

ASSIMETRIAS DO EMPREGO E O PRODUTO, UMA APROXIMAÇÃO DE EQUILÍBRIO GERAL*

ANDRÉS GONZÁLEZ
SERGIO OCAMPO
DIEGO RODRÍGUEZ
NORBERTO RODRÍGUEZ

*Os autores agradecem a Emma Monsalve, Juan Sebastián Rassa, Ángelo Gutiérrez e Camila Fonseca por sua colaboração na elaboração deste documento. Um agradecimento também a Luis Fernando Mejía, a Franz Hamann, a Luis Eduardo Arango e a um jurado anônimo por seus valiosos comentários. Os resultados e opiniões contidos neste documento são responsabilidade exclusiva dos autores e não comprometem de nenhuma forma o Banco de la República ou o seu Conselho Administrativo.

Andrés González, Diego Rodríguez e Norberto Rodríguez fazem parte do Departamento de Modelos Macroeconómicos do Banco de la República. Norberto Rodríguez é, além disso, professor de cadeira da Universidad Nacional de Colombia. Sergio Ocampo faz parte do Departamento de Pesquisa do Banco Interamericano de Desarrollo.

Endereço eletrônico:
agonzago@banrep.gov.co;
socampo@iadb.org;
drodrigu@banrep.gov.co;
nrodriini@banrep.gov.co.

Documento recebido no dia 31 de agosto de 2011; versão final aceita no dia 22 de março de 2012.

A evidência empírica para Colômbia mostra relações tanto positivas como negativas entre o crescimento do produto e o emprego, a diferença do encontrado em economias desenvolvidas como a dos Estados Unidos. O presente trabalho usa modelos VAR para abordar explicações desse fenômeno, assim como um modelo de equilíbrio geral dinâmico e estocástico para uma economia pequena e aberta, que incorpora endogenamente desemprego de equilíbrio e mudanças na força de trabalho. Os resultados obtidos, usando dados trimestrais para Colômbia, são consistentes para as duas metodologias; se constata que a correlação entre o produto e o emprego é condicional à força motora do ciclo econômico. Em particular, acha-se que choques tecnológicos induzem uma correlação negativa entre produto e emprego, enquanto que choques não tecnológicos induzem a correlação contrária.

Classificação JEL: E24, E27, E32, E37, F41, J64.

Palavras-chave: mercado de trabalho, VAR estrutural, DSGE, economia aberta, política monetária.

ASYMMETRIES OF THE EMPLOYMENT-OUTPUT RELATION, A GENERAL EQUILIBRIUM APPROACH*

ANDRÉS GONZÁLEZ
SERGIO OCAMPO
DIEGO RODRÍGUEZ
NORBERTO RODRÍGUEZ

In contrast to the existing evidence for developed economies such as the U.S., the empirical evidence for Colombia shows both positive and negative relationships between output growth and employment. This paper uses VAR models to approach the explanations of this phenomenon, as well as a Dynamic Stochastic General Equilibrium model for a small open economy that endogenously incorporates equilibrium unemployment and workforce changes. The results obtained using quarterly data for Colombia are consistent using both methodologies; the correlation between output and employment was found to be conditional to the driving force of the economy. We found, in particular, that technology shocks induce a negative correlation between employment and production, while non-technological shocks induce the opposite correlation.

JEL classification: E24, E27, E32, E37, F41, J64.

Keywords: Labor market, structural VAR, DSGE, open economy, monetary policy.

*The authors would like to thank Emma Monsalve, Juan Sebastián Rassa, Ángelo Gutiérrez and Camila Fonseca for their collaboration in the elaboration of this document. They would also like to thank Luis Fernando Mejía, Franz Hamann, Luis Eduardo Arango and an anonymous panel for their valuable comments. The results and opinions contained in this document are the exclusive responsibility of the authors and do not, in any way, compromise Banco de la República or its Board of Directors.

Andrés González, Diego Rodríguez and Norberto Rodríguez are from the Macroeconomic Modeling Department of the Banco de la República. Norberto Rodríguez is also a professor at Universidad Nacional de Colombia. Sergio Ocampo is from the Research Department of the Inter-American Development Bank.

E-mail:
agonzago@banrep.gov.co;
socampdo@iadb.org;
drodrigu@banrep.gov.co;
nrodrini@banrep.gov.co.

Document received:
31 August 2011;
final version accepted:
22 March 2012.

ASIMETRÍAS DEL EMPLEO Y EL PRODUCTO, UNA APROXIMACIÓN DE EQUILIBRIO GENERAL*

ANDRÉS GONZÁLEZ
SERGIO OCAMPO
DIEGO RODRÍGUEZ
NORBERTO RODRÍGUEZ

*Los autores agradecen a Emma Monsalve, Juan Sebastián Rassa, Angelo Gutiérrez y Camila Fonseca por su colaboración en la elaboración de este documento. También se agradece a Luis Fernando Mejía, a Franz Hamann, a Luis Eduardo Arango y a un jurado anónimo por sus valiosos comentarios. Los resultados y opiniones contenidos en este documento son responsabilidad exclusiva de los autores y no comprometen de ninguna forma al Banco de la República o a su Junta Directiva.

Andrés González, Diego Rodríguez y Norberto Rodríguez hacen parte del Departamento de Modelos Macroeconómicos del Banco de la República. Norberto Rodríguez es, además, profesor de cátedra de la Universidad Nacional de Colombia. Sergio Ocampo forma parte del Departamento de Investigación del Banco Inter-Americano de Desarrollo.

Correos electrónicos:
agonzago@banrep.gov.co;
socampo@iadb.org;
drodrigu@banrep.gov.co;
nrodrini@banrep.gov.co.

Documento recibido:
31 de agosto de 2011;
versión final aceptada:
22 de marzo de 2012.

La evidencia empírica para Colombia muestra relaciones tanto positivas como negativas entre el crecimiento del producto y el empleo, a diferencia de lo encontrado en economías desarrolladas como la de los Estados Unidos. El presente trabajo usa modelos VAR para abordar explicaciones de ese fenómeno, así como un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico para una economía pequeña y abierta, que incorpora endógenamente desempleo de equilibrio y cambios en la fuerza laboral. Los resultados obtenidos, usando datos trimestrales para Colombia, son consistentes para las dos metodologías; se encuentra que la correlación entre el producto y el empleo es condicional a la fuerza motora del ciclo económico. En particular, se halla que choques tecnológicos inducen una correlación negativa entre producto y empleo, mientras choques no tecnológicos inducen la correlación contraria.

Clasificación JEL: E24, E27, E32, E37, F41, J64.

Palabras clave: mercado laboral, VAR estructural, DSGE, economía abierta, política monetaria.

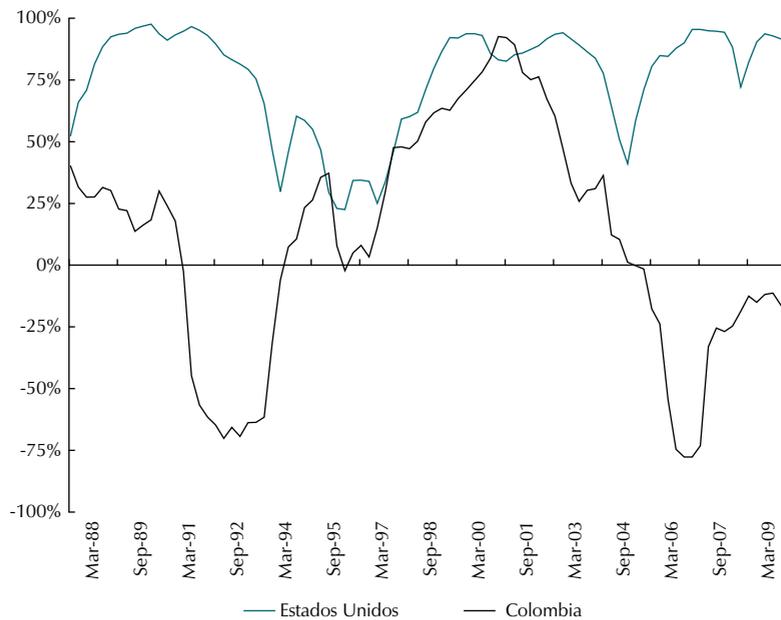
I. INTRODUCCIÓN

A diferencia de lo observado en economías desarrolladas, donde existe una relación estrecha entre el empleo y el producto, en Colombia dicha relación no es tan fuerte y además no se mantiene constante a lo largo del tiempo. Este hecho es ilustrado en el Gráfico 1, que muestra la correlación entre el componente cíclico del empleo y del producto para Colombia y los Estados Unidos, medidos usando el filtro Hodrick-Prescott. Se observa que para la economía estadounidense la correlación es siempre positiva y oscila alrededor del 75%, mientras que para Colombia esta correlación es inferior en promedio y toma valores negativos durante varios períodos. Explicar la razón del comportamiento observado en la correlación entre empleo y producto, para el caso colombiano, constituye uno de los objetivos del presente trabajo.

Vale la pena aclarar que la correlación reportada en el Gráfico 1 es no condicionada y, por tanto, su valor es función de las distintas perturbaciones que hayan afectado la economía. Para dar una explicación al cambio de signo en la correlación, que constituye una asimetría en el comportamiento de las dos series a lo largo del tiempo, se utilizan las funciones impulso-respuesta de modelos VAR estructurales y de un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico (DSGE), que permiten determinar el signo de la correlación entre el empleo y el producto, condicionada al tipo de perturbación que afecta la economía. Se encuentra, a partir de los impulsos-respuesta de los VAR estructurales, que la relación entre el empleo y el producto es distinta según se condicione a la presencia de choques tecnológicos o no tecnológicos, siendo negativa

para los primeros y positiva para los segundos. Dado lo anterior, cabe esperar que el signo de la correlación entre las dos variables pueda variar en el tiempo según el tipo de choque que domine el ciclo.

Gráfico 1
Coeficiente de correlación: empleo y producto



Nota: coeficiente de correlación entre el componente cíclico del empleo y el del producto. En cada trimestre se calcula el coeficiente de correlación entre ambas variables para las últimas 16 observaciones. Los datos son trimestrales desde 1988:1 hasta 2010:2. El componente cíclico de cada variable se obtiene utilizando el filtro Hodrick-Prescott sobre el logaritmo de la serie.
Fuente: cálculos de los autores.

También se encuentra que el desempleo disminuye ante los choques tecnológicos al analizar los impulsos respuesta de un VAR ampliado con dicha variable, esto ocurre tanto en impacto como en el largo plazo. Este resultado es congruente con lo reportado en Echavarría, López, Ocampo y Rodríguez (2011), donde se utiliza una estrategia diferente para identificar el choque tecnológico en un VAR para la economía colombiana.

Los hallazgos del estudio de los VAR estructurales son explicados utilizando un modelo DSGE, estimado para la economía colombiana usando métodos bayesianos. Se plantea un modelo nekeynesiano de economía abierta, como el de Adolfson, Laséen, Lindé y Villani (2008), al que se agregan fricciones en el mercado laboral, como las

de Blanchard y Galí (2010) y Galí (2010), que introducen la decisión de participación de los individuos en el mercado laboral y la existencia de desempleo involuntario en el equilibrio. Ampliar el modelo con estas fricciones es necesario para referirse directamente a los movimientos en el empleo y el desempleo, provocados tanto por choques de productividad como por otras perturbaciones propias de una economía pequeña y abierta. Además, ya que las fricciones en el mercado laboral le permiten al modelo observar el comportamiento de nuevas variables, se hace posible extraer información adicional de los datos al momento de identificar los choques tecnológicos.

En el documento se procede en tres pasos, primero se caracteriza la respuesta del producto y el empleo ante choques tecnológicos y no tecnológicos (sección dos), en la sección tres se plantea un modelo DSGE que incluye fluctuaciones endógenas en las tasas de empleo y desempleo, por último se estima el modelo propuesto y se simula. Los resultados son presentados en las secciones cuatro y cinco, respectivamente.

II. EVIDENCIA EMPÍRICA

El Gráfico 1 aporta información sobre el efecto neto de los choques que afectan la economía en algún período, sin embargo, este puede ser el resultado de un sinnúmero de combinaciones de choques. Para explicar qué causa la asimetría en el comportamiento del empleo y el producto, es necesario aislar la respuesta de las variables ante distintos choques, de esta forma es posible identificar aquellos que afectan la economía en algún período. De acuerdo con cómo sea el efecto de los choques sobre las series estudiadas, y según predomine un tipo u otro de choque, el signo de la correlación entre el empleo y el producto puede alterarse.

En esta línea, un primer paso para explicar el fenómeno observado en el Gráfico 1 es identificar la respuesta del empleo y el producto ante choques tecnológicos y no tecnológicos. Para lo cual se utilizan las funciones de impulso-respuesta de modelos VAR estructurales. Siguiendo a Galí (1996, 1999) se parte de un VAR bivariado entre productividad laboral y empleo. La representación de media móvil infinita del VAR es la siguiente:

$$\begin{bmatrix} \Delta x_t \\ \Delta n_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C^{11}(L) & C^{12}(L) \\ C^{21}(L) & C^{22}(L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \epsilon_{1,t} \\ \epsilon_{2,t} \end{bmatrix} \quad (1)$$

donde x_t denota el logaritmo de la productividad laboral definida como el producto sobre el nivel de empleo, n_t el logaritmo del empleo, $\epsilon_{i,t}$ una variable ruido blanco y $C^{ij}(L)$ un polinomio infinito en el operador de rezago L . El VAR es planteado en diferencias para poder capturar los cambios permanentes en la productividad laboral.

La estrategia de identificación es tomada de Galí (1996, 1999) y consiste en restringir el modelo (1) de tal forma que solo choques tecnológicos puedan tener efectos permanentes sobre la productividad laboral. Con este supuesto $C^{12}(1) = 0$, solo el choque $\epsilon_{1,t}$ puede afectar permanentemente la productividad laboral, y se clasifica como tecnológico, mientras que el segundo choque es por naturaleza no tecnológico. Es importante resaltar que el supuesto de identificación solo tiene implicaciones sobre los efectos de largo plazo de los choques en la productividad y no implica nada sobre la respuesta inmediata de las variables ni sobre el efecto de largo plazo de los choques en el empleo. Podría argumentarse que choques tecnológicos transitorios forman parte de $\epsilon_{2,t}$ y que por tanto, no puede hablarse de esta variable como choques no tecnológicos, esta posibilidad es revisada y descartada en Galí (1999) y en Galí y Rabanal (2005)¹.

El VAR descrito en (1) es estimado utilizando datos trimestrales de producto real desestacionalizado (DANE; Greco, 2002) y cantidad de empleados (Encuesta de Hogares

¹ La estrategia de identificación es compatible con cualquier modelo que cumpla las siguientes dos condiciones: a) la función de producción ($Y_t = F(K_t, A_t N_t)$) debe ser homogénea de grado uno y estrictamente cóncava y b) la razón entre cualquier insumo y el trabajo (en unidades efectivas) debe ser estacionaria, en particular $\frac{K_t}{A_t N_t}$ es estacionaria. En la anterior esquematización Y_t es el producto, K_t un insumo (por ejemplo, capital), N_t el empleo y A_t un proceso tecnológico exógeno que se supone sigue un proceso estocástico con una raíz unitaria. Uniendo ambas condiciones se tiene que la productividad laboral puede ser expresada de la siguiente forma:

$$\frac{Y_t}{N_t} = \frac{F(K_t, A_t N_t)}{N_t} = \frac{A_t N_t F\left(\frac{K_t}{A_t N_t}, 1\right)}{N_t} = A_t F\left(\frac{K_t}{A_t N_t}, 1\right)$$

De la anterior ecuación se hace claro que siendo $\frac{K_t}{A_t N_t}$ estacionaria la única fuente de perturbaciones permanentes en la productividad laboral es la tecnología A_t .

La estrategia de identificación utilizada ha sido controvertida por varios trabajos, entre ellos Christiano, Eichenbaum y Vigfusson (2003, 2004), Fisher (2006), Dedola y Neri (2007) y Chari, Kehoe y McGrattan (2008). A su vez, Francis y Ramey (2005), Galí y Rabanal (2005) y Basu, Fernald y Kimball (2006), entre otros, aportan argumentos sobre la validez empírica de las condiciones suficientes para la identificación.

para siete áreas metropolitanas)². Las observaciones se encuentran entre el primer trimestre de 1988 y el cuarto de 2009. El uso de la serie de empleados en vez de la serie de horas laboradas es motivada por evidencia para Colombia, presentada por Arango, Obando y Posada (2011) y por Parra (2008), que muestra que el ajuste del mercado laboral colombiano se lleva a cabo principalmente en el margen extensivo (cantidad de trabajadores) y no en el intensivo (horas trabajadas por empleado).

El Gráfico 2 presenta los impulsos-respuesta obtenidos tras la estimación con la estrategia de identificación descrita. En los paneles inferiores se reporta la respuesta de las variables ante el choque identificado como no tecnológico, tanto el empleo como el producto aumentan, de tal forma que la correlación entre ambos es positiva condicionando sobre el choque no tecnológico. En los paneles superiores se reporta la respuesta de las variables ante el choque identificado como tecnológico. Los resultados muestran que, mientras la productividad y el producto aumentan ante el choque, el empleo disminuye. Esto último implica una correlación negativa entre empleo y producto condicional al choque tecnológico. Resultados similares han sido encontrados para España y los países del G7³ (exceptuando al Japón) en Galí (1996, 1999); evidencia adicional para los Estados Unidos es reportada en Galí (2010) y una revisión completa de trabajos a favor y en contra de los resultados presentados es expuesta en Galí y Rabanal (2005).

Para identificar el efecto de choques tecnológicos sobre el desempleo y controlar los resultados del ejercicio anterior por los movimientos en la oferta laboral, se amplía el modelo de (1) con dicha variable. Agregar variables adicionales al modelo no altera la identificación del choque tecnológico (Christiano, Eichenbaum y Vigfusson, 2007), basta suponer que el primer choque (tecnológico) es ortogonal a los demás y que, además, es el único que puede tener efecto de largo plazo sobre la productividad laboral.

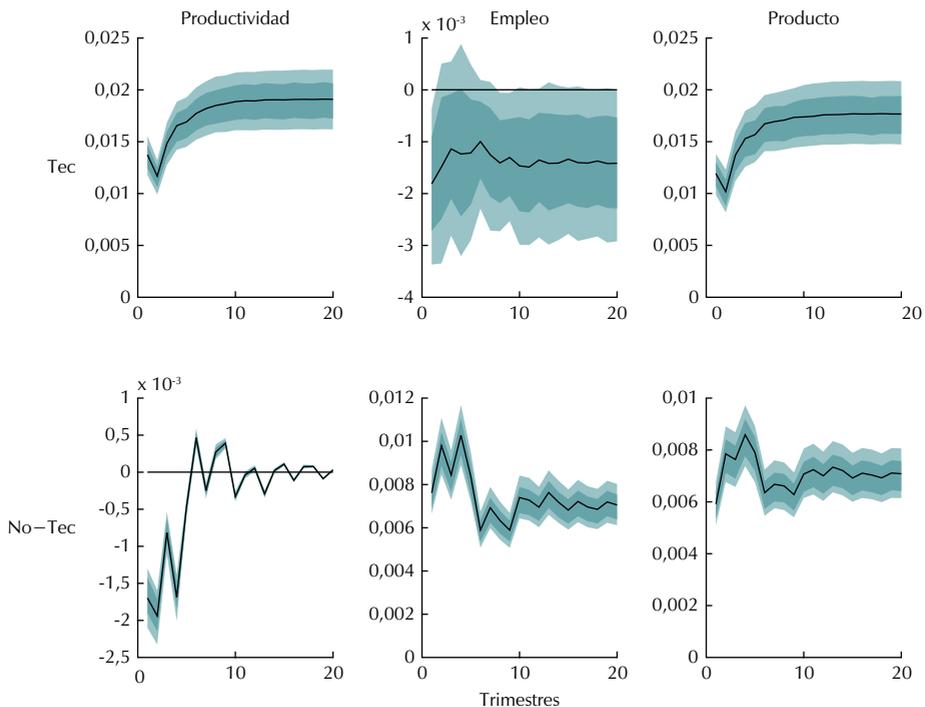
El Gráfico 3 presenta los impulsos-respuesta del modelo ampliado con desempleo ante el choque tecnológico. El resultado principal se mantiene en cuanto a la relación entre el empleo y el producto, la cual es negativa al impacto, tanto al 68% como al 90% de probabilidad. No obstante, los resultados cambian en dos aspectos. Primero,

2 Los resultados de la prueba ADF sobre las series utilizadas comprueba que estas son estacionarias en diferencias.

3 Estados Unidos de América, Canadá, Reino Unido, Francia, Alemania, Italia y Japón.

el empleo vuelve a cero en el largo plazo al controlar los resultados por el cambio en la fuerza laboral, como lo indica la región de alta densidad posterior al 68% de probabilidad. Segundo, es posible determinar el efecto sobre el desempleo de un choque tecnológico positivo. Se encuentra que el desempleo disminuye tanto en impacto como en el largo plazo, esto está en línea con los resultados para Colombia de Echavarría *et al.* (2011).

Gráfico 2
Impulsos-respuesta – VAR bivariado



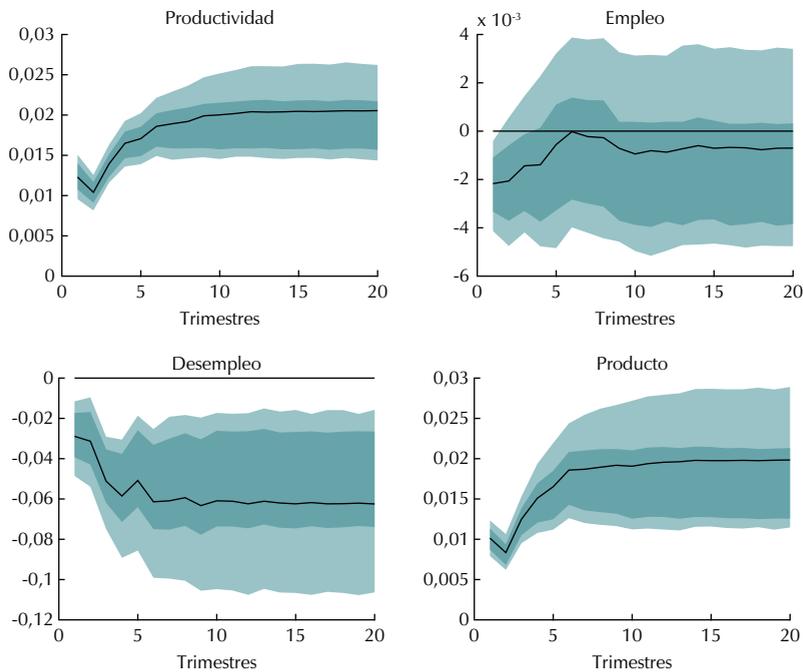
Nota: Se presentan los impulsos-respuesta para la productividad laboral, el empleo (en empleados) y el producto ante choques identificados como tecnológicos y no tecnológicos. Se reporta la media posterior y las regiones de alta densidad posterior al 68% y 90% de probabilidad. La estimación se realiza como en Koop (1992) y Kadiyala y Karlsson (1997) bajo la prior no informativa de Jeffreys (Jeffreys, 1961). Las regiones de alta densidad posterior (HPD, por sus siglas en inglés) son calculadas siguiendo el método de Chen y Shao (1998).

Fuente: cálculos de los autores.

Por último, y para verificar que los resultados encontrados no son sensibles a la especificación del VAR, se estiman cuatro modelos VAR alternativos que incluyen variables adicionales a las del modelo en (1). Todos los modelos son estimados usando el mismo supuesto de identificación ya expuesto para el choque tecnológico. Dos de los modelos adicionan una medida de agregado monetario real como *proxy*

del comportamiento de la demanda agregada: el primer modelo incluye la primera diferencia de la base monetaria real, el segundo incorpora la primera diferencia de *MI* real; ambas medidas de agregado monetario son deflactadas utilizando el índice de precios al consumidor (IPC). En el tercer modelo se agrega el precio de las materias primas importadas, con el objetivo de controlar el movimiento del empleo por el comportamiento de otros insumos variables ante el choque tecnológico. El precio de las materias primas es medido a través del índice de precios del productor IPP de bienes importados. Finalmente, siguiendo a Galí (1999), se estima una cuarta especificación con cinco variables, que incluye productividad, empleo, base monetaria real, la tasa de inflación del IPC y la tasa de interés real de los CDT a noventa días, todas en diferencias. En todas las especificaciones estimadas se utilizan los logaritmos de las series mencionadas. Todas las especificaciones del VAR presentan los mismos resultados con respecto al signo del efecto del choque tecnológico sobre el empleo. El Apéndice 2 contiene un resumen de estos resultados.

Gráfico 3
Impulsos-respuesta – VAR con desempleo



Nota: Se presentan los impulsos respuesta para la productividad laboral, el empleo, el desempleo y el producto ante un choque tecnológico. Se reporta la media posterior y las regiones de alta densidad posterior al 68% y 90% de probabilidad. La estimación se realiza como en Koop (1992) y Kadiyala y Karlsson (1997) bajo la prior no informativa de Jeffreys (Jeffreys, 1961). Las regiones de alta densidad posterior (HPD) son calculadas siguiendo el método de Chen y Shao (1998).
Fuente: cálculos de los autores.

III. MODELO

Los resultados expuestos permiten inferir que el comportamiento de la correlación entre el empleo y el producto observada a través del tiempo, puede estar explicado por el tipo de choque que gobierne el ciclo económico en cada momento. En esta sección se presenta un modelo capaz de recrear las dinámicas del empleo y el producto ante un choque tecnológico que, además, nos permite estudiar la respuesta de la oferta laboral y el desempleo ante choques estructurales tecnológicos y no tecnológicos. Entre estos últimos se tienen, por ejemplo, choques de demanda interna, de política monetaria y choques típicos de economías abiertas como son movimientos en la demanda externa, el precio de los bienes y materias primas importadas, entre otros.

El modelo planteado es de tipo neo-keynesiano ajustado para caracterizar una economía pequeña y abierta que incorpora fricciones en el mercado laboral basadas en los trabajos de Blanchard y Galí (2010) y Galí (2010). Estas fricciones permiten la existencia de desempleados en el equilibrio y una oferta laboral que refleja la decisión de participación de los individuos. El modelo presentado no muestra los ajustes en el margen intensivo del mercado laboral (horas), siguiendo los resultados de los trabajos de Arango *et al.* (2011) y Parra (2008), en los cuales se evidencia que el ajuste del mercado laboral colombiano se da fundamentalmente en el margen extensivo.

Por último, es importante resaltar que muchos modelos son capaces de reproducir la respuesta del trabajo (medido en horas) ante un choque tecnológico. En particular, el modelo neo-keynesiano, con rigideces de precios, no tiene problemas para recrear estos resultados (Galí, 1999), tampoco los tiene un modelo de ciclos económicos reales (RBC, por sus siglas en inglés), al ampliarlo con suficientes rigideces reales sobre la demanda agregada (Smets y Wouters, 2007). Sin embargo, y como es reseñado en la literatura, el modelo RBC estándar es incapaz de reproducir este hecho, aunque es posible alterar la parametrización de forma que el modelo reproduzca los resultados presentados en el Gráfico 2, por ejemplo, al aumentar la aversión relativa al riesgo de los consumidores. No obstante, como se muestra en el Apéndice 1, estos cambios implican que el efecto ingreso del salario prima sobre el efecto sustitución en la decisión de oferta de trabajo de los hogares, de esta forma, se estaría generando una curva de oferta de trabajo con pendiente negativa, lo que a su vez propicia la caída en el empleo ante el choque de productividad.

A continuación se presentan los elementos centrales del modelo. Un diagrama que resume los flujos de este y el listado de las variables y del conjunto de ecuaciones que caracterizan el equilibrio se encuentran en el Apéndice 3.

A. HOGARES

El hogar representativo está compuesto por un continuo de medida unitaria de individuos de los cuales N_t están empleados, U_t buscan empleo y el resto están fuera de la oferta laboral. La oferta laboral se define como $F_t = N_t + U_t$. El hogar le ofrece a cada individuo un seguro de consumo, que garantiza un nivel de consumo homogéneo entre los miembros del hogar, independientemente de su nivel de ingreso. Vale la pena anotar que el nivel de consumo del individuo es independiente de su situación laboral, pese a ello se ve afectado por la situación laboral del hogar.

En cada período, el hogar decide la oferta laboral, la deuda externa a acumular, cuántos bonos internos demandar, el nivel de consumo y la composición de este último entre bienes importados y domésticos. La canasta de consumo final (C_t) está dada por:

$$C_t = \left[(1-a)^{\frac{1}{b}} C_{H,t}^{\frac{b-1}{b}} + a^{\frac{1}{b}} C_{F,t}^{\frac{b-1}{b}} \right]^{\frac{b}{b-1}} \quad (2)$$

donde $C_{H,t}$ es, a su vez, una canasta de bienes nacionales compuesta por bienes provenientes de todas las firmas productoras de bienes finales. Esto es,

$$C_{H,t} = \left[\int_0^1 (C_{H,t}(j))^{\frac{\epsilon-1}{\epsilon}} dj \right]^{\frac{\epsilon}{\epsilon-1}}$$

donde $C_{H,t}(j)$ es el consumo del bien producido por la j -ésima firma. De igual forma, $C_{F,t}$ es una canasta de bienes importados compuesta por bienes provenientes de todos los intermediarios de bienes de consumo. Dada

$$C_{F,t} = \left[\int_0^1 (C_{F,t}(j))^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} dj \right]^{\frac{\kappa}{\kappa-1}}$$

donde $C_{F,t}(j)$ es la demanda por bienes de la j -ésima firma importadora de bienes de consumo. Los parámetros b , ϵ y κ son medidas de elasticidad entre los componentes de las respectivas canastas, el parámetro a mide la participación de los bienes importados en la canasta de consumo.

El problema del hogar consiste entonces en maximizar la suma descontada de su utilidad sujeto a una serie de restricciones presupuestales. La restricción presupuestal nominal en cada período está dada por:

$$P_{H,t}C_{H,t} + P_{F,t}C_{F,t} + B_t + s_t i_{t-1}^* B_{t-1}^* \leq \int_0^1 W_t(j) N_t(j) dj + i_{t-1} B_{t-1} + s_t B_t^* + s_t Tr_t^* + \Xi_t \quad (3)$$

donde los gastos del hogar están discriminados por la compra de bienes de consumo, bonos nacionales (B_t) y pago del servicio de deuda externa, siendo s_t la tasa de cambio nominal, i_t^* la tasa de interés nominal externa bruta y B_t^* la deuda externa de la economía en moneda extranjera. Los ingresos laborales están definidos por $\int_0^1 W_t(j) N_t(j) dj$, donde j es un índice que varía en el espacio de las firmas de bienes intermedios, $W_t(j)$ es el salario pagado por la j -ésima firma y $N_t(j)$ la cantidad de individuos del hogar empleados en dicha firma, $W_t(j)$ y $N_t(j)$ no son necesariamente iguales entre firmas por la presencia de rigideces nominales de salarios. El hogar también obtiene ingresos por los intereses de los bonos nacionales —los cuales pagan una tasa de interés bruta i pactada en el período de compra—, por la contratación de deuda externa y por las transferencias provenientes del exterior (Tr_t^*), además de una medida de ingresos de cuantía fija (Ξ_t) en la que se incluyen impuestos, beneficios de las firmas, entre otros.

La utilidad instantánea del hogar está dada por:

$$U_t = Z_{u,t} \frac{(C_t - h\bar{C}_{t-1})^{1-\sigma}}{1-\sigma} - Z_{l,t} \chi \frac{L_t^{1+\eta}}{1+\eta} \quad (4)$$

donde \bar{C}_{t-1} es el consumo agregado del período anterior, $Z_{u,t}$ y $Z_{l,t}$ son procesos exógenos que afectarán la utilidad marginal del consumo o del esfuerzo laboral y L_t es una medida de esfuerzo laboral definida como:

$$L_t = N_t + \psi U_t \quad (5)$$

Nótese que la utilidad del hogar se verá afectada negativamente tanto por la cantidad de empleados como por los buscadores de empleo. Esto es, el trabajo como la búsqueda del mismo implicarán esfuerzo para los individuos y, por tanto, desutilidad para el hogar. El costo para el hogar de un buscador relativo al costo de un trabajador

está dado por ψ . En cuanto a los demás parámetros: σ determina la aversión relativa al riesgo, η es una medida de la sensibilidad del esfuerzo laboral ante cambios en el salario y χ es un parámetro de escala de la utilidad.

B. INTERMEDIARIOS

El modelo incluye dos tipos de intermediarios. Estos compran bienes de consumo ($C_{F,t}^*$) o materias primas (RM_t^*) en los mercados internacionales a precios dados por $P_{F,t}^*$ y $P_{RM,t}^*$, posteriormente los diferencian y los venden en el interior a los hogares y a una firma empaquetadora de materias primas. La tecnología de diferenciación para cada firma j es lineal. Esto es, $C_{F,t}(j) = C_{F,t}^*(j)$ y $RM_t(j) = RM_t^*(j)$. La firma empaquetadora compra materias primas de todos los intermediarios y produce un bien homogéneo de materias primas (RM_t). Este bien es comprado por las firmas productoras de bienes intermedios a un precio $P_{rm,t}$. La tecnología de la firma empaquetadora

se representa por la siguiente función de agregación: $RM_t = \left[\int_0^1 (RM_t(j))^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} dj \right]^{\frac{\kappa}{\kappa-1}}$,

donde κ es una medida de elasticidad de sustitución entre las materias primas producidas por cada intermediario.

Los intermediarios compran sus insumos en mercados competitivos pero operan en competencia monopolística al momento de vender. Se supone, además, que enfrentan rigideces de precios como las presentadas en Calvo (1983). Esto implica que los intermediarios de bienes de consumo pueden ajustar óptimamente sus precios con probabilidad $(1 - \theta_F)$; de forma similar $(1 - \theta_{rm})$ da la probabilidad de que un intermediario de materias primas ajuste óptimamente su precio. Los intermediarios reciben además un subsidio (τ_F) sobre sus costos, diseñado para contrarrestar los efectos de la competencia monopolística sobre el nivel de contratación de insumos.

El problema de un importador de materias primas y de un importador de bienes de consumo es equivalente, y consiste en maximizar el valor presente de sus beneficios sujeto a la demanda por su bien, la cual es obtenida del problema de los hogares o de la firma empaquetadora de materias primas.

$$\text{Max}_{P_{F,t}(j)} \sum_{i=0}^{\infty} \theta_F^i \Lambda_{t,t+i} \left(P_{F,t+i}(j) C_{F,t+i}(j) - (1 - \tau_F) s_{t+i} P_{F,t+i}^* C_{F,t+i}^*(j) \right) \quad (6)$$

C. FIRMAS

La cadena productiva en el modelo se da en dos etapas. En la primera, un continuo de firmas, que operan en competencia perfecta, utiliza materias primas y trabajo para producir un bien intermedio. En la segunda etapa, el bien intermedio es comprado por un continuo de firmas productoras de bienes finales, estas últimas operan en competencia monopolística y enfrentan rigideces de precios como en Calvo (1983).

Las firmas productoras del bien intermedio deben decidir su demanda de materias primas y la cantidad de nuevas contrataciones que deben realizar para alcanzar el *stock* de empleados que desean. El problema de estas firmas se resume a través de las siguientes ecuaciones:

$$\underset{RM_t(j), N_t(j)}{\text{Máx}} \quad \mathcal{E}_t \left\{ \sum_{i=0}^{\infty} \Lambda_{t,t+i} \left[P_{t+i}^I Y_{t+i}^I(j) - W_{t+i}(j) N_{t+i}(j) - P_{rm,t+i} RM_{t+i}(j) - P_{H,t+i} G_{t+i} H_{t+i}(j) \right] \right\}$$

$$\text{s.a} \quad Y_t^I(j) = A_t (RM_t(j))^{\nu} (N_t(j))^{\alpha}$$

$$N_t(j) = (1 - \delta) N_{t-1}(j) + H_t(j)$$

donde P_t^I es el precio del bien intermedio, Y_t^I es la cantidad producida de bien intermedio, RM_t es la cantidad de materias primas, G_t es el costo por contratación, H_t es la cantidad de contrataciones, y A_t es un proceso tecnológico exógeno que sigue un proceso estacionario. La variable $\Lambda_{t,t+i}$ hace referencia al factor de descuento estocástico de los hogares i períodos adelante⁴. El parámetro δ es la tasa de separación de empleados, cada período una fracción δ de los empleados de cada firma es separada de su empleo. Nótese que el salario que enfrenta cada firma puede ser distinto, esto se debe a que el salario es determinado en un proceso de negociación sujeto a rigideces como las mostradas en Calvo (1983).

En equilibrio, cada firma decide contratar nuevos empleados hasta el punto en el cual iguala el costo marginal de una contratación adicional con el beneficio marginal de dicha contratación. El beneficio está dado por el valor del producto marginal del

4 El factor de descuento estocástico i períodos adelante se define como $\Lambda_{t,t+i} = \beta^i \frac{U_c(C_{t+i})}{U_c(C_t)}$.

trabajo ($PMG_{N,t}$). Por su parte, el costo marginal tiene dos componentes, primero está el pago salarial que se debe dar al nuevo trabajador, por otro lado está el costo de contratación, descontando el costo que se ahorraría en el futuro por no tener que volver a contratar al trabajador. El costo por contratación debe pagarse en unidades del bien final doméstico, valorado al precio P_H . Así, la decisión de contratación está dada por:

$$PMG_{N,t} = W_t(j) + P_{H,t}G_t - \mathcal{E}_t \{ \Lambda_{t,t+1} (1 - \delta) P_{H,t+1} G_{t+1} \} \quad (7)$$

Como se menciona arriba, las firmas productoras de bienes finales enfrentan rigideces de precios como en Calvo (1983), de tal forma que cada período puede ajustar óptimamente sus precios solo si reciben una señal estocástica que llega con probabilidad $(1 - \theta_p)$. El problema de las firmas que pueden optimizar sus precios consiste en decidir el precio que maximice el valor presente de sus beneficios, sujetas a la demanda del hogar por el tipo de bien que producen. Ya que el único insumo es el bien intermedio, el costo marginal nominal será igual al precio de dicho bien ajustado por un subsidio diseñado para contrarrestar las distorsiones que genera la competencia monopolística. En cuanto a las firmas que no pueden optimizar su precio, su problema se reduce a suplir la demanda del hogar por su tipo de bien, manteniendo el mismo precio del período anterior.

D. COSTOS DE CONTRATACIÓN Y NEGOCIACIÓN DE SALARIOS

La cantidad de empleados la determinan las firmas al decidir las contrataciones, pues la separación es exógena. Cada contratación está sujeta a un costo (G_t) que depende positivamente de la congestión del mercado laboral (X_t), dada por la razón entre el total de contrataciones (H_t) y el total de buscadores de empleo al inicio del período ($U_{0,t}$). La función de costos de contratación está dada por:

$$G_t = \Gamma X_t^\gamma \quad (8)$$

El esquema utilizado para introducir fricciones en el mercado laboral, mediante costos de contratación para las firmas, es equivalente al esquema de búsqueda planteado por Mortensen y Pissarides (1994); sin embargo, no incluye de manera explícita la función de encuentros o las vacantes publicadas por las firmas que buscan empleados. Las fricciones introducidas hacen del empleo dentro de cada firma, y en el hogar, variables

stock de tal forma que el ajuste en la cantidad de empleados se dará de forma paulatina, a diferencia de lo que sucede en el esquema usual que, en ausencia de las fricciones aquí introducidas, realiza el ajuste del mercado laboral de forma instantánea.

Se supone que los salarios son fijados mediante negociación, como es usual en la literatura de búsqueda. La negociación se efectúa sobre el salario nominal y será modelada mediante la maximización del producto de Nash entre el valor de un trabajador para el hogar y el valor para la firma que lo ha contratado. Se supone, además, que la negociación está sujeta a rigideces que actúan sobre las firmas, de forma que en cada período cada firma recibe una señal estocástica que le indica si puede o no renegociar el salario que paga a sus empleados. La señal de renegociación llega con probabilidad $(1 - \theta_w)$. Las firmas que no pueden renegociar el salario mantienen fijo el salario nominal del período anterior, las que sí pueden hacerlo, lo harán con todos sus empleados. Si un empleado es contratado en un período sin negociación, se le pagará el salario vigente en la firma.

Tanto el hogar como la firma son conscientes de la rigidez sobre la negociación y la incorporan en la definición del valor que asignan a un empleado adicional. Siguiendo a Galí (2010) se presentan a continuación las funciones valor para el hogar y la firma. En la ecuación (9) se define el valor neto —o excedente— para el hogar de un empleado en el período $t + k$ en la firma j , ya que su salario fue fijado en el período t . El excedente se determina como la diferencia entre el valor de tener un empleado en dicha firma y el valor de un desempleado. A su vez, la ecuación (10) define el valor de un empleado en el período $t + k$ en la firma j , dado que su salario fue fijado en el período t , y la ecuación (11) define el valor de un desempleado para cualquier período.

$$S_{t+k|t}^H(j) = \mathcal{V}_{t+k|t}^N(j) - \mathcal{V}_{t+k}^U \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \mathcal{V}_{t+k|t}^N(j) = & \frac{W_t(j)}{P_{t+k}} - \text{TMS}_{t+k} \\ & + \mathcal{E}_{t+k} \left\{ \Lambda_{t+k,t+k+1} \left[(1-\delta)(\theta_w \mathcal{V}_{t+k+1|t}^N(j) + (1-\theta_w) \mathcal{V}_{t+k+1|t+k+1}^N(j)) + \delta \mathcal{V}_{t+k+1}^U \right] \right\} \end{aligned} \quad (10)$$

$$\mathcal{V}_t^U = X_t \bar{\mathcal{V}}_t^N + (1 - X_t) \left[-\psi \text{TMS}_t + \mathcal{E}_t \left\{ \Lambda_{t,t+1} \mathcal{V}_{t+1}^U \right\} \right] \quad (11)$$

El valor que el hogar asigna a un individuo empleado, está dado por el salario que recibe (fijado en el período t) descontando el costo en términos de utilidad

de trabajar, medido por la tasa marginal de sustitución entre trabajo y consumo $\left(\text{TMS}_t = -\frac{\partial \mathcal{U}_t / \partial L_t}{\partial \mathcal{U}_t / \partial C_t} \partial L_t / \partial N_t \right)$. Se tiene en cuenta que en el siguiente período el individuo puede permanecer empleado, con probabilidad $(1 - \delta)$, o entrar al desempleo, con probabilidad δ . Si el individuo permanece empleado, el aporte al hogar variará según la firma pueda o no ajustar salarios óptimamente. Si el individuo entra al desempleo, el hogar percibirá el valor que asigna a un desempleado en el siguiente período.

Un individuo que está desempleado en algún período puede conseguir trabajo con probabilidad X_t^5 , en caso que lo consiga, el hogar percibirá el valor promedio que asigna a que ese individuo esté empleado⁶. En caso que el individuo no consiga empleo, el hogar percibirá el costo de tener un buscador adicional, medido por la tasa marginal de sustitución entre buscadores y consumo (ψTMS_t) , además, el individuo permanecerá desempleado hasta el siguiente período por lo que se adiciona el valor presente del valor de un desempleado un período adelante.

Teniendo en cuenta que el hogar puede decidir sobre cuántos de sus individuos participan en el mercado laboral, se tiene que el valor de un buscador adicional debe ser cero en equilibrio (i. e. $\forall_t \mathcal{V}_t^U = 0$). Si el valor de un buscador adicional es positivo, el hogar aumentará la participación y, por tanto, la cantidad de desempleados, esto disminuye la congestión X_t , haciendo menor la probabilidad de obtener un empleo. Este cambio en la ponderación de los elementos de \mathcal{V}_t^U disminuye el valor de un buscador adicional, hasta que la entrada de nuevos participantes lo hace cero. El proceso inverso ocurre si el valor de \mathcal{V}_t^U es negativo. Al igualar el valor de un desempleado adicional a cero el hogar enviará individuos a buscar empleo hasta el punto en que el costo marginal de hacerlo, dado por la pérdida de utilidad asociada, sea igual a los beneficios que espera recibir en la eventualidad en que el individuo encuentre trabajo.

⁵ X_t mide la congestión del mercado, al estar definida como la razón entre el total de contrataciones y el total de buscadores, puede reinterpretarse como la probabilidad que tiene un buscador de conseguir empleo.

⁶ El valor promedio de estar empleado se define como un promedio ponderado del valor de estar empleado en la firma j , donde el ponderador es la probabilidad de estar empleado en esa firma dado que el individuo va a ser contratado. Así se tiene: $\bar{\mathcal{V}}_t^E = \int_0^1 \frac{H_t(j)}{H_t} \mathcal{V}_t^E(j) dj$.

Incorporando la decisión óptima de participación, el excedente del hogar de tener un empleado adicional se reduce a:

$$S_{t+k|t}^H(j) = \frac{W_t(j)}{P_{t+k}} - \text{TMS}_{t+k} + \mathcal{E}_{t+k} \left\{ \Lambda_{t+k,t+k+1} \left[(1-\delta)(\theta_w S_{t+k+1|t}^H(j) + (1-\theta_w) S_{t+k+1|t+k+1}^H(j)) \right] \right\} \quad (12)$$

Iterando la expresión hacia adelante y evaluando en $k = 0$ se tiene el valor que asigna el hogar a un individuo en la firma j al momento de la negociación, el cual está dado por la ecuación (13).

$$S_{t|t}^H(j) = \mathcal{E}_t \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} ((1-\delta)\theta_w)^k \Lambda_{t,t+k} \left(\frac{W_t(j)}{P_{t+k}} - \text{TMS}_{t+k} \right) \right\} + (1-\delta)(1-\theta_w) \mathcal{E}_t \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} ((1-\delta)\theta_w)^k \Lambda_{t,t+k+1} S_{t+k+1|t+k+1}^H(j) \right\} \quad (13)$$

En cuanto a la firma, el valor de un empleado (ya contratado) se define por la diferencia entre el valor de su producto marginal ($\text{PMG}_{N,t}$) y el salario real que se le paga, más el flujo futuro de beneficios que recibirá la firma si el trabajador no es separado de su empleo. En este punto se tiene en cuenta que el salario se mantendrá inalterado con probabilidad θ_w . El valor de un empleado es entonces:

$$S_{t+k|t}^F(j) = \text{PMG}_{N,t+k|t}(j) - \frac{W_t(j)}{P_{t+k}} + (1-\delta) \mathcal{E}_t \left\{ \Lambda_{t+k,t+k+1} (\theta_w S_{t+k+1|t}^F(j) + (1-\theta_w) S_{t+k+1|t+k+1}^F(j)) \right\} \quad (14)$$

De nuevo, al iterar y evaluar en $k = 0$ se tiene el valor que la firma j asigna a un empleado en el momento de la negociación. Este se presenta en la ecuación (15).

$$S_{t|t}^F(j) = \mathcal{E}_t \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} ((1-\delta)\theta_w)^k \Lambda_{t,t+k} \left(\frac{W_t(j)}{P_{t+k}} - \text{MRS}_{t+k|t} \right) \right\} + (1-\delta)(1-\theta_w) \mathcal{E}_t \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} ((1-\delta)\theta_w)^k \Lambda_{t,t+k+1} S_{t+k+1|t+k+1}^F(j) \right\} \quad (15)$$

Dados los valores que asignan el hogar y la firma a un empleado el salario, se determinan solucionando el siguiente problema:

$$\text{Máx}_{w_t(j)} \left(S_{t/t}^H(j) \right)^{1-\xi} \left(S_{t/t}^F(j) \right)^\xi \quad (16)$$

donde ξ es el poder de negociación relativo de las firmas.

E. CUENTAS NACIONALES

El producto interno bruto (PIB) (GDP_t) se define como:

$$GDP_t = C_t + \frac{P_{H,t}}{P_t} E_t - M_t + \frac{P_{H,t}}{P_t} G_t H_t + \frac{P_{H,t}}{P_t} Z_t^y \quad (17)$$

donde C_t es el consumo total de los hogares, E_t las exportaciones, M_t las importaciones totales —que incluyen bienes de consumo y materias primas—, $G_t H_t$ son los costos totales de contratación y Z_t^y es una variable exógena que representa el gasto público y la inversión. Además, para asegurar el equilibrio en el mercado de bienes, se tiene que la cantidad de bien final (Y_t) debe ser igual a sus usos, a saber: consumo nacional, exportaciones, pago de costos de contratación y los usos comprendidos en la variable Z_t^y .

$$Y_t = C_{H,t} + E_t + G_t H_t + Z_t^y \quad (18)$$

La identidad de la balanza de pagos está dada por:

$$M_t - \frac{P_{H,t}}{P_t} E_t = Q_t b_t^* - Q_t \frac{i_{t-1}^*}{P_t^*} b_{t-1}^* + Q_t tr_t^* \quad (19)$$

siendo Q_t la tasa de cambio real, π_t^* la inflación externa y definiendo a $b_t^* = \frac{B_t^*}{P_t^*}$ y a $tr_t^* = \frac{Tr_t^*}{P_t^*}$ como la cantidad real de deuda externa y de transferencias, deflactadas por el índice de precios externo (P_t^*).

Las importaciones totales se definen como:

$$M_t = Q_t \frac{P_{F,t}^*}{P_t^*} C_{Ft}^* + Q_t \frac{P_{rm,t}^*}{P_t^*} RM_t^* \quad (20)$$

F. VARIABLES EXTERNAS

El bien final nacional es demandado en el exterior, esta demanda por exportaciones se ve afectada por el precio del bien doméstico, negativamente, y por la demanda global, positivamente. El precio del bien nacional es ajustado por la tasa de cambio y deflactado por el índice de precios extranjero para hacerlo comparable con otros precios en el exterior. La demanda está dada entonces por:

$$E_t = \left(\frac{P_{H,t}/s_t}{P_t^*} \right)^{-\alpha} C_t^* \quad (21)$$

Seguindo a Schmitt-Grohe y Uribe (2003), la tasa de interés que enfrentan los hogares en el exterior está dada por:

$$i_t^* = \bar{i}^* e^{\Omega \left(\frac{Q_t^*}{\text{GDP}_t} - \overline{FY} \right)} Z_{i^*,t} \quad (22)$$

donde \bar{i}^* es el nivel de estado estacionario de la tasa de interés externa, \overline{FY} determina la razón de largo plazo entre deuda y PIB, Ω mide la sensibilidad de la tasa de interés externa a desviaciones de la razón deuda externa a producto de su nivel de largo plazo, y $Z_{i^*,t}$ son los choques a la prima de riesgo que se suponen exógenos.

G. POLÍTICA MONETARIA Y VARIABLES EXÓGENAS

La autoridad monetaria sigue una regla de Taylor que responde a la inflación y a la desviación del producto de su estado estacionario. La regla está dada en forma log-lineal por:

$$\tilde{i}_t = \rho_i \tilde{i}_{t-1} + (1 - \rho_i) [\phi_\pi \tilde{\pi}_t + \phi_y \tilde{gdp}_t] + \epsilon_i \quad (23)$$

Las variables exógenas del modelo $\left(A_t, Z_{u,t}, Z_{l,t}, Z_t^y, \text{Tr}_t^*, C_t^*, Z_{i^*,t}, \frac{P_{rm,t}^*}{P_t^*}, \frac{P_{F,t}^*}{P_t^*} \right)$ siguen procesos autorregresivos de orden 1. La persistencia de cada proceso está dada por el parámetro ρ_x , donde x indica la variable.

IV. ESTIMACIÓN Y CALIBRACIÓN

En esta sección se describe el proceso de estimación y calibración del modelo y los valores encontrados para los parámetros.

La estimación se realiza utilizando métodos bayesianos empleando Dynare (Adjemian *et al.*, 2011). Los datos usados son trimestrales y comprenden el período 1994:1 y 2010:2. El conjunto de variables incluidas en la estimación está compuesto por la tasa de crecimiento del PIB real y del consumo privado, la tasa de interés nominal (TIB), la inflación del IPC, la tasa de crecimiento del salario real, la inflación del precio de las materias primas, la inflación externa y de bienes importados, la tasa de crecimiento de la demanda externa, la tasa de crecimiento de las transferencias, la tasa de interés externa y, por último, los datos para el empleo, el desempleo y la oferta laboral (PEA) tomados de la Encuesta de Hogares para siete ciudades. El salario real es tomado como el índice de salarios reales de la industria manufacturera con trilla de café. El precio de las materias primas es tomado como el IPP de bienes importados. Las inflaciones externas provienen de datos del Fondo Monetario Internacional (FMI) ponderados según participación en importaciones. La demanda externa es aproximada como un promedio de producción de socios comerciales. La tasa de interés de la deuda se toma como la tasa libor en dólares a tres meses más el EMBI (Emerging Markets Bond Index) para Colombia.

Los parámetros estimados son aquellos que gobiernan las rigideces nominales del modelo (θ_i)⁷, los parámetros de la función de utilidad (h, η, ψ), el poder de negociación relativo de las firmas (ξ) y la tasa de separación de empleados (δ), por último se incluyen los parámetros de persistencia de las variables exógenas y las varianzas de los choques.

Las distribuciones prior elegidas para los parámetros son resumidas en el Cuadro 1. Sobre estas distribuciones se destacan algunos hechos: primero, la media prior sobre la rigidez que afecta a los intermediarios es mayor que la de los precios internos y los salarios, en línea con la evidencia para Colombia de un *pass-through* imperfecto entre la tasa de cambio y los precios internos. Segundo, el valor de la media del parámetro η es tomado de los resultados obtenidos en Prada y Rojas (2010).

7 El subíndice “i” representa precios, materias primas, importadores o salarios, según sea al caso.

Cuadro 1 Distribuciones prior

Parámetro	Descripción	Distribución	Media	Desv. est.
σ_i	Desviación estándar choque "i"	Gama inv.	0,0125	∞
ρ_j	Persistencia choque "j"	Beta (0,1)	0,5	0,15
θ_i	Rigidez de precios o de salarios	Beta (0,1)	0,5	0,15
θ_i	Rigidez de precios de importados o materias primas	Beta (0,1)	0,75	0,15
h	Hábito en el consumo	Beta (0,1)	0,75	0,10
η	Inverso de la elasticidad de oferta laboral	Gama	3	0,5
ψ	Desutilidad relativa de desempleados	Gama	1	0,5
ξ	Poder de negociación relativo de las firmas	Beta (0,1)	0,5	0,15
δ	Tasa de separación de empleos	Beta (0,1)	0,1	0,025

Los resultados de la estimación se presentan en el Cuadro 2 y el Gráfico 4. Se evidencia, primero —sobre los parámetros que gobiernan las rigideces nominales del modelo—, que en línea con lo encontrado por Bonaldi, González y Rodríguez (2011), la rigidez nominal en el mercado de bienes es menor que la rigidez en el mercado laboral (*i. e.*, $\theta_p = 0,20$, $\theta_w = 0,55$), la mayor rigidez de los salarios nominales hace al salario real más sensible ante cambios en la inflación, esto a su vez altera los incentivos de contratación en el modelo. Continuando con las rigideces nominales, la rigidez de los intermediarios (particularmente en los de bienes de consumo, $\theta_f = 0,63$) indica un bajo *pass-through* de los precios externos a los internos, así, es de esperarse que los choques exógenos sobre los precios de materias primas y bienes importados no tengan mayor efecto sobre las variables del modelo.

En cuanto a los demás parámetros, el valor estimado para el hábito ($h = 0,25$) está en línea con el encontrado en Bonaldi *et al.* (2011), su valor, aunque no muy alto, lleva al modelo a presentar movimientos suaves en el consumo, siendo este el principal componente de la demanda agregada, se tiene que esta no sufrirá cambios drásticos ante choques, tal hecho, como ya se mencionó, será clave para explicar la respuesta del empleo ante choques tecnológicos. En cuanto al esfuerzo laboral, el parámetro ψ , que mide el peso relativo de los buscadores respecto a los empleados en el esfuerzo laboral, toma un valor inferior a 1, lo que significa que un buscador implica menos esfuerzo para el hogar que un empleado. El costo de tener un buscador adicional influencia las decisiones de participación de los hogares en el mercado laboral, al ser bajo (relativo al costo de un empleado) el hogar "tolera" con mayor facilidad situaciones que aumenten el desempleo. Lo anterior no significa que el hogar prefiera el estado de desempleo, recuérdese que el valor de un desempleado adicional para el

hogar es cero en equilibrio ($\mathcal{V}_t^U = 0$) y que el valor neto para el hogar de un trabajador adicional es siempre positivo ($\mathcal{S}_t^H > 0$).

Cuadro 2
Resultados de la estimación

Parámetro	Símbolo	Prior		Posterior			HPD 90%	
		Media	SD	Media	Moda	SD	Inf.	Sup.
Rigidez precios domésticos	θ_p	0,50	0,15	0,202	0,213	0,056	0,117	0,285
Rigidez negociación salarios	θ_w	0,50	0,15	0,549	0,565	0,063	0,439	0,658
Rigidez precios materias primas	θ_m	0,75	0,15	0,272	0,274	0,050	0,190	0,352
Rigidez precios bienes importados	θ_f	0,75	0,15	0,634	0,658	0,107	0,477	0,799
Hábito en el consumo	h	0,75	0,10	0,250	0,240	0,055	0,162	0,338
Inverso de la elasticidad de oferta laboral	η	3,00	0,50	4,585	4,531	0,557	3,655	5,548
Desutilidad relativa de desempleados	ψ	1,00	0,50	0,413	0,401	0,080	0,281	0,545
Poder de negociación relativo de las firmas	ξ	0,50	0,15	0,162	0,161	0,044	0,092	0,233
Tasa de separación de empleos	δ	0,10	0,025	0,014	0,014	0,001	0,012	0,017
Persistencia choque tecnológico	ρ	0,50	0,15	0,891	0,900	0,023	0,850	0,931
Persistencia choque de transferencias	ρ_{tr}	0,50	0,15	0,165	0,145	0,064	0,061	0,260
Persistencia choque precio materias primas	ρ_m	0,50	0,15	0,958	0,969	0,018	0,928	0,988
Persistencia choque precio importados	ρ_f	0,50	0,15	0,937	0,944	0,021	0,903	0,970
Persistencia choque de inflación externa	ρ_{π^*}	0,50	0,15	0,660	0,675	0,070	0,546	0,776
Persistencia choque de prima de riesgo	ρ_i^*	0,50	0,15	0,781	0,793	0,031	0,727	0,835
Persistencia choque de demanda externa	ρ_c^*	0,50	0,15	0,597	0,598	0,087	0,454	0,736
Persistencia choque utilidad-consumo	ρ_{z_u}	0,50	0,15	0,367	0,373	0,088	0,227	0,500
Desv. est. choque tecnológico	σ	0,0125	∞	0,006	0,006	0,001	0,005	0,007
Desv. est. choque de política	σ_i	0,0125	∞	0,015	0,015	0,001	0,013	0,018
Desv. est. choque precio materias primas	σ_m	0,0125	∞	0,043	0,042	0,005	0,035	0,051
Desv. est. choque a las transferencias	σ_{tr}	0,0125	∞	0,179	0,175	0,016	0,153	0,205
Desv. est. choque precio importados	θ_f	0,0125	∞	0,002	0,002	0,000	0,002	0,003

Cuadro 2 (continuación)
Resultados de la estimación

Parámetro	Símbolo	Prior		Posterior			HPD 90%	
		Media	SD	Media	Moda	SD	Inf.	Sup.
Dev. est. choque a la inflación externa	σ_{π^*}	0,0125	∞	0,002	0,002	0,000	0,002	0,002
Dev. est. choque a la prima de riesgo	σ_i^*	0,0125	∞	0,003	0,003	0,000	0,003	0,004
Dev. est. choque a la demanda externa	σ_c^*	0,0125	∞	0,006	0,005	0,001	0,005	0,006
Dev. est. choque a la utilidad – Consumo	σ_{z_u}	0,0125	∞	0,013	0,013	0,002	0,011	0,016
Dev. est. choque de costos en precios	σ_{cp}	0,0125	∞	0,058	0,049	0,017	0,026	0,088
Dev. est. choque de costos en salarios	σ_{cw}	0,0125	∞	0,029	0,025	0,006	0,016	0,042

Gráfico 4
Distribuciones prior y distribuciones posterior

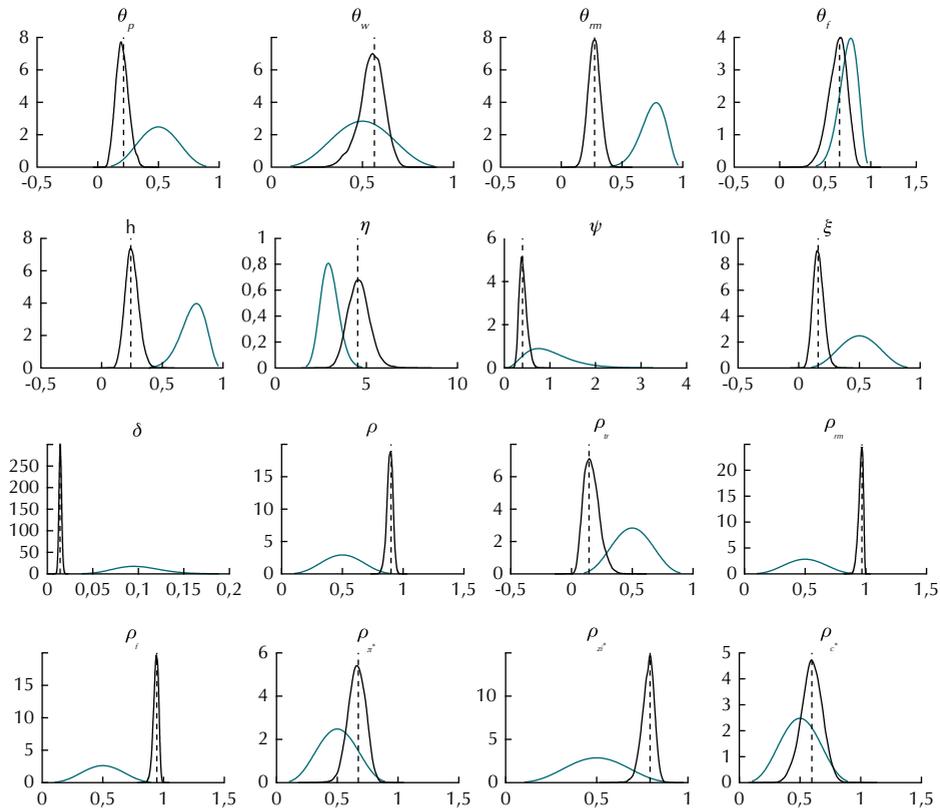
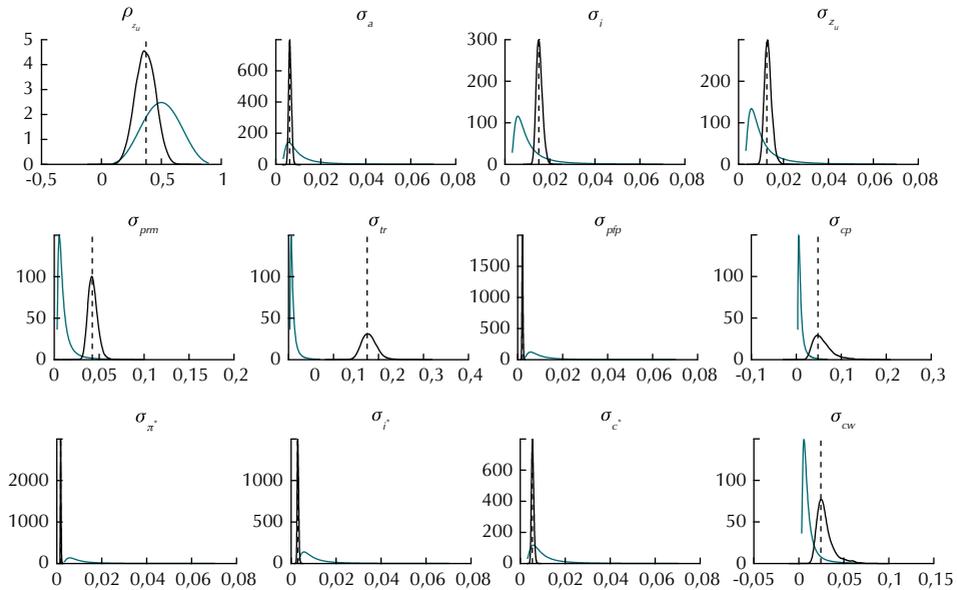


Gráfico 4 (continuación)
Distribuciones prior y distribuciones posterior



Nota: Se presentan las distribuciones posterior (línea negra) y prior (línea verde) para los parámetros estimados. La línea vertical punteada indica la moda de la distribución posterior.
Fuente: cálculos de los autores utilizando Dynare.

Sobre el parámetro ξ , que mide el poder de negociación relativo de las firmas, los datos lo ubican alrededor de 16% y, como se observa en el Gráfico 4, son informativos al momento de estimar el parámetro, afectando la media dada en la prior y disminuyendo la varianza sobre la ubicación de este. Los datos también son informativos sobre el valor de la tasa de separación (δ), el valor estimado es 1,4% que indica un movimiento lento de la cantidad de empleados, esto induce también a que el ajuste del modelo en el mercado laboral depende más fuertemente del movimiento en las contrataciones, pues el cambio en los empleados de las firmas estará dominado por este último.

Los valores estimados para los parámetros de persistencia de los choques son, en general, altos (a excepción del asociado al choque a las transferencias, $\rho_{tr} = 0,17$), la alta persistencia de los choques en el modelo puede deberse a la ausencia de capital.

Por último, se nota que la varianza de las distribuciones posterior estimadas, son menores que las varianzas de sus respectivas distribuciones prior; este hecho se da en todos los parámetros excepto en η , donde, a pesar de que la varianza aumenta

ligeramente, se observa un cambio en la media posterior respecto a la media prior, de esta forma, aunque los datos no disminuyen la incertidumbre sobre el valor del parámetro, sí contienen información sobre la ubicación del mismo.

Entre los demás parámetros del modelo, algunos son calibrados buscando que el modelo replique las siguientes razones y niveles de largo plazo de la economía colombiana: los empleados y desempleados como porcentaje de la población en edad de trabajar, el consumo doméstico como proporción del consumo total, las exportaciones y el consumo total como porcentaje del PIB y, para finalizar, la razón entre las transferencias y el PIB, se garantiza además una tasa de cambio real igual a 1 en el estado estacionario.

Los valores objetivo de la calibración son las medias de las series mencionadas para el período comprendido entre el primer trimestre del 2000 y el cuarto trimestre del 2010. Las series de empleados, desempleados y población en edad de trabajar, corresponden a las reportadas en la gran Encuesta de Hogares para las principales siete áreas metropolitanas. Los datos de consumo doméstico en relación con el consumo total, provienen de las cuentas nacionales anuales y los datos de producto, consumo privado y exportaciones de las cuentas nacionales trimestrales; por último, se extraen datos para las transferencias de la balanza de pagos. El Cuadro 3 resume las razones utilizadas.

Los parámetros empleados en la calibración del modelo son: los parámetros de escala de la utilidad (χ) y de los costos de contratación (Γ), el nivel de estado estacionario de las transferencias ($\overline{\text{Tr}}$), de la demanda mundial (\overline{C}^*), de la tecnología (\overline{A}), y del componente no modelado de la demanda interna (\overline{Z}^y), el parámetro a de la canasta de consumo del hogar y el peso de las materias primas en el producto (ν).

Cuadro 3
Razones de largo plazo

Razón		Razón	
Empleados sobre PET	0,5477	Consumo privado sobre producto	0,6632
Desempleados sobre PET	0,0934	Exportaciones sobre producto	0,1637
Consumo doméstico sobre consumo total	0,8859	Transferencias sobre producto	0,0250

Los parámetros restantes son fijados durante todo el proceso de estimación y calibración, los valores son tomados en parte de la literatura previa sobre fricciones

laborales y en parte de estimaciones anteriores para modelos de equilibrio general en Colombia similares al que aquí se presenta. Se discuten ahora los valores de algunos de estos parámetros: el factor de descuento intertemporal de los hogares (β) es fijado para garantizar una tasa de interés real de 3% anual en el estado estacionario; la participación del trabajo en el producto es fijada en $\frac{2}{3}$ (i. e. $\alpha = \frac{2}{3}$). Como lo muestra Galí (2010), el valor de γ en los costos de contratación es elegido de tal forma que sea congruente con un aporte de 50% de cada parte en la formación de un nuevo puesto de trabajo⁸. El parámetro \overline{FY} es fijado para asegurar una relación de deuda externa a producto trimestral de 1,2 en el estado estacionario, lo que implica que la deuda externa equivale al 30% del PIB anual. Los parámetros de la regla de política son fijados de tal forma que se satisfaga el principio de Taylor (Woodford, 2001), así $\phi_\pi = 1,5$ y $\phi_y = 0,5$, con un parámetro de suavizamiento de 0 (i. e. $\rho_i = 0,0$). Los parámetros que determinan la elasticidad precio del consumo nacional, el consumo importado y las exportaciones (b para los dos primeros y ι para las últimas) son elegidos de tal forma que todos los bienes sean inelásticos, esto también implica una baja sustituibilidad entre consumo doméstico e importado y entre las exportaciones de distintos países; los valores para los parámetros son: $b = 0,9$ y $\iota = 0,3$.

El valor de la aversión relativa al riesgo (σ) es fijado en 1 para controlar que el efecto ingreso del salario no prime sobre el efecto sustitución en las decisiones del hogar. De utilizar un valor de σ mayor a 1 se tendría que el efecto ingreso prima sobre el efecto sustitución en las decisiones laborales del hogar, esto es mostrado en el Apéndice 1.

El Apéndice 4 contiene el listado de los valores para todos los parámetros del modelo.

V. ANÁLISIS DE IMPULSO-RESPUESTA Y DINÁMICAS DE CORTO PLAZO

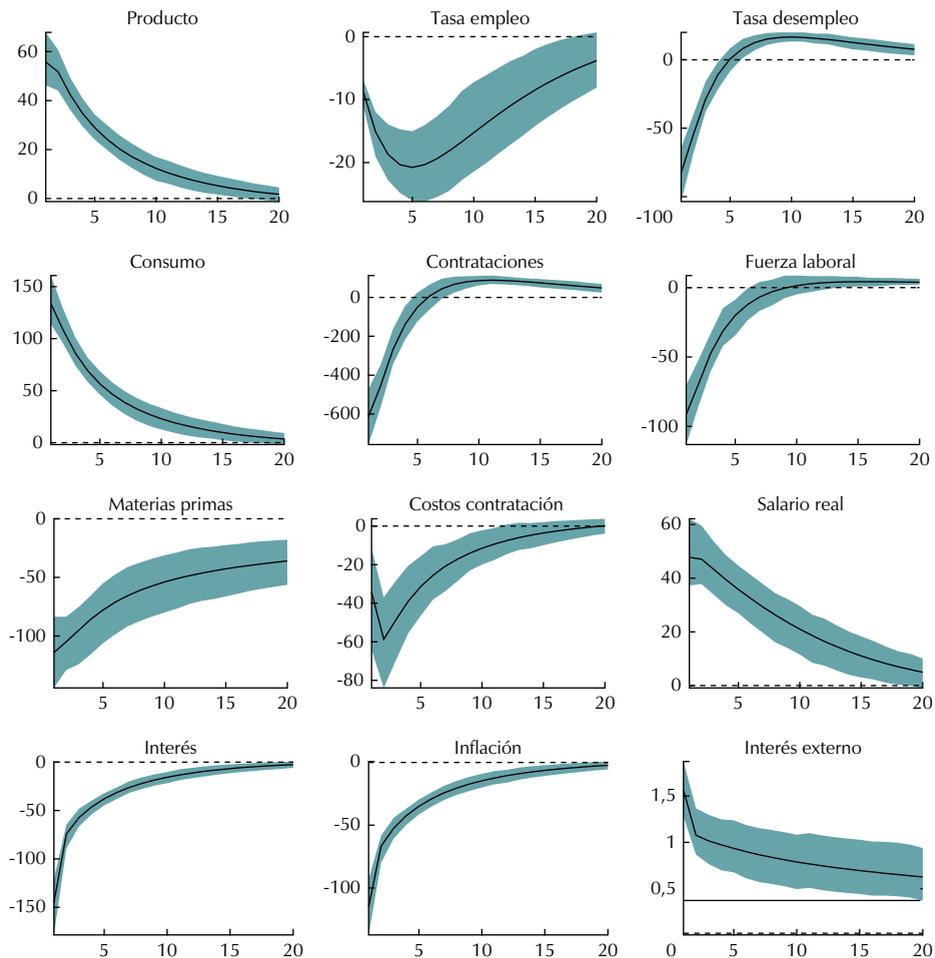
Utilizando los parámetros obtenidos tras la estimación y calibración del modelo, se calculan las respuestas de las variables modeladas ante distintos choques. Se comienza verificando la respuesta de las variables ante un choque tecnológico, ya presentada en

⁸ Como se muestra en Blanchard y Galí (2010), la introducción de costos de contratación utilizada en este trabajo es equivalente al uso de una función de encuentros Cobb-Douglas (estándar en la literatura de búsqueda). El valor de elegido implica que el peso de los buscadores y de las vacantes es igual en la función de encuentros.

la sección dos, después se muestran y analizan las respuestas de diversas variables ante un choque de demanda interna y un choque de demanda externa⁹.

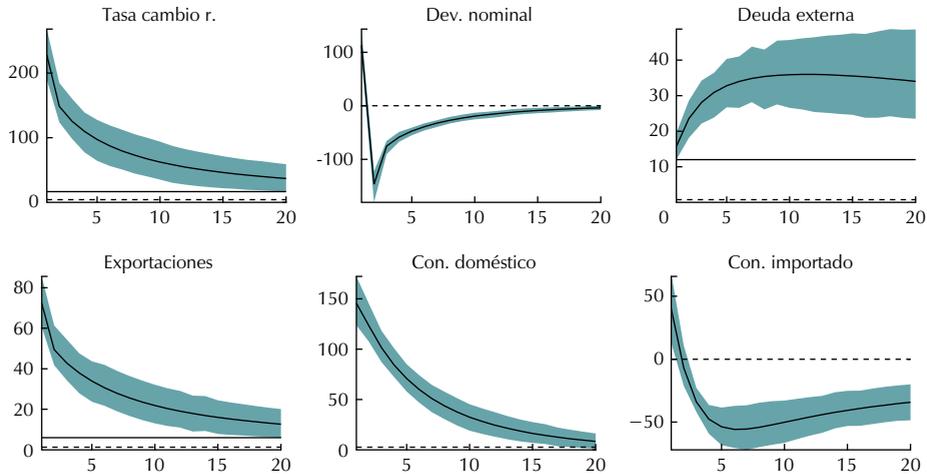
El Gráfico 5 señala los impulsos-respuesta relativos ante un choque tecnológico, y el Gráfico 6 los impulsos-respuesta relativos ante un choque de demanda interna.

Gráfico 5
Impulsos-respuesta ante choque tecnológico



⁹ Los choques tecnológicos, de demanda interna y externa, se introducen como un cambio en A_t , $Z_{w,t}$ y C_t^* , respectivamente.

Gráfico 5 (continuación)
Impulsos-respuesta ante choque tecnológico



Nota: Impulsos-respuesta en puntos básicos y regiones de alta densidad al 90%.
Fuente: cálculos de los autores utilizando Dynare.

Sobre la respuesta de las variables ante el choque tecnológico se observa que, ante la mayor productividad, el empleo disminuye, en línea con la evidencia de la sección dos. La intuición detrás del resultado es la siguiente: dada la rigidez de la demanda agregada, un choque tecnológico permite a las firmas satisfacer su demanda disminuyendo la contratación de insumos variables, entre ellos el empleo. Esta contracción del empleo se ve reforzada por la caída en los precios y aumento en el salario real. Ambos factores desincentivan la contratación. Nótese que la reacción de la demanda agregada no es lo suficientemente grande como para inducir un aumento en la contratación, pues el choque no se transmite completamente a los hogares. Lo anterior ocurre en parte por las rigideces reales de la demanda (como el hábito) y en parte por las rigideces nominales, en particular, la rigidez de precios evita que los mismos disminuyan lo suficiente como para incentivar un mayor consumo por los bienes producidos.

Asimismo, se genera una contracción de la oferta laboral, pues los desempleados afectan el esfuerzo laboral, la tasa marginal de sustitución entre esfuerzo laboral y consumo aumenta ante el choque haciendo más costoso para el hogar tener individuos participando en el mercado laboral. El aumento de los costos de la búsqueda de empleo para el hogar contrarresta los posibles beneficios de una nueva contratación (representados en el mayor salario real). La contracción de la oferta laboral es lo

suficientemente fuerte como para disminuir la tasa de desempleo ante el choque, esta disminución no es tan grande como la disminución de las contrataciones, por lo que cae la congestión del mercado laboral, lo que a su vez hace disminuir los costos de contratación y suaviza en parte la caída de las contrataciones.

Gráfico 6
Impulsos-respuesta ante choque de demanda interna

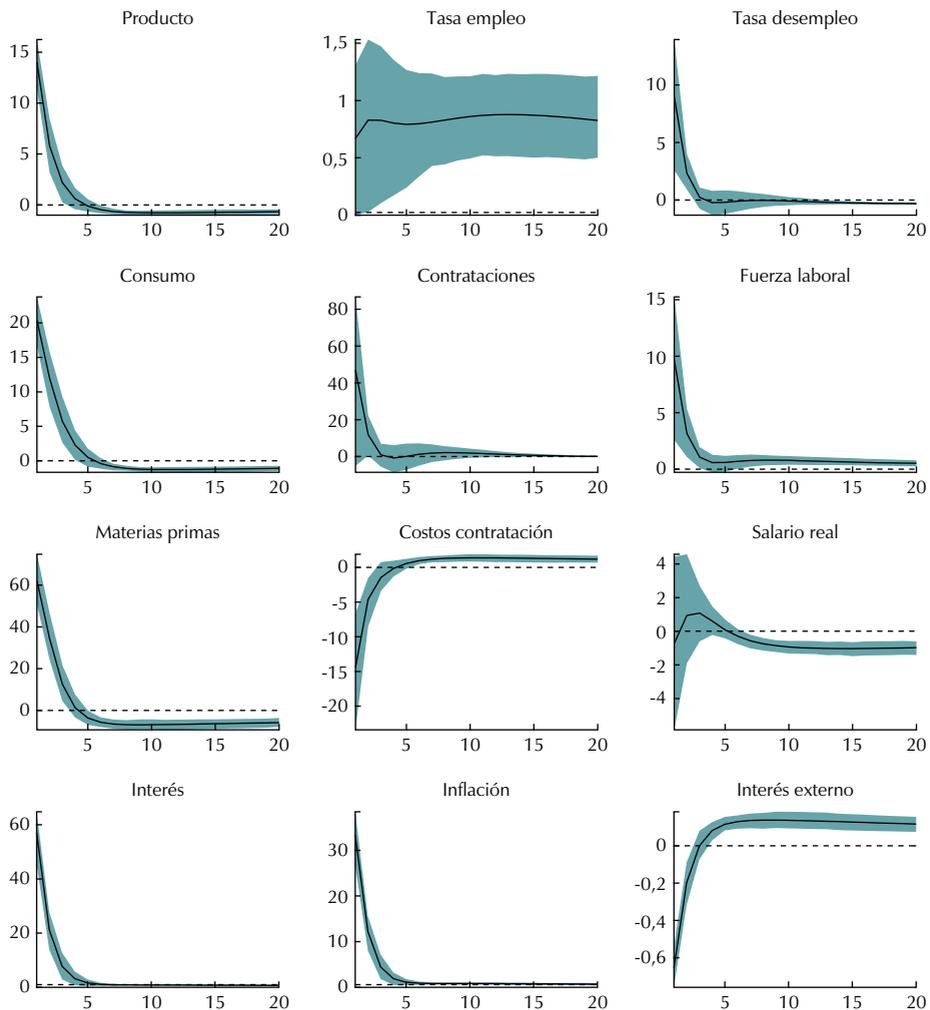
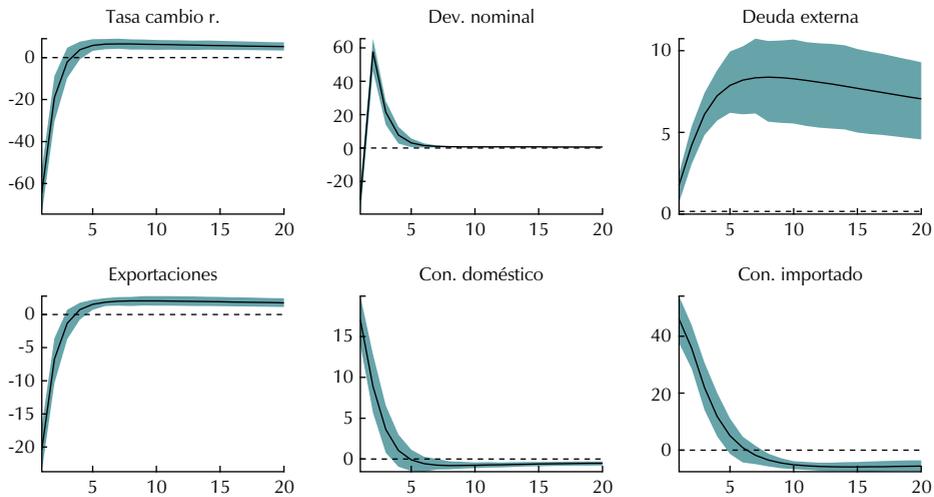


Gráfico 6 (continuación)
Impulsos-respuesta ante choque de demanda interna



Nota: Impulsos-respuesta en puntos básicos y regiones de alta densidad al 90%.
Fuente: cálculos de los autores utilizando Dynare.

En cuanto a la respuesta a un choque de demanda interna, el modelo presenta las siguientes dinámicas: el choque altera las decisiones de consumo de los hogares aumentando la utilidad marginal del consumo, esto incrementa la demanda agregada, lo que tiene dos efectos, primero disminuye la tasa marginal de sustitución entre esfuerzo laboral y consumo, segundo, aumenta los precios. El primer efecto tiene a su vez consecuencias sobre la decisión de búsqueda de empleo del hogar, pues hace menos costoso mantener individuos en el desempleo, como se verá adelante, la participación y el desempleo aumentan ante el choque. El segundo efecto incrementa la productividad marginal del trabajo, las firmas proceden entonces a aumentar su planta de empleados al enfrentar una mayor demanda y poder cobrar mayores precios por sus productos. Además, el aumento de los buscadores disminuye la congestión laboral y los costos de contratación ayudando así al aumento de la contratación. Debe aclararse que, aunque presenta el sentido adecuado, la magnitud del aumento en el empleo es menor, así como la del cambio en la participación y el desempleo. Esto se debe a que la inflación, que sigue al aumento en la demanda, lleva a la autoridad monetaria a aumentar la tasa de interés, lo que eleva el diferencial entre la tasa de interés y la externa y conduce a una revaluación real, la cual, no solo deprime las exportaciones, sino que incentiva a las empresas a utilizar materias primas (importadas) para satisfacer la nueva demanda. Sin embargo, el resultado principal sobre la correlación entre empleo y producto ante el choque se mantiene.

El análisis anterior muestra cómo las dinámicas del empleo dependen en gran medida del origen y las características de los choques que afectan la economía, aunque tanto un choque tecnológico como un choque de demanda interna pueden ocasionar un aumento en el producto, este solo se verá acompañado por un cambio positivo en el empleo si el ciclo es gobernado por el segundo choque.

Por último, se examina el choque a la demanda por exportaciones. Este choque, aunque tiene efectos sobre la actividad económica, no tiene efectos fuertes (en magnitud) sobre el empleo, la participación o la tasa de desempleo. La simulación del modelo apunta a que una mayor demanda por exportaciones dinamiza la economía pero no el empleo, el resultado se atribuye a dos factores: a) participación limitada de las exportaciones sobre la demanda total, la cual es compuesta principalmente por el consumo de bienes domésticos y b) aumento en las exportaciones, que se acompaña por una apreciación real de la moneda nacional, lo que abarata los bienes importados (tanto los bienes de consumo como las materias primas), este abaratamiento genera una sustitución de consumo nacional importado que presiona a la baja la demanda agregada, y también una sustitución en los insumos de las firmas, por lo que disminuyen las contrataciones de nuevos empleados. Los impulsos-respuesta ante este choque se presentan en el Gráfico 7.

Gráfico 7
Impulsos-respuesta ante choque de demanda externa

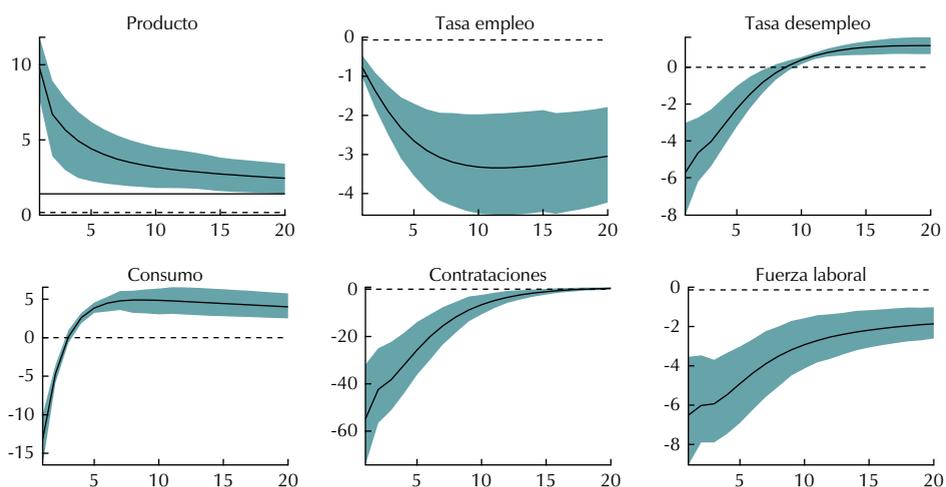
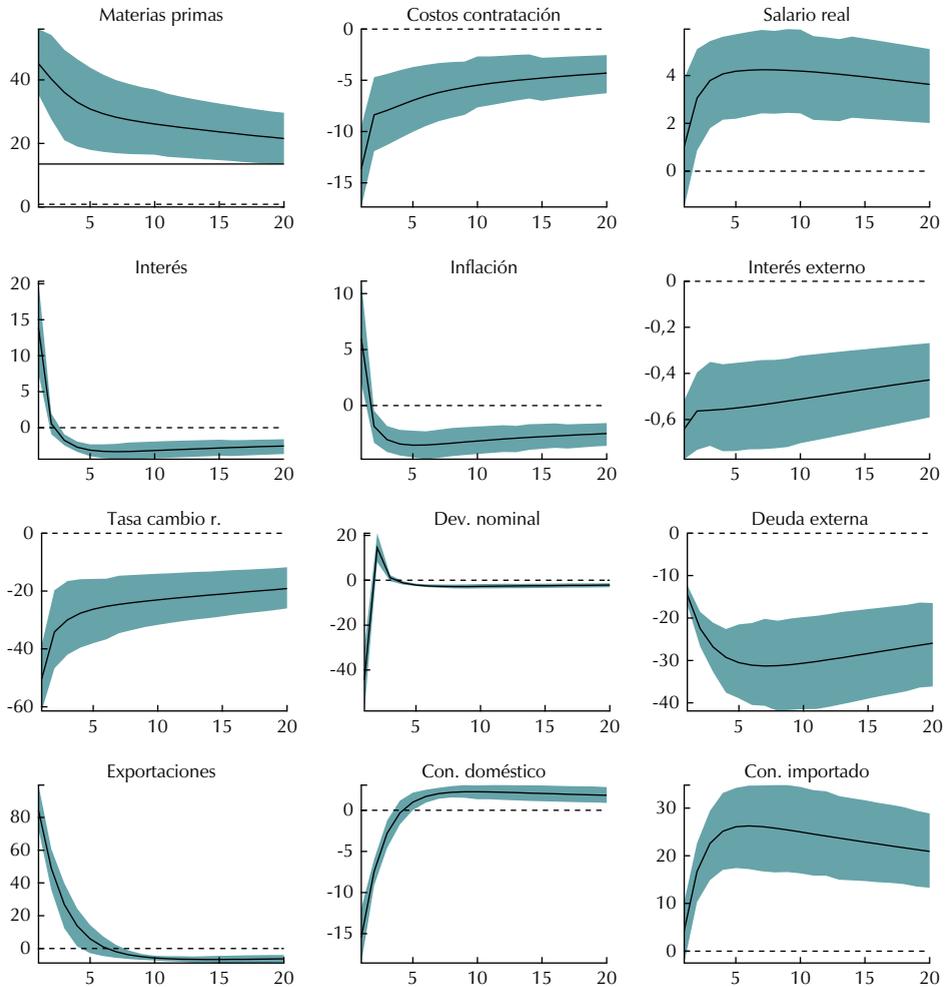


Gráfico 7 (continuación)
Impulsos-respuesta ante choque de demanda externa



Nota: Impulsos-respuesta en puntos básicos y regiones de alta densidad al 90%.
Fuente: cálculos de los autores utilizando Dynare.

Con el objetivo de verificar si la respuesta de las variables en el modelo está en línea con los datos para Colombia, se plantea un modelo VAR para identificar un choque de demanda externa. El modelo es utilizado para obtener funciones de impulso-respuesta para el empleo, las importaciones, las exportaciones y la tasa de cambio real ante un choque de demanda externa.

Las series utilizadas son el empleo, las importaciones y exportaciones reales provenientes de las cuentas nacionales trimestrales del Dane, el índice de tasa de cambio real (deflactado con IPC e IPP)¹⁰ y la medida de demanda externa utilizada en la sección cuatro. Para todas las especificaciones del VAR se utilizan los logaritmos de las variables antes descritas. Las series utilizadas son de periodicidad trimestral y comprenden datos entre el primer trimestre de 1996 y el segundo trimestre de 2010.

Se identifica el choque de demanda externa como un cambio en dicha variable que afecta contemporáneamente la tasa de cambio real y con rezago a las importaciones, las exportaciones y al empleo¹¹. La identificación propuesta se implementa ubicando como quinta variable a la tasa de cambio real y como cuarta variable a la demanda externa. Las otras tres variables son ubicadas al comienzo del VAR y su posición no afecta los resultados obtenidos ni el esquema de identificación utilizado¹². Los impulsos-respuesta ante un choque a la demanda externa, se obtienen empleando la descomposición de Cholesky (Sims, 1980, 1986).

El VAR se estima con dos rezagos y constante. Se realizaron, además, pruebas de cointegración para juzgar si se debe esperar estabilidad en las funciones de impulsos-respuesta del VAR en niveles; como lo muestra el Cuadro 4, la prueba de la traza indica la existencia de un vector de cointegración (a un nivel de significancia del 5%) entre las cinco variables utilizadas. Este hecho permite utilizar el VAR estimado en los niveles de las series para la obtención de las funciones de impulso-respuesta, dado que son estas últimas el objetivo del ejercicio, no se estimará el vector de cointegración.

Los impulsos-respuesta del VAR estimado se presentan en el Gráfico 8. Los intervalos de confianza reportados son a un nivel de significancia del 5%. Se observa que, ante un choque a la demanda externa, se aprecia la tasa de cambio real y suben tanto las exportaciones como las importaciones, en cambio, la respuesta del empleo no es (a un 5%) significativamente diferente de cero, la aparente dirección del empleo muestra ser sensible a la especificación utilizada, dependiendo de la cantidad de rezagos y el ordenamiento del VAR, la respuesta del empleo

¹⁰ Se estima el VAR utilizando la tasa de cambio real deflactada tanto por el IPC como por el IPP. Los resultados no son sensibles a la elección del deflactor.

¹¹ Se realizan ejercicios con una identificación diferente que permite a los cambios en la variable de demanda externa afectar contemporáneamente a todas las variables, los resultados presentados no se alteran al utilizar dicha especificación.

¹² El orden con el que se estima el VAR es el siguiente (de más exógena a más endógena): importaciones, exportaciones, empleo, demanda externa y tasa de cambio real.

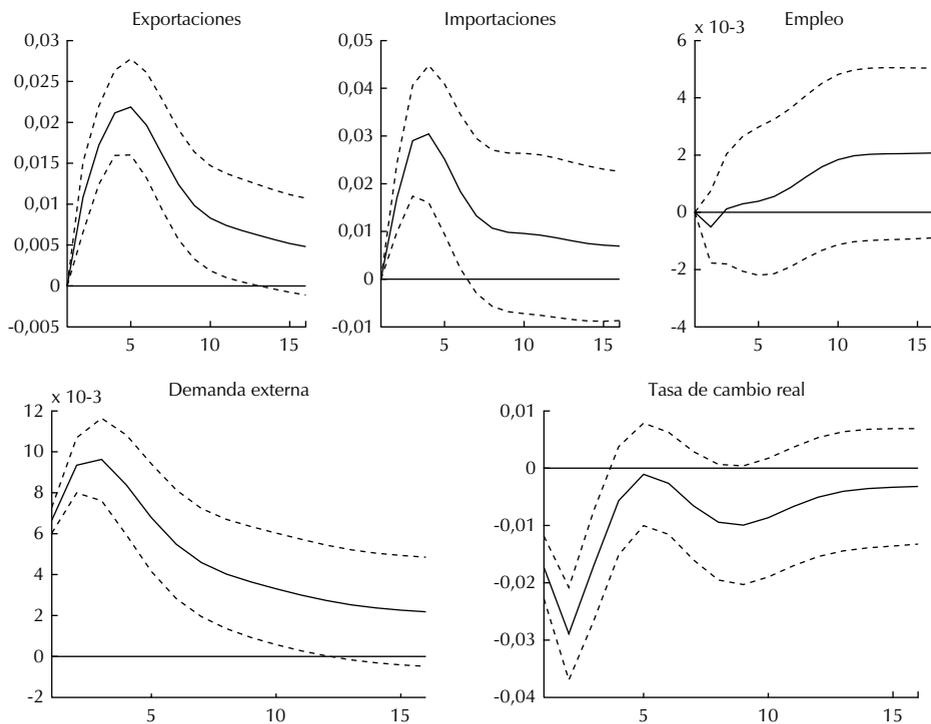
puede aumentar o disminuir levemente; sin embargo, para todas las especificaciones probadas se mantiene el resultado al 5% de significancia. Estos resultados confirman lo encontrado con el modelo DSGE estimado (Gráfico 7).

Cuadro 4
Pruebas de cointegración – VAR demanda externa

Hipótesis nula No. de E. C.	Valor propio	Estadístico traza	Valor crítico al 5%	Prob.
Ninguno	0,4327	70,2153	69,8189	0,0465
Máximo 1	0,2445	39,0366	47,8561	0,2588
Máximo 2	0,2255	23,6139	29,7970	0,2172
Máximo 3	0,1593	9,5568	15,4947	0,3164
Máximo 4	0,00026	0,0141	3,8414	0,9051

Nota: Se presentan los resultados de la prueba de la traza para buscar relaciones de cointegración entre las variables del VAR de demanda externa. En la especificación de las pruebas se usan dos rezagos e intercepto. Las series utilizadas son: demanda externa, empleo, importaciones e ITCR-IPC.
Fuente: cálculos de los autores.

Gráfico 8
Impulsos-respuesta – VAR demanda externa



Nota: Respuestas ante un choque a la demanda externa de las importaciones y las exportaciones reales, de la tasa de empleo, la demanda externa y la tasa de cambio real deflactada con el índice de precios al consumidor. Los intervalos de confianza reportados son del 95%. Una unidad de tiempo en los gráficos equivale a un trimestre.
Fuente: cálculos de los autores.

VI. CONCLUSIONES

La relación entre el producto y el empleo en el ciclo económico puede alterarse a través del tiempo. Ciclos positivos en el producto pueden verse o no acompañados por cambios positivos en el nivel de empleo. La evidencia suministrada en la sección dos y el modelo propuesto en la sección tres indican que la relación que exhiban el producto y el empleo depende de la fuerza motora del ciclo. Se encuentra que los ciclos movidos por choques tecnológicos (que mejoran la productividad de los factores) no se transmiten lo suficiente hacia la demanda agregada, y generan pocos incentivos a aumentar la contratación, pues la mayor demanda puede ser suplida con menores insumos gracias a la mayor productividad; en estos casos, se observará una relación negativa entre el producto y el empleo a lo largo del ciclo. En cambio, choques no tecnológicos tienden a impulsar la demanda agregada. Las presiones de demanda, en ausencia de las mejoras en tecnología, hacen necesario aumentar el empleo para lograr suplir la demanda extra generada a partir del choque. La respuesta del desempleo ante los distintos choques depende no solo de los movimientos de la demanda laboral, sino también de los de la oferta, la evidencia empírica presentada muestra que la misma se contrae ante choques tecnológicos, generando una caída en el desempleo.

REFERENCIAS

1. Adjemian, S.; Bastani, H.; Juillard, M.; Mihoubi, F.; Perendia, G.; Ratto, M.; Villemot, S. "Dynare: Reference Manual, version 4", *Dynare Working Papers*, 1, CEPREMAP, 2011.
2. Adolfson, M.; Laséen, S.; Lindé, J.; Villani, M. "Evaluating an Estimated New Keynesian Small Open Economy Model", *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 32, núm. 8, pp. 2690-2721, 2008.
3. Arango, L. E.; Obando, N.; Posada, C. E. "Los salarios reales a lo largo del ciclo económico en Colombia", *Borradores de Economía*, 666, Banco de la República, 2011.
4. Basu, S.; Fernald, J. G.; Kimball, M. S. "Are Technology Improvements Contractionary?", *American Economic Review*, vol. 96, núm. 5, pp. 1418-1448, 2006.
5. Blanchard, O.; Gali, J. "Labor Markets and Monetary Policy: A New Keynesian Model with Unemployment", *American Economic Journal: Macroeconomics*, vol. 2, núm. 2, pp. 1-30, 2010.
6. Bonaldi, P.; González, A.; Rodríguez, D. "Importancia de las rigideces nominales y reales en Colombia: un enfoque de equilibrio general dinámico y estocástico", *Ensayos sobre Política Económica*, vol. 29, núm. 66, pp. 48-78, Banco de la República, 2011.
7. Calvo, G. A. "Staggered Prices in a Utility-Maximizing Framework", *Journal of Monetary Economics*, vol. 12, núm. 3, pp. 383-398, 1983.
8. Chari, V.; Kehoe, P. J.; McGrattan, E. R. "Are Structural VARs with Long-Run Restrictions Useful in Developing Business Cycle Theory?", *Journal of Monetary Economics*, vol. 55, núm. 8, pp. 1337-1352, 2008.
9. Chen, M.; Shao, Q. "Montecarlo Estimation of bayesian Credible and HPD Intervals", *Journal of Computational and Graphical Statistics*, vol. 8, pp. 69-92, 1998.
10. Christiano, L. J.; Eichenbaum, M.; Vigfusson, R. "What Happens after a Technology Shock?", *NBER Working Papers*, 9819, National Bureau of Economic Research, Inc, 2003.
11. Christiano, L. J.; Eichenbaum, M.; Vigfusson, R. "The Response of Hours to a Technology Shock: Evidence Based on Direct Measures of Technology", *Journal of the European Economic Association*, vol. 2, núm. 2-3, pp. 381-395, 2004.
12. Christiano, L. J.; Eichenbaum, M.; Vigfusson, R. "Assessing Structural VARs", *NBER Macroeconomics Annual 2006*, vol. 21, NBER Chapters, National Bureau of Economic Research, Inc, 2007.
13. Dedola, L.; Neri, S. "What does a Technology Shock do? A Var Analysis with Model-Based Sign Restrictions", *Journal of Monetary Economics*, vol. 54, núm. 2, pp. 512-549, 2007.
14. Echavarría, J. J.; López, E.; Ocampo, S.; Rodríguez, N. "Choques, instituciones laborales y desempleo en Colombia", *Ensayos sobre Política Económica*, vol. 29, núm. 66, pp. 128-173, Banco de la República, 2011.
15. Fisher, J. D. M. "The Dynamic Effects of Neutral and Investment-Specific Technology Shocks", *Journal of Political Economy*, vol. 114, núm. 3, pp. 413-451, 2006.
16. Francis, N.; Ramey, V. A. "Is the Technology-Driven Real Business Cycle Hypothesis Dead? Shocks and Aggregate Fluctuations Revisited", *Journal of Monetary Economics*, vol. 52, núm. 8, pp. 1379-1399, 2005.
17. Galí, J. "Fluctuaciones y persistencia del empleo en España", *La economía española: una visión diferente*, Banco de España, 1996.
18. Galí, J. "Technology, Employment, and the Business Cycle: Do Technology Shocks Explain Aggregate Fluctuations?", *American Economic Review*, vol. 89, núm. 1, pp. 249-271, 1999.

19. Galí, J. "Monetary Policy and Unemployment", in B. M. Friedman; M. Woodford (Eds.). In *Handbook of Monetary Economics*, vol. 3, cap. 10, Elsevier, 2010.
20. Galí, J.; Rabanal, P. "Technology Shocks and Aggregate Fluctuations: How Well does the Real Business Cycle Model Fit Postwar U.S. Data?", *NBER Macroeconomics Annual 2004*, vol. 19, National Bureau of Economic Research, Inc, 2005.
21. Greenwood, J.; Hercowitz, Z.; Huffman, G. W. "Investment, Capacity Utilization, and the Real Business Cycle", *American Economic Review*, vol. 78, núm. 3, pp. 402-17, 1988.
22. Grupo de Estudios del Crecimiento Económico Colombiano (Greco). *El crecimiento económico colombiano en el siglo XX*, Bogotá, Fondo de Cultura Económica, Banco de la República, 2002.
23. Jeffreys, H. *Theory of probability*, International Series of Monographs on Physics, Clarendon Press, 1961.
24. Kadiyala, K. R.; Karlsson, S. "Numerical Methods for Estimation and Inference in Bayesian VAR-Models", *Journal of Applied Econometrics*, vol. 12, núm. 2, pp. 99-132, 1997.
25. Koop, G. "Aggregate Shocks and Macroeconomic Fluctuations: A Bayesian Approach", *Journal of Applied Econometrics*, vol. 7, núm. 4, pp. 395-411, 1992.
26. Mortensen, D. T.; Pissarides, C. A. "Job Creation and Job Destruction in the Theory of Unemployment", *Review of Economic Studies*, vol. 61, núm. 3, pp. 397-415, 1994.
27. Parra, J. C. "Hechos estilizados de la economía colombiana: fundamentos empíricos para la construcción y evaluación de un modelo DSGE", *Borradores de Economía*, 509, Banco de la República, 2008.
28. Prada, J. D.; Rojas, L. E. "La elasticidad de Frisch y la transmisión de la política monetaria en Colombia", en L. Mahadeva; M. Jalil (eds.), *Mecanismos de transmisión de la política monetaria en Colombia*, Bogotá, Banco de la República y Universidad Externado de Colombia, 2010.
29. Schmitt-Grohe, S.; Uribe, M. "Closing Small Open Economy Models", *Journal of International Economics*, vol. 61, núm. 1, pp. 163-185, 2003.
30. Sims, C. A. "Macroeconomics and reality", *Econometrica*, vol. 48, núm. 1, pp. 1-48, 1980.
31. Sims, C. A. "Are Forecasting Models Usable for Policy Analysis?", *Quarterly Review, Federal Reserve Bank of Minneapolis*, pp. 2-16, 1986.
32. Smets, F.; Wouters, R. "Shocks and Frictions in U.S. Business Cycles: A bayesian DSGE approach", *American Economic Review*, vol. 97, núm. 3, pp. 586-606, 2007.
33. Woodford, M. "The Taylor Rule and Optimal Monetary Policy", *American Economic Review*, vol. 91, núm. 2, pp. 232-237, 2001.

APÉNDICE 1

LA AVERSIÓN RELATIVA AL RIESGO Y LA OFERTA LABORAL

A continuación se ejemplifica el papel de la aversión relativa al riesgo al determinar la oferta laboral en un modelo estándar de ciclos económicos reales. Suponiendo preferencias GHH (Greenwood, Hercowitz y Huffman, 1988). aditivamente separables entre consumo y ocio, se muestra que imponer valores para la aversión relativa al riesgo superiores a uno, implica que el efecto ingreso del salario domina sobre el efecto sustitución, de tal forma que la oferta laboral de los hogares respondería negativamente ante aumentos en el salario real.

El modelo planteado incorpora hogares que buscan maximizar la suma descontada de su utilidad, sujetos a una serie de restricciones presupuestales, decidiendo sobre sus sendas de consumo y ocio. El modelo también incorpora firmas que operan en competencia perfecta, sujetas a una función de producción lineal entre trabajo y un bien final homogéneo. Las firmas compran trabajo a los hogares a un salario real w_t y los hogares compran bien final a las firmas. Se supone además que existe un choque tecnológico a_t que afecta la productividad marginal del trabajo.

El problema de los hogares es:

$$\begin{aligned} \text{Max}_{c_{t+i}, l_{t+i}} \quad & \sum_{i=0}^{\infty} \beta^i \left(\frac{c_{t+i}^{1-\sigma} - \sigma}{1-\sigma} + \frac{l_{t+i}^{1+\eta}}{1+\eta} \right) \\ \text{s. a} \quad & w_t h_t = c_t \end{aligned}$$

La condición de primer orden para la oferta laboral se obtiene del anterior problema y está dada por:

$$l_t^\eta = w_t c_t^{-\sigma}$$

El problema de las firmas es:

$$\begin{aligned} \text{Max}_{y_t, l_t} \quad & y_t - w_t l_t \\ \text{s. a} \quad & y_t = a_t l_t \end{aligned}$$

Reemplazando la restricción y maximizando, se encuentra que en el óptimo:

$$w_t = a_t$$

Por último, el equilibrio en el mercado de bienes implica que:

$$y_t = c_t \quad y_t = a_t l_t$$

Linealizando se obtienen las siguientes condiciones:

$$\eta \tilde{l}_t = \tilde{w}_t - \sigma \tilde{c}_t \quad (\text{A1.1})$$

$$\tilde{w}_t = \tilde{a}_t \quad (\text{A1.2})$$

$$\tilde{y}_t = \tilde{c}_t \quad (\text{A1.3})$$

$$\tilde{y}_t = \tilde{a}_t + \tilde{l}_t \quad (\text{A1.4})$$

Combinando las ecuaciones (A1.1), (A1.2), (A1.3) y (A1.4) se consigue la ecuación de oferta de trabajo del hogar, teniendo en cuenta el efecto del salario sobre el consumo:

$$\tilde{l}_t = \frac{1-\sigma}{\eta+\sigma} \tilde{w}_t \quad (\text{A1.5})$$

La ecuación (A1.5) hace claro que el efecto de un aumento en el salario depende del valor de σ , la aversión relativa al riesgo de los hogares. La razón está en que si el hogar es averso al riesgo, el efecto ingreso del salario domina el efecto sustitución, de forma que la curva de oferta laboral tiene pendiente negativa.

En el modelo anterior, la ecuación (A1.2) establece que los movimientos en el salario son iguales a los movimientos en la productividad, de esta forma el efecto de un choque de productividad sobre el empleo también está determinado por la aversión relativa al riesgo, no obstante, en el modelo neo-keynesiano puede explicarse una caída en el empleo ante el choque de productividad, aún suponiendo una aversión relativa al riesgo igual o menor a uno. Para ejemplificar este hecho se considera ahora un modelo neo-keynesiano con la misma estructura y formas funcionales del modelo ya expuesto. En este caso se mantienen las ecuaciones (A1.1), (A1.3) y (A1.4), la ecuación (A1.2) cambia para incorporar el efecto de los costos marginales reales (ψ_t):

$$\tilde{w}_t = \tilde{a}_t + \psi_t \quad (\text{A1.6})$$

Combinando las ecuaciones (A1.1), (A1.3), (A1.4) y (A1.6) se llega de nuevo a la curva de oferta de trabajo:

$$\tilde{l}_t = \frac{1-\sigma}{\eta+\sigma} \tilde{w}_t + \frac{\sigma}{\eta+\sigma} \psi_t \quad (\text{A1.7})$$

Ahora, aunque la pendiente de la curva de oferta de trabajo (respecto al salario) continúa dependiendo del valor de la aversión relativa al riesgo, el trabajo también se ve afectado por el cambio de los costos marginales reales ante los choques, así, ante un choque tecnológico positivo el salario real aumenta, pero los costos marginales reales disminuyen. Ya que el trabajo depende positivamente de los costos marginales reales, bajo una aversión relativa al riesgo unitaria, un aumento en la tecnología se traduce en una caída del empleo.

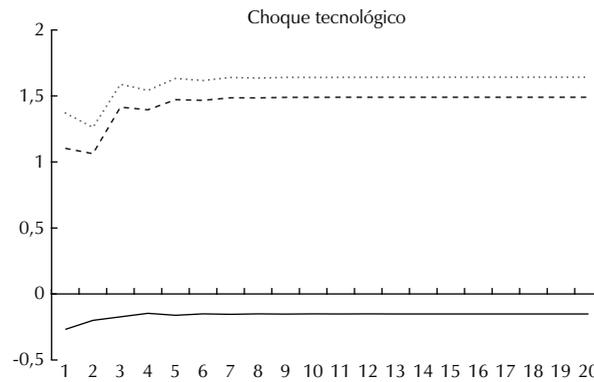
APÉNDICE 2

ESPECIFICACIONES ALTERNAS VAR ESTRUCTURAL

Este apéndice contiene el análisis de sensibilidad de los resultados presentados en la sección dos.

Gráfico A.2.1

Impulsos-respuesta – VAR tres variables:
productividad, empleo y base monetaria real

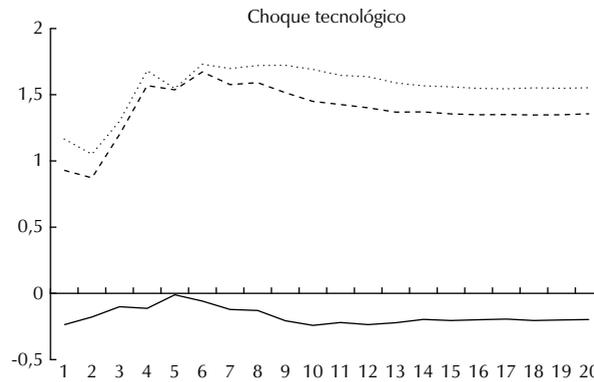


Nota: Se presentan los impulsos-respuesta para los empleados (línea sólida), el producto (línea discontinua) y la productividad laboral (línea punteada) ante choques identificados como tecnológicos.

Fuente: cálculos de los autores.

Gráfico A.2.2

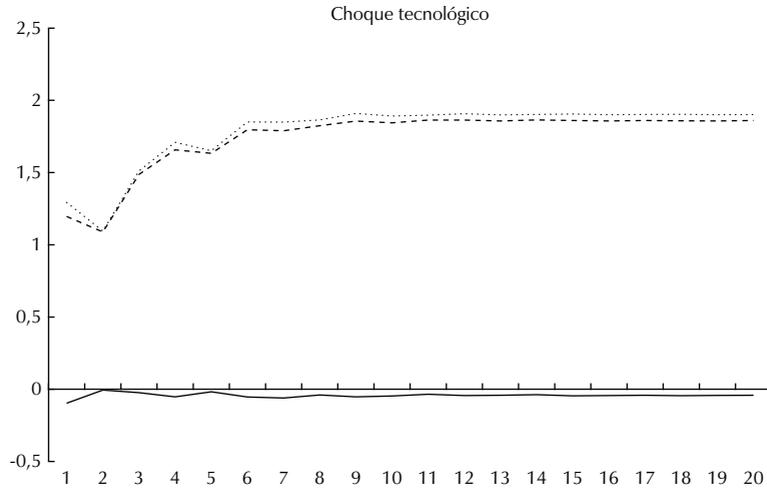
Impulsos-respuesta – VAR tres variables:
productividad, empleo y M1 real



Nota: Se presentan los impulsos-respuesta para los empleados (línea sólida), el producto (línea discontinua) y la productividad laboral (línea punteada) ante choques identificados como tecnológicos.

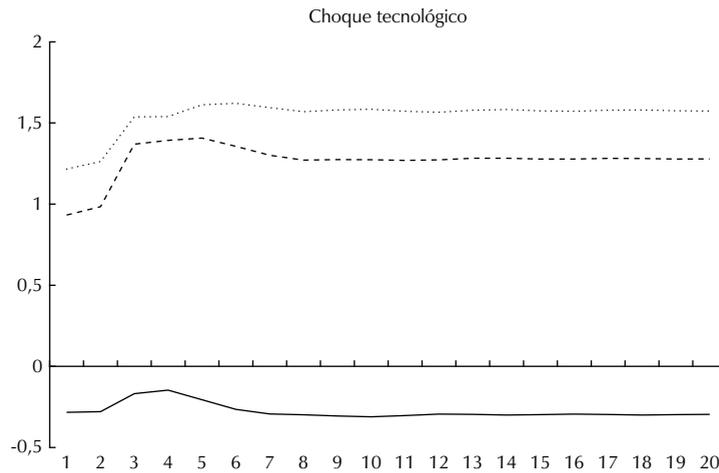
Fuente: cálculos de los autores.

Gráfico A.2.3
Impulsos-respuesta – VAR tres variables: productividad, empleo y precio insumos importados



Nota: Se presentan los impulsos-respuesta para los empleados (línea sólida), el producto (línea discontinua) y la productividad laboral (línea punteada) ante choques identificados como tecnológicos.
 Fuente: cálculos de los autores.

Gráfico A.2.4
Impulsos-respuesta – VAR cinco variables: productividad, empleo, base monetaria real, inflación y tasa de interés real



Nota: Se presentan los impulsos respuesta para los empleados (línea sólida), el producto (línea discontinua) y la productividad laboral (línea punteada) ante choques identificados como tecnológicos.
 Fuente: Cálculos de los autores.

APÉNDICE 3

DIAGRAMA, VARIABLES Y CONDICIONES DE PRIMER ORDEN

Cuadro A.3.1

Listado de variables – Modelo no lineal y linealizado

Símbolo	Descripción	Símbolo	Descripción
i_t	\tilde{i}_t Tasa de interés nominal	$C_{H,t}$	$\tilde{c}_{H,t}$ Consumo bienes domésticos
i_t^*	\tilde{i}_t^* Tasa de interés nominal externa	$C_{F,t}$	$\tilde{c}_{F,t}$ Consumo bienes importados
tr_t^*	\tilde{tr}_t Transferencias del exterior	C_t	\tilde{c}_t Índice de consumo agregado
A_t	\tilde{a}_t Tecnología	C_t^*	\tilde{c}_t^* Índice de consumo externo
$Z_{u,t}$	$\tilde{z}_{u,t}$ Choque preferencias – Consumo	D_t	\tilde{d}_t Devaluación nominal
$Z_{l,t}$	$\tilde{z}_{l,t}$ Choque preferencias – Esfuerzo laboral	R_t	\tilde{r}_t Tasa de interés real
$Z_{i,t}^*$	$\tilde{z}_{i,t}^*$ Choque tasa interés externa	Y_t	\tilde{y}_t Producción bien final
Z_t^y	\tilde{z}_t^y Componente demanda interna	GDP_t	$g\tilde{d}p_t$ PIB
$\frac{P_{H,t}}{P_t}$	$\tilde{p}_{H,t}$ Precio relativo bienes domésticos	N_t	\tilde{n}_t Empleados
$\frac{P_{F,t}}{P_t}$	$\tilde{p}_{F,t}$ Precio relativo bienes importados	H_t	\tilde{h}_t Contrataciones
$\frac{P_{RM,t}}{P_t}$	$\tilde{p}_{m,t}$ Precio relativo materias primas	X_t	\tilde{x}_t Congestión del mercado
$\frac{P_{F,t}^*}{P_t^*}$	$\tilde{p}_{F,t}^*$ Precio relativo externo – Bienes importados	U_t^0	\tilde{u}_t^0 Buscadores antes de contrataciones
$\frac{P_{RM,t}^*}{P_t^*}$	$\tilde{p}_{m,t}^*$ Precio relativo externo – Materias primas	U_t	\tilde{u}_t Buscadores de empleo
π_t	$\tilde{\pi}_t$ Inflación	UR_t	$\tilde{u}r_t$ Tasa de desempleo
π_t^*	$\tilde{\pi}_t^*$ Inflación externa	L_t	\tilde{l}_t Esfuerzo laboral
$\pi_{H,t}$	$\tilde{\pi}_{H,t}$ Inflación consumo bienes domésticos	G_t	\tilde{g}_t Costo de contratación
$\pi_{F,t}$	$\tilde{\pi}_{F,t}$ Inflación consumo bienes importados	B_t	\tilde{b}_t Bonos nacionales
$\pi_{m,t}$	$\tilde{\pi}_{m,t}$ Inflación materias primas	F_t	\tilde{f}_t Oferta laboral
π_t^{wv}	$\tilde{\pi}_t^{wv}$ Inflación de salarios	M_t	\tilde{m}_t Importaciones totales
$MC_{m,t}$	$\tilde{m}c_{m,t}$ Costo marginal materias primas	Q_t	\tilde{q}_t Tasa de cambio real
MC_t	$\tilde{m}c_{F,t}$ Costo marginal bienes importados	b_t^*	\tilde{b}_t^* Deuda externa de la economía
M_t	$\tilde{\mu}_t$ Markup de precios	E_t	\tilde{e}_t Exportaciones
ω_t	$\tilde{\omega}_t$ Salario real	RM_t	$r\tilde{m}_t$ Materias primas
ω^*	$\tilde{\omega}_{tar}$ Salario de precios flexibles	S_t	- Tasa de cambio nominal
λ_t	- Utilidad marginal del consumo	w_t	- Salario nominal
MC_t	- Costo marginal – Producción bien final	Y_t^I	- Producción bien intermedio
v_t^p	- Distorsión de precios	v_t^p	- Distorsión de salarios

3.1. ECUACIONES – MODELO NO LINEAL

3.1.1. Hogares

Maximización de utilidad:

$$\lambda_t = Z_{u,t} (C_t - h\bar{C}_{t-1})^{-\sigma} \tag{A3.1}$$

$$R_t = \frac{Z_{u,t} (C_t - h\bar{C}_{t-1})^{-\sigma}}{\beta Z_{u,t+1} (C_{t+1} - h\bar{C}_t)^{-\sigma}} \tag{A3.2}$$

$$i_t = D_{t+1} i_t^* \tag{A3.3}$$

$$R_t = \frac{i_t}{\pi_{t+1}} \tag{A3.4}$$

Decisión de participación en el mercado laboral:

$$\psi \frac{Z_{l,t} \chi L_t^\eta}{Z_{u,t} (C_t - h\bar{C}_{t-1})^{-\sigma}} = \frac{X_t}{1 - X_t} \int_0^1 \left(\frac{H_t(z)}{H_t} \right) S_t^H(z) dz \tag{A3.5}$$

Decisión de consumo doméstico e importado:

$$C_{H,t} = (1 - a) \left(\frac{P_{H,t}}{P_t} \right)^{-b} C_t \tag{A3.6}$$

$$C_{F,t} = a \left(\frac{P_{F,t}}{P_t} \right)^{-b} C_t \tag{A3.7}$$

$$C_t = \left[(1 - a)^{\frac{1}{b}} C_{H,t}^{\frac{b-1}{b}} + a^{\frac{1}{b}} C_{F,t}^{\frac{b-1}{b}} \right]^{\frac{b}{b-1}} \tag{A3.8}$$

3.1.2. Firmas

Productora de bienes finales:

$$Y_t = \nu_t^p Y_t^I \tag{A3.9}$$

$$v_t^p = \int_0^1 \left(\frac{P_t(j)}{P_{H,t}} \right)^{-\epsilon} dj \quad (\text{A3.10})$$

$$0 = \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \frac{\lambda_{t+i}}{\lambda_t} \left(\frac{P_t^o}{P_{H,t+i}} \right)^{-\epsilon} Y_{t+i} \left(\frac{P_t^o}{P_{H,t-1}} - \mathcal{M}MC_{t+i} \frac{P_{H,t+i}}{P_{H,t-1}} \right) \quad (\text{A3.11})$$

$$\mathcal{M}_t = \frac{P_t}{\text{MC}_t} \quad (\text{A3.12})$$

Productora de bienes intermedios:

$$Y_t^I = A_t \text{RM}_t^v N_t^\alpha v_t^w \quad (\text{A3.13})$$

$$v_t^w = \int_0^1 \left(\frac{\text{RM}_t(j)}{\text{RM}_t} \right)^v \left(\frac{N_t(j)}{N_t} \right)^\alpha dj \quad (\text{A3.14})$$

$$\frac{P_{rmt}}{P_t} = \frac{1}{\mathcal{M}_t} \frac{P_{H,t}}{P_t} \frac{v}{(1-\tau)} A_t \text{RM}_t^{v-1} N_t^\alpha \quad (\text{A3.15})$$

$$\frac{1}{\mathcal{M}_t} \frac{P_{H,t}}{P_t} \frac{\alpha}{(1-\tau)} A_t \text{RM}_t^v N_t^{\alpha-1} = \omega_t + G_t - \beta \frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} (1-\delta) \frac{P_{H,t+1}}{P_{t+1}} \pi_{t+1} G_{t+1} \quad (\text{A3.16})$$

Intermediarios de bienes importados de consumo:

$$0 = \sum_{i=0}^{\infty} (\theta_F \beta)^i \frac{\lambda_{t+i}}{\lambda_t} \left(\frac{P_{F,t}^o}{P_{F,t+i}} \right)^{-\kappa} C_{Ft+i} \left(\frac{P_{F,t}^o}{P_{F,t-1}} - \mathcal{M}MC_{Ft} \frac{P_{F,t+i}}{P_{F,t-1}} \right) \quad (\text{A3.17})$$

$$\text{MC}_{Ft} = Q_t \frac{P_{F,t}^*}{P_t^*} \frac{P_t}{P_{F,t}} \quad (\text{A3.18})$$

Intermediarios de materias primas:

$$0 = \sum_{i=0}^{\infty} (\theta_{rm} \beta)^i \frac{\lambda_{t+i}}{\lambda_t} \left(\frac{P_{rmt}^o}{P_{rm,t+i}} \right)^{-\kappa} \text{RM}_{t+i} \left(\frac{P_{rmt}^o}{P_{rm,t-1}} - \mathcal{M}MC_{rm,t} \frac{P_{rm,t+i}}{P_{rm,t-1}} \right) \quad (\text{A3.19})$$

$$\text{MC}_{rm,t} = Q_t \frac{P_{rm,t}^*}{P_t^*} \frac{P_t}{P_{rm,t}} \quad (\text{A3.20})$$

3.1.3. Cuentas nacionales

$$M_t - \frac{P_{H,t}}{P_t} E_t = Q_t b_t - Q_t \frac{i_{t-1}^*}{\pi_t^*} b_{t-1} + Q_t tr_t^* \tag{A3.21}$$

$$Y_t = C_{H,t} + E_t + G_t H_t + Z_t^y \tag{A3.22}$$

$$GDP_t = \frac{P_{H,t}}{P_t} Y_t + \frac{P_{F,t}}{P_t} C_{F,t} - M_t \tag{A3.23}$$

$$M_t = Q_t \frac{P_{F,t}^*}{P_t^*} C_{F,t}^* + Q_t \frac{P_{rm,t}^*}{P_t^*} RM_t^* \tag{A3.24}$$

3.1.4. Condiciones externas

$$E_t = \left(\begin{array}{c} \frac{P_{H,t}}{P_t} \\ \frac{P_t}{Q_t} \end{array} \right)^{-1} C_t^* \tag{A3.25}$$

$$i_t^* = \bar{i}^* e^{\Omega \left(\frac{Q_t b_t^*}{GDP_t} - \bar{FY} \right)} Z_{i,t}^* \tag{A3.26}$$

$$\frac{Q_t}{Q_{t-1}} = D_t \frac{\pi_t^*}{\pi_t} \tag{A3.27}$$

3.1.5. Negociación de salario

$$\frac{\omega_t}{\omega_{t-1}} = \frac{\pi_t^w}{\pi_t} \tag{A3.28}$$

$$0 = \sum_{k=0}^{\infty} ((1-\delta)\theta_w)^k \beta^k \frac{\lambda_{t+k}}{\lambda_t} \left(\frac{W_t}{P_{t+k}} - \omega^* \right) \tag{A3.29}$$

$$\omega^* = \xi \frac{Z_{l,t} \chi L_t^\eta}{Z_{u,t} (C_t - h \bar{C}_{t-1})^{-\sigma}} + (1-\xi) \frac{1}{\mathcal{M}_t} \frac{P_{H,t}}{P_t} \frac{\alpha}{(1-\tau)} A_t RM_t^v N_t^{\alpha-1} \tag{A3.30}$$

3.1.6. Definiciones del mercado laboral

$$N_t = (1 - \delta)N_{t-1} + H_t \quad (\text{A3.31})$$

$$X_t = \frac{H_t}{U_t^0} \quad (\text{A3.32})$$

$$U_t = (1 - X_t)U_t^0 \quad (\text{A3.33})$$

$$G_t = \Gamma X_t^\gamma \quad (\text{A3.34})$$

$$B_t = \frac{P_{H,t}}{P_t} G_t - (1 - \delta) \frac{P_{H,t+1}}{P_{t+1}} \frac{\pi_{t+1}}{R_t} G_{t+1} \quad (\text{A3.35})$$

$$L_t = N_t + \psi U_t \quad (\text{A3.36})$$

$$F_t = N_t + U_t \quad (\text{A3.37})$$

$$\text{UR}_t = 1 - \frac{N_t}{F_t} \quad (\text{A3.38})$$

3.1.7. Política monetaria y variables exógenas

Política monetaria:

$$i_t = \rho_i i_{t-1} + (1 - \rho_i) [\phi_\pi \pi_t + \phi_y \tilde{y}_t] \quad (\text{A3.39})$$

Variables exógenas:

$$A_t = A_{t-1}^\rho \bar{A}^{1-\rho} \quad (\text{A3.40})$$

$$tr_t^* = tr_{t-1}^{\rho_{tr}} \left(\bar{\text{Tr}}^{1-\rho_{tr}} \right) \quad (\text{A3.41})$$

$$\frac{P_{m,t}}{P_t^*} = \frac{P_{m,t-1}}{P_{t-1}^*}^{\rho_{rm}} \left(\frac{\bar{P}_{rm}^*}{P^*} \right)^{1-\rho_{rm}} \quad (\text{A3.42})$$

$$\frac{P_{F,t}^*}{P_t^*} = \frac{P_{F,t-1}^*}{P_{t-1}^*}^{\rho_F} \left(\frac{\bar{P}_F^*}{P^*} \right)^{1-\rho_F} \quad (\text{A3.43})$$

$$\pi_t^* = \pi_{t-1}^{*p} \pi_t^* \tag{A3.44}$$

$$C_t^* = C_{t-1}^{*p} c^* \left(\bar{C}^{*1-p} c^* \right) \tag{A3.45}$$

$$Z_{u,t} = Z_{u,t-1}^{\rho_{z_u}} \left(\bar{Z}_u^{1-\rho_{z_u}} \right) \tag{A3.46}$$

$$Z_{l,t} = Z_{l,t-1}^{\rho_{z_l}} \left(\bar{Z}_l^{1-\rho_{z_l}} \right) \tag{A3.47}$$

$$Z_{i,t}^* = Z_{i,t-1}^{*\rho_{z_i}} \left(\bar{Z}_i^{*1-\rho_{z_i}} \right) \tag{A3.48}$$

$$Z^y = (Z_{t-1}^y)^{\rho_y} \left(\bar{Z}^y \right)^{1-\rho_y} \tag{A3.49}$$

3.1.8. Precios relativos

$$\frac{P_t^{RM}}{P_t} = \frac{\pi_t^{RM}}{\pi_t} \frac{P_{t-1}^{RM}}{P_{t-1}} \tag{A3.50}$$

$$\frac{P_t^H}{P_t} = \frac{\pi_t^H}{\pi_t} \frac{P_{t-1}^H}{P_{t-1}} \tag{A3.51}$$

$$\frac{P_t^F}{P_t} = \frac{\pi_t^F}{\pi_t} \frac{P_{t-1}^F}{P_{t-1}} \tag{A3.52}$$

3.2. ECUACIONES – MODELO LINEAL

3.2.1. Hogares

Maximización de utilidad:

$$\tilde{r}_t = \frac{\sigma}{1-h} \left(\tilde{c}_{t+1} - (1+h)\tilde{c}_t + h\tilde{c}_{t-1} \right) + \tilde{z}_{u,t} - \tilde{z}_{u,t+1} \tag{A3.53}$$

$$\tilde{i}_t = \tilde{d}_{t+1} + \tilde{i}_t^* \tag{A3.54}$$

$$\tilde{r}_t = \tilde{i} - \tilde{\pi}_{t+1} \tag{A3.55}$$

Decisión de participación en el mercado laboral:

$$-\tilde{z}_{u,t} + \frac{\sigma}{1-h}(\tilde{c}_t - h\tilde{c}_{t-1}) + \tilde{z}_{i,t} + \varphi\tilde{l}_t = \frac{1}{1-x}\tilde{x}_t + \tilde{g}_t - \Xi\pi_t^w \quad (\text{A3.56})$$

Decisión de consumo doméstico e importado:

$$\tilde{c}_{H,t} = -b\tilde{p}_{H,t} + \tilde{c}_t \quad (\text{A3.57})$$

$$\tilde{c}_{F,t} = -b\tilde{p}_{F,t} + \tilde{c}_t \quad (\text{A3.58})$$

$$0 = (1-a)\left(\frac{P_H}{P}\right)^{1-b} \tilde{p}_{H,t} + a\left(\frac{P_F}{P}\right)^{1-b} \tilde{p}_{F,t} \quad (\text{A3.59})$$

3.2.2. Firms

Curva de Phillips neokeynesiana para el precio del bien final doméstico:

$$\pi_{H,t} = \beta\pi_{H,t+1} - \lambda^p \tilde{\mu}_t \quad (\text{A3.60})$$

Productora de bienes intermedios:

$$\tilde{y}_t = \tilde{a}_t + \nu r\tilde{m}_t + \alpha\tilde{n}_t \quad (\text{A3.61})$$

$$-\tilde{\mu} + \tilde{p}_{H,t} + \tilde{a}_t + (\nu-1)r\tilde{m}_t + \alpha n_t = \tilde{p}_{r,t} \quad (\text{A3.62})$$

$$-\tilde{\mu} + \tilde{p}_{H,t} + \tilde{a}_t + \nu r\tilde{m}_t + (\alpha-1)\tilde{n}_t = (1-\Phi)\tilde{\omega}_t + \Phi\tilde{b}_t \quad (\text{A3.63})$$

Intermediarios de bienes importados de consumo:

$$\pi_{F,t} = \frac{(1-\theta_F)(1-\theta_F\beta)}{\theta} \tilde{m}c_{F,t} + \beta\pi_{F,t+1} \quad (\text{A3.64})$$

$$\tilde{m}c_{F,t} = \tilde{q}_t + \tilde{p}_{F,t}^* - \tilde{p}_{F,t} \quad (\text{A3.65})$$

Intermediarios de materias primas:

$$\pi_{r,t} = \frac{(1-\theta_r)(1-\theta_r\beta)}{\theta} m c_{r,t} + \beta\pi_{r,t+1} \quad (\text{A3.66})$$

$$\tilde{m}c_{r,t} = \tilde{q}_t + \tilde{p}_{r,t}^* - \tilde{p}_{r,t} \quad (\text{A3.67})$$

3.2.3. Cuentas nacionales

$$M\tilde{m}_t - \frac{P_H}{P} E(\tilde{p}_{H,t} + \tilde{e}_t) = Qb^*(\tilde{q}_t + \tilde{b}_t^*) + Qtr^*(q_t + \tilde{t}_t^*) - \frac{1}{\beta} Qb^*(\tilde{q}_t + \tilde{b}_{t-1}^* + \tilde{t}_{t-1}^* - \tilde{\pi}_t^*) \quad (A3.68)$$

$$\tilde{Y}_t = C_H \tilde{c}_{H,t} + E\tilde{e}_t + GH(\tilde{g}_t + \tilde{h}_t) + \bar{Z}^y \tilde{z}_t^y \quad (A3.69)$$

$$g\tilde{d}p_t = \frac{P_H}{P} Y(\tilde{p}_{H,t} + \tilde{y}_t) + \frac{P_F}{P} C_F(\tilde{p}_{F,t} + \tilde{c}_{F,t}) - \frac{M}{GDP} \tilde{m}_t \quad (A3.70)$$

$$\tilde{m}_t = \frac{P_F}{P} C_F(\tilde{q}_t + \tilde{p}_{F,t}^* + \tilde{c}_{F,t}) + \frac{P_{rm}}{P} RM(\tilde{q}_t + \tilde{p}_{rm,t}^* + r\tilde{m}_t) \quad (A3.71)$$

3.2.4. Condiciones externas

$$\tilde{e}_t = -t(\tilde{p}_{H,t} - \tilde{q}_t) + \tilde{c}_t^* \quad (A3.72)$$

$$\tilde{t}_t^* = \Omega F\bar{Y}(\tilde{q}_t + \tilde{b}_t^* - g\tilde{d}p_t) + \tilde{z}_{t^*}^* \quad (A3.73)$$

$$q_t - q_{t-1} = d_t + \pi_t^* - \pi_t \quad (A3.74)$$

3.2.5. Negociación de salario

$$\tilde{\omega}_t = \tilde{\omega}_{t-1} + \pi_t^w - \pi_t \quad (A3.75)$$

$$\pi_t^w = \beta(1 - \delta)\pi_{t+1}^w - \lambda^w(\tilde{\omega}_t - \tilde{\omega}_t^{tar}) \quad (A3.76)$$

$$\tilde{\omega}_t^{tar} = (1 - \Upsilon) \left(-\tilde{z}_{u,t} + \frac{\sigma}{1-h}(\tilde{c}_t - h\tilde{c}_{t-1}) + \tilde{z}_{l,t} + \varphi\tilde{l}_t \right) + \Upsilon(-\tilde{\mu} + \tilde{p}_{H,t} + \tilde{a}_t + v r\tilde{m}_t + (\alpha - 1)\tilde{n}_t) \quad (A3.77)$$

3.2.6. Definiciones del mercado laboral

$$\tilde{n}_t = (1 - \delta)\tilde{n}_{t-1} + \delta\tilde{h}_t \quad (A3.78)$$

$$\tilde{x}_t = \tilde{h}_t - \tilde{u}_t^0 \quad (A3.79)$$

$$\tilde{u}_t = \tilde{u}_t^0 - \frac{X}{1-X} \tilde{x}_t \quad (\text{A3.80})$$

$$\tilde{g}_t = \gamma \tilde{x}_t \quad (\text{A3.81})$$

$$\tilde{b}_t = \frac{1}{1-(1-\delta)\beta} (\tilde{p}_{H,t} + \tilde{g}_t) - \frac{(1-\delta)\beta}{1-(1-\delta)\beta} (\tilde{p}_{H,t+1} + \tilde{g}_{t+1} + \tilde{\pi}_{t+1} - \tilde{r}_t) \quad (\text{A3.82})$$

$$\tilde{l}_t = \frac{N}{L} \tilde{n}_t + \frac{\psi U}{L} \tilde{u}_t \quad (\text{A3.83})$$

$$\tilde{f}_t = \frac{N}{F} \tilde{n}_t + \frac{U}{F} \tilde{u}_t \quad (\text{A3.84})$$

$$\tilde{u}_r = \tilde{f}_t - \tilde{n}_t \quad (\text{A3.85})$$

3.2.7. Política monetaria y variables exógenas

Política monetaria:

$$\dot{i}_t = \rho_i \dot{i}_{t-1} + (1-\rho_i) [\phi_x \pi_t + \phi_y \tilde{y}_t] \quad (\text{A3.86})$$

Variables exógenas:

$$\tilde{a}_t = \rho \tilde{a}_{t-1} \quad (\text{A3.87})$$

$$\tilde{t}_r^* = \rho_r \tilde{t}_{r,t-1}^* \quad (\text{A3.88})$$

$$\tilde{p}_{rm,t}^* = \rho_{rm} \tilde{p}_{rm,t-1}^* \quad (\text{A3.89})$$

$$\tilde{p}_{F,t}^* = \rho_F \tilde{p}_{F,t-1}^* \quad (\text{A3.90})$$

$$\tilde{\pi}_t^* = p_\pi^* \tilde{\pi}_{t-1}^* \quad (\text{A3.91})$$

$$\tilde{c}_t^* = p_c^* \tilde{c}_{t-1}^* \quad (\text{A3.92})$$

$$\tilde{z}_{u,t} = \rho_z \tilde{z}_{u,t-1} \quad (\text{A3.93})$$

$$\tilde{z}_{l,t} = \rho_{z_l} \tilde{z}_{l,t-1} \tag{A3.94}$$

$$\tilde{z}_{i^*,t} = \rho_{z_i} \tilde{z}_{i^*,t-1} \tag{A3.95}$$

$$\tilde{z}_t^y = \rho_{z_y} \tilde{z}_{t-1}^y \tag{A3.96}$$

3.2.8. Precios relativos

$$\tilde{p}_{rm,t} = \tilde{p}_{rm,t-1} + \pi_{rm,t} - \pi_t \tag{A3.97}$$

$$\tilde{p}_{H,t} = \tilde{p}_{H,t-1} + \pi_{H,t} - \pi_t \tag{A3.98}$$

$$\tilde{p}_{F,t} = \tilde{p}_{F,t-1} + \pi_{F,t} - \pi_t \tag{A3.99}$$

3.2.9. Parámetros auxiliares del modelo lineal

$$\Theta_1 = \frac{HG}{Y}$$

$$\Phi = \frac{B}{\frac{W}{P} + B}$$

$$\Upsilon = \xi \frac{\chi(C - hC)^\sigma L^\eta}{W/P}$$

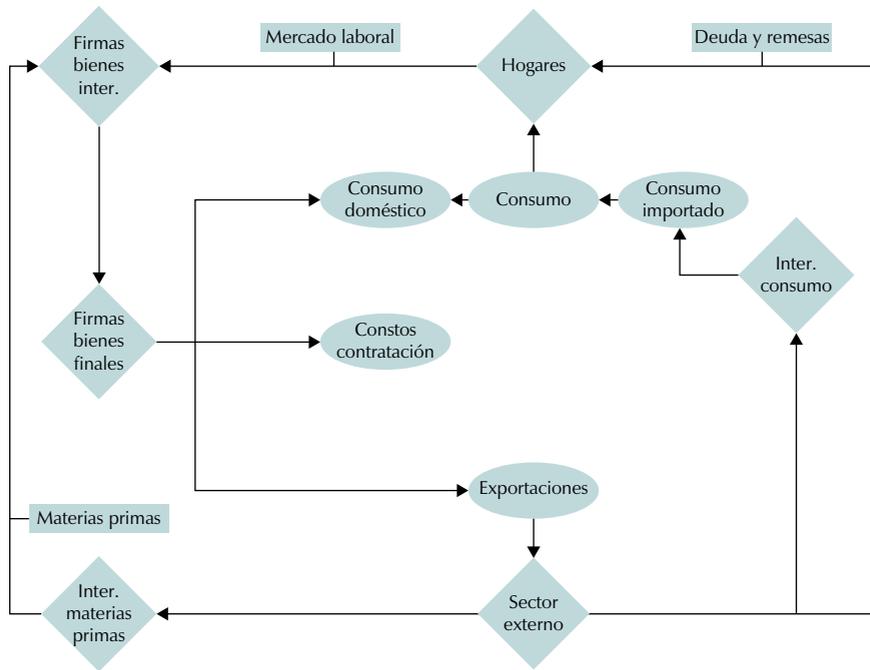
$$\Xi = \frac{\xi}{(1-\xi)} \frac{W/P}{G} \frac{\theta^w}{(1-\beta(1-\delta)\theta^w)(1-\theta^w)}$$

$$\lambda^p = \frac{(1-\theta)(1-\theta\beta)}{\theta}$$

$$\lambda^w = \frac{(1-\beta(1-\delta)\theta^w)(1-\theta^w)}{\theta^w [1-(1-\Upsilon)(1-\Phi)]}$$

3.3. Diagrama del modelo

Figura A3.1
 Diagrama del modelo



APÉNDICE 4

LISTADO DE PARÁMETROS

Cuadro A.4.1

Parámetros estimados

Símbolo	Descripción	Valor
h	Hábito del consumo	0,250
η	Inverso elasticidad de Frisch	4,585
ψ	Peso del desempleo en el esfuerzo laboral	0,413
δ	Tasa de separación de empleos	0,014
ξ	Poder relativo de negociación de las firmas	0,162
θ_p	Rigidez nominal de precios	0,202
θ_w	Rigidez nominal de salarios	0,549
θ_m	Rigidez nominal precios materias primas	0,272
θ_f	Rigidez nominal precios bienes importados	0,634
ρ	Persistencia choque tecnológico	0,891
ρ_{tr}	Persistencia choque de transferencias	0,165
ρ_m	Persistencia choque precio materias primas	0,958
ρ_f	Persistencia choque precio importados	0,937
ρ_{π^*}	Persistencia choque inflación mundial	0,660
ρ_i^*	Persistencia choque de prima por riesgo	0,781
ρ_c^*	Persistencia choque de demanda externa	0,597
ρ_{z_u}	Persistencia choque de utilidad-consumo	0,367
σ	Desviación estándar choque tecnológico	0,006
σ_i	Desviación estándar choque de política	0,015
σ_m	Desviación estándar choque al precio de materias primas	0,043
σ_{tr}	Desviación estándar choque a las transferencias	0,179
σ_f	Desviación estándar choque al precio de importados	0,002
σ_{π^*}	Desviación estándar choque a la inflación externa	0,002
σ_i^*	Desviación estándar choque a la prima de riesgo	0,003
σ_c^*	Desviación estándar choque a la demanda externa	0,006
σ_{z_u}	Desviación estándar choque a la utilidad-consumo	0,013
σ_{cp}	Desviación estándar choque de costos en precios	0,058
σ_{cw}	Desviación estándar choque de costos en salarios	0,029

Cuadro A.4.2
Parámetros calibrados

Símbolo	Descripción	Valor
\bar{T}_r	Transferencias – Estado estacionario	0,152
\bar{c}^*	Demanda externa – Estado estacionario	1,00
\bar{A}	Tecnología – Estado estacionario	10,517
\bar{Z}^y	Demanda – Estado estacionario	2,104
a	Peso importaciones en canasta de consumo	0,114
ν	Peso de las materias primas en el producto	0,094
Γ	Parámetro de escala costos de contratación	88,736
χ	Parámetro de escala utilidad del esfuerzo laboral	26,925

Cuadro A.4.3
Parámetros fijados

Símbolo	Descripción	Valor
$\frac{\bar{P}_m}{P^*}$	Precio relativo externo de materias primas – Estado estacionario	1,0
$\frac{\bar{P}_f^*}{P^*}$	Precio relativo externo de importados – Estado estacionario	1,0
\bar{Z}_u	Choque preferencias – Consumo	1,0
\bar{Z}_l	Choque preferencias – Esfuerzo laboral	1,0
ρ_l	Persistencia de regla de Taylor	0,0
ϕ_π	Respuesta de política monetaria a la inflación	1,5
ϕ_y	Respuesta de política monetaria al producto	0,5
β	Factor de descuento	0,9926
σ	Aversión relativa al riesgo	1,0
b	Sustituibilidad importaciones domésticas	0,9
ι	Sustituibilidad exportaciones	0,3
α	Peso del trabajo en el producto	2/3
γ	Elasticidad de costos de contratación respecto a la congestión	1
Ω	Sensibilidad de la prima por riesgo	0,0075
\overline{FY}	Deuda externa sobre producción – Estado estacionario	1,20

LECTURAS DE ECONOMÍA

Departamento de Economía
Universidad de Antioquia
Calle 67, 53-108 Medellín 050010, Colombia
Teléfono: (574) 219 58 20 - Fax (574) 219 88 06
<http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/lecturasdeconomia>
Dirección electrónica: lecturas@economicas.udea.edu.co

76 - enero - junio de 2012

Wage Adjustment Practices and the Link between Price and Wages: Survey Evidence from Colombian Firms

ANA IREGUI
LIGIA MELO
MARÍA RAMÍREZ

Primeras experiencias laborales de los profesionales colombianos: probabilidad de empleo formal y salarios

JUAN BARÓN

La medición del riesgo en eventos extremos. Una revisión metodológica en contexto

JORGE URIBE
INÉS ULLOA

Volumen y asimetría en los principales mercados accionarios latinoamericanos

WERNER KRISTJANPOLLER
VICTOR CABALLERO

La convergencia de las regiones chilenas, 1960-2009

ALEJANDRO CORVALÁN
DANILO PEZO

The impact of inter-firm networks on regional development: the case of Mendoza's wine cluster

MARÍA ALDERETE
MIGUEL BACIC

Elección estratégica de contratos forward y contratos de incentivos gerenciales en un contexto de competencia a la Cournot

SANDRA MIRANDA
XIMENA BERNAL
FLAVIO JÁCOME

Sobre la existencia de una raíz unitaria en la serie de tiempo mensual del precio de la electricidad en Colombia

ELKIN CASTAÑO
JORGE SIERRA

El análisis monetario: la cuestión de la naturaleza y el papel de la moneda

RÉMI STELLIAN

75 - julio-diciembre de 2011

Do Followers Really Matter in Stackelberg Competition?

LUDOVIC JULIEN
OLIVIER MUSY
AURÉLIE SAÏDI

Contagio financiero: una metodología para su evaluación mediante coeficientes de dependencia asintótica

JORGE URIBE

Modelos de precios de los activos: un ejercicio comparativo basado en redes neuronales aplicado al mercado de valores colombiano

CHARLE LONDOÑO
YANETH CUAN

Una estimación no paramétrica y robusta de la transformación Box-Cox para el modelo de regresión

ELKIN CASTAÑO

Una regla de política fiscal óptima para la economía colombiana: aproximación desde un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico

JUAN GALVIS
JUAN BEDOYA
RUBEN LOAIZA

Análisis económico sobre el tamaño óptimo del mercado y ubicación de estaciones de transferencia para el manejo de residuos sólidos en Colombia

JORGE PERDOMO
JUAN RAMÍREZ

La aversión al riesgo en la toma de decisiones médicas: una revisión

LILIANA CHICAÍZA
MARIO GARCÍA
GIANCARLO ROMANO

74 - enero - junio de 2011

Hábitos y preferencias por recreación y deporte en Medellín, 2009: una aplicación de modelos logísticos

GERMÁN VALENCIA
DAVID TOBÓN
JOHN BEDOYA

Teoría de la asignación del Precio por Arbitraje (APT) aplicada al mercado accionario chileno

WERNER KRISTJANPOLLER
MAURICIO MORALES

Relación entre esperanza de vida e ingreso. Un análisis para América Latina y el Caribe

KARINA TEMPORELLI
VALENTINA VIEGO

Manufacturing employment and wage differentials after structural adjustment reforms in Colombia

RODRIGO TABORDA
JUAN GUATAQUÍ

The Post-war International Food Order: The Case of Agriculture in Colombia

CARLOS GAVIRIA

Incentivos económicos para la conservación de áreas naturales: una revisión de la literatura

ANDRÉS VARGAS
MAURO REYES

La participación laboral de la mujer casada y su cónyuge en Colombia: un enfoque de decisiones relacionadas

EMMA CASTRO
GUSTAVO GARCÍA
ERIKA BADILLO

La Curva de Engel de los servicios de salud en Colombia: una aproximación semiparamétrica

JORGE BARRIENTOS
JUAN GALLEGO
JUAN SILDARRIAGA

Regulación y bienestar económico: evaluación de la regulación de servicios públicos domiciliarios de acueducto y electricidad en Colombia en la década de los noventa. Caso Empresas Públicas de Medellín

LUIS VÉLEZ
ANDRÉS RAMÍREZ
LIZ LONDOÑO
YUDY GIRALDO
DANIEL LONDOÑO

Lecturas de Economía: revista clasificada por Colciencias como tipo A2, en el Índice Nacional de Publicaciones Seriadas Científicas y Tecnológicas Colombianas –Publindex–, 2011-2012.