





COORDINACIÓN DE LA POLÍTICA FISCAL Y MONETARIA Y SU IMPACTO EN EL BIENESTAR ECONÓMICO PARA COSTA RICA: ANÁLISIS UTILIZANDO UN MODELO DINÁMICO ESTOCÁSTICO DE EQUILIBRIO GENERAL PARA EL PERIODO 2006-2022

Marco Vinicio Valerio Berrocal
y Oswald Céspedes Torres

RESUMEN

Este documento estudia el efecto de la coordinación de la política en un modelo Dinámico Estocástico de Equilibrio General (DSGE) con fricciones financieras, calibrado para la economía de Costa Rica. Los resultados de las simulaciones indican que la política fiscal y monetaria coordinadas tienen un mejor efecto sobre el bienestar de los agentes económicos.

Palabras claves: Equilibrio General, Política Fiscal, Política Monetaria, Bienestar Económico

ABSTRACT

This paper presents a methodology for estimating the effect of coordinating fiscal and monetary policies, based on a Stochastic General Equilibrium Dynamic (SGED) model with financial frictions, applied to Costa Rica's economy for the period 2006-2022. The results found indicate that coordinating both fiscal and monetary policies have a positive impact on the welfare of economic agents (consumers and entrepreneurs).

Keywords: General Equilibrium, Fiscal Policy, Monetary Policy, Economic Welfare

INTRODUCCIÓN

En esta investigación se evalúa la coordinación de la política fiscal y monetaria utilizando un modelo de Equilibrio General Estocástico Dinámico (DSGE) con el fin de conocer cuál es el impacto en el bienestar. Se calibra el modelo con parámetros estimados en un enfoque bayesiano según los resultados de Valerio (2015) y según las tasas vigentes de impuestos. La estimación bayesiana tiene la ventaja clave de superar las críticas realizadas por Lucas (1976), Sims (1980) y Learner (1991). Aquí se desarrollan cuatro aspectos clave inherentes al diseño de la política económica y la naturaleza social de la ciencia económica. Estos son:

- La evaluación del riesgo de política económica sobre la demanda agregada;
- El efecto de la incertidumbre sobre las magnitudes y efectividad de las políticas macroeconómicas y fiscales del país;
- La dinámica del ajuste de los mecanismos de transmisión de dichas políticas; y
- La interrelación del efecto de desplazamiento de la política fiscal entre la transmisión y la coordinación de la política monetaria.

Estos cuatro temas se pueden identificar dentro de un entorno económico para Costa Rica de metas de inflación y de un ajuste fiscal reciente, que ha logrado estabilizar la trayectoria de la deuda pública del gobierno central en el costo plazo.

Desde el 2007 Costa Rica implementó un nuevo régimen cambiario, para flexibilizar el tipo de cambio y lograr una transición gradual y ordenada hacia un tipo de cambio flotante (“régimen de flotación administrada”). En este caso, teniendo en cuenta el trilema Mundell-Fleming, una pequeña economía abierta con alta movilidad de capitales (como es el caso de Costa Rica) necesita un tipo de cambio flotante para romper con la llamada *trinidad imposible*, al proporcionarle una verdadera independencia a su política monetaria y mejorar la efectividad del banco central en la economía. Una vez con independencia de su política monetaria, y con una mayor independencia técnica del banco central, se vuelve imperativo evaluar la coordinación de la política.

Costa Rica ha enfrentado un déficit fiscal prácticamente perenne durante las últimas 4 décadas, en algunas ocasiones incluso llegando a niveles

considerados insostenibles como en la década de los 2010s –véase Céspedes (2008), Céspedes (2009) y Céspedes (2010); así como Vargas y Céspedes (2005)– y los primeros años de los 2020s. En el nuevo modelo keynesiano un aumento del déficit público implica un shock de demanda que eleva la tasa de interés de política del banco central con el objetivo de atenuar los efectos sobre los precios y la producción, con la correspondiente redistribución o desplazamiento entre el consumo del sector público y privado, aumentando el primero a costa del segundo. Como señala Frankel (1983), el efecto de dicho desplazamiento se produce en los mercados de deuda donde los bancos y los puestos de bolsa (mercados financieros domésticos) toman fondos para financiar sus actividades. En un mercado de deuda, las necesidades de financiamiento del gobierno elevarán las tasas de interés en el mercado local y luego esta suba se extenderá a toda la economía provocando una reducción del consumo e inversiones privadas.

Adicionalmente, la economía costarricense enfrenta un desafío en términos de sostenibilidad fiscal, ya que, a pesar del cambio en la trayectoria de la deuda y los cambios en el régimen de política monetaria, la necesidad de coordinación en la definición de tasas de interés tiene un efecto directo sobre el costo de financiamiento de la deuda pública. El aumento de las tasas de interés en 2022, para controlar la inflación, es un ejemplo del impacto al costo de la deuda pública y las implicaciones que tiene sobre diversos ámbitos como la sostenibilidad fiscal y el bienestar de la economía (si se piensa en un equilibrio de *estado estacionario*; es decir, para el equilibrio de la economía en el largo plazo).

En la sección 2 se explica el marco metodológico, el cual consiste en un método de estimación bayesiano para modelos calibrados a una economía particular (en este caso, la de Costa Rica). Dicho modelo lo calibramos para el caso de Costa Rica siguiendo los resultados de Valerio (2015), que es un modelo DSGE estimado para la evaluación del mecanismo de política monetaria en Costa Rica. La sección 3 detalla la especificación del modelo. La sección 4 muestra el modelo logarítmico linearizado y los resultados de las simulaciones. Finalmente, en la sección 5 se presentan las conclusiones y recomendaciones de política económica.

METODOLOGÍA

El método de estimación de los parámetros es el bayesiano. La visión bayesiana de la estimación econométrica incluye lo que los expertos denominan una *visión a priori*, es decir, el análisis basado en creencias previas del investigador (y de la teoría económica) con el objetivo de refinar el análisis de datos.

Suponiendo un modelo como el de la ecuación 1, donde θ es una magnitud no fija, sujeta a incertidumbre, podemos definir una magnitud de parámetro basada en la teoría económica con una distribución de probabilidad relacionada. Para tomar información de los datos y llegar a un valor de parámetro, utilizamos el *Teorema de Bayes* (véase el Anexo para su definición conceptual), con el fin de calcular una distribución de probabilidad condicional, denominada *distribución posterior*.

$$Y_{t+1} = F(Y_t, X_t, \theta, \varepsilon_t) \quad (1)$$

$$\pi(\theta|x) = \frac{f(x|\theta)\pi(\theta)}{f(x)} \quad (2)$$

donde:

$\pi(\theta|x)$; es la distribución de probabilidad *posterior*.

$\pi(\theta)$; es la distribución de probabilidad *prior*.

$f(x|\theta)$; es la densidad de muestreo.

$f(x) = \int f(x|\theta) \pi(\theta) d\theta$; es la función de densidad de verosimilitud marginal.

La distribución de probabilidad posterior está asociada a los valores de los parámetros estimados. La distribución previa representa las creencias del investigador y la teoría económica sobre el valor de los parámetros. La densidad de muestreo describe los datos condicionales dados por los parámetros. La función de verosimilitud marginal es una constante y no aporta información adicional a la estimación, por lo que la distribución posterior nos permite expresarla en forma de proporción:

$$\pi(\theta|x) \propto f(x|\theta)\pi(\theta) \quad (3)$$

donde el símbolo \propto significa "proporcional a".

La función de verosimilitud es igual a la densidad de muestreo:

$$\mathcal{L}(\theta; x) = p(x|\theta) \quad (4)$$

La densidad de probabilidad posterior es proporcional al producto de la función de probabilidad y la densidad previa:

$$\pi(\theta|x) \propto \mathcal{L}(\theta; x)\pi(\theta) \quad (5)$$

Escude (2010) considera este producto como una densidad de probabilidad previa no estandarizada, a la que denominará $K(\theta|x)$. La función logarítmica se obtiene por:

$$\text{Máx}_{\theta} \ln K(\theta|x) \propto \ln \mathcal{L}(\theta; x) + \ln \pi(\theta) \quad (6)$$

Se puede inferir que el enfoque bayesiano es una extensión del método de estimación de máxima verosimilitud y estos métodos pueden volverse equivalentes si la distribución de probabilidad previa es una distribución uniforme (o no informativa).

Las distribuciones previas utilizadas en los modelos DSGE pueden ser la distribución uniforme (o no informativa), gamma, beta, gamma inversa o normal. La elección de la distribución de probabilidad depende de las características de los parámetros a estimar.

Este procedimiento de estimación de la distribución posterior en DSGE requiere técnicas estadísticas sofisticadas y métodos de optimización numérica, cadenas de Markov y el algoritmo de remuestreo Hasting Metropolis.

El software utilizado para estimar el modelo es Octave 8.1.0 en el módulo Dynare (Dynamic Rational Expectations). Este módulo está diseñado para estimar y resolver modelos dinámicos con choques aleatorios y expectativas racionales, que puede ejecutar optimización no lineal multivariada, factorización de matrices, métodos de filtro de Kalman de Markov Chain Monte Carlo, control óptimo; todas estas son rutinas necesarias para estimar las distribuciones posteriores de los parámetros.

Tratamiento de datos

Las series de tiempo no son tratadas con filtros de estacionalidad debido a que se puede eliminar información importante para la estimación. Esto concuerda con la posición de Hansen y Sargent (1993), quienes defienden el hecho de que los agentes toman decisiones sobre datos sin desestacionalizar (esto es, datos sujetos a estacionalidad como ocurre en las estadísticas económicas naturalmente). Por esta razón, remover la estacionalidad implica una pérdida de información importante que sesga las estimaciones de los parámetros. En las investigaciones de Ghysels (1990) y Ghysels y Perron (1993) se ha determinado que los filtros de estacionalidad, como el X-11, agregan un sesgo positivo a las estimaciones de coeficientes asociados al término

autorregresivo y reducen la potencia de las *pruebas de raíz unitaria* (unit root tests).

Análisis de Bienestar

Woodford (2003) estima una función de pérdida de bienestar a partir de la función de la utilidad de la forma:

$$W_t = E_t \left\{ \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t U_t \right\} \quad (7)$$

donde U_t es la función de utilidad instantánea que depende del consumo y el trabajo de los hogares, $U_t(C_t, N_t)$.

Para el cálculo, y por simplicidad, se utiliza la aproximación de polinomios de Taylor, la cual es definida por Stewart (1994) como:

$$f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f^{(n)}}{n!} (x - c)^n \quad (8)$$

La aproximación de Taylor de la función de utilidad alrededor del estado estacionario para el caso de una función de utilidad separable (aditiva) es igual a:

$$U_t - U \approx U_C C \left(y_t + \frac{1 - \sigma}{2} y_t^2 \right) + U_{NN} \left(n_t + \frac{1 + \varphi}{2} n_t^2 \right) \quad (9)$$

donde:

U_t es la utilidad de los hogares.

U es la utilidad en estado estacionario.

U_C es la utilidad que depende del consumo de los hogares.

C es el consumo de los hogares.

y_t es el nivel de ingreso disponible de los hogares linealizado.

U_{NN} es la desutilidad del trabajo de los hogares.

N es el trabajo de los hogares.

σ es la elasticidad constante al riesgo del consumo de los hogares.

n_t es el nivel de empleo linealizado.

φ es la elasticidad de la desutilidad del trabajo.

Desarrollando estos términos se obtiene la aproximación de polinomios de Taylor de la función de utilidad, representada por la ecuación (10), la cual es, a la vez, la *función de pérdida* (loss function) que se desea minimizar¹:

$$\mathbb{W} \equiv -\frac{(1 - \alpha)}{2} \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left(\frac{\varepsilon}{\theta} \pi_{H,t}^2 + \left(\sigma + \frac{\alpha' + \varphi}{1 - \alpha'} \right) \hat{y}_t^2 \right) + t.i.p + o(\|a\|^3) \quad (10)$$

donde:

α es el porcentaje de bienes transables en el IPC.

β^t es el factor de descuento temporal.

$\frac{\varepsilon}{\theta}$ es la ratio del margen de utilidad de las empresas y el factor de la *Curva de Phillips* que depende de la probabilidad de ajustes de los precios

$\pi_{H,t}$ es la inflación domestica (no transables)

α' es el factor Cobb-Douglas del trabajo.

\hat{y}_t es la brecha del producto.

t.i.p es "terms independent of policy" es decir constantes que no afectan el resultado.

$o(\|a\|^3)$ es el factor de error de la aproximación de polinomios de Taylor.

A partir del desarrollo de esta ecuación, es posible caracterizar la función de pérdida en función de varianzas (\mathbb{V}), expresando esta la perdida como una fracción del consumo respecto del estado estacionario (es decir, usando como denominador el equilibrio del consumo en el largo plazo); lo que facilita la interpretación de las medidas de bienestar. Para la función recién mencionada, se tendría entonces que:

$$\mathbb{V} \equiv -\frac{(1 - \alpha)}{2} \left(\frac{\varepsilon}{\theta} Var(\pi_t^p) + \frac{\varepsilon_w (1 - \alpha')}{\lambda_w} Var(\pi_t^w) + \left(\sigma + \frac{\alpha' + \varphi}{1 - \alpha'} \right) (1 - \chi) Var(\hat{y}_t) \right) \quad (11)$$

donde:

$Var(\pi_t^p)$ es la varianza simulada del IPC que depende del consumo.

ε_w es la elasticidad Sustitución del Mercado de Trabajo

λ_w es la elasticidad de transmisión de los costos marginales a la inflación salarial.

$Var(\pi_t^w)$ es la varianza simulada de la inflación salarial.

χ es el parámetro de hábitos de consumo.

$Var(\hat{y}_t)$ es la varianza simulada de la brecha del producto.

Por lo tanto, el valor de \mathbb{V} permite valorar la eficiencia en el sentido de bienestar de distintas políticas o de escenarios *contrafácticos* (counterfactuals) para realizar

¹ La demostración completa de este desarrollo matemático se encuentra en Woodford (2003), Cap. 6. El caso de una pequeña economía abierta es abordado por Galí y Monacelli (2005), Cap. 7.

propuestas de política económica que buscan minimizar las pérdidas de bienestar social en una economía.

MODELO

En la siguiente sección se describe el modelo Keynesiano que es estimado para la economía de Costa Rica, el cual contará con características propias de la economía nacional, estas características son: rigideces en los precios de los bienes (*Calvo Pricing*), competencia monopolística, fricciones en el mercado financiero (*Search and Matching Frictions*, *Nash Bargain*), un sistema financiero moderadamente concentrado, una economía pequeña y abierta al comercio, un régimen monetario enfocado en la estabilidad macroeconómica (del cual el principal y único instrumento es la Tasa de Política Monetaria, TPM), traspaso imperfecto del tipo de cambio (*incomplete pass through*) y de la TPM, rigideces en la fijación de salarios y hábitos en el consumo.

Hogares

El hogar representativo en la economía tiene como objetivo maximizar su utilidad, la maximización de la utilidad determina la cantidad de consumo y trabajo que este efectúa. La función de utilidad del hogar representativo puede tener una especificación que no es aditivamente separable en términos intertemporales.

La especificación intertemporal hace referencia a la formación de hábitos de consumo. Los hábitos de consumo consisten en el hecho de que los agentes se acostumbran a un nivel relativo de utilidad que depende del consumo realizado en el periodo anterior, por lo que se resiste a (o tarda en) modificar su canasta de consumo. Esto se debe a una característica interna del ser humano que le supone un costo hacer frente a los cambios en su entorno (especialmente hacia la baja en sus estándares de consumo). La función de utilidad con hábitos de consumo se modela de la siguiente forma:

$$\text{Máx } E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left(\frac{1}{1-\sigma} \left(\frac{C_t}{C_{t-1}} C_{t-1}^{(1-\sigma)} \right)^{1-\sigma} - \frac{N_t^{1+\varphi}}{1+\varphi} \right) \quad (12)$$

donde el C_t es el consumo y N_t representa las horas trabajadas, y los parámetros σ y φ son interpretados como la elasticidad intertemporal del consumo y la desutilidad del trabajo respectivamente, además el

parámetro β es un factor de descuento intertemporal o de impaciencia.

La función de utilidad tiene la propiedad de ser isoelástica, este tipo de función es llamada “función de utilidad con aversión al riesgo relativa constante” (*utility function with constant relative risk aversion*).

La maximización de la ecuación (12) sujeta a su restricción presupuestaria intertemporal (definida como que valor presente del ingreso actual y futuro no puede ser inferior que el consumo presente y futuro, para evitar el *Juego Ponzi*), de manera que las condiciones de primer orden son para esta maximización son:

$$\beta R^d_t E_t \left\{ \left(\frac{C_t}{C_{t-1}^x} \right)^\sigma \frac{P_{t+1}}{P_t} \right\} = 1 \quad (13)$$

$$\left(\frac{C_t}{C_{t-1}^x} \right)^\sigma N_t^\varphi = \frac{W_t}{P_t} \quad (14)$$

Las ecuaciones solución del Lagrangiano son nombradas en la literatura como la ecuación de Euler y la oferta de trabajo, respectivamente. La ecuación de Euler caracteriza la dinámica del consumo dentro del modelo; esta es, por definición, una condición intertemporal que implica que los agentes económicos pueden suavizar la trayectoria del consumo a lo largo del tiempo al modificar las cantidades de consumo futuro y consumo presente en consistencia con la maximización intertemporal de su función de utilidad.

Empresas

En esta economía existen dos tipos de empresas, las empresas productoras de bienes intermedios y las empresas de bienes finales.

Las empresas productoras de bienes intermedios se encuentran en un mercado competitivo, tanto de factores como de bienes. Cada una de las empresas representativas de la economía produce con una función de producción Cobb-Douglas con rendimientos decrecientes a escala de forma: $Y_t = e^{a_t} N_t^{1-\alpha}$; donde Y_t representanta la cantidad producida del bien intermedio, y N_t representa la cantidad de horas trabajadas en la producción del bien intermedio y a_t es un shock tecnológico que sigue un proceso autorregresivo de orden 1, como muestra la ecuación (15):

$$a_t = \rho a_{t-1} + u_t; \quad u_t \sim N(0, \sigma_u^2) \quad (15)$$

Las empresas de bienes finales toman el bien intermedio producido por las empresas de bienes intermedios y venden bienes diferenciados a los hogares en un mercado de competencia monopolística. Se supone además que las variaciones de los precios del bien final ocurren con una probabilidad $1 - \omega$, de acuerdo con Calvo (1983).

Las empresas de bienes finales fijarán sus nuevos precios P_t^* con el fin de maximizar su utilidad esperada, con la restricción que les impone la demanda del bien final de manera que:

$$\max_{P_{h,t}} \sum_{k=0}^{\infty} (\omega\beta)^k E_t \left\{ \frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} \left[\frac{P_{h,t}^*}{P_{h,t+k}} - mc_{t+k} \right] Y(i)_{h,t+k} \right\} \quad (16)$$

$$\text{sujeto a } Y(i)_{h,t} = \left(\frac{P(i)_{h,t}}{P_{h,t}} \right)^{-\varepsilon} Y_{h,t} \quad (17)$$

La solución de este problema de maximización brinda la ecuación de determinación de los precios:

$$\frac{P(i)_{h,t}}{P_{h,t}} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \frac{E_t \sum_{t=0}^{\infty} (\omega\beta)^k mc_{t+k} \left(\frac{P_{h,t+1}}{P_{h,t}} \right)^{\varepsilon} C_{t+k}^{1-\sigma}}{E_t \sum_{t=0}^{\infty} (\omega\beta)^k \left(\frac{P_{h,t+1}}{P_{h,t}} \right)^{\varepsilon} C_{t+k}^{1-\sigma}} \quad (18)$$

Esta ecuación es log-lineal para obtener la Curva de Phillips Neo Keynesiana:

$$\pi_{h,t} = \omega(mc_t) + \beta E(\pi_{h,t+1}) + \varepsilon_t \quad (19)$$

$$\theta = \frac{(1 - \omega)(1 - \omega\beta)}{\omega} \quad (20)$$

$$\varepsilon_t = \frac{u_t}{\omega} \quad (21)$$

Las rigideces salariales permiten diferenciar dos medidas de producción, el nivel de producción de la economía y el nivel de producción en ausencia de rigideces de precios. Este último es equivalente al producto potencial, lo que permite modelar la curva IS utilizando la brecha del producto:

$$\hat{y}_t = y_t - y_t^{qf} \quad (22)$$

Autoridad monetaria

La política de la autoridad monetaria sigue una *Regla de Taylor* –véase Taylor (1993)–, la cual consiste en la fijación de la tasa de interés con el objetivo de minimizar la diferencia de la inflación con respecto a la meta de inflación, esto permite modelar el comportamiento de una Autoridad Monetaria que tiene como principal objetivo lograr una inflación baja y estable, lo que corresponde a un esquema de *metas de inflación*. La *Regla de Taylor* además incluye la brecha del producto. Este componente modela el interés de manejar una política contra cíclica; es decir, un objetivo subsidiario de estabilizar los ciclos económicos en pos de un crecimiento económico estable.

En la línea de investigación de Muñoz y Tenorio (2008), se adopta una *Regla de Taylor Suavizada* (Ecuación 23). Esta especificación introduce un valor rezagado en la TPM que indica la existencia de cierto *nivel de inercia*² en las modificaciones de la tasa interés de política monetaria, que es interpretado como activismo en la ejecución de política.

$$r_t^{\text{pol}} = \Omega r_{t-1}^{\text{pol}} + (1 - \Omega) \left(-\log(\beta) + E(\pi_{t+1}) + \phi(E(\hat{\pi}_{t+1}) - \pi_t^M) \right) \quad (23)$$

Sistema Bancario

En un modelo con sistema financiero explícito existen dos tasas de interés: una tasa de interés para depósitos definida por la política de la Autoridad Monetaria³ y una tasa de interés para los préstamos definida por el sector financiero. El diferencial de ambas tasas de interés es el *margen de intermediación financiera*. El sector financiero maximizará sus beneficios incrementando el margen de intermediación hasta donde la demanda por préstamos se lo permita. El modelo propuesto por Liberati (2012) supone la existencia de rigideces en el mercado financiero como restricciones de búsqueda y pareo (*search and matching*), esquemas de negociación de precios *a la Nash* y un grado de concentración bancaria. El saldo de líneas de créditos L_t^B sigue una ley de movimiento definida por:

² También se interpreta Ω como el activismo de la autoridad monetaria para realizar política. Es decir, cuando Ω tiende a 1, el Banco Central no aplica políticas; y, en caso contrario, si Ω tiende 0, esto refleja un activismo total.

³ La tasa de interés promedio (ponderado) pagada por los depósitos en el sistema financiero es la Tasa de Interés Básica Pasiva (TBP), en el modelo se intenta modelar el efecto de la Política Monetaria sobre la economía ante esta situación se elige la TPM como tasa de interés de depósitos y no la TBP. Motivos adicionales motivaron esta decisión son: a) el traspaso y correlación TPM-TBP es alto, lo que hace trivial calcular el traspaso TPM-TPB-TA, donde TA es la Tasa Activa. b) La TPM es mejor indicador de la política monetaria. c) La TA se relaciona de manera muy estrecha con la inversión y los ciclos económicos.

$$L_t^B = (1 - \rho^B)L_{t-1}^B + q_t^B V_t^B \quad (24)$$

donde

ρ^B es la probabilidad de que ocurra una separación entre uno de estos pares

q_t^B es la probabilidad de llenar una plaza vacante de un crédito, y

V_t^B representa las vacantes de créditos disponibles.

Además, se define a s_t^B como la proporción del número de empresas que buscan un crédito, de manera que sigue una ley de movimiento determinada por las empresas que separaron de una línea de crédito.

$$s_t^B = 1 - (1 - \rho^B)L_{t-1}^B \quad (25)$$

Además, p_t^B se define como la probabilidad de que una empresa consiga una línea de crédito ofrecida por un banco. Por último, se define la estrechez del mercado financiero como $\theta_t^c = \frac{s_t^F}{V_t^F}$.

El banco, al inicio de cada periodo, recibe depósitos y una capitalización $X_t = M_t - M_{t-1}$, de los hogares y el Banco Central respectivamente. Al mismo tiempo, utiliza este dinero para financiar préstamos y pagar los costos de generar nuevas líneas de crédito. Por lo que, para todo periodo, se cumple la identidad:

$$\frac{D_t}{P_t} + \frac{X_t}{P_t} = \frac{L_t}{P_t} + k^B V_t^B \quad (26)$$

donde

$\frac{L_t}{P_t}$ es el monto para financiar, es equivalente al necesitado por las empresas para ejecutar sus operaciones:

$$\frac{L_t}{P_t} = w_t N_t L_t^B \quad (27)$$

Al final del periodo lo bancos pagan a sus depositantes a cantidad:

$$R_t^d \frac{D_t}{P_t} = R_t^d \left(w_t N_t L_t^B + k^B V_t^B - \frac{X_t}{P_t} \right) \quad (28)$$

Utilizando la identidad del Margen de intermediación financiero, la ecuación de beneficios del Banco;

$$R_t^L \frac{L_t}{P_t} - R_t^d \frac{D_t}{P_t} \quad (29)$$

El banco representativo va maximizar la diferencia entre las tasas de interés de depósitos y préstamos; a su vez, va a reducir el costo de generar una oferta crediticia. Con el fin de elevar sus beneficios al máximo.

$$J_t^B = \max \left[(R_t^L - R_t^d) w_t N_t L_t^B - R_t^d k^B V_t^B + R_t^d \frac{X_t}{P_t} + \beta E_t \left(\frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} \right) J_{t+1}^B \right] \quad (30)$$

$$\text{sujeto a } L_t^B = (1 - \rho^B)L_{t-1}^B + q_t^B V_t^B \quad (31)$$

donde K^B refleja el costo real de generar una nueva línea de crédito y $\frac{X_t}{P_t}$ se define como $\frac{M_t - M_{t-1}}{P_t}$ que son las inyecciones monetarias que realice el banco central que están en función de su posición en el mercado de liquidez, así como del costo del dinero definido por la TPM.

El término $\beta E_t \left(\frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} \right) J_{t+1}^B$ es agregado por motivo de completar la ecuación de maximización de Bellman y lograr calcular el máximo de J_t^B , que representa el margen de intermediación financiera, mediante el método la aplicación del *principio optimalidad*.

La condición de primer orden que soluciona el problema al que se enfrentan los bancos es interpretada como “la condición de creación de créditos” que es defina por:

$$\frac{R_t^d k^B}{q_t^B} = (R_t^L - R_t^d) w_t N_t L_t^B + (1 - \rho^B) \beta E_t \left(\frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} \right) \frac{R_{t+1}^d k^B}{q_{t+1}^B} \quad (32)$$

La condición para ofrecer una nueva línea de crédito depende del flujo descontado de los ingresos del banco y del ahorro sobre la probabilidad que una empresa llene una vacante de crédito q_t^B . En particular, el costo esperado de financiar una línea de crédito, $\frac{R_t^d k^B}{q_t^B}$, es igual al ingreso marginal que el banco obtiene de un préstamo realizado a una empresa. Adicionalmente nótese que en el caso de que el costo real de generar una línea de crédito sea igual a cero $R_t^L = R_t^d$.

La tasa de interés de los préstamos R_t^L es determinada mediante la maximización de un producto de Nash entre los excedentes de los bancos y las empresas:

$$\max(S_t^F)^z (S_t^B)^{1-z} \quad (33)$$

donde el parámetro z representa el poder de negociación de cada uno de los bancos, y S_t^F junto con S_t^B representan los excedentes de las empresas y los bancos respectivamente.

Se tiene que el excedente de las empresas es igual a:

$$S_t^F = \frac{Y_t}{\mu_t} - w_t R_t^L N_t + (1 - \rho^B) \beta E_t \left(\frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} \right) (1 - p_{t+1}^B) S_{t+1}^F \quad (34)$$

y el excedente de los bancos es igual a:

$$S_t^B = \frac{R_t^d k^B}{q_t^B} \quad (35)$$

La solución de la maximización del producto de Nash da como resultado la ecuación que determina la tasa de interés de los préstamos, esta ecuación viene dada por:

$$R_t^L = \frac{1-z}{w_t N_t} \frac{Y_t}{\mu_t} + \frac{z}{w_t N_t} \left[w_t R_t^d N_t - (1-\rho^B) \beta E_t \left(\frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} \right) \frac{R_{t+1}^d k^B}{\theta_{t+1}^c} \right] \quad (36)$$

Lo que indica que la tasa de interés de los préstamos es un promedio ponderado entre las ganancias de las empresas, de la diferencia entre de los ahorros presentes en los bancos y tasa de interés sobre los depósitos netos esperados resultado de mantener una línea de crédito con una empresa. Los ponderadores son determinados por el poder de negociación de los agentes.

Sector Externo

Este apartado muestra las relaciones de la economía con el resto del mundo, este segmento se basa principalmente en los trabajos de Galí y Monacelli (2002) y Galí (2008).

Identidades

Parafraseando a Galí y Monacelli (2002) se definirán diversas identidades, que serán utilizadas al determinar el equilibrio de la economía con el resto del mundo. En primer lugar se define al IPC como un promedio ponderado de los precios domésticos y los precios extranjeros, de manera que:

$$p_t = (1-\alpha)p_{H,t} + \alpha p_{F,t} \quad (37)$$

donde al log-linealizar alrededor del estado estacionario con $p_{H,t} = p_{F,t}$ y definiendo los términos de intercambio como $s_t = p_{H,t} - p_{F,t}$ se puede escribir la ecuación (37) como:

$$p_t = p_{H,t} + \alpha s_t \quad (38)$$

Aplicando primeras diferencias a los componentes de la ecuación se obtiene que las variaciones de la inflación son resultado de las variaciones de los precios domésticos y de los términos de intercambio.

$$\pi_t = \pi_{H,t} + \alpha \Delta s_t \quad (39)$$

La variación de la inflación es proporcional a las variaciones de los precios de los bienes producidos domésticamente, y son un porcentaje α de las variaciones de los términos de intercambio; el parámetro α es

interpretado como el índice de apertura de la economía. Bajo el supuesto de una pequeña economía abierta el índice de precios externos es igual al nivel de precios del mundo por lo que tiene la identidad $\pi_{F,t} = \pi_t^*$.

Se supone el cumplimiento de la Ley de un solo precio, la paridad del poder de compra, de manera que los términos de intercambio se pueden escribir de la forma:

$$s_t = \Delta e_t - p_{H,t} + p_t^* \quad (40)$$

Por lo tanto, la ecuación log-linearizada del tipo de cambio real viene dada por $q_t = s_t - p_{H,t} - p_t$, lo que combinando la ecuación de términos de intercambio y el tipo de cambio real se obtiene:

$$q_t = (1-\alpha)s_t \quad (41)$$

Por otra parte, asumiendo traspaso incompleto del tipo de cambio se tiene:

$$q_t = \psi_t + (1-\alpha)s_t \quad (42)$$

donde Ψ refleja los desvíos de la ley de un solo precio, esta brecha es definida por $\psi_t = \Delta e_t + p_t^* - p_t$.

Intercambio Internacional de Riesgos

En la línea de investigación de Galí (2002), se asumen mercados internacionales completos (profundos) de valores (*risk pooling*) (Imen Ben Mohamed, Marine Sales, 2014). La condición de primer orden del problema del consumidor de la economía externa viene dada por:

$$\beta R^* E_t \left\{ \left(\frac{c_t^*}{c_{t-1}^*} \right)^\sigma \frac{P_{t+1}^*}{P_t^*} \right\} = 1 \quad (43)$$

Combinando la condición de primer orden de la economía doméstica y la economía extranjera se obtiene la relación entre consumo de ambas economías para todos los periodos, $c_t = \vartheta c_t^* Q_t^{\frac{1}{\sigma}}$, adicionalmente se aplican logaritmos a la relación y se aplica el supuesto de traspaso imperfecto del tipo de cambio, para obtener la ecuación:

$$c_t - \chi c_{t-1} = c_t^* - \chi c_{t-1}^* + \left(\frac{1-\alpha}{\sigma} \right) (s_t + \psi_t) \quad (44)$$

Esta ecuación refleja que los niveles de consumo de ambas economías son determinados por los términos de intercambio en la magnitud $\left(\frac{1-\alpha}{\sigma} \right)$; es decir, si la variable s_t se incrementa, la economía nacional podrá incrementar su consumo.

Paridad del Interés y Términos de Intercambio

La relación de paridad de interés descubierta se escribe como la relación existente entre las variaciones del tipo de cambio y el diferencial de tasa de interés, sin contemplar ninguna prima de riesgo *a priori*. Así que esta relación es representada por la siguiente ecuación:

$$E_t \left\{ Q_{t,t+1} \left[R_t^d - R_t^* \left(\frac{\mathcal{E}_{t+1}}{\mathcal{E}_t} \right) \right] \right\} = 0 \quad (45)$$

Aplicando logaritmos y linearizando, se obtiene:

$$r_t^d - r_t^* = E_t(\Delta e_{t+1}) \quad (46)$$

Combinado la condición anterior con los términos de intercambio:

$$s_t = (r_t^* - E_t\{\pi_{t+1}^*\}) - (r_t^d - E_t\{\pi_{H,t+1}\}) + E_t\{s_{t+1}\} \quad (47)$$

Este arreglo permite representar las variaciones de los términos de intercambio como divergencias entre la condición de paridad en términos reales, y como ya se mencionó anteriormente las estas variaciones tendrán un impacto en el nivel de consumo de la economía nacional.

Generación de Expectativas

Las expectativas son determinantes fundamentales del comportamiento económico, con información perfecta es de esperarse que las expectativas sean certeras y se materialicen en las variables observables es decir que $X_t^e = E(X_{t+1})$. Winkelried (2013) propone la existencia de rigideces en la información que los agentes disponen (y pueden procesar) en cada momento, esta condición implica la posibilidad que en el corto plazo $X_t^e \neq E(X_{t+1})$, en este escenario es posible que la expectativa converja al caso de información completa a medida que los agentes aprendan de sus errores.

La ecuación de generación de expectativas es:

$$\pi_t^e = \rho^e \pi_{t-1}^e + (1 - \rho^e) E(\pi_{t+1}) + \varepsilon_t^{\pi} \quad (48)$$

donde el parámetro ρ^e depende de la velocidad con la que los agentes aprenden de sus errores, en el caso que $\rho^e = 0$ las expectativas son racionales con un ajuste sin fricciones.

El tiempo (en periodos) que los agentes tardan en ajustar sus expectativas es $\rho^e / (1 - \rho^e)$.

Negociaciones Salariales

La lógica de ajuste de los salarios sigue el esquema de Calvo (1983), en este caso el problema de los hogares es el de maximizar el valor intertemporal descontado de los salarios, esto sujeto a la demanda efectiva por trabajo a la que se enfrentan. De manera que el problema de optimización de los hogares se representa con las siguientes ecuaciones:

$$\max_w \sum_{k=0}^{\infty} (\omega_w \beta)^k E_t \left\{ \frac{C_{t+k}^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \frac{N_{t+k}^{1+\varphi}}{1+\varphi} \right\} \quad (49)$$

$$\text{st. } N(i)_t = \left(\frac{W(i)_t}{W_t} \right)^{-\varepsilon_w} N_{h,t} \quad (50)$$

Gobierno

En esta sección se explican los cambios imputados en el comportamiento de los hogares al agregar el gobierno, el gobierno recibe sus ingresos de la modificación la restricción presupuestaria con impuestos.

El gobierno y todo agente económico enfrenta el problema, recibe ingresos en cada período que corresponden a la recaudación efectiva de impuestos:

$$I_t = (\tau_t^c C_t + \tau_t^l W_t N_t + (1 - \tau_t^i) E_t(Q_{t+1} D_{t+1})) \quad (51)$$

El gobierno para cada periodo t recibe la recaudación efectiva de impuestos (51) y los parámetros τ_p^c , τ_p^l , τ_t^i corresponden a las tasas impositivas de la economía. Dado los ingresos el gobierno define sus gastos de manera exógena.

$$G_t = T_t + g_t \quad (52)$$

donde T_t es un nivel de transferencias y g_t corresponde a un choque exógeno de estímulo fiscal.

Si los gastos son mayores que los ingresos se acumula un déficit primario.

$$Def_t = I_t - G_t \quad (53)$$

Si el déficit es persistente, entonces habrá acumulación de deuda, lo que refleja la ecuación dinámica de acumulación de deuda:

$$\frac{Debt_t}{Y_t} = \frac{(1 + r_t^l) Debt_t}{Y_t} + \frac{Def_t}{Y_t} \quad (54)$$

RESULTADOS

Calibración

Los parámetros de los modelos se calibran siguiendo a Valerio (2015), donde se estima un modelo DSGE con

una especificación similar para la economía de Costa Rica. Además, la calibración del bloque externo se establece utilizando los valores de los parámetros estimados por Christiano *et al.* (2010). La Tabla 1 resume los parámetros del bloque externo; la Tabla 2 muestra los parámetros de interpretación económica; y la Tabla 3 resume la calibración de parámetros de todo el modelo.

TABLA 2: RESUMEN DE INTERPRETACIÓN DE LOS PARÁMETROS

Parámetro	Interpretación
β	Impaciencia
σ	Elasticidad del consumo
φ	Desutilidad del trabajo
X	hábitos del consumo
α'	Tecnología
α	Porcentaje de bienes transables en el IPC
ω	Probabilidad de cambios en los precios
ε	Margen de utilidad de las empresas
k^B	Costo de una línea de crédito
p^B	Probabilidad que cierre de una línea de crédito
μ	Efecto de liquidez del mercado
ε_w	Elasticidad de sustitución del trabajo
$p1$	Persistencia de shock tecnología
$p2$	Persistencia de tasa de política monetaria
$p3$	Persistencia de choque cambiario
$p4$	Persistencia de canal de crédito
Z	Poder de negociación de los bancos
ρ	Activismo de la política monetaria
δ_π	Peso del objetivo de inflación
δ_y	Peso del objetivo de crecimiento
δ_e	Peso de objetivo de estabilidad de tipo de cambio
β^*	Impaciencia externa
σ^*	Elasticidad consumo externa
ϕ_π	Peso inflación externo
K	Curva de Phillips externo
Ω^*	Probabilidad calvo externo.
ϕ_y	Peso Crecimiento externo
χ^*	Hábitos de consumo externo.
$p5$	Persistencia de choque de expectativas.
$p6$	Persistencias de precios de activos.
$p7$	Persistencia de choque internacional.
$p8$	Persistencia de choque salarial.

Fuente: Valerio, (2015).

TABLA 1: PARÁMETROS DEL BLOQUE EXTERNO

Parámetro	Magnitud
β^*	0,99
σ^*	1
K	0,21
χ^*	0,76
Ω^*	0,87
ϕ_π	1,43
ϕ_y	0,04

Fuente: Christiano *et al.* (2010).

TABLA 3: CALIBRACIÓN DE LOS PARÁMETROS

Parámetros	Media de distribución posterior
σ	2,6691
φ	0,9266
α'	0,4506
β	0,9837
ω	0,6203
p	0,6864
δ_π	1,4357
δ_y	0,1669
α	0,0639
p^B	0,9535
Z	0,4738
$p1$	0,6917
$p2$	0,1004
$p3$	0,2656
$p4$	0,9730
$p5$	0,0574
$p6$	0,5979
$p7$	0,1233
$p8$	0,9303
μ'	0,4983
ρ^b	0,0560
K^B	0,0267
ρ_{aprend}	0,8823
X	0,0402
Perturbaciones	Promedio distribución posterior
Tecnológica	0,14400
Tasa de política monetaria	0,13750
Tipo de cambio	0,20420
Canal de crédito	0,14570
Expectativas	0,13750
Valoración precios de Mercado	0,58700
Internacional	0,13640
Salarios	0,42550

Fuente: Valerio, (2015).

El parámetro de persistencia del gasto público se calibró en 0,8 lo cual es un estándar. Los parámetros τ_p^i , τ_p^l , τ_f^i de los impuestos son calibrados en 0,15, 0,055 y 0,13 respectivamente.

- I. El primer valor corresponde al impuesto sobre las ganancias de capital el cual es en Costa Rica es del 15% sobre lo ganado sobre el capital.
- II. El Segundo parámetro es el impuesto de renta o al salario el cual es calibrado en 0,055 según la simplificación realizada por Mora, D. & Valerio, M, 2014; este valor es obtenido como la proporción de impuestos directos sobre los ingresos de los hogares.
- III. El tercer valor es el porcentaje del impuesto sobre el consumo el cual corresponde a un 13% en Costa Rica.

Coordinación entre la política fiscal y monetaria

La postura de la política monetaria afectará la capacidad del gobierno para financiar el déficit presupuestario al afectar el costo del servicio de la deuda y limitar la expansión de las fuentes de financiamiento disponibles. La falta de coordinación entre la política monetaria y las autoridades fiscales dará como resultado un desempeño económico general inferior. Por ejemplo, la coordinación en una política fiscal restrictiva y la política monetaria es fundamental.

Se simularon tres escenarios, dos no coordinados y una política coordinada, y se aplica un criterio de bienestar para responder una pregunta: ¿es tiene efecto mayor sobre el bienestar una política coordinada? Y las mediciones de bienestar se fundamentan en un criterio de varianzas, es decir los mejores escenarios son los mantienen la estabilidad macroeconómica.

Se simula un recorte del gasto público con tres escenarios, una política monetaria expansiva, y un escenario no coordinado donde los choques son independientes, y una política monetaria también restrictiva. Los resultados se muestran en la Tabla 4.

El escenario coordinado con el objetivo de estabilizar la económica. Los escenarios no coordinados implican que el ministerio de hacienda y el banco central tienen dos objetivos diferentes, el ministerio de hacienda quiere una deuda sostenible, para alcanzar este objetivo recortar el gasto para reducir el déficit fiscal y el crecimiento de la deuda, y el banco central quiere una inflación baja, para alcanzar este objetivo el banco central sube las tasas de interés, lo que aumenta el costo de la deuda y provoca una brecha de producción negativa que reduce los ingresos del gobierno, poniendo en riesgo la sostenibilidad de la deuda.

Como resultado más relevante de esta investigación, se tiene que las simulaciones muestran que el escenario coordinado es preferible a la no coordinación de políticas.

CONCLUSIONES

La política monetaria tiene un impacto que no se puede ignorar sobre la sostenibilidad de la deuda pública, porque esta define el costo de la deuda. Entonces, en un esquema de equilibrio general, la reacción del banco central ante los choques fiscales es fundamental.

En este documento se realizó una evaluación del bienestar utilizando una aproximación de segundo orden de una función de utilidad y encontramos que: una política coordinada es mejor que una política no coordinada; entendemos por coordinación cuando los objetivos entre instituciones son los mismos, en este caso la minimización de los costes sociales; la estabilización de la economía alrededor de un estado estacionario.

TABLA 4: PÉRDIDAS DE BIENESTAR SIMULADAS PARA COSTA RICA CON RESPECTO AL EQUILIBRIO EN EL ESTADO ESTACIONARIO

Escenario	Varianza (simulada)			Contribución al bienestar			Total
	Brecha del producto	inflación	Salario	Brecha del producto	inflación	Salario	
Coordinado	0.9052	1.15	1.93	-2.19	-22.71	-9.78	-0.35%
No coordinado corr=0	0.9270	1.30	2.09	-2.25	-25.71	-10.59	-0.39%
No coordinado	0.9559	1.56	2.36	-2.32	-30.84	-11.98	-0.45%

Fuente: Elaboración propia, (2023).

Como recomendación de política; Costa Rica necesita una estrecha coordinación entre el Ministerio de Hacienda y el banco central, esta coordinación debe ser a nivel técnico para procurar la estabilización de la macroeconomía. Es claro que la independencia política del banco central debe garantizarse para evitar los problemas de inconsistencia temporal y de sesgo inflacionario ampliamente documentados en la literatura económica.

Los análisis del bienestar en equilibrio general también muestran que la evolución de la deuda pública y el déficit fiscal debe procurar la estabilidad macroeconómica, por ello esquemas como la regla fiscal y el control de la trayectoria de la deuda pública deben mantenerse como prioridad. Una macroeconomía estable genera las condiciones necesarias para el crecimiento económico ya que reduce la incertidumbre de los agentes y ayuda a la toma de decisiones eficientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Calvo, G. (1983), Staggered prices in a utility-maximizing framework, *Journal of Monetary Economics*, 383-398, doi:10.1016/0304-3932(83)90060-0
- Céspedes, O. (2008). *Estudio sobre Características del Endeudamiento Público Externo e Interno en Centroamérica*. Banco Centroamericano de Desarrollo. Oficina del Economista Jefe.
- Céspedes, O. (2009). *Equilibrio Fiscal y Sostenibilidad del Endeudamiento Público en Costa Rica*. Proyecto Diálogos del Bicentenario.
- Céspedes, O. (2010). *La política fiscal en Costa Rica: Retos para el periodo 2010-2014*. Academia de Centroamérica. 10.13140/2.1.2062.3040
- Christiano, L.; Trabandt, M. y Walentin, K. (2010). DSGE Models for Monetary Policy. En M. Woodford, y B. Friedman, *Handbook of Monetary Economics* (págs. 285-367), <http://dx.doi.org/10.1016>
- Clarida, R.; Galí, J. y Gertler, M. (1999), The Science of Monetary Policy: A new Keynesian Perspective, *Journal of Economic Literature*, 37: 1661-1707, doi: 10.1257/jel.37.4.1661
- Del Negro, M.; Schorfheide, F.; Smets, F. y Wouters, R. (2007). On the fit of New Keynesian Models, *Journal of Business & Economic Statistics*, 25(2): 123-143, doi: 10.1198/073500107000000016
- Dhrymes, P. (1970). *Econometrics Statistical foundations and applications*. Springer-Verlag, doi: 10.1002/zamm.19770570225
- Escudé, G. (2010), *Modelos de Equilibrio General Dinámico y Estocástico (EGDE): Una introducción*. Banco Central de Argentina, Documento de Trabajo N, 47,
- Espinosa, J. y Valerio, M. (2014). Sostenibilidad fiscal en Costa Rica, 1991-2013: Una aproximación a través del método Montecarlo. *Economía y Sociedad*, 19(45).
- Frankel, J. (1985). Portfolio Crowding-Out Empirically Estimated. *Quarterly Journal of Economics*, 100: 1041-1065.
- Galí, J. (2008), *Monetary Policy, Inflation, and the Business Cycle: An Introduction to the New Keynesian Framework*. Princeton University Press, doi: 10.1111/j.1475-4932.2009.00606.x
- Galí, J. y Monacelli, T. (2002), *Monetary Policy and Exchange Rate Volatility in a Small Open Economy*. NBER, Working Paper N, 8905, doi: 10.3386/w8905
- Galí, J. y Monacelli, T. (2005), Monetary Policy and Exchange Rate Volatility in a Small Open Economy. *Review of Economic Studies*, 72: 707-734,
- García, C. y González, W. (2007). *Efectividad de la Política Monetaria en Algunas Economías Latinoamericanas*, ILADES-Georgetown University, Working Papers 01/2007,
- Hansen, L.P. y Sargent, T.J. (1993), Seasonal and approximation errors in rational expectation models, *Journal of Econometrics*, 21-55, doi: 10.1016/0304-4076(93)90003-N
- Hicks, J. (1974), *La economía del bienestar*. Fondo de Cultura Económica,
- Laurens, B. y De la Piedra, E. (1998). Coordination of monetary and fiscal policies. IMF working paper. WP/98/25.
- Learner, E. (1991). A Bayesian Perspective on Inference from Macroeconomic Data. *The Scandinavian Journal of Economics*, 93(2), 225-248,
- Liberati, D. (2012). *Interest Rate Pass-Through and Credit Spread in New Keynesian Models, Theoretical and Empirical Relevance*. Sapienza University of Rome, Thesis,

- Ljungqvist, L. y Sargent, T.J. (2000), *Recursive Macroeconomic Theory*. MIT Press,
- Lucas, R. (1976). Econometric Policy Evaluation: A critique, *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, Elsevier. 1(1), 19-46, January,
- Lucas, R. (1972), Expectations and the Neutrality of Money. *Journal of Economic Theory*, 4:103-124, doi:10.1016/0022-0531(72)90142-1
- Meltzer, A. (1995). Monetary, Credit and (Other) Transmission Processes: A Monetarist Perspective, *Journal of Economic Perspectives*, 49-72, doi: 10.1257/jep.9.4.49.
- Mendoza, E. y Oviedo, M. (2009). Public debt, fiscal solvency and macroeconomic uncertainty in latin America: The cases of Brazil, Colombia, Costa Rica and Mexico. *Economía mexicana nueva época*, 133-173.
- Mies, V.; Morandé, F. y Tapia, M. (2002), *Política Monetaria y Mecanismos de Transmisión: Nuevos Elementos para una Vieja Discusión*. Banco Central de Chile Working Paper N, 181,
- Mishkin, F. (1996). *The Channels of Monetary Transmission: Lessons for Monetary Policy*. NBER, Working Paper 5464, doi: 10.3386/w5464
- Mohamed, I.B. y Sales, M. (2014). *Credit imperfections, labor market frictions and unemployment: a DSGE approach*, Paris School of Economics, CES-ENS Cachan,
- Mora, D. (2014). *Fiscal Deficit and Public Debt Sustainability: The Case of Costa Rica*. Unpublished Draft.
- Muñoz, E. y Tenorio, E. (2008), *El Modelo Macroeconómico de Proyección Trimestral del Banco Central de Costa Rica en la Transición a la Flexibilidad del Tipo de Cambio*. Banco Central de Costa Rica, Documento de Investigación DIE-08-2008-DI,
- Segura Rodríguez, C. y Vásquez Carvajal, J. (2011). *Estimación del parámetro de suavizamiento del filtro de Hodrick y Prescott para Costa Rica*, DEC-DIE-DT 006-2011. Banco Central de Costa Rica,
- Sims, C. (1980). Macroeconomics and Reality. *Econometrica*, 1-48,
- Sims, C. (2011). *Statistical Modeling of Monetary Policy*, Nobel Prize in Economics documents 2011-5, Nobel Prize Committee.
- Stéphane Adjemian, Houtan Bastani, Michel Juillard, Frédéric Karamé, Ferhat Mihoubi, Willi Mutschler, Johannes Pfeifer, Marco Ratto, Normann Rion and Sébastien Villemot. (2022). *Dynare: Reference Manual*. (Version 5). Dynare Working Papers, 72, CEPREMAP
- Taylor, J. B. (1993). Discretion versus policy rules in practice, *Stanford University*, 195-214,
- Torres, C. (2012). *Costa Rica: Determinación de cambios estructurales en el nivel de la tasa de inflación: periodo 1997-2011*. Serie Documentos de Trabajo No. 02. Departamento de Investigación Económica, BCCR.
- Valerio, M. (2015). *The evaluation of Monetary Policy Transmission Mechanism in a DSGE Model: The Case of Costa Rica (2006-2014)*. Unpublished Draft.
- Vargas, T. y Céspedes, O. (2005). La Sostenibilidad del Endeudamiento Público de los Países Centroamericanos. En: *Programa Centroamérica en la Economía Mundial del Siglo XXI*. International Development Research Center & Asociación de Investigación y Estudios Sociales. (IDRC/ASIES). http://asies.org.gt/pdf/tomo04_05_la_sostenibilidad_del_endeudamiento.pdf
- Winkelried, D. (2013). Modelo de Proyección Trimestral del BCRP Actualización y Novedades, *Revista de Estudio Economicos*, 26: 9-60,
- Woodford, M. (2001). *Inflation stabilization and welfare*. NBER Working Paper N, 8071, doi: 10.3386/w8071
- Woodford, M. (2003). *Interés and prices: Foundations of a theory of monetary policy*. Princeton University Press.

ANEXO. TEOREMA DE BAYES

El teorema lleva el nombre del matemático británico Thomas Bayes, quien lo formuló en el siglo XVIII. Su formulación se basa en la probabilidad condicional y establece lo siguiente:

Dado un evento A y un evento B, el teorema de Bayes establece que la probabilidad de que el evento A ocurra, dado que el evento B ha ocurrido, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$P(A|B) = (P(B|A) * P(A)) / P(B)$$

donde:

- $P(A|B)$ es la probabilidad de que ocurra el evento A dado que ha ocurrido el evento B.
- $P(B|A)$ es la probabilidad de que ocurra el evento B dado que ha ocurrido el evento A.
- $P(A)$ es la probabilidad inicial o prior de que ocurra el evento A.

- $P(B)$ es la probabilidad inicial o prior de que ocurra el evento B.

El teorema de Bayes nos permite actualizar nuestras creencias iniciales ($P(A)$) sobre el evento A a través de la evidencia proporcionada por el evento B. La probabilidad de que ocurra el evento A dado el evento B se calcula multiplicando la probabilidad inicial de A (prior) por la probabilidad de que ocurra B dado A, y dividiendo el resultado entre la probabilidad inicial de B (prior). En esencia, el teorema de Bayes nos ayuda a cuantificar cómo una nueva evidencia afecta nuestras creencias previas.

El teorema de Bayes tiene aplicaciones en diversos campos, como la estadística, la inteligencia artificial, el aprendizaje automático y la toma de decisiones bajo incertidumbre. Permite actualizar y revisar las probabilidades en función de nueva información, lo que lo convierte en una herramienta valiosa para el razonamiento probabilístico y la inferencia estadística.