

Estimación de la tasa natural de interés a partir de un modelo VAR bayesiano de coeficientes variables en el tiempo (BTVC-VAR)*

José Antonio Caballero Peláez

Pablo Cachaga Herrera

RESUMEN

Se considera que la estimación de la tasa natural de interés es relevante para el diseño e implementación de la política monetaria. Aunque este indicador cobra especial relevancia en economías que operan bajo metas de inflación, no deja de ser relevante en otros esquemas porque permite conocer a qué nivel de tasa de interés no se generarían presiones inflacionarias ni un freno al crecimiento económico. En ese sentido, en la presente investigación se propone su estimación a través de un modelo VAR bayesiano de coeficientes variables en el tiempo para la economía boliviana, considerando el periodo comprendido entre el primer trimestre de 2010 y el cuarto trimestre de 2019, identificado como aquel que tuvo buenas condiciones de estabilidad macroeconómica, inmediatamente después de la crisis de finales de los años 2000 y antes de la crisis de la pandemia del Covid-19.

Clasificación JEL: E43, E47, E31, E23, E52

Palabras clave: Tasa natural de interés, TVC-VAR bayesiano, inflación, crecimiento del producto, política monetaria

* El contenido del presente artículo es responsabilidad de los autores y no compromete la opinión del Banco Central de Bolivia.

Estimating the natural rate of interest from a Bayesian Time Varying Coefficient VAR model (BTVC-VAR)*

José Antonio Caballero Peláez

Pablo Cachaga Herrera

ABSTRACT

The estimation of the natural interest rate is considered relevant for the design and implementation of monetary policy. Although this indicator is especially relevant in economies that operate under inflation targets, it is still important in other schemes because it allows us to know at what level of interest rate inflationary pressures or a curb on economic growth would not be generated. In this sense, in the present research its estimation is proposed through a Bayesian Time Varying Coefficient VAR model for the Bolivian economy, considering the period between the first quarter of 2010 and the fourth quarter of 2019, identified as the one that had good conditions of macroeconomic stability, immediately after the crisis of the late 2000s and before the crisis of the Covid-19 pandemic.

JEL Classification: E43, E47, E31, E23, E52

Keywords: Natural interest rate, BTVC-VAR, inflation, output growth, monetary policy

* The content of this document is the responsibility of the authors and does not commit the opinion of the Central Bank of Bolivia.

I. Introducción

En la literatura económica se identifican dos enfoques de la tasa natural de interés, según sus determinantes de largo y mediano plazo (Crespo y Gnan, 2007).

En el largo plazo, se considera que la tasa natural de interés corresponde a un estado de equilibrio general en la economía, en el que todas las variables no tienen ningún tipo de presiones para el cambio. La tasa natural de interés de largo plazo se relaciona con los determinantes de largo plazo del crecimiento potencial. Tales determinantes son el progreso tecnológico, el crecimiento demográfico y la elasticidad intertemporal de sustitución de los hogares.

Por otra parte, en correspondencia con la duración de los ciclos económicos, la tasa natural de interés en el mediano plazo está definida como la tasa de interés real de corto plazo que es consistente con el nivel potencial del Producto Interno Bruto (PIB) real en condiciones de inflación estable. Este estado se caracteriza por una ausencia de impactos transitorios de demanda y oferta que pudieran afectar al PIB real y al nivel de precios.

El presente documento de investigación tiene el propósito de estimar la tasa natural de interés con un enfoque de mediano plazo, es decir, asociada a un nivel de producción potencial y un nivel estable de inflación.

Pero ¿cuál es la relevancia de la tasa natural de interés para la política monetaria? De acuerdo con Amato (2005), la política monetaria tiene como objetivos el lograr la estabilidad de precios y con ello, el crecimiento económico hasta alcanzar su nivel potencial. Para lograr ello, la política monetaria puede contribuir a reducir los efectos de las distorsiones nominales en la economía. Encontrar la tasa de inflación estable concordante con un nivel de producción estable y potencial, requiere de indicadores como la tasa de interés natural. La dificultad de este indicador radica en que no es una variable observable por lo que se requiere ensayar métodos de estimación, uno de los cuales se desarrolla en el presente documento.

Luego de esta primera parte introductoria, la segunda sección de este documento está dedicada a los fundamentos teóricos y los apuntes desde

la revisión de la literatura; la tercera sección contiene una descripción de los datos y la metodología utilizados; la cuarta sección, los resultados de la estimación obtenidos; y la quinta parte, las conclusiones.

II. Fundamentos teóricos y revisión de la literatura

II.1. Modelo teórico

Galesi et al. (2017) hacen referencia a las bases conceptuales de la tasa natural de interés. Estos autores indican que este indicador tiene distintas definiciones, de alguna manera interrelacionadas entre sí, pero con sus distinciones. Mencionan a Woodford (2003) quien indica que la tasa natural de interés es la tasa real de interés que estaría vigente cuando los precios y los salarios de una economía fueran completamente flexibles. Por su parte, Holston (2016) considera que es aquella tasa que garantiza que el PIB se encuentre en su nivel potencial mientras la inflación se mantiene constante. Entonces, la tasa natural es el nivel de la tasa real de interés que prevalece en un óptimo macroeconómico.

Alcanzar la tasa natural implica que el banco central solo puede actuar, directamente, a través de la tasa nominal de interés. Por lo tanto, es necesario que la autoridad monetaria estime este nivel para saber qué tanto se puede aproximar.

Tomando como referencia la literatura nekeynesiana, se proponen dos ecuaciones:

$$\pi_t = \kappa(\gamma_t - \gamma_t^n) + \beta E_t \pi_{t+1} \quad (1)$$

$$\gamma_t - \gamma_t^n = E(\gamma_{t+1} - \gamma_{t+1}^n) - \sigma \left(\frac{i_t - E_t \pi_{t+1} - r_t^n}{r_t} \right) \quad (2)$$

En la ecuación (1) se observa que la tasa de inflación π_t equivale a la brecha entre el nivel de producto actual, γ_t , y el nivel potencial de producción, γ_t^n , e incluye las expectativas inflacionarias de los agentes $E_t \pi_{t+1}$.

La brecha del producto, $\gamma_t - \gamma_t^n$, es igual a las expectativas de la brecha del producto $E(\gamma_{t+1} - \gamma_{t+1}^n)$ que en un nivel óptimo, debiera ser igual a 0 menos el diferencial de la tasa real de interés y la tasa natural, $(r_t - r_t^n)$.

A su vez, la tasa natural de interés está expresada como:

$$r_t^n = \rho + \sigma^{-1} E_t g_{t+1} \quad (3)$$

donde ρ es la tasa de descuento de los agentes y g , la tasa de crecimiento de la productividad.

El banco central logrará alcanzar el equilibrio cuando la tasa nominal de interés sea igual a la tasa natural de interés más la inflación esperada:

$$i_t = r_t^n + E_t \pi_{t+1} \quad (4)$$

II.2. *Knut Wicksell*

La idea de la tasa natural de interés ha sido planteada desde distintas perspectivas. De hecho, Knut Wicksell, quien es considerado uno de los precursores de este concepto, postuló una serie de nociones acerca de lo que él consideraba una tasa de interés de equilibrio. Una de las primeras proposiciones de Wicksell fue la de la tasa normal de interés a la que se refería como aquella a la cual la demanda por capital adicional era satisfecha por un nivel de ahorro concurrente. Cabe mencionar que, para que este equilibrio se produzca, es necesario considerar que se trata de una economía cerrada y sin influencia del sector gubernamental sobre su determinación. En caso que la tasa de interés de mercado se iguale a la tasa normal de interés, no habrá incentivos para que las entidades financieras expandan el crédito en la economía. En una situación como esta, lo que se observaría sería la estabilidad del crédito, lo que implica estabilidad de la oferta monetaria, la que, a su vez, será un determinante de la estabilidad de la producción y que conducirá a una estabilidad del nivel de precios.

Wicksell se refirió a la tasa natural de interés como aquella que, en el largo plazo, es igual a la productividad marginal del capital. Si consideramos que el capital es un factor que mientras se incrementa, se reduce su productividad, dadas una dotación invariable de mano de obra y una tecnología constante, se concluye que, a medida que se incrementa el capital, se reduce la tasa natural de interés. Sin embargo, si existiera un *shock* tecnológico, o si, por ejemplo, se descubriera mayor cantidad de recursos naturales para ser aprovechados económicamente, ello

aumentaría la demanda agregada elevando los precios y provocando una caída de los salarios reales (considerando que los salarios nominales son constantes) con lo que la productividad marginal del capital aumentaría. Ello significa que la tasa natural de interés también aumentaría. Por lo indicado, se concluye que la tasa natural de interés no es constante, sino que varía en función del nivel de desarrollo en los procedimientos, procesos, métodos, técnicas o ciencia que se pudiera alcanzar con la innovación, y varía en función de la dotación de recursos.

Si aumenta la productividad marginal del capital (tasa natural de interés) se producirán los incentivos para que haya un aumento de la demanda de créditos que permitan incrementar la inversión porque los inversionistas considerarán que existen las condiciones necesarias para expandir sus utilidades. Suponiendo que la tasa de interés de mercado, aquella que los bancos aplican a sus operaciones de crédito, se mantiene, inicialmente, constante, entonces la tasa natural de interés Wickselliana estará por encima del tipo de interés bancario. Debido a que la inversión se incrementa, esto tendrá como consecuencia que los factores de producción se trasladen del sector de bienes de consumo al sector de bienes de inversión. El resultado será la escasez de factores productivos en el sector de consumo que se reflejará en un aumento de los precios de los factores productivos de este sector. Este aumento de costos se trasladará a un incremento de los precios de los bienes de consumo lo que reducirá la demanda agregada, compensando, en cierta medida, el ascenso de precios.

Por el contrario, si en el sector de inversiones no se produce ningún tipo de impacto tecnológico o mejora en el estado del arte, es posible que no exista ningún incentivo para que los inversionistas adquieran mayor cantidad de crédito. Si el sector de consumo es pujante, ello provocará que atraiga a los factores productivos empleados en el sector de inversiones. Esta desmotivación conducirá a una reducción de las solicitudes de crédito para el sector de inversiones, se reducirá el *stock* de capital y, con ello, la productividad marginal del capital. Los precios de los bienes de consumo tenderán a la baja y los factores productivos se incrementarán. Finalmente, la tasa natural de interés (que es igual a la productividad marginal del capital) se reducirá. Si los bancos no modifican la tasa de interés de mercado, la tasa natural estará por debajo de la tasa de mercado.

Wicksell se refirió a procesos acumulativos generadores de desequilibrios en la economía. Cuando la tasa natural de interés se encuentra por encima de la tasa de interés de mercado, se producirá un exceso de demanda de fondos por parte de las empresas para financiar sus proyectos de inversión. Los bancos, al otorgar tales préstamos, crearían mayor liquidez en la economía que, a través de los salarios, finalmente pasarían a manos de los hogares los cuales tendrían mayor disponibilidad de recursos para incrementar su demanda. El aumento del consumo incrementaría la demanda agregada y ello elevaría el nivel general de precios.

Por el contrario, si es que la tasa natural de interés se ubica por debajo de la tasa bancaria, ello sería un atractivo para que el sistema bancario capte mayor cantidad de depósitos en cuyo caso, el ahorro excedería a la inversión, el bajo consumo provocaría que la oferta de bienes supere a la cantidad demandada, las empresas no tendrían ningún incentivo para aumentar su capital de producción, los préstamos bancarios se contraerían y los precios bajarían. Este proceso también sería continuo.

Los incrementos o decrementos de precios se acumulan en el tiempo y este proceso solo se detiene cuando la tasa natural es igual a la tasa bancaria.

En ambos casos, es posible suponer que el nivel de las reservas de fondos de los bancos proveniente del ahorro es suficiente, en todo momento, para abastecer la demanda de inversión. Por ello, ante un incremento de la demanda de fondos, los bancos no tendrán escasez de recursos y ante una reducción de la demanda de fondos los bancos mantendrán sus reservas en equilibrio. Bajo esta consideración, los bancos no tienen razones para modificar la tasa de interés de mercado ni a la suba ni a la baja.

Como se vio, cuando la tasa natural de interés se ubica por encima o por debajo de la tasa de mercado, afecta al nivel de precios de la economía y al nivel de producción lo que implica que las desviaciones nominales producen desviaciones en el sector real de la economía. Es decir, esta diferencia podría provocar procesos inflacionarios o deflacionarios y la producción podría ser volátil. Wicksell propuso, entonces que, ante la ausencia de incentivos para que un banco comercial modifique, por sí solo su tasa de interés, el banco central de una economía juega un rol

importante en lograr que la tasa natural de interés y la tasa de interés de mercado sean iguales para que la economía retome el equilibrio. Las atribuciones del banco central le permiten, según Wicksell, influir en la tasa de interés de mercado para que alcance el nivel de la tasa natural de interés y ambas variables sean equivalentes.

Wicksell (1898) p. 120, resume de la siguiente manera sus ideas centrales sobre la tasa natural de interés:

“En cualquier momento y en toda situación económica existe un cierto nivel del tipo de interés medio que es tal que el nivel general de precios no tiene tendencia a subir ni a bajar. A esto lo llamamos tasa de interés normal. Su magnitud está determinada por el nivel actual de la tasa de capital natural y sube y baja con él. Si, por cualquier motivo, el tipo de interés medio se fija y se mantiene por debajo de este nivel normal, por pequeña que sea la diferencia, los precios subirán y seguirán subiendo; o si ya estaban en proceso de caída, caerán más lentamente y eventualmente comenzarán a subir. Si, por el contrario, el tipo de interés se mantiene, por muy poco, por encima del nivel actual del tipo natural, los precios caerán continuamente y sin límite.”

II.3. La tasa natural de interés: un enfoque contemporáneo

Establecidas las bases conceptuales de Wicksell, corrientes de pensamiento económico como la neo keynesiana han realizado sus aportes en la definición y estimación de la tasa natural de interés. Una de las definiciones que hoy en día se encuentra vigente es que la tasa natural de interés es la tasa real de interés que se observaría en una economía donde los precios y los salarios fuesen perfectamente flexibles, es decir, que se ajustarán continuamente reflejando el equilibrio de la oferta y la demanda en todo momento.

Otra de las definiciones es la de Holston et al. (2017) quienes indican que la tasa natural de interés es la tasa real de interés de corto plazo consistente con el producto en su tasa natural y la inflación constante.

Por su parte, el FMI (2023) indica que se trata de la tasa de interés real que ni estimula ni contrae la economía. Este concepto se asocia al crecimiento económico, el pleno empleo y la estabilidad de precios. Destaca la

neutralidad de este indicador de referencia, razón por la cual algunos autores se refieren al mismo como la ‘tasa neutral de interés’.

En Crespo y Gnan (2007) se menciona la definición de la tasa natural de interés de largo plazo, vinculada a la teoría del crecimiento, y la definición de la tasa natural de interés de mediano plazo, asociada a los principios del ciclo económico y la política monetaria. Así, la tasa natural de interés, desde una perspectiva de largo plazo, es la tasa de interés real con la cual existe equilibrio en todos los mercados y donde no existe ningún estímulo para el cambio. En el largo plazo, la tasa de interés natural depende de que la economía se encuentre en su nivel de producción potencial, que a su vez depende de la tasa de progreso técnico, el crecimiento demográfico y de la elasticidad de sustitución intertemporal de los hogares. La tasa natural de interés, desde un punto de vista de mediano plazo, es la tasa natural de interés de corto plazo que se obtiene cuando no se producen impactos transitorios de demanda y que es consistente con el Producto Interno Bruto real potencial, el cual, a su vez, se define como el nivel de producto con inflación estable en ausencia de impactos transitorios de oferta. La definición de tasa natural de interés de mediano plazo es comparable, en términos de horizonte temporal, a la tasa de interés real que corresponde a la regla de política monetaria de Taylor.

Crespo y Gnan (2007) consideran que un concepto aglutinador de la tasa natural de interés es que esta variable no observable se puede considerar como aquella tasa de interés real que fluctúa ante impactos permanentes pero que converge hacia un valor de estado estacionario en el largo plazo exento de impactos de oferta y de demanda.

Se reconocen dos momentos con respecto a este indicador: el primero, la estimación de la tasa natural de interés; y el segundo, la estimación de cuál debiera ser la tasa nominal de interés que debiera aplicar el banco central para lograr que la tasa real de interés se equalice con la tasa natural. El segundo momento es el que aplica plenamente a las economías que aplican esquemas de metas de inflación en sus respectivas políticas monetarias. Sin embargo, acá se considera que en aquellas economías que tienen esquemas distintos a los de metas de inflación es posible realizar la estimación de la tasa natural de interés lo que puede permitir conocer qué tan alejada o próxima está la tasa de interés real de la economía de los

parámetros de estabilidad y puede permitir diseñar estrategias, distintas al establecimiento de la tasa de política, para acercarse a dicha estabilidad económica. Es decir, se puede conocer si el nivel de la tasa real de interés es una de las causas de impulso de la demanda o de desmotivación de la actividad económica y de los precios.

II.4. Factores que producen cambios en la tasa natural de interés

La tasa natural de interés es una variable constituida por una secuencia de valores en el corto plazo que determina un equilibrio en el largo plazo.

Surge, entonces, la interrogante acerca de cuáles son los factores que determinan las variaciones de la tasa natural de interés. Lundvall y Westermarck (2011) identificaron algunos de los principales determinantes y relaciones entre la economía real y la tasa natural de interés basándose, principalmente, en la experiencia de la crisis de 2008 y 2009. Esta sección está basada en sus hallazgos.

Los resultados encontrados por estos autores forman parte de la evidencia empírica propia de la economía sueca. Sin embargo, vale la pena mencionarlos porque estos resultados son coherentes con la teoría económica y se debieran considerar como posibles derivaciones para otras economías como la boliviana.

A. Cambios no esperados en la productividad.

Se hace referencia a los cambios no esperados en la productividad ya que estos afectan al costo marginal de los agentes inversores considerando que los salarios, previamente fijados, son inflexibles. Por el contrario, la tasa natural de interés no se vería afectada por cambios anticipados en la productividad porque estos pueden ser incorporados en el establecimiento de los salarios, permitiendo ajustar los costos con lo que su efecto sobre la productividad es menor o nulo.

La productividad de los factores en una economía puede variar por perturbaciones positivas o negativas, dependiendo de si estas son temporales o permanentes. Las perturbaciones, generalmente, se refieren a la tecnología de producción, es decir, al grado de eficiencia con el que

una economía utiliza sus dotaciones de mano de obra, de capital y su conocimiento. Por ejemplo, una perturbación negativa temporal puede tener el efecto de reducir la tasa de crecimiento potencial de una economía por un tiempo determinado, es decir, puede reducir transitoriamente la productividad de los factores, entre ellos, el capital. Sin embargo, después de poco tiempo, el crecimiento volverá a incrementarse, posiblemente, a niveles algo superiores al crecimiento que se tenía antes de la ocurrencia de la perturbación. Si ello se cumple, la productividad de los factores podría ser ligeramente superior una vez que haya pasado el efecto de la perturbación negativa temporal y, en consecuencia, la tasa natural de interés puede ser algo superior.

De otro lado, si se produce un impacto negativo permanente, este afectará a la producción y, si bien, en el largo plazo puede recuperarse el crecimiento, posiblemente este se encuentre por debajo del nivel inicial. Si ello es así, las expectativas de los agentes harán que estos demanden menos créditos porque esperan que la economía se encontrará en un nivel, comparativamente menor; esto reducirá la productividad del capital y puede conducir a una reducción de la tasa natural de interés.

B. Incremento del gasto público

Desde la escuela clásica se postula que un incremento del gasto público tiene un efecto de desplazamiento (*crowding-out*) de la inversión privada y de compresión del consumo. Toda vez que los gobiernos incurrir en déficits públicos tienen dos alternativas para financiarlos: por una parte, una elevación de los impuestos, y por otra, la adquisición de deuda.

Un gobierno puede optar por una de las dos alternativas anteriores o por ambas. En el caso de la elevación de impuestos se trata de una medida que puede elevar los costos fiscales para el inversionista y, en cierta medida, desmotivar la adquisición de mayor capital productivo. En general, los impuestos desalientan la demanda agregada. Como el inversionista tiene un nivel de capital sub óptimo, manteniendo los demás factores constantes, se producirá un decremento de la productividad marginal del capital y, en consecuencia, una reducción de la tasa natural de interés.

En el caso en que un gobierno opte por financiar su déficit contrayendo deuda, acudirá a los mercados financieros y de capitales para adquirir

fondos. Bajo el supuesto de que los fondos prestables son limitados en el mercado, el gobierno estaría acaparando recursos financieros que podrían ser dirigidos hacia el sector privado. La contracción de los fondos prestables encarecerá la tasa de interés de mercado, reduciendo el nivel de inversiones privadas, lo que representa el efecto desplazamiento que tiene el gasto público con respecto a la inversión privada. Las elevadas tasas de interés de mercado desalentarán la demanda de créditos reduciendo la tasa de interés. Con menores inversiones se reduce la productividad marginal de capital y con ello la tasa natural de interés. Se espera que, en el largo plazo, la tasa natural de interés retorne a su nivel de equilibrio.

Acá cabe mencionar que la visión keynesiana no está del todo de acuerdo con esta proposición ya que considera que, si es que en una economía existe un exceso de ahorros con respecto a la inversión, el gobierno no absorberá recursos del mercado al punto de producir escasez para el sector privado y, por tanto, no desplazará a la inversión privada. La corriente keynesiana también considera que existen varios ejemplos en los que, antes de sustituirse entre sí, la inversión pública y la inversión privada son complementarias. Es el caso de las carreteras, la instalación de redes de energía o de comunicaciones que realiza el sector público y que favorecen e incentivan la inversión privada.

No obstante, en este documento se propone considerar que una posibilidad es que los recursos financieros, en determinado momento, pueden ser escasos, y que el gasto público puede realizarse de manera inesperada, en cuyo caso se podría cumplir las afirmaciones de la corriente clásica.

C. Cambios inesperados en el PIB externo relevante

En cuanto al PIB externo relevante, se destaca que cuando esta variable disminuye de manera inesperada significa que la demanda externa está reduciéndose y ello implica que en otras economías hay menor consumo y menor inversión. Como existe menor demanda por créditos, la tasa natural de interés tenderá a reducirse. Por su parte, en la economía doméstica, esto puede significar que la tasa natural se eleve por un periodo, pero luego se reduzca al igual que lo que sucede en las economías externas. Debido a que existe una menor demanda externa, esto desmotiva la producción interna ya que la producción nacional deja de tener compradores. Los

agentes domésticos pueden percibir que, para mantener su consumo constante en el largo plazo, pueden aumentar la demanda de préstamos en el corto plazo para financiar su consumo futuro. Sin embargo, si la caída de la demanda externa es persistente, también lo será en la economía nacional, por lo que la inevitable reducción del consumo e inversión domésticas conducirá, en los siguientes periodos, a una reducción generalizada de la demanda de créditos con lo que la tasa natural de interés doméstica también se reducirá. Los autores concluyen, entonces, que existe una relación indirecta positiva entre la tasa natural de interés externa y la nacional: cuando la primera disminuye también disminuye la segunda y viceversa.

D. Aumento de los ahorros precautorios

Cuando hay incertidumbre en tiempos de crisis, los agentes económicos reducen su consumo y tienden a aumentar sus ahorros para preservar, de alguna manera, el incierto consumo futuro. En una situación como esta, la demanda de préstamos disminuye y, posiblemente también, la demanda de créditos para inversión. Esta reducción inesperada de la demanda de recursos financieros contrae la tasa natural de interés en la economía.

E. Crecimiento demográfico

Partiendo del modelo de crecimiento de Solow, se puede afirmar que uno de los determinantes de la tasa natural de interés es el crecimiento demográfico. Si se considera que, al crecer la población, crece la fuerza laboral, se observa que debe aumentar el stock de capital por trabajador si es que se desea mantener, al menos estable, el crecimiento económico. Esto es:

$$k_t = \frac{K_t}{N_t}$$

donde k_t es el stock de capital por trabajador en el periodo t ; K_t es el capital total; N_t es el número disponible de trabajadores.

Esto significa que, al aumentar la población, se requiere mayor inversión en capital lo que se constituye en un factor que impulsa el aumento de la tasa natural de interés.

III. Datos y metodología utilizados

III.1. Variables y datos

Las variables seleccionadas en esta investigación son: tasa real de interés, la tasa interanual de inflación y la tasa de crecimiento del PIB real. Se seleccionaron estas variables tomando como referencia la definición de tasa natural de interés de Holston et al. (2017) y los principios de Wicksell.

La tasa de interés corresponde a la tasa de interés real activa en moneda nacional del sistema bancario publicado por el Banco Central de Bolivia. Dicha tasa se define como:

$$r = \left[\left[\frac{(1+i)}{1+t} \right] - 1 \right] * 100$$

donde r = tasa de interés real

i = tasa de interés nominal promedio simple de doce meses

t = tasa de inflación promedio simple de doce meses

La elección de esta variable se debe a que la teoría de la tasa natural de interés se fundamenta en el mercado crediticio cuyas fuerzas en equilibrio determinan la tasa de interés de mercado. A partir de ello se puede calcular la tasa de interés real de largo plazo que mantiene a la economía en el pleno empleo con estabilidad de precios.

En cuanto a la inflación, se tomaron los datos mensuales de las variaciones interanuales de inflación. La ventaja de este indicador es que permite reducir el efecto de la estacionalidad en las variaciones de precios. Además, es congruente con el cálculo de la tasa de interés real que utiliza en su cálculo la tasa de inflación promedio de doce meses.

El dato del PIB real se refiere a la tasa de crecimiento intertrimestral del producto a precios constantes.

En esta investigación se tiene por objetivo observar cual habría sido la tasa natural de interés en una etapa en la que no hubo impactos de oferta ni de demanda que habrían afectado al producto ni a la inflación. Por

ello, se eligió el periodo comprendido entre el primer trimestre de 2010 y el cuarto trimestre de 2019, casi inmediatamente de la crisis financiera internacional y antes de la pandemia.

III.2. Metodología

La estimación de la tasa natural de interés ha sido un tema central en la literatura económica. Entre los enfoques más comunes se encuentran:

- Modelos Estructurales DSGE (Dynamic Stochastic General Equilibrium) que integran microfundamentos y choques estocásticos para simular el comportamiento de la economía en diferentes escenarios. Se utilizan para estimar la tasa natural de interés, considerando choques de oferta y demanda, así como expectativas racionales de los agentes económicos. En este ámbito de la investigación, se menciona a Smets y Wouters (2007), Christiano et al. (2005), entre otros.
- Métodos de Filtro de Kalman, usados frecuentemente para estimar variables no observables, como la tasa natural. El filtro de Kalman permite identificar cómo la tasa de interés de equilibrio varía a lo largo del tiempo ante choques estructurales y cíclicos en la economía. Referencias se encuentran en Laubach y Williams (2003) y Hamilton (1994).

Los modelos VAR convencionales se caracterizan porque, entre los supuestos que los fundamenta, está el de considerar que las relaciones económicas se mantienen constantes en el tiempo. Sin embargo, debido a que no se puede asumir que, para la determinación de la tasa natural de interés, se mantienen los mismos parámetros estructurales para todas las observaciones de manera lineal porque ello generaría cierto sesgo en la estimación, es conveniente utilizar un método alternativo que incorpore mayor flexibilidad en la estimación.

En este sentido, los modelos VAR bayesianos de coeficientes variables en el tiempo han ganado tracción en la estimación de la tasa natural, ya que permiten captar la dinámica cambiante de los determinantes macroeconómicos, como la productividad o el crecimiento demográfico, a lo largo del tiempo. Hacen referencia de ello, Primiceri (2005) y Koop y Korobilis (2010).

Es por esta razón que, en esta investigación, se consideró la aplicación del modelo VAR de coeficientes variables en el tiempo con enfoque bayesiano (BTVC-VAR por sus siglas en inglés), el cual permite que los coeficientes y la matriz de varianza-covarianza cambien en el transcurso del tiempo. En este tipo de modelos, se espera que los coeficientes de pendiente capturen las no linealidades en las relaciones entre las diferentes variables.

De acuerdo a Jiang (1999), los modelos VAR de coeficientes variables en el tiempo (TVC-VAR, por sus siglas en inglés) se utilizan para modelos AR vectoriales (o multivariados) con coeficientes variables en el tiempo.

Según Kilian y Lütkepohl (2017), los TVC-VAR son modelos que tienen la capacidad de incorporar en los resultados, los efectos de no linealidades originadas en sutiles cambios estructurales que afectan a las variables que conforman el vector. Los TVC-VAR permiten observar la evolución de los coeficientes del modelo VAR a lo largo del tiempo según una ley de movimiento pre-especificada.

Otras estimaciones con modelos VAR de parámetros variables en el tiempo (TVP-VAR) se encuentran en Wang (2019) que realiza una aproximación a la tasa natural de interés de China; Lubik y Matthes (2015) para la economía estadounidense; Nakajima (2011) para la economía japonesa, entre otros.

El modelo TVC-VAR para p rezagos se puede expresar en su forma reducida como:

$$y_t = v(t) + A_1(t)y_{t-1} + \dots + A_p(t)y_{t-p} + u_t ; t \in \mathbb{Z} \quad (5)$$

donde u_t es un proceso de ruido blanco de media cero con matrices de covarianza $E(u_t u_t') = \Sigma_t$, lo que significa que u_t puede tener matrices de covarianza variantes en el tiempo las que puede que no estén idénticamente distribuidas. Se mantiene el supuesto de independencia para u_t y u_s con $s \neq t$.

La forma matricial de la expresión (5) es:

$$Y_t = v_t + \mathbf{A}_t Y_{t-1} + U_t \quad (6)$$

donde

$$Y_t := \begin{pmatrix} y_t \\ \vdots \\ y_{t-p+1} \\ (K_p \times 1) \end{pmatrix}, \quad v_t := \begin{pmatrix} v_t \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ (K_p \times 1) \end{pmatrix},$$

$$A_t := \begin{pmatrix} A_{1,t} & \cdots & A_{p-1,t} & A_{p,t} \\ I_K & & 0 & 0 \\ & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & \cdots & I_K & 0 \\ & & (K_p \times K_p) & \end{pmatrix}, \quad U_t := \begin{pmatrix} u_t \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ (K_p \times 1) \end{pmatrix}$$

donde v es un vector de términos constantes; K es la dimensión de las series de tiempo múltiples; p son los rezagos del modelo u orden del modelo.

El TVC-VAR Bayesiano combina la estructura del modelo TVC-VAR con una distribución prior.

Se establecieron los siguientes escalares para los hiperparámetros *prior*:

Escalar para *prior* de tamaño de muestra: $T_0 = 0$

Escalar para *prior* de varianza: $\tau_0 = 5,0$

Escalar 1 para *prior* S : $\tau_1 = 1,0$

Escalar 2 para *prior* Q : $\tau_2 = 0,01$

Escalar 1 para *prior* s : $v_1 = 7,0$

Escalar 1 para *prior* q : $v_2 = 6,0$

Para la distribución *posterior* se utilizó el método de suavizamiento de Cholesky y se establecieron los siguientes parámetros:

Valor de inicialización: 1.000

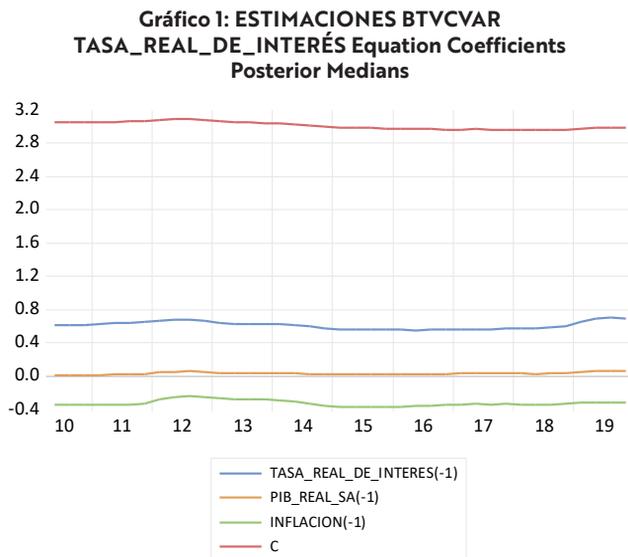
Tamaño de muestra posterior: 20.000

Los valores de estos parámetros se basan en Chan y Jeliazkov (2009).

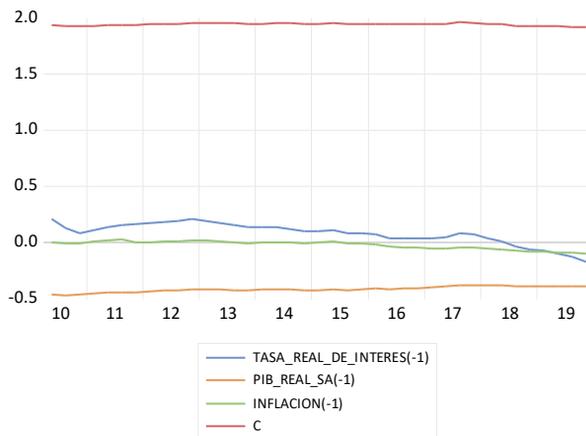
IV. Resultados

Se encontró que el PIB trimestral presenta un elevado grado de estacionalidad, por lo que se procedió a suavizar la serie aplicando un ajuste estacional mediante el método Census X-12.

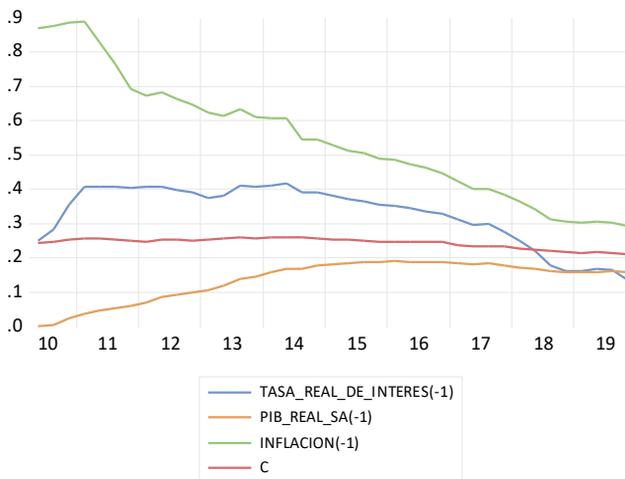
Con ello, los resultados de las estimaciones son los siguientes:



PIB_REAL_SA Equation Coefficients Posterior Medians



INFLACION Equation Coefficients Posterior Medians



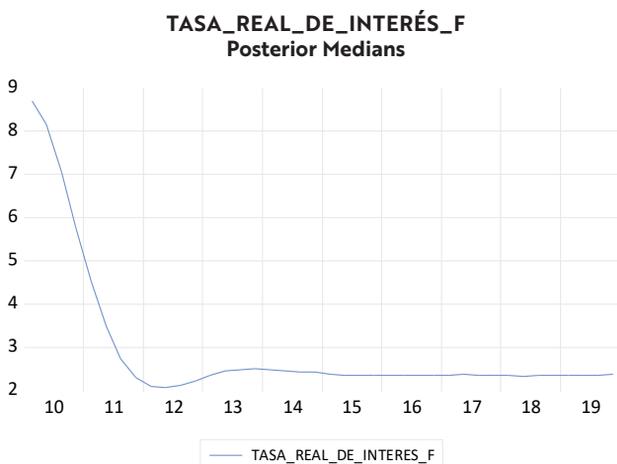
En razón a que los modelos autorregresivos variables en el tiempo capturan información de los cambios producidos en las variables que conforman los vectores y, en consecuencia, dejan de lado el supuesto de linealidad que adoptan los modelos VAR tradicionales, autores como

Bekiros (2014) y Prado et al. (2000) sostienen que en su estimación se pueden relajar el supuesto de estacionariedad de las series de tiempo.

Bajo ese criterio se presenta los resultados de la estimación, se presentan los resultados de la aplicación del pronóstico dentro de la muestra del TVC-VAR bayesiano.

De acuerdo a Wang y Kwan (2020), la tasa natural de interés se obtiene mediante el pronóstico de la tasa real de interés ex ante utilizando el parámetro de la mediana (Gráfico 2).

**Gráfico 2: TASA NATURAL DE INTERÉS, PERIODO 2010T1 – 2019T4
(En porcentaje)**



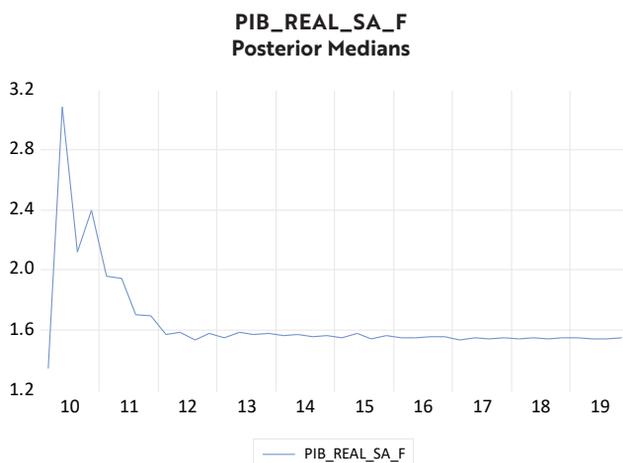
Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Central de Bolivia (BCB) y del Instituto Nacional de Estadística (INE)

Se observa que la tasa natural de interés se reduce desde un dato de 8,7%, en el primer trimestre de 2010, hasta una tasa de 2,04% en el segundo trimestre de la gestión 2012.

Dada la estabilidad del entorno macroeconómico, la tasa natural de interés para el periodo comprendido entre el tercer trimestre de 2012 y el cuarto trimestre de 2019, registra una media de 2,37%.

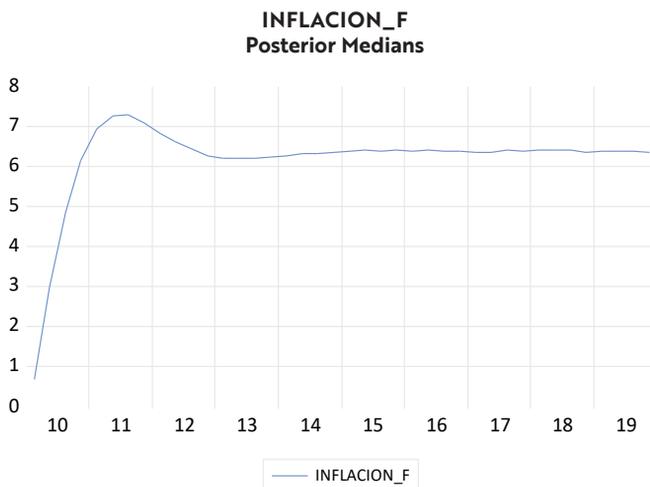
Considerando que, por definición, la tasa natural de interés ni estimula ni contrae la economía, el cálculo de esta variable es concordante con una tasa de crecimiento del PIB real, próxima a la del PIB potencial, que registra una media trimestral de 1,55% para el periodo comprendido entre el tercer trimestre de 2012 y el cuarto trimestre de 2019 (Gráfico 3).

Gráfico 3: CRECIMIENTO DEL PIB REAL DE ACUERDO A LA TASA NATURAL DE INTERÉS ESTIMADA, PERIODO 2010T1 – 2019T4 (En porcentaje)



Fuente: Elaboración propia con datos del BCB y del INE

Finalmente, la tasa natural de interés es aquella que corresponde a una tasa de inflación estable. En el Gráfico 4, se observa que la tasa interanual de inflación estimada tiene una media de 6,33% para el periodo comprendido entre el tercer trimestre de 2012 y el cuarto trimestre de 2019.

Gráfico 4: TASA INTERANUAL DE INFLACIÓN CONSISTENTE CON LA TASA NATURAL DE INTERÉS ESTIMADA, PERIODO 2010T1 – 2019T4

Fuente: Elaboración propia con datos del BCB y del INE

Se advierte que, en los trimestres previos al tercer trimestre de 2012, la tasa de crecimiento del PIB era baja, incluso negativa y la inflación tuvo registros reducidos, dada la elevada tasa natural de interés, pero a medida que esta se fue reduciendo en un periodo de estabilidad, estos indicadores también se estabilizaron en sus niveles de equilibrio.

V. Conclusiones

En el presente trabajo se ha realizado una aproximación a la tasa natural de interés de Bolivia mediante el modelo de vector autorregresivo de coeficientes variables en el tiempo bayesiano (BTVC-VAR).

Debido a que la tasa natural es una variable no observable que puede cambiar de valor en el tiempo debido a que es sensible a los impactos de sus determinantes, se consideró que el modelo TVC-VAR bayesiano es apropiado ya que este permite relajar el supuesto de estacionariedad y permite capturar los pequeños cambios en cada una de las variables en el vector.

El resultado nos muestra que, efectivamente, la tasa natural de interés no es un valor único, que cambia según el desempeño de las variables con las que tiene relaciones dinámicas y que en periodos de estabilidad macroeconómica adopta un valor cercano al equilibrio.

En nuestro caso, se encontró que la tasa natural de interés, para un periodo estable como el comprendido entre el tercer trimestre de 2012 y el cuarto trimestre de 2019, tuvo un promedio trimestral de 2,37% con una desviación estándar muy baja de 0,072%. Este valor de la tasa de interés es consistente con una inflación interanual promedio de 6,33% y una tasa de crecimiento del producto cercana al 1,55%. Este resultado indica que a esa tasa natural de interés promedio y a esa tasa de inflación promedio, la economía operaba muy próxima a su nivel potencial de producción.

Conocer el valor de la tasa natural de interés permite, al banco central, calibrar la tasa de interés nominal.

En una economía como la boliviana, con metas de agregados monetarios, una forma de influir en la tasa nominal es a través de la tasa de referencia, la misma que es aplicada como tasa base en los portafolios de créditos de las entidades financieras. El agregado de las tasas de interés activas dará como resultado una tasa activa promedio en la economía la misma que, descontada por la inflación dará una tasa real promedio. En el mejor de los escenarios ésta debiera aproximarse a la tasa natural de interés estimada.

Referencias bibliográficas

AMATO, Jeffery, 2005. The role of the natural rate of interest in monetary policy. Bank for International Settlements, BIS Working Papers No 171, March. Disponible en: <https://www.bis.org/publ/work171.pdf>

BEKIROG, Stelios, 2014. Forecasting with a state space time-varying parameter VAR model: Evidence from the Euro area. *Economic Modelling*, 38, pp. 619 – 626. ISSN en línea: 1873-6122. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2014.02.015>

BONAM, Dennis, VAN ELS, Peter, VAN DEN END, Jan, DE HAAN, Leo and HINDRAYANTO, Irma, 2018. The natural rate of interest from a monetary and financial perspective. De Nederlandsche Bank, Occasional Studies, 16 – 3. Disponible en: <https://www.dnb.nl/en/publications/research-publications/occasional-study/nr-3-2018-the-natural-rate-of-interest-from-a-monetary-and-financial-perspective/>

BRZOZA-BRZEZINA, Michal and CRESPO, Jesús, 2008. Mr. Wicksell and the global economy: What drives real interest rates? Oesterreichische Nationalbank, Working Paper 139, January. Disponible en: <https://www.dnb.nl/en/publications/research-publications/occasional-study/nr-3-2018-the-natural-rate-of-interest-from-a-monetary-and-financial-perspective/>

CHAN, Joshua and JELIAZKOV, Ivan, 2009. Efficient simulation and integrated likelihood estimation in state space models. *International Journal of Mathematical Modelling and Numerical Optimisation*, 1 (2), pp. 101–120. ISSN en línea: 2040-3615. Disponible en: <https://www.inderscience.com/info/inarticletoc.php?jcode=ijmmno&year=2009&vol=1&issue=1/2>

CHRISTIANO, Lawrence, EICHENBAUM, Martin and EVANS, Charles, 2005. Nominal Rigidities and the Dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy. *Journal of Political Economy*, 113 (1), pp. 1 – 45. ISSN en línea: 1537-534X. Disponible en: <https://doi.org/10.1086/426038>

CRESPO, Jesús and GNAN, Ernest, 2007. The natural rate of interest: which concept? Which estimation method? Which policy conclusions? *Journal of Post Keynesian Economics*, 29 (4), pp. 667 – 688. ISSN en línea: 1557-7821. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2753/PKE0160-3477290407>

ELLINGTON, Michael, 2018. The case for Divisia monetary statistics: A Bayesian time-varying approach. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 96, pp. 26 – 41. ISSN en línea: 1879-1743. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2018.10.001>

GALESI, Alessandro, NUÑO, Galo y THOMAS, Carlos, 2017. The natural interest rate: concept, determinants and implications for monetary policy. Banco de España, Analytical Articles, March. Disponible en: <https://www.bde.es/f/webbde/SES/Secciones/Publicaciones/InformesBoletinesRevistas/ArticulosAnaliticos/2017/T1/files/beaal701-art7e.pdf>

HAMILTON, James, 1994. *Time Series Analysis*. New Jersey: Princeton University Press. ISBN: 0-691-04289-3

HOLSTON, Kathryn, LAUBACH, Thomas and WILLIAMS, John, 2017. Measuring the natural rate of interest: International trends and determinants. *Journal of International Economics*, 108, pp. S59 – S75. ISSN en línea: 1873-0353. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2017.01.004>

INTERNATIONAL MONETARY FUND, 2023. The Natural Rate of Interest: Drivers and Implications for Policy. En: INTERNATIONAL MONETARY FUND, *World Economic Outlook: A Rocky Recovery*, April. ISSN en línea: 1564-5215. Disponible en: <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2023/04/11/world-economic-outlook-april-2023>

KOOP, Gary and KOROBILIS, Dimitris, 2010. Bayesian Multivariate Time Series Methods for Empirical Macroeconomics. *Foundations and Trends in Econometrics*, 3 (4), pp. 267 – 358. ISSN en línea: 1551-3084. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1561/08000000013>

LAUBACH, Thomas and WILLIAMS, John, 2003. Measuring the Natural Rate of Interest. *The Review of Economics and Statistics*, 85 (4), pp. 1063 – 1070. ISSN en línea: 1530-9142. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/3211826>

LAUBACH, Thomas and WILLIAMS, John, 2015. Measuring the natural rate of interest Redux. Hutchins Center on Fiscal & Monetary Policy, Working Paper # 15, November. Disponible en: <https://www.brookings.edu/wp->

content/uploads/2016/07/WP15-Laubach-Williams-natural-interest-rate-redux.pdf

LUBIK, Thomas and MATTHES, Christian, 2015. Calculating the Natural Rate of Interest: A Comparison of Two Alternative Approaches. Federal Reserve Bank of Richmond, Economic Brief EB15-10, October. Disponible en: <https://fraser.stlouisfed.org/title/economic-brief-6034?browse=2010s#583941>

LUNDVALL, Henrik and WESTERMARK, Andreas, 2011. What is the natural interest rate? Sveriges Riksbank, *Economic Review*, 2, pp. 7 – 26. Disponible en: https://archive.riksbank.se/Documents/Rapporter/POV/2011/er_2011_2.pdf

MAKA, Alexis, 2023. Measuring the natural rate of interest in Brazil. Institute for Applied Economic Research – IPEA, Discussion Paper 274, March. Disponible en: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11825/1/dp_274.pdf

NAKAJIMA, Jouchi, 2011. Time-Varying Parameter VAR Model With Stochastic Volatility: An Overview of Methodology and Empirical Applications. *Monetary and Economic Studies*, 29, pp. 107 – 142. Disponible en: <https://www.imes.boj.or.jp/research/abstracts/english/me29-6.html>

PRADO, Raquel, HUERTA, Gabriel and WEST, Mike, 2000. Bayesian time-varying autoregressions: Theory, methods and applications. *Resenhas IME-USP*, 4 (4), pp. 405 – 422. Disponible en: <https://www.revistas.usp.br/resenhasimeusp/article/download/75003/78564/101372>

PRIMICERI, Giorgio, 2005. Time Varying Structural Vector Autoregressions and Monetary Policy. *The Review of Economic Studies*, 72 (3), pp. 821 – 852. ISSN en línea: 1467-937X. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1467-937X.2005.00353.x>

ROCHON, Louis-Philippe and ROSSI, Sergio, eds, 2023. *Elgar Encyclopedia of Post Keynesian Economics*. Glos: Edward Elgar Publishing Limited. EISBN 978 1 78897 393 9

SMETS, Frank and WOUTERS, Rafael, 2007. Shocks and Frictions in US Business Cycles: A Bayesian DSGE Approach. *American Economic Review*,

97 (3), pp. 586 – 606. ISSN en línea: 1944 – 7981. Disponible en: <https://doi.org/10.1257/aer.97.3.586>

WANG, Bin, 2019. Measuring the natural rate of interest of China: A time varying perspective. *Economics Letters*, 176, pp. 117 – 120. ISSN en línea: 1873-7374. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2019.01.011>

WANG, Bin and KWAN, Yum, 2021. Measuring the Natural Rates of Interest of OECD and BRICS Economies: A Time-Varying Perspective. *Journal of International Money and Finance*, 112. ISSN en línea: 1873-0639. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2020.102326>

WICKSELL, Knut, 1898. *Interest and Prices. A study of the causes regulating the value of money*. 1936 Edition. Great Britain: Macmillan and Co. Limited