

Universidad de las Hespérides

MÁSTER EN ECONOMÍA

Curso 2023-2024

TEORÍA CUANTITATIVA DEL DINERO
EN EL MUNDO: OFERTA MONETARIA E
INFLACIÓN

Trabajo Fin de Máster

Autor:

Miguel González Calvo

Tutor:

Juan E. Castañeda

Septiembre 2024

Índice

1. Introducción	1
2. Materiales y métodos	2
2.1. Revisión bibliográfica	2
2.2. La cuestión de los agregados monetarios	3
2.3. Teorías alternativas	6
2.3.1. Modelo Nekeynesiano	6
2.3.2. Teoría fiscal del nivel de precios	7
2.3.3. Teoría monetaria moderna	7
2.4. Análisis cuantitativo	8
2.4.1. Variables y datos utilizados	9
2.4.2. Análisis de estacionariedad	10
2.4.3. Modelo de regresión de Markov	11
2.4.4. Velocidad de circulación del dinero	12
2.4.5. Inflación	14
3. Discusión y conclusiones	15
3.1. Marco institucional	15
3.1.1. Estados Unidos	15
3.1.2. Eurozona	16
3.1.3. Reino Unido	17
3.1.4. Suiza	18
3.1.5. Japón	18
3.2. Resultados cuantitativos	19
3.2.1. Análisis de la velocidad de circulación del dinero	19
3.2.2. Modelización de la velocidad de circulación del dinero	21
3.2.3. Modelización de la inflación	23
3.3. Conclusiones	28
A. Fuentes de información	34

Índice de figuras

1.	Agregado monetario estrecho (base monetaria, M0) vs. dinero en sentido amplio (M3) en los Estados Unidos. Elaboración propia.	5
2.	Cambios en oferta monetaria e inflación para las diferentes áreas monetarias de interés durante el período 2015-2024. Fuente: elaboración propia.	20
3.	Magnitudes registradas para las diferentes áreas monetarias de interés durante el período 2015-2024. Fuente: elaboración propia.	22
4.	Probabilidad de encontrarse en el estado alto de Markov (arriba); valor real de la variación del logaritmo de la velocidad de circulación del dinero junto con la predicción del modelo (abajo).	24
5.	Probabilidad de encontrarse en el estado alto de Markov (arriba); valor real de la variación del logaritmo del nivel de precios junto con la predicción del modelo (abajo).	27

Índice de cuadros

1.	Períodos de expansión y recesión económica de acuerdo con el National Bureau of Economic Reserach (NBER 2023).	13
2.	Parámetros obtenidos correspondientes a la velocidad de circulación del dinero para las diferentes áreas monetarias de interés	20
3.	Parámetros obtenidos correspondientes al modelo de regresión de Markov correspondientes a la velocidad de circulación del dinero para las diferentes áreas monetarias de interés.	21
4.	Parámetros obtenidos correspondientes al modelo de regresión de Markov correspondientes a la inflación para las diferentes áreas monetarias de interés.	25

Resumen

Las diversas políticas monetarias adoptadas por los principales bancos centrales tuvieron efectos diferentes sobre la inflación durante la pandemia de COVID-19 y, especialmente, después de ella. Mientras que algunos países como Suiza y Japón registraron tasas de inflación anuales moderadas por debajo del 3,5% (medidas por sus respectivos Índices de Precios al Consumo), no ocurrió lo mismo en otras zonas monetarias como Estados Unidos, la zona euro o el Reino Unido.

En los últimos años, en el mundo académico se han utilizado enfoques teóricos para explicar los orígenes de la inflación, entre ellos la teoría cuantitativa del dinero, el nuevo marco keynesiano, la teoría monetaria moderna y la teoría fiscal del nivel de precios. Dado que los principales bancos de las áreas monetarias y países mencionados aplicaron políticas con notables diferencias en términos de agregados monetarios amplios correlacionadas con resultados de inflación diversos, la teoría cuantitativa «amplia» del dinero puede ser un marco teórico adecuado para analizar el efecto de los agregados monetarios amplios sobre la inflación.

Por lo tanto, un análisis empírico como el que se presentará en este trabajo puede llevar a conclusiones relevantes sobre la posibilidad de utilizar las variaciones de los agregados monetarios y de la velocidad del dinero para establecer un vínculo con la inflación. Se utiliza un modelo de cambio de régimen (*Markov-switching model*) para comprobar el impacto de las magnitudes monetarias (cambios en la oferta monetaria y en la velocidad del dinero) sobre la inflación para Suiza, Japón, Estados Unidos, la Eurozona y el Reino Unido.

El hecho de que se utilicen distintas zonas monetarias para el presente análisis permite un estudio multi-regional y multidivisa de las relaciones entre los agregados monetarios, la velocidad del dinero y la inflación.

Del análisis realizado para todas las áreas monetarias mencionadas se derivan principalmente dos conclusiones relevantes: primero, los cambios en la velocidad de circulación del dinero son estacionarios presentando un valor medio negativo y relativamente uniforme entre estas, con una variación similar; segundo, los cambios en la oferta monetaria en sentido amplio presentes y pasados son significativos a la hora de explicar cambios en el nivel de precios de las diferentes áreas monetarias.

Abstract

Diverse monetary policies taken by leading central banks did have different effects on inflation during and especially after the COVID-19 pandemic. While certain countries such as Switzerland and Japan registered moderate annual inflation rates under 3.5% (as measured by their respective Consumer Price Index), that was not the case for other monetary areas such as the United States, the Eurozone, or the United Kingdom.

In the last years, theoretical approaches have been used in academia to explain the origins of inflation, including the quantity theory of money, the new Keynesian framework, the modern monetary theory, and the fiscal theory of the price level. Since the leading banks from the aforementioned monetary areas and countries implemented policies with remarkable differences in terms of broad money aggregates correlating with diverse inflation results, the «broad» quantitative theory of money can be a suitable theoretical framework to analyze the effect of broad monetary aggregates on inflation.

Therefore, an empirical analysis such as the one to be presented in this publication can lead to relevant conclusions about the possibility of using changes in monetary aggregates and money velocity in order to establish a link to inflation. A regime-switching model (Markov-switching model) is used to test the impact of the monetary variables (changes in money quantity and money velocity) on inflation for Switzerland, Japan, the United States, the Eurozone, and the United Kingdom.

The fact that different monetary areas are used for the present analysis allows for a multi-region, multi-currency study of relationships between monetary aggregates, money velocity, and inflation.

From the analysis carried out for all the monetary areas mentioned above, two main conclusions are relevant: first, changes in the velocity of money circulation are stationary and have a negative and relatively uniform mean value among them, with a relatively similar variation among them; second, present and past changes in the broad money supply are significant in explaining changes in the price level of the different monetary areas.

Siglas

ADF *Augmented Dickey-Fuller.*

BCE Banco Central Europeo.

BoE Banco de Inglaterra.

BoJ Banco de Japón.

CPI *Consumer Price Index.*

IOFC *Intermediate other financial corporation.*

KPSS Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin.

MMT *Modern Monetary Theory.*

MPC Comité de Política Monetaria.

PIB Producto Interior Bruto.

QE *Quantitative Easing.*

SEBC Sistema Europeo de Bancos Centrales.

SNB *Schweizerische Nationalbank.*

TECG *Tratado de Estabilidad, Coordinación y Gobernanza en la Unión Económica y Monetaria.*

TFEU *Treaty on the Functioning of the European Union.*

1. Introducción

Las elevadas tasas de inflación que han seguido a las diversas respuestas de diferentes bancos centrales a la crisis del COVID-19 plantean la cuestión acerca de si el marco teórico que manejan bancos centrales en diversas economías mundiales son acertados a la hora de predecir la inflación en función de la implementación concreta de la política monetaria por parte de los mismos.

Jerome Powell, el 23 de febrero de 2021, respondiendo al senador republicano de los Estados Unidos en el «Semiannual Monetary Policy Report to the Congress» ante el *Committee on Banking, Housing, and Urban Affairs*:

Well, when you and I studied economics a million years ago, M2 and monetary aggregates generally seemed to have a relationship to economic growth. . . that classic relationship between monetary aggregates and economic growth and the size of the economy, it just no longer holds. . . so something we have to unlearn, I guess. (Powell 2021b).

Además, el 1 de diciembre del mismo año añadía ante el *House of Representatives' Committee of Financial Services*:

Now, we think more of just the imbalances between supply and demand in the real economy rather than monetary aggregates. . . . It's been a different economy and a different financial system for some time," (Powell 2021a).

Milton Friedman, por el contrario, ya planteaba décadas atrás la ya célebre tesis contraria:

Inflation is always and everywhere a monetary phenomenon, in the sense that it is and can be produced only by a more rapid increase in the quantity of money than in output. (Friedman 1970, 24).

Se plantea la exploración, por tanto, de alternativas a dichos marcos teóricos con el fin de descubrir relaciones causales significativas entre los cambios en la velocidad de circulación del dinero y agregados monetarios, y la inflación registrada en diferentes áreas monetarias a nivel mundial.

2. Materiales y métodos

2.1. Revisión bibliográfica

A raíz de la implementación de una política monetaria expansiva en diferentes áreas monetarias, han sido varios los economistas que han alertado de una potencial inflación antes de que esta se registrara analizando el comportamiento de la oferta monetaria y de los cambios en la demanda de dinero durante y tras la crisis del COVID-19: Castañeda y Congdon 2020, Congdon 2020.

Precisamente la influencia en los cambios en la oferta monetaria y los diferentes mecanismos de transmisión monetaria han sido el foco de estudio de una abundante cantidad de publicaciones, especialmente en los autores denominados monetaristas, comenzando por la ya clásica publicación de Friedman 1956.

En los últimos años, sin embargo, y a raíz de la inflación resultante tras la política monetaria adoptada por los principales bancos centrales en relación con la crisis del COVID-19, se ha estudiado intensivamente la relación entre los cambios en la oferta monetaria y la inflación. Ejemplo de ello es el trabajo de Borio, Hofmann y Zakrajšek 2023, donde se establece tal relación con una aproximación similar a la de este trabajo contemplando dos regímenes: un régimen de baja inflación y un régimen de alta inflación. Nótese, sin embargo, que la constatación de esta relación no implica causalidad: se observa que los países con un crecimiento de la oferta monetaria más fuerte registraron tasas de inflación más altas.

Por otro lado, Greenwood y Hanke 2021 distingue entre dos tipos de explicaciones para la inflación: las explicaciones *ad-hoc* y las explicaciones monetarias. Se pone en duda la capacidad de explicación de algunas de estas explicaciones *ad-hoc* tales como el consenso neo-keynesiano tras haber fracasado en la correcta predicción de resultados de inflación, mientras que se resalta la importancia de los cambios en la oferta de dinero en sentido amplio en su relación con la inflación.

Reynard 2023, por su parte, estudia la respuesta de los diferentes bancos centrales en términos de variación de sus respectivos balances y la inflación registrada. Se propone una relación entre inflación y oferta monetaria en sentido amplio usando como marco teórico la teoría cuantitativa del dinero. Se indica, asimismo, la importancia

de la elección del agregado monetario a tratar, proponiendo el uso de agregados monetarios amplios.

Con relación a esta última cuestión, Bordo y Levy 2021 concluye que el multiplicador de la base monetaria no es estable comparando los agregados MB y M2 así como las consecuencias relativas a la inflación. Además, se hace un recorrido histórico de diferentes episodios de expansión fiscal y se analizan los resultados de las mismas en términos de cambio en el nivel de precios.

Es por ello por lo que se plantea la cuestión relativa a las limitaciones de las herramientas de las que disponen los bancos centrales para diseñar la política monetaria. A este respecto, Congdon 2021 analiza estas limitaciones para diseñar e implementar herramientas concretas de política monetaria sin conllevar inflación asociada.

Desde el punto de vista de metodología cuantitativa, una de las publicaciones que han explorado esta cuestión recientemente ha sido el de Castañeda y Cendejas, que «evalúa si los cambios en la velocidad de circulación del dinero y el crecimiento monetario (ampliamente) definido explica patrones de inflación a largo plazo en los Estados Unidos» (Castañeda y Cendejas 2023, 2), concluyendo que, en efecto, ambas magnitudes sí tienen relevancia a la hora de explicar la inflación en el largo plazo.

La aplicación de metodologías cuantitativas para explicar la relación entre la oferta monetaria y la inflación ha sido profusa: a modo de ejemplo, Amisano y Fagan 2013 usan un modelo markoviano con cambio de régimen similar al usado por Castañeda y Cendejas. Del mismo modo que se pretende en este trabajo, se expone la utilización del modelo para diferentes economías, siendo en ese caso la Eurozona, Alemania, los Estados Unidos, el Reino Unido y Canadá para un período de tiempo desde la década de 1960 hasta ese momento. Además, Anderson, Bordo y Duca 2017 expone análisis similares a los de este trabajo correspondientes a la velocidad de circulación del dinero en términos de estacionariedad, y se usan modelos empíricos con el fin de modelar la demanda de dinero en sentido amplio en los Estados Unidos desde la Gran Depresión.

2.2. La cuestión de los agregados monetarios

Una de las cuestiones clave en torno al monetarismo es respectiva a la elección de un determinado agregado monetario. Nótese que, en general, pueden tomarse diferen-

tes agregados que comprenden muy diversas magnitudes monetarias. A continuación, se listan algunas de ellas (OECD 2024):

- **M0, MB o base monetaria:** reservas en el banco central y efectivo en circulación.
- **M1:** efectivo en circulación (billetes de banco y monedas) y depósitos a un día (*overnight deposits*).
- **M2:** suma de M1, los depósitos a plazo de hasta dos años y depósitos disponibles con preaviso de hasta tres meses (*deposits redeemable at notice*).
- **M3 o dinero en sentido amplio:** suma de M2, cesiones temporales (*repurchase agreements*), participaciones en fondos del mercado monetario (*money market fund shares/units*) y títulos de deuda de hasta dos años (*debt securities*).

Debido al hecho de que cada agregado monetario tiene un tamaño diferente y una relación diferentes con diversas variables macroeconómicas, el mecanismo de transmisión monetaria no puede ser el mismo. De hecho, que la causalidad entre el exceso o el defecto de dinero y las decisiones de gasto y de portafolio de activos se cumple para el dinero en sentido amplio, pero no para el dinero en sentido estrecho. (Congdon 2024, 137). Es por ello que en el presente trabajo se toman los agregados monetarios correspondientes al dinero en sentido amplio como medida de oferta monetaria.

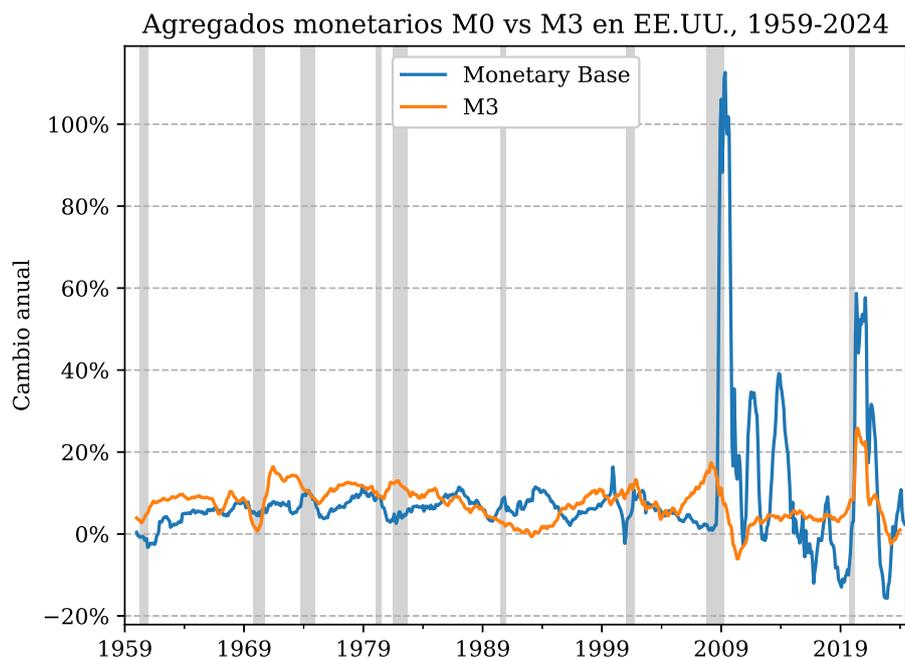


Figura 1: Agregado monetario estrecho (base monetaria, M0) vs. dinero en sentido amplio (M3) en los Estados Unidos. Elaboración propia.

Nótese, además, y tal como muestra Bordo y Levy 2021, 76, que la relación entre el dinero en sentido amplio y el dinero en sentido estrecho no es ni constante ni sus variaciones coinciden en signo. Tal como muestra la Figura 1, durante la crisis financiera de 2008 se produjeron aumentos en la base monetaria mientras que el dinero en sentido amplio se reducía; en cambio, durante la crisis del COVID-19 ambas se comportaron con aumentos paralelos.

Es de especial interés el trato de los importes correspondientes a la compensación interbancaria. Los bancos almacenan reservas de dinero con el fin de destinarlas a potenciales compensaciones en el mercado interbancario. Ahora bien, estos pagos son de carácter puramente financiero; dado que no se realizan intercambios de bienes ni de servicios con estos importes, no tienen un efecto en la demanda agregada:

Such reserves, which are fully convertible into legal tender, do constitute ‘money’ for the banking industry, but only for it. Interbank settlement is largely for the purpose of matching up accounts and is purely financial in character. No goods and services, and no payments for factors of production, are involved, and no effect on the expenditure-output flow or aggregate demand follow interbank settlement. (Congdon 2024, 41)

De tal modo, M4 incluye el dinero en sentido amplio (*broad money*), mientras que M4x se corresponde con el dinero en sentido amplio excluyendo las *Intermediate other financial corporation* (IOFC) (Congdon 2024, 41). Por ello en el caso del Reino Unido se usará M4x como agregado monetario para el análisis expuesto.

2.3. Teorías alternativas

La inflación ha sido un fenómeno harto estudiado en el campo de la economía política. No obstante, no existe un consenso sobre qué variables impactan en la misma; es por ello que a lo largo de los siglos han ido surgiendo corrientes económicas que la han atribuido a diferentes factores. Así como el monetarismo otorga un papel esencial a la hora de explicar la inflación a la oferta de dinero, no es así en otra serie de teorías alternativas que en este trabajo se pretenden esbozar.

2.3.1. Modelo Neokeynésiano

La determinación de la política monetaria a implementar por parte de los bancos centrales de diferentes economías ha sido fruto de numerosos debates a lo largo de los últimos años. A partir de esta cuestión han surgido reglas monetarias tales como la Regla de Taylor, y diferentes perspectivas en función de qué hipótesis se toman como punto de partida. Algunas de estas hipótesis tienen una cierta relación con el pensamiento de John Maynard Keynes, y precisamente por la incorporación de elementos tales como la rigidez de precios nominales u otro tipo de rigideces (a modo de ejemplo en la demanda de dinero), se denomina tales enfoques como una «perspectiva neokeynésiana» (Clarida, Galí y Gertler 1999, 1662).

Uno de los modelos más destacables en la «perspectiva neokeynésiana» es el presentado precisamente por Richard Clarida, Jordi Galí y Mark Gertler (1999). En este, se relaciona la inflación con dos factores determinantes, a saber: las expectativas de inflación y el «*output gap*» o brecha de producción (la diferencia entre la producción potencial y la producción real). De este modo, no se establece, al igual que en el modelo planteado en este trabajo, una relación directa entre la implementación de política monetaria en forma de variación de la oferta de dinero y la inflación registrada, sino que esta se atribuye a otros factores determinantes.

2.3.2. Teoría fiscal del nivel de precios

Una de las cuestiones esenciales de la teoría monetaria es explicar la razón por la cual existe confianza en el dinero fiat por contraposición al dinero con convertibilidad en activos reales, y una de las explicaciones más aceptadas en la comunidad académica es la chartalista: por la capacidad del dinero fiat de extinguir deudas con el Estado. Tal como expone Ben-Gad 2023, es este principio el que da lugar a dos corrientes que convergen en este punto y divergen en las explicaciones particulares, a saber: la teoría monetaria moderna y la teoría fiscal del nivel de precios.

Uno de los máximos exponentes de la teoría fiscal del nivel de precios es John H. Cochrane, que expone en el libro homónimo *The Fiscal Theory of the Price Level* (2023) los principios de la misma, que pueden resumirse en que el valor de la moneda fiat depende fundamentalmente de los flujos de caja esperados por parte del Estado, esto es, del conjunto de déficits o superávits esperados futuros del mismo. De este modo, la inflación no es considerada un fenómeno puramente monetario, sino que depende del pasivo estatal: «inflation is not a monetary phenomenon but rather a government liability phenomenon» (Ben-Gad 2023, 305).

2.3.3. Teoría monetaria moderna

La *Modern Monetary Theory* (MMT) es una teoría alternativa al monetarismo correspondiente al reconocimiento del Estado como monopolio de emisión de dinero, y sus ideas pueden resumirse en dos tesis principales (Rallo Julián 2015): primero, que en presencia de recursos ociosos el Estado tiene la posibilidad de usar la oferta de moneda sin producirse efectos perniciosos para la economía o inflación; y segundo, que el dinero es una criatura del Estado. Es necesaria, por ello, la constatación del íntimo vínculo entre la teoría monetaria moderna y el chartalismo, y, más en concreto, el neochartalismo (recuérdese la célebre afirmación de Georg Friedrich Knapp «el dinero es una criatura de la ley»).

En concreto, el autoproclamado fundador de la teoría monetaria moderna, Warren Mosler, en *Los siete fraudes inocentes capitales de la política económica* (2010) expone siete fraudes de la política económica y la contraparte explicación usando la teoría correspondiente, basados en el principio fundamental de monopolio público:

MMT alone recognizes that the US Government and its agents, including its regulated commercial banks, are the sole supplier of that which it demands for payment of taxes (Mosler 2020)

Y siguiendo la teoría propuesta, se alcanza uno de los corolarios más importantes: el emisor de una moneda no puede enfrentarse a limitaciones de carácter financiero. Tal como exponen William Mitchell, Randall Wray, L y Martin Watts (2019): «put simply, a country that issues its own currency can never run out and can never become insolvent in its own currency».

Dejando a un lado las consecuencias para el desempleo y otros aspectos económicos, es de interés para este trabajo exponer sucintamente las consecuencias derivadas para la inflación: según la teoría monetaria moderna de acuerdo con las exposiciones de Mitchell, Wray y Watts 2019 y Kelton 2020, la financiación de tipo monetaria del gasto público no ha de causar inflación, siempre y cuando la economía tenga recursos ociosos donde destinar este gasto.

No obstante, la evidencia empírica no sustenta esta tesis, sino que la monetización de deuda a través de un incremento excesivo de la oferta monetaria con respecto al nivel específico de demanda de dinero resulta empíricamente en inflación. Es destacable, en este aspecto, el trabajo de Castañeda 2021, explicando por qué la teoría monetaria moderna no puede proveer crecimiento económico sostenido y baja inflación.

2.4. Análisis cuantitativo

El presente trabajo pretende evaluar si los cambios en la velocidad de circulación del dinero y en la cantidad de dinero (en forma de agregados monetarios concretos) tienen impacto en la inflación a largo plazo usando datos de diferentes áreas monetarias.

De este modo se presenta un estudio controlado en diferentes economías a nivel mundial de la influencia de los cambios en la velocidad de circulación de dinero y los agregados monetarios amplios («broad money») en el *Consumer Price Index* (CPI).

Para conseguir este fin se usará la metodología cuantitativa presentada en (Castañeda y Cendejas 2023), extendiendo el análisis desde únicamente los Estados Unidos hasta otras economías que han presentado un diferente comportamiento en términos

de implementación de política monetaria y de inflación registrada: la Eurozona, el Reino Unido, Suiza y Japón.

El período de tiempo de análisis se escoge de acuerdo con el máximo alcanzable con la disponibilidad de los datos correspondientes a las tres magnitudes de análisis (agregados monetarios amplios, PIB nominal y tasa de inflación) para las cinco áreas monetarias de interés.

2.4.1. Variables y datos utilizados

Se disponen de las magnitudes correspondientes a los diferentes agregados monetarios, así como al producto interior bruto nominal. Así, usando la ecuación de intercambio es posible calcular la velocidad de circulación del dinero para la moneda correspondiente:

$$M_t \cdot v_t = P_t \cdot Y_t \quad (1)$$

$$v_t = \frac{P_t \cdot Y_t}{M_t} \quad (2)$$

Donde:

- M_t es la cantidad de dinero en circulación, correspondiente al agregado monetario que se vaya a tomar (en el caso de este trabajo se corresponde con las magnitudes M3 para los análisis de Estados Unidos, la Eurozona, Suiza y Japón y M4x para el Reino Unido).
- v_t es la velocidad de circulación del dinero en el área monetaria correspondiente.
- P_t es el nivel de precios en el área monetaria correspondiente.
- Y_t es la producción real de la economía del área monetaria correspondiente.

De tal modo, se deriva que $P_t \cdot Y_t$ se corresponde con el producto interior bruto nominal del área monetaria correspondiente, siendo Y_t el PIB real de la misma.

Para el análisis se tomarán las variaciones anuales logarítmicas en las magnitudes propuestas, de tal modo que se cumple:

$$\Delta \log v_t = \Delta \log (P_t Y_t) - \Delta \log M_t \quad (3)$$

Los datos concretos utilizados para el estudio empírico y sus correspondientes fuentes pueden ser consultados al final de este trabajo en el Anexo A.

2.4.2. Análisis de estacionariedad

Una de las conclusiones observadas por el análisis de Castañeda y Cendejas 2023 es el comportamiento estacionario de los cambios en la velocidad de circulación del dinero para el período observado en los Estados Unidos: aunque hay cambios significativos en la misma, se caracteriza por producirse recurrentemente una regresión a la media, explicándose porque “los valores de $\Delta \log (P_t Y_t)$ y $\Delta \log M_t$ no siguen trayectorias divergentes por períodos de tiempo excesivamente largos” (8). Así, la media a la que se regresa puede interpretarse como una situación de equilibrio económico y situaciones de desequilibrio (entre el crecimiento del PIB nominal y el crecimiento de la cantidad de dinero) cuando los cambios en la velocidad de circulación del dinero se alejan de la misma.

Una de las críticas más repetidas a lo largo de los últimos años al monetarismo corresponde a cambios significativos en la demanda de dinero, especialmente en las últimas décadas. Es por ello que se decide realizar un estudio de estacionariedad respecto a los cambios en la velocidad de circulación del dinero no sólo en los Estados Unidos, sino en las otras áreas monetarias de interés. Nótese, además, que la velocidad de circulación del dinero es inversamente proporcional a la demanda de dinero y puede tomarse como variable «proxy» para determinar su variación.

Se observa, asimismo, que los cambios en la velocidad de circulación del dinero no exhiben una media nula, sino que se distribuyen en torno a un valor medio μ_v . Es por esto que se realizará un contraste de hipótesis para verificar que ese valor medio en efecto no es nula, planteándose:

H_0 (hipótesis nula): el valor medio de $\Delta \log v_t$ es $\mu_0 = 0$, $E[\Delta \log v_t] = \mu_v = 0$.

$$t_{\text{score}} = \frac{\overline{\Delta \log v_t} - \mu_0}{s_{m\Delta \log v_t}} \quad (4)$$

Siendo:

$$s_{m\Delta \log v_t} = \frac{s_{m\Delta \log v_t}}{\sqrt{T}}$$

y calculando el valor p por medio de la función de distribución:

$$\text{valor} - p(x, \nu) = 2(1 - \text{cdf}(x, \nu)) = 1 - 2x\Gamma\left(\frac{\nu + 1}{2}\right)$$

Donde $\nu = T - 1$ y $x = t_{score}$.

Tras plantear y evaluar la hipótesis nula, se realizará un análisis de estacionariedad evaluando la existencia o no de raíces unitarias en la serie temporal. Para ello se recurrirá a la prueba de Dickey Fuller (Augmented Dickey-Fuller test), donde la hipótesis nula es que existe una raíz unitaria en la serie (Dickey y Fuller 1979).

2.4.3. Modelo de regresión de Markov

Con carácter general, un modelo de regresión de Markov con dos regímenes puede ser expresado como sigue:

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 t + \sum \beta_i x_{i,t} + \sum \beta_{j,S_1} S_t x_{j,t} + \sum \beta_{j,S_2} (1 - S_t) x_{j,t} + \varepsilon_t \quad (5)$$

$$\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_{S_t}^2)$$

Nótese que un modelo de regresión de Markov generalizado no tiene por qué tener dos estados, sino que se pueden disponer de K estados diferentes. Dado que los modelos que se implementan disponen de dos estados ($K = 2$), se cumple:

$$S_{2,t} = (1 - S_{1,t}) \quad (6)$$

Y por simplicidad de notación se define el primer régimen como $S_t = S_{1,t}$ y el segundo como $S_{2,t} = 1 - S_t$.

De este modo se encuentran variables exógenas que son modeladas cambiando de régimen ($x_{i,t}$), así como variables exógenas que no son modeladas cambiando de régimen ($x_{j,t}$).

El modelado de tendencia puede ser realizado a través de una constante (α_0), o a través de un modelo lineal con constante y/o pendiente ($\alpha_0 + \alpha_1 t$). Del mismo modo, la tendencia puede ser modelada con o sin cambio de régimen:

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 t + \varepsilon_t \quad (7)$$

$$y_t = (\alpha_{0,S_1} + \alpha_{1,S_1} t) S_t + (\alpha_{0,S_2} + \alpha_{1,S_2} t) (1 - S_t) + \varepsilon_t \quad (8)$$

Y si el proceso es homocedástico, la varianza será constante en el tiempo:

$$\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2) \quad (9)$$

2.4.4. Velocidad de circulación del dinero

En concreto, el modelo aplicado a la velocidad de circulación del dinero se expresa del siguiente modo:

$$\begin{aligned} \Delta \log v_t &= \beta_{\text{recession}} d_{\text{recession},t} + \alpha_{S_1} S_t + \alpha_{S_2} (1 - S_t) + \varepsilon_t \\ \varepsilon_t &\sim N(0, \sigma^2) \end{aligned} \quad (10)$$

Donde:

- v_t es la velocidad de circulación del dinero.
- $d_{\text{recession},t}$ es una variable dicotómica que toma el valor 0 en períodos de expansión económica y 1 en períodos de recesión económica. Nótese, por tanto, $d_{\text{recession},t} \in \{0, 1\}$.
- S_t representa la predicción del régimen en el cual se encuentra la serie temporal en el instante temporal t . Nótese que en este modelo existen dos regímenes definidos, por lo que $S_t \in \{0, 1\}$.
- β_i son los coeficientes que serán determinados por el modelo.
- α_{S_k} son los coeficientes de tendencia por régimen.
- ε_t es el residuo correspondiente al instante temporal t . Con las hipótesis planteadas, se deriva que los residuales están normalmente distribuidos con media nula y varianza constante: $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$.
- p_{ij} es la probabilidad de realizar una transición desde el régimen i al régimen j .

Pico	Valle	Pico	Valle
1857Q2	1858Q4	1923Q2	1924Q3
1860Q3	1861Q3	1926Q3	1927Q4
1865Q1	1867Q1	1929Q3	1933Q1
1869Q2	1870Q4	1937Q2	1938Q2
1873Q3	1879Q1	1945Q1	1945Q4
1882Q1	1885Q2	1948Q4	1949Q4
1887Q2	1888Q1	1953Q2	1954Q2
1890Q3	1891Q2	1957Q3	1958Q2
1893Q1	1894Q2	1960Q2	1961Q1
1895Q4	1897Q2	1969Q4	1970Q4
1899Q3	1900Q4	1973Q4	1975Q1
1902Q4	1904Q3	1980Q1	1980Q3
1907Q2	1908Q2	1981Q3	1982Q4
1910Q1	1911Q4	1990Q3	1991Q1
1913Q1	1914Q4	2001Q1	2001Q4
1918Q3	1919Q1	2007Q4	2009Q2
1920Q1	1921Q3	2019Q4	2020Q2

Cuadro 1: Períodos de expansión y recesión económica de acuerdo con el National Bureau of Economic Reserach (NBER 2023).

$$P(S_t = s_t | S_{t-1} = s_{t-1}) = \begin{bmatrix} p_{00} & p_{10} \\ 1 - p_{00} & 1 - p_{10} \end{bmatrix} \quad (11)$$

Nótese que se supone un proceso homocedástico donde la varianza se mantiene constante a lo largo del tiempo. Se propone como trabajo futuro realizar un análisis más exhaustivo de la evolución de la varianza en el tiempo para las diferentes áreas monetarias analizadas, así como en el caso de determinarse heterocedasticidad, implementarla en el modelo de regresión de Markov propuesto, de tal modo que los residuales no cobrarían la forma anteriormente propuesta sino $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_{S_t}^2)$. En la implementación del modelo correspondiente equivaldría a `switching_variance=True` (statsmodels 2024c).

Los datos correspondientes a los períodos de expansión y recesión económica se corresponden con los picos y valles definidos por el National Bureau of Economic Research (NBER 2023).

2.4.5. Inflación

Se toman como variables exógenas las variables de interés, así como los retrasos de las mismas. Con el fin de simplificar la notación se usará el operador «lag» (L) de este modo:

$$L^m x_t = x_{t-m} \quad (12)$$

Asimismo, se usará una expresión polinómica para representar un conjunto de retrasos como sigue independiente de los cambios de régimen:

$$\gamma(L) = \gamma_0 + \gamma_1 L + \gamma_2 L^2 + \dots \quad (13)$$

Y otras dos expresiones polinómicas (correspondientes a los $k \in \{1, 2\}$ regímenes) para expresar los coeficientes a estimar por el modelo:

$$\alpha_{S_k}(L) = \alpha_{0,S_k} + \alpha_{1,S_k} L + \alpha_{2,S_k} L^2 + \dots \quad (14)$$

$$\Delta \log P_t = [c_{S_1} + \alpha_{S_1}(L) \Delta \log M_t] S_t + [c_{S_2} + \alpha_{S_2}(L) \Delta \log M_t] (1 - S_t) + \gamma(L) \Delta \log v_t + \varepsilon_t \quad (15)$$

3. Discusión y conclusiones

3.1. Marco institucional

Desde las instituciones de las diferentes áreas monetarias se establecen marcos regulatorios que persiguen el mandato de la estabilidad de precios, así como marcar límites al endeudamiento público.

3.1.1. Estados Unidos

La estabilidad de precios se recoge como objetivo a perseguir en el «mandato plural» de la Reserva Federal, autoridad monetaria en los Estados Unidos.

Este mandato está regulado por las enmiendas del 16 de noviembre de 1977 (12 USC § 225a) a la Ley de la Reserva Federal de 1913. En este caso se trata de una ley del Congreso de los Estados Unidos que establece como objetivos de la Reserva Federal «el máximo empleo, precios estables, y tipos de interés de largo plazo moderados». Por ello la Reserva Federal, para conseguir garantizar un nivel estable de precios, se esfuerza por mantener la inflación baja y estable, normalmente apuntando a una tasa de inflación anual de alrededor del dos por ciento.

En cuanto a los límites de déficit y deuda, el Congreso de Estados Unidos establece límites al endeudamiento del gobierno federal mediante legislación. El límite más conocido es el techo de deuda, que es la cantidad máxima de dinero que el gobierno está autorizado a pedir prestado para cumplir con sus obligaciones legales existentes, como el pago de facturas y el servicio de la deuda existente.

Cuando el gobierno alcanza el techo de deuda, el Congreso debe votar para aumentarlo y permitir que el gobierno siga endeudándose. No aumentar el techo de la deuda puede llevar al cierre del gobierno o al incumplimiento de sus obligaciones, lo cual puede tener graves consecuencias económicas.

Además, existen restricciones y directrices informales para el gasto deficitario, pero no se trata de límites estrictos como el techo de deuda. El nivel de gasto deficitario está influenciado por varios factores, incluidas las condiciones económicas, las consideraciones políticas y las decisiones de política fiscal tomadas por el Congreso y el presidente.

3.1.2. Eurozona

La legislación europea en términos de estabilidad de precios es compleja y está recogida en diferentes tratados firmados por los Estados miembros (Lemos Peixoto y Loi 2023) y establece tanto un mandato general como condiciones específicas para los diferentes bancos centrales y para los gobiernos nacionales.

La estabilidad de precios se establece como mandato en el Tratado de Maastricht y posteriormente se consolidó en el Artículo 127 (1) del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea (parte tercera, título VIII, capítulo 2): «El objetivo principal del Sistema Europeo de Bancos Centrales (SEBC), denominado en lo sucesivo “SEBC”, será mantener la estabilidad de precios. Sin perjuicio de este objetivo, el SEBC apoyará las políticas económicas generales de la Unión con el fin de contribuir a la realización de los objetivos de la Unión establecidos en el artículo 3 del Tratado de la Unión Europea.».

La estabilidad de precios también se recoge en el Artículo 140 del *Treaty on the Functioning of the European Union* (TFEU): «el logro de un alto grado de estabilidad de precios, que deberá quedar de manifiesto a través de una tasa de inflación que esté próxima a la de, como máximo, los tres Estados miembros más eficaces en cuanto a la estabilidad de precios». Además, indirectamente en el mismo artículo a través de los tipos de cambio requiriendo «el respeto, durante dos años como mínimo, sin que se haya producido devaluación frente al euro, de los márgenes normales de fluctuación que establece el mecanismo de tipos de cambio del sistema monetario europeo», así como «el carácter duradero de la convergencia conseguida por el Estado miembro acogido a una excepción y de su participación en el mecanismo de tipos de cambio deberá verse reflejado en los niveles de tipos de interés a largo plazo».

Sin embargo, no sólo se fijan condiciones relativas al banco central y a la emisión monetaria, sino también condiciones relativas al gobierno a través de la limitación del déficit público en el mismo artículo 140 del TFEU: «las finanzas públicas deberán encontrarse en una situación sostenible, lo que quedará demostrado en caso de haberse conseguido una situación del presupuesto sin un déficit público excesivo, definido de conformidad con lo dispuesto en el apartado 6 del artículo 126».

Posteriormente, a principios de 2013 entra en vigor el *Tratado de Estabilidad,*

Coordinación y Gobernanza en la Unión Económica y Monetaria (TECG) que, en su Pacto Presupuestario firmado por todos los Estados miembros excepto el Reino Unido y la República Checa, establece un límite mínimo estructural del 0,5 % del PIB, con la salvedad de Estados con una deuda pública inferior al 60 % del PIB, cuyo límite inferior sería del 1 % del PIB.

En cuanto a la estrategia de la política monetaria del Banco Central Europeo (BCE), esta viene dada por la «Declaración sobre la estrategia de política monetaria del BCE», publicada el 8 de julio de 2021 y sustituyendo a la anteriormente publicada en el año 2003. Así, se establece el HCIP como indicador a evaluar:

El Consejo de Gobierno confirma que el Índice Armonizado de Precios de Consumo (IAPC) continúa siendo el indicador de precios adecuado para evaluar la consecución del objetivo de estabilidad de precios. (ECB 2021).

Y se establece un límite a la inflación:

El BCE se ha comprometido a fijar su política monetaria para asegurar que la inflación se estabilice en su objetivo del 2 % a medio plazo. (ECB 2021).

3.1.3. Reino Unido

En el Reino Unido el Banco de Inglaterra (BoE) fija la política monetaria para «mantener la inflación en el Reino Unido baja y estable» (Bank of England 2024). Para ello, el Banco de Inglaterra hace uso de dos herramientas para implementar la política monetaria: por un lado se usa el *bank rate*, que es el tipo de interés que el Banco paga en depósitos diarios por entidades admitidas tales como bancos comerciales; por otro se contempla la compra de activos financieros tales como bonos a través de la expansión cuantitativa, *Quantitative Easing* (QE).

De acuerdo con el Banco, la inflación es «el objetivo primario de la política monetaria», de tal modo que se persigue el objetivo que se le entrega al BoE desde el gobierno del Reino Unido (en la actualidad el objetivo está fijado en un dos por ciento).

La decisión correspondiente a la política monetaria a implementarse corresponde, por tanto, a nueve individuos que pertenecen al Comité de Política Monetaria (MPC), que anuncian la política a adoptar ocho veces al año.

Para una visión crítica correspondiente a la política monetaria adoptada por parte del Banco de Inglaterra puede consultarse el capítulo noveno de *The Quantity Theory of Money: A New Restatement* (Congdon 2024, 109-129).

Es de interés señalar una de las principales diferencias entre la arquitectura institucional del Banco de Inglaterra y la de la Reserva Federal o del Banco Central Europeo: mientras que estas dos últimas instituciones son responsables de fijar sus propios objetivos de inflación, el Banco de Inglaterra no es autónomo en estos términos, sino que el objetivo de inflación es comunicado por el gobierno al propio banco.

3.1.4. Suiza

El *Schweizerische Nationalbank* (SNB) recibe el mandato de asegurar la estabilidad de precios tomando en consideración la evolución económica. A fin de alcanzar este objetivo, la estrategia de política monetaria del SNB se compone de tres elementos, a saber: la definición de estabilidad de precios, la previsión de inflación a medio plazo, y la definición del tipo de interés oficial del SNB (SNB 2024b).

La descripción de los instrumentos de política monetaria de los que dispone el SNB están descritos en las «Guidelines of the Swiss National Bank on monetary policy instrument» (SNB 2024a).

3.1.5. Japón

El Banco de Japón (BoJ) toma las decisiones correspondientes a la política monetaria y se encarga de implementarla con el fin de mantener la estabilidad de precios (BoJ 2024b).

El marco institucional establece a través del «Bank of Japan Act» que la política monetaria debe estar «encaminada a lograr la estabilidad de precios, contribuyendo así al sano desarrollo de la economía nacional». En concreto, el Banco de Japón fija como objetivo un «objetivo de estabilidad de precios» establecido en 2013 por el mismo en un dos por ciento de cambio anual en el índice de precios al consumidor

(CPI).

La política monetaria se define por parte de la *Policy Board* en los *Monetary Policy Meetings*, mientras que la implementación de la política monetaria se realiza a través de diferentes instrumentos operacionales tales como las operaciones del mercado monetario.

3.2. Resultados cuantitativos

La implementación de los modelos propuestos se ha realizado en Python usando los modelos implementados en la librería de statsmodels (statsmodels 2024a). La implementación concreta junto con el código producido puede ser consultado en el correspondiente repositorio online creado ex profeso (GitHub 2024).

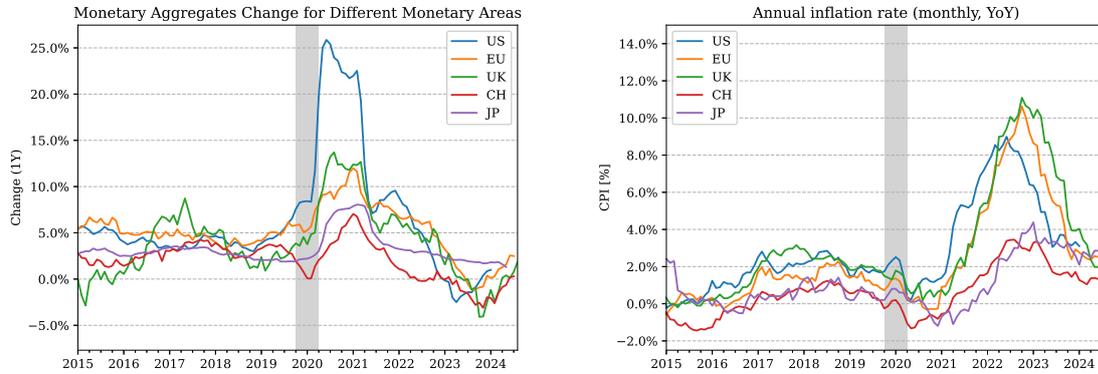
Una vista general de los cambios en la oferta de dinero en sentido amplio (M3 y M4x), así como de la tasa de inflación para las diferentes áreas monetarias puede ser consultada en la Figura 2. Puede observarse cómo tras la fuerte subida repentina de la oferta de dinero en los Estados Unidos, en la Eurozona y en el Reino Unido le sigue un significativo incremento de la inflación, no constatándose un incremento de similar magnitud en el caso de Suiza o Japón.

La Figura 3 muestra las diferentes magnitudes usadas para el análisis y los períodos de estudio para las áreas monetarias correspondientes: los Estados Unidos, la Eurozona, Suiza, el Reino Unido o Japón.

3.2.1. Análisis de la velocidad de circulación del dinero

En primer lugar se analiza la tendencia, variabilidad y estacionariedad de la velocidad de circulación del dinero.

Tal como muestra el Cuadro 2, la variación media (μ_v) de la velocidad de circulación de dinero ($\Delta \log v_t$) es negativa para todas las áreas monetarias observadas y se mantiene en un intervalo relativamente uniforme entre el -1.79% y el -0.81% para la intervalo temporal analizado. La velocidad de dinero depende, en última instancia, de las preferencias de los agentes económicos en las diferentes áreas monetarias, y tal como se espera, se constatan diferentes pero uniformes cambios en la demanda de dinero a través de la variación en la velocidad de circulación. En todos los casos



(a) Cambio anual en la cantidad de dinero en sentido amplio (M3 y M4x). (b) Tasa de inflación registrada (*Consumer Price Index*).

Figura 2: Cambios en oferta monetaria e inflación para las diferentes áreas monetarias de interés durante el período 2015-2024. Fuente: elaboración propia.

Magnitud	Estados Unidos	Eurozona	Suiza	Reino Unido	Japón
μ_v	-0.88 %	-1.71 %	-1.08 %	-1.60 %	-1.79 %
μ_v (hasta 2019.IV)	-0.81 %	-1.90 %	-1.36 %	-1.48 %	-2.02 %
σ_v	4.48	4.06	3.91	2.97	5.64
σ_v (hasta 2019.IV)	3.58	2.87	3.65	2.31	4.61
Valor-p	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000
ADF valor-p	0.031	0.038	0.012	0.017	0.062

Cuadro 2: Parámetros obtenidos correspondientes a la velocidad de circulación del dinero para las diferentes áreas monetarias de interés

Magnitud	Estados Unidos	Eurozona	Suiza	Reino Unido	Japón
α_{S_1}	0.002 (0.513)	0.035 (0.000)	0.030 (0.000)	0.009 (0.028)	- -
α_{S_2}	-0.109 (0.000)	-0.023 (0.000)	-0.033 (0.000)	-0.085 (0.000)	- -
$\beta_{\text{recession}}$	-0.015 (0.025)	-0.057 (0.000)	0.000 (0.960)	-0.069 (0.000)	- -
p_{00}	0.988 (0.000)	0.890 (0.000)	0.932 (0.000)	0.961 (0.000)	- -
p_{10}	0.164 (0.059)	0.037 (0.092)	0.041 (0.050)	0.140 (0.042)	- -
R^2	0.515	0.610	0.668	0.666	-

Cuadro 3: Parámetros obtenidos correspondientes al modelo de regresión de Markov correspondientes a la velocidad de circulación del dinero para las diferentes áreas monetarias de interés.

se descarta la hipótesis nula de que el valor medio de los cambios en la velocidad de circulación sea nulo, con una confianza superior al 99 %.

Además, la variabilidad (expresada como desviación estándar σ_v), también es uniforme entre áreas monetarias, con un intervalo de entre 2.87 y 4.61.

Por último se analiza la estacionariedad de la serie temporal correspondiente a la variación del logaritmo de la velocidad de circulación. Para ello se hace uso del *Augmented Dickey-Fuller* (ADF), donde como se explicó en la sección correspondiente, la hipótesis nula es la existencia de una raíz unitaria en la serie temporal. Tal como muestra el Cuadro 2, se rechaza la hipótesis nula al 90 % y se concluye que no existe una raíz unitaria y que la serie es estacionaria.

Se plantea como trabajo futuro hacer uso del Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS) para confirmar la estacionariedad de la serie temporal.

3.2.2. Modelización de la velocidad de circulación del dinero

De acuerdo con la teoría expuesta en la sección correspondiente, se modelan los cambios en la velocidad de circulación del dinero con un modelo de regresión markov con cambio de régimen. Tal como se especificó anteriormente, el modelo correspondiente a la variación del logaritmo de la velocidad de circulación del dinero se corresponde con la Ecuación 10.

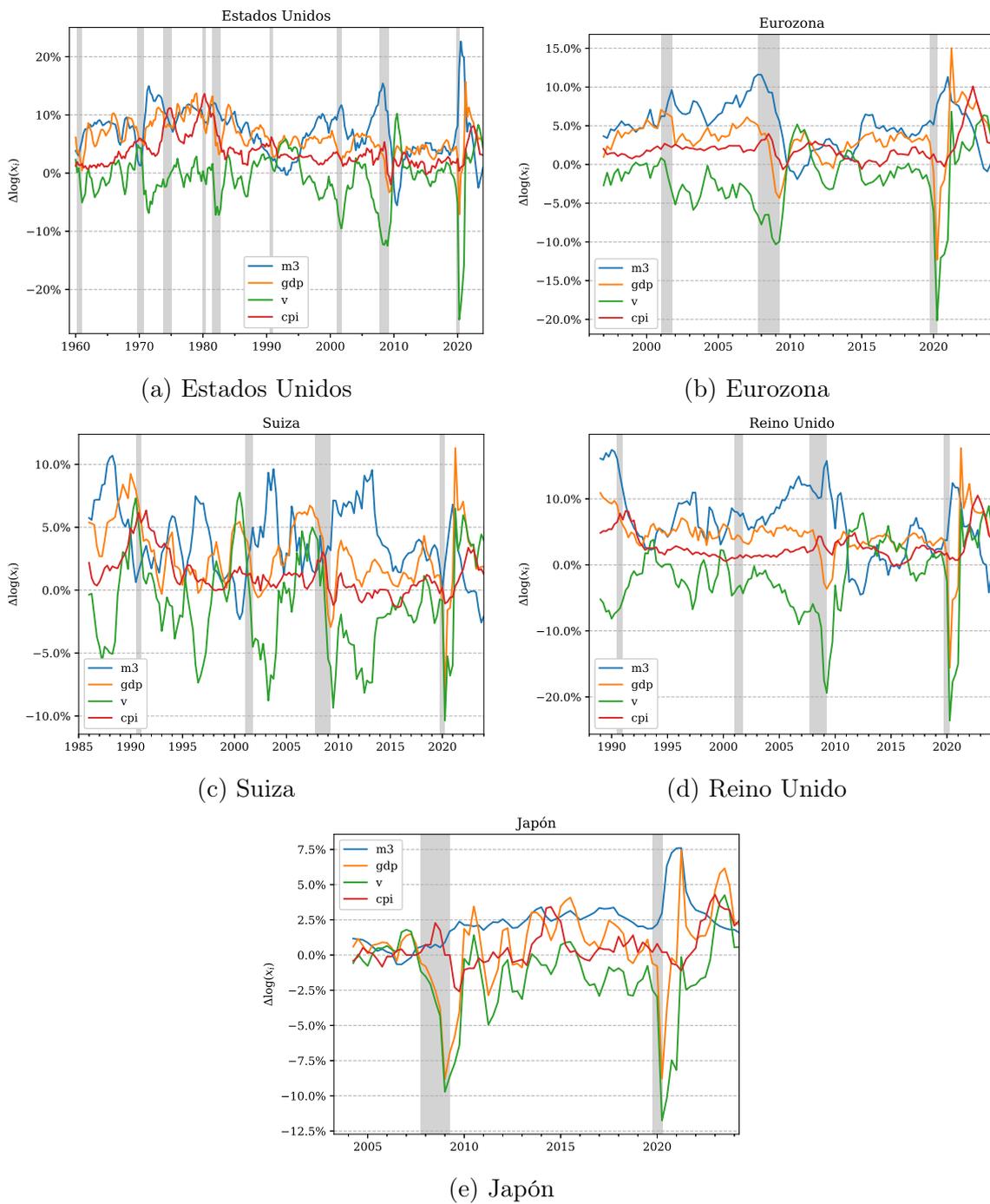


Figura 3: Magnitudes registradas para las diferentes áreas monetarias de interés durante el período 2015-2024. Fuente: elaboración propia.

Los parámetros obtenidos en los diferentes modelos pueden ser consultados en el Cuadro 3. Los coeficientes son los correspondientes a la Ecuación 10. La visualización del ajuste puede ser consultada en la Figura 4.

Dado que el Banco de Japón publica únicamente los datos correspondientes al agregado monetario M3 a partir de 2003, se disponen de considerablemente menos datos que para el resto de áreas monetarias. Es por ello que el modelo regresivo de Markov correspondiente a la velocidad de circulación no consigue converger, indicándose correspondientemente en el Cuadro 3.

Los valores p correspondientes al coeficiente relativo a la recesión indican que este es significativo al 95 %, excepto para el caso de Suiza (donde el modelo ajusta de diferente modo). Asimismo, todas las probabilidades de cambio de régimen son significativas al 90 %.

El coeficiente de determinación R^2 es una medida estadística que determina qué proporción de la variación de la variable dependiente puede ser explicada por las variables independientes. En este caso se encuentran valores relativamente pobres (entre 0.515 y 0.668), pero que sí explican una parte significativa de la variación en los cambios de la velocidad de circulación del dinero.

3.2.3. Modelización de la inflación

De acuerdo con la teoría expuesta en la sección correspondiente, se modela la inflación con un modelo de regresión markov con cambio de régimen. Tal como se especificó anteriormente, el modelo correspondiente a la variación del logaritmo de la velocidad del nivel de precios $\Delta \log P_t$ se corresponde con la Ecuación 15.

Los parámetros obtenidos en los diferentes modelos pueden ser consultados en el Cuadro 4. Los coeficientes son los correspondientes a la Ecuación 15. La visualización del ajuste puede ser consultada en la Figura 5.

Es de interés resaltar que, de acuerdo con el Cuadro 4, los valores de cambio en la oferta monetaria de períodos anteriores son significativos a la hora de modelizar la inflación presente (véanse los valores p correspondientes). Además, todas las probabilidades de cambio de régimen son significativas al 90 %, con la excepción del p_{10} en Suiza, que merece un estudio independiente.

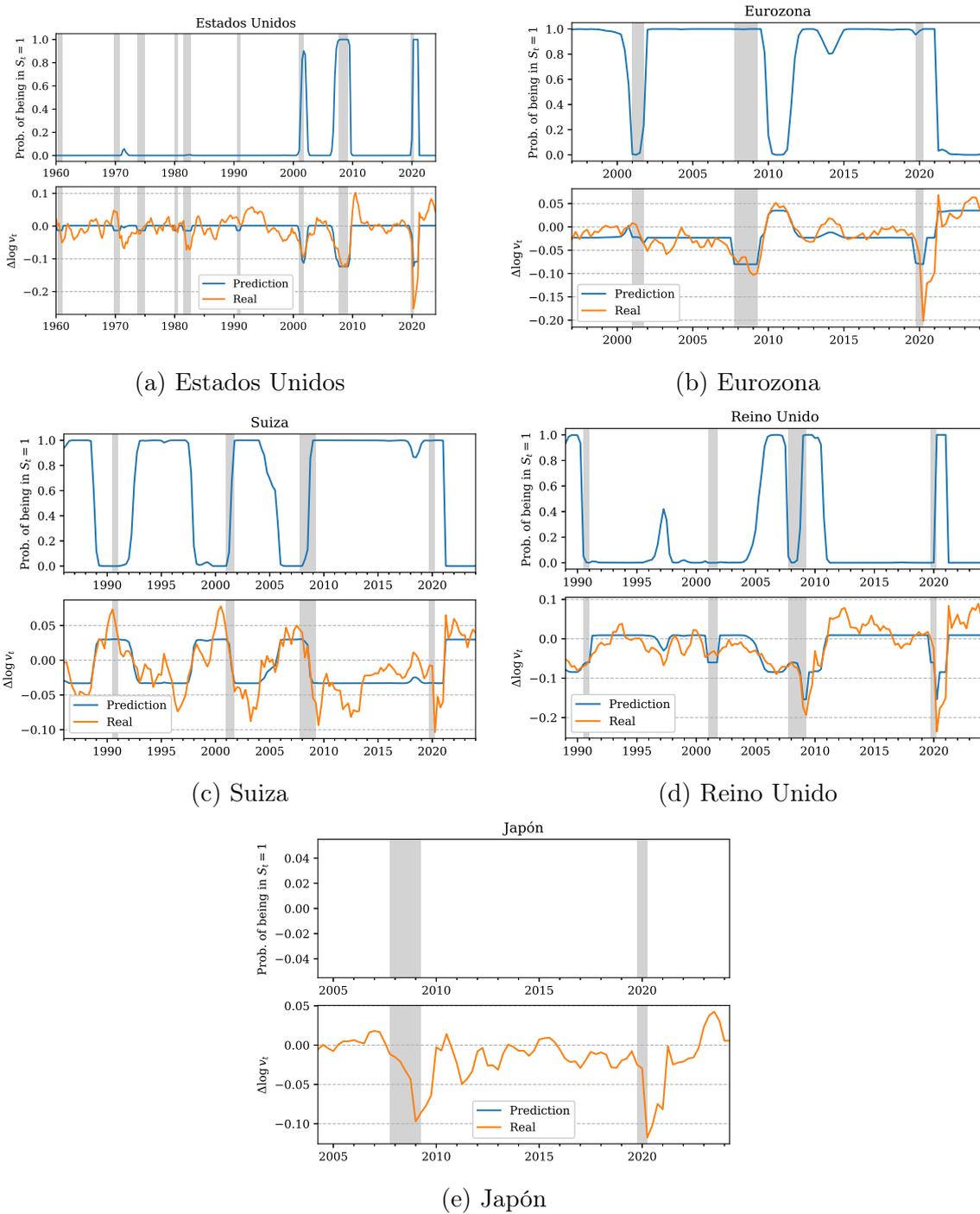


Figura 4: Probabilidad de encontrarse en el estado alto de Markov (arriba); valor real de la variación del logaritmo de la velocidad de circulación del dinero junto con la predicción del modelo (abajo).

Magnitud	Estados Unidos	Eurozona	Suiza	Reino Unido	Japón
c_{S_1}	0.003 (0.153)	0.014 (0.000)	0.005 (0.001)	0.003 (0.223)	0.001 (0.651)
α_{0,S_1}	0.191 (0.001)	0.130 (0.000)	0.071 (0.089)	0.098 (0.008)	0.162 (0.001)
α_{1,S_1}	0.273 (0.074)	0.215 (0.118)	0.106 (0.245)	0.147 (0.143)	0.252 (0.362)
α_{2,S_1}	0.154 (0.103)	-0.003 (0.977)	-0.023 (0.729)	0.120 (0.125)	-0.129 (0.375)
c_{S_2}	0.053 (0.000)	-0.017 (0.001)	0.044 (0.000)	0.018 (0.000)	0.017 (0.022)
α_{0,S_2}	-0.444 (0.004)	1.020 (0.000)	0.133 (0.058)	0.435 (0.000)	0.014 (0.882)
α_{1,S_2}	0.217 (0.361)	-0.502 (0.034)	0.053 (0.756)	-0.069 (0.443)	-0.992 (0.501)
α_{2,S_2}	0.262 (0.244)	1.642 (0.000)	-0.251 (0.085)	0.642 (0.000)	1.361 (0.345)
γ_0	0.100 (0.095)	0.034 (0.376)	0.076 (0.063)	0.051 (0.168)	-0.002 (0.958)
γ_1	-0.002 (0.982)	-0.061 (0.495)	0.039 (0.566)	0.027 (0.702)	0.025 (0.900)
γ_2	0.096 (0.201)	0.054 (0.213)	0.083 (0.113)	0.035 (0.371)	0.028 (0.665)
p_{00}	0.977 (0.000)	0.957 (0.000)	0.993 (0.000)	0.972 (0.000)	0.955 (0.000)
p_{10}	0.116 (0.029)	0.218 (0.040)	0.043 (0.255)	0.060 (0.105)	0.150 (0.107)
R^2	0.819	0.836	0.789	0.811	0.817

Cuadro 4: Parámetros obtenidos correspondientes al modelo de regresión de Markov correspondientes a la inflación para las diferentes áreas monetarias de interés.

Los valores del coeficiente de determinación R^2 permiten concluir que el modelo es capaz de explicar con precisión la inflación a través de los cambios presentes y pasados de la oferta monetaria, presentando valores de entre 0,789 y 0,836.

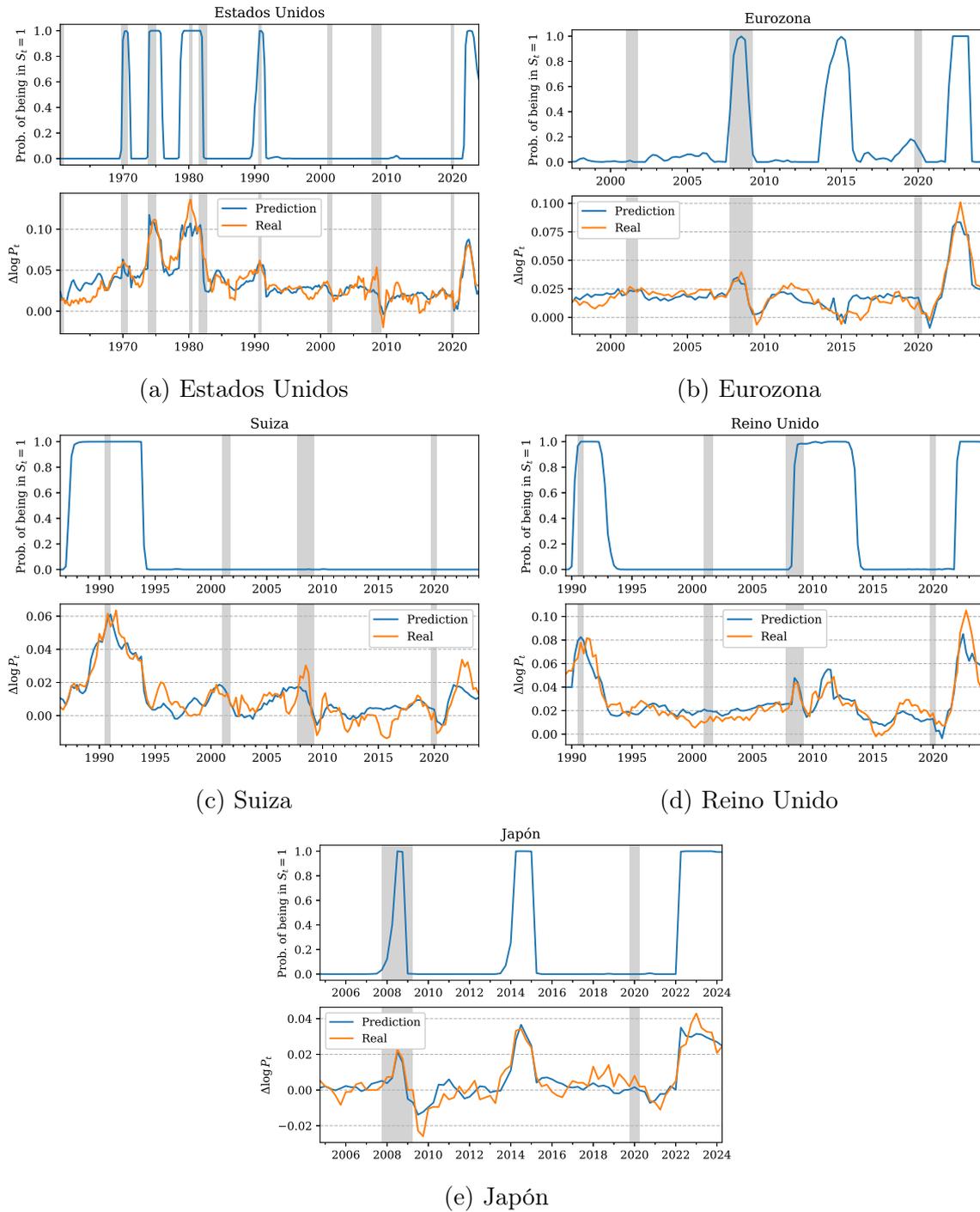


Figura 5: Probabilidad de encontrarse en el estado alto de Markov (arriba); valor real de la variación del logaritmo del nivel de precios junto con la predicción del modelo (abajo).

3.3. Conclusiones

El presente trabajo replica los resultados de la publicación correspondiente a Castañeda y Cendejas 2023, donde se utilizan modelos similares de regresión de Markov. Este trabajo no sólo es capaz de replicar los resultados para el área monetaria de Estados Unidos, sino que también generaliza a modo de estudio controlado los resultados para otras áreas monetarias de interés: la Eurozona, el Reino Unido, Suiza y Japón.

Tras el análisis empírico se concluye que los cambios en la oferta monetaria correspondientes a los agregados monetarios en sentido amplio (M3 y M4x) explican una parte significativa de la variación en el nivel de precios (inflación). Además, se obtiene como resultado que no sólo son significativos los cambios en la oferta monetaria presente, sino también los cambios en la oferta monetaria pasada para determinar una correlación con la inflación.

Es de especial relevancia este último resultado para el diseño y la implementación de la política monetaria por parte de los bancos centrales. Buena parte de los principales bancos centrales en todo el mundo han usado la teoría correspondiente al modelo nekeynesiano (cf. Sección 2.3.1), donde se resaltan como variables de interés la brecha de la producción (*output gap*) y las expectativas de inflación como variables explicativas de la inflación. Sin embargo, tal como se ha analizado ampliamente en este trabajo, los cambios en la oferta monetaria en sentido amplio son significativos para explicar la inflación y no han de ser omitidos en el análisis.

Se concluye, por tanto, una recomendación a la banca central correspondiente a la incorporación de los agregados monetarios en sentido amplio como variables explicativas para la predicción y el análisis de la inflación, así como un más profundo análisis y revisión de los mecanismos de transmisión monetaria.

Referencias

- Amisano, Gianni, y Gabriel Fagan. 2013. «Money growth and inflation: A regime switching approach». *Journal of International Money and Finance* 33:118-145.
- Anderson, Richard G., Michael Bordo y John V. Duca. 2017. «Money and velocity during financial crises: From the great depression to the great recession». *Journal of Economic Dynamics and Control* 81:32-49.
- Bank of England. 2024. «Monetary policy». Visitado 19 de septiembre de 2024. <https://www.bankofengland.co.uk/monetary-policy#:~:text=We%20set%20monetary%20policy%20to%20achieve%20low%20and%20stable%20inflation,for%20us%20by%20the%20Government..>
- Ben-Gad, Michael. 2023. «Book review: The fiscal theory of the price level». *Economic Affairs* 43:305-307.
- BoJ. 2013. «Joint Statement of the Government and the Bank of Japan on Overcoming Deflation and Achieving Sustainable Economic Growth». Visitado 10 de septiembre de 2024. https://www.boj.or.jp/en/mopo/mpmdeci/mpr_2013/k130122c.pdf.
- . 2024a. «Guide to Japan's Money Stock Statistics». Visitado 10 de septiembre de 2024. <https://www.boj.or.jp/en/statistics/outline/exp/data/exms01.pdf>.
- . 2024b. «Outline of Monetary Policy». Visitado 10 de septiembre de 2024. <https://www.boj.or.jp/en/mopo/outline/index.htm>.
- Bordo, Michael, y Mickey D. Levy. 2021. «Do enlarged fiscal deficits cause inflation? The historical record». *Economic Affairs* 41 (1): 59-83.
- Borio, Claudio, Boris Hofmann y Egon Zakrajšek. 2023. «Does money growth help explain the recent inflation surge?» *BIS Bulletin*, número 67.
- Castañeda, Juan E. 2021. *Modern Monetary Theory: Why it can't provide sustained economic growth and low inflation*. IEA Current Controversies No. 77.

- Castañeda, Juan E., y José Luis Cendejas. 2023. «Money Growth, Money Velocity and Inflation in the US, 1948-2021». *Open Economies Review*, <https://doi.org/10.1007/s11079-023-09739-0>.
- Castañeda, Juan E., y Tim Congdon. 2020. *Inflation: The Next Threat?* Institute of Economic Affairs, Briefing 7.
- Castañeda, Juan E., Tim Congdon, John Greenwood, Julian Jessop, Andrew Lilico, Kent Matthews, Patrick Minford y Trevor Williams. 2023. «Letter: Lurches in money supply are proven British menace». *Financial Times*, 8 de noviembre. Visitado 9 de septiembre de 2024. <https://www.ft.com/content/db6f5c8d-4ad4-4b20-9632-86680e02188e>.
- Clarida, Richard, Jordi Galí y Mark Gertler. 1999. «The Science of Monetary Policy: A New Keynesian Perspective». *Journal of Economic Literature* XXXVII:1661-1707.
- Cochrane, John H. 2023. *The Fiscal Theory of the Price Level*. Princeton: Princeton University Press.
- Congdon, Tim. 2020. «Will the Current Money Growth Acceleration Increase Inflation? An Analysis of the US Situation». *World Economics* 21 (21).
- . 2021. «Can central banks run out of ammunition? The role of the money-equities-interaction channel in monetary policy». *Economic Affairs* 41:21-37.
- . 2024. *The Quantity Theory of Money: A New Restatement*. London: The Institute of Economic Affairs.
- Dickey, David A., y Wayne A. Fuller. 1979. «Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series With a Unit Root». *Journal of the American Statistical Association* 74 (366): 427-431.
- ECB. 2021. «The ECB's monetary policy strategy statement». Visitado 10 de septiembre de 2024. https://www.ecb.europa.eu/home/search/review/html/ecb.strategyreview_monpol_strategy_statement.en.html.

- Friedman, Milton. 1956. «The Quantity Theory of Money: A Restatement». En *Studies in the Quantity Theory of Money*, 3-21. Chicago: University of Chicago Press.
- . 1970. *Counter-Revolution in Monetary Theory*. Wincott Memorial Lecture, Institute of Economic Affairs, Occasional paper 33.
- GitHub. 2024. «money-growth repository». Visitado 10 de septiembre de 2024. <https://github.com/MiguelPuntoEs/money-growth>.
- Greenwood, John, y Steve H. Hanke. 2021. «On Monetary Growth and Inflation in Leading Economies, 2021-2022: Relative Prices and the Overall Price Level». *Journal of Applied Corporate Finance* 33 (4): 39-51.
- Hamilton, James D. 1989. «A new approach to the economic analysis of nonstationary time series and the business cycle». *Econometrica* 57 (2): 357-384.
- Kelton, Stephanie. 2020. *The Deficit Myth: Modern Money Theory and the Birth of the People's Economy*. New York: Public Affairs.
- Kim, Chang-Jin, y Charles R. Nelson. 1999. *State-Space Models with Regime Switching*. Cambridge: The MIT Press.
- Lemos Peixoto, Samuel de, y Giacomo Loi. 2023. «El marco de la Unión para las políticas presupuestarias». Visitado 10 de septiembre de 2024. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/es/sheet/89/el-marco-de-la-union-para-las-politicas-presupuestarias>.
- Mitchell, William, L. Randall Wray y Martin Watts. 2019. *Macroeconomics*. London: Red Globe Press.
- Mosler, Warren. 2010. *Los siete fraudes inocentes capitales de la política económica*. Valencia: El Petit Editor.
- . 2020. «White paper: Modern Monetary Theory». Visitado 10 de septiembre de 2024. <https://moslereconomics.com/mmt-white-paper/>.

- NBER. 2023. «US Business Cycle Expansions and Contractions». Visitado 10 de septiembre de 2024. <https://www.nber.org/research/data/us-business-cycle-expansions-and-contractions>.
- OECD. 2024. «OECD Data Explorer». Visitado 19 de septiembre de 2024. [https://data-explorer.oecd.org/vis?tm=m3%20japan&pg=0&snb=15&vw=ov&df\[ds\]=dsDisseminateFinalDMZ&df\[id\]=DSD_STES%40DF_MONAGG&df\[ag\]=OECD.SDD.STES&df\[vs\]=4.0&dq=USA.M..XDC..Y...&pd=%2C&to\[TIME_PERIOD\]=false&ly\[cl\]=TIME_PERIOD&ly\[rs\]=MEASURE%2CCOMBINED_UNIT_MEASURE](https://data-explorer.oecd.org/vis?tm=m3%20japan&pg=0&snb=15&vw=ov&df[ds]=dsDisseminateFinalDMZ&df[id]=DSD_STES%40DF_MONAGG&df[ag]=OECD.SDD.STES&df[vs]=4.0&dq=USA.M..XDC..Y...&pd=%2C&to[TIME_PERIOD]=false&ly[cl]=TIME_PERIOD&ly[rs]=MEASURE%2CCOMBINED_UNIT_MEASURE).
- Powell, Jerome. 2021a. House Financial Services Committee.
- . 2021b. «Hearing before the Committee on Banking, Housing, and Urban Affairs. Semiannual Monetary Policy Report to the Congress. United States Senate». <https://www.govinfo.gov/content/pkg/CHRG-117shrg44741/pdf/CHRG-117shrg44741.pdf>.
- Rallo Julián, Juan Ramón. 2015. *Contra la Modern Monetary Theory*. Madrid: Unión Editorial.
- Reynard, Samuel. 2023. «Central bank balance sheet, money and inflation». *Economic Letters* 224.
- Sargent, Thomas J., y Neil Wallace. 1981. «Some Unpleasant Monetarist Arithmetic». *Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review* 5 (3): 1-17.
- Smith, David B. 2010. *Money Still Matters: The Implications of M4X for Quantitative Easing*. IEA Discussion Paper No. 26. Institute of Economic Affairs.
- SNB. 2024a. «Guidelines of the Swiss National Bank on monetary policy instruments». https://www.snb.ch/dam/jcr:bd390819-aec9-423a-84ee-cd1ad042e4a7/snb_legal_geldpol_instr.en.pdf.
- . 2024b. «The SNB's monetary policy strategy». Visitado 10 de septiembre de 2024. <https://www.snb.ch/en/the-snb/mandates-goals/monetary-policy/strategy>.

- statsmodels. 2024a. «Markov switching dynamic regression models». Visitado 10 de septiembre de 2024. https://www.statsmodels.org/devel/examples/notebooks/generated/markov_regression.html.
- . 2024b. «statsmodels.tsa.regime_switching.markov_autoregression». Visitado 10 de septiembre de 2024. https://www.statsmodels.org/dev/generated/statsmodels.tsa.regime_switching.markov_autoregression.MarkovAutoregression.html.
- . 2024c. «statsmodels.tsa.regime_switching.markov_regression». Visitado 10 de septiembre de 2024. https://www.statsmodels.org/dev/generated/statsmodels.tsa.regime_switching.markov_regression.MarkovRegression.html.

Apéndice A Fuentes de información

En el presente trabajo se han usado múltiples fuentes de información, dependiendo del área monetaria y de la magnitud correspondiente.

A continuación se expone a modo de resumen una lista de las fuentes de datos consultadas y utilizadas por área monetaria:

Estados Unidos:

- Gasto agregado: Reserva Federal. *Gross Domestic Product, Quarterly, Billions of Dollars*. <https://fred.stlouisfed.org/series/GDP>.
- Oferta monetaria: M3 de ShadowStats. <http://www.shadowstats.com>.
- Inflación: Reserva Federal. *Consumer Price Index for All Urban Consumers: All Items in U.S. City Average. Seasonally adjusted (CPIAUCSL)*. <https://fred.stlouisfed.org/series/CPIAUCSL>.

Eurozona (datos del BCE):

- Gasto agregado: dos opciones:
 - *Gross domestic product at market prices, Euro area 20 (fixed composition) as of 1 January 2023, Quarterly*. https://data.ecb.europa.eu/data/datasets/MNA/MNA.Q.Y.I9.W2.S1.S1.B.B1GQ._Z._Z._Z.EUR.LR.N.
 - Utilizado: *Gross domestic product at market prices, Euro area (Member States and Institutions of the Euro Area) changing composition, Quarterly*. https://data.ecb.europa.eu/data/datasets/MNA/MNA.Q.N.U2.W2.S1.S1.B.B1GQ._Z._Z._Z.EUR.V.N.
- Oferta monetaria: *Monetary aggregate M3 reported by MFIs, central gov. and post office giro institutions in the euro area (stocks), Euro area (changing composition), Monthly*. <https://data.ecb.europa.eu/data/datasets/BSI/BSI.M.U2.N.V.M30.X.1.U2.2300.Z01.E>.
- Inflación: HICP: *HICP - Overall index, Euro area (changing composition), Monthly*. <https://data.ecb.europa.eu/data/datasets/ICP/ICP.M.U2.N.000000.4.INX>

Suiza (datos del SNB):

- Gasto agregado: `gdpap{BBIPS}`.
- Oferta monetaria: `M3 snbmonagg{GM3}`.
- Inflación: diferentes opciones
 - Utilizada: *SNB National index (Dec. 2020=100)*. `plkopr{LD2010100}`.
 - *Eurostat HICP - monthly data (index)*. https://ec.europa.eu/eurostat/data/browser/view/prc_hicp_midx/default/table?lang=en&category=prc.prc_hicp
 - *IMF PCPIP: Inflation rate, average consumer prices*. <https://data.imf.org/?sk=4ffb52b2-3653-409a-b471-d47b46d904b5>

Reino Unido:

- Gasto agregado: ONS *Gross Domestic Product at market prices: Current price: Seasonally adjusted £m, quarterly*. <https://www.ons.gov.uk/economy/grossdomesticproductgdp/timeseries/ybha/pn2>.
- Oferta monetaria: BoE `M4x`, *LPMAUYN, Monthly amounts outstanding of M4 (monetary financial institutions' sterling M4 liabilities to private sector) (in sterling millions) seasonally adjusted*. <https://www.bankofengland.co.uk/boeapps/database/FromShowColumns.asp?Travel=NIxAZxI1x&FromCategoryList=Yes&NewMeaningId=LM4,LM4L&CategId=6&HighlightCatValueDisplay=M4>.
- Inflación: ONS *CPI INDEX 00: ALL ITEMS 2015=100*. <https://www.ons.gov.uk/economy/inflationandpriceindices/timeseries/d7bt/mm23>.

Japón:

- Gasto agregado: Reserva Federal *Gross Domestic Product for Japan. Billions of Yen, Seasonally Adjusted. Quarterly*. <https://fred.stlouisfed.org/series/JPNNGDP>.

- Oferta monetaria: BoJ *M3/Average Amounts Outstanding/Money Stock* (MD02'MAM1NAM3M3M0).
https://www.stat-search.boj.or.jp/ssi/mtshtml/md02_m_1_en.html.
- Inflación: e-Stat *2020-Base Consumer Price Index. Monthly Report. 2024Jul.*.
https://www.e-stat.go.jp/en/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00200573&tstat=000001150147&cycle=1&year=20240&month=23070907&tclass1=000001150149&result_back=1&tclass2val=0.

El presente Trabajo Fin de Máster ha sido elaborado por:

Miguel González Calvo

Madrid, 14 de octubre de 2024.