papers 2019-019, Banco Central de Reserva del Perú.
4. Baley, I. y Blanco, J. A. (2013). *Learning to price*. Contribution to 4th Ifo Conference on Macroeconomics and Survey Data, December 2013.
5. Ball, L. M. y Mazumder, S. (2011). *Inflation dynamics and the great recession*. National Bureau of Economic Research Working Paper, 17044.
6. Banco Central de Bolivia, BCB (2008). *Informe de política monetaria. Julio 2008*. La Paz, Bolivia.
7. Banco Central de Reserva del Perú, BCRP (2019). Recuadro 6: relación entre inflación y actividad económica en el corto plazo. En *Reporte de inflación: panorama actual y proyecciones macroeconómicas 2019-2021*.
8. Basistha, A. y Nelson, C. R. (2007). New Measures of the Output Gap based on the Forward-Looking New Keynesian Phillips Curve. *Journal of Monetary Economics*, 54(2), 498-511.
9. Binder, C. C. (2015). Whose expectations augment the Phillips curve? *Economics Letters*, 136(C), 35-38.
10. Calvo, G. A. (1983). Staggered prices in a utility maximizing framework. *Journal of Monetary Economics*, 12(3), 383-398.
11. Campoverde, A., Ortiz, C. y Sánchez, V. (2016). Relación entre la inflación y el desempleo: una aplicación de la curva de Phillips para Ecuador, Latinoamérica y el mundo. *Revista Económica*, 1(1), 383-398.
12. Clark, P.K. (1987). The cyclical component of US economic activity. *Quarterly Journal of Economics*, 102(4), 797-814.

13. Coibion, O. y Gorodnichenko, Y. (2015). Is the Phillips curve alive and well after all? Inflation expectations and the missing disinflation. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 7(1), 197-232.
14. Coibion, O., Gorodnichenko, Y. y Kamdar, R. (2018). The formation of expectations, inflation and the Phillips curve. *Journal of Economic Literature*, 56(4), 1447-1491.
15. Comisión Europea (2014). *Analysing current disinflationary trends in the Euro Area*. European Economy: European Economic Forecast, 2/2014.
16. Croushore, D.D. (1993). *Introducing: The Survey of Professional Forecasters*. Business Review-Federal Reserve Bank of Philadelphia (November/December), 3-15.
17. D'amato, L. y Garegnani, M. L. (2009). *La dinámica de corto plazo de la inflación: estimando una curva de Phillips híbrida neokeynesiana para Argentina (1993-2007)*. Banco Central de la República Argentina, Ensayos Económicos, 55, 33-56.
18. Ferreira, E., Arruda, M.T. y Castelar, I. (2018). Ciclos económicos, expectativas e inflación en el Brasil: análisis a partir de la curva de Phillips neokeynesiana. *Revista de la CEPAL*, 124, 155-171.
19. Fischer, S. (1977). Long Term contracts, rational expectations, and the optimal money supply rule. *Journal of Political Economy*, 85, 163-190.
20. Fondo Monetario Internacional, FMI, (2013). The dog that didn't bark: Has inflation been muzzled or was it just sleeping. En *IMF World Economic Outlook* (pp.1-17).
21. Friedman, M. (1968). The Role of Monetary Policy. *American Economic Review*. 58(1), 1-17.
22. Fuhrer, J. & Moore, G. (1995). Inflation Persistence. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(1), 127-159.
23. Galí, J., y Gertler, M. (1999). Inflation dynamics: A structural econometric analysis. *Journal of Monetary Economics*, 44(2), 195-222
24. Galí, J., Gertler, M. y López-Salido, J.D. (2001). European inflation dynamics. *European Economic Review*, 45(7), 1237-1270
25. Galí, J. y Monacelli, T. (2005). Monetary Policy and Exchange Rate Volatility in a Small Open Economy. *Review of Economic Studies*, 72(3), 707-734.
26. Hansen, L. P. (1982). Large Sample Properties of Generalized Method of Moments Estimators. *Econometrica*, 50(4), 1029-1054.

27. Harvey, A.C. (1985). Trends and cycles in macroeconomic time series. *Journal of Business & Economic Statistics*, 3(3), 216-27.
28. Kalman, R.E. (1960). A new approach to linear filtering and prediction problems. *Journal of Basic Engineering*, 82(1), 35-45.
29. ----- (1963). New methods in Wiener filtering theory. En J. Bogdanoff y F. Kozin (eds.), *Proceedings of the first symposium on engineering applications of random function theory and probability* (pp. 270-388). Wiley.
30. Kalman, R.E. y Bucy, R.S. (1961). New results in linear filtering and prediction theory. *Journal of Basic Engineering*, 83(1), 95-108.
31. Karlsson, S. y Österholm, P. (2018). *A Note on the Stability of the Swedish Philips Curve*. (Working Papers 2018:6). Orebro University, School of Business.
32. Kuttner, K. y Robinson, T. (2010). Understanding the Flattening of the Phillips Curve. *North American Journal of Economics and Finance*, 21(2), 110-125.
33. Lanau, S.; Robles, A. y Toscani, F. (2018). *Explaining Inflation in Colombia: A Disaggregated Phillips Curve Approach*. (IMF Working Paper N° 18/106). International Monetary Fund.
34. Lindé, J. y Trabandt, M. (2019, 12 noviembre). Resolving the missing deflation and inflation puzzles. VOX, CEPR Policy Portal. <https://voxeu.org/article/resolving-missing-deflation-and-inflation-puzzles>.
35. Mankiw, N.G., Reis, R. y Wolfers, J. (2003) Disagreement about Inflation Expectations. En M. Gertler & K. Rogoff (eds.), *NBER Macroeconomics Annual Vol. 18* (pp. 209-248). The MIT Press.
36. Matheson, T. y Stavrev, E. (2013). The Great Recession and the Inflation Puzzle. *Economics Letters*, 120(3), 468-472.
37. Mavroeidis, M., Plagborg-Møller, M. y Stock, J. (2014). Empirical Evidence on Inflation Expectations in the New Keynesian Phillips Curve. *Journal of Economic Literature*, 52(1), 124-188.
38. Meeks, R. y Monti, F. (2019). *Heterogeneous beliefs and the Phillips curve* (Bank of England working papers 807). Bank of England.
39. Medel, C. (2015). Dinámica inflacionaria y la curva de Phillips híbrida neokeynesiana: el caso de Chile. *Monetaria*, XXXVII(1), 27-78.

40. Medina, L. y Schneider, F. (2018). *Shadow economies around the world: what did we learn over the last 20 years?* (IMF Working Paper, WP/18/17). International Monetary Fund.
41. Mendieta, P. y Rodríguez, H. (2007). Una Curva de Phillips neokeynesiana empirica para el caso de Bolivia. Ponencia en la Primera Jornada de Modelación Económica de Bancos Centrales. Buenos Aires.
42. Mendieta, P. y Barbery, C.H. (2017). Entendiendo la Curva de Phillips del siglo XXI: estado de la cuestión. *Revista Latinoamericana de Desarrollo*, (28), 135-164. <https://doi.org/10.35319/lajed.20172840>
43. Melnick, R. and Strohsal, T. (2016). *Disinflation and the Phillips Curve: Israel 1986-2015*. (SFB 649 Discussion Papers SFB649DP2016-039). Humboldt University, Berlin, Germany.
44. Milucka, D. (2014). Inflation dynamics in the Czech Republic: Estimation of the New Keynesian Phillips curve. *International Journal of Economic Sciences*, III(2), 53-70.
45. Montoriol, J. (2015). Crecimiento sin inflación ¿Qué nos dice la Curva de Phillips? Informe Mensual-La Caixa, Expectativas de inflación, ISSN 1134-1947, N° 387.
46. Mora, M., Heredia, J.C., y Zeballos, D. (2018). *The Time-Varying Degree of Inflation Expectation Anchoring in Bolivia*. (IDB Working Paper Series 879). Inter-American Development Bank.
47. Mora, M. (2020). Cambios en el tiempo de los efectos de los precios de las materias primas en Bolivia. *Revista de Análisis del Banco Central de Bolivia*, 32, 123-16.
48. Murillo, A. (2014). *Estimación de una curva de Phillips neokeynesiana para Bolivia*. (Documento de trabajo N° 05/2014). Banco Central de Bolivia.
49. Neiss, K. S. y Nelson, E. (2002). Inflation Dynamics, Marginal Cost, and the Output Gap: Evidence from Three Countries. *Proceedings*, 37. 10.1353/mcb.2006.0008.
50. Occhino, F. (2019). The Flattening of the Phillips Curve: Policy Implications Depend on the Cause. Economic Commentary. Federal Reserve Bank of Cleveland. 10.26509/frbc-ec-201911
51. Parkin, M. (2009). *Economía*. México: Pearson Educación.
52. Phelps, E.S. (1967). Phillips Curves, Expectations of Inflation and Optimal Unemployment over Time. *Economica*, 34(135), 254-281.
53. Phillips, P. y Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75(2), 335-346.

54. Phillips, W. (1958). The Relation Between Unemployment and the Rate of Change of Money Wage Rates in the United Kingdom, 1861-1957. *Economica*, 25(100), 283-299.
55. Riggi, M. y Venditti, F. (2014). *Surprise! Euro Area inflation has fallen*. (Bank of Italy Occasional Paper, N° 237).
56. Roberts, J.M. (1995). New Keynesian Economics and the Phillips Curve. *Journal of Money, Credit and Banking*, 27(4), 975-984.
57. ----- (1998). *Inflation Expectations and the Transmission of Monetary Policy*. Federal Reserve Board. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.141651>
58. Rodríguez, G. (2010). Using a Forward-Looking Phillips Curve to estimate the Output Gap in Peru. *Review of Applied Economics*, 6(1-2), 1-13.
59. Rudd, J. y Whellan, K. (2007). Modeling Inflation Dynamics: A Critical Review of Recent Research. *Journal of Money, Credit and Banking*, 38(s1), 155-170.
60. Rummel, O. (2015). Estimating the output gap for Kenya: a practical guide to some state-space and Kalman filter trend-cycle decompositions. Centre for Central Banking Studies, Bank of England.
61. Stella, A. y Stock, J. H. (2012). *A state-dependent model for inflation forecasting* (International Finance Discussion Papers 1062). The Federal Reserve Board.
62. Stevens, A. (2013). What inflation developments reveal about the Phillips curve: Implications for monetary policy. *National Bank of Belgium Economic Review*, (iii), 67-76.
63. Taylor, J. B. (1980). Aggregate dynamics and staggered contracts. *Journal of Political Economy*, 88(1), 1-23.
64. Valdivia, D. (2008). *¿Es importante la fijación de precios para entender la dinámica de la inflación en Bolivia?* (Serie de Documentos de Trabajo sobre Desarrollo No. 02/2008). Instituto de Estudios Avanzados en Desarrollo (INESAD).
65. Vavra, J. S. (2014). *Time-varying Phillips curves*. (National Bureau of Economic Research, Working Paper, N° 19790). National Bureau of Economic Research.
66. Vogel, L. (2008). *The Relationship between the Hybrid New Keynesian Phillips Curve and the NAIRU over Time*. (Macroeconomics and Finance Series 200803). University of Hamburg, Department of Socioeconomics.
67. Yiqun G.C. (2019). *Inflation, Inflation Expectations, and the Phillips Curve*. (Working Papers 55501). Congressional Budget Office.

Anexos

Anexo 1

Tendencia inflacionaria con Filtro de Kalman

El Filtro de Kalman, desarrollado por Kalman (1960, 1963) y Kalman y Bucy (1961), es un algoritmo que permite generar pronósticos del error cuadrático medio mínimo en un modelo de estado-espacio. En particular, es un algoritmo recursivo que actualiza secuencialmente un periodo adelante las estimaciones de la media y la varianza de estado por máxima verosimilitud. Esta herramienta permite tratar con los parámetros cambiantes en el tiempo, errores de medición y datos faltantes que pueden presentarse.

El comportamiento de la tendencia de la inflación se obtuvo a partir de la especificación de Harvey (1985) y Clark (1987), quienes consideraron que una serie estadística está compuesta por una tendencia lineal local y un ciclo estadístico que sigue un proceso ARIMA (2,0,0).

$$\begin{aligned} \pi_t &= \tau_t + c_t \\ \tau_t &= \tau_{t-1} + \beta_{t-1} + \varepsilon_t & \varepsilon_t &\sim iid N(0, \sigma_\varepsilon^2) \\ \beta_t &= \beta_{t-1} + \omega_t & \omega_t &\sim iid N(0, \sigma_\omega^2) \\ c_t &= \varphi_1 c_{t-1} + \varphi_2 c_{t-2} + \gamma_t & \gamma_t &\sim iid N(0, \sigma_\gamma^2) \end{aligned}$$

En este caso, la inflación π_t está conformada por dos componentes aditivos, la tendencia τ_t y el ciclo c_t . La tendencia no estacionaria es modelada como una tendencia lineal local²⁰ que depende de un rezago, una pendiente β_t que sigue un proceso aleatorio y un ruido. Las innovaciones en niveles están representadas por ε_t , mientras que las innovaciones en primeras diferencias (variación) por ω_t . Por su parte, el ciclo sigue un proceso AR(2)²¹ con un término de error γ_t . Las varianzas $(\sigma_\varepsilon^2, \sigma_\omega^2, \sigma_\gamma^2)$ se expresaron en forma exponencial para garantizar

²⁰ Es local en el sentido de que el nivel de la variable puede cambiar de un periodo a otro a causa de un proceso de shocks.

²¹ En la especificación original de Clark (1987), el ciclo podía seguir un proceso más general ARIMA(p,q). Sin embargo, Rummel (2015) señala que en la mayoría de los trabajos empíricos un proceso AR(2) modela bastante bien los ciclos de las variables.

que no sean negativas. Se calculó el ciclo de la inflación utilizando el filtro de Hodrick y Prescott, y con el mismo se estimó un modelo AR(2); los coeficientes obtenidos fueron utilizados como los valores iniciales de los parámetros φ_1 y φ_2 . La tendencia de la inflación estimada tiene una alta relación con las expectativas un año adelante reportadas por el BCB, la correlación cruzada es de 0.60 si se considera toda la muestra (2005-2019) y de 0.89 con los últimos cinco años (2015-2019).

Anexo 2

Brecha del producto con modelo multivariado

El modelo que se empleó considera una Curva de Phillips híbrida que contiene tanto componentes *forward-looking* como *backward-looking*, siguiendo los trabajos de Rodríguez (2010) y Basistha y Nelson (2007), adicionando una variable que refleje los efectos del contexto externo. La especificación que se empleó fue la siguiente:

$$\begin{aligned}
 y_t &= \bar{y}_t + \hat{y}_t \\
 \bar{y}_t &= \bar{y}_{t-1} + \Delta\bar{y} + \epsilon_t & \epsilon_t &\sim iid N(0, \sigma_f^2) \\
 \hat{y}_t &= \alpha_1 \hat{y}_{t-1} + \alpha_2 \hat{y}_{t-2} + \mu_t & \mu_t &\sim iid N(0, \sigma_\mu^2) \\
 \pi_t &= \varnothing_1 \pi_{t-1} + \varnothing_2 E_t(\pi_{t+1}) + \delta \hat{y}_{t-1} + \gamma fao_t + \omega_t & \omega_t &\sim iid N(0, \sigma_\omega^2)
 \end{aligned}$$

Donde y_t representa el crecimiento económico que se obtiene de las variaciones interanuales del Producto Interno Bruto (PIB) real, publicado por el INE. \bar{y}_t representa el componente tendencial, es decir, el producto potencial, que es igual a un rezago, más su tasa de crecimiento, que se asume que es igual a 4% en términos anuales (tasa de crecimiento promedio de la economía entre 1990 y 2019) más un término de error ϵ_t . \hat{y}_t representa el ciclo de la economía, es decir, a la brecha del producto, la cual sigue un proceso AR(2) con un término de error μ_t . Finalmente, la inflación (π_t) sigue un proceso similar al especificado en la ecuación (2). La diferencia es que en este caso se utilizan los promedios trimestrales del IPC y del índice de precios de alimentos de la FAO. Las expectativas de inflación ($E_t(\pi_{t+1})$) se aproximan mediante la tendencia inflacionaria estimada en el Anexo 1.

Anexo 3

Pruebas de diagnóstico

En esta sección se presentan las pruebas de ortogonalidad y de endogeneidad.

	p-value
Prueba de ortogonalidad	
Rezagos de la inflación	
inflación(-2)	0.63
inflación(-3)	0.81
Rezago de la tendencia de la inflación	
tendencia(-1)	0.31
Rezagos de la brecha del producto	
brecha(-2)	0.55
brecha(-3)	0.51
Rezagos del índice de la FAO	
fao(-2)	0.43
fao(-3)	0.79
Prueba de endogeneidad	
Prueba Durbin-Wu-Hausman	0.99

Fuente: Elaboración propia