



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# **Credibilidad de la Política Monetaria: Una aproximación a partir de la Curva de Phillips**

**Amy Baquero Beltrán**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad Ciencias Económicas, Escuela de Economía  
Bogotá, Colombia  
2020

# **Credibilidad de la Política Monetaria: Una aproximación a partir de la Curva de Phillips**

**Amy Baquero Beltrán**

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

**Magister en Ciencias Económicas**

Director (a):

Carlos Alberto Ruíz

Codirector (a):

PhD. Mario García Molina

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Económicas, Escuela de Economía

Bogotá, Colombia

2020

*A mi familia, a mis amigos y a la Universidad Nacional de  
Colombia.*

## **Agradecimientos**

Esta tesis es el resultado de múltiples contribuciones y variadas discusiones. Agradezco a los profesores Carlos Ruíz y Mario García Molina la motivación inicial y la orientación a lo largo del proceso, así como su paciencia. De igual forma, quiero agradecer a Federico Corredor Carvajal, quien medió en varias de las discusiones cuantitativas y teóricas del documento. Sin su aporte, su construcción no hubiera sido posible. Vale mencionar y agradecer de forma especial a Jaime Villamil por sus enormes contribuciones en la estimación de los modelos econométricos y en el enriquecimiento de la discusión alrededor del papel de las variables reales dentro del quehacer de la política monetaria. Su disposición y colegaje le aportan magnamente a esta profesión y al debate en el país. También fue valioso el tiempo que Santiago Téllez y Daniel Felipe Cuervo dedicaron a orientar mis dudas sobre la programación. Quiero agradecer el inmenso apoyo y los nutridos comentarios que me brindaron mis colegas y amigos Jesús Cristóbal Ruíz y Camilo Ernesto Gómez. Finalmente es importante mencionar que gran parte de esta tesis se tejió a partir de mi experiencia en la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), que me permitió descubrir parte de la literatura que alimenta el documento e indagar por los mecanismos de transmisión de la política monetaria en la evolución de la curva de Phillips, cuestionamientos que me sugirió Esteban Pérez Caldentey, a quién agradezco su buena disposición.

## Resumen

Este documento trae al país debates que se pensaban extintos, que se han venido dando en las economías avanzadas y más recientemente en América Latina. Los cuestionamientos a la versión aceleracionista de la curva de Phillips que aparecieron luego de la crisis de 2008, y los más recientes choques externos que han afectado a los países en América Latina, controvierten el alcance del marco de política monetaria actual. Este trabajo indaga por la credibilidad de la política monetaria en Colombia y su evolución luego de la adopción del sistema de inflación objetivo. Para ello, se estima una curva de Phillips no lineal basada en el desempleo para una economía abierta, que incorpora el efecto directo de la inflación pasada sobre la formación de los precios y el componente prospectivo de las expectativas de los analistas. Los resultados muestran una persistencia inflacionaria en descenso pero aun relevante, mayor credibilidad de la política monetaria, un *trade-off* entre inflación y desempleo más profundo, y un efecto nulo de los factores externos sobre la inflación doméstica. Los llamados a ponderar en mayor medida los objetivos del PIB y el empleo en el quehacer de los bancos centrales, han cobrado fuerza en la región y Colombia no es la excepción.

**Palabras clave:** Credibilidad, inercia, expectativas, inflación, curva de Phillips.

**JEL:** E31; E52; E58 .

## Abstract

This document brings to the country debates that were thought to be extinct, which have been taking place in advanced economies and recently in Latin America. Questionings on the accelerationist version of the Phillips curve that appeared after the 2008 crisis and the recent external shocks that have affected Latin American economies, control the scope of the current monetary policy framework. This paper explores the credibility of monetary policy in Colombia and its evolution after the adoption of the inflation target system. In order to do so, a non-linear Phillips curve is estimated based on unemployment for an open economy, which incorporates the direct effect of past inflation rate on price formation and a prospective component. Results show a declining but still relevant inflationary persistence, greater credibility of monetary policy, a deeper trade-off between inflation and unemployment, and a zero effect of external factors on domestic inflation. Calls for increase the weighing to targets in the GDP and employment in the work of central banks have gained strength in the region and Colombia is no exception.

**Keywords:** credibility, inertia, expectations, inflation, Phillips curve.

# Contenido

	<u>Pág.</u>
<b>Resumen</b> .....	<b>V</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>VI</b>
<b>Lista de cuadros</b> .....	<b>VIII</b>
<b>Lista de tablas</b> .....	<b>IX</b>
<b>Lista de gráficas</b> .....	<b>X</b>
<b>1. Introducción</b> .....	<b>11</b>
<b>2. Revisión teórica</b> .....	<b>15</b>
2.1    Inflación y desempleo evolución teórica: la curva de Phillips.....	15
2.2    Los “auges” y las “caídas”: ¿el retorno a la curva original? .....	18
2.2.1    América Latina: ¿la vuelta al desarrollismo? .....	24
2.3    Diagnóstico en Colombia: inercia y expectativas .....	33
<b>3. Metodología</b> .....	<b>40</b>
3.1    Generalidades .....	40
3.2    Modelos y selección de variables.....	41
3.3    Datos y series .....	43
<b>4. Discusión y resultados</b> .....	<b>50</b>
4.1    Modelos lineales .....	50
4.2    Modelo no lineal.....	60
4.3    Resumen de los resultados .....	67
<b>5. Conclusiones y recomendaciones</b> .....	<b>69</b>
<b>6. Anexos</b> .....	<b>73</b>
6.1    Anexo A: Anexo Metodológico .....	73
6.2    Anexo B: Estimación del Filtro de Kalman .....	88
6.3    Anexo C: Indicadores Macroeconómicos .....	93
<b>7. Bibliografía</b> .....	<b>99</b>

## Lista de cuadros

	<u>Pág.</u>
Cuadro 2-1. Síntesis resultados estimaciones inercia inflacionaria en Colombia .....	36
Cuadro 3-1. Descripción de los modelos estimados .....	42



## Lista de tablas

	<u>Pág.</u>
Tabla 4-1. Resumen comparación Modelos A3 y A4.....	59
Tabla 4-2. Principales resultados para los modelos estimados.....	67
Tabla 6-1. Regresión lineal Modelo A1: persistencia de la inflación en las expectativas de inflación.....	73
Tabla 6-2. Regresión lineal Modelo A2: Anclaje expectativas de inflación (1 año).....	74
Tabla 6-3. Regresión lineal Modelo A2: Anclaje expectativas de inflación ( 1, 5 y 10 años).....	75
Tabla 6-4 . Regresión lineal Modelo A3: Curva de Phillips simple con expectativas ETE 1 año.....	77
Tabla 6-5. Regresión lineal Modelo A3: Curva de Phillips simple con expectativas BEI 1 año.....	77
Tabla 6-6. Regresión simple Modelo A4: Curva de Phillips abierta con expectativas ETE (modelo original).....	78
Tabla 6-7. Regresión simple Modelo A4: Curva de Phillips abierta con expectativas BEI (modelos originales).....	79
Tabla 6-8. Pruebas estadísticas sobre los supuestos del Modelo A4*.....	80
Tabla 6-9. Regresión lineal Modelo A4*: estimación original y robusta.....	82
Tabla 6-10. Modelo A4*: estimación robusta de la matriz de varianzas y covarianzas.....	83
Tabla 6-11. Modelo A4*: rolling regression.....	83
Tabla 6-12. Modelo B: rolling regression.....	86
Tabla 6-13. Regresión Curva de Phillips no lineal.....	87

## Lista de gráficas

	<u>Pág.</u>
Gráfica 3-1. Tasa de desempleo y tasa de desempleo de largo plazo _____	47
Gráfica 4-1. Modelo A1: anclaje de las expectativas – rolling regression 16 trimestres _____	51
Gráfica 4-2. Modelo A2: anclaje de las expectativas de un año – rolling regression 16 trimestres _____	54
Gráfica 4-3. Coeficientes dinámicos de la Curva de Phillips abierta _____	60
Gráfica 4-4. Curva de Phillips no lineal – coeficientes a través del tiempo _____	62
Gráfica 4-5. Coeficientes dinámicos de la Curva de Phillips abierta _____	65
Gráfica 6-1. Modelo A1: anclaje de las expectativas – rolling regression 16 trimestres. Series originales. _____	74
Gráfica 6-2. Modelo A2: anclaje expectativas de un año – rolling regression 16 trimestres. Series originales _____	75
Gráfica 6-3. Modelo A2: anclaje de las expectativas de un año – regresión móvil 16 trimestres _____	76
Gráfica 6-4. Modelo A4*: Supuesto de normalidad – Distribución de los residuos del modelo _____	80
Gráfica 6-5. Modelo A4*: Supuesto de normalidad homocedasticidad – residuos vs valores predichos _____	81
Gráfica 6-6. Modelo A4*: Supuesto de normalidad autocorrelación– Función de autocorrelación residuos _____	81
Gráfica 6-7. Evolución de los coeficientes del Modelo A4* (2000-2019) _____	85
Gráfica 6-8. Inflación respecto a la meta y rangos establecidos por el Banco de la República _____	93
Gráfica 6-9. Evolución de la tasa de interés de política monetaria (promedio mensual) _____	93
Gráfica 6-10. Meta de inflación y expectativas de inflación _____	94
Gráfica 6-11. Precio del barril de petróleo BRENT _____	95
Gráfica 6-12. Devaluación de la tasa de cambio nominal. _____	95
Gráfica 6-13. Tasa de desempleo (promedio móvil tres meses) _____	96
Gráfica 6-14. Tasa de informalidad laboral _____	96
Gráfica 6-15. Crecimiento del PIB _____	97
Gráfica 6-16. Balance del GNC como porcentaje del PIB _____	97
Gráfica 6-17. Deuda Pública como porcentaje del PIB _____	98

# 1. Introducción

“The link between inflation and the level of economic activity is at the heart of monetary policy.”(Macklem, 1997, p. 40)

En julio de 2016 la inflación en Colombia alcanzó el 8,97%, casi seis puntos porcentuales por encima de la meta de largo plazo establecida por el Banco de la República (3%) y la desviación más amplia desde que se adoptó el esquema de Inflación Objetivo (IO). Los choques internos y externos que venían golpeando la economía desde finales de 2014 llevaron a que, entre los analistas consultados en la Encuesta Trimestral de Expectativas<sup>1</sup>, la confianza en el cumplimiento de la meta de inflación a cierre de año pasara de 100%<sup>2</sup> en julio de 2014 a solo un 3,7% en enero de 2016 y con ello a que el Banco de la República ajustara al alza la tasa de interés de política en 300 puntos básicos en menos de un año.<sup>3</sup>

Entre 2014 y 2016, las presiones externas, como la caída de los precios de los *commodities*, coincidieron con ajustes al interior del país y trajeron de presente la discusión sobre la respuesta apropiada de la autoridad monetaria ante los choques y sus efectos inflacionarios (Carriere-Swallow et al., 2016). Por un lado, estaban quienes demandaban una intervención oportuna sobre el alza en la tasa de interés de política para no permitir que el brote inflacionario desanclara en mayor medida las expectativas, efecto que haría más costosa la desinflación en el mediano plazo. Por el otro, estaban aquellos algo más moderados, respecto a los efectos de la inflación sobre la economía, que insistían en que, ante la naturaleza transitoria de los choques y el carácter

---

<sup>1</sup> Realizada por el Banco de la República.

<sup>2</sup> En julio de 2014, por primera y única vez desde que se realiza la Encuesta Trimestral de Expectativas (inició en el año 2000), el 100% de las 130 entidades encuestadas registró plena confianza en el cumplimiento de la meta (Banco de la República, 2014a).

<sup>3</sup> La tasa paso de 4,75% en septiembre de 2015 a 7,75% en agosto de 2016. Los ajustes expansivos de la tasa para retornar a un nivel de 4,25% tardaron casi un año y medio. La tasa de había mantenido inalterada desde abril de 2018 y fue reducida a 3,75% el 30 de marzo de 2020 por el efecto COVID-19.

anticíclico del esquema de inflación objetivo, el banco debería retrasar la subida de la tasa de intervención tanto como le fuera posible con el objetivo de evitar que la política restrictiva y procíclica<sup>4</sup> afectara de forma negativa el consumo, el empleo y la demanda agregada, las cuales desde 2015 venían reflejando una tendencia a la baja.<sup>5</sup>

La tensión anterior entre estabilización de la inflación e impulso o deterioro de la actividad económica no es exclusiva de Colombia y ha sido objeto de discusión en el marco de los esquemas de metas de inflación adoptados luego de 1990 en muchos bancos centrales alrededor del globo. Sin desconocer la relevancia que una inflación estable y expectativas ancladas tienen para la credibilidad de la política monetaria y la propia estabilización de la economía ante escenarios de crisis, las sugerencias de una mayor flexibilidad por parte de las autoridades monetarias a la hora de estabilizar la inflación y los llamados a ponderar en estas decisiones más ampliamente los efectos sobre el producto y el empleo han venido apareciendo, sobre todo luego de la crisis de 2008. Ejemplo de ello son los planteamientos de FMI (2013) para economías avanzadas o Gómez-Pineda (2018) y Caldentey & Vernengo (2019) para países emergentes y las economías latinoamericanas.

En esta línea, autores como Ball & Mazumder (2011), FMI (2013), Blanchard, Cerutti, & Summers (2015) y Blanchard (2016) coinciden en que un mayor anclaje de las expectativas y una pendiente de la curva de Phillips más plana pueden significar un espacio para que las reglas de política monetaria pongan más peso en las brechas de desempleo y/o el producto en relación con la inflación. En contraposición, Jácome (2015) cuestiona la pertinencia de ampliar el enfoque de la política monetaria para incluir el crecimiento y el empleo en el mandato de los bancos centrales, lo que han venido haciendo las economías avanzadas tras la crisis de 2008. El autor, reconoce que América Latina, luego de la adopción generalizada del régimen de inflación objetivo, parece haber logrado anclar las expectativas y estabilizar los precios. Sin embargo, desde

---

<sup>4</sup> Muestras de estas discusiones se recogen en las minutas de inflación del Banco de la República de julio de 2015 y junio de 2016 y en informes técnicos de entidades como Fedesarrollo (2015) y Asobancaria (2015), así como en columnas de análisis y opinión en los principales periódicos del país Razón Pública (2015), Portafolio (2016), La República (2016) y El Tiempo (2019a, 2019b).

<sup>5</sup> El Índice de Confianza del Consumidor, según Fedesarrollo, pasó de un balance positivo de 17,9 en enero de 2015 a -21,3 en enero de 2016 y tardó más de dos años en volver a datos positivos, 1,5 en abril de 2018. De hecho, Ministerio de Hacienda y Crédito Público calculaba el PIB potencial antes de 2015 se alrededor de 4,4% y para 2019 su estimación pasó a 3,6%.

su visión la credibilidad y la eficacia de la política monetaria conseguida en la región puede verse socavada al expandir las responsabilidades de los bancos centrales.

La literatura disponible indica que, en el país, la inflación se ha vuelto sistemáticamente menor y más estable, el banco central ha ganado credibilidad (Carriere-Swallow et al., 2016) y las expectativas de inflación se desvían cada vez menos de la meta de largo plazo y parecen estar más ancladas (Gamba et al., 2016). En un escenario como este se podría esperar que el Banco de la República haya ganado espacio suficiente para implementar una política monetaria más flexible que, sin descuidar el objetivo de estabilidad de precios, pondere en mayor medida los objetivos de empleo y PIB. Sobre todo al tener en cuenta que el desempleo en el país no muestra signos de mejoría, aumentado sostenidamente desde 2015 y perfilándose como uno de los más altos de América Latina con una tasa promedio de 10,8% en 2019, por encima del promedio de la región (8,5%)(OIT, 2020).

Frente a esta discusión, la pregunta que este documento pretende responder es cómo ha sido la evolución de la credibilidad de la política monetaria en Colombia luego de la adopción del esquema de Inflación Objetivo (IO). Contestarla requiere saber cómo han evolucionado en el tiempo los determinantes de la inflación. La curva de Phillips, que condensa el *trade-off* de corto plazo entre inflación y desempleo, se ha venido transformando y robusteciendo los últimos 60 años, es hoy parte de las discusiones de política monetaria en el mundo (Fuhrer et al., 2009) y sustento teórico del esquema de Inflación Objetivo implementado en 1999 en el país (Giannoni & Woodford, 2004). Por eso, siguiendo la metodología de Blanchard (2016), se plantea la construcción de una curva de Phillips híbrida que da cuenta de la evolución de la dependencia de la inflación respecto a las expectativas de inflación de corto y largo plazo, del desempleo cíclico como medida de las presiones de demanda, y de la inflación en el precio relativo de las importaciones como reflejo de la mayor incidencia de los factores externos sobre los precios internos.

Para responder lo anterior, se estiman un conjunto de modelos lineales y no lineales para el periodo comprendido entre el año 2000 y el 2019. El planteamiento final corresponde a una Curva de Phillips (CP) no lineal para una economía abierta basada en el desempleo que incorpora el efecto directo de la inflación pasada sobre la formación de los precios y las expectativas de

inflación de la Encuesta Trimestral de Expectativas Económicas (ETE), para capturar el efecto de la credibilidad de la política monetaria (Bejarano, 2005). Se permite la variación de todos los parámetros a través del tiempo para evidenciar los cambios que ha sufrido la economía desde que se implementó el esquema de IO.

Los resultados muestran que en el país, la persistencia inflacionaria sigue siendo importante, a pesar de evidenciar una reducción lenta durante los últimos 20 años. La inflación depende en mayor medida de las expectativas prospectivas de corto y mediano plazo. El *trade-off* entre inflación – desempleo, contrario a lo que podría esperarse, se ha profundizado. Parece existir una aparente desconexión entre el sector externo y las dinámicas internas de la economía. Los modelos de economía cerrada podrían explicar adecuadamente la formación de precios en el país.

El documento contiene cinco secciones, siendo la primera esta introducción. La segunda sección corresponde a la revisión teórica. La tercera sección presenta el planteamiento metodológico y las características de los datos utilizados. La cuarta sección expone los resultados y su discusión. Finalmente, la quinta sección presenta las conclusiones y recomendaciones.

## 2. Revisión teórica

Hablar de inflación y sus determinantes pasa necesariamente por discutir la evolución de la curva de Phillips. Pues como lo afirma Frisch (1983) la teoría contemporánea sobre la inflación ha sido ampliamente influenciada, en principio, por el desarrollo del modelo de la curva de Phillips y posteriormente por su discusión y crítica.

### 2.1 Inflación y desempleo evolución teórica: la curva de Phillips

Según Frisch (1983) existen al menos tres momentos teóricos en la evolución de la curva de Phillips. El primero corresponde al desarrollo y posterior expansión del postulado de la curva de Phillips. El segundo momento está marcado por las contribuciones Friedman (1968,1975) y Phelps (1965, 1967, 1968) sobre la Hipótesis de la Tasa Natural de Desempleo (NAIRU). El tercero, se relaciona con la discusión sobre la formación de las expectativas de inflación.

El primer momento inicia con la formulación de Phillips (1958) de una relación negativa y estable entre el crecimiento de los salarios nominales, el nivel de desempleo y el crecimiento del desempleo, a partir del análisis empírico de estas series para el caso del Reino Unido.

Su planteamiento parte de la demanda de trabajo. Cuando esta es alta y el desempleo bajo, las firmas suelen ofrecer rápidamente salarios por encima de los vigentes con el fin de atraer a los trabajadores con mejores capacidades, aumentando los salarios nominales de forma acelerada. En el caso contrario, existe cierta rigidez a la baja en los salarios, pues, aunque la demanda de trabajo sea baja y el desempleo alto, los trabajadores no suelen aceptar salarios por debajo del monto vigente. Según esto, la baja en los salarios nominales suele ser mucho más lenta que su incremento. Este razonamiento sería criticado posteriormente por Friedman (1968) quien

llamaría la atención sobre el descuido de Phillips al no distinguir entre salarios reales y nominales en su teorización.

Las conclusiones de Phillips tienen implicaciones sobre la política económica y representaron un espaldarazo a los planteamientos keynesianos de la posguerra. Pues desde esta óptica, si la demanda agregada se mantiene en un nivel que asegura la estabilidad de las tasas salariales, el hacedor de política puede tener una tasa de desempleo por debajo del promedio. Es importante mencionar, que es partir de estos desarrollos desde donde se vincula la inflación a factores de demanda agregada y de oferta como canales de transmisión, entendida la primera como los excesos de demanda en el mercado laboral y la segunda como los choques que impactan los precios finales vía alteraciones en los costos de producción.

En relación con lo anterior, Frisch (1983) señala que el aporte más relevante de Phillips no fue el establecimiento de una correlación negativa entre la tasa de crecimiento en salarios nominales y la tasa de desempleo, sino su afirmación sobre el carácter estable de la relación y sus implicaciones de política monetaria.

Posteriormente, Lipsey (1960) desarrollaría teóricamente la relación de Phillips. Planteó un modelo de oferta y demanda de trabajo en función del salario nominal como variable de ajuste, través de dos funciones. Por un lado, estableció una función de ajuste de salarios definida como una relación positiva entre el exceso de demanda de trabajo y los salarios nominales, por el otro, estableció una función negativa entre el exceso de demanda de trabajo y la tasa de desempleo. Así, la inflación salarial se explica por el exceso de demanda en el mercado laboral, y dado que esta última no es una variable observable, es aproximada por la tasa de desempleo.

Sobre esto, Samuelson y Solow (1960) modificarían la curva Phillips-Lipsey, como una relación entre inflación y desempleo, dejando atrás el caso único del mercado laboral. Vinculando el mercado laboral y la formación de precios a través del concepto de *markup* o margen de ganancia de los empresarios. Posteriormente difundirían este marco teórico como un instrumento que le permite al hacedor de política escoger combinaciones alternas entre diferentes tasas de desempleo y niveles estables de inflación.

El segundo momento viene dado por las contribuciones por parte de Friedman (1968,1975) y Phelps (1965, 1967, 1968) sobre la hipótesis de la tasa natural de desempleo, el rol de las



expectativas adaptativas y la diferenciación entre el comportamiento de corto y largo plazo de la relación inflación y desempleo. Para los autores la curva de Phillips en el corto plazo es una relación negativa e inestable entre la aceleración de la inflación y las desviaciones de la tasa de desempleo respecto a su tasa natural, para un nivel determinado de expectativas de inflación. Solamente la inflación no anticipada por los agentes económicos permite a los hacedores de política sacar provecho en términos de producción y empleo del *trade-off*. Sin embargo, estos deben tolerar no solamente un nivel más alto de inflación sino un crecimiento cada vez más rápido de la misma. Lo que Blanchard (2016) resume como *“una de las implicaciones más dramáticas de la curva de Phillips aceleracionista es que cada auge debe ser seguido por una caída de igual tamaño.”*<sup>6</sup>

El espacio de la política monetaria y fiscal para aprovechar el *trade-off*, se reduce, pero sigue siendo posible, solo que el costo de impulsar la demanda agregada, generando un exceso de demanda en el mercado laboral, es cada vez mayor en términos de inflación. Por su parte, en el largo plazo la relación entre inflación y desempleo se da como una situación de estabilidad en el que la inflación se anticipa completamente y las tasas de inflación y desempleo no cambian. Por esto, en el largo plazo, la curva de Phillips es una línea vertical que corta la abscisa en la tasa natural de desempleo (Frisch, 1983).

Finalmente, la introducción de las expectativas plantea la discusión sobre el proceso de formación de estas, lo que abrió el camino al tercer momento en la evolución teórica de la curva de Phillips. La principal discusión es la que surge en torno al tipo de información que utilizan los agentes para formar sus expectativas. En el caso de Friedman (1968) y Phelps (1967) los agentes forman sus expectativas a partir de sus experiencias anteriores, es decir las expectativas adaptativas asumen que el valor futuro de una variable está relacionado con el historial de sus valores pasados, donde la ponderación del pasado es cada vez menor conforme se aleja del presente. Por su parte, para Lucas (1972) y Sargent (1973) los agentes tienen acceso a un conjunto más amplio de información que utilizan para formar sus expectativas, en ese sentido las expectativas racionales “dependen, de la manera adecuada, de las mismas cosas que la teoría económica dice que realmente determinan esa variable” (Sargent & Wallace, 1973).

Sobre este mecanismo racional, Lucas (1973) y Sargent y Wallace (1975) niegan la existencia de una curva de Phillips en el corto plazo y contradicen que el hacedor de política pueda sacar

---

<sup>6</sup> Traducción propia.

provecho de la inflación no anticipada para mantener sistemáticamente la tasa de desempleo por debajo de su nivel natural.

## 2.2 Los “auges” y las “caídas”: ¿el retorno a la curva original?

La conjunción de crecimiento bajo y una espiral alcista de los precios que llevó la inflación global al 33% en 1980, causada por las crisis del petróleo en 1973 y 1979, terminaron en lo que se denominó “estanflación”, poniendo en el centro del debate teórico, las ideas del monetarismo de Milton Friedman, fundadas inicialmente sobre tres postulados; la teoría cuantitativa del dinero, la curva de Phillips aumentada por expectativas y la Ley de Okun.

Según Frisch (1983) en este modelo, cambios en la oferta monetaria generan un efecto sobre las variables reales solo en el largo plazo, pues cuando las expectativas se ajustan por completo, los efectos en las variables reales desaparecen y los intentos de impulsar la demanda agregada o el desempleo vía política monetaria expansiva, terminan solo en un incremento permanente de la tendencia de la tasa de inflación. Un panorama bastante desolador que parece limitar la política monetaria a la estabilización de los precios, sin mucho campo de acción en la evolución de las variables reales. En adelante el paradigma para entender el fenómeno de la inflación estaría determinado por el *trade-off* entre aceleración de la inflación y desempleo cíclico de Friedman y Phelps.

Con la Gran Recesión desatada por la crisis financiera internacional de 2008, surgieron los llamados por políticas de gasto e impulso a la demanda de corte “keynesiano”, dejadas atrás por casi 40 años. Pues, con las crisis del petróleo y los cambios de paradigmas generados por la estanflación, la política monetaria que hasta ese momento parecía haber sido dejada de lado<sup>7</sup> en el conjunto de herramientas de gestión de la demanda agregada se vuelve el instrumento por excelencia para su estabilización. El espacio para la actuación de la política fiscal en relación con la demanda agregada es relegado únicamente a los eventos en los que la política monetaria convencional resulta inoperante (Caldentey et al., 2020).

En Estados Unidos, centro de la crisis, el desempleo llegó al 10% y la caída en el PIB fue de 2,5% en 2009, efectos más profundos que los generados por la crisis de los 70's y de los

---

<sup>7</sup> Descrito en M. Friedman (1968) y posteriormente en M. Friedman (1977).

“punto com” en 2001 (Watson, 2014). Sin embargo, la inflación aunque cayó a  $-0,3\%$  se estabilizó rápidamente, retomando niveles cercanos al objetivo de política de la Reserva Federal.

La ausencia de caídas profundas en los precios tras la crisis de 2008 llamó la atención de teóricos y macroeconomistas que, en búsqueda de explicaciones para tal fenómeno, se han cuestionado si el paradigma aceleracionista de la curva de Phillips dejó de ser una explicación suficiente, y las implicaciones de esto en términos de política monetaria.

Autores como Ball & Mazumder (2011), niegan la falta de vigencia de la explicación aceleracionista. Plantean el asunto como un “rompecabezas”. Estiman una curva de Phillips ampliada por expectativas, con datos trimestrales entre 1960 y 2007. Sus pronósticos arrojan que la inflación en Estados Unidos luego de la Gran Recesión debía llegar al  $-4,3\%$  en el último trimestre de 2010, un dato muy por debajo del  $0,6\%$  ocurrido en realidad.

Los autores insisten en que un mejor pronóstico y ajuste del modelo se logra con dos modificaciones pequeñas sugeridas por la literatura, sin que esto implique el fin de la curva de Phillips aceleracionista. Consideran la medida de inflación como las variaciones ponderadas de los precios en cada industria y permiten que la pendiente de la curva varíe a lo largo del tiempo. Es decir, asumen no linealidad en el *trade-off* entre inflación y desempleo. Y señalan que, en línea con lo expuesto por Ball, Mankiw, & Romer (1988), un incremento de la inflación promedio causa un ajuste frecuente en los precios, una respuesta más rápida de estos ante a los choques nominales y una menor transmisión de las consecuencias en las variables reales.

Los autores además introducen el papel de las expectativas y su anclaje en la explicación. Incluyen las expectativas como una función de la inflación pasada y de la meta de inflación y muestran que los pronósticos de inflación resultan más acertados al introducirlas en la ecuación. Finalmente no solo concluyen que la explicación aceleracionista no ha perdido vigencia sino que llaman la atención sobre el bajo ajuste de la curva de Phillips Neokeynesiana con expectativas completamente racionales, para explicar lo ocurrido luego de 2008.

Las explicaciones que aparecieron más adelante retoman elementos de este planteamiento. Postulan que la respuesta al “rompecabezas” puede estar vinculada principalmente a dos

fenómenos. Por un lado, con el mayor anclaje de las expectativas, que en el caso de Kiley (2015) se relaciona con un aumento de la relevancia de las metas y objetivos de inflación en detrimento de la inflación pasada en el proceso de formación de las expectativas. Un escenario en el que la curva aceleracionista deja de ser una buena explicación y la curva tradicional de Phillips de los 60's resulta más adecuada. Por el otro, con una menor pendiente de la curva de Phillips apoyada por autores como Kiley (2009), Boivin, Kiley, & Mishkin (2010) y Del Negro, Giannoni, & Schorfheide (2015).

En este sentido, J. Simon et al. (2013) testean estas dos hipótesis a través de una curva de Phillips variable en el tiempo para 21 economías avanzadas entre 1960 y 2013. Encuentran que en promedio, las expectativas de inflación de mediano plazo (5 años) parecen estar mejor ancladas, y que la pendiente de la curva ha venido reduciéndose y por tanto es más plana. Es decir, cambios en la brecha de desempleo afectan en menor medida la inflación. Afirman que la combinación de una curva de Phillips relativamente plana y unas expectativas de inflación firmemente ancladas deberían permitir que las autoridades monetarias apliquen una política monetaria más laxa, sin temer un elevado nivel de inflación. Específicamente señalan:

“Nuestro análisis subraya que, cualquiera que sea su procedencia, los límites a la independencia del banco central y las restricciones operativas que limiten su flexibilidad para responder a los nuevos desafíos pueden causar problemas y deben evitarse.”(Simon et al., 2013, p. 100)

Pues si la incidencia de la demanda interna es relativamente menor sobre la inflación y los choques que la afectan son de oferta o externos, y por lo tanto están desligados de las condiciones cíclicas internas de la economía, implica que los bancos centrales pueden terminar estabilizando la inflación a costa del crecimiento económico y el desempleo.

“Por ejemplo, existe la posibilidad de que un banco central deje de proporcionar estímulo a una economía que este experimentando un alto nivel de inflación debido a los efectos del tipo de cambio o a los ciclos de precios de las materias primas, aunque el desempleo siga siendo elevado y la capacidad ociosa en la economía sea considerable.” (Simon et al., 2013, p. 101)

No se trata, en línea con los autores, de relegar o desanimar el papel de la independencia de la política monetaria, sino de permitir que, en escenarios que tengan como condición necesaria la

existencia de una inflación estable y unas expectativas ancladas, la política monetaria contribuya de forma más pronunciada al bienestar económico general en situaciones adversas, como la lenta recuperación luego de 2008, la desaceleración de finales de 2014 o la más reciente crisis generada por la pandemia global.

En un ejercicio similar Matheson & Stavrev (2013) para el caso de Estados Unidos y Blanchard, Cerutti, & Summers (2015) para 21 economías avanzadas, plantean nuevamente el rompecabezas y testean a través de un filtro de Kalman no lineal la evolución histórica de los parámetros de la curva de Phillips. Sus conclusiones respaldan los resultados anteriores. Expectativas más ancladas, menos persistentes, una mayor importancia de los objetivos de política monetaria, y un *trade-off* estable pero menor entre inflación y desempleo parecen ser la regla en sus estimaciones. De este último resultado se desprende una importante recomendación de política. En el marco del sistema de metas de inflación se abre el espacio para que la regla de política óptima, vía ajustes en la tasa de interés, ponga mayor peso en la brecha del producto que sobre la inflación. Pues estabilizar la inflación puede requerir cambios muy grandes en la brecha de desempleo y conducir a pérdidas importantes en el bienestar.

Para Coibion & Gorodnichenko (2013) estas explicaciones pueden no ser del todo acertadas. Refutan las respuestas relacionadas con una mayor credibilidad de la política monetaria, así como aquellas ligadas a menores presiones del mercado laboral en los precios, debido al desempleo de larga duración y sus efectos mínimos sobre la negociación salarial, o las relacionadas con que la ausencia de desinflación pueda estar ligada a los cambios en la pendiente de la curva.

En lugar de ello sugieren que la curva aceleracionista sigue viva y que por el contrario, lo que puede explicar el “rompecabezas” es que entre 2009 y 2011 los hogares, y por ello las firmas, esperaban un aumento futuro de los precios, que mantuvo la inflación presente alta, evitando así la deflación. Los autores vinculan las expectativas optimistas de los hogares a la coincidencia de precios elevados del petróleo, y con ello de la gasolina, y a las presiones sobre los precios de los bienes primarios debido a la rápida recuperación de la economía China. Sin embargo, esta explicación deja de lado los efectos sobre las expectativas de los hogares del desempleo y la incertidumbre generada por las pérdidas masivas luego del colapso financiero e hipotecario de 2008. Asume además, que los hogares extrapolan aumentos en los precios de la gasolina a todos los demás bienes.

Finalmente, estas explicaciones han sido complementadas al introducir la influencia del sector externo sobre la estabilidad de los precios domésticos. Basadas en las aproximaciones de Helbling, Jaumotte, & Sommer (2006) y Borio & Filardo (2007) se ha testado además si la globalización, como materialización de un mundo interconectado e interdependiente sobre todo después de 1990, contribuye a explicar el comportamiento de la inflación.

Según los autores, existen al menos cuatro canales a través de los cuales la globalización, entendida como *“la aceleración del ritmo de crecimiento del comercio internacional de bienes, servicios y activos financieros en relación con la tasa de crecimiento del comercio interno”*(Helbling et al., 2006, p. 107), puede incidir sobre los precios internos de las economías, a saber:

- Canal institucional: la globalización puede incrementar el costo de políticas macroeconómicas imprudentes o premiar marcos política monetaria más sólidos a través del mayor o menor flujo de capitales hacia la economía. Rogoff (2003) sugiere que estos efectos de economía política pueden afectar la tendencia de la inflación de largo plazo.
- Canal comercial: la mayor integración y liberalización comercial, así como el aumento de la competencia pueden generar reducciones en los precios de los bienes importados en relación con los bienes domésticos, que en muchos casos son insumos para la producción de bienes de consumo. Esta reducción en los precios relativos de las importaciones resulta en una menor inflación en los precios finales de los consumidores. Un matiz de esta explicación, que cuestiona los alcances y logros de la política monetaria como estabilizadora de la inflación en niveles bajos, es la propuesta por Skidelsky (2018). El autor señala que la coincidencia de inflación baja y niveles de desempleo moderados entre 1995 y 2007, parece explicarse mejor por la influencia de los precios chinos en la economía mundial. Salarios baratos y menores costos influyeron en que después de la Gran Recesión la política monetaria convencional fuera incapaz de dinamizar la demanda agregada en Estados Unidos y las economías europeas.
- Canal de productividad: las presiones por competir de formas diferentes a los precios pueden aumentar la innovación y con ello la oferta agregada reduciendo los costos y los precios.
- Canal de demanda externa: la integración financiera permite mayores déficits comerciales. La igualdad entre producción y demanda interna es cada vez menos relevante.

Las consecuencias para la política monetaria de una relación más fuerte entre precios internos y el sector externo dependen del canal por el que se dé su transmisión. Los efectos pueden ser permanentes si inciden en los objetivos de política monetaria, a través del canal institucional, o pueden ser de mediano y corto plazo si recaen solamente en los precios relativos a través de los 3 canales restantes. Los autores coinciden en que una inflación dependiente en mayor medida de las condiciones externas en lugar de la demanda interna implica un espacio para la mayor flexibilidad del manejo de la política monetaria.

Tras ocho años de ocurrida la crisis y sobre la discusión anterior, Blanchard (2016) retoma la pregunta de sí, la economía estadounidense dejó atrás el paradigma aceleracionista y se encuentra más bien nuevamente en los 60's donde la relación inflación – desempleo se da en términos de niveles y no de variaciones. Enfatizando en la importancia que la inflación pasada tiene en esta explicación, estima un conjunto de ecuaciones que indagan por la influencia de la inflación rezagada sobre la inflación presente y sobre la formación de sus expectativas.

Para el caso de Estados Unidos, la curva parece mostrar unas expectativas más ancladas y menos persistentes. Constata también que la curva de Phillips actual tiene un menor pendiente. Lo que implica que el efecto del desempleo sobre la inflación, ante un nivel cualquiera de las expectativas de inflación, ha venido reduciéndose desde los 80's. Los resultados sugieren que la inflación depende más de las expectativas de largo plazo.

Para Blanchard, esta relación nivel a nivel, significa el fin del curso aceleracionista de la curva de Phillips. Además, según él, plantea un *trade-off* atractivo, pues un “auge” del empleo o la producción ya no implica una posterior “caída” para poder mantener estable la inflación en el largo plazo. La menor influencia de la inflación pasada permite que las reducciones en el desempleo incrementen solo temporalmente el nivel de la inflación, que retorna a su nivel normal cuando el desempleo vuelve a su tasa natural. En otras palabras, “...*puede que no haya ningún costo por tener un auge temporal, más que una inflación temporal más alta.*”(Blanchard, 2016, p. 33).<sup>8</sup>

En este sentido, propone dos explicaciones sobre el mayor anclaje de las expectativas: i) podría deberse a una mayor credibilidad de la política monetaria y a un largo periodo de inflación baja o ii) puede relacionarse con una “falta de notoriedad” de la inflación, que al mantenerse baja y

---

<sup>8</sup> Traducción.

estable durante un largo periodo de tiempo, deja de ser importante y evidente para las personas y para el proceso de ajuste de sus expectativas. Blanchard concluye que si este fuera el caso, la Reserva Federal en Estados Unidos podría tener un mayor espacio para actuar siempre y cuando la inflación permanezca lo suficientemente baja para no ser “notoria”.

En general, las conclusiones principales de los mencionados estudios indican que un incremento en el anclaje de las expectativas de inflación de los agentes y las firmas, en detrimento de la importancia que le dan los mismos a la inflación pasada, sumado a un *trade-off* entre inflación y desempleo menor y a una mayor incidencia de los factores externos sobre la determinación de los precios internos, podría explicar por qué no se presentó una caída profunda de la inflación en los países afectados por la crisis, además de cuestionar el paradigma actual de la curva aceleracionista o ampliada por expectativas. Evaluar el grado de inercia inflacionaria en la economía podría dar cuenta de la evolución de la credibilidad de la política monetaria, la efectividad del esquema de Inflación Objetivo (IO) y la posibilidad de tomar posturas más flexibles que ponderen en mayor medida el desempleo y la producción.

### 2.2.1 América Latina: ¿la vuelta al desarrollismo?

La inflación baja y estable no es un fenómeno exclusivo de las economías avanzadas. Ni tampoco los debates sobre el espacio de política monetaria que estas condiciones pueden generar. En América Latina el promedio de inflación anual se ha reducido constantemente desde principios de 1990, para casi todos los países salvo algunas excepciones, sin importar el régimen monetario implementado en los diferentes países. Sin embargo, Capistrán & Ramos-Francia sugieren en 2006 que la reducción podría ser resultado de la combinación de mejores prácticas en la conducción de la política monetaria y los efectos de la globalización vía mayor competencia (Rogoff, 2003).

En efecto, en parte de la literatura latinoamericana sobre el tema parece haber un consenso sobre la importancia que para dicha estabilización tuvo el cambio de régimen monetario, el fortalecimiento de la institucionalidad de los bancos centrales concediéndoles independencia política y operativa y la adopción de metas de inflación objetivo como propósito primero de la política monetaria en varios países de América Latina. Aunque este apartado hace énfasis en el rol de la política monetaria para dicha estabilización, es imposible desconocer la influencia sobre la baja en el nivel de precios en las economías latinoamericanas derivada de los efectos sobre las



cuentas corrientes y de capitales generados por la liberalización comercial y financiera adoptada en el marco de las políticas del Consenso de Washington, que incrementaron el volumen de comercio, el flujo de capitales y la inversión extranjera en la región entre 1990 y 2003 (Ocampo, 2005) y posteriormente el auge de los precios de las materias primas y la producción petrolera y minera en varios de los países de la región que implicó una suerte de revaluación generalizada y que incidió en la estabilización de los precios (Alberola et al., 2017). Estos factores fueron relevantes para atenuar las altas inflaciones heredadas de las décadas precedentes, con efectos diferenciados en cada país, y aunque no se ahonda en ellos no pueden excluirse de la explicación.

Entender los efectos de la política monetaria sobre el comportamiento de la inflación implica conocer la historia de la banca central en el continente, que reconoce al menos tres periodos. Una primera fase de creación y consolidación de bancos centrales en la que se respaldó el patrón oro y que se prolongó hasta la Gran Depresión según Caldentey & Vernengo (2019) o hasta el fin de la Segunda Guerra mundial según Jácome (2015). Una segunda etapa en la que los bancos centrales asumieron metas y objetivos de desarrollo con el fin de impulsar el sector real y el crecimiento de la economía que termina en 1989 y que comprende lo que se conoció como la década perdida de América Latina. Un último periodo, que inicia en 1990 con el Consenso de Washington, en el que la política monetaria centra su atención en la estabilización del nivel de precios y la balanza de pagos y que dio paso a la consolidación del esquema de IO desde 1999 en adelante.

Las discusiones en los dos últimos periodos ayudan a entender los debates retomados hoy, tras la crisis de 2008 y el escenario actual de pandemia. La primera discusión se dio en medio de la fase desarrollista que inició con el fin de la Segunda Guerra Mundial y la recuperación de las economías europeas tras la implementación del Plan Marshall. La elevada demanda global benefició la producción en América Latina que en el marco de la Industrialización por Sustitución de Importaciones (ISI) y el florecimiento del pensamiento económico latinoamericano condujeron a una serie de reformas legislativas dirigidas a priorizar la promoción del crecimiento o desarrollo económico, como uno de los objetivos finales de los bancos centrales (Jácome, 2015).

El principal instrumento de política monetaria en el periodo fueron los controles de capitales, que según Caldentey & Vernengo (2019) limitaban las perturbaciones en el mercado de divisas,

canalizaban la inversión hacia sectores específicos y servían como impulso para el proceso de industrialización interno.

El periodo estuvo caracterizado por inflaciones altas. Algunos países, incluso, alcanzaron sendas hiperinflacionarias por varios años.<sup>9</sup> Los mecanismos de indexación se fortalecieron y la inflación se volvió altamente persistente. La curva de Phillips aceleracionista parecía una buena explicación ante lo que ocurría en las economías latinoamericanas. Específicamente:

“La indexación hacia atrás era común en contratos privados y negociaciones salariales. Los países con alta inflación exhibieron histéresis ya que la mayoría de los precios en la economía tendieron a ajustarse con base en información pasada, reforzada por políticas fiscales y monetarias expansivas, lo que hizo que la inflación (fuera) un proceso persistente. Las depreciaciones del tipo de cambio se volvieron comunes y frecuentes, creando un círculo vicioso.”(Jácome, 2015)

Dos enfoques intentaron explicar los factores desencadenantes de la elevada y persistente inflación en el grueso de las economías latinoamericanas. Monetaristas y estructuralistas de la región plantearon en sus propios términos la discusión que, desde los 60's, había postulado Milton Friedman en las economías avanzadas.

El enfoque monetarista explicaba la elevada inflación como consecuencia de políticas fiscales laxas financiadas con créditos de los bancos centrales hacia los gobiernos (L. Jácome, 2015) a través de emisión monetaria. Un problema en la parte nominal de la economía, que se reflejaba en un exceso de oferta de dinero respecto su demanda, en general atribuido a la incapacidad de los gobiernos de aumentar su recaudo impositivo, financiando así, las necesidades de gasto con dinero de alta potencia (Caldentey & Vernengo, 2019). El mecanismo monetarista se basa en la existencia de un nivel de saldos reales de equilibrio, si los agentes reciben liquidez por encima de este nivel se genera un proceso inflacionario, por sustitución entre activos financieros, reales y finalmente bienes. Por su parte, la explicación estructuralista contemplaba factores más profundos, relacionados con las variables reales de la economía. Según Caldentey & Vernengo (2019) las presiones inflacionarias podían deberse a la influencia de la restricción externa, niveles

---

<sup>9</sup> A modo de ejemplo el promedio de la inflación chilena entre 1970 y 1980 fue de 174%. Para la década de 1980 el promedio de la inflación brasilera fue de 613% y la peruana 1.117%.

bajos de productividad y estancamiento de la misma, un pobre desempeño de la inversión, infraestructura precaria, entre otros factores que limitaban la respuesta de la producción ante las necesidades de la sociedad.

La explicación monetarista tuvo al parecer mayor acogida en los gobiernos latinoamericanos, que a partir de 1990 viraron completamente la forma en la que venían dirigiendo su política monetaria y las posibilidades de acción de los bancos centrales.

La segunda discusión que ayuda a entender los debates actuales se da con el establecimiento y consagración de la independencia del banco central y su compromiso con un único objetivo de política enfocado a garantizar la estabilidad de precios.

Para Jácome, (2015) el avance se centró en liberar de múltiples responsabilidades a la autoridad monetaria, que sobrecargaban su quehacer y la distraía de centrarse en la reducción y estabilización de la inflación, que atormentaba a las economías latinoamericanas. Desde su óptica, la principal contribución de la política monetaria al crecimiento económico y al bienestar general se logra de forma indirecta, garantizando una inflación baja y estable. Rompiendo con la mala práctica de financiar los déficits del gobierno, que en su lectura es la principal fuente de inflación histórica.

La década de 1990 permitió varias transformaciones. No solo insertó en mayor medida a las economías Latinoamérica en el mundo globalizado, con la implementación de políticas de liberalización comercial y financiera, sino que las enfrentó a las consecuencias y riesgos de las crisis financieras internacionales.

En la primera mitad de la década persistían dos objetivos de política monetaria, el control de la inflación y la garantía de un tipo de cambio fijo. Sin embargo, estabilizar el tipo de cambio, ante choques externos por ejemplo, podía resultar inconsistente y contradictorio frente al objetivo inflacionario. En 1997 la crisis rusa materializó la contradicción y puso en aprietos a la región. Los efectos en la balanza de pagos ocasionados por lo que Calvo (1998)<sup>10</sup> denominó *Sudden Stops* y el excesivo endeudamiento externo (Eichengreen, Hausmann, & Panizza, 2003), hicieron que contener la devaluación de las monedas locales fuera muy costoso. Las economías

---

<sup>10</sup> Ver también Calvo, Izquierdo, & Talvi (2004); Calvo & Talvi (2005), Calvo, Izquierdo, & Talvi (2006).

latinoamericanas terminaron por adoptar sistemas de tipo de cambio flexibles, que permitirán a través del ajuste de esta variable, la absorción de la volatilidad generada por los choques externos, limitando su transmisión directa hacia la economía doméstica y la inflación (Caldentey & Vernengo, 2019).

Desde finales de los 90's el compromiso de los gobiernos con la estabilización de la inflación se reafirmó través de la adopción de esquemas de inflación objetivo esto, junto con el abandono de las tasas de cambio fijas, planteó la posibilidad de una política monetaria anticíclica en el continente (Carriere-Swallow et al., 2016).

Los esquemas de IO se basan en el anuncio público de metas cuantitativas de inflación. La autoridad monetaria se compromete a cumplir estas promesas de inflación frente a la sociedad en el marco de su independencia. Es relevante mencionar que en la práctica el objetivo de inflación es una meta flexible, ya que no todos los bancos centrales apuntan únicamente a estabilizar la inflación si no que incluyen dentro de sus objetivos la estabilización de la economía. Se plantea así, una función de pérdida que involucra las desviaciones de la inflación respecto a la meta cuantitativa de inflación pero también alguna medida de la actividad económica como la brecha de producto, que se ponderan en función de las prioridades de cada autoridad monetaria (Svensson, 2010). La flexibilidad evita movimientos bruscos en las tasas de interés de política con el fin de que los agentes y a la economía tengan espacio a adaptarse al cambio de las circunstancias monetarias minimizando el costo en términos reales. Cuando la credibilidad de la política monetaria toma un rol central, puede que la estabilización de la economía real se pondere en menor medida y el objetivo inflacionario se torne más rígido.

La meta de política tiene un carácter prospectivo, y por ello, las expectativas de inflación y la credibilidad de los anuncios ocupan un lugar central en el esquema (Svensson, 2010). El principal instrumento para la gestión del objetivo es la tasa de interés de política monetaria de corto plazo cuyos cambios se trasladan a través de los ajustes en las tasas de interés del sistema bancario y del tipo de cambio, afectando los precios y la producción. Los ajustes en la tasa de política de la autoridad monetaria se transmiten con algún rezago, por lo cual los pronósticos sobre la variable objetivo son una guía del actuar del banco central. En este sentido, el manejo y control de las expectativas de inflación o del producto se vuelve central en los esquemas de

inflación objetivo. Además, la transparencia y la rendición de cuentas son una característica de la IO, donde la comunicación efectiva con los participantes del mercado es esencial (Arango-Thomas et al., 2017).

Con un objetivo claro, en adelante, el accionar de los bancos centrales estuvo guiado por cuatro pilares, en los que Jácome (2015) y Caldentey & Vernengo (2019) coinciden, con algunos matices:

- Objetivo único: la política monetaria debía tener como objetivo primordial la estabilidad del nivel de precios, excluyendo completamente las referencias a la promoción del desarrollo o el crecimiento económico mediante instrumentos monetarios (Caldentey & Vernengo, 2019).<sup>11</sup>
- Independencia de política: las juntas directivas de los bancos centrales fueron reorganizadas. Se limitó o controló la participación del gobierno y el sector privado en las decisiones de política monetaria. Los periodos para la designación del gerente del banco central se desvincularon de los calendarios electorales. El objetivo era evitar la injerencia política en las decisiones monetarias.
- Independencia operativa: debía garantizarse la libertad de diseño y manejo de las herramientas de política sin interferencia del gobierno al implementar la política monetaria. Se restringió, e incluso prohibió, la financiación del gasto del ejecutivo.
- Rendición de cuentas: los bancos centrales deben informar periódicamente al legislativo y la ciudadanía, el proceder de sus acciones de política, el cumplimiento de su objetivo, entre otros.

Hoy, luego de casi dos décadas de la implementación de los esquemas de inflación objetivo, y un poco más de la puesta en marcha de la independencia de la banca central en las economías de la región, los países latinoamericanos en su mayoría han estabilizado la inflación en niveles de un solo dígito, han reducido la inercia o persistencia inflacionaria (Capistrán & Ramos-Francia, 2006), han avanzado en el anclaje de las expectativas y los bancos centrales han ganado algo de credibilidad sobre sus anuncios y metas.

---

<sup>11</sup> Salvo en Brasil, Venezuela, Argentina y Guatemala según (Carriere-Swallow et al., 2016)

Si estos logros pueden atribuirse en alguna medida al cambio en el manejo de la política monetaria, es un asunto sin saldar pero que se ha testeado de formas diferentes. Capistrán & Ramos-Francia (2006) lo abordaron midiendo la persistencia inflacionaria para 10 países de América Latina. Sus resultados muestran una persistencia alta pero que viene reduciéndose desde los 80's y que parece responder a los cambios en los regímenes monetarios. Por su parte, Jácome & Vázquez (2008) estudian el impacto del ajuste en la legislación de los bancos centrales sobre la inflación en 24 economías latinoamericanas, encuentran que aunque parece haber un relación negativa entre la independencia legal del banco central y la inflación, no es posible establecer una relación causal entre las variables. Esto impide afirmar que fue la independencia legal la que originó la reducción de la inflación en los últimos años.

Los más recientes hechos, sobre todo, aquellos desatados en 2008 luego de la Gran Recesión y el último choque de los precios de los commodities de finales de 2014 han planteado sobre esto una importante discusión en el vecindario, que se lee de forma particular a partir de la historia de la banca central de la región. Ante los bajos impactos sobre la inflación pero los elevados efectos sobre el PIB y el desempleo, se ha abierto un espacio para que se considere nuevamente la inclusión de los objetivos de empleo y crecimiento en los mandatos de la política monetaria, al menos en varias de las economías avanzadas. Sin embargo, en el caso de las economías latinoamericanas la situación plantea un dilema sobre la posición acertada de política monetaria, más aún, cuando la incertidumbre en principio externa, y ahora interna, sobre el tipo de cambio, las tasas de intereses y el crecimiento potencial, parece ser la regla y no la excepción.

En el debate latinoamericano se plantea pues, la posibilidad de seguir este ejemplo, atendiendo la relativa estabilidad de los precios durante las últimas tres décadas. Sobre esto hay posiciones encontradas. Por un lado, Jácome (2015) plantea su preocupación sobre cargar a los bancos centrales nuevamente con múltiples objetivos que los hagan retroceder en el avance que la política monetaria ha logrado y que ello se traduzca en el retorno a patrones de acción característicos de la fase desarrollista, en la que los múltiples mandatos derivaron en hiperinflación, al financiar por ejemplo el desarrollo través de emisión monetaria dirigida al gobierno socavando la credibilidad ganada.

Los argumentos de Jácome (2015) en contra de modificar el mandato del banco central para que se incluyan el empleo, el PIB y la estabilidad financiera dentro de su quehacer contemplan: i) el hecho de que en América Latina la política monetaria puede no ser un instrumento eficaz para estimular el crecimiento y el empleo debido a la gran dependencia del sector externo y a la necesidad de cambios estructurales para mejorar la productividad de la región en el largo plazo. ii) Es probable que la medida reduzca la credibilidad de la política monetaria conquistada. iii) Se dificulta la rendición de cuentas al tener varios objetivos que pueden ser contradictorios entre sí. iv) En el peor de los casos, los bancos centrales pueden terminar financiando nuevamente el desarrollo a través del gobierno, lo que podría interpretarse como un retroceso en la independencia del banco central y una fuente de incertidumbre.

En contraposición, están quienes ven en la sostenida estabilización de los precios una oportunidad para una política monetaria más flexible que evite los costos en términos de PIB y empleo, y que se consolide como un instrumento verdaderamente contra-cíclico. A este respecto Caldentey & Vernengo (2019) plantean que en general en escenarios de crisis como los más recientes, los bancos centrales en el continente han restringido y puesto mayor presión sobre el sistema, en lugar de proporcionar mayor liquidez para contrarrestar las caídas en el gasto. Es decir, se ha propendido por mantener la estabilidad financiera pero eso no necesariamente se ha traducido en garantía de liquidez para la demanda agregada y los demás sectores económicos.

En esta misma línea Carriere-Swallow et al. (2016) sugieren que es importante evaluar el carácter de los choques y sus efectos sobre la economía. Las últimas crisis han desatado efectos, sobre todo transitorios, ante los cuales la política monetaria debería ser clara en explicar a los participantes de los mercados la naturaleza de la alteración. Esto porque activar política monetaria restrictiva para atender choques transitorios puede frenar el ya de por sí débil desempeño de las economías en la región. En su lectura, una respuesta de política más apropiada podría estar basada en una comunicación efectiva y asertiva que admita que la inflación puede estar por cierto tiempo por encima de la meta anunciada y que esto no necesariamente significa un incumplimiento de su mandato, sino coherencia con la naturaleza de los choques. Esto implica evaluar el grado de anclaje de las expectativas, la relación entre inflación y desempleo y la mayor o menor incidencia del sector externo y el tipo de cambio sobre los precios internos. En cualquier

caso, sigue siendo relevante preservar, según los autores, la independencia del banco central y el objetivo de estabilidad de precios.

Finalmente, más recientemente, Caldentey, Perry, & Vernengo (2020) en línea con la discusión global, han indagado por el retorno de la curva de Phillips en su versión original en las economías latinoamericanas. La idea de que las políticas keynesianas han retornado como el conjunto de herramientas para hacer frente a las últimas crisis desde 2008, ha coincidido con los cuestionamientos a la curva aceleracionista que planteaba Blanchard (2016). El ejercicio estimado, en principio para 4 economías latinoamericanas, no muestra evidencia de la presencia de una curva de Phillips original que coincida con los planteamientos teóricos keynesianos. En general, parece que son los factores de oferta vía costos y no de demanda los que impulsan las presiones inflacionarias en los países seleccionados. Los autores, sugieren entonces la existencia de un espacio para realizar política fiscal expansiva que permita impulsar el empleo y el crecimiento sin que esto necesariamente se traduzca en presiones sobre los precios.

Específicamente sobre la política fiscal Caldentey et al., (2020) afirman que el retorno de políticas keynesianas puede darse de forma diferente hoy en relación a lo ocurrido entre 1940 y 1970 en el globo y en América Latina. La política fiscal podría actuar como un mecanismo contra-cíclico que impulse el empleo y el crecimiento en tiempos de crisis. Los autores señalan que en la Gran Recesión la mayoría de los países latinoamericanos ajustaron sus tasas de interés de política a la baja y ante la insuficiencia de los logros de estas medidas, implementaron paquetes fiscales, que incluyeron ajustes impositivos, gasto en infraestructura entre otros.

Como parte de las políticas implementadas luego del Consenso de Washington el gasto del Estado presentó una reducción en varias de las economías latinoamericanas. No solo se privatizaron empresas estatales sino que la inversión pública se vio reducida. Con la crisis de 2008, afirman, aunque reaparecieron las políticas fiscales en la región y lograron minimizar los efectos de la crisis, el impulso fue relativamente breve. En algunos países la restricción externa impidió la implementación de estas políticas o significó un freno a las mismas. Sugieren que las medidas fiscales pueden tener hoy un alcance limitado y diferencial, debido a la reducción del tamaño del Estado que se ha dado en la región desde la década de 1990. El mecanismo de transmisión, el multiplicador del gasto, puede ser restringido.



La discusión anterior resulta relevante. No se trata de socavar la independencia operativa ni política del banco central sino de que, en términos de Svensson (2010), al ir ganado credibilidad el banco central tenga más libertad para ser flexible y estabilizar también el sector real. La pregunta que queda es si los llamados por incluir el PIB y el empleo en los objetivos de la política monetaria, significan volver al desarrollismo, o si más bien, sobre las lecciones aprendidas y el terreno ganado la siguiente fase de la política monetaria se abre camino.

### **2.3 Diagnóstico en Colombia: inercia y expectativas**

Aterrizar estas discusiones a la economía colombiana, implica realizar un recorrido por la literatura disponible sobre la determinación de la inflación y su vínculo con los factores reales. En Colombia son múltiples los análisis realizados a partir de la estimación de la curva de Phillips, por ejemplo, González, Melo, & Grajales (2007) estiman diferentes Curvas de Phillips para evaluar cuál permite hacer mejores pronósticos de inflación. Arango, García y Posada (2011) estiman la NAIRU entre 1984 y 2010 y la tasa de desempleo compatible con la meta de inflación cambiante en el tiempo. Por su parte, Melo y Riascos (1997) calculan el PIB potencial para Colombia usando el filtro de Hodrick y Prescott y posteriormente lo incorporan a una Curva de Phillips ampliada por expectativas para realizar pronósticos de inflación. Se han realizado también múltiples estudios empíricos como el de López & Misas (1998) en el que se examinan los resultados de la estimación y la capacidad de previsión de diferentes estimaciones de la Curva de Phillips lineal para Colombia.

Los análisis a la luz de la teoría Neokeynesiana con expectativas racionales y rigideces en los precios son recurrentes. Muchos de ellos contruidos a partir de los trabajos de Calvo (1983) y Clarida, Galí, & Gertler (1999) Por ejemplo, Bejarano (2005) estima los parámetros estructurales de la curva de Phillips Neokeynesiana para Colombia entre 1984 y 2002 y Galvis (2011) verifica empíricamente la curva de Phillips Neokeynesiana en el país entre 1990 y 2006. Se obtienen en ambos casos, una relación significativa determinada por factores adaptativos y prospectivos en la formación de las expectativas.

Bajo esta aproximación también se ha testado la no linealidad en la especificación de la curva de Phillips. Nigrinis (2004) muestra evidencia empírica sobre la no linealidad de la curva de Phillips para Colombia y Gómez & Julio (2000) llegan al mismo resultado, aplicando ambos el filtro de Kalman. Señalan que la no linealidad en la curva de Phillips en el país implica que “cuando la tasa de desempleo es alta, la tasa de sacrificio también es alta”(p.2) . Es decir, el costo en términos de desempleo de reducir la inflación no es constante y varía dependiendo de la parte del ciclo en el que la economía se encuentre. Mas allá de estas aproximaciones generales importa conocer la literatura sobre la inflación pasada y la formación de expectativas, como parte del proceso inflacionario, disponible en el país.

### 2.3.1 *Comportamiento de la inercia*

En 1994, José Darío Uribe, en medio de la discusión sobre la estabilización de la inflación y la importancia para ello de permitir un tipo de cambio flexible, definía la inercia inflacionaria como un fenómeno hereditario de un periodo a otro, en el que ciertas condiciones económicas o institucionales, hacen que la inflación permanezca en el periodo  $t$  como venía en el periodo  $t - 1$ , es decir, existe una perpetuación de la inflación aun cuando no hay excesos de demanda significativos. En su análisis encuentra que el principal determinante de la inflación inercial en el país para ese momento, era el sistema de *crawling peg* y concluía que la persistencia de la inflación dependía además de la credibilidad de la política anti- inflacionaria, que para inicios de los 90's no era del todo relevante, pues la estabilización de la inflación no parecía un asunto urgente para el común de la gente que había generado mecanismos de defensa contra la inflación de 2 dígitos.<sup>12</sup>

Sobre el tema de persistencia inflacionaria, Birchenall (1999) realiza un aproximación empírica utilizando una estimación recursiva del componente autorregresivo de la inflación total y concluye que “cualquier intento de explicar la inflación y la curva de Phillips en Colombia debe reconocer la persistencia de la inflación...” (p.34). Sin embargo, afirma que su enfoque es sobre todo estadístico y deja de lado la caracterización de la persistencia como un fenómeno económico. El marco de su análisis consiste en comprobar la existencia de una curva de Phillips para Colombia y la relación entre la política monetaria y los factores estructurales de la economía entre 1955 y 1997.

---

<sup>12</sup> En general el concepto de inercia y persistencia inflacionaria se usan de forma indistinta en la literatura.

El artículo muestra la importancia de los factores permanentes sobre la determinación de la inflación en el periodo posterior a 1977.

Como parte de la exploración sobre la hipótesis de no linealidad, Gómez & Julio (2000), calculan un modelo en el que incluyen la inflación en función de la inflación pasada, la futura, la brecha del producto, las variaciones en la tasa de cambio real y el IPP<sup>13</sup> de importaciones entre 1990 y 2000. Sus resultados indicaban para ese momento, un proceso inflacionario altamente persistente, una fuerte presencia del canal de demanda y un débil efecto del tipo de cambio como parte de los mecanismos de transmisión monetaria en el país. Más adelante, Gómez (2003), tomando en consideración las negociaciones salariales y su efectos sobre la eficiencia económica, concluye que la forma de fijación salarial en Colombia, en la que los aumentos de los salarios se dan en relación a la inflación pasada aumentan la persistencia de la inflación y con esto hace más costosa la desinflación. Sugieren que reducir la inercia y el costo de desinflación requiere una mayor credibilidad de la autoridad monetaria y una frecuencia de negociación de salarial mayor. En este sentido, los efectos de política monetaria son mayores y menos costosos si en la determinación de la inflación priman elementos prospectivos y no inerciales.

Posteriormente, Echavarría, López, & Misas (2010) estiman la persistencia estadística para el periodo entre 1990 y 2010 evaluando el nivel de integración y la suma de coeficientes autorregresivos de la serie de inflación a través de la metodología Markov-Switching (modelo de cambio de régimen) y encuentran que luego de la adopción del régimen de inflación objetivo se redujo la media y la varianza de la inflación, pero según sus resultados no se modificó la persistencia estadística de manera significativa. Esto coincide con las estimaciones para Colombia realizadas en 2006 por Capistrán y Ramos-Francia. El documento resalta la importancia de la especificación de la curva de Phillips para poder explicar los factores estructurales de la inercia, así como la credibilidad de los bancos centrales y la evolución de las metas de inflación.

Echavarría, Rodríguez, & Rojas (2011) estiman un modelo que descompone la serie de inflación entre su componente transitorio y permanente a través de un modelo de componentes no

---

<sup>13</sup> Índice de Precios al Productor.

observados con cambio de régimen, pero esta vez teniendo en cuenta la falta de credibilidad en la meta de inflación anunciada por la autoridad monetaria. Bajo este supuesto obtienen que la persistencia de la inflación aumentó entre 1979 y 1999 y se redujo, pero no de forma significativa, entre 1999 y 2010. Coincidiendo con lo ocurrido en América Latina.

En esta misma línea, González & Hamann (2011) considerando también la influencia de la falta de credibilidad en la política monetaria sobre la explicación de la persistencia inflacionaria en el país, identifican algunos de los posibles factores que pueden generarla. Miden la persistencia de la inflación general entre 1990 y 2010 y la velocidad a la cual los agentes aprenden sobre el objetivo de inflación impuesto por el Banco central estimando un modelo de credibilidad imperfecta con técnicas bayesianas. Concluyen que la falta de credibilidad en el objetivo del Banco es una fuente importante de persistencia en la inflación y que la importancia de las perturbaciones permanentes sobre la inflación en relación con las transitorias ha disminuido. En línea con los resultados anteriores, afirman que aunque la volatilidad macroeconomía disminuyó en el periodo, la persistencia permanece casi constante sugiriendo que las ganancias en la credibilidad fueron modestas.

Hasta aquí, a pesar de la multiplicidad de aproximaciones econométricas, los autores coinciden en la importancia en términos de política económica de estimar adecuadamente la persistencia inflacionaria, pues la flexibilidad o la rigidez en la respuesta del banco central ante las perturbaciones sobre la inflación dependen en gran medida de la persistencia de los choques inflacionarios y de la mayor o menor credibilidad de la autoridad de política. Las estimaciones disponibles de la inercia inflacionaria se resumen en el Cuadro 2-1. La inercia inflacionaria era cercana en promedio 0,59 entre 1965 y el 2006 y al 0,33 entre 1990 y el 2010.

Cuadro 2-1. Síntesis resultados estimaciones inercia inflacionaria en Colombia

Autores	Periodo	Inercia
Birchenall (1999)	1965-1996	0,60
Capistran, C., & Ramos-Francia, M. (2009)	1980-2006	0,58
Echavarría, López, y Misas (2010)	1990 - 2010	0,34
Echavarría, Rodríguez y Rojas (2010)	1979-2010	0,31
González & Hamann (2011)	1990-2010	0,33

Un alto nivel de inercia inflacionaria implica que los procesos de desinflación son más costosos en términos de empleo y PIB, requieren una respuesta más restrictiva, en la que la tasa de política debe ser aumentada en mayor medida, de forma más rápida y prolongada para reducir la inflación después de choques que la desestabilicen.

A nivel teórico la presencia de persistencia inflacionaria invalida en parte la curva de Phillips Neokeynesiana, al menos en su forma tradicional, e implica una modificación hacia una curva “Híbrida”, como la planteada por Galí & Gertler (1999) que permite tener en cuenta expectativas de inflación combinadas entre el mecanismo adaptativo y el racional.

### 2.3.2 Formación de las expectativas

En el país, las estimaciones iniciales sobre expectativas de inflación, sus efectos sobre los precios y la transmisión de la política monetaria recurrieron al uso de la teoría Neokeynesiana. Ejemplo de ello son los trabajos de Misas, Posada, & Vásquez (2001) y Misas A. & Vásquez (2002) que se realizaron cuando aún no se disponían de series de expectativas suficientemente amplias como para incluirlas en las estimaciones.

Sin embargo, recientemente las formulaciones que han pretendido evaluar el comportamiento de las expectativas luego de la adopción del esquema inflación objetivo, se han centrado en contrastar los planteamientos teóricos a partir de las medidas expectativas directas (encuestas mensuales y trimestrales realizadas por el Banco de la República) e indirectas (extraídas del mercado de deuda pública) ahora disponibles.

Jalil, González, & Romero (2010) presentan un ejercicio en este sentido. Evalúan las diferentes medidas de expectativas disponibles bajo los criterios de insesgamiento y eficiencia que caracterizan teóricamente a las expectativas racionales en las que *“la expectativa sobre una variable económica de interés debe ser equivalente al mejor pronóstico condicional que (el agente racional) pueda realizar sobre ella.”* (p.8). Encuentran que aunque las expectativas de inflación, tanto de las encuestas como las de mercado, contienen información relevante para pronosticar la inflación. Sin embargo, estas medidas por sí solas no son un pronóstico adecuado de la inflación efectiva. Sus estimaciones

confirman que, la formación de las expectativas repercute en la toma de decisiones de política monetaria, ya que tienen incidencia en la formación de los precios y salarios de la economía.

Sobre esto Jalil, González, & Romero (2010) y Huertas, González, & Ruiz (2015) coinciden en que existen 3 canales a través de los cuales las expectativas inciden sobre el proceso inflacionario. Un canal directo, a través de la curva de Phillips en el que las expectativas se incorporan en la fijación de los precios de los bienes y servicios. Otros dos canales indirectos, el primero mediante la tasa de interés real y su relación negativa con las expectativas de inflación que pueden derivar en presiones inflacionarias por el lado de la demanda y el segundo a través de la incorporación de las expectativas en las negociaciones salariales, que terminan por encarecer los bienes de consumo final.

Huertas et al., (2015) confirman además, que el proceso de formación de expectativas en el país se explica mejor a partir de una combinación de mecanismos adaptativos (inerciales) y racionales (prospectivos). Este resultado es reafirmado posteriormente por Vargas Herrera (2016) quien indica que las expectativas en el país no solo no son racionales sino que están ampliamente relacionadas con la inflación observada pasada y presente. Finalmente los autores sugieren también, que la meta de política anunciada por el Banco de la República es un componente importante en el proceso de formación de las expectativas, sin embargo el peso del mecanismo adaptativo sigue siendo predominante.

En esta misma dirección, Gamba, González, & Melo (2016) indagan sobre el grado de anclaje de las expectativas de inflación y sus implicaciones en la credibilidad de la política monetaria. Construyen un panel de datos de expectativas de 1 a 24 meses, entre 2002 y 2017, y calculan las expectativas de inflación como un promedio ponderado entre la inflación observada y el ancla nominal no observable en el periodo en el que se genera el pronóstico. Concluyen que el ancla nominal de la inflación ha venido reduciéndose con el tiempo, acercándose a la meta de inflación de largo plazo del Banco de la República (3%).

En general como lo sugerían González, González, Romero, Rojas, & Vargas (2009), las expectativas en el país, en sus diferentes medidas, parecen ser más adaptativas que racionales, inciden en la formación de la inflación, han venido acercándose al ancla nominal de largo plazo

anunciada por la autoridad monetaria, sin que sea del todo claro si el grado de anclaje es sufriente. La incidencia que sobre esto tenga el objetivo de política resulta relevante para minimizar los costos de disminuir la inflación, en el marco de la IO.

## **3. Metodología**

Desde 1999 el país adoptó el esquema de Inflación Objetivo, dejando atrás el sistema de bandas cambiarias que sirvió como transición entre el régimen de tipo de cambio fijo y el flexible, tomando como única ancla nominal la inflación y utilizando la tasa de interés de política monetaria como principal instrumento para la gestión de la inflación. Hamann, Hofstetter, & Urrutia aseguraban en 2014 que la evidencia existente en países en desarrollo, sobre la efectividad de los esquemas de metas de inflación para anclar las expectativas y reducir por esta vía el costo real de las desinflaciones, no es del todo concluyente y que en la literatura, al menos en la colombiana, persisten algunos vacíos.

Frente a esto y en relación con lo descrito en el capítulo anterior, se presentan a continuación las series y datos que permiten estimar cuál ha sido la evolución de la credibilidad de la política monetaria, tomando en consideración los efectos de la inercia inflacionaria, el anclaje de las expectativas y la relación inflación - desempleo, luego de la implementación del modelo de inflación objetivo en el país.

### **3.1 Generalidades**

La metodología a seguir está basada en el análisis de Blanchard (2016) que se profundiza en el documento de trabajo construido por Blanchard, Cerutti, & Summers (2015). En este último documento los autores estimaron la curva de Phillips ampliada por expectativas desde 1960 para un panel de 20 países de economías avanzadas. El análisis es similar al presentado por Simon, Matheson, y Sandri (2013) en la versión de abril del World Economic Outlook del FMI y por Matheson & Stavrev (2013).



Las ecuaciones estimadas en Blanchard (2016) se presentan a continuación:

$$\pi_t = \lambda_t \pi_t^e + (1 - \lambda_t) \pi_{t-1}^* - \theta_t (u_t - u_t^*) + \mu_t \pi_t^m + \varepsilon_t \quad (3-1)$$

$$\pi_t^e = \alpha_t + \beta_t \pi_{t-1}^* + \eta_t \quad (3-2)$$

En la Ecuación 3-1,  $\pi_t$  es la inflación trimestral anualizada calculada a partir del Índice de Precios al Consumidor (IPC),  $\pi_t^e$  representa las expectativas de inflación de largo plazo (5 años),  $\pi_{t-1}^*$  es el promedio de las últimas cuatro inflaciones trimestrales rezagado un trimestre,  $u_t$  es la tasa de desempleo y  $u_t^*$  es su tasa natural o tendencia de largo plazo,  $\pi_t^m$  es la inflación de los precios de las importaciones y  $\varepsilon_t$  recoge los shocks de oferta que presionan los costos al alza.

Donde en la Ecuación 3-1 es la curva de Phillips que depende tanto de las expectativas de inflación de largo plazo como de la inflación pasada y la Ecuación 3-2 captura la dependencia de las expectativas de largo plazo ( $\pi_t^e$ ) respecto a la inflación rezagada ( $\pi_{t-1}^*$ ).

Un incremento en  $\lambda_t$  implica que la inflación se ha vuelto más sensible a las expectativas de inflación de largo plazo y menos a la inflación pasada. Por su parte, un  $\beta_t$  más pequeño implicaría que las expectativas de inflación de largo plazo tienen en cuenta en menor medida la inflación pasada. Ambos resultados implican un mayor anclaje de las expectativas y posiblemente una mayor credibilidad de la política monetaria. Esto es importante ya que al realizar la estimación se evidencia no solo los efectos directos de la inercia inflacionaria sobre la inflación sino además los efectos indirectos de la inflación pasada sobre la inflación a través del proceso de formación de las expectativas. Las ecuaciones 3-1 y 3-2 son estimadas por los autores utilizando un Filtro de Kalman Extendido (FKE) para permitir la variación de los parámetros en el tiempo y reconocer de este modo las condiciones cambiantes de la economía así como la naturaleza no lineal de la Curva de Phillips.

A partir de esto, se plantean en el Capítulo 4 un conjunto de modelos (lineales y no lineales) que replican el marco de análisis de Blanchard (2016) para el caso colombiano en el periodo comprendido entre el año 2000 y el 2019.

### 3.2 Modelos y selección de variables

Inicialmente se plantearon y estimaron cinco modelos cada uno con la finalidad de evaluar las hipótesis de anclaje de las expectativas y la relación inflación – desempleo. Los Modelos A,

cuatro en total, se estimaron través de regresiones lineales simples para el periodo completo. Mediante estos modelos, se evaluaron además los ajustes que permitían las distintas series para medir las expectativas de inflación y el desempleo de largo plazo.

Cuadro 3-1. Descripción de los modelos estimados

Modelo	Ecuación	Explicación	Variables
A1	$\pi_t^e = \alpha + \beta\pi_{t-1}^* + \varepsilon_t$ 3-3	Permite medir la dependencia de las expectativas respecto a la inflación pasada.	$\pi_t^e$ = expectativas de inflación $\pi_{t-1}^*$ = inflación pasada $\beta$ = efecto de la inflación pasada sobre las expectativas. $\varepsilon_t$ = término de error.
A2	$\pi_t^e - \pi^* = \alpha + \gamma(\pi_t - \pi^*) + \varepsilon_t$ 3-4	Permite medir el anclaje de las expectativas relacionando factores institucionales como la meta provista por la autoridad monetaria.	$\pi_t^e$ = expectativas de inflación $\pi^*$ = meta de inflación $\pi_t$ = inflación efectiva $\gamma$ = efecto de las desviaciones de la inflación respecto a la meta sobre las desviaciones de las expectativas de la meta. $\varepsilon_t$ = término de error
A3	$\pi_t = \lambda\pi_t^e + \theta(u_t - u^n) + \varepsilon_t$ 3-5	Curva de Phillips de corto plazo. Permite evidenciar si el <i>trade-off</i> entre inflación y desempleo en el país existe y el papel de las expectativas de inflación.	$\pi_t$ = inflación efectiva $\pi_t^e$ = expectativas de inflación $\pi_{t-1}^*$ = inflación pasada $\lambda$ = sensibilidad de la inflación a las expectativas de inflación
A4	$\pi_t = \lambda\pi_t^e + \theta(u_t - u^n) + \mu\pi_t^m + \varepsilon_t$ 3-6	Curva de Phillips para una economía abierta con un término que agrega el efecto de los precios relativos externos sobre la inflación. La inflación del Precio Relativo de las Importaciones da cuenta de la mayor o menor dependencia de los precios internos respecto a demanda externa.	$u_t$ = tasa de desempleo $u^n$ = tasa natural de desempleo $\theta$ = sensibilidad de la inflación efectiva al desempleo cíclico $\pi_t^m$ = precio relativo de las importaciones. $\mu$ = sensibilidad de la inflación efectiva al precio relativo de las importaciones. $\varepsilon_t$ = término de error
B	$\pi_t = \lambda_t\pi_t^e + (1 - \lambda_t)\pi_{t-1}^* - \theta_t(u_t - u_t^*) + \mu_t\pi_t^m + \varepsilon_t$ 3-1		

**Nota:** Los Modelos A son planteamientos lineales, mientras el Modelo B sigue una dinámica no lineal.

A partir de los resultados, se escogieron las series y las condiciones iniciales para estimar el modelo no lineal planteado en Blanchard (2016), que además fue estimado en una ventana móvil de 16 trimestres con el fin de obtener la evolución de sus parámetros a través de las últimas dos décadas. El Cuadro 3-1 especifica y resume cada uno de los modelos planteados.

Para contrastar los resultados de los modelos y seleccionar las series de expectativas de inflación y tasa de desempleo de largo plazo se utilizó la metodología *backward* para selección de variables a través del Criterio de Información Akaike (AIC)<sup>14</sup>. El AIC permite identificar y comparar la calidad relativa de un modelo estadístico teniendo en cuenta el principio de parsimonia y la bondad de ajuste través de la función de máxima verosimilitud. La Ecuación 3-7 describe la función que se estima.

$$AIC = -2\text{Log}(MV) + 2k \quad (3-7)$$

Donde  $MV$  es el valor máximo de la función de verosimilitud,  $k$  es el número de parámetros independientes y el 2 que acompaña la  $k$  corresponde al valor por defecto de la penalidad que se impone al exceso de parámetros. El criterio de comparación este guiado por la obtención del modelo con menor coeficiente AIC.

### 3.3 Datos y series

Para estimar cada uno de los modelos presentados en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se utilizaron series trimestrales entre el año 2000 y el 2019<sup>15</sup>. Todas las series están desestacionalizadas. En el caso de la inflación, los datos fueron anualizados y posteriormente desestacionalizados. Las series provienen de la información histórica del Dane y del Banco de la República. Los detalles sobre cada una de las series se presentan a continuación y se retomarán en el capítulo 4 que presenta los resultados de las estimaciones.

#### 3.3.1 Series de inflación

En general los modelos toman como variable dependiente la inflación ( $\pi_t$ ), esta se mide como la variación trimestral del IPC para el último mes de los cuatro trimestres de cada año<sup>16</sup>. Como

<sup>14</sup> Por sus siglas en inglés.

<sup>15</sup> Salvo para las estimaciones realizadas a partir del cálculo del *Break Even Inflation*, pues las series solo estaban disponibles desde 2003.

<sup>16</sup> Marzo, junio, septiembre y diciembre.

medida de la inflación pasada ( $\pi_{t-1}^*$ ) se tomó el promedio de la inflación de los 4 trimestres anteriores al dato de inflación efectiva en el momento ( $t$ ). Por su parte, la meta de inflación ( $\pi^*$ ) corresponde al anuncio para el último mes de cada trimestre hecho por el Banco de la República.

Para las expectativas de inflación ( $\pi_t^e$ ) se plantearon dos alternativas. La primera, basada en los datos de la Encuesta Trimestral de Expectativas Económicas (ETE) realizada por el Banco de la República desde el año 2000, que tiene como población objetivo entidades de distintos sectores económicos<sup>17</sup>. La ETE cuenta con datos de expectativas de inflación entre 1 y 8 trimestres, pero estos últimos solo están disponibles desde 2015, por tal motivo, se tomaron los datos de expectativas a un año (4 trimestres) para el total de sectores.<sup>18</sup> En adelante se tratarán estas expectativas como “expectativas ETE”.

La segunda medida consistió en la estimación de las expectativas de mercado a través del cálculo del *Break Even Inflation* (BEI). El Banco de la República bajo la metodología Nelson & Siegel (1987), calcula las tasas de interés y los coeficientes de las curvas cero cupón de los Títulos de Deuda Pública (TES) en UVR (indexados a la inflación) y en pesos (moneda corriente) a 1, 5 y 10 años. Con estos insumos, y a partir de la Ecuación 3-8, se calculó el diferencial entre los rendimientos de los bonos nominales y aquellos indexados con similar maduración.

$$BEI_{t,j} = \frac{(1+i_{t,j})}{(1+r_{t,j})} - 1 \quad 3-8$$

La Ecuación 3-8 indica que el BEI es una *proxy* de la inflación implícita en el día  $t$  para el plazo  $j$ , en el que  $r$  corresponde al retorno real, mientras  $i$  es retorno nominal. Los datos del Banco de la República para el cálculo del BEI están disponibles desde el año 2003 de forma diaria, semanal y mensual. En este caso, las expectativas de mercado obtenidas para 1, 5 y 10 años, corresponden al promedio trimestral de las estimaciones mensuales del BEI.

Según Jalil, González, & Romero (2010) tanto las expectativas provenientes de las encuestas como aquellas implícitas en el mercado de deuda contienen información relevante para la

<sup>17</sup> Los sectores corresponden a: manufactura, sistema financiero, grandes cadenas de almacenes, transporte y comunicaciones, académicos, consultores y sindicatos. En las 4 ciudades principales del país (Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla.)

<sup>18</sup> En promedio, para todo el periodo, en cada trimestre se encuestó a cerca de 168 entidades de los sectores mencionados.

formación de precios y salarios y pueden ser útiles en los pronósticos de inflación. Sin embargo, como lo expresan, Huertas, González, & Ruiz (2015) al analizar el mecanismo de formación de las expectativas y su comportamiento, deben tenerse en cuenta las ventajas y debilidades de cada una de estas medidas. Las expectativas ETE, provienen de series con amplia cobertura y no presentan algunas distorsiones que pueden generar los mercados financieros, pero los horizontes temporales para los que están disponibles suelen ser cortos y la especificidad de la metodología puede producir series poco comparables entre países, además presentan sesgos al alza y dificultades respecto a la calidad de los pronósticos por la agregación. Por su parte, las medidas indirectas, como las expectativas de mercado (BEI) son de alta frecuencia y permiten obtener varios horizontes de datos, pero están sujetas a distorsiones al incluir primas de riesgo inflacionario y primas por liquidez (Gamba et al., 2016).

### 3.3.2 Series de desempleo

La curva de Phillips incluye lo que se ha denominado la Tasa Natural de Desempleo (TND). Una variable teórica definida por M. Friedman (1968) como un equilibrio. *“Es el nivel consistente con el equilibrio de un sistema de ecuaciones Walrasiano, siempre que estas incluyan las características estructurales reales de los mercados de trabajo y de los productos básicos, incluidas las imperfecciones de mercado, la variabilidad estocástica de la oferta y la demanda, el costo de recopilar información sobre vacantes laborales, la disponibilidad de mano de obra, los costos de movilidad, etc.”*<sup>19</sup>. En otras palabras, la TND es compatible con el equilibrio en la estructura de las tasas de salarios reales. Esta se puede mantener constante, mientras la formación de capital y el cambio tecnológico permanecen en sus tendencias de largo plazo. Si el desempleo está por debajo de la TND, puede interpretarse como un exceso de demanda en el mercado laboral que producirá presiones al alza en los salarios reales, caso contrario ocurriría si el desempleo está por encima de la TND (Frisch, 1983). En esta tasa el nivel efectivo de precios es igual al esperado (E. Phelps, 1967). Al ser una variable teórica, solo pueden tenerse proxis de esta.

---

<sup>19</sup> Traducción propia.

La medida de desempleo ( $u_t$ ) corresponde al promedio trimestral de la serie desestacionalizada de la tasa de desempleo mensual de las 13 ciudades principales<sup>20</sup> empalmada por el Banco de la República<sup>21</sup>. El cálculo de la tasa de desempleo de largo plazo ( $u^n$ ) se estima mediante cuatro especificaciones diferentes que permiten su variación a través del tiempo con distintos grados de flexibilidad (Gordon, 1996).

La primera especificación toma un promedio fijo por periodos de cuatro años (PF). La segunda, corresponde a un promedio, esta vez móvil, de 16 trimestres de los datos de desempleo (PM). La tercera, es la tendencia de la serie de desempleo utilizada, obtenida a través del Filtro de Hodrick y Prescott (FHP) con un  $\lambda$  de 1600, especificación usada comúnmente en series trimestrales. La última medida, corresponde a la serie obtenida al aplicar el Filtro de Kalman (FK) a partir del conjunto de Ecuaciones 3-9.<sup>22</sup>

$$\text{Ecuación de observación: } u_t = u^n + \varepsilon_t$$

$$\text{Ecuación de estado: } u^n = u_{t-1}^n + u_{t-1}^c \quad (3-9)$$

$$\text{Ecuación de estado: } u^c = u_{t-1}^c + w_t$$

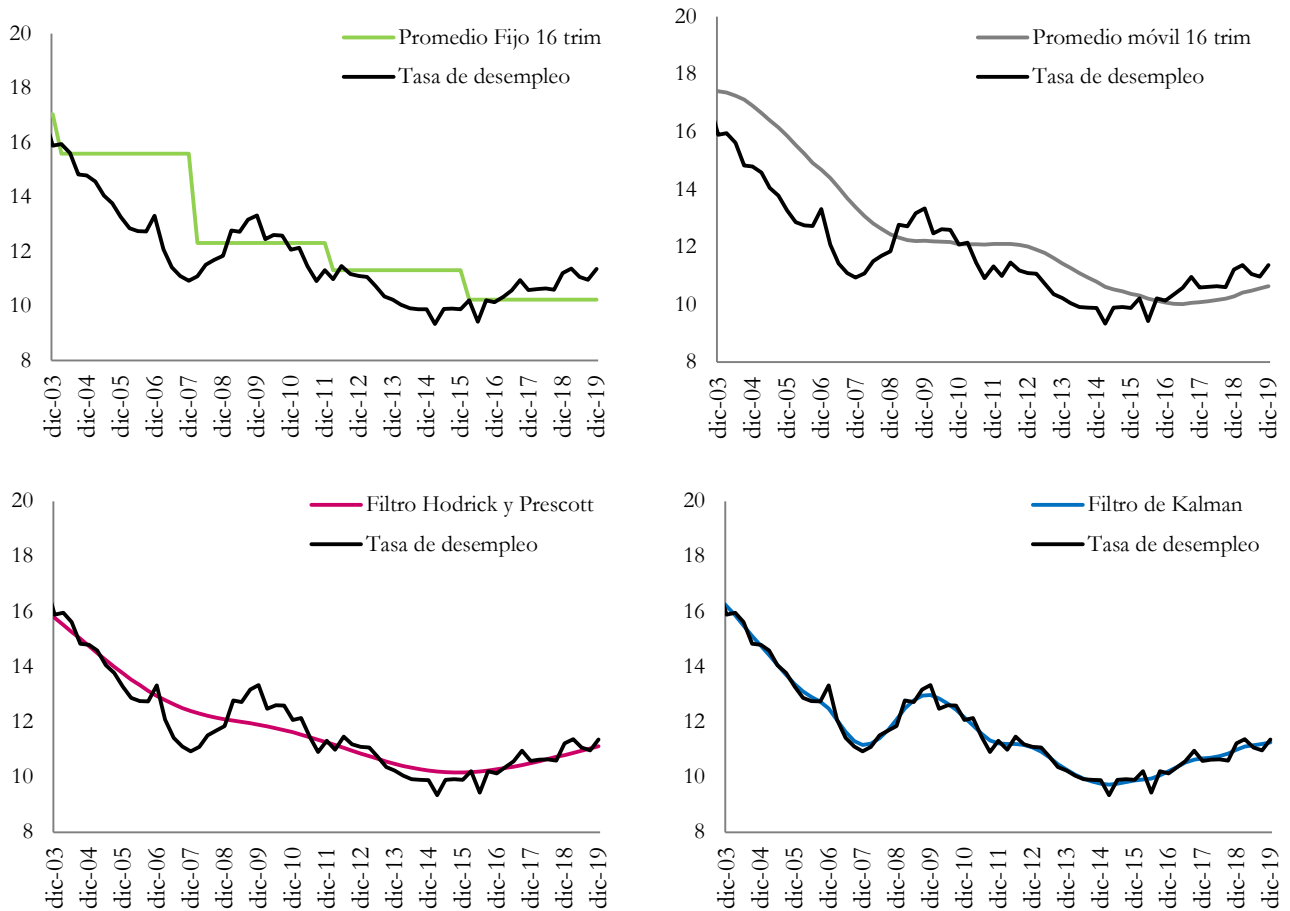
La **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.** muestra las diferentes medidas de la tasa de desempleo de largo plazo respecto a la tasa efectiva de desempleo. El desempleo cíclico ( $u_t - u^n$ ), es entonces, producto de la diferencia entre los datos de la tasa efectiva de desempleo y cada una de las medidas de desempleo de largo plazo estimadas.

<sup>20</sup> Las 13 ciudades incluidas son: Bogotá, Cali, Medellín, Barranquilla, Bucaramanga, Manizales, Pasto, Pereira, Cúcuta, Villavicencio, Ibagué, Monetaria y Cartagena.

<sup>21</sup> Las serie empalmada por el Banco de la República resulta de la unión de los datos de la Encuesta Continua de Hogares y la Gran Encuesta Integrada de Hogares.

<sup>22</sup> Ver Anexo B para mayor detalle sobre la metodología del Filtro de Kalman.

Gráfica 3-1. Tasa de desempleo y tasa de desempleo de largo plazo



La diferencia entre cada una de las medidas de desempleo de largo plazo contrastadas se relaciona con el grado de flexibilidad con el que las tasas varían a través del tiempo. La tasa calculada como un promedio fijo por periodos de 16 trimestres corresponde al supuesto más rígido mientras la tendencia del desempleo obtenida a través del Filtro de Kalman corresponde a la medida más flexible. La medida obtenida como promedios móviles por periodos de 16 trimestres y la tendencia de la serie de desempleo estimada a partir del Filtro de Hodrick y Prescott, son escenarios de flexibilidad intermedia.

### 3.3.3 *Precio relativo de las importaciones*

En el escenario de una economía pequeña y abierta, como la colombiana, se hace necesaria la inclusión de variables en la estimación de la curva de Phillips que den cuenta del efecto del sector externo sobre la formación interna de los precios.

Se descarta la inclusión de la tasa de cambio atendiendo a la evidencia de que la sensibilidad de los precios internos al tipo de cambio parece haberse reducido en América Latina (Carriere-Swallow et al., 2016) y que las presiones inflacionarias provenientes de depreciaciones profundas están ligadas a eventos de carácter más bien transitorio. En Colombia específicamente, Gómez & Julio (2000) mencionan en su análisis del proceso desinflacionario entre 1990 y 2000, la importancia de la persistencia inflacionaria, la marcada presencia del canal de demanda agregada y el efecto indirecto y relativamente débil del tipo de cambio en los mecanismo de transmisión de la política monetaria. En este mismo sentido, más recientemente, Hamann, Hofstetter, & Urrutia (2014) al examinar la evolución de la inflación tras la implementación del esquema de inflación objetivo y los instrumentos de política adoptados por el Banco de la República, concluyen que, aunque existe un traspaso más bien silencioso de la tasa de cambio nominal a la inflación, no existe un impacto de la tasa de cambio real sobre la actividad económica. Lo que en suma implica una inflación relativamente inmune a las variaciones del tipo de cambio. Sus resultados son confirmados por funciones impulso-respuesta que muestran una reacción mínima de la inflación ante cambios en los flujos de capital, la intervención cambiaria o las tasas de interés externas.

Por lo anterior, siguiendo a Helbling, Jaumotte, & Sommer (2006) se ha introducido la inflación del Precio Relativo de las Importaciones (PRI) como medida de la influencia externa sobre los precios domésticos. La inclusión de la inflación PRI da cuenta de las fluctuaciones transitorias de la inflación que pueden estar relacionadas con las volatilidades de los precios de los bienes manufacturados y materias primas que se determinan a nivel externo. Los choques de oferta provenientes de los cambios en los precios del petróleo pueden reflejarse a través de esta variable. También permite testear si el proceso de integración mundial “globalización” y las variaciones en los precios relativos de la importaciones que esta ha podido generar, a través de la mayor competencia, la reducción de barreras comerciales, la relocalización de la producción, entre



otros, pueden haber contribuido a que la inflación dependa cada vez más de factores externos y menos de factores ligados la producción interna con las consecuencias en términos de política monetaria que esto podría implicar.

El PRI se construyó a partir del cálculo del deflactor del precio de las importaciones en relación con el deflactor del PIB. Se calcularon los deflatores con las series del PIB base 2015 (para los años de 2005 a 2019) y del PIB base 2005 (para los años de 2000-2004) y luego se empalmaron las series a través de las tasas de crecimiento interanual. Se esperaría que la relación entre la inflación y el PRI fuera positiva.

## 4. Discusión y resultados

A continuación, se presentan los resultados de la estimación del conjunto de modelos lineales y no lineales planteados en la sección anterior a partir de las variables descritas. Los modelos dan cuenta de los determinantes de la inflación y pretenden dar luz de la evolución en la credibilidad de la política monetaria y de la relación inflación – desempleo luego de la adopción del sistema de inflación objetivo en el país y con ello de la incidencia de las expectativas y el desempleo en las decisiones de política monetaria.

### 4.1 Modelos lineales

#### 4.1.1 Modelo A1: Dependencia de las expectativas respecto a la inflación pasada

La credibilidad de la política monetaria puede verse reflejada en la menor importancia que le otorgan los agentes a la inflación pasada en relación con la que le dan a los factores institucionales y a la información adicional al realizar sus pronósticos sobre inflación.

La formación de las expectativas resulta relevante para las decisiones de política monetaria. Expectativas de inflación con una alta dependencia del pasado limitan el grado de maniobra de la autoridad monetaria y elevan el costo de políticas de impulso a la demanda.

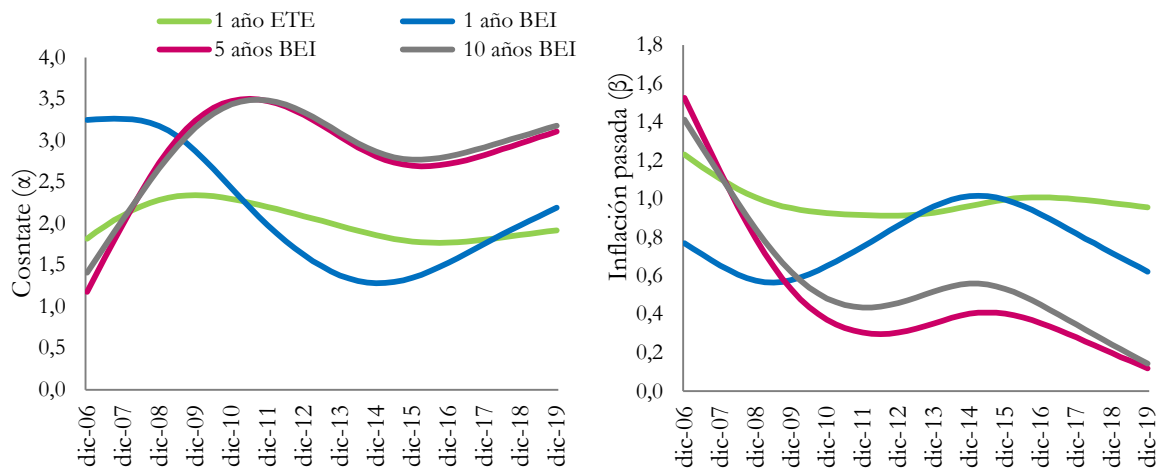
Para medir qué tan adaptativas son las expectativas en el país, se calculó el Modelo A1 a partir de la Ecuación 3-3. Utilizando una regresión lineal simple, se estimó el efecto de la inflación pasada ( $\pi_{t-1}^*$ ) sobre las expectativas de inflación ( $\pi_t^e$ ) en diferentes plazos (1, 5 y 10 años).

$$\pi_t^e = \alpha + \beta\pi_{t-1}^* + \varepsilon_t \quad 3-3$$

El Anexo Metodológico<sup>23</sup> muestra los resultados obtenidos al estimar el Modelo A1 con las distintas medidas de expectativas de inflación. Lo deseable en este caso es que tanto la constante  $\alpha$  como el coeficiente  $\beta$  sean bajos, lo que significaría que las expectativas de inflación dependen en menor medida de la inflación pasada y que su comportamiento este guiado por otro tipo de factores como los institucionales.

Los resultados muestran coeficientes significativos para el conjunto de modelos. Conforme aumentan los plazos de las expectativas, los coeficientes se reducen así como el ajuste del modelo ( $R^2$ ). El modelo con mejor ajuste es el que usa expectativas ETE a un año. Se calcularon *rolling regression* para los cuatro modelos, en ventanas móviles de 16 trimestres, con el fin de analizar el comportamiento del parámetro  $\beta$  a través del tiempo. La Gráfica 4-1 muestra los resultados de esta estimación.

Gráfica 4-1. Modelo A1: anclaje de las expectativas – *rolling regression* 16 trimestres



**Nota:** La gráfica corresponde a la tendencia de las series originales, estimadas por Filtro Hodrick y Prescott. Las series originales están en el Anexo A (Gráfica 6-1).

En general, el termino constante ( $\alpha$ ) muestra una tendencia decreciente a partir de 2008 que se prolonga hasta comienzos del 2015, año en el que comiza a aumentar para todos los plazos. Un parámetro  $\alpha$  más alto indica que, sin tener en cuenta la incidencia de la inflación pasada sobre las expectativas de inflación, estas empezaron a fijarse en valores más altos que la tendencia hasta ese momento.

<sup>23</sup> Anexo A. Tabla 6-1.

Por su parte, la sensibilidad ( $\beta$ ) de las expectativas de inflación ante la inflación pasada para todos los plazos ha venido disminuyendo, con mayor intensidad en las expectativas de mercado de 5 y 10 años. En el caso de las expectativas de un año, la tendencia decreciente se detuvo en 2008 y solo comenzó a descender nuevamente en 2015, con cambios más pronunciados en las expectativas de mercado que en aquellas provenientes de los analistas de la ETE, que parecen ser menos volátiles.

Lo ocurrido en la primera década del periodo puede estar relacionado con las consecuencias sobre las expectativas que tuvieron la convergencia de la inflación hacia niveles de un dígito, la revaluación sostenida de la tasa de cambio y el crecimiento relativamente alto del PIB justo antes de la Gran Recesión. Por otro lado, en la última década, el efecto de los múltiples choques de oferta que enfrentó el país desde finales de 2014, parece haber atenuado la incidencia de la inflación pasada sobre las expectativas, que sin embargo, terminaron fuera del rango meta entre septiembre de 2015 y marzo de 2017.<sup>24</sup> Seguramente esperar inflaciones cercanas al 3%, como venía ocurriendo desde 2009, se hizo difícil ante las múltiples presiones inflacionarias que tocaron a la economía.

Aunque aún importante, la dependencia de las expectativas de inflación respecto a la inflación pasada parece haberse reducido luego de la adopción del esquema de inflación objetivo y ello se profundiza conforme aumentan los plazos de pronóstico. Puede que el espacio cedido por la menor importancia del pasado sobre las expectativas haya sido ganado por los objetivos de inflación anunciados por el Banco de la República, sobre esto indaga el Modelo A2.

#### *4.1.2 Modelo A2: Anclaje de las expectativas respecto a factores institucionales*

Un supuesto razonable parece ser que ni los individuos ni las firmas pueden prever de manera completamente acertada horizontes temporales tan extensos e inciertos como 5 o 10 años, la más reciente crisis generada por la pandemia de la Covid-19 ha sentado un precedente sobre el alcance de nuestras previsiones y de las propias respuestas de política. Por ello, la credibilidad de

---

<sup>24</sup> Anexo A. Gráficas 6-8, 6-9 y 6-10.

la política monetaria resulta relevante, sobre todo, por su efecto en las expectativas de corto plazo con las que es más posible que se elaboren los planes y se tomen decisiones (Fuhrer, 2011).

El Modelo A2 a través de la Ecuación 3-4 relaciona las desviaciones de las expectativas de inflación respecto a la meta de inflación anunciada por el Banco de la República ( $\pi_t^e - \pi^*$ ) con las desviaciones de la inflación efectiva respecto a la misma meta ( $\pi_t - \pi^*$ ). El parámetro " $\gamma$ " refleja la sensibilidad del primer tipo de desviación respecto al segundo. En este sentido, la estimación permite evidenciar el grado de anclaje de las expectativas de inflación en relación con la meta de inflación fijada por la autoridad monetaria.

$$\pi_t^e - \pi^* = \alpha + \gamma(\pi_t - \pi^*) + \varepsilon_t \quad 4-4$$

Al igual que el Modelo A1, lo deseable en términos de anclaje de las expectativas y credibilidad de la política monetaria, es que los coeficientes estimados sean bajos. Un coeficiente  $\gamma$  cercano a cero indica que las expectativas de inflación son menos sensibles al nivel de inflación efectivo y por lo tanto están más ancladas y un  $\alpha$  pequeño da cuenta de unas expectativas de inflación centradas cerca del nivel meta anunciado por la autoridad monetaria.

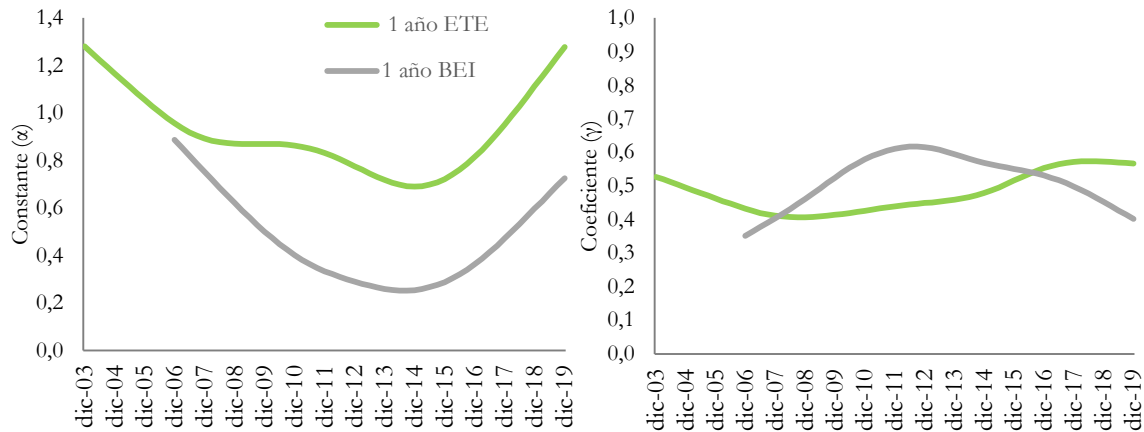
Aunque los coeficientes para ambos modelos son significativos (ver Anexo A- Tabla 6-2), nuevamente el modelo con mejor ajuste es el que emplea expectativas ETE. Sin embargo, el modelo con expectativas de mercado (BEI) muestra una constante  $\alpha$  bastante inferior respecto al modelo con expectativas ETE.

En promedio, para todo el periodo y ambos tipos de expectativas, una desviación de un punto porcentual (pp) de la inflación trimestral respecto a la meta de política, se traduce en una desviación de 0,48 pp de las expectativas de inflación trimestral de la meta anunciada por el Banco de la República. En ausencia del efecto de la inflación ( $\gamma$ ), las expectativas BEI se desvían de la meta en promedio 0,55 pp mientras las expectativas ETE 0,97 pp. Lo que indica unas expectativas ETE más estables pero muy sensibles.

Se verificó el comportamiento de las variables a través del tiempo, con una ventana móvil de 16 trimestres como en el caso del Modelo A1. La Gráfica 4-2 muestra los resultados. Ambas medidas de expectativas evidencian una relación más o menos estable con la inflación efectiva, pero la evolución del término constante parece ajustarse mejor y descender de manera más pronunciada

con las expectativas de mercado (BEI), lo que implicaría una convergencia más próxima de las expectativas respecto a la meta.

Gráfica 4-2. Modelo A2: anclaje de las expectativas de un año – *rolling regression* 16 trimestres



**Nota:** La gráfica corresponde a la tendencia de las series originales, estimadas por Filtro Hodrick y Prescott. Las series originales están en el Anexo A (Gráfico 6-2).

El comportamiento a lo largo del tiempo muestra que la sensibilidad de las expectativas ETE ante las desviaciones de la inflación respecto a la meta venía reduciéndose hasta 2007 y se estabilizó entre 2008 y 2014. En 2015 el anclaje de las expectativas parece reducirse y se estabiliza luego de 2017 en un nivel similar al de principios de los 2000.

El choque inflacionario ocurrido entre finales de 2014 y mediados de 2016, con la coincidencia de la caída internacional de los precios del petróleo, la lenta recuperación y posterior desaceleración de la demanda externa, el Fenómeno del Niño y el Paro Camionero, parece haber frenado la convergencia de las expectativas de inflación hacia el ancla nominal anunciada como meta de política por el Banco de la República. Esta conjunción de choques de oferta tuvo un impacto más fuerte sobre las expectativas de inflación que el generado por la Gran Recesión de 2008. Sin embargo, a pesar de que las expectativas de inflación (ETE) llegaron a estar cerca de 3 puntos porcentuales por encima del objetivo de política, volvieron a situarse dentro del rango meta en un periodo de tiempo relativamente corto (7 trimestres).<sup>25</sup>

<sup>25</sup> Las expectativas de mercado (BEI a un año) alcanzaron su máximo nivel en marzo de 2016 con un 5,14% y estuvieron por fuera del rango meta 6 trimestres.

Al replicar el ejercicio para las expectativas de largo plazo, aunque el modelo parece perder bondad de ajuste, los coeficientes se mantienen significativos y cada vez más bajos. Lo que podría interpretarse, como una menor dependencia de la inflación futura respecto a las variaciones de la inflación presente<sup>26</sup>. Sin embargo, tanto para las expectativas de mercado de 5 años como para las de 10 años, el término constante toma valores más altos y su comportamiento parece ser inverso al que muestran las expectativas de corto plazo<sup>27</sup>.

En general, los resultados coinciden con los planteamientos de Gamba et al., (2016) que indican que el ancla de las expectativas de inflación ha venido disminuyendo y acercándose a la tendencia de la meta de inflación anunciada por el Banco de la República. Reflejado en la reducción marcada del coeficiente  $\alpha$ . Aunado a ello, la menor persistencia de la inflación pasada sobre la formación de las expectativas podría respaldar la idea de que el país ha venido ganando credibilidad en su política monetaria. Sin embargo, lo que indica esta primera exploración es que desviaciones de la inflación efectiva respecto la meta de política tienen hoy la misma incidencia en las desviaciones de las expectativas de inflación en relación con la meta, que tenían en el año 2000. De igual manera los choques transitorios parecen aun tener efectos importantes sobre la formación de las expectativas de corto plazo lo que podría indicar unas expectativas por ahora débilmente ancladas (Vargas-Herrera, 2016).

Es importante tener en cuenta, que las presiones inflacionarias de 2016 estuvieron vinculadas a la coincidencia de varios choques de oferta, que afectaron los precios y las expectativas pero también desaceleraron la demanda interna, que pudo verse afectada además, por las alzas en las tasa de interés prematuras del Banco de la República realizadas entre abril y septiembre de 2014 cuando la inflación se situaba en promedio en 2,7% desde junio de 2009 y las expectativas de corto plazo estaban controladas con valores cercanos al 3%<sup>28</sup>.

Los informes de Política Monetaria del Banco de la República<sup>29</sup> entre 2015 y 2016 insistían en la transitoriedad de las presiones inflacionarias, sin embargo la tasa de interés de política aumentó

---

<sup>26</sup> Las expectativas a 10 años se alejaron solo 0,31pp del límite superior del rango meta (4%) durante 4 trimestres. En el caso de las expectativas de 5 años la desviación duró solo dos trimestres y rondó los 0,37pp.

<sup>27</sup> Anexo A. Tabla 6-3, Gráfica 6-3.

<sup>28</sup> Banco de la República (2014a, 2014b, 2014c).

<sup>29</sup> Banco de la República (2015a, 2015b, 2015c, 2015d) y Banco de la República (2016a, 2016b, 2016c, 2016d)

350 puntos básicos en menos de 11 meses, golpeando la demanda ya relativamente débil. Acciones que incluso hoy pueden estar teniendo consecuencias sobre el PIB y el empleo. La demanda para finales de 2019 no había logrado retornar a niveles precrisis y ya enfrentaba las tensiones comerciales entre Estados Unidos y China, presiones adicionales sobre el tipo de cambio en el último trimestre del año y el inicio del 2020 con una nueva caída de los precios del petróleo. Cabe preguntarse en línea con lo planteado por Caldentey & Vernengo (2019), si ante la imposibilidad de prever todas las contingencias, y las restricciones externas e internas sobre la economía, debemos replantear la prioridad que le damos a las variables reales sobre las nominales, más aun, cuando estas últimas parecen estar controladas y haber ganado terreno.

#### 4.1.3 Modelo A3: Curva de Phillips Simple

La cuestión anterior se trata a través de la Ecuación 3-5 que describe la relación de inflación – desempleo en el corto plazo planteada por Friedman (1968,1977) y Phelps (1967,1968). En la que el cambio en los precios ( $\pi_t$ ) es función de las expectativas de inflación ( $\pi_t^e$ ) y el desempleo cíclico, esta última definida como la diferencia entre la tasa efectiva de desempleo ( $u_t$ ) y su tasa natural ( $u^n$ ).

$$\pi_t = \lambda \pi_t^e - \theta(u_t - u^n) + \varepsilon_t \quad 4-5$$

A diferencia del modelo original en el que se asumen expectativas adaptativas en función de la inflación pasada, la estimación recurre a las expectativas de los analistas de diferentes sectores de la ETE y a las expectativas de mercado BEI, ambas a un año, como medida de las expectativas de inflación futura. Por su parte, el desempleo cíclico se estima como la diferencia de la tasa efectiva de desempleo y las cuatro medidas de la tasa de desempleo natural presentadas en el Capítulo 3, que corresponden a diferentes grados de flexibilidad en los supuestos sobre el cambio de la tasa a través del tiempo. Retomando la discusión keynesiana sobre la existencia de histéresis en el mercado laboral y la posibilidad de tener tasas de desempleo de largo plazo variables en el tiempo (Caldentey et al., 2020).

Al estimar las combinaciones del modelo se obtuvieron ocho cruces posibles. Se estimó para cada uno de ellos el coeficiente AIC con el fin de seleccionar el mejor modelo y verificar cuales



series y combinaciones proporcionan una mejor estimación<sup>30</sup>. Para todas las estimaciones las expectativas de inflación, independientemente de la medida, son significativas. Por su parte, la relación entre inflación y desempleo es significativa para 5 de los 8 modelos planteados. En el caso de los modelos construidos a partir de la tasa de desempleo natural por el filtro de Kalman, los coeficientes además de no ser significativos son positivos para los dos tipos de expectativas de inflación.

Al comparar los modelos por tipo de expectativa, aquellos que relacionan la inflación con las expectativas de los analistas ETE resultan ajustarse mejor para todas las medidas de tasa natural de desempleo en comparación con los valores obtenidos a partir de las expectativas de mercado (BEI).<sup>31</sup>

Por último, los resultados de la estimación de los Modelos A3 muestran que construir la Curva de Phillips de corto plazo, asumiendo una tasa de desempleo de largo plazo más rígida, limita el grado de sensibilidad de la inflación respecto del desempleo cíclico, con independencia del tipo de expectativas que se utilicen.

Los modelos en los que el desempleo de largo plazo se estima con el filtro de Hodrick y Prescott presentan un coeficiente  $\theta$  más alto que el resto de las estimaciones. Específicamente para las últimas décadas, asumiendo una economía cerrada, cada punto porcentual adicional en el desempleo cíclico (tasa de desempleo efectiva por debajo de su tasa de largo plazo) implica una reducción en la inflación trimestral de entre 0,32% y 0,49% según el tipo de expectativas. En suma, los resultados indican que la relación entre inflación y desempleo continúa estando presente en la economía colombiana.

#### 4.1.4 Modelo A4: Curva de Phillips Abierta

El Modelo A3 es un caso específico del Modelo A4 descrito por la Ecuación 3-6, que incorpora además de las expectativas de inflación y el desempleo cíclico, un término que da cuenta de la influencia los factores externos sobre la dinámica interna de los precios a través de la inflación

---

<sup>30</sup> Anexo A. Tabla 6-4, Tabla 6-5.

<sup>31</sup> En términos de su AIC menor y  $R^2$ .

del precio relativo de las importaciones (PRI). El AIC calculado para los dos conjuntos de modelos (A3 y A4) permite su comparación y evidencia el efecto sobre su ajuste al incluir el PRI. El planteamiento del Modelo A4 es necesario además, porque su estimación genera los valores con los que se inicializa la estimación no lineal de la Curva de Phillips.

$$\pi_t = \lambda\pi_t^e + \theta(u_t - u^n) + \mu\pi_t^m + \varepsilon_t \quad 4-6$$

Se toman nuevamente las medidas ETE y BEI a un año, como métrica de las expectativas de inflación. Así mismo, para el caso del desempleo cíclico, los modelos se construyen con las medidas provenientes del Filtro de Hodrick y Prescott y el promedio fijo y móvil de 16 trimestres como aproximaciones del desempleo de largo plazo, sin embargo, se descarta el uso de la medida obtenida por el filtro de Kalman.

Tanto las expectativas ETE como BEI son significativas para todos los modelos sin importar la medida de desempleo cíclico. El coeficiente  $\theta$ , que corresponde a la pendiente de la curva de Phillips, y relaciona el desempleo cíclico con la inflación, resulta significativo en las estimaciones con expectativas ETE para las tres medidas de desempleo de largo plazo empleadas. En el caso de las expectativas de mercado (BEI), la estimación de  $\theta$  a partir del promedio móvil de 16 trimestres sigue sin ser significativa<sup>32</sup>.

Nuevamente los modelos estimados con las expectativas ETE parecen ajustarse mejor sin importar la medida de desempleo cíclico usada o la introducción del precio de las importaciones. El coeficiente de la inflación del PRI ( $\mu$ ) es positivo para todas las estimaciones pero no es significativo en ningún caso. El ajuste de los modelos no parece verse afectado de forma relevante al incluir la variable. La .

Tabla 4-1 compara los AIC, el  $R^2$  y el error estándar para los diferentes modelos A3 y A4.

En términos generales el mejor modelo de acuerdo con su AIC es el que emplea expectativas de inflación ETE, desempleo cíclico a partir del filtro de Hodrick y Prescott como *proxy* para el desempleo de largo plazo y en el que se incluyen los efectos del sector externo sobre los precios internos a través de la inflación del precio relativo de las importaciones. Modelo A4\* en adelante.

---

<sup>32</sup> Anexo A. Tablas 6-6, 6-7.

Se evaluaron los supuestos de normalidad, autocorrelación y homocedasticidad del Modelo A4\*.<sup>33</sup> Los resultados de las pruebas estadísticas indican que la distribución de los residuos es normal y que no existe presencia de heterocedasticidad. Sin embargo, parece que el modelo tiene un problema de autocorrelación que se corrige calculando los parámetros a través de una estimación robusta de la matriz de varianzas y covarianzas de las variables. Se utilizan residuos robustos HAC<sup>34</sup>. Esto no incide en los valores de los coeficientes para ninguna de las tres variables independientes, no altera su significancia y no modifica de forma sustancial el error estándar asociado a cada coeficiente.

Tabla 4-1. Resumen comparación Modelos A3 y A4

Modelo A3								
Coeficientes	Expectativas ETE un año				Expectativas BEI un año			
	P. Fijo 16 trim	P. Móvil 16 trim	Hodrick-Prescott	Kalman	P. Fijo 16 trim	P. Móvil 16 trim	Hodrick-Prescott	Kalman
Expectativas	0,696***	0,702***	0,709***	0,713***	0,754***	0,740***	0,745***	0,749***
D. Cíclico	-0,204***	-0,147**	-0,492***	0,084	-0,169**	-0,114	-0,341**	0,187
P. Importaciones	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
Medidas de ajuste								
R2 ajustado	0,958	0,954	0,958	0,915	0,948	0,946	0,947	0,944
Error Std.	0,798	0,824	0,787	0,845	0,874	0,892	0,887	0,902
AIC	-34,21	-29,07	-34,95	-25,07	-19,59	-16,33	-18,79	-14,45
Modelo A4								
Coeficientes	Expectativas ETE un año				Expectativas BEI un año			
	P. Fijo 16 trim	P. Móvil 16 trim	Hodrick-Prescott	Kalman	P. Fijo 16 trim	P. Móvil 16 trim	Hodrick-Prescott	Kalman
Expectativas	0,697***	0,703***	0,710***	N.A	0,753***	0,741***	0,747***	N.A
D. Cíclico	-0,212***	-0,158**	-0,491***	N.A	-0,179**	-0,127	-0,338**	N.A
P. Importaciones	0,030	0,029	0,020	N.A	0,039	0,036	0,028	N.A
Medidas de ajuste								
R2 ajustado	0,957	0,954	0,957	N.A	0,948	0,945	0,947	N.A
Error Std.	0,796	0,788	0,789	N.A	0,870	0,896	0,878	N.A
AIC % PRI	-33,6	-28,26	-36,33	N.A	-19,37	-15,36	-17,87	N.A

**Nota 1:**

\*p<0.1; \*\*p<0.05; \*\*\*p<0.01

**Nota 2:** La metodología *backward* implica la estimación del mejor modelo conforme se eliminan variables, si esto permite la reducción del AIC. El coeficiente AIC indica un mejor ajuste cuando es menor, en caso de ser negativo, entonces será mejor cuanto más negativo sea. Como el Modelo A3 es un caso específico del Modelo A4 la estimación de sus AIC da cuenta del uso de la metodología *backward* para selección de variables.

<sup>33</sup> El Anexo A presenta el resumen y resultado de las pruebas estadísticas aplicadas y las salidas del análisis gráfico de los supuestos abordados (Tabla 6-8, Gráficas 6-4, 6-5 y 6-6).

<sup>34</sup> Por sus siglas en inglés "Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent (HAC) Covariance Matrix Estimation". Anexo A (Tablas 6-9, 6-10).

A partir de esto, se construyó una *rolling regression* en ventanas móviles de 16 trimestres para todo el periodo, con el fin de evidenciar la evolución de los parámetros a lo largo del tiempo.<sup>35</sup> La Gráfica 4-3, muestra la dinámica de los coeficientes  $\lambda$  y  $\theta$  de la curva de Phillips por décadas. La dependencia de la inflación respecto de las expectativas de largo plazo parece estar ahora en su punto más alto. Mientras la relación entre inflación y desempleo cíclico se profundiza de forma continua a lo largo del periodo. A partir de estas estimaciones se toman las condiciones iniciales para construir el modelo no lineal que incluye además el efecto de las expectativas pasadas.

Gráfica 4-3. *Coefficientes dinámicos de la curva de Phillips abierta*



**Nota:** las series fueron suavizadas a partir de su tendencia mediante la aplicación del filtro de Hodrick y Prescott.

## 4.2 Modelo no lineal

Partiendo de los resultados y coeficientes obtenidos en el Modelo A4\* en la sección anterior, se estimó el modelo no lineal especificado por la ecuación 3-1. Se utilizaron las medidas de expectativas de inflación ETE a un año, la inflación pasada, el desempleo cíclico construido a partir de la medida de largo plazo obtenida mediante el filtro de Hodrick y Prescott y el precio relativo de las importaciones.

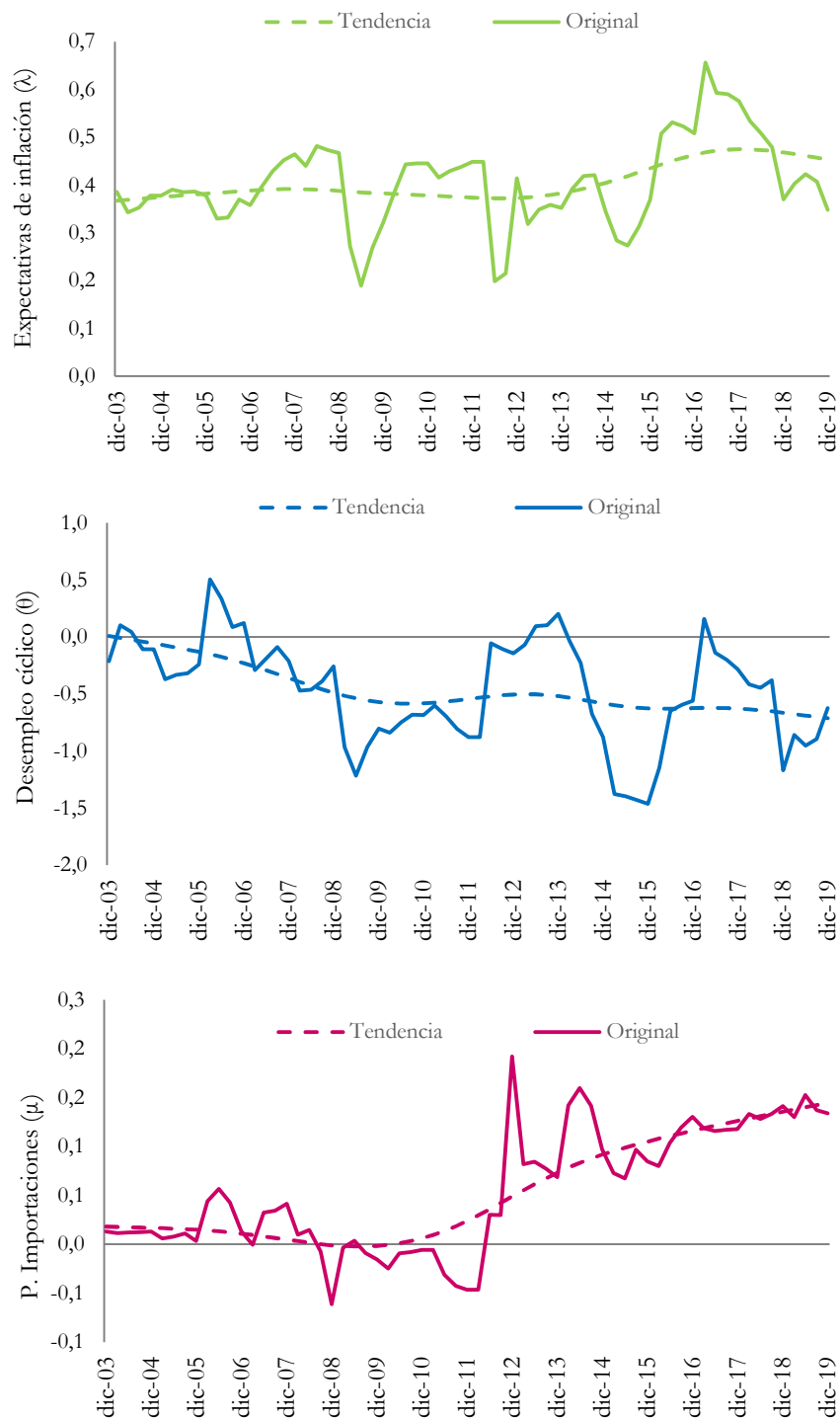
$$\pi_t = \lambda_t \pi_t^e + (1 - \lambda_t) \pi_{t-1}^* - \theta_t (u_t - u_t^*) + \mu_t \pi_t^m + \varepsilon_t \quad 3-1$$

<sup>35</sup> El Anexo A en la Gráfica 6-7 presenta la evolución de los parámetros producto de las estimaciones. La Tabla 6-11 resume el error estándar de cada uno de los coeficientes y el  $R^2$  para la totalidad de regresiones.

En la metodología de referencia se recurre a la estimación del modelo a través del uso de un filtro de Kalman Extendido, que permite encontrar los parámetros en cada momento del tiempo y además estima de forma recursiva la tasa natural de desempleo, que asume como una variable no observable. El proceso es costoso en términos matemáticos, cómo se muestra en el Anexo A, y puede complejizar en exceso la estimación sin mejoras sustanciales en la medición. Blanchard et al., (2015) enfrentan este problema. Al estimar la curva de Phillips para un panel de 20 países utilizando el filtro de Kalman no lineal, obtienen coeficientes  $\theta_t$  no significativos. La crítica de Laurence Ball sobre la excesiva sofisticación en la estimación y los ajustes deficientes del modelo los llevó a implementar regresiones simples que arrojaron resultados más coherentes y coeficientes significativos para la relación inflación – desempleo, que el filtro había subestimado.

Una de las posibles explicaciones para este fenómeno, es que al calcular la tasa de desempleo de largo plazo mediante el filtro de Kalman, el algoritmo puede no lograr la correcta identificación sobre si el cambio a través del tiempo en la relación entre inflación y desempleo cíclico proviene de variaciones en el parámetro o de cambios en la tasa natural, lo que puede conducir a subestimar la significancia del parámetro atribuyendo la variabilidad a los cambios en la tasa de desempleo de largo plazo. El desempleo de largo plazo calculado por el filtro de Kalman como la tendencia de la tasa de desempleo efectiva sigue muy de cerca el comportamiento de esta última, lo que podría resultar en una brecha del desempleo mínima y con poca incidencia sobre la inflación. La sección 4.2.3 evidenció que la medida de desempleo de largo plazo menos significativa y más pequeña fue aquella extraída a partir del filtro de Kalman.

Sin embargo, atendiendo los resultados de López. & Misas. (1998), Gómez & Julio (2000), Nigrinis (2004) y Vargas-Herrera, (2016) que han mostrado la no linealidad en la curva de Phillips en el país y teniendo en cuenta que esta característica implica que los costos de la desinflación tienden a ser más altos cuando el desempleo es mayor, este documento aunque incluyó la no linealidad en la estimación no recurrió al uso del filtro de Kalman Extendido para la estimación de los parámetros variables en el tiempo. En lugar de ello, el modelo se estimó a través mínimos cuadrados no lineales y sobre estos se generó una *rolling regression* en ventanas móviles de 16 trimestres que, desde marzo de 2003 hasta diciembre de 2019, arrojó los parámetros para cada uno de los trimestres. Las Gráficas 4-4 y 4-5 muestran la estimación de los coeficientes móviles para todo el periodo y por décadas.

Gráfica 4-4. *Curva de Phillips no lineal – coeficientes a través del tiempo*<sup>36</sup>

**Nota:** La tendencia se calcula a partir de un Filtro Hodrick y Prescott.

<sup>36</sup> El Anexo A (Tabla 6-12) muestra los errores estándar y el  $R^2$  para cada una de las 68 *rolling regression*.

Los resultados muestran que la influencia de las expectativas de inflación sobre la determinación de la inflación ( $\lambda$ ) ha sido más bien estable los últimos 20 años. Siendo constante entre 2000 y 2006, decreciendo entre 2007 y 2010 y aumentado hasta 2015 cuando se estabilizó. Un parámetro  $\lambda$  en aumento y una menor persistencia de la inflación pasada sobre las expectativas pueden indicar una mayor credibilidad de la política monetaria, sin embargo el avance en este propósito parece ser lento.

La influencia indirecta de la inflación pasada sobre la inflación presente a través de su efecto sobre la formación de expectativas parece haberse reducido con el paso del tiempo como lo evidenció el Modelo A1. Sin embargo, el efecto directo es todavía importante. Mientras en la medición del modelo A4\* anterior, el  $\lambda$  tuvo un valor de 0,71 para el periodo completo, al incorporar la medida de la inflación pasada como “ $1 - \lambda$ ” la estimación del parámetro se redujo a 0,40.<sup>37</sup>

La importancia de las expectativas que no dependen de su pasado aumentó luego de los destinos choques de oferta ocurridos entre 2014 y 2015 y coincidió con la reducción del efecto de la inercia inflacionaria en la formación de las expectativas que se empezó a evidenciar en 2016. Dos momentos en las últimas décadas parecen ser relevantes para explicar la evolución del anclaje de las expectativas de inflación y con ello de la credibilidad de la política monetaria.

Entre marzo de 2006 y junio de 2008, justo antes de que se materializaran las consecuencias de la crisis financiera internacional, la economía colombiana crecía a niveles de 6,4%, el precio del barril de petróleo Brent era de 78,8 USD llegando a los 132 USD por barril en julio de 2008, el peso se había apreciado cerca de un 30% en esos dos últimos años y el desempleo había llegado al 11,5% luego de estar en 19% a principios del 2000. La inflación entonces estuvo fuera del rango meta entre marzo de 2007 y 2009 y regresó abruptamente por debajo del objetivo de inflación debido a los efectos de la Gran Recesión que alcanzaron a las economías latinoamericanas.

Desde junio de 2009 hasta diciembre de 2014 tanto las expectativas como la inflación no solo estuvieron dentro del rango meta sino incluso por debajo de la meta puntal. Fueron las turbulencias externas, sobre todo las relacionadas con la desaceleración de la demanda, la

---

<sup>37</sup> Ver Anexo A – Tabla 6-13.

incertidumbre en los mercados globales y la caída de los precios del petróleo<sup>38</sup>, las que desencadenaron la fuerte devaluación del peso colombiano y que posteriormente, al conjugarse con algunos factores internos, terminaron nuevamente en un incumplimiento del objetivo de inflación del Banco de la República esta vez solo por 7 trimestres.

Aunque la economía se recuperó relativamente rápido de los estragos de 2008, y aun cuando las condiciones por el lado de la demanda parecían sólidas, la inflación no se salió de su cauce por cerca de 6 años. Fueron factores de oferta y no de demanda los responsables de las presiones sobre los precios que llevaron nuevamente a la inflación y a las expectativas fuera del rango meta en 2015. Ante lo cual una estrategia de comunicación más efectiva podría haber evitado las acciones de política monetaria restrictiva frente a los choques de carácter transitorio, como lo sugieren Carriere-Swallow et al. (2016) evitando los efectos negativos posteriores sobre el PIB.

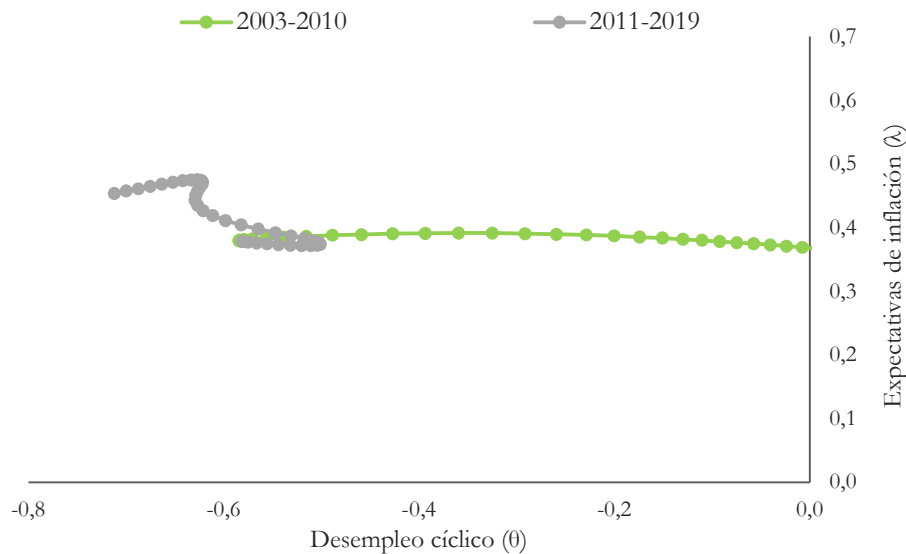
Los datos y las estimaciones parecen apuntar a que en nuestro caso, la influencia del pasado en la formación de las expectativas venía reduciéndose los primeros años luego de la adopción de inflación objetivo coincidiendo con la literatura previa, se estabilizó entre 2009 y 2014 cuando lo habitual en la economía eran inflaciones bajas y alineadas con la meta de inflación y terminó por aumentar entre 2014 y 2017 cuando la inflación empezó a ser inusualmente alta. Se reduce nuevamente en los últimos dos años, cuando el banco ha logrado estabilizar la inflación.

Por su parte, el coeficiente del desempleo cíclico muestra que, contrario a lo que se podría esperar y a lo ocurrido en otros países de la región como los evaluados por Caldentey et al. (2020), la relación entre inflación y desempleo se ha venido fortaleciendo a lo largo de los últimos 20 años, luego de la implementación del esquema de inflación objetivo. Mientras entre 2000 y 2010  $\theta$  tenía un valor promedio de 0,2 entre 2011 y 2019 el valor llegó a 0,5. Este comportamiento se mantiene, sin importar las medias de desempleo de largo plazo usadas. Hoy, un punto adicional en el desempleo es más costoso en términos de inflación que hace una década. El *trade-off* de corto plazo entre inflación y desempleo en el país se ha fortalecido.

---

<sup>38</sup> A pesar de haber caído un 70% entre julio y diciembre de 2008, mostraron una rápida recuperación y se mantuvieron en promedio en 95 dólares entre 2009 y 2014.



Gráfica 4-5. *Coefficientes dinámicos de la curva de Phillips abierta*

Sobre esto, la crisis de 1998 causó estragos en la tasa de desempleo del país, que pasó de un 8,9% en 1995 a 19,5% en 1999. El país ha tardado más de 20 años en lograr nuevamente tasas de desempleo de un dígito.<sup>39</sup> Sin embargo, para 2019 el desempleo ha vuelto a niveles de 11,2%. La tasa de desempleo en el país se ha estabilizado muy lentamente y parece no responder por completo al comportamiento del PIB. Mientras en 1991 el coeficiente de correlación entre el crecimiento del PIB y la tasa de desempleo era -0,96, en 2010 era -0,48 y para cierre de 2019, 0,49. La relación entre mayor producción y menor desempleo parece haberse diluido las dos últimas décadas.

En cuanto al precio relativo de las importaciones, el coeficiente  $\mu$  muestra una incidencia positiva sobre la inflación que ha venido aumentando a lo largo de los últimos 20 años, en línea con lo que sugieren Helbling et al., (2006). Parece que a pesar de la mayor apertura comercial y financiera de la economía, de la importancia de la política macro-prudencial, característica de los hacedores de política en el país, el canal externo no tiene mayor incidencia en la determinación de la inflación interna.

Las estimaciones muestran que el ajuste de los modelos no cambia de forma significativa al incluir el precio relativo de las importaciones. Y que el coeficiente no contribuye a explicar la inflación interna en ninguna de las estimaciones propuestas. Ante la aparente desconexión de la

<sup>39</sup> Entre 2014 y 2016 cuando el desempleó fue en promedio el 9,8%.

dinámica interna respecto a los factores externos y de globalización, y el fortalecimiento de la relación inflación – desempleo, el país parece hoy, ajustarse bien a la descripción de una economía cerrada. Estos resultados complementan las conclusiones de Hamann et al., (2014) quienes encuentran un traspaso más bien silencioso de la depreciación nominal hacia la inflación y un impacto directo nulo del tipo de cambio real en la actividad económica agregada.

Algunas posibles explicaciones para este último resultado pueden relacionarse con que si bien en el país el sector externo es importante está lejos de tener la importancia de nuestros pares de la región. En el 2019 el coeficiente de apertura comercial ( $X+M/PIB$ ) de Colombia según los datos disponibles en el Banco Mundial fue de 38,1%. El promedio de América Latina y el Caribe 46%. Chile presenta una apertura del 57% y México del 78%. El peso de la actividad comercial en el país aún es relativamente reducido.

Por otro lado, la literatura también muestra que el efecto de la tasa de cambio nominal no es directo sobre la inflación. Según el DANE nuestra canasta importadora se compone en un 30% de bienes de capital y un 45% bienes intermedios, solo un 24% de la canasta importadora corresponde a bienes de consumo. Es decir que en casos de depreciación como lo más recientes, son los costos de producción los más afectados y no los precios del consumidor. Esto podría explicar la aparente desconexión entre el PRI y el proceso inflacionario.

Al respecto, Rincón-Castro & Rodríguez-Niño (2016), quienes examinan la transmisión de choques en el tipo de cambio nominal sobre el precio de las importaciones de bienes de capital, el precio de las importaciones de bienes de consumo y sobre el IPC, encuentran que “la transmisión de las perturbaciones repentinas de la tasa de cambio sobre los precios es incompleta, endógena, no lineal y asimétrica.”. Ni siquiera en los precios de los bienes importados la transmisión de una depreciación de la tasa de cambio nominal se transfiere uno a uno.

Finalmente es importante anotar, que tal como se plantea el marco teórico de este documento, la curva de Phillips no involucra de forma directa la influencia del sector financiero en la explicación inflacionaria y podría ser este el mecanismo de transmisión que dé cuenta de los efectos del sector externo sobre los precios internos.

### 4.3 Resumen de los resultados

Los principales resultados de los modelos desarrollados en las secciones anteriores se resumen en la Tabla 4-2.

Tabla 4-2. *Principales resultados para los modelos estimados*

Resultados
<p>A1: <math>\pi_t^e = \alpha + \beta\pi_{t-1}^* + \varepsilon_t</math> 4-1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El término constante (<math>\alpha</math>) muestra una tendencia decreciente a partir de 2008 que se prolonga hasta comienzos del 2015, año en el que comiza a aumentar para todos los plazos.</li> <li>La sensibilidad (<math>\beta</math>) de las expectativas de inflación ante la inflación pasada para todos los plazos ha venido disminuyendo.</li> <li>Aunque aún importante, la dependencia de las expectativas de inflación respecto a la inflación pasada parece haberse reducido luego de la adopción del esquema de inflación objetivo y ello se profundiza conforme aumentan los plazos de pronóstico.</li> </ul>
<p>A2: <math>\pi_t^e - \pi^* = \alpha + \gamma(\pi_t - \pi^*) + \varepsilon_t</math> 4-2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>En promedio, para todo el periodo y ambos tipos de expectativas, una desviación de un punto porcentual (pp) de la inflación trimestral respecto a la meta de política, se traduce en una desviación de 0,48 pp de las expectativas de inflación trimestral de la meta anunciada por el Banco de la República.</li> <li>Los resultados coinciden con los planteamientos de Gamba et al., (2016) que indican que el ancla de las expectativas de inflación ha venido disminuyendo y acercándose a la tendencia de la meta de inflación anunciada por el Banco de la República. Reflejado en la reducción marcada del coeficiente <math>\alpha</math>.</li> <li>Desviaciones de la inflación efectiva respecto la meta de política tienen hoy la misma incidencia en las desviaciones de las expectativas de inflación en relación con la meta, que tenían en el año 2000.</li> </ul>
<p>A3: <math>\pi_t = \lambda\pi_t^e + \theta(u_t - u^n) + \varepsilon_t</math> 4-3</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Para todas las estimaciones las expectativas de inflación, independientemente de la medida, son significativas.</li> <li>Construir la curva de Phillips de corto plazo, asumiendo una tasa de desempleo de largo plazo más rígida, limita el grado de sensibilidad de la inflación respecto del desempleo cíclico, con independencia del tipo de expectativas que se utilicen.</li> <li>Para las últimas décadas, asumiendo una economía cerrada, cada punto porcentual adicional en el desempleo cíclico implica una reducción en la inflación trimestral de entre 0,32% y 0,49% según el tipo de expectativas.</li> <li>La relación entre inflación y desempleo continúa estando presente en la economía colombiana.</li> </ul>
<p>A4: <math>\pi_t = \lambda\pi_t^e + \theta(u_t - u^n) + \mu\pi_t^m + \varepsilon_t</math> 4-4</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tanto las expectativas ETE como BEI son significativas para todos los modelos sin importar la medida de desempleo cíclico.</li> <li>El coeficiente de la inflación del PRI (<math>\mu</math>) es positivo para todas las estimaciones pero no es significativo en ningún caso.</li> </ul>

---

### Resultados

---

- El mejor modelo de acuerdo con su AIC es el que emplea expectativas de inflación ETE, desempleo cíclico a partir del filtro de Hodrick y Prescott como *proxy* para el desempleo de largo plazo y en el que se incluyen los efectos del sector externo sobre los precios internos a través de la inflación del precio relativo de las importaciones.
  - La dependencia de la inflación respecto de las expectativas de largo plazo parece estar ahora en su punto más alto. Mientras la relación entre inflación y desempleo cíclico se profundiza de forma continua a lo largo del periodo.
- 

$$B: \pi_t = \lambda_t \pi_t^e + (1 - \lambda_t) \pi_{t-1}^* - \theta_t (u_t - u_t^*) + \mu_t \pi_t^m + \varepsilon_t \quad 3-1$$


---

- La influencia de las expectativas de inflación sobre la determinación de la inflación ( $\lambda$ ) ha sido más bien estable los últimos 20 años. Siendo constante entre 2000 y 2006, decreciendo entre 2007 y 2010 y aumentado hasta 2015 cuando se estabilizó. Un parámetro  $\lambda$  en aumento y una menor persistencia de la inflación pasada sobre las expectativas pueden indicar una mayor credibilidad de la política monetaria, sin embargo el avance en este propósito parece ser lento.
  - La influencia indirecta de la inflación pasada sobre la inflación presente a través de su efecto sobre la formación de expectativas parece haberse reducido con el paso del tiempo como lo evidenció el Modelo A1. Sin embargo, el efecto directo es todavía importante
  - La importancia de las expectativas que no dependen de su pasado aumentó luego de los destinos choques de oferta ocurridos entre 2014 y 2015 y coincidió con la reducción del efecto de la inercia inflacionaria en la formación de las expectativas que se empezó a evidenciar en 2016.
  - El coeficiente de desempleo cíclico muestra que la relación entre inflación y desempleo se ha venido fortaleciendo a lo largo de los últimos 20 años, luego de la implementación del esquema de inflación objetivo. Mientras entre 2000 y 2010  $\theta$  tenía un valor promedio de 0,2 entre 2011 y 2019 el valor llegó a 0,5. Hoy, un punto adicional en el desempleo es más costoso en términos de inflación que hace una década.
  - El coeficiente  $\mu$  muestra una incidencia positiva sobre la inflación que ha venido aumentado a lo largo de los últimos 20 años, en línea con lo que sugieren Helbling et al., (2006). Parece que a pesar de la mayor apertura comercial y financiera de la economía, y de la importancia de la política macro-prudencial, característica de los hacedores de política en el país, el canal externo no tiene mayor incidencia en la determinación de la inflación interna. Las estimaciones muestran que el ajuste de los modelos no cambia de forma significativa al incluir el precio relativo de las importaciones.
-

## 5. Conclusiones y recomendaciones

El propósito de este documento consiste en medir la credibilidad de la política monetaria y su evolución luego de la adopción del sistema de inflación objetivo través de una curva de Phillips. Para ello se plantearon 4 modelos lineales y un modelo no lineal. Que incluían diferentes medidas de expectativas de inflación y desempleo cíclico, inflación pasada e inflación del precio relativo de las importaciones.

La Gran Recesión luego de 2008 trajo de vuelta varias discusiones que parecían extintas. En Estados Unidos y algunas economías avanzadas, la pregunta sobre la forma actual de la curva de Phillips y sus implicaciones de política monetaria reaparecieron en el debate teórico. Ante la estrepitosa caída del PIB y el empleo y la espiral deflacionaria nunca ocurrida, surgió la pregunta sobre sí el paradigma aceleracionista había dejado de ser una buena explicación para el *trade-off* de corto plazo entre inflación y desempleo. Sobre todo ante la llamativa posibilidad de impulsar en mayor medida las variables reales sin un costo desafortunado en términos de precios.

La discusión ha sido retomada desde otra óptica en algunos de los países latinoamericanos, que han realizado algunos llamados para que la política monetaria pondere en mayor medida las variables reales, en países donde el empleo y el crecimiento parecen preocupaciones mayores, luego de haber estabilizado la inflación por debajo de los dos dígitos en las últimas décadas. Sin embargo, estas demandas han generado algunas reticencias por parte de quienes subrayan los efectos negativos que puede traer en términos de credibilidad y estabilidad de los precios, sobre cargar a la autoridad monetaria con múltiples mandatos. Planteando la posibilidad de que el continente regrese a la fase desarrollista en la que los bancos centrales financiaban el crecimiento a través de los gobiernos.

En el país la discusión es reciente y la literatura relacionada ha tratado explicar el proceso de formación de las expectativas y el papel de la persistencia inflacionaria sobre la inflación. Las evaluaciones sobre la credibilidad de la política monetaria son más bien escasas. En general la discusión sobre la curva de Phillips se ha centrado en el carácter adaptativo o racional de las expectativas de inflación, lo que ha terminado en explicaciones híbridas sobre la relación inflación- desempleo. El debate, en nuestro caso, se reabrió entre 2014 y 2017, periodo en el que la economía se vio sacudida por diferentes choques de oferta que situaron la inflación 3,1 puntos porcentuales por fuera del rango meta, luego de haberse mantenido dentro por más de 6 años consecutivos. Lo que generó tensiones sobre la adecuada respuesta de política ante choques de oferta de carácter transitorio, una desaceleración de la demanda interna y un repunte del desempleo.

La pregunta que surge ante estos planteamientos, en el país, es similar a la que se plantea América Latina. Si, ante la afirmación constante de la conquista de mayor credibilidad de la política monetaria, expectativas más ancladas y menos persistentes y una incidencia mayor de la demanda externa en detrimento de la interna sobre la formación de precios, existe un espacio para pensar en una política monetaria más flexible que le permita al país ponderar en sus objetivos manera más amplia la producción y el empleo.

Tres resultados importantes arrojan los modelos aquí planteados. El primero, es que tras 20 años de haber adoptado el esquema de IO, la persistencia de la inflación sobre la formación de las expectativas sigue siendo importante aunque ha venido descendiendo lentamente. Esto sumado a la mayor dependencia de la inflación respecto de las expectativas de corto y mediano plazo en detrimento del peso de la inflación inercial, apunta a una mayor credibilidad de la política monetaria. Sin embargo, ante los choques transitorios las expectativas parecen débilmente ancladas, aun cuando estas han venido convergiendo hacia el ancla nominal y la desviación respecto a la meta de inflación es cada vez menor.

El segundo, es que la curva de Phillips está presente en el país y además la relación se ha profundizado en las últimas décadas. Sin importar la medida de desempleo cíclico que se use, o el grado de flexibilidad en su evolución, el *trade-off*, está presente y se ha robustecido luego de la adopción del esquema de inflación objetivo. Según los resultados, hoy una caída en el desempleo

que reduzca el desempleo cíclico en un punto porcentual implica un aumento de 0,3 pp más en la inflación que en el 2010.

El tercero se relaciona con el papel del sector externo y la globalización como determinantes de los precios internos. La introducción de la variable del precio relativo de importación no genera cambios sustanciales en el ajuste de los modelos y no es significativa para ninguna especificación. Esto parece complementar la literatura disponible que ha mostrado una desconexión entre el sector externo y la dinámica interna de la economía y la baja incidencia de las depreciaciones nominales sobre la inflación. Sin embargo, la relación positiva encontrada parece responder bien a lo planteado en la teoría.

En suma, menor persistencia, mayor credibilidad, un *trade-off* más grande y un efecto reducido de los factores externos sobre la inflación doméstica, no coinciden en su totalidad con los elementos necesarios que se han esgrimido para demandar una mayor flexibilidad en la política monetaria. Pero esto no significa que las conquistas planteadas hasta ahora no abran una puerta. En cualquier caso, si hubiera que resolver el “dilema”, ponderar en mayor medida el objetivo del pleno empleo no debería verse con tanta aversión, finalmente el país muestra un panorama en términos de desempleo poco favorable.

Este texto recoge dos recomendaciones puntuales. Una primera medida de flexibilidad, teniendo en cuenta que, según lo aquí expuesto, los últimos dos episodios en los que la inflación se situó por fuera del rango meta fueron de carácter transitorio y no se relacionaban con presiones de demanda sino de oferta, consiste en considerar lo planteado por Blanchard, Dell’Ariccia, & Mauro (2010) y retomado más recientemente por Gómez-Pineda (2018), sobre aumentar los objetivos de inflación en un momento en el que la demanda repunte y con ello alejar la tasa de interés de política del límite cero. Advertían los autores, que aunque los objetivos de inflación en las economías emergentes son en promedio más altos que los de las economías avanzadas, una recesión o una crisis podría llevar las tasas de interés y la inflación a niveles costosos. Limitando el espacio para realizar política monetaria expansiva convencional a través de la baja en las tasas de interés. Blanchard et al. planteaban desde 2010:

“...las causas de esta crisis provenían del sector financiero, pero podrían venir de otra parte en el futuro: los efectos de una pandemia en el turismo y el comercio o ... Para ser concretos, ¿son los costos netos de la inflación mucho más altos, digamos, teniendo un objetivo del 4 por

ciento que del 2 por ciento? ¿Es más difícil anclar las expectativas al 4 por ciento que al 2 por ciento? (p.11)<sup>40</sup>

La segunda recomendación, entendiendo que en los últimos 20 años la inflación estuvo fuera del rango meta por 9 trimestres (poco más de dos años) en el caso de 2007 y 2009 y 6 trimestres en el caso de 2015 – 2017, es, siguiendo a Carriere-Swallow et al., (2016), aprovechar la relevancia de la comunicación, la rendición de cuentas y la transparencia en la que se basa la IO, para plantear horizontes de tiempo más flexibles en los que el banco central, ante choques transitorios, se comprometa a devolver la inflación a su senda normal siempre y cuando esto no implique la aceleración de la inflación.<sup>41</sup>

La situación actual plantea preguntas complejas y ha puesto a prueba las respuestas de política tradicionales. Las secuelas de esta crisis pueden ser no solo más duraderas y profundas si no que en el caso colombiano, demandan esfuerzos de política inusuales. Si no es el retorno del keynesianismo y si se ha aprendido de la historia económica, nunca hace mal nutrir la caja de herramientas de política y replantearla frente a los complejos retos podría imponer la coyuntura.

---

<sup>40</sup> Traducción.

<sup>41</sup> El Comité Política Monetaria del Banco de Inglaterra, interpreta este horizonte, como periodos de 2 a 3 años.



## 6. Anexos

### 6.1 Anexo A: Anexo Metodológico

A continuación se presentan los resultados de las estimaciones del conjunto de modelos lineales “A” y el modelo no lineal “B” planteados en los capítulos 3 y 4.

#### 6.1.1 Modelo A1

El Modelo A1 relaciona la inflación pasada con las expectativas de inflación medidas a través de las expectativas de los analistas (ETE) para un año y las expectativas de inflación de mercado (BEI) para uno, 5 y 10 años.

Tabla 6-1. Regresión lineal Modelo A1: persistencia de la inflación en las expectativas de inflación

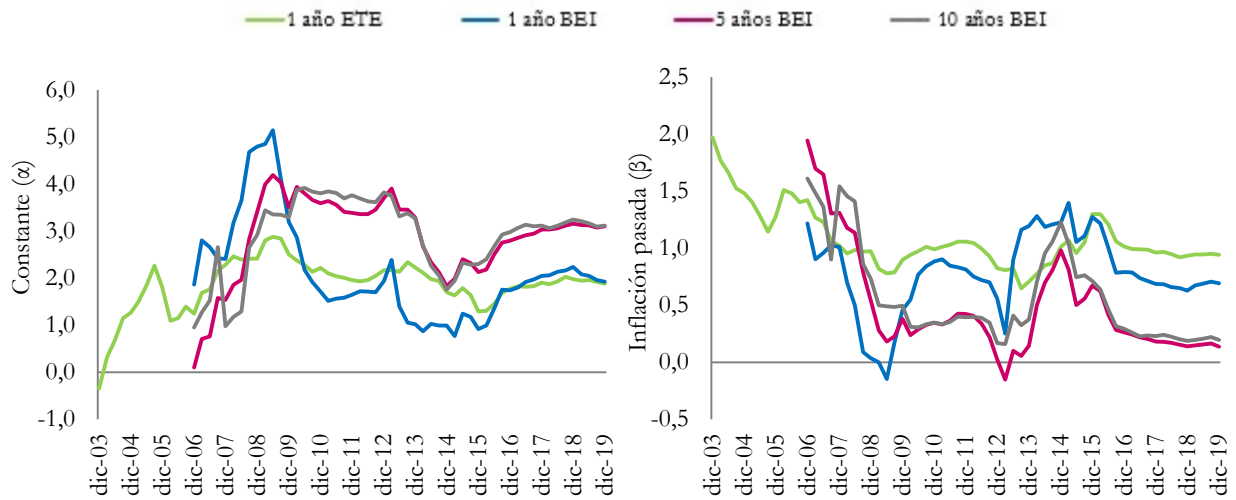
$$\text{Modelo A1: } \pi_t^e = \alpha + \beta\pi_{t-1}^* + \varepsilon_t \quad 3-3$$

Coeficientes	Variable dependiente:			
	1 año ETE (1)	1 año BEI (2)	5 años BEI (3)	10 años BEI (4)
Inflación pasada ( $\beta$ )	1.506*** (0.066)	1.120*** (0.109)	0.862*** (0.136)	0.768*** (0.123)
Constante ( $\alpha$ )	0.981*** (0.189)	1.333*** (0.274)	2.206*** (0.344)	2.568*** (0.310)
Observations	80	68	68	68
R2	0.868	0.617	0.377	0.371
Adjusted R2	0.866	0.611	0.368	0.362
Residual Std. Error	0.648 (df = 78)	0.813 (df = 66)	1.020 (df = 66)	0.921 (df = 66)
F Statistic	513.469*** (df = 1; 78)	106.190*** (df = 1; 66)	39.988*** (df = 1; 66)	38.957*** (df = 1; 66)

**Nota:**

\*p<0.1; \*\*p<0.05; \*\*\*p<0.01

Gráfica 6-1. Modelo A1: anclaje de las expectativas – rolling regression 16 trimestres. Series originales.



Las expectativas de un año de la ETE aunque más estables presenta un coeficiente  $\beta$  en promedio más alto que la medida calculada por BEI para el mismo plazo y periodo (2006 -2019), 0,98 frente a 0,78. La constante, para las expectativas de mercado de un año (BEI), es menor en promedio, que el coeficiente calculado para la serie proveniente de la ETE.

### 6.1.2 Modelo A2

Tabla 6-2. Regresión lineal Modelo A2: Anclaje expectativas de inflación (1 año)

**Modelo A2:**  $\pi_t^e - \pi^* = \alpha + \gamma(\pi_t - \pi^*) + \varepsilon_t$  3-4

	Variable dependiente:	
	Expectativas ETE (1)	Expectativas BEI (2)
Desviación inflación trimestral - meta ( $\gamma$ )	0.461*** (0.043)	0.493*** (0.067)
Constante ( $\alpha$ )	0.968*** (0.073)	0.555*** (0.093)
Observations	80	68
R2	0.591	0.449
Adjusted R2	0.586	0.441
Residual Std. Error	0.551 (df = 78)	0.714 (df = 66)
F Statistic (df = 1; 78)	112.842*** (df = 1:78)	53.887*** (df = 1:66)

**Nota:**

\* $p < 0.1$ ; \*\* $p < 0.05$ ; \*\*\* $p < 0.01$

El Modelo A2 relaciona las desviaciones de la inflación efectiva respecto a la meta establecida por la autoridad monetaria con las desviaciones de las expectativas de inflación respecto a la

meta de inflación. Se utilizan las expectativas de corto plazo tanto ETE como BEI para un año y se estiman también los resultados para horizontes de 5 y 10 años

Gráfica 6-2. *Modelo A2: anclaje expectativas de un año – rolling regression 16 trimestres. Series originales*

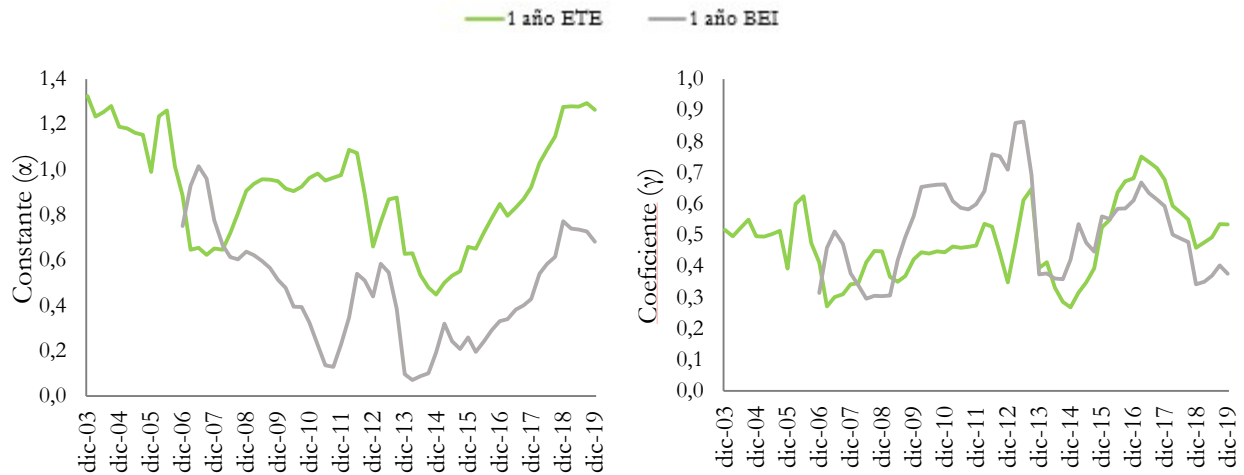


Tabla 6-3. *Regresión lineal Modelo A2: Anclaje expectativas de inflación (1, 5 y 10 años)*

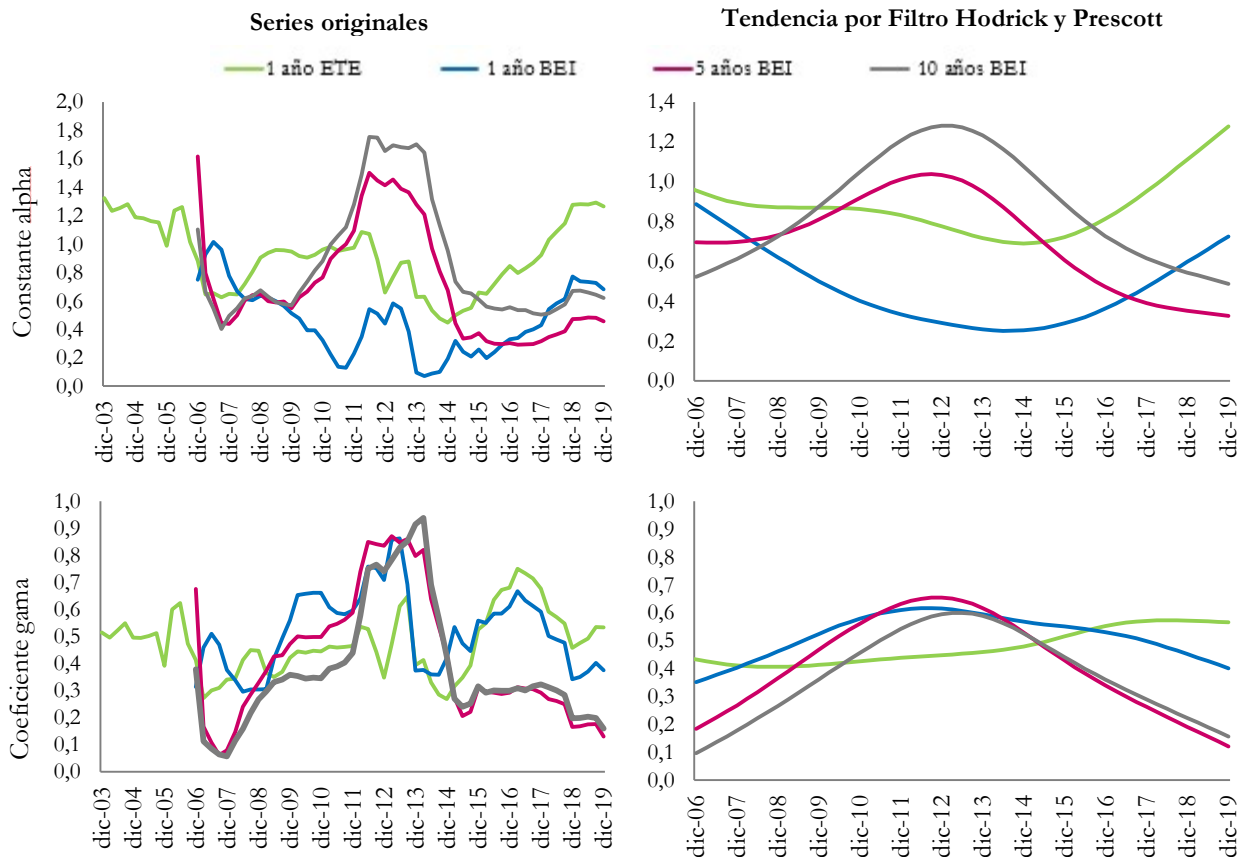
$$\text{Modelo A2: } \pi_t^e - \pi^* = \alpha + \gamma(\pi_t - \pi^*) + \varepsilon_t \quad 3-4$$

	Variable dependiente			
	1 año ETE (1)	1 año BEI (2)	5 años BEI (3)	10 años BEI (4)
Desviación inflación trimestral - meta	0.461*** (0.043)	0.493*** (0.067)	0.295*** (0.064)	0.255*** (0.060)
Constant	0.968*** (0.073)	0.533*** (0.096)	0.679*** (0.091)	0.796*** (0.086)
Observations	80	68	68	68
R2	0.591	0.449	0.244	0.213
Adjusted R2	0.586	0.441	0.232	0.202
Residual Std. Error	0.551 (df = 78)	0.714 (df = 66)	0.680 (df = 66)	0.640 (df = 66)
F Statistic	112.842*** (df = 1; 78)	53.887*** (df = 1; 66)	21.264*** (df = 1; 66)	17.910*** (df = 1; 66)

Note:

\*p<0.1; \*\*p<0.05; \*\*\*p<0.01

Gráfica 6-3. Modelo A2: anclaje de las expectativas de un año – regresión móvil 16 trimestres



### 6.1.3 Modelo A3

El Modelo A3 corresponde a una curva de Phillips de corto plazo para una economía cerrada con expectativas de inflación ETE y BEI a un año y cuatro medidas de desempleo cíclico obtenidas a partir de estimaciones de la tasa de desempleo de largo plazo (NAIRU) con distintos grados de rigidez en su evolución temporal. En este caso se utiliza la metodología *backward* para selección de variables que permite identificar por medio del coeficiente Criterio de Información Akaike (AIC) cuál combinación de variables genera el modelo con una mayor calidad relativa ateniendo el criterio de parsimonia y el mayor ajuste.

Tabla 6-4 . Regresión lineal Modelo A3: Curva de Phillips simple con expectativas ETE 1 año

$$\text{Modelo A3: } \pi_t = \lambda\pi_t^e + \theta(u_t - u^n) + \varepsilon_t \quad 3-5$$

	Variable dependiente: Inflación Trimestral			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Expectativas ETE	0.696*** (0.018)	0.702*** (0.018)	0.709*** (0.017)	0.713*** (0.018)
Promedio 16 trim fijo	-0.204*** (0.066)			
Promedio 16 trim móvil		-0.147** (0.073)		
F. Hodrick y Prescott			-0.492*** (0.143)	
F. Kalman				0.084 (0.394)
Observations	80	80	80	80
R2	0.958	0.955	0.959	0.953
Adjusted R2	0.957	0.954	0.958	0.951
Residual Std. Error (df = 78)	0.798	0.824	0.787	0.845
F Statistic (df = 2; 78)	881.689***	824.332***	906.323***	782.055***
AIC	-34,21	-29,07	-36,33	-25,07

Nota:

\*p&lt;0.1; \*\*p&lt;0.05; \*\*\*p&lt;0.01

Tabla 6-5. Regresión lineal Modelo A3: Curva de Phillips simple con expectativas BEI 1 año

$$\text{Modelo A3: } \pi_t = \lambda\pi_t^e + \theta(u_t - u^n) + \varepsilon_t \quad 3-5$$

	Variable dependiente: Inflación Trimestral			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Expectativas BEI	0.754*** (0.021)	0.740*** (0.0021)	0.745*** (0.020)	0.749*** (0.020)
Promedio 16 trim fijo	-0.169** (0.073)			
Promedio 16 trim móvil		-0.114 (0.079)		
F. Hodrick y Prescott			-0.341** (0.160)	
F. Kalman				0.187 (0.421)
Observations	80	80	80	80
R2	0.949	0.947	0.949	0.946
Adjusted R2	0.948	0.946	0.947	0.944
Residual Std. Error (df = 78)	0.874	0.892	0.878	0.902
F Statistic (df = 2; 78)	727.815***	697.211***	720.201***	680.095***
AIC	-19,59	-16,33	-18,79	-14,45

Nota:

\*p&lt;0.1; \*\*p&lt;0.05; \*\*\*p&lt;0.01

Cuando se emplean las expectativas de mercado (BEI) se mantienen los resultados respecto a los coeficientes que relacionan la inflación con el desempleo cíclico construido a partir del FHP

y el FK y con el promedio fijo de 16 trimestres. Sin embargo, para el modelo estimado a partir del promedio móvil de 16 trimestres como aproximación de la tasa de desempleo de largo plazo los resultados arrojan un coeficiente  $\theta$  no significativo.

#### 6.1.4 Modelo A4

El Modelo A4 es una Curva de Phillips de corto plazo para una economía abierta que incluye la variable de Precio Relativo de las Importaciones (PRI). La estimación relaciona nuevamente la inflación con las expectativas de inflación ETE y BEI a un año, con 3 medidas de desempleo cíclico y con el PRI. Se excluye la medida obtenida a partir del Filtro de Kalman. Nuevamente se calcula el AIC para verificar si la inclusión del PRI altera los resultados obtenidos respecto al Modelo A3.

Tabla 6-6. *Regresión simple Modelo A4: Curva de Phillips abierta con expectativas ETE (modelo original)*

#### Modelo A4: $\pi_t = \lambda\pi_t^e + \theta(u_t - u^n) + \mu\pi_t^m + \varepsilon_t$ 3-6

	Variable dependiente: Inflación Trimestral		
	(1)	(2)	(3)
Expectativas ETE	0.697*** (0.018)	0.703*** (0.018)	0.710*** (0.017)
Promedio 16 trim fijo	-0.212*** (0.066)		
Promedio 16 trim móvil		-0.158** (0.073)	
F. Hodrick y Prescott			-0.491*** (0.143)
P. Importaciones	0.030 (0.026)	0,029 (0.027)	0.020 (0.025)
Observations	80	80	80
R2	0.958	0.955	0.959
Adjusted R2	0.957	0.954	0.957
Residual Std. Error (df = 77)	0.796	0.823	0.789
F Statistic (df = 3; 77)	590.796***	551,008***	601.314***
AIC	-33,6	-28.26	-34,95

**Nota:**

\*p<0.1; \*\*p<0.05; \*\*\*p<0.01

Tabla 6-7. Regresión simple Modelo A4: Curva de Phillips abierta con expectativas BEI (modelos originales)

**Modelo A4:**  $\pi_t = \lambda\pi_t^e + \theta(u_t - u^n) + \mu\pi_t^m + \varepsilon_t$  3-6

	Variable dependiente: Inflación Trimestral		
	(1)	(2)	(3)
Expectativas BEI	0,753*** (0,021)	0,741*** (0,021)	0,747*** (0,080)
Promedio 16 trim fijo	-0,179** (0,073)		
Promedio 16 trim móvil		-0,127 (0,080)	
F. Hodrick y Prescott			-0,338*** (0,160)
P. Importaciones	0,037 (0,028)	0,036 (0,029)	0,029 (0,028)
Observations	80	80	80
R2	0.950	0.948	0.949
Adjusted R2	0.948	0.946	0.947
Residual Std. Error (df = 77)	0.870	0.889	0.878
F Statistic (df = 3; 77)	490.352***	468.608***	480.728***
AIC	-19,37	-15,36	-17,87

**Nota:**

\*p&lt;0.1; \*\*p&lt;0.05; \*\*\*p&lt;0.01

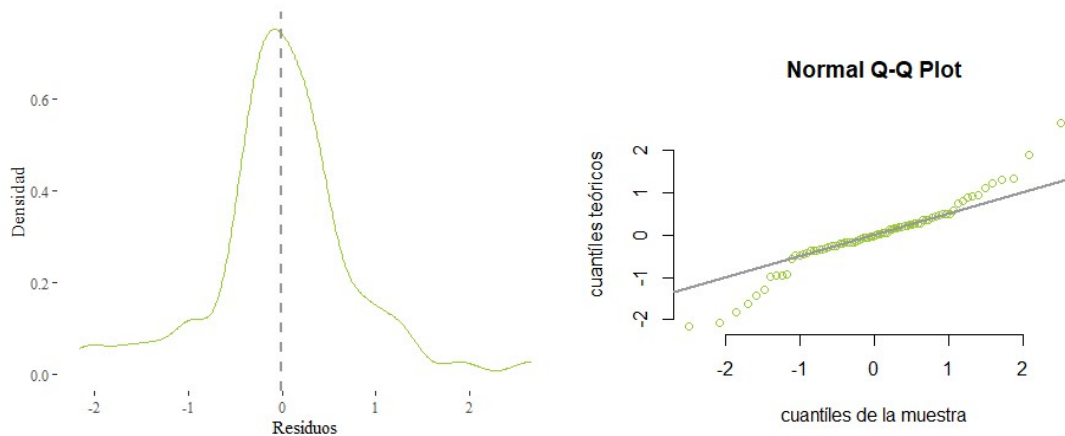
## 6.1.5 Modelo A4\*

A través de la metodología backward y el cálculo y comparación del AIC se obtiene el Modelo A4\*. En el que las combinación de expectativas de inflación ETE, desempleo cíclico a partir del promedio fijo de 16 trimestres como *proxy* para el desempleo de largo plazo y el PRI genera el mejor ajuste. Esta estimación se utiliza para obtener los valores para inicializar los parámetros del Modelo B no lineal. Se presentan las pruebas de robustez y su análisis grafico del modelo seleccionado.

Tabla 6-8. Pruebas estadísticas sobre los supuestos del Modelo A4\*

Supuesto	Estadístico e hipótesis nula	Valor	P-valor	Valor crítico	Resultado
Normalidad	<i>Test Kolmogorov-Smirnov</i> $H_0$ = La muestra proviene de una distribución normal (asumiendo conocidas la media y la varianza).	0.128	0.1331	0,05	No rechaza $H_0$
Independencia	<i>Test Durbin-Watson</i> $H_0$ = No autocorrelación de primer orden	1.317	0.00055	0,05	Se rechaza $H_0$
	<i>Test Breusch-Godfrey</i> $H_0$ = No autocorrelación hasta 4° orden	12.287	0.05587	0,05	No rechaza $H_0$
Homocedasticidad	<i>Test Breusch-Pagan</i> $H_0$ = Varianza constante de los residuos	0,3878	0.8266	0,05	No rechaza $H_0$

Gráfica 6-4. Modelo A4\*: Supuesto de normalidad – Distribución de los residuos del modelo





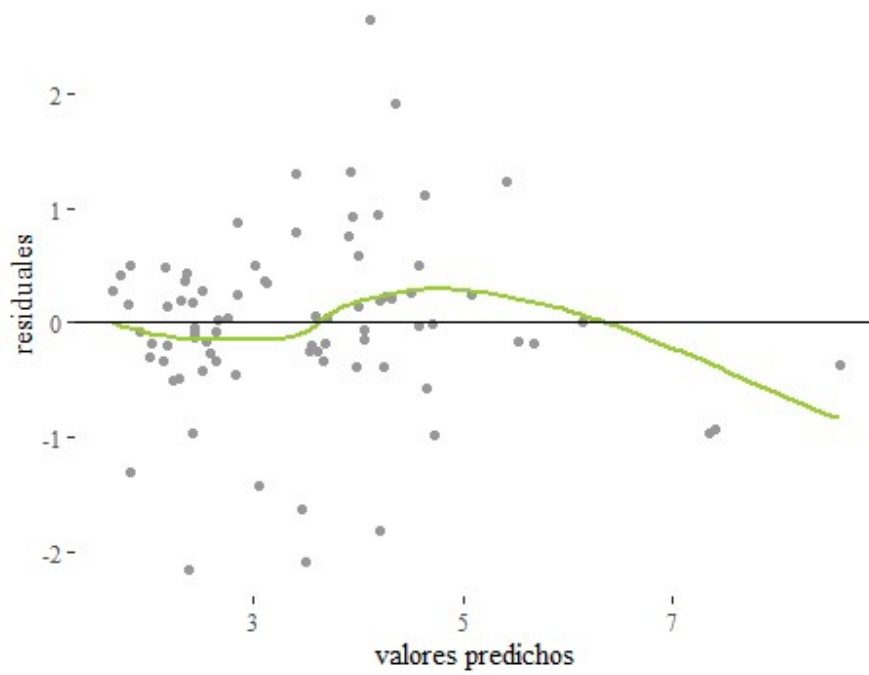
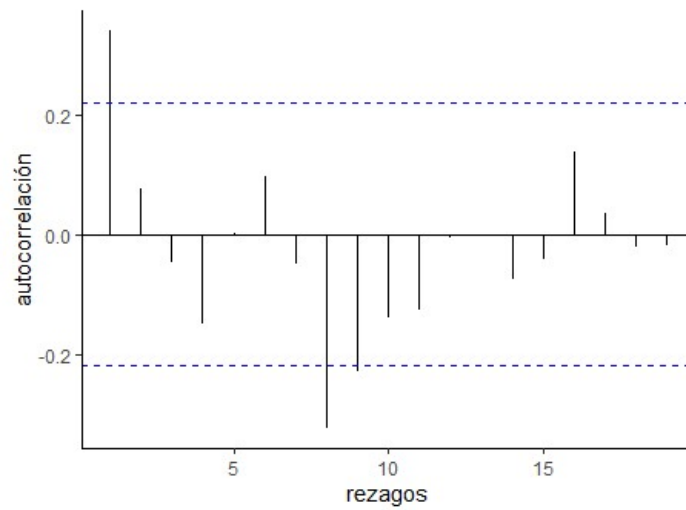
Gráfica 6-5. Modelo A4\*: *Supuesto de normalidad homocedasticidad – residuos vs valores predichos*Gráfica 6-6. Modelo A4\*: *Supuesto de normalidad autocorrelación – Función de autocorrelación residuos*

Tabla 6-9. Regresión lineal Modelo A4\*: estimación original y robusta

Variable dependiente: Inflación Trimestral		
	Modelo original (1)	Errores estándar robustos HAC (2)
Expectativas ETE	0.710*** (0.017)	0.710*** (0.021)
F. Hodrick y Prescott	-0.491*** (0.143)	-0.491*** (0.178)
P. Importaciones	0.020 (0.025)	0.020 (0.026)
Observations	80	
R2	0.959	
Adjusted R2	0.957	
Residual Std. Error	0.789 (df = 77)	
F Statistic	601.314*** (df = 3; 77)	

Nota: \*p<0.1; \*\*p<0.05; \*\*\*p<0.01

El test Kolmogorov-Smirnov, arroja un p-valor de 0,1331 indicando que no es posible rechazar la hipótesis nula y que la distribución de los residuos es normal. Es correcto entonces asumir que, los estimadores siguen una distribución *T-student* y que son útiles para realizar inferencia estadística.

La evaluación del supuesto de varianza constante de los residuales se realizó a través del Test Breusch-Pagan. El p-valor del estadístico es mayor que su valor crítico e indica que no existe heterocedasticidad. Finalmente, la prueba de Durbin- Watson para identificación de autocorrelación en los residuos arroja un estadístico p-valor de 0,0055 que rechaza la hipótesis nula e indica la existencia de autocorrelación de primer orden<sup>42</sup>. Esto podría generar problemas en la eficiencia de los coeficientes del modelo. Por ello, se realizó la estimación robusta de la matriz de varianzas y covarianzas de los parámetros. La estimación de residuos robustos HAC<sup>43</sup> no incide en los valores de los coeficientes para ninguna de las tres variables independientes, no altera su significancia y no modifica de forma sustancial el error estándar asociado a cada coeficiente. La Tabla 6-10 muestra la estimación original y robusta del Modelo A4\*.

<sup>42</sup> Se realizó además la prueba de *Breusch-Godfrey* que permite verificar la autocorrelación de un orden superior a 1. El test indica que no existe autocorrelación en los errores cuando se toma hasta el orden 4. Los resultados no parecen concluyentes al contrastarlos con el análisis gráfico.

<sup>43</sup> Por sus siglas en inglés “Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent (HAC) Covariance Matrix Estimation”.

Tabla 6-10. Modelo A4\*: estimación robusta de la matriz de varianzas y covarianzas

<b>Modelo original</b>				
<i>Variables independientes</i>	<i>Estimador</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t- value</i>	<i>Pr(&gt;  t )</i>
Expectativas ETE	0.710344	0.016935	41.9449	< 2.2e-16 ***
Desempleo cíclico (F. Hodrick y Prescott)	-0.490758	0.143378	-3.4228	0.0009955 ***
Precio relativo importaciones	0.019643	0.025367	0.7744	0.4410811
<b>Estimación robusta - errores HAC</b>				
Expectativas ETE	0.710344	0.021459	33.1023	<2.2e-16***
Desempleo cíclico (F. Hodrick y Prescott)	-0.490758	0.178138	-2.7549	0.007323 **
Precio relativo importaciones	0.019643	0.026203	0.7497	0.455748

**Nota:** 0 '\*\*\*'; 0.001 '\*\*'; 0.01 '\*'; 0.05 '.'; 0.1 ','; 1

Tabla 6-11. Modelo A4\*: rolling regression

Trim	Expectativas de inflación ( $\lambda$ )	Std. error	Desempleo cíclico ( $\theta$ )	Std. error	P. Importaciones ( $\mu$ )	Std. error	R cuadrado
dic-03	0,701	0,023	-0,024	0,229	-0,007	0,052	0,987
mar-04	0,688	0,025	0,219	0,288	-0,011	0,049	0,986
jun-04	0,692	0,029	0,178	0,334	-0,010	0,048	0,986
sep-04	0,694	0,040	0,145	0,490	-0,010	0,048	0,985
dic-04	0,694	0,044	0,139	0,512	-0,010	0,049	0,984
mar-05	0,700	0,039	-0,107	0,502	-0,016	0,045	0,984
jun-05	0,699	0,038	-0,097	0,469	-0,016	0,050	0,984
sep-05	0,698	0,037	-0,072	0,448	-0,014	0,051	0,982
dic-05	0,698	0,034	-0,057	0,404	-0,019	0,057	0,982
mar-06	0,682	0,024	0,578	0,277	0,016	0,045	0,989
jun-06	0,686	0,022	0,421	0,251	0,030	0,041	0,989
sep-06	0,700	0,026	0,250	0,339	0,017	0,050	0,983
dic-06	0,698	0,028	0,297	0,344	-0,004	0,053	0,981
mar-07	0,713	0,039	-0,098	0,402	-0,015	0,081	0,970
jun-07	0,720	0,045	-0,074	0,372	-0,005	0,071	0,969
sep-07	0,728	0,049	-0,113	0,362	-0,001	0,072	0,968
dic-07	0,732	0,051	-0,238	0,331	0,009	0,075	0,967
mar-08	0,713	0,065	-0,524	0,408	-0,024	0,087	0,957
jun-08	0,728	0,073	-0,549	0,468	-0,016	0,090	0,956
sep-08	0,724	0,074	-0,512	0,478	-0,029	0,086	0,956
dic-08	0,723	0,074	-0,462	0,512	-0,049	0,055	0,956
mar-09	0,647	0,070	-1,015	0,461	-0,009	0,056	0,945
jun-09	0,625	0,066	-1,157	0,415	-0,006	0,056	0,942
sep-09	0,646	0,062	-0,996	0,357	-0,015	0,056	0,938
dic-09	0,666	0,061	-0,849	0,321	-0,022	0,057	0,932
mar-10	0,688	0,051	-0,907	0,263	-0,029	0,046	0,954
jun-10	0,705	0,053	-0,837	0,262	-0,017	0,048	0,949
sep-10	0,706	0,053	-0,778	0,254	-0,016	0,049	0,946
dic-10	0,698	0,051	-0,799	0,245	-0,013	0,047	0,947
mar-11	0,691	0,050	-0,717	0,234	-0,011	0,045	0,946
jun-11	0,697	0,048	-0,789	0,241	-0,031	0,049	0,947
sep-11	0,699	0,048	-0,843	0,263	-0,037	0,050	0,944
dic-11	0,704	0,050	-0,903	0,299	-0,040	0,050	0,939
mar-12	0,653	0,047	-0,472	0,314	0,011	0,047	0,941
jun-12	0,581	0,041	-0,031	0,274	0,047	0,037	0,956

Trim	Expectativas de inflación ( $\lambda$ )	Std. error	Desempleo cíclico ( $\theta$ )	Std. error	P. Importaciones ( $\mu$ )	Std. error	R cuadrado
sep-12	0,557	0,047	0,086	0,297	0,051	0,036	0,952
dic-12	0,604	0,056	0,040	0,281	0,111	0,059	0,951
mar-13	0,594	0,058	0,008	0,290	0,056	0,067	0,945
jun-13	0,631	0,045	0,036	0,222	0,069	0,052	0,968
sep-13	0,633	0,042	0,056	0,225	0,062	0,054	0,967
dic-13	0,635	0,040	0,077	0,271	0,061	0,055	0,967
mar-14	0,648	0,039	-0,056	0,272	0,108	0,073	0,969
jun-14	0,670	0,037	-0,233	0,287	0,143	0,077	0,966
sep-14	0,675	0,038	-0,641	0,336	0,124	0,078	0,965
dic-14	0,650	0,033	-0,752	0,333	0,085	0,040	0,970
mar-15	0,620	0,028	-1,293	0,255	0,057	0,032	0,983
jun-15	0,622	0,028	-1,310	0,263	0,072	0,028	0,983
sep-15	0,647	0,032	-1,350	0,311	0,104	0,028	0,981
dic-15	0,679	0,039	-1,392	0,390	0,091	0,034	0,976
mar-16	0,775	0,064	-0,967	0,664	0,084	0,064	0,945
jun-16	0,788	0,068	-0,623	0,671	0,096	0,058	0,952
sep-16	0,787	0,065	-0,556	0,689	0,102	0,056	0,954
dic-16	0,784	0,067	-0,505	0,732	0,106	0,055	0,956
mar-17	0,842	0,057	0,159	0,657	0,100	0,046	0,970
jun-17	0,826	0,056	-0,021	0,640	0,093	0,048	0,969
sep-17	0,820	0,048	-0,156	0,532	0,095	0,047	0,971
dic-17	0,814	0,046	-0,247	0,525	0,096	0,047	0,971
mar-18	0,799	0,048	-0,407	0,565	0,107	0,049	0,967
jun-18	0,790	0,048	-0,450	0,591	0,100	0,050	0,965
sep-18	0,782	0,048	-0,398	0,620	0,101	0,052	0,963
dic-18	0,740	0,059	-1,208	0,748	0,102	0,078	0,936
mar-19	0,750	0,057	-1,167	0,829	0,093	0,078	0,933
jun-19	0,755	0,057	-1,220	0,839	0,107	0,087	0,932
sep-19	0,739	0,061	-1,075	0,887	0,060	0,130	0,926
dic-19	0,726	0,062	-0,923	0,876	0,056	0,128	0,921

Gráfica 6-7. Evolución de los coeficientes del Modelo A4\* (2000-2019)<sup>44</sup>

<sup>44</sup> Se pierden las primeras 15 observaciones ya que la rolling regression toma los primeros 16 datos para calcular el primer valor (diciembre 2003).

## 6.1.6 Modelo B

El Modelo B es una aproximación no lineal de la Curva de Phillips abierta en el corto plazo.

Tabla 6-12. Modelo B: rolling regression

Trim	Expectativas de inflación			Desempleo cíclico			P. Importaciones		
	( $\lambda$ )	Std. Error	P- valor	( $\theta$ )	Std. Error	P- valor	( $\mu$ )	Std. Error	P- valor
dic-03	0,3855	0,0593	0,0000	-0,2152	0,2794	0,4551	0,0129	0,0637	0,8421
mar-04	0,3423	0,0649	0,0002	0,1036	0,3430	0,7673	0,0115	0,0592	0,8484
jun-04	0,3525	0,0750	0,0004	0,0462	0,3969	0,9092	0,0121	0,0580	0,8378
sep-04	0,3778	0,1032	0,0029	-0,1088	0,5737	0,8525	0,0125	0,0577	0,8319
dic-04	0,3779	0,1134	0,0054	-0,1094	0,6037	0,8590	0,0130	0,0597	0,8313
mar-05	0,3903	0,1028	0,0022	-0,3692	0,5975	0,5473	0,0059	0,0544	0,9160
jun-05	0,3851	0,0982	0,0017	-0,3338	0,5592	0,5609	0,0081	0,0610	0,8960
sep-05	0,3864	0,0968	0,0015	-0,3192	0,5310	0,5581	0,0111	0,0609	0,8578
dic-05	0,3784	0,0875	0,0008	-0,2413	0,4824	0,6254	0,0032	0,0693	0,9636
mar-06	0,3299	0,0596	0,0001	0,5057	0,3203	0,1384	0,0442	0,0517	0,4088
jun-06	0,3320	0,0537	0,0000	0,3375	0,2833	0,2548	0,0569	0,0461	0,2388
sep-06	0,3695	0,0642	0,0001	0,0857	0,3856	0,8276	0,0430	0,0573	0,4664
dic-06	0,3582	0,0685	0,0002	0,1242	0,3852	0,7523	0,0133	0,0595	0,8262
mar-07	0,3948	0,0931	0,0010	-0,2888	0,4422	0,5250	-0,0003	0,0888	0,9970
jun-07	0,4287	0,1026	0,0011	-0,1874	0,4064	0,6524	0,0324	0,0746	0,6715
sep-07	0,4520	0,1109	0,0013	-0,0869	0,3881	0,8262	0,0345	0,0740	0,6486
dic-07	0,4640	0,1134	0,0013	-0,2115	0,3554	0,5620	0,0412	0,0777	0,6049
mar-08	0,4400	0,1443	0,0093	-0,4709	0,4359	0,2996	0,0099	0,0904	0,9149
jun-08	0,4819	0,1587	0,0096	-0,4614	0,4937	0,3671	0,0145	0,0939	0,8798
sep-08	0,4734	0,1660	0,0136	-0,3875	0,5107	0,4616	-0,0075	0,0919	0,9365
dic-08	0,4666	0,1696	0,0165	-0,2560	0,5394	0,6430	-0,0613	0,0595	0,3216
mar-09	0,2721	0,1918	0,1794	-0,9656	0,5655	0,1115	-0,0032	0,0656	0,9621
jun-09	0,1889	0,1882	0,3338	-1,2180	0,5263	0,0377	0,0037	0,0675	0,9569
sep-09	0,2686	0,1725	0,1434	-0,9626	0,4389	0,0471	-0,0091	0,0674	0,8944
dic-09	0,3226	0,1666	0,0748	-0,8029	0,3876	0,0588	-0,0154	0,0683	0,8253
mar-10	0,3859	0,1445	0,0193	-0,8392	0,3339	0,0259	-0,0248	0,0592	0,6818
jun-10	0,4433	0,1471	0,0100	-0,7471	0,3311	0,0419	-0,0094	0,0619	0,8815
sep-10	0,4447	0,1474	0,0099	-0,6814	0,3204	0,0532	-0,0080	0,0620	0,8989
dic-10	0,4450	0,1441	0,0086	-0,6827	0,3173	0,0508	-0,0056	0,0618	0,9291
mar-11	0,4152	0,1417	0,0117	-0,6000	0,3061	0,0717	-0,0058	0,0592	0,9230
jun-11	0,4293	0,1359	0,0076	-0,6939	0,3175	0,0477	-0,0314	0,0648	0,6359
sep-11	0,4379	0,1314	0,0054	-0,8042	0,3387	0,0336	-0,0428	0,0646	0,5190
dic-11	0,4490	0,1376	0,0062	-0,8766	0,3895	0,0423	-0,0464	0,0649	0,4873
mar-12	0,4490	0,1376	0,0062	-0,8766	0,3895	0,0423	-0,0464	0,0649	0,4873
jun-12	0,1980	0,1568	0,2287	-0,0538	0,4942	0,9150	0,0304	0,0635	0,6399
sep-12	0,2147	0,1762	0,2447	-0,1055	0,5437	0,8491	0,0298	0,0635	0,6471
dic-12	0,4143	0,1723	0,0318	-0,1441	0,4594	0,7588	0,1923	0,0896	0,0513
mar-13	0,3179	0,1539	0,0594	-0,0691	0,4128	0,8697	0,0819	0,0921	0,3900
jun-13	0,3481	0,0996	0,0040	0,0927	0,2765	0,7429	0,0845	0,0619	0,1959
sep-13	0,3585	0,0917	0,0018	0,1053	0,2789	0,7119	0,0776	0,0647	0,2515
dic-13	0,3519	0,0886	0,0016	0,2045	0,3362	0,5534	0,0687	0,0663	0,3192
mar-14	0,3922	0,0806	0,0003	-0,0350	0,3228	0,9153	0,1421	0,0838	0,1137
jun-14	0,4187	0,0767	0,0001	-0,2264	0,3268	0,5008	0,1597	0,0872	0,0901
sep-14	0,4203	0,0753	0,0001	-0,6746	0,3654	0,0878	0,1416	0,0843	0,1167
dic-14	0,3443	0,0609	0,0001	-0,8782	0,3334	0,0206	0,0971	0,0400	0,0303
mar-15	0,2841	0,0500	0,0001	-1,3775	0,2480	0,0001	0,0727	0,0304	0,0328
jun-15	0,2727	0,0507	0,0001	-1,3950	0,2475	0,0001	0,0675	0,0265	0,0242
sep-15	0,3134	0,0575	0,0001	-1,4314	0,2890	0,0003	0,0967	0,0260	0,0026
dic-15	0,3691	0,0699	0,0001	-1,4629	0,3602	0,0013	0,0849	0,0315	0,0184

Trim	Expectativas de inflación			Desempleo cíclico			P. Importaciones		
	( $\lambda$ )	Std. Error	P- valor	( $\theta$ )	Std. Error	P- valor	( $\mu$ )	Std. Error	P- valor
mar-16	0,5077	0,1142	0,0007	-1,1485	0,6020	0,0787	0,0801	0,0572	0,1850
jun-16	0,5315	0,1282	0,0012	-0,6473	0,6109	0,3087	0,1037	0,0543	0,0785
sep-16	0,5226	0,1458	0,0033	-0,5940	0,6937	0,4074	0,1193	0,0566	0,0551
dic-16	0,5081	0,1616	0,0078	-0,5579	0,7740	0,4838	0,1305	0,0577	0,0416
mar-17	0,6560	0,1564	0,0011	0,1591	0,7647	0,8384	0,1189	0,0507	0,0354
jun-17	0,5932	0,1642	0,0032	-0,1389	0,7820	0,8618	0,1159	0,0537	0,0502
sep-17	0,5900	0,1330	0,0007	-0,1982	0,6118	0,7512	0,1171	0,0521	0,0427
dic-17	0,5758	0,1279	0,0006	-0,2806	0,5994	0,6474	0,1179	0,0523	0,0420
mar-18	0,5341	0,1323	0,0014	-0,4166	0,6333	0,5221	0,1332	0,0542	0,0289
jun-18	0,5080	0,1299	0,0018	-0,4452	0,6478	0,5040	0,1282	0,0548	0,0358
sep-18	0,4793	0,1271	0,0023	-0,3789	0,6589	0,5750	0,1334	0,0554	0,0317
dic-18	0,3694	0,1471	0,0261	-1,1691	0,7570	0,1465	0,1414	0,0797	0,0996
mar-19	0,4030	0,1438	0,0149	-0,8585	0,8456	0,3285	0,1301	0,0801	0,1283
jun-19	0,4228	0,1402	0,0099	-0,9532	0,8547	0,2850	0,1528	0,0884	0,1075
sep-19	0,4071	0,1459	0,0153	-0,8939	0,9130	0,3454	0,1374	0,1280	0,3024
dic-19	0,3474	0,1490	0,0365	-0,6233	0,8909	0,4965	0,1339	0,1223	0,2937

Tabla 6-13. Regresión Curva de Phillips no lineal

$$\text{Modelo B: } \pi_t = \lambda_t \pi_t^e + (1 - \lambda_t) \pi_{t-1}^* - \theta_t (u_t - u_t^*) + \mu_t \pi_t^m + \varepsilon_t \quad 3-1$$

Variable dependiente: Inflación Trimestral				
	Estimador	Error estándar	t-valor	Pr(>  t )
Expectativas ETE	0.40189***	0.03971	10.121	8.51e-16
Desempleo cíclico (HP)	-0.49698**	0.15816	-3.142	0.00238
P. Importaciones	0,0329	0,02791	1,181	0.24135
Residual Std. Error	0.8702 (df = 77)			
Iteraciones para la convergencia	1			
Tolerancia de convergencia	4.663e-08			
<b>Nota:</b>	0 '***'; 0.001 '**'; 0.01 '*'; 0.05 '.'; 0.1 ' '; 1			

## 6.2 Anexo B: Estimación del Filtro de Kalman

En 1960 Rudolf Kalman, ingeniero y matemático de origen húngaro, propuso un algoritmo recursivo de estimación óptima para los problemas de filtrado en sistemas dinámicos lineales normalmente discretos y estocásticos, que pueden o no ser estacionarios (Kalman, 1960). A través del método “estado- transición” que reexamina la aproximación, clásica para ese momento, de los problemas de filtrado y predicción; Kalman plantea una serie de ecuaciones que permiten encontrar (separar, detectar o predecir) el mejor estimador de las variables de estado de un sistema en presencia de ruido, minimizando el error de predicción, cuando la variable de interés es no observable, pero hay mediciones indirectas de su comportamiento.

Este método se enmarca en los modelos “espacio-estado” siendo uno de los más difundidos y utilizados. Es útil para evaluar sistemas y fenómenos estocásticos generados a partir de procesos aleatorios gaussianos, es decir, el vector de valores de estado inicial y las perturbaciones/errores del sistema se asumen normales. El problema a resolver se describe a través de dos ecuaciones principales, la ecuación de estado (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), que explica el comportamiento de la variable no observable en términos de su pasado, con la información mínima que se requiere para predecir su comportamiento en el futuro y la ecuación de observación (Ecuación 6-2) que describe la dinámica del proceso, y que relaciona la variable de estado con su medición (Kalman, 1960). Dado que normalmente los procesos de estimación que precisa el mundo real se proponen sobre vectores de valores aleatorios, las ecuaciones que siguen se plantean de forma matricial.

### Ecuación 6-1. Ecuación de transición de estado

$$x_t = \phi_t x_{t-1} + \Delta_t u_{t-1} + v_{t-1} \text{ con } E(v_t) = 0; E(v_k, v_j^T) = \delta_{kj} Q_k$$

Donde  $x_t$  es el vector ( $n$ ) de variables de estado no observables en el momento  $t$ ,  $u_t$  es un vector ( $m \leq n$ ) de los insumos independientes del sistema, generados por un proceso aleatorio, que sirve como control de estado basado en la información observada anterior (su inclusión es opcional),  $\phi_t$  es la matriz de transición ( $n \times n$ ) que relaciona la variable de estado en el momento  $t-1$  ( $x_{t-1}$ ) con el estado en el momento  $t$  ( $x_t$ ) y  $\Delta_t$  es la matriz ( $m \times n$ ) que relaciona el vector de insumos de control  $u_t$  con el vector de estados  $x_t$ .



**Ecuación 6-2. Ecuación de observación**

$$y_t = M_t x_t + w_t \text{ con } E(w_t) = 0 \text{ con } E(w_t) = 0; E(w_k, w_j^T) = \delta_{kj} R_k$$

Además,  $y_t$  es un vector ( $p$ ) de la medida indirecta de la variable de estado o el *output* del sistema,  $M_t$  es una matriz ( $n \times p$ ) que relaciona el vector de las variables de estado con el vector de medidas indirectas. Los vectores aleatorios  $v_t$  y  $w_t$ , representan el ruido o las perturbaciones asociadas a las variables no observables y las variables de medida indirecta, respectivamente. Las perturbaciones, se asumen como procesos gaussianos, independientes, con media cero, y no correlacionados entre ellos, es decir,  $E(v_k, w_j^T) = 0$  para todo valor  $k$  y  $j$ . Finalmente,  $Q_k$  y  $R_k$  son matrices semi-definidas positivas e invertibles ( $n \times n$ ) que corresponden a las covarianzas de las perturbaciones y  $\delta_{kj}$  es la matriz de delta de Kronecker.

La estimación consiste en pronosticar el estimador de estado óptimo ( $x_t^*$ ) a partir de toda la información disponible proveniente de los insumos ( $u_t$ ) del modelo y las mediciones indirectas ( $y_t$ ) del mismo. Su solución implica minimizar la norma de la matriz de covarianza del vector de estados,  $E(\|x_t - x_t^*\|)$ , para calcular a partir de esta, la estimación del nuevo estado óptimo al añadirle un término de corrección proporcional ( $K_t$ ) al error de predicción (Kalman, 1960).

El algoritmo para resolver el problema anterior consiste en dos conjuntos de ecuaciones, que reflejan el componente recursivo del método, pues el filtro opera mediante un mecanismo de predicción y corrección del estimador óptimo (Solera, 2003). El primer conjunto de ecuaciones (Ecuación 6-3) corresponden a la fase de pronóstico del filtro y el segundo conjunto (

Ecuación 6-4) a la fase de actualización.

**Ecuación 6-3. Conjunto ecuaciones de pronóstico**

- (A) *Pronóstico del estado a priori*  $\hat{x}_t = \phi \hat{x}_{t-1} + \Delta u_{t-1}$
- (B) *Pronóstico de la covariza del error a priori*  $\hat{P}_t = \phi P_{t-1} \phi^T + Q$

**Ecuación 6-4. Conjunto de ecuaciones de actualización**

- (A) *Actualización residuo de la variable observada*  $\hat{y}_t = y_t - M \hat{x}_t$
- (B) *Ganancia de Kalman:*  $K_t = \frac{\hat{P}_t M^T}{M \hat{P}_t M^T + R}$
- (C) *Actualiza el estado optimo estiamdo:*  $\hat{x}_t^* = \hat{x}_t + K_t (y_t - M \hat{x}_t)$
- (D) *Actualiza la covarizna del error de estimación:*  $P_t = (I - K_t M) \hat{P}_t$

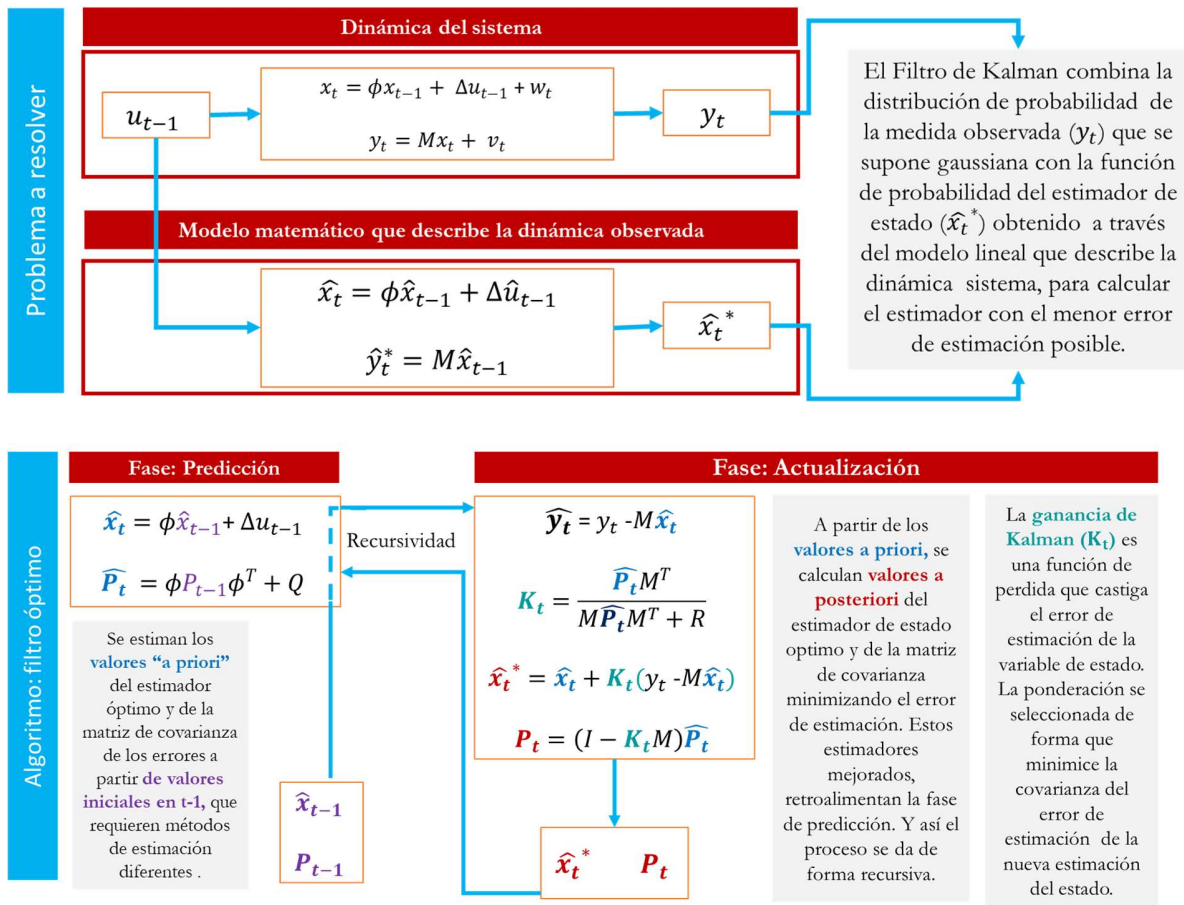
En la primera fase, a partir de las ecuaciones de pronóstico, se generan predicciones *a priori* del estimador de estado óptimo ( $\hat{x}_t$ ), así como de la matriz de covarianza de los errores ( $\hat{P}_t$ ). Para esto es necesario calcular los valores de  $\hat{x}_t$  y de  $P_t$  en  $t - 1$ . Como el vector inicial de estado se asume normal, así como sus perturbaciones, es posible calcular la función de verosimilitud sobre el error de predicción para poder obtener  $\hat{x}_{t-1}$  y  $P_{t-1}$  (Solera, 2003).

Luego, estas estimaciones *a priori* se usan para calcular valores mejorados *a posteriori* a través del segundo conjunto de ecuaciones en la fase de actualización. Primero, se actualiza la desviación entre la variable observada ( $y_t$ ) y su estimación producto de calcular  $M_t \hat{x}_t$ , este residuo junto con la ganancia de Kalman ( $K_t$ ) son los insumos para generar una estimación corregida del estimador de estado óptimo ( $\hat{x}_t^*$ ) y ajustar la matriz de covarianza de los errores de estimación ( $P_t$ ) que minimizan estadísticamente el error de predicción. Las nuevas estimaciones “mejoradas” son reintroducidas en las ecuaciones de predicción y el proceso se repite de forma recursiva, agregando en cada oportunidad nueva información, en forma de “innovaciones”, a la solución del problema. El **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** ilustra de forma sencilla el proceso de estimación y las ecuaciones dentro del mismo.

En el proceso de actualización, la ecuación correspondiente a la ganancia de Kalman ( $K_t$ ), que en el texto original de 1960 se plantea como una función de pérdida, positiva y no decreciente con relación a los errores de estimación, corresponde a un término de corrección proporcional al error de predicción que es utilizado para corregir las estimaciones de estado previas, procurando minimizar la covarianza del error de estimación del nuevo estimador de estado óptimo.

Parte de los supuestos de la versión tradicional del filtro de Kalman, es que el proceso generador inicial y las perturbaciones o ruidos del sistema siguen funciones de distribución con media cero y varianza constante, es decir, son procesos aleatorios gaussianos. Si las observaciones o medidas indirectas de la variable de estado siguen también un proceso gaussiano, entonces, se puede inferir que el modelo matemático que describe el sistema es lineal y que la estimación paramétrica producto del filtro óptimo es gaussiana multivariable.

Esquema 6-1. Proceso y algoritmo de estimación del filtro de Kalman



Fuente: Elaboración propia siguiendo a Kalman (1960), Bishop & Welch (2001) y Matlab (2017).

La dinámica lineal del sistema es una de las bases sobre las que se desarrolló originalmente el método de filtrado de Kalman. Sin embargo, en general los sistemas y fenómenos en el mundo real muestran algún grado de no linealidad. Para realizar su análisis, es posible utilizar una versión extendida del filtro de Kalman, que linealiza la dinámica y la medida del modelo alrededor de su valor medio en cada paso de la estimación (Civera, 2012).

En este caso, tanto la ecuación de transmisión de estado como la ecuación de observación, que describen el sistema dinámico, podrían presentar algún grado de no linealidad. La Ecuación 6-5 muestra la notación para tal escenario. Sobre esta, el Filtro de Kalman Extendido (FKE) calcula las matrices Jacobianas a través de las derivadas parciales de cada una de las funciones respecto a la variable estado, obteniendo la matriz de transición de estado y la matriz del modelo de

medición, que son usadas posteriormente para la estimación y actualización recursiva de los estados.

En esta versión el filtro no proporciona la función de distribución de probabilidad real a posteriori, sino solo una aproximación gaussiana de la misma (Civera, 2012), Además, la linealización de las funciones no es óptima si el sistema presenta un alto grado de no linealidad y el método solo es aplicable si el modelo es diferenciable y continuo, de lo contrario la matriz de jacobianos no puede ser calculada.

### **Ecuación 6-5. Ecuaciones generales de un sistema dinámico no lineal**

(A) Ecuación de transición de estado

$$x_t = f(x_{t-1} + u_t) + v_{t-1}$$

(B) Ecuación de observación

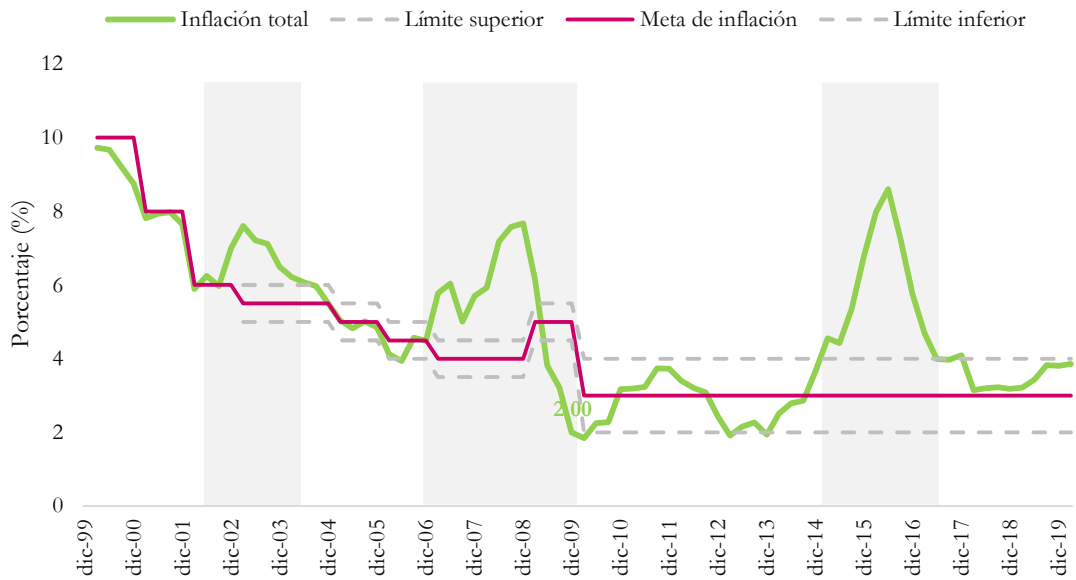
$$y_t = g(x_t) + w_t$$

Cuando la no linealidad es muy alta y difícil de aproximar se usa el Filtro de Kalman *Unscented*, que en lugar de linealizar las funciones, trata de aproximar la distribución de probabilidad inicial a un proceso gaussiano. El método propuesto inicialmente por Julier & Uhlmann (1997) y complementado posteriormente por Wan & Van der Merwe (2001) consiste en aproximar la distribución de las variables de estado por medio de variables aleatorias gaussianas, a través de un algoritmo determinista específico de muestreo. A partir del algoritmo se selecciona un conjunto de puntos "*sigma points*" de tal forma que la media y la covarianza de esta muestra coincida con el valor esperado y la covarianza de las variables de estado. Luego cada uno de los puntos del conjunto es introducido en la función no lineal que define el sistema y se obtiene una nube de puntos transformados sobre los cuales se estima la media y la covarianza de la variable observada ( $y = f(x)$ ).

Finalmente, con el objetivo de tener mejores estimaciones es posible imponer restricciones sobre los límites o los valores máximos y mínimos de los estimadores óptimos o sobre el mismo modelo matemático planteado (Castro & Zapata 2009). Las restricciones pueden ser de igualdad o desigualdad y variar en el tiempo como lo demuestra el ejercicio analítico planteado por Simon & Chia (2002), sobre la introducción de restricciones lineales de igualdad en la estimación de un filtro de Kalman Extendido.

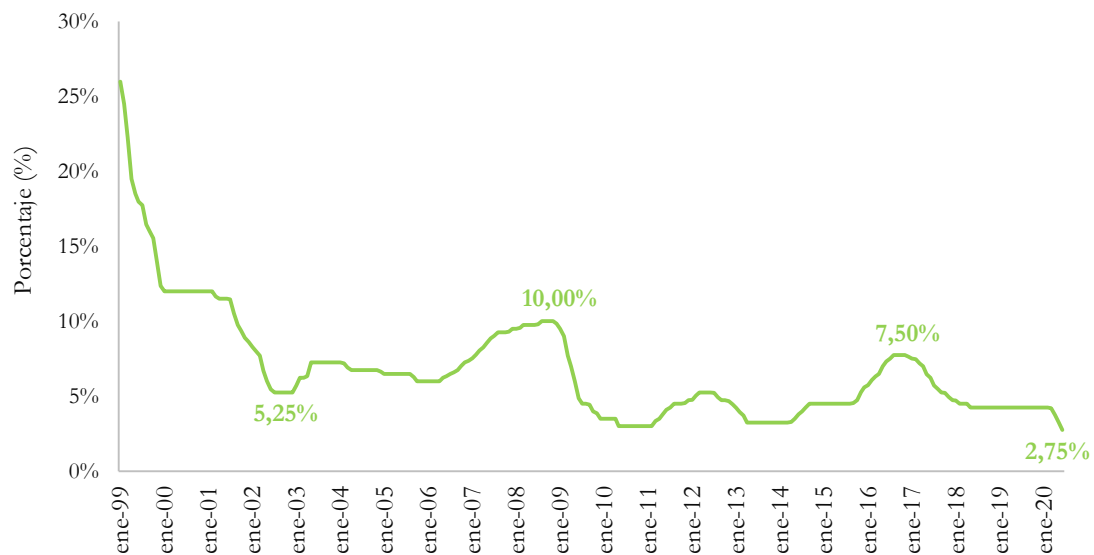
### 6.3 Anexo C: Indicadores Macroeconómicos

Gráfica 6-8. Inflación respecto a la meta y rangos establecidos por el Banco de la República



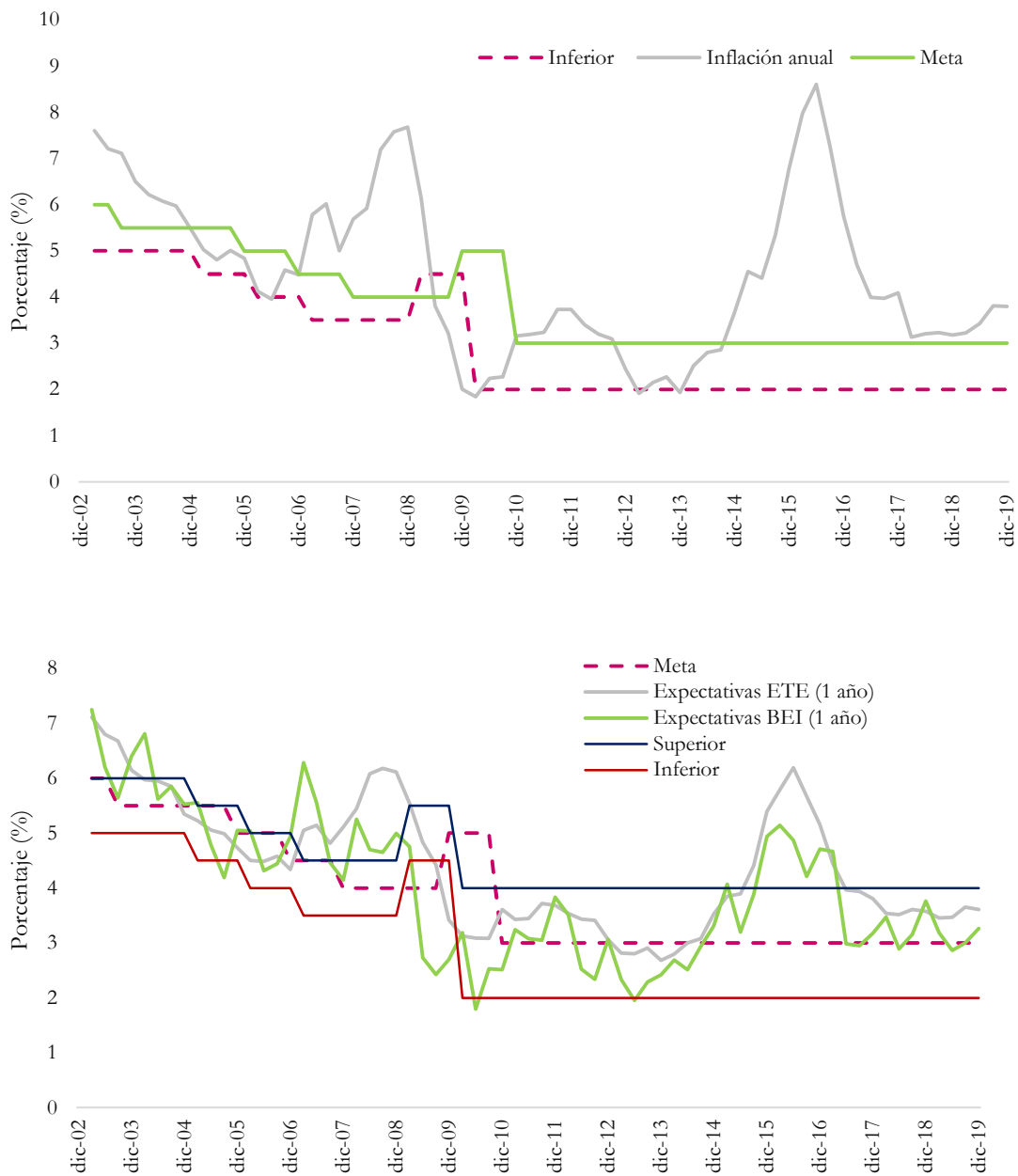
Fuente: Banco de la República.

Gráfica 6-9. Evolución de la tasa de interés de política monetaria (promedio mensual)



Fuente: Banco de la República.

Gráfica 6-10. Meta de inflación y expectativas de inflación



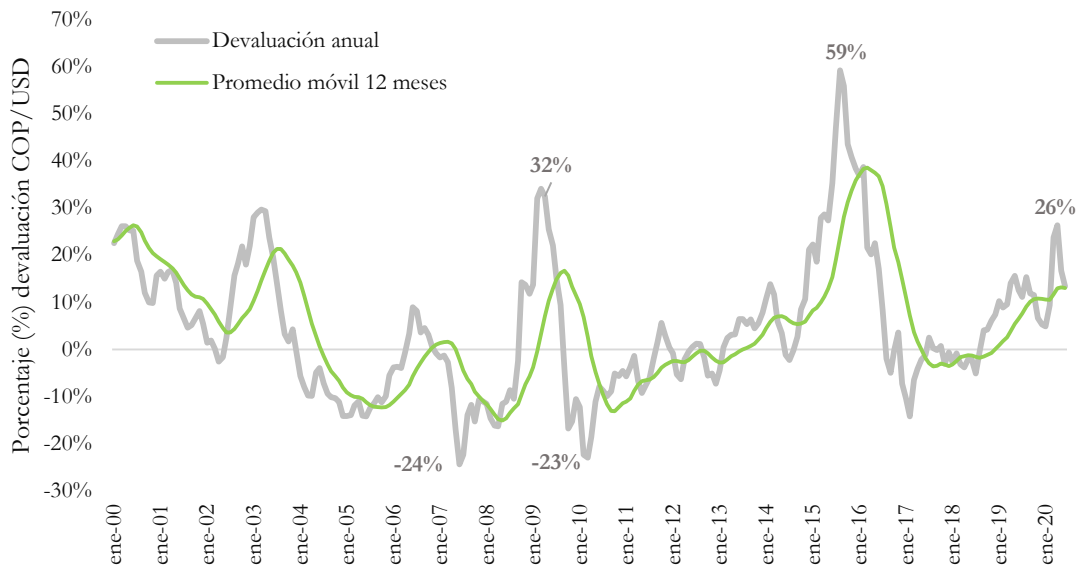
Fuente: Banco de la República. Cálculos propios para el BEI.

Gráfica 6-11. Precio del barril de petróleo BRENT



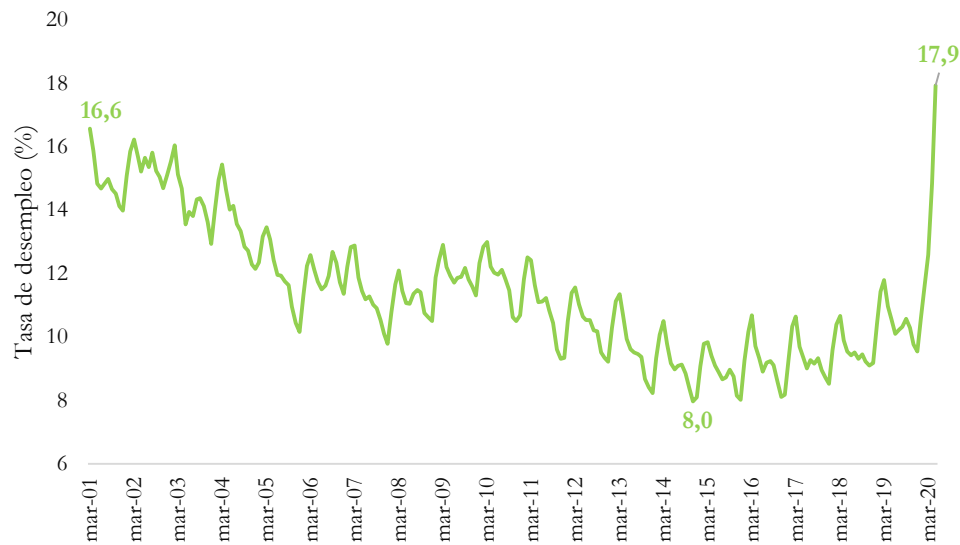
Fuente: EIA. Cálculos propios.

Gráfica 6-12. Devaluación de la tasa de cambio nominal.



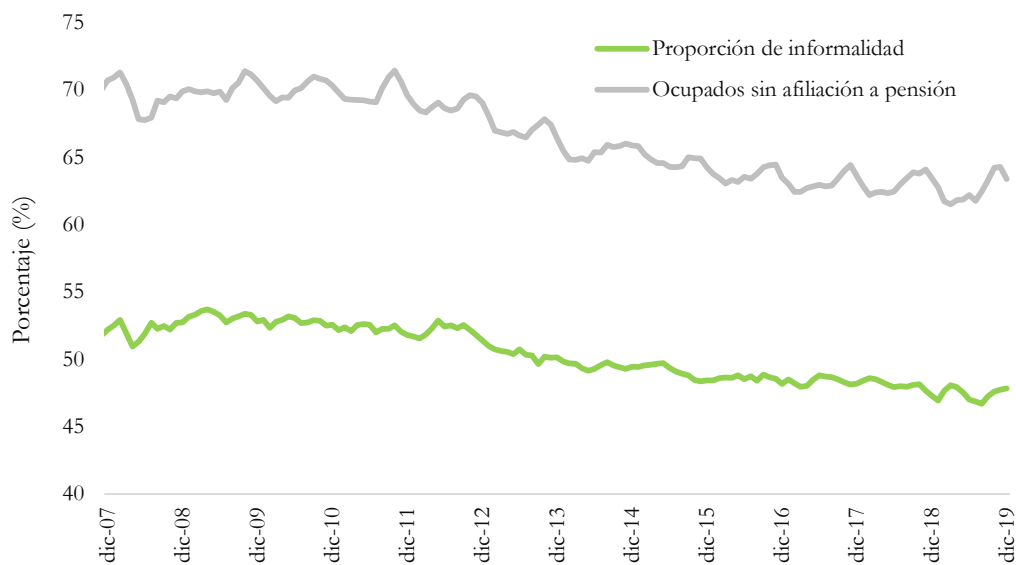
Fuente: Banco de la República. Cálculos propios. La devaluación anual corresponde a la variación del promedio mensual de la tasa de cambio.

Gráfica 6-13. Tasa de desempleo (promedio móvil tres meses)



Fuente: DANE. Empleo y desempleo.

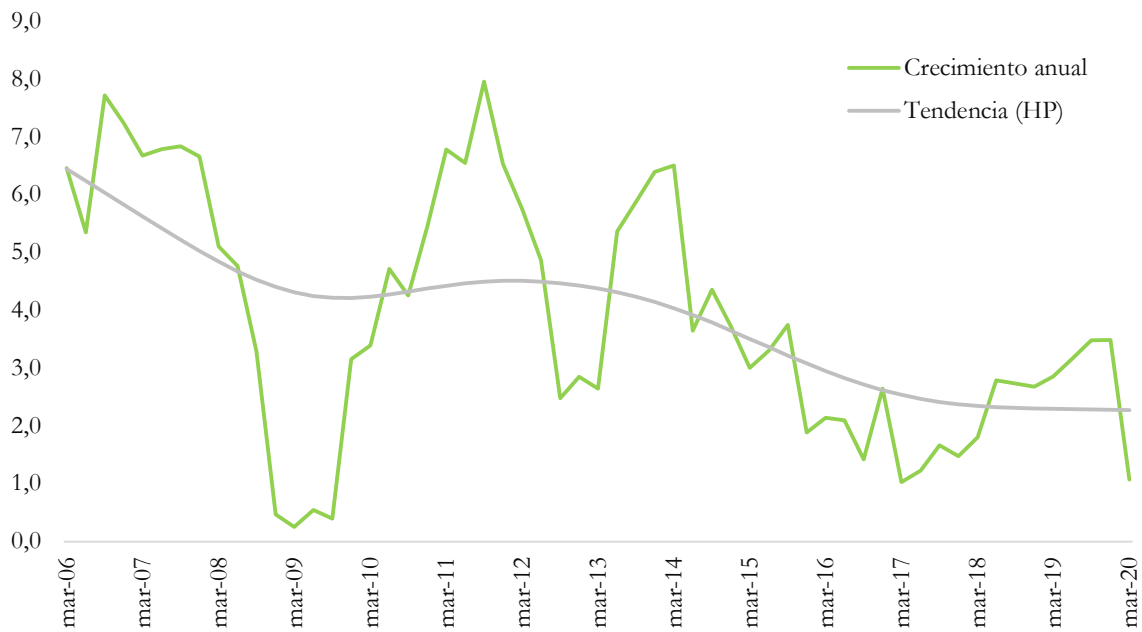
Gráfica 6-14. Tasa de informalidad laboral



Fuente: DANE. Informalidad laboral.

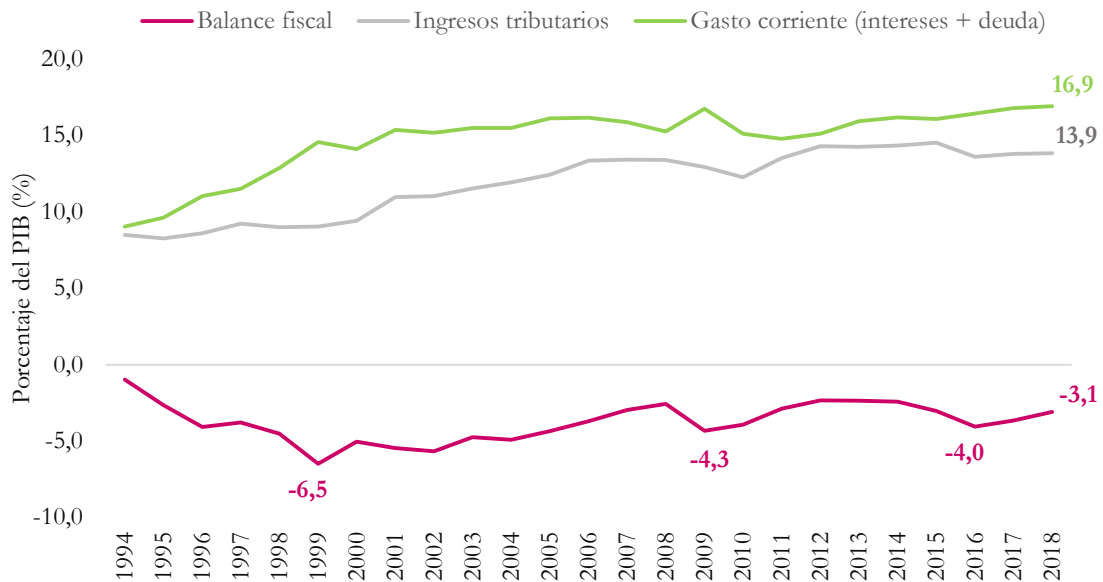


Gráfica 6-15. Crecimiento del PIB



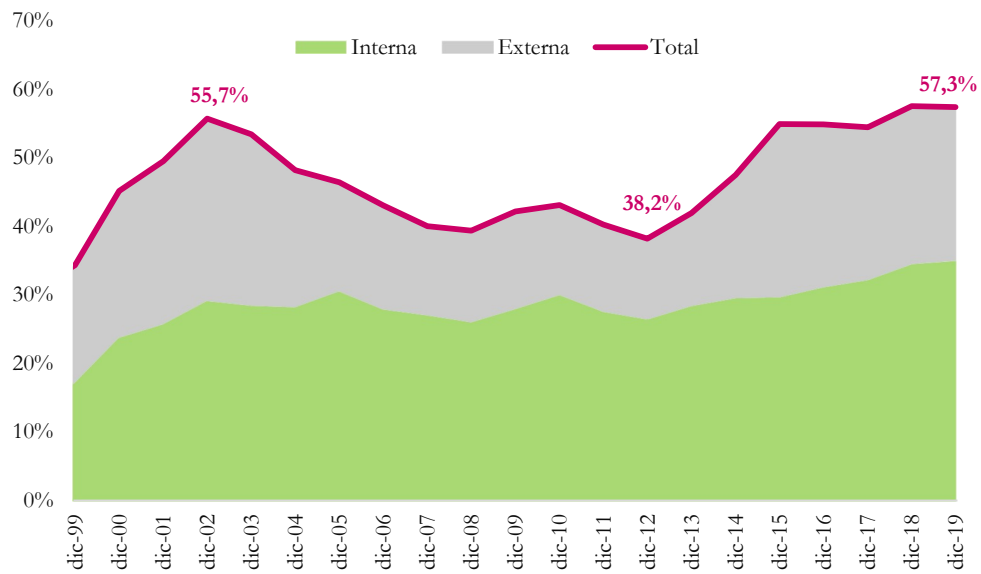
Fuente: DANE. Base 2015. Cálculos propios. Tendencia por el filtro de Hodrick y Prescott.

Gráfica 6-16. Balance del GNC como porcentaje del PIB



Fuente: Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

Gráfica 6-17. Deuda Pública como porcentaje del PIB



Fuente: Banco de la República.

## 7. Bibliografía

- Alberola, E., Gondo, R., Lombardi, M., & Urbina, D. (2017). Output gaps and stabilisation policies in Latin America: The effect of commodity and capital flow cycles. *Ensayos Sobre Política Económica - Banco de La República*, 35, 40–52.
- Arango-Thomas, L. E., Pantoja, J., & Velásquez, C. A. (2017). Effects of the central bank's communications in Colombia : a content analysis. *Borradores de Economía*; No. 1024. <http://repositorio.banrep.gov.co/handle/20.500.12134/6337>
- Asobancaria. (2015). Reflexiones en torno a la disyuntiva monetaria en Colombia. *Semana Económica*, 991.
- Ball, L., Mankiw, N. G., & Romer, D. (1988). The New Keynesian and Trade-off the Output-Economics Inflation. *Brookings Papers on Economic Activity*, 19(1), 1–82.
- Ball, L., & Mazumder, S. (2011). Inflation Dynamics and the Great Recession. *IMF Working Paper*. <https://doi.org/10.3386/w17044>
- Banco de la República. (2014a). Encuesta de Expectativas de Julio 2014. In *Reportes del Emisor* (Vol. 183).
- Banco de la República. (2014b). *Informe sobre inflación: marzo 2014*.
- Banco de la República. (2015a). *Informe sobre inflación: marzo 2015*. <http://www.banrep.gov.co/es/ipc>
- Banco de la República. (2015b, July). *Minutas de la reunión de la Junta Directiva del Banco de la República del 31 de julio de 2015*. 1–10. <https://www.banrep.gov.co/es/minutas-07-2015>
- Banco de la República. (2016a). *Informe sobre inflación: diciembre 2016*. <http://www.banrep.gov.co/es/ipc>
- Banco de la República. (2016b, June). *Minutas de la reunión de la Junta Directiva del Banco de la República del 22 de junio de 2016*. <https://www.banrep.gov.co/es/minutas-06-2016>
- Bejarano, J. A. (2005). Estimación estructural y análisis de la curva de Phillips neokeynesiana para Colombia. *Ensayos Sobre Política Económica*, 48, 64–117.
- Birchenall, J. A. (1999). La Curva de Phillips, la Crítica de Lucas y la persistencia de la Inflación en Colombia. *Archivos de Macroeconomía*.

- Bishop, G., & Welch, G. (2001). *An Introduction to the Kalman Filter*. University of North Carolina. <https://doi.org/10.1.1.117.6808>
- Blanchard, O. (2016). The Phillips curve: Back to the '60s? *American Economic Review*, 106(5), 31–34. <https://doi.org/10.1257/aer.p20161003>
- Blanchard, O., Cerutti, E., & Summers, L. (2015). Inflation and Activity: Two Explorations and Their Monetary Policy Implications. *IMF Working Papers*, 230, 28. <https://doi.org/10.3386/w21726>
- Blanchard, O., Dell'Ariccia, G., & Mauro, P. (2010). Rethinking macroeconomic policy. *Journal of Money, Credit and Banking*, 42(SUPPL. 1), 199–215. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4616.2010.00334.x>
- Boivin, J., Kiley, M. T., & Mishkin, F. S. (2010). How Has the Monetary Transmission Mechanism Evolved Over Time? In B. Friedman & M. Woodford (Eds.), *Handbook of Monetary Economics* (1st ed., Vol. 3, pp. 369–422). <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53238-1.00008-9>
- Borio, C., & Filardo, A. (2007). Globalisation and inflation : New cross-country evidence on the global determinants of domestic inflation. *Bank for International Settlements*, 227.
- Caldentey, E. P., Perry, N., & Vernengo, M. (2020). The return of Keynes and the Phillips curve in Latin America: Evidence from four countries. *Review of Keynesian Economics*, 8(1), 84–101. <https://doi.org/10.4337/roke.2020.01.07>
- Caldentey, E. P., & Vernengo, M. (2019). The Historical Evolution of Monetary Policy in Latin America. In S. Battilossi, Y. Cassis, & K. Yago (Eds.), *Handbook of the History of Money and Currency*.
- Calvo, G. (1983). Staggered Prices in a Utility Maximizing Framework. *Journal of Monetary Economics*, 12(1978), 383–398.
- Calvo, G. (1998). Capital Flows and Capital-Market Crises. *Journal of Applied Economics*, 1(1), 35–54. <http://www.ucea.edu.ar/publicaciones/download/volume1/calvo.pdf%5Cnpapers2://publication/uuid/C090CCF7-E10B-4B56-9143-57595E764CE4>
- Calvo, G. A., Izquierdo, A., & Talvi, E. (2004). Sudden Stops, the Real Exchange Rate, and Fiscal Sustainability: Argentina's Lessons. *Monetary Unions and Hard Pegs: Effects on Trade, Financial Development, and Stability*. <https://doi.org/10.1093/0199271402.003.0010>
- Calvo, G. A., Izquierdo, A., & Talvi, E. (2006). Sudden stops and Phoenix Miracles in emerging markets. *American Economic Review*, 96(2), 405–410. <https://doi.org/10.1257/000282806777211856>
- Calvo, G., & Talvi, E. (2005). Sudden Stop, Financial Factors and Economic Collapse in Latin America : learning from Argentina and Chile. In *National Bureau of Economic Research* (Vol. 1, Issue 11153).
- Capistrán, C., & Ramos-Francia, M. (2006). *Inflation Dynamics in Latin America*.

- Carriere-Swallow, Y., Jacome H., L. I., Magud, N., & Werner, A. (2016). Central Banking in Latin America: The Way Forward. In *IMF Working Papers* (Vol. 16, Issue 197). <https://doi.org/10.5089/9781475543353.001>
- Castro, H. A. B., & Zapata, H. D. Á. (2009). Una revisión de los métodos más frecuentes para la estimación del estado en procesos químicos. *DYNA (Colombia)*, 76(158), 135–146.
- Civera, J. (2012). *Real-Time EKF-Based Structure from Motion* [Universidad de Zaragoza]. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-24834-4>
- Clarida, R., Galí, J., & Gertler, M. (1999). The science of monetary policy: A new Keynesian perspective. *Journal of Economic Literature*, 37(4), 1661–1707. <https://doi.org/10.1257/jel.37.4.1661>
- Coibion, O., & Gorodnichenko, Y. (2013). *Is the Phillips Curve Alive and Well After All? Inflation Expectations*. 1–43. <https://doi.org/10.1257/mac.20130306>
- Del Negro, M., Giannoni, M. P., & Schorfheide, F. (2015). Inflation in the Great Recession and New Keynesian Models. *American Economic Journal: Macroeconomics, American Economic Association*, 7(1), 168–196. <https://doi.org/10.1257/mac.20140097>
- Echavarría, J. J., López, E., & Misas, M. (2010). La persistencia estadística de la inflación en Colombia. *Ensayos Sobre Política Económica*, 29(65), 224–266.
- Echavarría, J. J., Rodríguez, N., & Rojas, L. E. (2011). La meta del Banco Central y la persistencia de la inflación en Colombia. *Ensayos Sobre Política Económica*, 29(65), 198–222.
- Eichengreen, B., Hausmann, R., & Panizza, U. (2003). The Pain of Original Sin. In *Other people's money: Debt denomination and financial instability in emerging market economies*. (Issue January, pp. 233–265). <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226194578.003.0010>
- El Tiempo. (2019, August). *Para industriales, el Banco de la República frenó crecimiento*. 1–8. <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/entrevista-con-bruce-mac-master-sobre-politica-economica-399630>
- Fedesarrollo. (2015, January). Los retos de la política monetaria en 2015. *Tendencia Económica*, 61.
- Friedman, M. (1968). *The Role of Monetary Policy*. *March*. <https://doi.org/10.1126/science.151.3712.867-a>
- Friedman, M. (1977). Nobel Lecture: Inflation and Unemployment. *Journal of Political Economy*, 85(3), 451–472. <https://doi.org/10.1086/260579>
- Frisch, H. (1983). Theories of inflation. In *Cambridge Surveys of Economic Literature*.
- Fuhrer, J. (2011). The role of expectations in inflation dynamics. *International Journal of Central Banking*, 8(SUPPL. 1), 137–165.
- Fuhrer, J., Kodrzycki, Y., Sneddon, J., & Olivei, G. (2009). *Understanding Inflation and the Implications for Monetary Policy: A Phillips Curve Retrospective*. MIT.

- Galí, J., & Gertler, M. (1999). Inflation Dynamics: A Structural Econometric Analysis. *Journal of Monetary Economics*, 44(2), 195–222.
- Gamba, S., González, E., & Melo, L. F. (2016). *¿Están ancladas las expectativas de inflación en Colombia?*
- Giannoni, M. P., & Woodford, M. (2004). Optimal Inflation-Targeting Rules. In B. S. Bernanke & M. Woodford (Eds.), *The Inflation-Targeting Debate* (pp. 93–171). <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226044736.003.0004>
- Gómez-Pineda, J. G. (2018). A well-timed raise in inflation targets. *Borradores de Economía; No. 1042*. <http://repositorio.banrep.gov.co/handle/20.500.12134/7917>
- Gómez, J. G. (2003). Wage Indexation, Inflation Inertia, and the Cost of Disinflation. *Banco de La República*.
- Gómez, J. G., & Julio, J. M. (2000). An estimation of the nonlinear Phillips Curve in Colombia. *Borradores de Economía; No. 160, January*. <http://repositorio.banrep.gov.co/handle/20.500.12134/5178>
- Gómez, J., & Julio, J. M. (2000). Transmission mechanisms and inflation targeting: The case of Colombia's disinflation. *Workshop on Transmission Mechanisms of Monetary Policy*, 133–161. <https://doi.org/10.4324/9780203324134>
- González, A., González, E., Romero, J. V., Rojas, L. E., & Vargas, H. (2009). Assessing inflationary pressures in Colombia. In Bank for International Settlements (Ed.), *Monetary policy and the measurement of inflation: prices, wages and expectations* (49th ed., Issue 49, pp. 129–171). [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1546992](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1546992)
- Gordon, R. (1996). The Time-Varying NAIRU and its Implications for Economic Policy. In *National Bureau of Economic Research* (Vol. 53, Issue 9). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Hamann, P. F., Hofstetter, M., & Urrutia, M. (2014). Inflation targeting in Colombia 2002 - 2012. *Borradores de Economía*, 818, 2002–2012.
- Helbling, T., Jaumotte, F., & Sommer, M. (2006). How Has Globalization Affected Inflation? In FMI (Ed.), *World Economic Outlook* (pp. 107–148). International Monetary Fund.
- Huertas, C. A., González, E. R., & Ruiz, C. (2015). La formación de expectativas de inflación en Colombia. *Borradores de Economía; No. 880*. <http://repositorio.banrep.gov.co/handle/20.500.12134/6169>
- Jácome, L. (2015). Central Banking in Latin America: From the Gold Standard to the Golden Years. *IMF Working Papers*, 15(60), 1. <https://doi.org/10.5089/9781484303184.001>
- Jácome, L. I., & Vázquez, F. (2008). Is there any link between legal central bank independence and inflation? Evidence from Latin America and the Caribbean. *European Journal of Political Economy*, 24(4), 788–801. <https://doi.org/10.1016/j.ejpoleco.2008.07.003>
- Jalil, M., González, E., & Romero, J. V. (2010). Inflación y expectativas de inflación en

- Colombia. *Borradores de Economía*, 618.
- Julier, S. J., & Uhlmann, J. K. (1997). New extension of the Kalman filter to nonlinear systems. *Signal Processing, Sensor Fusion, and Target Recognition VI*, 3068, 182. <https://doi.org/10.1117/12.280797>
- Kalman, R. E. (1960). A new approach to linear filtering and prediction problems. *Journal of Fluids Engineering, Transactions of the ASME*, 82(1), 35–45. <https://doi.org/10.1115/1.3662552>
- Kiley, M. (2009). Inflation expectations, Uncertainty, the Phillips curve, and Monetary Policy. *Finance and Economics Discussion Series*.
- Kiley, M. (2015). *Low Inflation in the United States A Summary of Recent Research* (pp. 85–103). FEDS Notes.
- La República. (2016, June). *Difíciles decisiones...* <https://www.larepublica.co/analisis/santiago-castro-513871/dificiles-decisiones-2392156>
- Lopez E., E., & Misas A., M. (1998). Un examen empirico de la curva de Phillips en Colombia  

---

*Ensayos Sobre Política Económica*, 34(Economía).
- Macklem, T. (1997). Capacity constraints , price adjustment , and monetary policy. *Bank of Canada Review*, 39–56.
- Matheson, T., & Stavrev, E. (2013). The Great Recession and the inflation puzzle. *Economics Letters*, 120(3), 468–472. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2013.06.001>
- Misas A., M., & Vásquez, D. M. (2002). Expectativas de inflación en Colombia: un ejercicio econométrico. *Borradores de Economía; No. 212*. <http://repositorio.banrep.gov.co/handle/20.500.12134/5230>
- Misas, M., Posada, C. E., & Vásquez, D. M. (2001). ¿ESTÁ DETERMINADO EL NIVEL DE PRECIOS POR LAS EXPECTATIVAS DE DINERO Y PRODUCTO EN COLOMBIA? *Banco de La República*.
- Nelson, C. R., & Siegel, A. F. (1987). Parsimonious Modeling of Yield Curves. *The Journal of Business*, 60(4), 473. <https://doi.org/10.1086/296409>
- Nigrinis, M. (2004). ¿Es lineal la curva de Phillips en Colombia? *Borradores de Economía*, 1–39. <http://www.banrep.gov.co/docum/ftp/borra282.pdf> <https://ideas.repec.org/p/bdr/borrec/282.html>
- Ocampo, J. A. (2005). Más allá del Consenso de Washington: una agenda de desarrollo para América Latina estudios y perspectivas. *Estudios y Perspectivas -CEPAL*, 26, 28. [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4945/1/S050152\\_es.pdf](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4945/1/S050152_es.pdf)
- OIT. (2020). Panorama Laboral 2019: América Latina y el Caribe. In *Panorama laboral America Latina y el Caribe 2019*. [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/documents/publication/wcms\\_732198.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/documents/publication/wcms_732198.pdf)

- Phelps, E. (1967). Phillips Curves, Expectations of Inflation and Optimal Unemployment Over Time. *Economica*, 34(135), 254–281.
- Phelps, E. S. (1967). Phillips Curves, Expectations of Inflation and Optimal Unemployment over Time. *Economica*, 35(139), 288. <https://doi.org/10.2307/2552305>
- Phelps, E. S. (1968). Money-Wage Dynamics and Labor-Market Equilibrium. *Journal of Political Economy*, 76(4, Part 2), 678–711. <https://doi.org/10.1086/259438>
- Portafolio. (2016, June). *El gran “pecado” del Banco de la República*. <https://www.portafolio.co/opinion/otros-columnistas-1/analisis-politica-monetaria-banco-republica-496989>
- Razón Pública. (2015, April). *Inflación: estamos tratando de curar la enfermedad que no era*. <https://razonpublica.com/inflacion-estamos-tratando-de-curar-la-enfermedad-que-no-era/>
- Rogoff, K. (2003). Globalization and global disinflation. *Economic Review-Federal Reserve Bank of Kansas City*, 88(4), 45.
- Simon, D., & Chia, T. L. I. (2002). Kalman filtering with state equality constraints. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 38(1), 128–136. <https://doi.org/10.1109/7.993234>
- Simon, J., Matheson, T., & Sandri, D. (2013). Chapter 3: The Dog That Didn't Bark: Has Inflation Been Muzzled or Was It Just Sleeping? In FMI (Ed.), *World Economic Outlook* (Issue April, pp. 79–95).
- Skidelsky, R. (2018). Reinventing Political Economy. In *Money and Government: The Past and Future of Economics* (pp. 345–384).
- Solera, Á. (2003). *El Filtro de Kalman*.
- Svensson, L. (2010). The New Palgrave: Monetary Economics. In S. Durlauf & L. Blume (Eds.), *The New Palgrave: Monetary Economics* (Vol. 53, Issue 9, pp. 127–131). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Uribe, J. D. (1994). Inflación, tasa de cambio y anclas. *Borradores Semanales de Economía*, 10.
- Vargas-Herrera, H. (2016). Inflation Expectations and a Model-Based Core Inflation Measure in Colombia. *Borradores de Economía*, 928.
- Wan, E., & Van der Merwe, R. (2001). The Unscented Kalman Filter. In *Kalman Filtering and Neural Networks* (pp. 385–389). <https://doi.org/10.1002/9780470611104.app11>
- Watson, M. W. (2014). Inflation Persistence, the NAIRU, and the Great Recession. *American Economic Review*, 104(5), 31–36.