

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2025,
Volumen 9, Número 1.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1

**PREFERENCIAS INTERTEMPORALES Y LA
ECONOMÍA DE PUERTO RICO: UNA
ESTIMACIÓN BAYESIANA DE UN MODELO
DSGE CON CONSUMIDORES NO RICARDIANOS**

**INTERTEMPORAL PREFERENCES AND THE ECONOMY OF
PUERTO RICO: A BAYESIAN ESTIMATION OF A DSGE MODEL
WITH NON-RICARDIAN CONSUMERS**

Wilfredo Toledo

Econometrics and Stat Research San Juan, Puerto Rico

Preferencias intertemporales y la economía de Puerto Rico: Una estimación Bayesiana de un modelo DSGE con consumidores no ricardianos

Wilfredo Toledo¹

wilfredotoledo@aol.com

<https://orcid.org/0000-0003-3747-2557>

Econometrics and Stat Research

San Juan, Puerto Rico

RESUMEN

En este artículo se examinaron los efectos de cambios en las preferencias intertemporales de los individuos sobre la actividad económica agregada. El análisis se realizó en el contexto de un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico (DSGE por sus siglas en inglés) basado en la escuela de los nuevos keynesianos, que fue modificado para tomar en cuenta características muy particulares de la economía del país estudiado, Puerto Rico. El modelo incluye heterogeneidad en los hogares diferenciando entre aquellos de bajos ingresos cuyo sustento depende de transferencias públicas (no ricardianos) y los hogares ricardianos que maximizan su función de preferencias intertemporales. Las estimaciones del sistema de ecuaciones derivado del modelo, que se realizaron utilizando estadística bayesiana, revelaron que alrededor de 11 por ciento de las desviaciones del PNB real de su tendencia de largo plazo es explicado por impulsos de las preferencias intertemporales que impactan negativamente el nivel de capital y el trabajo. Además, ese tipo de perturbación explica cerca de la mitad de las fluctuaciones del consumo en el largo plazo, lo que coincide con los hallazgos de estudios previos sobre el tema.

Palabras clave: modelo DSGE; estimación bayesiana; impulsos intertemporales; economía de Puerto Rico

¹ Autor principal

Correspondencia: wilfredotoledo@aol.com

Intertemporal preferences and the economy of Puerto Rico: A Bayesian estimation of a DSGE model with non-Ricardian consumers

ABSTRACT

This paper investigated the importance of intertemporal preferences on economic activity. The analysis was conducted using the New Keynesian DSGE model, modified to accommodate particular economic characteristics of the country studied, Puerto Rico. The model includes heterogeneity in households, differentiating between low-income non-Ricardian households that depend upon public transfers and Ricardian families that choose a consumption path maximizing lifetime utility. The model estimation results, using Bayesian statistical methods, revealed that shocks to impatience in intertemporal preferences that diminish the capital and employment levels explain about 11 percent of real GNP deviations from its long-term trend. Furthermore, this type of disturbance explains about half of consumption fluctuations.

Keywords: DSGE model; Bayesian estimation; intertemporal shocks; Puerto Rico's economy

Artículo recibido 10 enero 2025

Aceptado para publicación: 27 febrero 2025



INTRODUCCIÓN

El crecimiento de las economías capitalistas depende, entre otros factores, de los niveles y la productividad del trabajo y del capital. La proporción de la producción que se dedique al ahorro explica a su vez, en gran medida, el monto de recursos que pueden ser asignados a las actividades de investigación y desarrollo, para generar avances tecnológicos, y el dedicado a la formación de distintos tipos de capital². Las tasas de ahorro pudieran ser bajas si existe un gran porcentaje de individuos, con capacidad de posponer el consumo presente (consumidores ricardianos), que exhibe falta de paciencia y sobrevalora su bienestar en el período corriente y descuida el futuro. Además, la proporción de consumidores (no ricardianos) que no pueden realizar sustituciones intertemporales de consumo, porque gastan todo su ingreso en cada período y no tienen posibilidad de obtener financiamiento, impacta también esas tasas y por consiguiente incide sobre el crecimiento económico.

En este trabajo se exponen los resultados de la estimación de un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico (DSGE, por sus siglas en inglés) nuevo keynesiano que fue utilizado para examinar la importancia de cambios no anticipados en las preferencias intertemporales sobre la actividad económica en Puerto Rico. Este es un país donde existe una proporción considerable de consumidores no ricardianos. El modelo, al que se le hicieron varias modificaciones para recoger características particulares de la economía de la isla, incluye fricciones que evitan que algunos mercados se ajusten rápidamente. Las estimaciones econométricas se realizaron utilizando métodos estadísticos bayesianos.

La próxima sección del artículo contiene una descripción general del modelo, mientras que en la 3 se presentan las ecuaciones que definen el mismo. Algunos aspectos metodológicos de la investigación se exponen en la sección 4, mientras que la 5 y la 6 se dedican a la discusión de los análisis preliminares de los datos y los principales resultados de la estimación, respectivamente. Las conclusiones del trabajo se encuentran en la sección 7.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MODELO

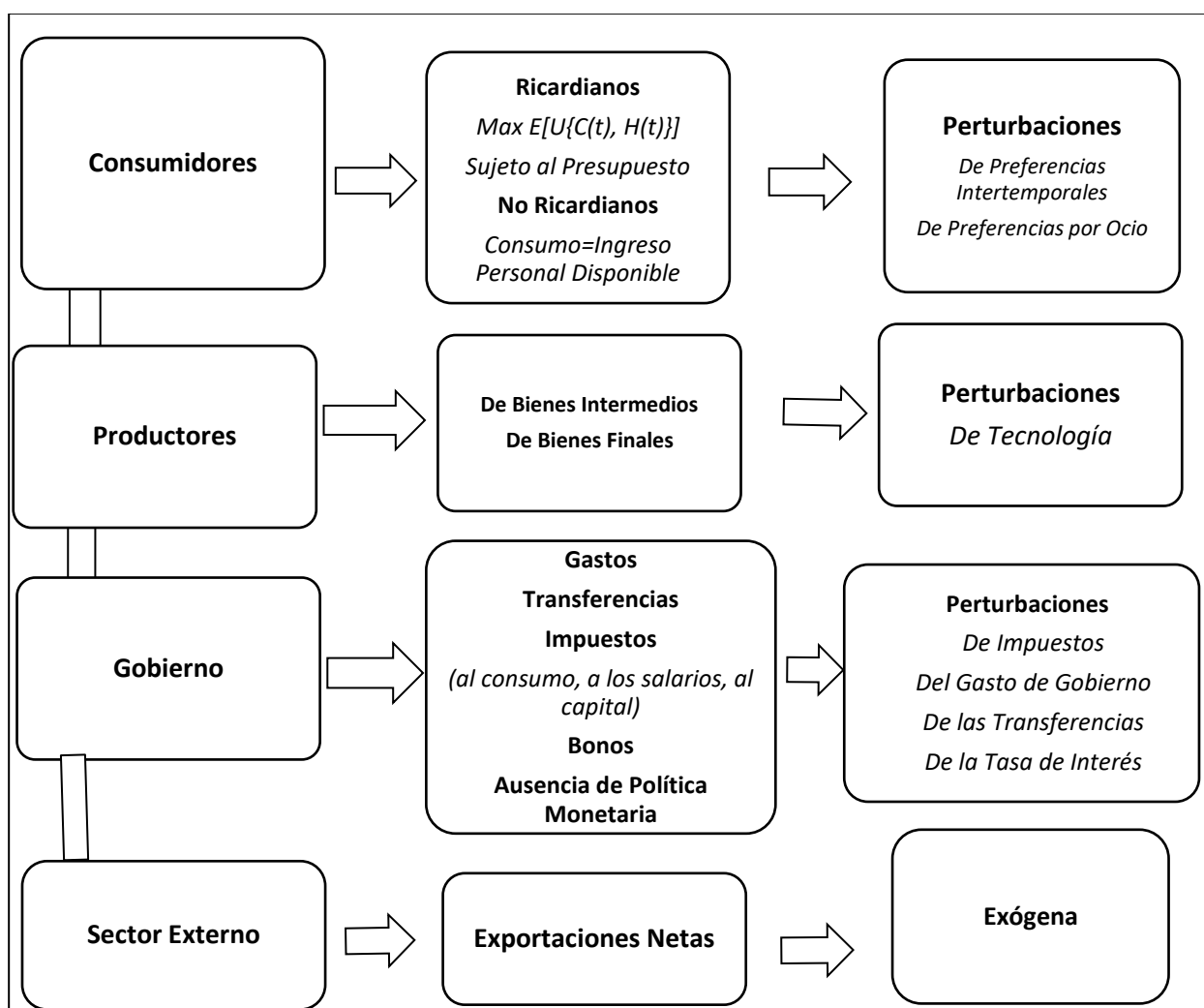
En esta sección se presenta una descripción no técnica del modelo de equilibrio general utilizado para el análisis. Se considera una economía donde la producción se destina: al consumo de las familias, al gasto del sector público, a la inversión y a la exportación. Los componentes de la demanda interna son impactados por nueve perturbaciones. La Figura 1 contiene una descripción de la estructura del modelo.

² Torres Román (1976) señala algunas implicaciones de esa situación para el caso de Puerto Rico.

2.1 Consumidores y productores

El modelo describe una economía donde habitan dos tipos de consumidores: ricardianos y no ricardianos. Los primeros son capaces de ahorrar y asumir deuda y con esas acciones suavizan sus niveles de consumo a través del tiempo, mientras que los segundos consumen todo su ingreso en cada período y han sido denominados en la literatura como “rule of thumb consumers” o consumidores del ingreso corriente (Mankiw y Campbell, 1989³). La inclusión de heterogeneidad de los consumidores en el modelo permite representar mejor la economía bajo estudio. Además, tiene implicaciones para los efectos de la política fiscal y otros impulsos sobre la actividad económica.

Figura 1: Estructura General del Modelo. Este diagrama identifica los cuatro sectores que componen el modelo y los impulsos asociados a cada uno de ellos.



El consumidor ricardiano, que es el que se describe en la mayoría de los modelos macroeconómicos, está preocupado tanto por el consumo actual como por el consumo futuro. Por tanto, ahorra y toma prestada para uniformar su gasto a

³ Véase también Galí, López-Salido y Valles (2004), y Furlanetto y Seneca (2007).

través del tiempo⁴. Si se divide el período de vida en dos, estos ahorrarían en su juventud cuando pueden trabajar⁵ para poder disfrutar de algún nivel de ingreso en su vejez. Esos agentes maximizan su función de preferencias intertemporales que depende del consumo y del ocio, y son los que compran los bonos que el gobierno emite y reciben el rendimiento del capital. En muchos modelos en economía se presume que ese tipo de consumidor valora más el presente que el futuro, lo que se ha denominado *preferencias enfocadas al presente* o con *sesgo al presente*. Cuando existe ese tipo de preferencias los individuos están inclinados a seleccionar acciones que le proporcionan utilidad instantánea sobre otras cuyos impactos se experimentarán en el futuro⁶ (Zauberman y Urmitsky, 2016; Ericson y Laibson, 2018). En la literatura se han presentado múltiples explicaciones para ese comportamiento, tal vez el momento actual se percibe sin riesgo, mientras que el futuro intrínsecamente conlleva incertidumbre. Además, quizás esos individuos tienen una visión distorsionada del nivel de bienestar que experimentarán en el futuro. En los modelos económicos la tasa de descuento de las preferencias (β) y las perturbaciones que le afectan se utilizan para tomar en cuenta esa conducta.

Por otro lado, hay razones para que existan consumidores que sólo toman en cuenta el nivel de consumo presente (no-ricardianos). Ese comportamiento puede ser el resultado de restricciones presupuestarias que les impiden ahorrar y/o limitaciones de acceso al financiamiento de su gasto de consumo⁷. Otros escenarios que explican esa conducta es cuando los individuos no forman sus expectativas de manera racional, sino que predicen su ingreso futuro en base al corriente, o tienen una tasa de descuento extremadamente alta (lo que indicaría un caso extremo de preferencias enfocadas en el presente). Tasas crecientes de inflación, también son capaces de conducir a los agentes a incrementar su gasto de consumo presente como medida de protección al desgaste del valor de la moneda, pero se esperaría que en ese caso fuera un fenómeno de carácter transitorio.

La proporción de los agentes ricardianos y no ricardianos en la economía afecta la magnitud de los multiplicadores keynesianos del gasto, de las transferencias y de los impuestos y por consiguiente la deseabilidad de utilizar política fiscal activa: mientras mayor sea la proporción de consumidores no ricardianos en la economía mayor la efectividad de la política fiscal. Por otro lado, si todos los consumidores fueran ricardianos podría regir la equivalencia ricardiana

⁴ Frederick, Loewenstein y O'Donoghue (2002) hacen una revisión crítica de los trabajos sobre este tema. Véase también Barro y King (1982).

⁵ Para un gran número de los agentes económicos su capacidad de trabajo es el único capital.

⁶ Algunas de las políticas de los gobiernos, como los planes de pensiones o seguridad social, parten de la premisa de que los individuos exhiben ese comportamiento y por tanto no tendrían ingresos suficientes en la etapa de la vida cuando estén retirados de la fuerza laboral (v. Ericson y Laibson, 2018).

⁷ Ese tipo de consumidor probablemente tiene un patrimonio cercano a cero (Galí et al., 2007).

planteada por Barro (1974, 1979)⁸. Además, esa proporción afecta la intensidad de la respuesta de las variables del sistema ante impactos de los otros tipos de impulsos.

El consumo total es la agregación del consumo de los dos tipos de agentes descritos arriba. Ese sector de consumo está sujeto a perturbaciones intertemporales que afectan directamente las decisiones de consumo presente/consumo futuro e intratemporales que actúan sobre las selecciones consumo/ocio. Además, indirectamente se ve afectado por otras innovaciones que impactan el estado de la economía.

La producción, por su parte, la llevan a cabo dos tipos de empresas: las de bienes intermedios y las de productos finales. Las primeras operan en un mercado de competencia monopolística, mientras que en el segundo subsector existe una sola empresa que agrega los bienes intermedios en un bien final: el que consumen los individuos. Este sector experimenta *shocks* de adelantos tecnológicos que incrementan la productividad de los insumos de producción. Por último, se supone que el mercado de los factores de producción es de competencia perfecta, por lo que las firmas toman los precios de los insumos como fijos.

Gobierno, sector externo y los procesos aleatorios

El gobierno diseña e implanta la política fiscal y usa como instrumentos: el gasto público, las transferencias e impuestos sobre el consumo, el capital y los salarios. Además, puede emitir deuda. En este trabajo se toma la tasa de interés, atada a la política monetaria, como una variable exógena. Los procesos que describen la evolución a través del tiempo de cada una de las medidas o acciones del gobierno están sujetos a impactos de cambios inesperados en el ambiente económico. El sector externo, representado por las exportaciones netas, se considera exógeno y no sujeto a elementos estocásticos.

La economía analizada está sujeta a nueve tipos de perturbaciones: en las preferencias (2), en los avances tecnológicos (1), en los impuestos (3), en el gasto público (1), en las transferencias (1) y en la tasa de interés (1). Más adelante se describen los procesos que las generan.

Las ecuaciones que describen la estructura de la economía

En esta sección se presentan las principales ecuaciones que definen los sectores económicos y el comportamiento de los agentes en una economía nuevo-keynesiana, haciendo énfasis en los aspectos que son relevantes para esta investigación. El sistema de ecuaciones está basado en los trabajos de Iwata (2009), Costa Junior y Sampaio (2014),

⁸ Un debate sobre la magnitud de los multiplicadores fiscales se encuentra en Barro (2009), Hill (2009) y Søren (2012), mientras que argumentos que refutan la equivalencia ricardiana son presentados por Feldstein (1976), Buchanan (1976), y Meissner y Rostam-Afschar (2014). Otros análisis relevantes sobre ese tema se encuentran en Blanchard y Perotti (2002), Shobande y Shodipe (2019), Ayad (2020) y Wolf (2023).

Smets y Wouters (2007), Diallo (2019) y Primiceri, Schaumburg y Tambalotti (2006). Los primeros cuatro artículos analizan principalmente los efectos de: la política fiscal, distorsiones en el mercado laboral y hábitos en el consumo sobre el estado de la economía. Este artículo se enfoca en las preferencias intertemporales como Primiceri et al. (2006). El modelo nuevo keynesiano se modificó para hacerlo compatible con la economía de Puerto Rico.

Los hogares

Consumidores ricardianos

Estos agentes confrontan el siguiente problema de optimización:

$$MAX E_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \epsilon_t^{IC} \left(\frac{C_{R,t}^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \epsilon_t^H \frac{H^{1+v}}{1+v} \right) \quad (1)$$

Sujeto a:

$$P_t C_{R,t} (1 + \gamma_t^{TC} \tau_c) + I_t + \frac{B_t}{R^B} = (1 - \gamma_t^{TH} \tau_H) W_t H_t + (1 - \gamma_t^{TK} \tau_K) R_t K_t + B_{t-1} \quad (2)$$

En (1): E_t el operador de valor esperado, $\beta \in (0,1)$ es el factor de descuento intemporal ($\frac{1}{(1+R^B)}$), $C_{R,t}$ es el consumo de los agentes ricardianos, H son las horas trabajadas, ϵ_t^{IC} es la perturbación que afecta las preferencias intertemporalmente, ϵ_t^H es el impulso que afecta la desutilidad del trabajo, v es el recíproco de la elasticidad de Frisch y σ es el recíproco de la elasticidad de sustitución intertemporal (coeficiente de aversión relativa al riesgo). Obsérvese que hay dos procesos aleatorios que afectan las preferencias de los consumidores ricardianos: uno que impacta las decisiones de consumo/trabajo que se puede denominar intratemporal y otro que impacta directamente la tasa de descuento y por consiguiente las decisiones intertemporales, que puede ser interpretado como una perturbación sobre la impaciencia de este tipo de consumidor que puede distribuir sus recursos a través del tiempo, porque no está limitado a un nivel de consumo de subsistencia. Ese último impulso afecta tanto la utilidad marginal del consumo como la desutilidad del trabajo.

En (2): P es el nivel general de precios⁹, I es la inversión, B es valor de los bonos del gobierno que vencen en un período, R^B es la tasa de rendimiento de los bonos del gobierno (tasa de interés), W es el salario, R es el rendimiento del capital, τ_c , τ_H y τ_K son las tasas de impuestos al consumo, a los salarios y al capital respectivamente, mientras que los γ_t^x son los elementos aleatorios que afectan cada uno de esos tipos de impuestos. El lado derecho de la ecuación contiene las fuentes de los ingresos y el izquierdo sus usos.

⁹ Obsérvese que estos son los precios de los bienes y servicios, considerados en la función de utilidad, que se adquieren a través del mercado. Tavárez y Elbakidze (2021) consideran las valoraciones de algunos tipos de bienes que no son mercadeables.

Si δ es la tasa de depreciación, el capital (K_t) evoluciona de acuerdo a:

$$K_t = I_t + (1 - \delta)K_{t-1} \quad (3)$$

Consumidores no-ricardianos

Este tipo de consumidor tiene que satisfacer su restricción de ingreso en cada período por lo que esta determina totalmente su consumo en t ($C_{NR,t}$). En este artículo se definen como los hogares cuyo sustento proviene de transferencias públicas (TRF_t), pero el análisis es aplicable a trabajadores con bajos salarios que no tienen capacidad para ahorrar ni acceso a los mercados financieros (Iwata, 2009). En este modelo el nivel de consumo de estos agentes en el período t está determinado por:

$$(1 + \tau_c)P_t C_{NR,t} = TRF_t \quad (4)$$

Consumo agregado

El consumo de toda la economía (C) está dado por:

$$C_t = (1 - \omega)C_{R,t} + \omega C_{NR,t} \quad (5)$$

Donde ω es la proporción de los consumidores no-ricardianos. Ese parámetro afecta la magnitud y persistencia de los impactos de las distintas perturbaciones sobre las variables del sistema, como se indicó antes.

3.2 Las empresas

La economía se compone de dos subsectores de producción: de bienes finales e intermedios.

Productores de bienes intermedios

La función de producción de estas empresas se puede representar como:

$$Y_{j,t} = \lambda_t K_{j,t}^\alpha H_{j,t}^{1-\alpha} \quad (6)$$

En (6): $Y_{j,t}$ es la producción del bien intermedio j , λ_t es el parámetro de adelanto tecnológico¹⁰, α es participación del capital en la producción, y los demás símbolos ya han sido definidos.

En este mercado cada una de las firmas tiene que determinar el nivel de los insumos (K , H) y el precio al que venderán su producto. Dichos objetivos se alcanzan con la maximización de la ganancia condicionada a que los costos de producción sean minimizados.

¹⁰ En este tipo de modelo no se toma en cuenta el impacto de los adelantos tecnológicos sobre la tasa de depreciación, ya que esta se considera exógena. Véase Lugo-Camacho (2001) para un análisis minucioso de ese tema.

Productores de bienes finales

Estas empresas agregan la producción de los bienes intermedios utilizando el operador desarrollado por Dixit y Stiglitz (1977). La producción agregada (Y_t , que consumen los individuos) está dada por¹¹:

$$Y_t = \left(\int_0^1 Y_{j,t}^{\frac{\phi-1}{\phi}} dj \right)^{\frac{\phi}{\phi-1}} \quad (7)$$

Estos productores tienen como objetivo maximizar las ganancias. El problema se puede plantear como:

$$\text{Max } P_t Y_t - \left(\int_0^1 P_{j,t} Y_{j,t} dj \right) \quad (8)$$

Los precios de los bienes intermedios ($P_{j,t}$) son determinados de manera óptima por las empresas en ese mercado y su a agregación se determina por:

$$P_t = \int_0^1 \left(P_{j,t}^{\frac{(\phi-1)}{\phi}} dj \right)^{\frac{\phi}{\phi-1}} \quad (9)$$

En el modelo se supone que existen costos de ajustes en los precios (véase, Fischer, 1977; Taylor, 1980; Calvo, 1983; y Blinder, 1991) por lo que el precio en cada período está dado por:

$$P_t = ((1 - \eta)P_t^{*1-\phi} + \eta P_{t-1}^{1-\phi})^{\frac{1}{1-\phi}} \quad (10)$$

Donde η es el parámetro que determina el nivel de rigidez en el ajuste de los precios, ϕ es la elasticidad de sustitución entre los insumos, y P_t^* es la agregación (sobre j) de los precios óptimos de las empresas de bienes intermedios. Dichos precios dependen del nivel de producción y de los costos de los insumos que se anticipan para el futuro.

El Gobierno

Este sector compra bienes y servicios (G_t), provee pagos de transferencias a los hogares ($TRF_{L,t}$), emite bonos (B_t) y administra impuestos que gravan el consumo (τ_c), los salarios (τ_H) y el capital (τ_K). La restricción presupuestaria del gobierno se puede formular como:

$$T_t + FE_t + \left(\frac{B_{t+1}}{R_t^B} - B_t \right) - P_t G_t - TR_{L,t} = 0 \quad (11)$$

Siendo:

FE_t = Otros fondos que recibe el gobierno.

¹¹ Este es un artificio que se utiliza para analizar características de un modelo multisectorial en el contexto de uno agregado. Long y Plosser (1983) y Toledo (1992) analizan algunos impactos de cambios sectoriales en la trayectoria de crecimiento de la economía.

$$TRF_t = TR_{E,t} + TR_{L,t}$$

$TR_{E,t}$ = Pagos de transferencias externas que llegan directamente a los consumidores.

Donde, los ingresos potenciales del gobierno pueden provenir de los recaudos de impuestos (T_t), de otras fuentes (FE_t) y de la emisión de deuda (podría ser igual a cero), mientras que sus egresos consisten en los costos de los bienes y servicios que adquieren (G_t), los pagos de transferencias a los hogares ($TR_{L,t}$) y pagos relacionados a la deuda. Los ingresos de los impuestos considerados pueden expresarse como:

$$T_t = \gamma_t^{TC} \tau_c P_t C_t + \gamma_t^{TH} \tau_H W_t H_t + \gamma_t^{TK} \tau_K R_t K_t \quad (12)$$

Donde γ_t^{TX} es un impulso que impacta el impuesto X.

Política monetaria

Como Puerto Rico no emite moneda, sino que utiliza los dólares estadounidenses, en lugar de utilizar alguna regla de retroalimentación de la política monetaria, se toma la tasa de interés como exógena, pero sujeta a impulsos aleatorios (ϵ_t^R) que pudieran provenir de EE. UU.:

$$R_t^B = \bar{R}^B + \epsilon_t^R \quad (13)$$

Condición de equilibrio

La ecuación de equilibrio permite completar el modelo y establece que la producción se distribuye entre la demanda interna y las exportaciones netas:

$$Y_t = C_t + I_t + G_t + XN_t \quad (14)$$

Siendo las exportaciones netas exógenas ($XN_t = \overline{XN_t}$)¹².

Procesos estocásticos

La economía examinada está sujeta al impacto de nueve procesos estocásticos, definidos de la siguiente manera:

$$\epsilon_t^{IC} = \rho_{IC} \epsilon_{t-1}^{IC} + \xi_{IC,t} \quad (15)$$

$$\epsilon_t^H = \rho_H \epsilon_{t-1}^H + \xi_{H,t} \quad (16)$$

$$\gamma_t^{TH} = \rho_{TH} \gamma_{t-1}^{TH} + \xi_{TH,t} \quad (17)$$

$$\gamma_t^{TK} = \rho_{TK} \gamma_{t-1}^{TK} + \xi_{TK,t} \quad (18)$$

$$\gamma_t^{TC} = \rho_{TC} \gamma_{t-1}^{TC} + \xi_{TC,t} \quad (19)$$

¹² Análisis sobre el rol de las exportaciones en la economía de Puerto Rico se encuentran en Montero (2020), y Castañer y Ruiz (1989).

$$\lambda_t = \rho_\lambda \lambda_{t-1} + \xi_{\lambda,t} \quad (20)$$

$$G_{s,t} = \rho_G G_{s,t-1} + \xi_{G,t} \quad (21)$$

$$TRF_t = \rho_{TRF} TRF_{t-1} + \xi_{TRF,t} \quad (22)$$

$$\epsilon_t^R = \rho_R \epsilon_{t-1}^R + \xi_{R,t} \quad (23)$$

Los ρ_s son los coeficientes de persistencia y los $\xi_{x,t}$ son los elementos aleatorios del proceso X. $G_{s,t}$ es un proceso estocástico que afecta el gasto público.

Apuntes metodológicos

El modelo fue resuelto en base al comportamiento y objetivos de los agentes económicos, y se estimó (la representación *state-space*) en el programa Dynare/Matlab utilizando estadística bayesiana. En esta sección se exponen unas ideas generales sobre ese método de estimación y su utilidad en los modelos DSGE¹³. La sección no pretende ser una exposición detallada de los planteamientos del paradigma estadístico bayesiano.

Los trabajos originales de los ciclos económicos reales en la década de 1980, (Kydland y Prescott, 1982; Long y Plosser, 1983; Prescott, 1986, entre otros) que desarrollaron los métodos computacionales para resolver los modelos de equilibrio general dinámicos y estocásticos (DSGE, por sus siglas en inglés) calibraban (imponían los valores de los parámetros en base a información previa sobre los mismos) sus modelos. Sin embargo, a partir del trabajo influyente de Smets y Wouters (2007) se comenzó a utilizar ampliamente la estimación bayesiana (véase también **Otrok**, 2001; Lubik y Schorfheide, 2005; Onatski y Williams, 2004) como una alternativa o complemento a la calibración. La teoría estadística bayesiana permite estimar los modelos DSGE, que contienen los parámetros profundos que son invariantes con respecto a las medidas de política económica y otros tipos de impulsos (Lucas, 1976)¹⁴, asegurando que los valores de estos se encuentran en los recorridos esperados, lo que no sucede siempre al utilizar las técnicas de estadística clásica en este tipo de modelo.

¹³ Ese tipo de modelo, que parte de fundamentos microeconómicos y del concepto de equilibrio walrasiano (en la tradición Arrow-Debreu, aunque algunos modelos se desvían un poco del mismo al incluir rigideces en salarios y/o precios), en lugar del marshalliano, es la base de la macroeconomía estocástica (que hizo bastante difusos los lindes entre macroeconomía y econometría) desarrollada en la década de los mil novecientos setenta por la escuela de los nuevos clásicos (v. Lucas, 1987) e incorporada en los modelos de los nuevos keynesianos posteriormente y que pasó a ser el enfoque principal en los cursos de macroeconomía a nivel graduado a partir de mediados de la década de 1980. Esas representaciones de las economías y los sistemas VAR (SVAR, Panel VAR) constituyen las herramientas básicas de los macroeconomistas para la evaluación de políticas públicas, ya que superan la crítica de Lucas y como son multiecuacionales atienden algunas de las complejidades del sistema económico. Dichas técnicas pudieran extraer la información contenida en las series económicas que proviene de las decisiones de diversos agentes económicos (v. Sargent, 1981). Glandon et al. (2023) mencionan que en las últimas décadas los modelos DSGE son la metodología más usada en las investigaciones publicadas en las principales (*top*) revistas que cubren los temas de macroeconomía. Por otro lado, Barnichon y Mesters (2023) desarrollan un procedimiento para la evaluación de políticas públicas que se puede implantar con la estimación de formas econométricas reducidas y utilizan un modelo VAR bayesiano para esos propósitos.

¹⁴ También se ha argüido que los modelos de vectores autorregresivos (VAR) son útiles para contrarrestar la crítica de Lucas. Véase por ejemplo Sims (1986), Sims et al. (1982) y Christiano (2012).

En el procedimiento bayesiano se revisan los estimados que los individuos tienen sobre los parámetros de algún modelo al añadir una fuente nueva de datos y se alcanzan valores actualizados de los mismos. Esto es, los parámetros estimados, asociados a cualquier variable, tienen dos componentes: la información a priori (previa) y la contenida en los datos. Esta estimación bayesiana¹⁵ puede entenderse como un punto medio entre la calibración de los modelos DSGE y la estimación basada en la estadística clásica. A los modelos no se les imponen los parámetros como en la calibración, pero se utiliza información existente, ya sea del recorrido en que debe estar un parámetro particular (entre cero y uno, positivo, etc.) o utilizando estimados de estudios previos, para especificar la distribución a priori de estos. No obstante, la función de densidad posterior toma en cuenta también los datos, por lo que la función de probabilidad previa pudiera verse como un factor de ponderación que asegura que los parámetros estimados yazcan en intervalos que hagan sentido desde el punto de vista empírico y/o teórico. En símbolos esta idea puede plantearse, para el caso de una variable continua y un parámetro, como:

$$f(\theta/X) = \frac{f(X/\theta)f(\theta)}{\int f(\theta)f(X/\theta)d\theta} \propto f(\theta)f(X/\theta) \quad (24)$$

Donde θ es el parámetro de interés, X representa los datos, $f(\theta/X)$ es la función de densidad posterior, $f(\theta)$ es la función de probabilidad a priori y $f(X/\theta)$ es la función de verosimilitud. El denominador es la función de probabilidad marginal que no depende de θ , (se integró sobre ese parámetro) por lo que la probabilidad posterior se puede expresar como proporcional ($\propto$) al producto de la función previa y la función de verosimilitud. Esta relación simplifica el proceso de estimación.

En esta técnica, al igual que en cualquier análisis estadístico, se comienza planteando un modelo de probabilidad general, $f(X/\theta)$ (verosimilitud) que relaciona todas las variables de interés. Desde un punto de vista bayesiano, el parámetro (θ) es desconocido por lo que debe tener una distribución de probabilidad que refleje la incertidumbre que se tiene sobre este antes de examinar los datos ($f(\theta)$). Además, la distribución a priori permite incrementar la precisión de la estimación reduciendo la varianza de la distribución posterior. Así que, por medio del teorema de Bayes se puede obtener la distribución de probabilidad posterior para la medida de interés no observada (θ) condicionada a los datos¹⁶ que son conocidos.

¹⁵ Esta exposición sobre estadística bayesiana se basa principalmente en Gelman, et al. (2015), Geweke (2005) y Koch (2007). Algunos puntos relevantes sobre esta metodología también son presentados por Tadesse y Vannucci (2022), Ignatiadis et al. (2023), y Campbell y Gustafson (2023).

¹⁶ Para el caso específico de los modelos DSGE las funciones de probabilidad son multivariadas y dependen también del modelo utilizado.

Como los modelos estocásticos de equilibrio general son altamente no lineales y utilizan la hipótesis de expectativas racionales (los agentes son *forward-looking*), el sistema de ecuaciones que los representa es muy complejo y pocas veces admite soluciones analíticas que permitan la estimación de máxima verosimilitud. Esto conduce a que los mismos sean resueltos por métodos numéricos. Las simulaciones Monte Carlo basadas en cadenas de Márkov (MCMC), son muy utilizadas para esos propósitos. En los MCMC se generan valores para los parámetros del modelo con la característica que cada uno de ellos depende solamente del valor que le precede. Por tanto, se construye una cadena de Márkov, $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_m$, que converge a la distribución posterior: $f(\theta/X)$.

En esos métodos (MCMC) se utilizan distintos algoritmos para aproximar numéricamente la distribución de probabilidad posterior. Uno muy utilizado es el algoritmo Metropolis-Hastings (MH) basado en los trabajos de Metropolis et al. (1953) y Hastings (1970)¹⁷. Este parte de dos elementos de información: la función de probabilidad a priori, $f(\theta)$ y la función de verosimilitud $f(X|\theta)$. En forma muy concisa y general¹⁸ el algoritmo MH para obtener $f(\theta|X)$, con una secuencia de tamaño m , se puede resumir en los siguientes pasos¹⁹:

1. Seleccionar el valor inicial de la cadena: θ_0 .
2. Generar un valor candidato, $\tilde{\theta}$ de la función de densidad propuesta (o *jumping*, la función de verosimilitud que ahora luce como $f(\tilde{\theta}|\theta_i)$, en la primera iteración ($t=0$)).
3. Calcular la probabilidad de aceptar el valor generado (razón de aceptación, α) mediante la siguiente formula:

$$\alpha = \min\left(\frac{f(X/\tilde{\theta})f(\tilde{\theta})}{f(X/\theta_0)f(\theta_0)}, 1\right)$$

4. Escoger un valor u_1 de una distribución de probabilidad uniforme $U(0, 1)$.
5. Si $u_1 < \alpha$, aceptar a $\theta_1 = \tilde{\theta}$, de otra forma rechazar y dejar que $\theta_1 = \theta_0$.
6. Retornar al punto 1 y repetir el procedimiento hasta obtener la secuencia: $\theta_2, \theta_3, \dots, \theta_m$.

En síntesis, el procedimiento consiste en comenzar con un valor inicial del parámetro de interés que, aunque es arbitrario debe producir un valor positivo en la función de probabilidad posterior propuesta. Luego se genera un valor nuevo para esa función. Como no se cuenta con la función posterior del parámetro, porque su construcción es el

¹⁷ Este es el procedimiento principal que se utiliza en la estimación de los modelos DSGE, pero con algunas variaciones. Véase Sungbae y Schorfheide (2007), Mancini-Griffoli (2007), y Bhandari, et al. (2010) para una discusión detallada de su aplicación en Dynare. Otro algoritmo muy usado en los MCMC es el Gibbs, que es la base del programa estadístico bayesiano WinBUGS.

¹⁸ Distintos programas estadísticos implantan el procedimiento de forma diferente.

¹⁹ Esa forma de resumir este método se repite en la literatura sobre el tema, véase por ejemplo Geweke (2005), Koch (2007) y Adjemian, et al. (2011).

objetivo del ejercicio, se utiliza el teorema de Bayes para aproximar la misma con el producto de la función de verosimilitud y la a priori. Si la razón que define α excede uno, entonces el valor propuesto ($\tilde{\theta}$) es más probable que el que le antecede (θ_0) por lo que es seleccionado. Cuando se ha generado un número grande de valores, la distribución del parámetro se aproxima a la función de probabilidad posterior.

Los datos generados por los MCMC deben poseer ciertas propiedades para que sean adecuados para la inferencia estadística. Para determinar la idoneidad de la secuencia generada existen varias pruebas diagnósticas. En primer lugar, es necesario comprobar si los valores de los parámetros incluidos en la muestra representan toda la distribución posterior y que no se hallan limitado a un área de esta, tal vez en una cola. Por eso, es necesario examinar la tasa de aceptación del algoritmo Metropolis-Hastings (α de toda la secuencia). En la literatura sobre el tema se ha planteado que la tasa óptima **debe** estar alrededor del 25%. Rosenthal, (2011) estima una tasa ideal del algoritmo de 0.234, aunque aclara que no tiene que ser ese valor exacto y que pudiera fluctuar entre 0.1 y 0.6. Otros autores la ubican entre 0.2 y 0.4.

También es necesario asegurarse que la cadena de parámetros generada sea estable o que convergió a la distribución a posteriori. Dos deliberaciones importantes en ese examen son determinar: ¿Qué fracción inicial de la secuencia se descartará? (*burn-in iterations or burn-in period*, para eliminar los efectos del inicio arbitrario de la cadena) y ¿Cuál es la longitud adecuada de la misma? Se han desarrollado varias metodologías para atender esos dos asuntos. Si se generara una sola secuencia se pudiera graficar la misma contra el número de iteraciones (gráficas de la traza, *trace plots*), observar sus características y determinar visualmente si la misma luce estable. Otra forma sería simular varias cadenas para el modelo y por medio de las gráficas de las trazas ver si estas tienden a los mismos valores de los parámetros al aumentar el número de iteraciones. Los programas estadísticos producen distintas medidas para caracterizar las secuencias y poderlas comparar entre sí, como: el promedio del parámetro, la varianza y un intervalo de confianza para la media del parámetro en cada cadena (para una explicación de esas pruebas véase Brooks y Gelman, 1998). Asimismo, se pudiera graficar el correlograma de las series para ver si los elementos están auto correlacionados.

Existen otras pruebas²⁰ más formales para el diagnóstico de los procesos MCMC. Una desarrollada por Geweke (1991) está incluida en el programa Dynare. Esa prueba se utiliza para determinar qué fracción de la secuencia de datos generados debe ser descartada (nivel del *burn-in*). En la misma se trata a la cadena de Márkov Monte Carlo como

²⁰ Roy (2020) y Cowles y Carlin (1996) contienen una exposición de las pruebas principales.

una serie de tiempo y se usan métodos estadísticos para verificar su estacionariedad. En términos simplificados Geweke propone excluir cierto porcentaje de los valores de los procesos y examinar si el resto de la secuencia es estacionaria. Con ese objetivo se utiliza un estadístico que se distribuye Ji Cuadrado para comparar las medias para ciertas particiones de las simulaciones (Geweke, 2005, capítulo 4) y determinar si son iguales en términos estadísticos, en cuyo caso implicaría que la secuencia es estable.

Datos y análisis diagnóstico de la estimación

El modelo fue estimado utilizando datos anuales de cinco series económicas (en términos reales) de Puerto Rico, a saber: el gasto público, (incluyendo inversión del gobierno), la inversión privada, el consumo, el producto nacional bruto²¹ y el empleo. El período de análisis fue de 1950 a 2020. Los datos fueron filtrados para removerle la tendencia y se ajustaron para hacerlos compatibles con el modelo de equilibrio general, siguiendo el método usado por Smets y Wouters (2007). También se consideraron los cambios estructurales que afectaron los parámetros del modelo²². Los valores de aquellos parámetros para los cuales las series económicas utilizadas no contenían información suficiente para una estimación confiable fueron calibrados, utilizando tanto datos de la isla, así como de la literatura sobre el tema. El Cuadro 1 contiene los parámetros que fueron calibrados.

Cuadro 1

Valores de Calibración para Dos Parámetros

Parámetro	Descripción	Valor
β	Factor de descuento de las preferencias intertemporales	0.97
ω	Proporción de los consumidores no-ricardianos	0.44

Fuente: Elaboración propia.

Este cuadro muestra los valores que se usaron para calibrar dos parámetros del modelo que no fueron estimados. La calibración se fundamentó en estudios previos y promedios de los datos de Puerto Rico. Para el caso de β se examinaron también valores de 0.96 y 0.98.

Para la estimación se generaron 150 mil observaciones para dos secuencias MCMC y se descartó el 20% del inicio (*burn-in*) de las mismas para eliminar el efecto de las condiciones iniciales. La tasa de aceptación fue de 23.2%. El cuadro 2 identifica los parámetros que se estimaron y los resultados principales de la prueba de Geweke de estabilidad. En ese procedimiento, como se mencionó, la hipótesis nula es la igualdad de las medias de los parámetros, en este caso para dos segmentos de la cadena. Como es evidente, la hipótesis nula de que los promedios de los parámetros

²¹ En Puerto Rico se utiliza el PNB en lugar del Producto Interno Bruto como la principal medida de la producción agregada.

²² Algunos de los cambios estructurales que afectaron la manufactura en Puerto Rico son discutidos por Romero-Ramírez (2023).

considerados son iguales en los dos grupos no puede ser rechazada. En la Figura A.1 en el Apéndice se muestran las gráficas de la traza multivariable para la media, la varianza y el indicador del intervalo de confianza de la media de las dos cadenas de Márkov Monte Carlo generadas. Como es evidente en esa Figura, las secuencias convergen rápidamente. Todo esto sugiere que la fracción descartada y la cantidad de iteraciones son adecuadas.

Las funciones de probabilidad a priori utilizadas en la estimación de cada parámetro y los intervalos de credibilidad de 90% para estos se muestran en el Cuadro 3. La selección de las distribuciones previas se fundamentó en la revisión de los artículos sobre el tema y en asegurar que cada parámetro estimado estuviera en el recorrido correcto. Para el caso de la tasa de interés se estimó el parámetro utilizando tanto la distribución gamma como la normal y los resultados no variaron apreciablemente.

Los valores de los parámetros estimados, que se afectan por las distribuciones previas, determinan la dinámica del modelo y algunos resultados dependen críticamente de estos. Por ejemplo, la relevancia de los impulsos de tecnología en las fluctuaciones económicas depende de la persistencia de los procesos que los generan. Algunos de los artículos de ciclos económicos reales de los años mil novecientos ochenta necesitaban utilizar en la calibración de sus modelos un coeficiente de al menos 0.90 en el proceso AR (1) que representaba los avances tecnológicos, para poder reproducir la dinámica de la economía de los Estados Unidos en el período de posguerra.

En esta investigación se estimaron los impactos de cambios no anticipados en las preferencias intertemporales sobre las variables que definen el estado de la economía. Por lo que es importante conocer la razonabilidad de los estimados de los coeficientes de persistencia de los procesos estocásticos que generan esos *shocks*. Esos valores no se alejan mucho de los informados por Iwata (2009) utilizando datos de EE.UU., en un modelo muy

Cuadro 2: Resultados de la Prueba Ji Cuadrado de Convergencia de Geweke (H_0 : Igualdad de las medias de cada parámetro en dos segmentos de la secuencia generada)						
Parámetro	Descripción	Media posterior	Desviación estándar posterior	Valor-P descartando el:		
				4%	8%	15%
σ	Reciproco de la elasticidad de sustitución intertemporal	1.378	0.106	0.546	0.549	0.569
τ_c	Tasa del impuesto al consumo	0.073	0.029	0.066	0.083	0.121
τ_H	Tasa del impuesto al salario	0.069	0.036	0.751	0.734	0.717
τ_K	Tasa del impuesto al capital	0.062	0.032	0.313	0.328	0.331
δ	Tasa de depreciación	0.080	0.001	0.128	0.093	0.062
$\bar{R}^B$	Tasa de interés de los bonos	0.078	0.037	0.595	0.597	0.571
α	Participación del capital en la producción	0.412	0.061	0.411	0.421	0.466
ϕ	Elasticidad de sustitución entre los insumos	1.953	0.982	0.549	0.523	0.519
ν	Reciproco de la elasticidad de Frisch	1.023	0.121	0.771	0.776	0.772
η	Factor de rigidez en el ajuste de precios	0.408	0.158	0.449	0.455	0.48
ρ_{IC}	AR(1) del proceso aleatorio que afecta las preferencias intertemporales	0.515	0.078	0.538	0.568	0.589
ρ_H	AR(1) del proceso aleatorio que afecta la desutilidad del trabajo	0.644	0.096	0.907	0.989	0.989
ρ_{TH}	AR(1) del proceso aleatorio que afecta el impuesto al salario	0.690	0.200	0.938	0.936	0.933

ρ_{TK}	AR(1) del proceso aleatorio que afecta el impuesto al capital	0.702	0.199	0.281	0.322	0.372
ρ_R	AR(1) del proceso aleatorio que afecta la tasa de interés	0.611	0.172	0.835	0.845	0.841
ρ_{TC}	AR(1) del proceso aleatorio que afecta el impuesto al consumo	0.672	0.187	0.763	0.754	0.711
ρ_G	AR(1) del proceso aleatorio que afecta el gasto público	0.507	0.139	0.146	0.131	0.092
ρ_{TRF}	AR(1) del proceso aleatorio que afecta las transferencias	0.700	0.044	0.32	0.323	0.332
ρ_λ	AR(1) del proceso aleatorio que afecta la tecnología	0.695	0.056	0.164	0.152	0.127

Fuente: Elaboración propia

Este cuadro muestra algunos de los resultados de la prueba de convergencia de Geweke. Los resultados sugieren que la secuencia genera valores estacionarios para los parámetros.

similar al de este trabajo²³. Ese autor estima la persistencia del proceso de preferencia intertemporal en 0.431, [0.25, 0.69], que no difiere mucho del reportado en el Cuadro 3 de 0.515, [0.386, 0.639]. Para el caso de tecnología, el coeficiente de primer orden del proceso informado por Iwata fue de 0.518, [0.338, 0.654]. En este estudio se obtuvo un valor de 0.695, [0.607, 0.785], para el mismo parámetro, y como se puede observar es un poco mayor que el estimado del susodicho autor.

Es evidente, en base a la información contenida en el cuadro mencionado, que todos los parámetros están en los recorridos esperados. Las gráficas que comparan las distribuciones de probabilidad a priori con las posteriores se muestran en la Figura A.2 en el Apéndice.

²³ El modelo de Iwata no es exactamente igual al utilizado en este trabajo. Algunas diferencias son que Iwata incluye un parámetro de hábitos en el consumo en la función de utilidad, los consumidores no ricardianos se definen de manera distinta, no incluye el sector externo y se usa la regla de Taylor para representar la implantación de la política monetaria.

Cuadro 3: Distribuciones Previas y Posteriores de los Parámetros						
Parámetro	Distribución a priori	Momentos de la distribución a priori		Media posterior	Intervalo de credibilidad de 90% (HPD)	
		Media	Desviación Estándar			
σ	Gamma	2.000	0.43	1.378	1.0985	1.648
τ_c	Beta	0.100	0.05	0.073	0.027	0.119
τ_H	Beta	0.070	0.04	0.069	0.012	0.122
τ_K	Beta	0.080	0.04	0.062	0.015	0.112
δ	Beta	0.080	0.01	0.080	0.078	0.082
$\bar{R}^B$	Gamma	0.080	0.04	0.078	0.019	0.136
α	Beta	0.350	0.15	0.412	0.321	0.508
ϕ	Gamma	2.000	1.00	1.953	0.452	3.354
ν	Gamma	0.800	0.10	1.023	0.888	1.150
η	Beta	0.500	0.20	0.408	0.159	0.674
ρ_{IC}	Beta	0.300	0.10	0.515	0.386	0.639
ρ_H	Beta	0.700	0.20	0.644	0.485	0.799
ρ_{TH}	Beta	0.700	0.20	0.690	0.404	0.993
ρ_{TK}	Beta	0.700	0.20	0.702	0.409	0.992
ρ_R	Beta	0.700	0.20	0.611	0.340	0.878
ρ_{TC}	Beta	0.700	0.20	0.672	0.377	0.972
ρ_G	Beta	0.700	0.20	0.507	0.292	0.738
ρ_{TRF}	Beta	0.700	0.20	0.700	0.627	0.772
ρ_λ	Beta	0.800	0.15	0.695	0.607	0.785
Fuente: Elaboración propia						

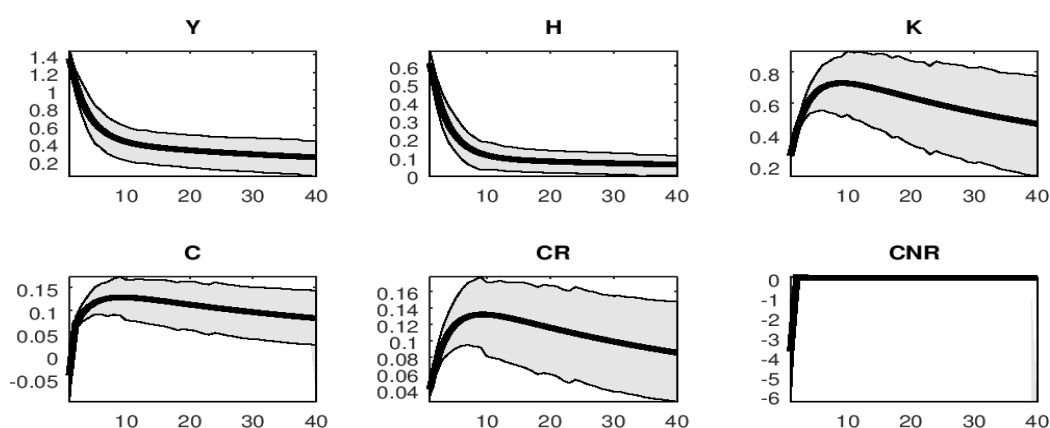
Este cuadro muestra las distribuciones a priori y los resultados de la estimación de los parámetros del modelo. Todos los estimados están en el recorrido esperado.

Simulaciones del modelo

En esta sección se presentan algunos resultados de la solución del modelo que son útiles para examinar su dinámica. La Figura 2 muestra las funciones de impulso-respuesta asociadas a incrementos aleatorios en tecnología, para seis variables de la economía examinada. Como era esperado las variables principales (producción, empleo, capital y el consumo total) aumentan como resultado de estos impulsos. Las alzas en la productividad del trabajo y el capital fomentan la producción e incrementan los salarios y otros ingresos estimulando el consumo. El efecto sobre los consumidores no ricardianos es nulo, porque sus ingresos dependen de las transferencias públicas y no de sus aportaciones a la producción.

La respuesta dinámica de esos mismos seis indicadores económicos ante alzas inesperadas en las preferencias intertemporales se encuentran en la Figura 3²⁴. Ese tipo de innovación afecta tanto las decisiones de consumo a través del tiempo, así como la selección de las horas dedicadas al trabajo. Como puede apreciarse en esa figura, el consumo de los agentes ricardianos se expande ante el impacto de este *shock*, lo que se refleja también en el consumo total. Por otro lado, esos impulsos reducen el nivel del insumo laboral y el capital, disminuyendo el nivel de la producción agregada.

Figura 2: Respuestas de Seis Variables ante Aumentos No Anticipados en Tecnología. *Bandas grises son intervalos de credibilidad de 90%.*



Para comparar la importancia relativa de cada uno de los cambios aleatorios sobre las series económicas de interés, se estimaron las funciones de descomposición de la varianza del error de predicción. Un resumen de los resultados de esa estimación es presentado en el Cuadro 4. Los adelantos tecnológicos parecen ser la fuente más importante de los movimientos cíclicos de la producción agregada real en esta economía. Este tipo de innovación explica cerca del 83% de la variación en esa variable en el corto plazo y casi 70% en el largo plazo. Así que, los impulsos que incrementan la productividad de K y L son el motor más importante para la trayectoria de Y en este modelo nuevo keynesiano. Ese hallazgo coincide con Alemar y Rodríguez (2021) quienes, en el contexto de un modelo de ciclos económicos reales, encuentran que los choques de tecnología son muy relevantes para la trayectoria de la producción agregada real en Puerto Rico. En el caso del insumo laboral en este artículo se estimó que en el largo plazo el 34% de la varianza de su error de predicción proviene de los impulsos de productividad (véase Cuadro 4). Rodríguez Ramos y Alemar

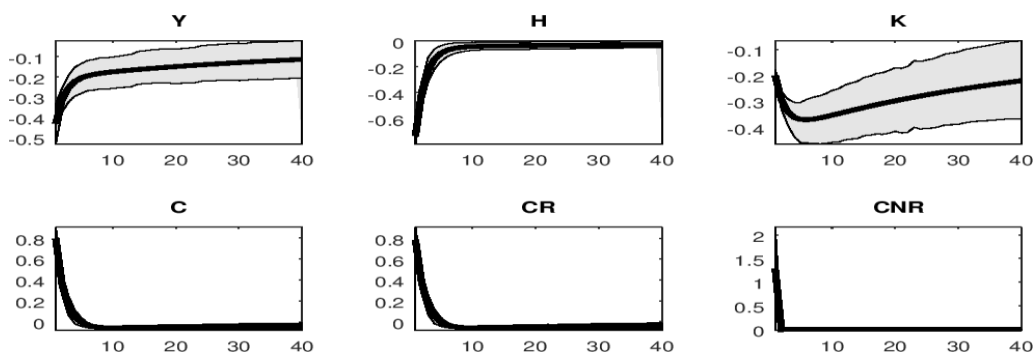
²⁴ El análisis de otras variables del modelo (precios, salarios, ingresos fiscales, etc.) no se incluye, porque está fuera del alcance del artículo. Alemar Sánchez (2022), Rodríguez (2018A), Quiñonez Cruz et al. (2011) y Rodríguez (2007) analizan la inflación en Puerto Rico.

(2022) también señalan la importancia de estas innovaciones explicando las fluctuaciones cíclicas de la serie de empleo de la isla²⁵.

Por su parte, las perturbaciones en las preferencias son responsables de alrededor de 17 por ciento de las desviaciones del PNB real de su tendencia de largo plazo. De ese porcentaje hasta cerca de 11 puntos corresponden a los impulsos de las preferencias intertemporales ($\xi_{IC,t}$). Como el impacto de esas innovaciones sobre Y son negativas, esto implica que una proporción moderada de las contracciones experimentadas por la producción agregada real en el modelo son ocasionadas por estas. Al examinar los efectos de $\xi_{IC,t}$ sobre los insumos de producción se encuentra que se les puede atribuir hasta cerca de un quinto de las desviaciones del capital de su trayectoria de crecimiento y un poco más de un tercio de las del trabajo, a un horizonte de predicción de un año. Para el caso del insumo laboral al menos 35.6% de sus fluctuaciones son el producto de impulsos de preferencias intratemporales que impactan la desutilidad del trabajo. Esto concuerda con lo encontrado por Toledo (2022), en base a un modelo DSGE de ciclos económicos reales y estimaciones de varios sistemas de vectores autorregresivos estructurales (SVAR, por sus siglas en inglés), utilizando datos ese mismo país.

Figura 3: Respuestas de Seis Variables ante Aumentos No Anticipados en las Preferencias Intertemporales.

Bandas grises son intervalos de credibilidad de 90%.



Como era de esperarse los choques de preferencias intertemporales generan casi toda la variación del consumo de los agentes ricardianos. En el corto plazo este tipo de perturbación es responsable de alrededor del 98% de las mismas, mientras que a largo plazo ese porcentaje converge a un poco más del 50%. Estos resultados coinciden con los de Primiceri et al. (2006) para el caso de Estados Unidos. Esos autores, utilizando métodos bayesianos estiman varios modelos y encuentran que esas innovaciones son responsables de al menos el 50 por ciento de la varianza del error de predicción del consumo en ese país para el período de 1954 a 2004. Además, estos hallazgos no contradicen lo

²⁵ Evidencia adicional sobre este hallazgo se encuentra en Rodríguez (2018B), Rodríguez (2017) y Toledo (2004).

informado por Hall (1997), también para el caso de los EE. UU. Por otro lado, estos impulsos intertemporales afectan muy poco las fluctuaciones del consumo de los hogares no ricardianos (véase el Cuadro 4), cuyos ingresos provienen de las transferencias públicas y no maximizan una función de utilidad intertemporal. Por último, el grupo de impulsos denominado acciones del gobierno (provenientes del gasto público, los impuestos, las transferencias y la tasa de interés) explican una fracción moderada de las fluctuaciones en el PNB real: entre 2.4 y 13.05 por ciento.

El bajo poder explicativo de los impulsos de los instrumentos de política económica en los movimientos cíclicos de la producción agregada real podría indicar que los mismos se comportan en forma procíclica (véase Figura 4) y afectan principalmente la tendencia de Y . A dichas innovaciones se les puede atribuir un poco más de un cuarto de las desviaciones del consumo total de su tendencia de crecimiento de largo plazo y casi toda la variación del consumo de los agentes no ricardianos. Además, esos *shocks* de política pública son responsables de una proporción significativa de las fluctuaciones en el acervo de capital, cuya acumulación depende de la tasa de interés, pero no parecen ser muy relevantes para la dinámica del insumo laboral. Por tanto, estos hallazgos sugieren que las acciones del gobierno afectan principalmente movimientos cíclicos en el consumo y la inversión o en el lado de la demanda agregada²⁶.

Cuadro 4: Descomposición de la Varianza del Error de Predicción de las Variables Principales del Modelo DSGE (porcentaje)				
Horizonte de Predicción	Impulsos en:			
	Preferencias		Tecnología ($\xi_{\lambda,t}$)	Acciones del Gobierno ($\xi_{TH,t}, \xi_{TK,t}, \xi_{TC,t}$) ($\xi_{TRF,t}, \xi_{R,t}, \xi_{G,t}$)
	Total ($\xi_{IC,t}, \xi_{H,t}$)	Preferencias intertemporales ($\xi_{IC,t}$)		
Producción (Y)				
1	17.24	8.2	82.53	0.24
5	15.9	7.85	81.76	2.34
20	16.41	9.46	74.81	8.78
100	17.02	10.66	69.93	13.05
Consumo total (C)				
1	86.14	86.13	0.18	13.68
5	71.43	71.09	3.52	25.04
20	57.66	56.23	16.19	26.17
100	48.32	46.07	26.13	25.55
Consumo de los agentes ricardianos (CR)				
1	98.49	98.46	0.27	1.23
5	90.68	90.21	4.75	4.57
20	69.04	67.23	20.39	10.57

²⁶Para un análisis sobre la importancia de los impulsos de la demanda agregada en la economía del país analizado véase Toledo (2004) y Rodríguez (2017).

100	54.76	52.08	30.99	14.25
Consumo de los agentes no ricardianos (CNR)				
1	0.94	0.54	4.42	94.64
5	0.57	0.33	2.65	96.78
20	0.56	0.32	2.58	96.86
100	0.55	0.31	2.57	96.87
Capital (K)				
1	24.54	20.53	36.59	38.87
5	22.76	18.05	48.33	28.58
20	19.58	14.8	56.02	24.4
100	18.88	14.12	57.47	23.64
Trabajo (H)				
1	74.46	35.42	24.54	1.00
5	68.84	29.39	30.19	0.97
20	65.49	27.99	32.55	1.95
100	62.80	27.17	34.00	3.19
Fuente: Elaboración propia				

Este cuadro presenta la descomposición de la varianza del error de predicción de seis variables del sistema.

Las Figuras 4 y 5 presentan la descomposición histórica de las series del PNB real y el consumo real agregado para el período de estimación. Esa descomposición es útil para construir una narrativa sobre la forma en que las perturbaciones estructurales del modelo influyeron en las desviaciones de la tendencia de largo plazo de las variables bajo análisis en distintos períodos. La descomposición consiste en generar la trayectoria de las dos series (Y y C, por medio de la representación MA del sistema) usando como base los impactos de uno de los elementos estocásticos a la vez y comparar esos resultados con cada una de las series históricas.

Figura 4: Descomposición Histórica de la Producción Agregada Real. Se muestra la descomposición del PNB real en términos de los impulsos de tecnología (productividad), de las preferencias de los consumidores, de las acciones que toma el gobierno (incluye cambios en la tasa de interés) y las condiciones iniciales. Los impulsos de productividad son los más importantes para la trayectoria histórica de esta serie. Las políticas económicas afectan esta variable principalmente en los periodos de contracción que sucedieron luego de los años mil novecientos setenta.

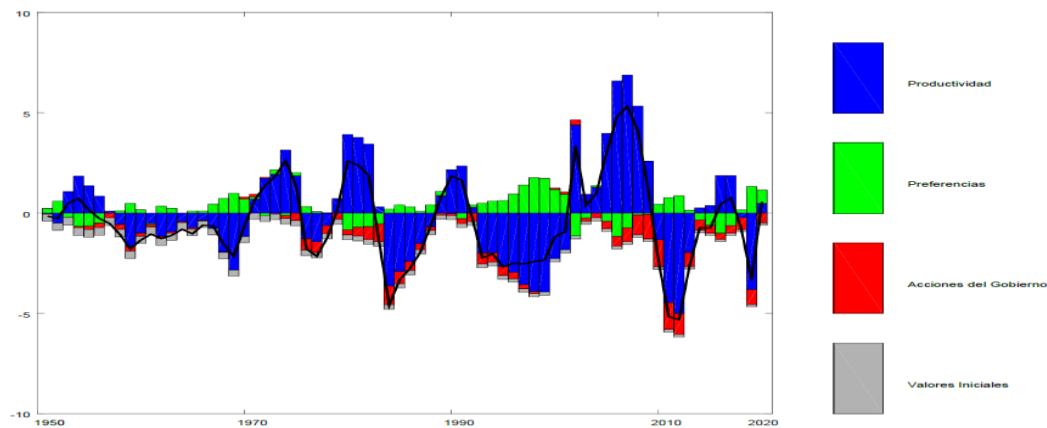
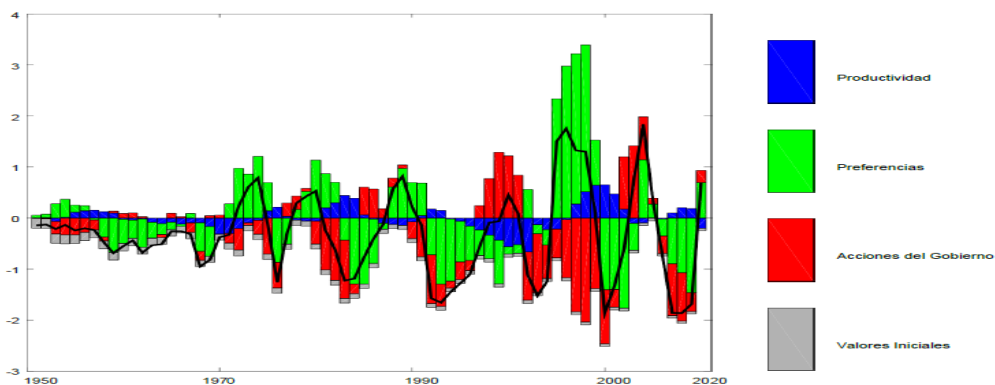


Figura 5: Descomposición Histórica del Consumo Real. Se muestra la descomposición de esta variable en términos de los impulsos de tecnología (productividad), de las preferencias de los consumidores, de las acciones que toma el gobierno (incluye cambios en la tasa de interés) y las condiciones iniciales. Los impulsos de preferencias y de las políticas económicas son los factores más importantes para la trayectoria histórica de esta variable. Los avances tecnológicos explican una porción limitada de la dinámica del consumo y eso sucede principalmente en las recesiones.



Como es evidente en la Figura 4, los cambios no anticipados en tecnología fueron los más importantes para las desviaciones de la producción agregada real de su trayectoria de crecimiento en el período analizado. Las políticas económicas afectaron el PNB real principalmente en los periodos de contracción luego de los años mil novecientos

setenta, mientras que los choques en las preferencias tuvieron muy poco impacto sobre esta serie. Esas últimas innovaciones, en términos generales, predicen valores de Y superiores a los que sucedieron, y son responsables de una ínfima proporción de las reducciones en Y acaecidas luego de 2010.

Los impulsos de las preferencias intratemporales e intertemporales, que afectan las decisiones de consumo y trabajo, son los principales determinantes del comportamiento histórico de la serie del consumo agregado (véase Figura 5). Las medidas de políticas públicas jugaron también un rol importante en la dinámica de este indicador económico. Estos dos resultados provienen de la conducta de optimización de los agentes ricardianos y la definición que se hizo de los consumidores no ricardianos. Por otro lado, a los desarrollos tecnológicos se les puede atribuir una fracción pequeña de las fluctuaciones del consumo.

CONCLUSIONES

En esta investigación se estimaron los efectos de cambios estocásticos en las preferencias de los individuos sobre la actividad económica en Puerto Rico. Ese tipo de innovación puede ser de carácter intratemporal, sustitución entre ocio y consumo, así como intertemporal, intercambio entre el consumo en el presente y en el futuro. El trabajo, aunque consideró otras fuentes de perturbaciones económicas, se enfocó en choques de preferencias intertemporales. Esos impulsos conducen a la sobrevaloración del consumo presente y por consiguiente reducen el monto de recursos con que cuenta la sociedad para financiar la formación de los distintos tipos de capital. El análisis se realizó en el contexto de un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico basado en la escuela de los nuevos keynesianos, que fue modificado para tomar en cuenta características muy particulares de la economía de Puerto Rico. Dicho modelo tiene una estructura mediadamente compleja e incluye nueve tipos de procesos aleatorios. Una característica importante de la representación de la economía utilizada en este artículo es que se incluyó heterogeneidad en los hogares, diferenciando entre aquellos cuyo sustento depende de transferencias públicas y los que como grupo generan suficientes ingresos para plantearse el dedicar una fracción de los mismos al ahorro o consumo futuro. Las estimaciones se realizaron utilizando métodos estadísticos bayesianos.

Los resultados de los análisis revelaron que las alzas en productividad, provenientes de los avances en tecnología, son responsables de la mayor parte de la varianza del error de predicción de la producción agregada real en el país analizado. Sin embargo, se encontró que los choques en las preferencias son responsables de alrededor de 17 por ciento de las desviaciones del PNB real de su tendencia de largo plazo. De ese porcentaje hasta cerca de 11 puntos corresponden a los impulsos de las preferencias intertemporales que impactan negativamente el nivel de capital y el

empleo. Por otra parte, la trayectoria del insumo laboral y el consumo dependen principalmente de cambios inesperados en las preferencias. Los estimados de la magnitud de los impactos de ese tipo de innovación sobre el estado de la economía de Puerto Rico coincide con los señalamientos de Hall (1997) para el caso de EE. UU. En la estimación se encontró, además, que las medidas de política fiscal y la tasa de interés conjuntamente explican una fracción moderada de las fluctuaciones en el PNB real y una proporción significativa de las fluctuaciones en el acervo de capital y el consumo.

Esos hallazgos sugieren que la formulación de políticas públicas que afecten las decisiones intertemporales de consumo de los agentes económicos, pueden afectar el crecimiento de la economía de la isla con la estructura económica existente. Además, pudiera ser que esas medidas modifiquen tal estructura al incidir sobre la utilización y productividad de los insumos de producción. Por tanto, motivar la paciencia de los individuos en sus decisiones intertemporales de consumo, estimulando el ahorro y fomentando la canalización de esos recursos hacia actividades productivas, como ha sido planteado desde hace décadas²⁷ (v. Torres Román, 1976; y Curet Cuevas, 1966), tendría un efecto positivo sobre el nivel general de la actividad económica en Puerto Rico, aunque exista una proporción considerable de hogares no ricardianos. Reducir la proporción de ese tipo de agente económico con ingresos de subsistencia debiera ser otro objetivo de las políticas gubernamentales, pero estuvo fuera del alcance de este artículo. Tampoco se examinaron los impactos de los eventos críticos que ha experimentado la isla en las últimas décadas sobre las decisiones de los consumidores²⁸. De acuerdo con Ottonello y Pérez (2023), la serie de consumo agregado experimenta ajustes considerables en respuesta a las grandes crisis económicas, y señalan esos autores que bajo estas condiciones las políticas públicas deben ir dirigidas a impactar el componente permanente del ingreso.

Algunas características del modelo que son relevantes para el país estudiado, como el efecto de los impuestos y las transferencias públicas en la actividad económica, no formaron parte del análisis por apartarse de los objetivos de la investigación²⁹. Tampoco se realizaron experimentos de política económica variando la proporción de hogares no ricardianos. Esos puntos, así como modificar el modelo para incluir una función de producción de los servicios del sector público, añadir más heterogeneidad en la conducta económica de los hogares e incluir insumos energéticos en

²⁷ Más recientemente, Liard-Muriente y Schenck (2020) afirman que el acceso al financiamiento es muy importante para la promoción de las empresas pequeñas en Puerto Rico (p. 49).

²⁸ Algunos aspectos de las crisis que han impactado la actividad económica de la isla en las últimas décadas son examinados en Aponte García, Quiñones Domínguez y Feliciano-Cestero (2023), Caraballo-Cueto (2021) y Fuentes-Ramírez (2018).

²⁹ En el Apéndice se incluyen algunos gráficos de resultados del modelo no discutidos en el texto del artículo.

el análisis³⁰ quedan para trabajos futuros. Por último, los hallazgos de los análisis estadísticos siempre están condicionados a la calidad de los datos utilizados. Si se hubiera contado con observaciones de las series en una frecuencia mayor y con algunas variables relevantes que no estuvieron disponibles al momento de realizar la investigación, muy probablemente se habría mejorado la precisión de la estimación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adjemian, S., Bastani, H., Juillard, M., Mihoubi, F., Perendia, G., Ratto, M., y Villemot, S. (2011). Dynare: Reference manual, version 4. <http://www.dynare.org/wp-repo/dynarewp001.pdf>.
- Alameda J. I. y Mann A. J. (1989). Energy Price Shocks, Input Price Changes, and Developmental Implications: A Translog Model Applied to Puerto Rico, *The Journal of Development Studies*, 25:3: 329-343, DOI: [10.1080/00220388908422115](https://doi.org/10.1080/00220388908422115)
- Alemar, E. A., y Rodríguez, C. A. (2021). Efectos reales de impulsos tecnológicos: el caso de Puerto Rico, *Estudios Económicos (México, D.F.)*, 36(2): 235-277. <https://doi.org/10.24201/ee.v36i2.419>
- Alemar Sánchez, E. A. (2022). Nominal Rigidities and Economic Fluctuations: The Case of Puerto Rico [Tesis de maestría no publicada]. Universidad de Puerto Rico, Rio Piedras (Puerto Rico).
<https://uprrp.idm.oclc.org/login?url=https://www.proquest.com/dissertations-theses/nominal-rigidities-economic-fluctuations-case/docview/2681066070/se-2>
- Aponte García M., Quiñones Domínguez M., y Feliciano-Cestero, M. M., (Compiladoras), (2023). Economía posdesastres y desarrollo: voces de las mujeres economistas de Puerto Rico. Universidad de Puerto Rico, Asociación de Economistas de Puerto Rico, CLACSO, Libro digital, ISBN 978-987-813-589.
- Ayad, H. (2020). Government Expenditure and Economic Growth Nexus in Mena Countries: Frequency Domain Spectral Causality Analysis, *Economics and Business*, 34(1), pages 60-77, January.
- Barnichon, R. y Mesters, G. 2023. A Sufficient Statistics Approach for Macro Policy. *American Economic Review*, 113 (11): 2809-45. DOI: 10.1257/aer.20220581
- Barro, R. J., y King R. G., (1982). Time-Separable Preference and Intertemporal-Substitution Models of Business Cycles, *NBER Working Papers* 0888, National Bureau of Economic Research, Inc.

³⁰ Alameda y Mann (1989), Hernández Correa y Toledo (2014), y Toledo y Hernández (2014) analizan la importancia de cambios en los precios de algunos insumos energéticos en la economía de Puerto Rico.

- Barro R. J., (2009). Voodoo Multipliers. *Economists' Views*. 6 (2): article 5.
- Barro, R. J. (1974). Are Government Bonds Net Wealth? *Journal of Political Economy*, 82 (6): 1095–1117.
doi:10.1086/260266.
- Barro, R. J. (1979). On the Determination of the Public Debt, *Journal of Political Economy*, 87 (5): 940–971. Cutesier
10.1.1.455.8274. doi:10.1086/260807.
- Bhandari, A., Barillas, F., Colavito, R., Kitao, S., Matthes, C., Sargent, T. y Shin, Y. (2010). Practicing Dinara,
Manuscript
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiU89j_kbP5AhVLTDAQBHQHPC1wQFnoECAyQAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.sfu.ca%2F~kkasa%2FSargent_Dynare.pdf&usg=AOvVaw1akB6antDdvND2kSiAynrG
- Blanchard, O. y Perotti, R. (2002). An Empirical Characterization of the Dynamic Effects of Changes in Government
Spending and Taxes on Output, *Quarterly Journal of Economics*, 117 (4): 1329–1368.
- Blinder, A.S. (1991). Why are Prices Sticky? Preliminary Results from an Interview Study, *American Economic
Review*, 81: 89-100.
- Brooks S.P., y Gelman A. (1998). General Methods for Monitoring Convergence of Iterative Simulations, *Journal of
computational and Graphical Statistics*, 7(4):434-455. Doi: 10.1080/10618600.1998.10474787
- Buchanan, J. M. (1976). Barro on the Ricardian Equivalence Theorem, *Journal of Political Economy*, 84 (2): 337–
342. doi:10.1086/260436.
- Calvo, G., (1983). Staggered Prices in a Utility-Maximizing Framework, *Journal of Monetary Economics*, 12(3): 383-
398. <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:moneco:v:12:y:1983:i:3:p:383-398>.
- Campbell H. y Gustafson P. (2023). Bayes Factors and Posterior Estimation: Two Sides of the Very Same
Coin, *The American Statistician*, 77(3): 248-258. DOI:10.1080/00031305.2022.2139293
- Caraballo-Cueto, J. (2021). ¿Té Economía o Desastres? Puerto Rico Befare and After Huracane María. *Centro
Journal*, 33(1).
- Castañer, J., y Ruiz, A. (1989). Impacto de las Exportaciones de Puerto Rico al Caribe sobre su Economía. *Problemas
del Desarrollo*, 20(76):149-166. <https://doi.org/10.22201/ieec.20078951e.1989.76.35428>
- Christiano, L. J. (2012). Christopher A. Sims and Vector Autoregressions, *Scandinavian Journal of Economics*,
114(4): 1082-1104.

- Costa Junior, C. J., y Sampaio, A. V. (2014). Tax Reduction Policies of the Productive Sector and Its Impacts on Brazilian Economy, [Dynare Working Papers](#) 36, CEPREMAP.
- Cowles M. K. y Carlin B. P. (1996). Markov Chain Monte Carlo Convergence Diagnostics: A Comparative Review, *Journal of the American Statistical Association*, 91: 883-904, DOI: [10.1080/01621459.1996.10476956](https://doi.org/10.1080/01621459.1996.10476956)
- Cruz Quiñones, C. T., Reyes Medina R. y Toledo, W. (2013). Los determinantes de la inflación: El caso de Puerto Rico. [Revista Caribeña de Ciencias Sociales](#), 2013, issue 2013_02
- Curet Cuevas, E. (1966). La formación interna de capital y el desarrollo económico de Puerto Rico. *Revista de Administración Pública*, Universidad de Puerto Rico, 3(2), 21–38. <https://revistas.upr.edu/index.php/ap/article/view/14121>
- Diallo, I. A. (2019). A Bayesian DSGE Model Comparison of the Taylor Rule and Nominal GDP Targeting, ([hal-02281971](#))
- Dixit, A. K. y Stiglitz, J. E. (1977). Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity, *The American Economic Review*, 67(3): 297–308. <http://www.jstor.org/stable/1831401>
- Ericson, K. M., y Laibson, D. I. (2018). Intertemporal Choice. NBER Working Paper No. w25358. <https://ssrn.com/abstract=3302473>
- Feldstein, M. (1976). Perceived Wealth in Bonds and Social Security: A Comment, *Journal of Political Economy*, 84 (2): 331–336. doi:10.1086/260435.
- Fischer, S. (1977). Long-Term Contracts, Rational Expectations, and the Optimal Money Supply Rule, *Journal of Political Economy*, 85(1): 191–205. <http://www.jstor.org/stable/1828335>
- Frederick, S., Loewenstein, G., y O'Donoghue, T. (2002). Time Discounting and Time Preference: A Critical Review, *Journal of Economic Literature*, 40(2): 351-401. <http://dx.doi.org/10.1257/002205102320161311>
- Fuentes-Ramírez, R. R. (2018). Puerto Rico's 21st Century Great Depression: Causes and Policy Implications, *Ceteris Paribus* 8:1-19.
- Furlanetto, F., y Seneca, M. (2007). Rule-of-Thumb Consumers, Productivity and Hours, Norges Bank, Working Paper, 5.
- Galí, J., López-Salido, J. D. y Vallés, J. (2007). Understanding the effects of government spending on consumption, *Journal of the European Economic Association*, 5: 227-270.

- Gali, J., López-Salido J. D. y Valles J. (2004). Rule-of-Thumb Consumers and The Design of Interest Rate Rules, *Journal of Money, Credit and Banking*, 36(4): 739-763.
- Gelman A, Carlin J. B., Stern HS, y Rubin D.B. (2004). Bayesian Data Analysis. 2nd. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Gelman, A., Carlin, J. B., Stern, H. S., Dunson, D. B., Vehtari A. y Rubin D. B. (2015). Bayesian Data Analysis, eBook New York , Imprint Chapman and Hall/CRC DOI <https://doi.org/10.1201/b16018> [Pages 675](#)
- Geweke J. (2005). Contemporary Bayesian Econometrics and Statistics, Wiley, New Jersey (2005) (Hardcover, 300 pages) ISBN: 0-471-67932-1,
- Geweke, J. (1991). Evaluating the Accuracy of Sampling-Based Approaches to the Calculation of Posterior Moments, *Staff Report* 148, Federal Reserve Bank of Minneapolis.
- Glandon, P. J., Kuttner K., Mazumder S. y Caleb Stroup, C. (2023). Macroeconomic Research, Present and Past, *Journal of Economic Literature*, 61(3): 1088-1126.
- Guntin, R. Ottonello, P y Pérez, D. J. (2023). The Micro Anatomy of Macro Consumption Adjustments, *American Economic Review*, 113(8): 2201–2231. <https://doi.org/10.1257/aer.20201931>
- Hall, R. (1997). Macroeconomic Fluctuations and the Allocation of Time, *Journal of Labor Economy*, 15(1):223-250.
- Hastings, W. K. (1970). Monte Carlo Sampling Methods Using Markov Chains and Their Applications, *Biometrika*, 57 (1): 97–109. [doi:10.1093/biomet/57.1.97](https://doi.org/10.1093/biomet/57.1.97). [JSTOR 2334940](https://www.jstor.org/stable/2334940). [Zbl 0219.65008](https://www.zbl.org/urn:zbl:0219.65008).
- Hernández Correa J. C., y Toledo, W. (2014). El efecto del precio del kilovatio hora en la economía de Puerto Rico, *Resumen Económico de Puerto Rico*, Junta de Planificación de Puerto Rico, Vol. 2 (5):1-3. https://www.researchgate.net/publication/330507798_El_efecto_del_precio_del_kilovatio_hora_en_la_economia_de_Puerto_Rico
- Hill, G. (2009). Letter: Robert J. Barro's Voodoo Multipliers Misunderstands Keynes, *The Economists' Voice*, vol. 6, no. 4. <https://doi.org/10.2202/1553-3832.1545>
- Hodrick, R. J y Prescott, E. C. (1997). Postwar U.S. Business Cycles: An Empirical Investigation, *Journal of Money, Credit and Banking*, Blackwell Publishing, vol. 29(1):1-16.



- Ignatiadis, N., Saha, S., Sun, D. L. y Muralidharan, O. (2023). Empirical Bayes Mean Estimation with Nonparametric Errors Via Order Statistic Regression on Replicated Data, *Journal of the American Statistical Association*, 118(542): 987-999. DOI: 10.1080/01621459.2021.1967164
- Iwata Y. (2009). Fiscal Policy in an Estimated DSGE Model of the Japanese Economy: Do Non-Ricardian Households Explain All?, Economic and Social Research Institute (ESRI), Discussion paper series 216.
- Koch, K. R. (2007). Introduction to Bayesian Statistics, Berlin, Germany: Springer.
- Kydland, F. E y Prescott, E. C. (1982). Time to Build and Aggregate Fluctuations, *Econometrica*, 50(6): 1345-1370.
- Liard-Muriente C. y Schenck, S. M (2020). Tax Incentives to Promote Small Firms in Puerto Rico, *Pennsylvania Economic Review*, 27(1): 44-53.
- Long, J. B., y Plosser C. (1983). Real Business Cycles. *Journal of Political Economy*, 91(1): 39-69.
- Lubik, T. y Schorfheide F. (2005). A Bayesian Look at New Open Economy Macroeconomics, NBER Macroeconomics Annual 20: 313-366.
- Lucas R.J. (1976). Econometric Policy Evaluation: A critique. Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy 1: 19-46.
- Lucas, R. E., Jr. (1987). Models of Business Cycles. New York: Basil Blackwell.
- Lugo-Camacho, F. L. (2001). Endogenous Growth, Depreciation Rates and Technological Progress, [Disertación doctoral no publicada]. Universidad de Connecticut, Storrs.
<https://opencommons.uconn.edu/dissertations/AAI3004846>
- Mancini-Griffoli, T. (2007). An Introduction to the Solution & Estimation of DSGE Models, User Guide https://archives.dynare.org/documentation-and-support/user-guide/Dynare-UserGuide-WebBeta.pdf/at_download/file
- Mankiw N. G, y Campbell J. (1989). Consumption, Income, and Interest Rates: Reinterpreting the Time Series Evidence, NBER Macroeconomics Annual 4:185-216.
- Meissner, T. y Rostam-Afschar, D. (2014). Do Tax Cuts Increase Consumption? An Experimental Test of Ricardian Equivalence, [Discussion Papers](#) 2014/16, University Berlin, School of Business & Economics.
- Metropolis, N., Rosenbluth, A., W., Rosenbluth, M. N., Teller, A. H., y Teller, E. (1953). Equation of State Calculations by Fast Computing Machines, *Journal of Chemical Physics*, 21(6): 1087-1092.
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1953JChPh..21.1087M>

- Montero , G. G. (2020). Exportaciones Como Eje Central Del Desarrollo económico: El Caso De Puerto Rico[Tesis de maestría no publicada]. Universidad de Puerto Rico, Rio Piedras (Puerto Rico). Disponible en: ProQuest 27999379. [PDFDownload PDFCopy LinkOrder](#)
- Onatski A. y Williams N. (2004). Empirical and Policy Performance of a Forward-Looking Monetary Model, Proceedings, Federal Reserve Bank of San Francisco, issue March.
- Otrok, C. (2001). On Measuring the Welfare Cost of Business Cycles, *Journal of Monetary Economics*, 47(1): 61-92.
- Prescott E. (1986). Theory Ahead of Business Cycle Measurement. [Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy Volume 25](#):11-44.
- Primiceri, G. E., Schaumburg, E. y Tambalotti, A. (2006). Intertemporal Disturbances. NBER Working Paper No. w12243, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=902595>
- Rebei, N. (2012). What (Really) Accounts for the Fall in Hours After a Technology Shock? [IMF Working Papers](#) 2012/211, International Monetary Fund.
- Rodríguez, C. A. (2007). Rezagos monetarios en la inflación en una economía monetaria integrada: Evidencia del caso extremo de Puerto Rico. *Fórum Empresarial*, 12(1 Verano), 44–57. <https://doi.org/10.33801/fe.v12i1.3392>
- Rodríguez, C. A. (2017). Un análisis dinámico de los impulsos de oferta y demanda en Puerto Rico y la política monetaria de Estados Unidos utilizando la descomposición estructural Blanchard-Quah. *Análisis económico*, 32(81), 5-30. Recuperado en 10 de diciembre de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-66552017000300005&lng=es&tlng=es
- Rodríguez, C. A. (2018A). Fluctuaciones macroeconómicas, regla de Taylor y la dinámica del desempleo y la inflación en Puerto Rico. *Fórum Empresarial*, 23(2), 57–79. <https://doi.org/10.33801/fe.v23i2.16410>
- Rodríguez, C. A. (2018B). Fuentes de las fluctuaciones macroeconómicas en Puerto Rico. *Estudios Económicos* (México, D.F.), 33(2), 219-252. Recuperado en 10 de diciembre de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-72022018000200219&lng=es&tlng=es.
- Rodríguez Ramos C. y Alemar E., (2022). Efectos dinámicos de impulsos de la oferta y la demanda agregada, y la productividad sobre la demanda laboral: el caso de Puerto Rico, *Economía: Teoría*

- y *Práctica*, Universidad Autónoma Metropolitana, México, vol. 56(1): 105-130.
<https://doi.org/10.24275/etypuam/ne/562022/rodriguez>
- Romero-Ramírez, H. (2023). Does US Trade Liberalization Explain Puerto Rico's Deindustrialization? *Problemas Del Desarrollo. Revista Latinoamericana De Economía*, 54(214): 159-189.
<https://doi.org/10.22201/ieec.20078951e.2023.214.69995>
- Rosenthal, S. (2009). Optimal Proposal Distributions and Adaptive MCMC. In *Handbook of Markov Chain Monte Carlo*: 93-112, Chapman and Hall/CRC: Boca Raton, FL, USA.
- Roy V. (2020). Convergence Diagnostics for Markov Chain Monte Carlo, *Annual Review of Statistics and Its Application*, 7(1): 387-412. <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-statistics-031219-041300>
- Sargent, T. J. (1981). Interpreting Economic Time Series, *Journal of Political Economy*, 89(2): 213-248.
- Shobande O. A., y Shodipe O. T. (2019). New Keynesian Liquidity Trap and Conventional Fiscal Stance: An Estimated DSGE Model, *Economics and Business*, 33(1):152-169.
- Sims, C. A. (1986), Are Forecasting Models Usable for Policy Analysis? Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review 10(1):2-16.
- Sims, C. A., Goldfeld S. M., y Sachs J. D. (1982). Policy Analysis with Econometric Models. *Brookings Papers on Economic Activity*, no. 1: 107-64. <https://doi.org/10.2307/2534318>
- Smets, F., y Wouters R. (2007). Shocks and Frictions in US Business Cycles: A Bayesian DSGE Approach. *American Economic Review*, 97(3): 586-606.
- Søren, H., R. (2012). Macroeconomic Effects of Fiscal Policy, *Danmarks National Bank Monetary Review*, 3rd Quarter, Part 2: 1-31.
- Sungbae A. y Schorfheide, F. (2007). Bayesian Analysis of DSGE Models, *Econometric Reviews*, 26(2-4):113-172, DOI: [10.1080/07474930701220071](https://doi.org/10.1080/07474930701220071)
- Tadesse, M. G. y Vannucci, M., eds. (2022). *Handbook of Bayesian Variable Selection*, Boca Raton, FL: Chapman & Hall/CRC Press, xxiii+466 páginas.
- Tavárez, H. y Elbakidze, L. (2021). Urban forests valuation and environmental disposition: The case of Puerto Rico, *Forest Policy and Economics*, Elsevier, 131(C):1-8.
- Taylor, J.B. (1980). Aggregate Dynamics and Staggered Contracts *Journal of Political Economy*, 88 (1): 1-23.

- Toledo, W. (2022). Los impactos de la dinámica del mercado de trabajo sobre la actividad económica en Puerto Rico. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(1), 2608-2640. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i1.1677
- Toledo, W. (1992) Sectoral Shocks and Economic Fluctuations. Serie de Ensayos Monografías, Núm. 62B, Unidad de Investigaciones Económicas, Departamento de Economía, Universidad de Puerto Rico, Río Piedras: 1–18.
- Toledo, W. y Hernández, J.C. (2014). Perturbaciones en el precio del petróleo, la tasa de interés interbancaria y la actividad económica sectorial: el caso de Puerto Rico, *Economía Autónoma*, 5(8): 43-69.
- Toledo, W. (2004). Impulsos de demanda y oferta agregada y las fluctuaciones económicas en Puerto Rico de 1950 a 2002. Revista *Economía*, (19-20): 35-57. <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/19244>
- Torres Román, S. (1976). La problemática económica de Puerto Rico, Serie de Ensayos Monografías, Núm. 2, Unidad de Investigaciones Económicas, Departamento de Economía, Universidad de Puerto Rico, Río Piedras.
- Wolf, C. K. (2023). The Missing Intercept: A Demand Equivalence Approach, *American Economic Review*, 113(8): 2232–2269 <https://doi.org/10.1257/aer.20211751>
- Zauberman, G., y Urminsky, O. (2016). Consumer Intertemporal Preferences, *Current Opinion in Psychology*, 10:136–141. <http://dx.doi.org/10.1016/j.copsyc.2016.01.005>

Apéndice

Otros Resultados de la Estimación del Modelo

(Selección)



Figura A1: Gráficas de la Trazas (Multivariada)

Esta figura muestra tres estadísticos (el primer y segundo momento y un intervalo para la media) para examinar la convergencia de las secuencias de dos cadenas MCMC. Observando que las dos cadenas, una representada por la línea azul y otra por la roja, se aproximan implica que el número de iteraciones generadas (150 mil) con el 20% de “burn-in” producen que las funciones de densidad posterior de los parámetros converjan.

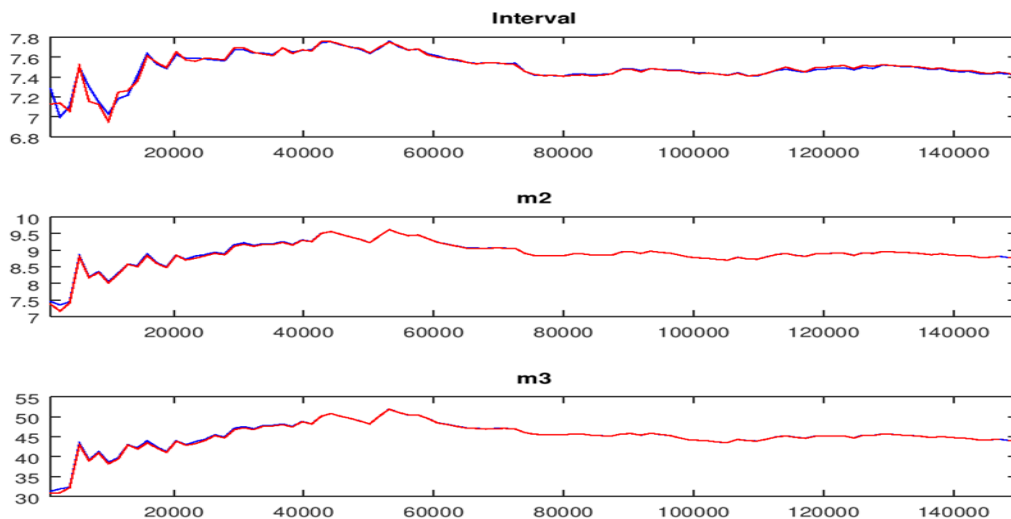


Figura A2: Distribuciones A Priori y Posteriores de los Parámetros Estimados

Esta figura muestra las gráficas de las distribuciones a priori y posteriores de los parámetros. La misma es útil para evaluar la importancia relativa de la información previa y la contenida en los datos en la estimación.

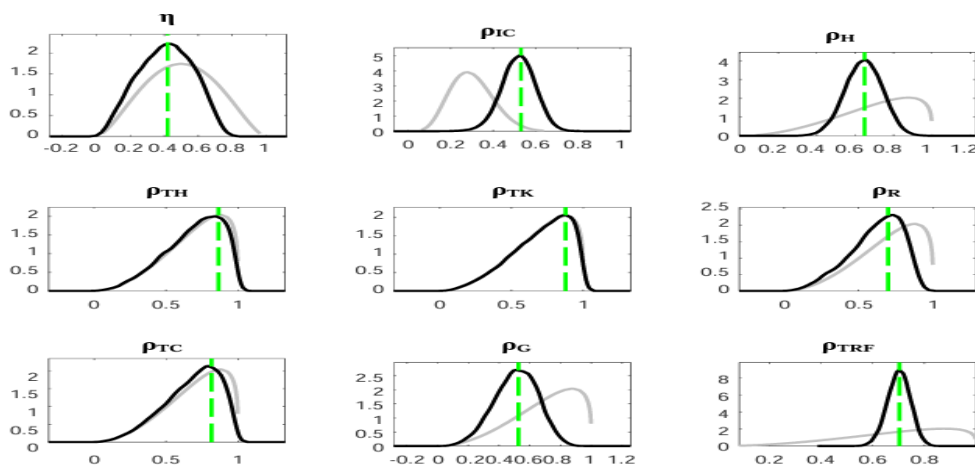


Figura A2: Distribuciones A Priori y Posteriores de los Parámetros Estimados (continuación)

Esta figura muestra las gráficas de las distribuciones a priori y posteriores de los parámetros. La misma es útil para evaluar la importancia relativa de la información previa y la contenida en los datos en la estimación.

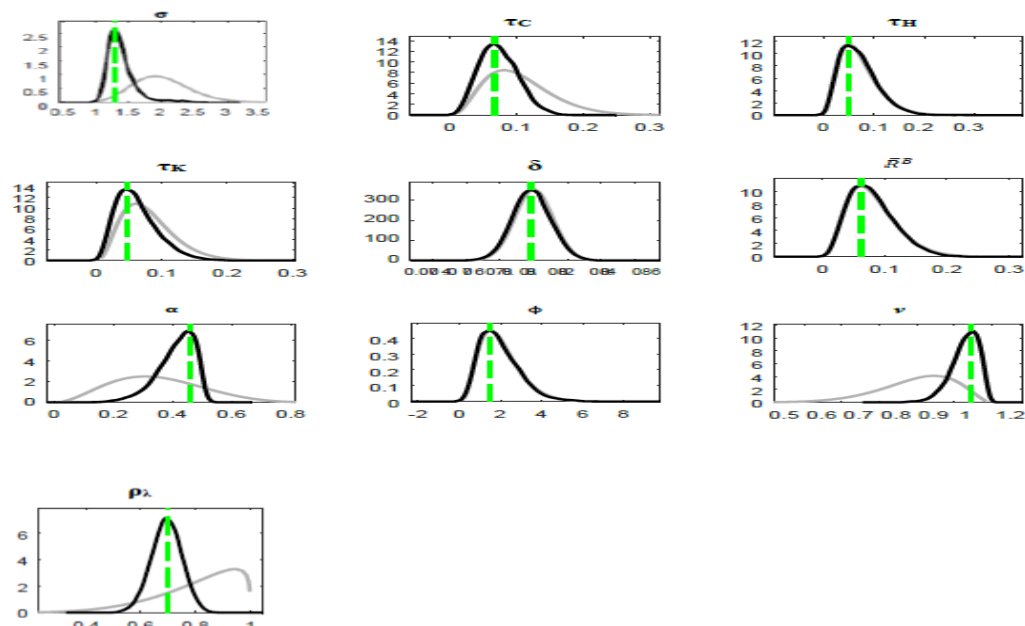


Figura A3: Funciones de Impulso Respuesta.

Respuestas de seis variables del modelo a reducciones en la tasa del impuesto sobre el consumo. *Bandas grises* son intervalos de credibilidad de 90%.

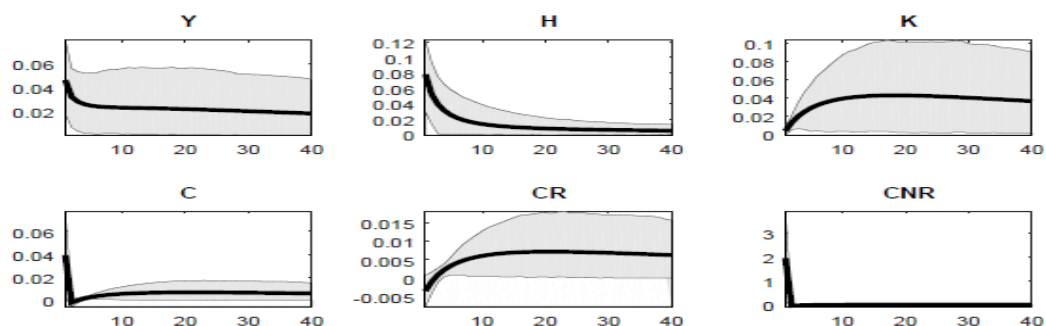


Figura A4: Funciones de Impulso Respuesta

Respuestas de seis variables del modelo a reducciones en la tasa del impuesto sobre el capital. *Bandas grises* son intervalos de credibilidad de 90%.

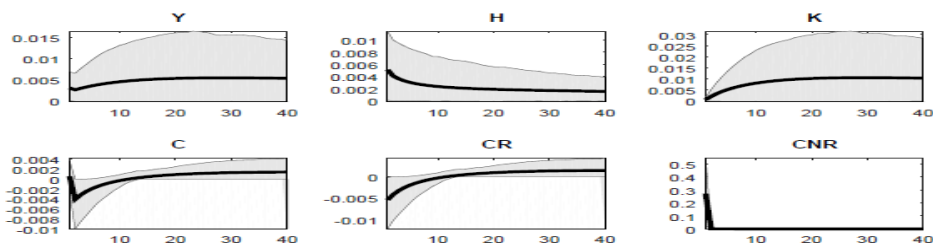


Figura A5: Funciones de Impulso Respuesta

Respuestas de seis variables del modelo a aumentos en las trasferencias públicas. *Bandas grises* son intervalos de credibilidad de 90%.

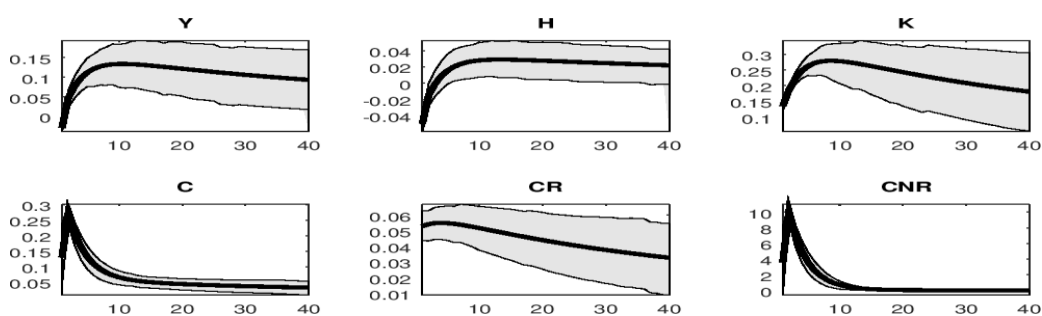


Figura A6: Funciones de Impulso Respuesta

Respuestas de seis variables del modelo a aumentos en la tasa de interés. *Bandas grises* son intervalos de credibilidad de 90%. El consumo de los hogares ricardianos pudiera aumentar porque son los tenedores de los bonos.

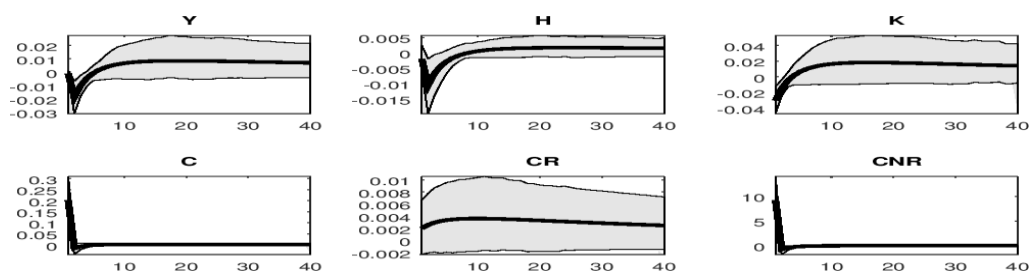


Figura A7: Funciones de Impulso Respuesta

Respuestas de seis variables del modelo aumentos en la desutilidad del trabajo. *Bandas grises son intervalos de credibilidad de 90 %.*

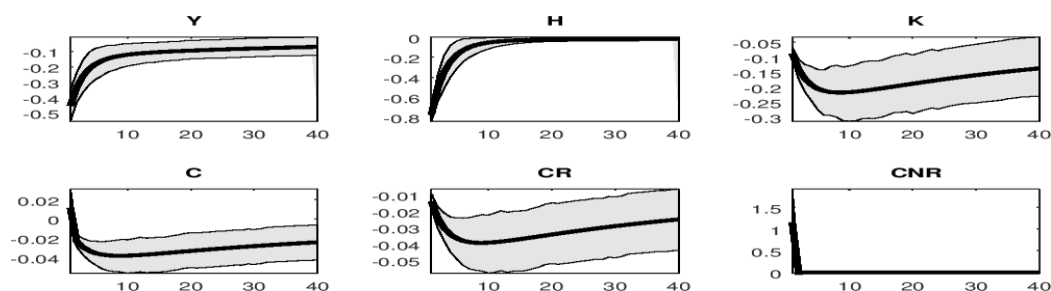


Figura A8: Predicciones del modelo para seis variables seleccionadas

Esta figura muestra las predicciones medias de las variables ajustadas (filtradas). La línea negra representa los pronósticos medios para seis variables endógenas, comenzando en la última observación de la serie de tiempo. Las líneas verdes representan los deciles del pronóstico medio. La incertidumbre (en esta gráfica) proviene de la estimación de los parámetros no de las perturbaciones aleatorias.

