

Asimetrías del empleo y el producto,
una aproximación de equilibrio
general

Por:
Andrés González
Sergio Ocampo
Diego Rodríguez
Norberto Rodríguez

Núm. 663
2011

Borradores de ECONOMÍA



ta - Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá - Col

Asimetrías del empleo y el producto, una aproximación de equilibrio general

Andrés González
agonzago@banrep.gov.co

Sergio Ocampo
socampdi@banrep.gov.co

Diego Rodríguez
drodrigu@banrep.gov.co

Norberto Rodríguez
nrodrini@banrep.gov.co

Departamento de Modelos Macroeconómicos
Banco de la República

Resumen

La evidencia empírica para Colombia muestra relaciones tanto positivas como negativas entre el crecimiento del producto y empleo, a diferencia de lo encontrado en economías desarrolladas como la de los Estados Unidos. El presente trabajo usa modelos VAR y de Equilibrio General Dinámico y Estocástico para abordar explicaciones de ese fenómeno. 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 encuentra que choques tecnológicos inducen una correlación negativa entre producto y empleo, mientras choques no tecnológicos inducen la correlación contraria.

Palabras Claves: Mercado laboral, VAR estructural, DSGE, Economía abierta, Política monetaria.
JEL: E24, E27, E32, E37, F41, J64.

Los autores agradecen a Emma Monsalve, Juan Sebastián Rassa, Ángelo Gutiérrez y Camila Fonseca por su colaboración en la elaboración de este documento. También se agradece a Luis Fernando Mejía, a Franz Hamman y a Luis Eduardo Arango por 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. Norberto Rodríguez es además profesor de cátedra de la Universidad Nacional de Colombia.

1. 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 la Figura 1 que muestra la correlación entre el componente cíclico del empleo y del producto, medidos usando el filtro Hodrick-Prescott, para Colombia y los Estados Unidos. Se observa que, para los Estados Unidos 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 la Figura 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 calcular 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, es de esperarse que el signo de la correlación entre las dos variables pueda variar en el tiempo según el tipo de choque que domine el ciclo.

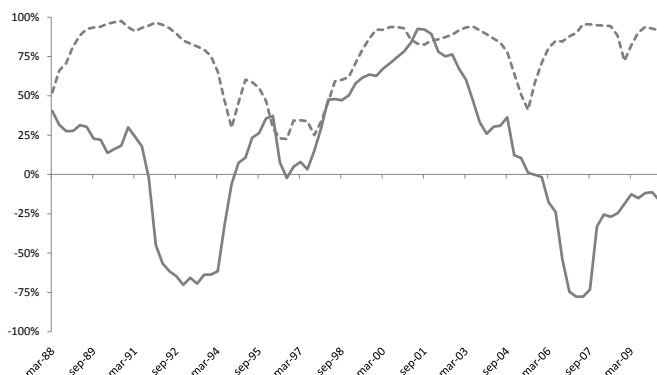
Los hallazgos del estudio de los VAR estructurales son explicados utilizando un modelo DSGE, estimado para la economía colombiana usando métodos bayesianos. El modelo utilizado es un modelo Neo-Keynesiano de economía abierta, como el de Adolfson et al. (2008), al que se agregan fricciones en el mercado laboral como las de Blanchard y Gali (2010) y Gali (2010). Estas fricciones incorporan al modelo la decisión de participación de los individuos en el mercado laboral y la existencia de desempleo involuntario en el equilibrio.

Además, el uso del modelo DSGE amplía los resultados de los VAR estructurales en dos aspectos. Primero, permite tratar la respuesta de la oferta laboral, el empleo y el desempleo ante choques estructurales propios de una economía pequeña y abierta, tales como: choques de productividad, choques monetarios, cambios en los precios de bienes importados o de materias primas, cambios en la demanda externa, cambios en la tasa de interés externa, entre otros. Segundo, 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.

La inclusión de fricciones en el mercado laboral no es necesaria para reproducir la respuesta del empleo y el producto encontrada en los VAR estructurales, toda vez que un modelo Neo-Keynesiano (Gali (1999)) o un modelo RBC ampliado con suficientes rigideces reales (Smets y Wouters (2007)), captura adecuadamente tales resultados. Sin embargo, expandir el modelo con las fricciones mencionadas está en línea con los resultados de Bonaldi et al. (2010) y Parra (2010). En el primer trabajo, se analiza el rol de fricciones reales y nominales en un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico, sus resultados indican que las rigideces más importantes en el ajuste empírico del modelo son las del mercado laboral; el segundo trabajo busca problemas de especificación en un modelo similar al de Bonaldi et al. (2010), aplicando la metodología de Chari et al. (2007), y encuentra que el mercado laboral es el punto donde más se puede avanzar para mejorar el desempeño del modelo. Los resultados mencionados son obtenidos por los autores utilizando modelos similares al presentado en la Sección 3 de este documento.

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 2), en la Sección 3 se plantea un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico (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 4 y 5 respectivamente.

Figura 1: Coeficiente de Correlación: Empleo y Producto



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. La línea punteada corresponde a la correlación para las series de los Estados Unidos, la línea continua corresponde a la correlación para Colombia.

Fuente: Cálculos de los autores.

2. Evidencia empírica

La Figura 1 aporta información sobre el efecto neto de los choques que afectan la economía en algún período, sin embargo dicho efecto 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 a 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 la Figura 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:

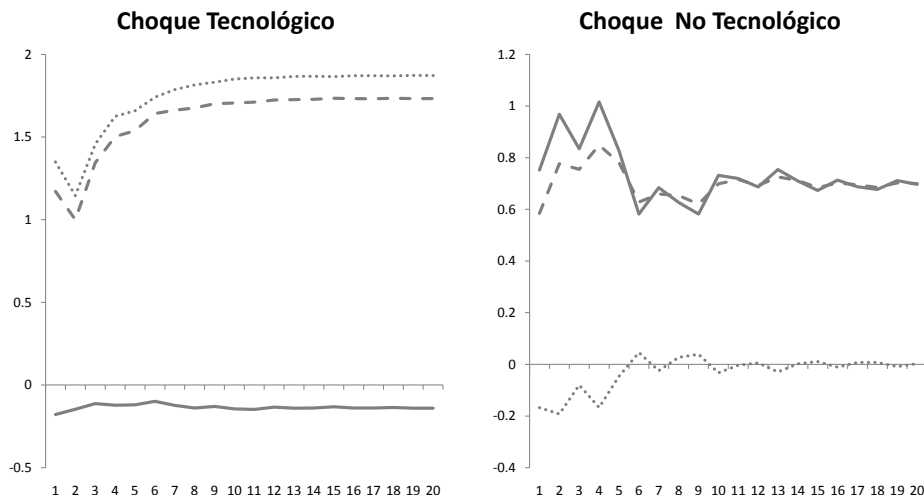
$$\begin{bmatrix} \Delta x_t \\ \Delta n_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C^{11}(L) & C^{12}(L) \\ C^{21}(L) & C^{22}(L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \epsilon_{1,t} \\ \epsilon_{2,t} \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

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 (2.1) de tal forma que sólo choques tecnológicos puedan tener efectos permanentes sobre la productividad laboral. Bajo este supuesto $C^{12}(1) = 0$, así sólo el choque $\epsilon_{1,t}$ puede afectar permanentemente a 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 sólo 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 hacen 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

¹La estrategia de identificación es compatible con cualquier modelo que cumpla las siguientes dos condiciones: primero,

Figura 2: Impulsos respuesta - VAR bivariado



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 y no tecnológicos.

Fuente: Cálculos de los autores.

El VAR descrito en (2.1) es estimado utilizando datos trimestrales de producto real desestacionalizado (fuente DANE y GRECO(2002)) y cantidad de empleados (encuesta de hogares para 7 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 et al. (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).

La Figura 2 presenta los impulsos respuesta obtenidos tras la estimación bajo la estrategia de identificación descrita. En el panel derecho 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 el panel izquierdo 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 los trabajos Galí (1996,1999); evidencia adicional para los Estados Unidos es reportada en Galí

la función de producción ($Y_t = F(K_t, A_t N_t)$) debe ser homogénea de grado uno y estrictamente cóncava y, segundo, 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 en la siguiente forma:

$$\frac{Y_t}{N_t} = \frac{F(K_t, A_t N_t)}{N_t} = \frac{A_t N_t F\left(\frac{K_t}{A_t N_t}, 1\right)}{N_t} = A_t F\left(\frac{K_t}{A_t N_t}, 1\right) \quad (2.2)$$

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 Chari et al. (2007); Fisher (2006); Christiano et al. (2004, 2003). A su vez Galí y Rabanal (2005), Francis y Ramey (2005) y Basu et al. (2006), entre otros, aportan argumentos sobre la validez empírica de las condiciones suficientes para la identificación.

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

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

(2010) y una revisión completa de trabajos a favor y en contra de los resultados presentados es expuesta en Galí y Rabanal (2005).

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, 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 M1 real; ambas medidas de agregado monetario son deflactadas utilizando el IPC. En el tercer modelo se agrega a las variables de (2.1) el precio de las materias primas importadas, con la idea 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 IPP de bienes importados. Finalmente, siguiendo a Gali (1999), se estima una cuarta especificación con cinco variables, incluye productividad, empleo, base monetaria real, la tasa de inflación del IPC y la tasa de interés real de los CDT a 90 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 B contiene un resumen de estos resultados.

Las especificaciones alternas del VAR sólo identifican el primer choque como tecnológico, dejando los demás choques sin identificar, se supone entonces que el primer choque es ortogonal a los demás y que, además, es el único que puede tener efecto de largo plazo sobre la productividad laboral. La identificación parcial del VAR es llevada a cabo siguiendo a Christiano et al. (2007).

3. Modelo

Los resultados expuestos en la sección anterior 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 del tiempo. 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 las variables del mercado laboral como lo son la oferta laboral, el empleo y el desempleo ante choques estructurales tecnológicos y no tecnológicos. Entre estos últimos se tienen por ejemplo los choques de política monetaria y choques típicos de economías abiertas como son movimientos en el precio de las materias primas importadas, en la demanda externa, 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 Gali (2010) y Galí (2010). Estas fricciones permiten la existencia de desempleados en el equilibrio y una oferta laboral que refleja la decisión de participación. Siguiendo los resultados de los trabajos de Arango et al. (2011) y Parra (2008), en los cuales se muestra que el ajuste del mercado laboral colombiano se da fundamentalmente en el margen extensivo, el modelo presentado en esta sección no modela los ajustes en el margen intensivo de la oferta laboral.

Por último es importante resaltar que muchos modelos son capaces de reproducir la respuesta del empleo ante un choque tecnológico. En particular, como lo muestra Gali (1999), el modelo Neo-Keynesiano, con rigideces de precios, no tiene problemas para recrear estos resultados. Sin embargo, y como es reseñado en la literatura, el modelo RBC estándar es incapaz de reproducir este hecho, sin embargo, al ampliarlo con suficientes rigideces reales sobre la demanda agregada, este es capaz de generar la respuesta adecuada del empleo ante choques tecnológicos (Smets y Wouters (2007)). Se aclara que es posible alterar la parametrización de un modelo RBC estándar de forma que reproduzca los resultados presentados en la Figura 2, por ejemplo al aumentar la aversión relativa al riesgo de los consumidores, sin embargo, como se muestra en el ApéndiceA, 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 genera la caída en el empleo ante el choque de productividad.

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

3.1. 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, sin embargo se ve afectado por la situación laboral en el hogar.

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

$$C_t = \left[(1-a)^{\frac{1}{b}} C_{H,t}^{\frac{b-1}{b}} + a^{\frac{1}{b}} C_{F,t}^{\frac{b-1}{b}} \right]^{\frac{b}{b-1}} \quad (3.1)$$

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

$$P_{H,t}C_{H,t} + P_{F,t}C_{F,t} + B_t + s_t i_{t-1}^* B_{t-1}^* \leq \int_0^1 W_t(j) N_t(j) dj + i_{t-1} B_{t-1} + s_t B_t^* + s_t \text{Tr}_t^* + \Xi_t \quad (3.2)$$

donde los gastos del hogar están dados 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 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:

$$\mathcal{U}_t = Z_{u,t} \frac{(C_t - h\bar{C}_{t-1})^{1-\sigma}}{1-\sigma} - Z_{l,t} \chi \frac{L_t^{1+\eta}}{1+\eta} \quad (3.3)$$

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:

$$L_t = N_t + \psi U_t \quad (3.4)$$

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.

3.2. Intermediarios

El modelo incluye dos tipos de intermediarios. Estos intermediarios 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 de materias primas 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 adicionalmente 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, el subsidio está 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.

$$\text{Max}_{P_{F,t}(j)} \sum_{i=0}^{\infty} \theta_F^i \Lambda_{t,t+i} (P_{F,t+i}(j) C_{F,t+i}(j) - (1 - \tau_F) s_{t+i} P_{F,t+i}^* C_{F,t+i}^*(j)) \quad (3.5)$$

3.3. 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:

$$\begin{aligned}
& \underset{\substack{Y_t^I(j), H_t(j) \\ \text{RM}_t(j), N_t(j)}}}{\text{Máx}} & \mathcal{E}_t \left\{ \sum_{i=0}^{\infty} \Lambda_{t,t+i} [P_{t+i}^I Y_{t+i}^I(j) - W_{t+i}(j) N_{t+i}(j) - P_{rm,t+i} \text{RM}_{t+i}(j) - P_{H,t+i} G_{t+i} H_{t+i}(j)] \right\} \\
& \text{s.a} & Y_t^I(j) = A_t (\text{RM}_t(j))^\nu (N_t(j))^\alpha \\
& & N_t(j) = (1 - \delta) N_{t-1}(j) + H_t(j)
\end{aligned}$$

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 esta dado por el valor del producto marginal del trabajo ($\text{PMG}_{N,t}$). 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:

$$\text{PMG}_{N,t} = W_t(j) + P_{H,t} G_t - \mathcal{E}_t \{ \Lambda_{t,t+1} (1 - \delta) P_{H,t+1} G_{t+1} \} \quad (3.6)$$

Como se menciona arriba, las firmas productoras de bienes finales enfrentan rigideces de precios como en Calvo (1983), de tal forma que cada período pueden ajustar óptimamente sus precios sólo 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. Dado 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.

3.4. Costos de contratación y negociación de salarios

En cuanto al funcionamiento del mercado laboral, los hogares deciden cuantos de sus integrantes participan en el mismo, de estos no todos serán empleados por las firmas productoras de bien intermedio, las contrataciones que en efecto se realizan cada período dependen de los costos asociados a la contratación (G_t), esto es, costos en los que incurre la empresa por buscar e integrar un nuevo trabajador a su planta laboral, fuera de los costos salariales que asumirá una vez comience la relación laboral con el nuevo empleado. Los costos de contratación dependerán positivamente de la congestión del mercado laboral (X_t), la congestión esta dada por al razón entre el total de contrataciones (H_t) y el total de buscadores de empleo (U_t). La función de costos de contratación está dada por:

$$G_t = \Gamma X_t^\gamma \quad (3.7)$$

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

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

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 pueden renegociar su salario 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. La ecuación (3.8) define el valor neto, o excedente, para el hogar de un empleado en el periodo $t+k$ en la firma j , dado 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 (3.9) 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 (3.10) define el valor de un desempleado para cualquier período.

$$S_{t+k/t}^H(j) = \mathcal{V}_{t+k/t}^N(j) - \mathcal{V}_{t+k}^U \quad (3.8)$$

$$\mathcal{V}_{t+k/t}^N(j) = \frac{W_t(j)}{P_{t+k}} - \text{TMS}_{t+k} \quad (3.9)$$

$$\begin{aligned} & + \mathcal{E}_{t+k} \left\{ \Lambda_{t+k,t+k+1} \left[(1-\delta) \left(\theta_w \mathcal{V}_{t+k+1/t}^N(j) + (1-\theta_w) \mathcal{V}_{t+k+1/t+k+1}^N(j) \right) + \delta \mathcal{V}_{t+k+1}^U \right] \right\} \\ \mathcal{V}_t^U & = X_t \bar{\mathcal{V}}_t^N + (1-X_t) [-\psi \text{TMS}_t + \mathcal{E}_t \{ \Lambda_{t,t+1} \mathcal{V}_{t+1}^U \}] \end{aligned} \quad (3.10)$$

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 $\left(\text{TMS}_t = -\frac{\partial u_t / \partial L_t}{\partial u_t / \partial C_t} \partial L_t / \partial N_t \right)$. 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.

Dado 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

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: $\bar{\mathcal{V}}_t^N = \int_0^1 \frac{H_t(j)}{H_t} \mathcal{V}_t^N(j) dj$.

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.

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

$$S_{t+k/t}^H(j) = \frac{W_t(j)}{P_{t+k}} - \text{TMS}_{t+k} + \mathcal{E}_{t+k} \left\{ \Lambda_{t+k,t+k+1} \left[(1-\delta) \left(\theta_w S_{t+k+1/t}^H(j) + (1-\theta_w) S_{t+k+1/t+k+1}^H(j) \right) \right] \right\} \quad (3.11)$$

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 (3.12).

$$S_{t/t}^H(j) = \mathcal{E}_t \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} ((1-\delta)\theta_w)^k \Lambda_{t,t+k} \left(\frac{W_t(j)}{P_{t+k}} - \text{TMS}_{t+k} \right) \right\} + (1-\delta)(1-\theta_w) \mathcal{E}_t \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} ((1-\delta)\theta_w)^k \Lambda_{t,t+k+1} S_{t+k+1/t+k+1}^H(j) \right\} \quad (3.12)$$

En cuanto a la firma, el valor de un empleado (ya contratado) está dado 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:

$$S_{t+k/t}^F(j) = \text{PMG}_{N,t+k/t}(j) - \frac{W_t(j)}{P_{t+k}} + (1-\delta) \mathcal{E}_t \left\{ \Lambda_{t+k,t+k+1} \left(\theta_w S_{t+k+1/t}^F(j) + (1-\theta_w) S_{t+k+1/t+k+1}^F(j) \right) \right\} \quad (3.13)$$

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. Éste se presenta en la ecuación (3.14).

$$S_{t/t}^F(j) = \mathcal{E}_t \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} ((1-\delta)\theta_w)^k \Lambda_{t,t+k} \left(\frac{W_t(j)}{P_{t+k}} - \text{MRS}_{t+k/t} \right) \right\} + (1-\delta)(1-\theta_w) \mathcal{E}_t \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} ((1-\delta)\theta_w)^k \Lambda_{t,t+k+1} S_{t+k+1/t+k+1}^F(j) \right\} \quad (3.14)$$

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

$$\text{Máx}_{W_t(j)} \left(S_{t/t}^H(j) \right)^{1-\xi} \left(S_{t/t}^F(j) \right)^\xi \quad (3.15)$$

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

3.5. Cuentas nacionales

El producto interno bruto (GDP_t) se define como:

$$GDP_t = C_t + \frac{P_{H,t}}{P_t} E_t - M_t + \frac{P_{H,t}}{P_t} G_t H_t + \frac{P_{H,t}}{P_t} Z_t^y \quad (3.16)$$

donde C_t es el consumo total de los hogares, E_t las exportaciones, M_t las importaciones totales, que incluyen tanto de bienes de consumo como 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 .

$$Y_t = C_{H,t} + E_t + G_t H_t + Z_t^y \quad (3.17)$$

La identidad de la balanza de pagos está dada por:

$$M_t - \frac{P_{H,t}}{P_t} E_t = \mathcal{Q}_t b_t^* - \mathcal{Q}_t \frac{i_{t-1}^*}{\pi_t^*} b_{t-1}^* + \mathcal{Q}_t tr_t^* \quad (3.18)$$

siendo \mathcal{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:

$$M_t = \mathcal{Q}_t \frac{P_{F,t}^*}{P_t^*} C_{F,t}^* + \mathcal{Q}_t \frac{P_{rm,t}^*}{P_t^*} RM_t^* \quad (3.19)$$

3.6. 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:

$$E_t = \left(\frac{P_{H,t}/s_t}{P_t^*} \right)^{-\iota} C_t^* \quad (3.20)$$

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

$$i_t^* = \bar{i}^* e^{\Omega \left(\frac{\mathcal{Q}_t b_t^*}{GDP_t} - \overline{FY} \right)} Z_{i^*,t} \quad (3.21)$$

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 producto interno bruto, 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.

3.7. Política monetaria

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:

$$\tilde{i}_t = \rho_i \tilde{i}_{t-1} + (1 - \rho_i) \left[\phi_\pi \tilde{\pi}_t + \phi_y \tilde{gdp}_t \right] + \epsilon_i \quad (3.22)$$

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	Habito en el consumo	Beta(0, 1)	0.5	0.10
η	Inverso de la elasticidad de oferta laboral	Gama	3	0.5
ψ	Desutilidad relativa de reempleados	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	Gama	0.1	0.03

4. 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. Los datos utilizados son trimestrales y comprenden el período 1994.I y 2010.II. El conjunto de variables incluidas en la estimación está compuesto por: la tasa de crecimiento del PIB real y del consumo privado, tasa de interés nominal (TIB), inflación del IPC, tasa de crecimiento del salario real, inflación del precio de las materias primas, inflación externa y de bienes importados, tasa de crecimiento de la demanda externa, tasa de crecimiento de las transferencias, tasa de interés externa y, por último, datos para el empleo y la oferta laboral (PEA) tomados de la encuesta de hogares para 7 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 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 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 priors 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).

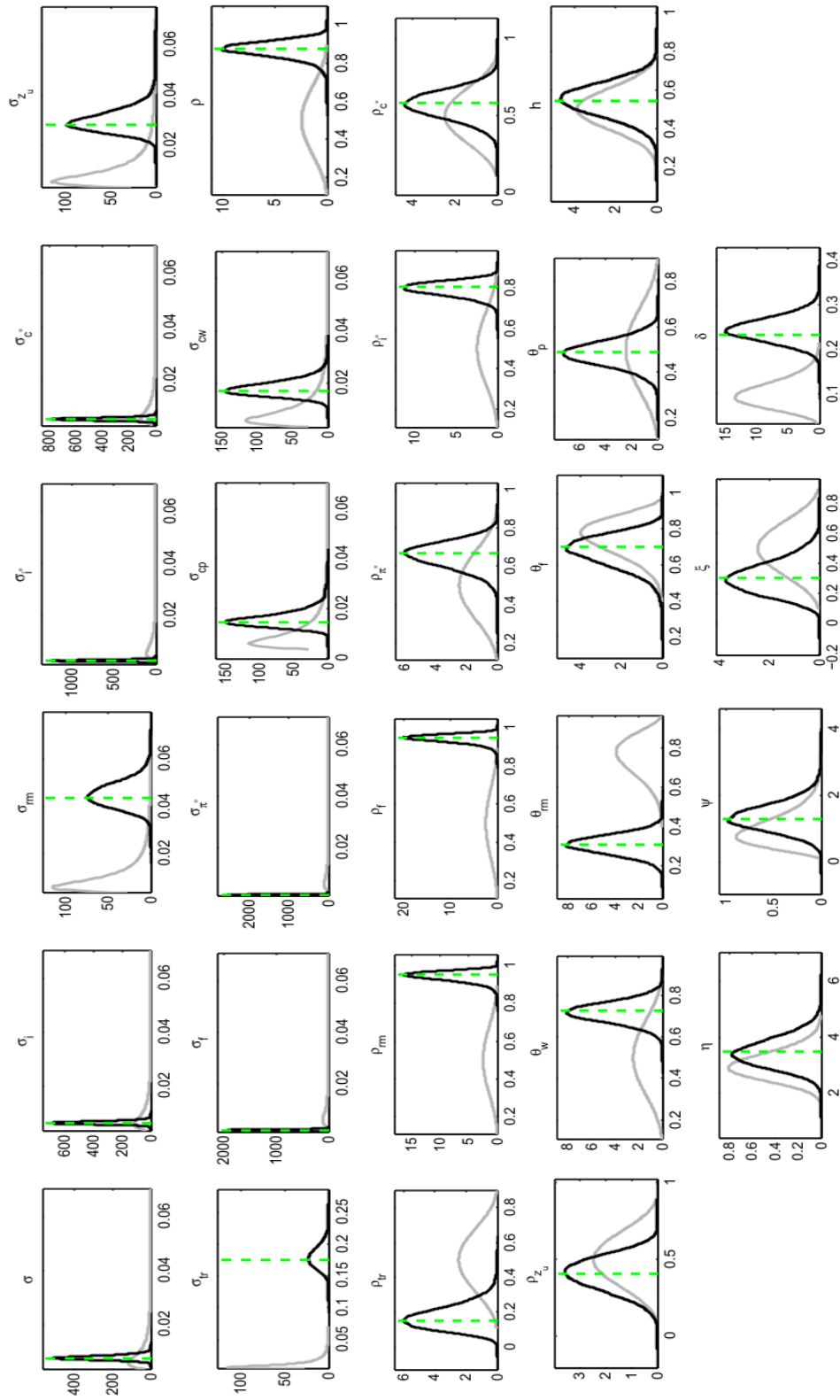
Los resultados de la estimación se presentan en el Cuadro 2 y la Figura 3. Se nota primero, sobre los parámetros que gobiernan las rigideces nominales del modelo, que, en línea con lo encontrado por Bonaldi et al. (2010), la rigidez nominal en el mercado de bienes es menor que la rigidez en el mercado laboral (i.e. $\theta_p = 0,48$, $\theta_w = 0,72$), 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 intermediarios de bienes de consumo, $\theta_f = 0,70$) 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.

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

Cuadro 2: Resultados de la Estimación

Parámetro	Prior		Posterior			HPD 90 %		
	Media	SD	Media	Moda	SD	Inf	Sup	
Rigidez precios domésticos	θ_p	0.50	0.15	0.481	0.487	0.050	0.393	0.576
Rigidez negociación salarios	θ_w	0.50	0.15	0.716	0.723	0.042	0.637	0.796
Rigidez precios materias primas	θ_{rm}	0.75	0.15	0.305	0.307	0.049	0.224	0.380
Rigidez precios bienes importados	θ_f	0.75	0.15	0.671	0.700	0.085	0.538	0.813
Habito en el consumo	h	0.50	0.10	0.545	0.541	0.090	0.414	0.684
Inverso de la elasticidad de oferta laboral	η	3.00	0.50	3.456	3.497	0.512	2.619	4.298
Desutilidad relativa de desempleados	ψ	1.00	0.50	1.355	1.295	0.396	0.682	2.036
Poder de negociación relativo de las firmas	ξ	0.50	0.15	0.305	0.302	0.108	0.127	0.466
Tasa de separación de empleos	δ	0.10	0.03	0.244	0.233	0.026	0.200	0.287
Persistencia choque tecnológico	ρ	0.50	0.15	0.871	0.876	0.038	0.807	0.937
Persistencia choque de transferencias	ρ_{tr}	0.50	0.15	0.172	0.149	0.066	0.067	0.278
Persistencia choque precio materias primas	ρ_{rm}	0.50	0.15	0.943	0.953	0.023	0.904	0.984
Persistencia choque precio importados	ρ_f	0.50	0.15	0.943	0.950	0.020	0.911	0.977
Persistencia choque de inflación externa	ρ_{π^*}	0.50	0.15	0.656	0.666	0.066	0.546	0.764
Persistencia choque de prima de riesgo	ρ_{i^*}	0.50	0.15	0.793	0.804	0.032	0.741	0.851
Persistencia choque de demanda externa	ρ_{c^*}	0.50	0.15	0.572	0.581	0.089	0.430	0.723
Persistencia choque utilidad - Consumo	ρ_{z_u}	0.50	0.15	0.403	0.408	0.115	0.227	0.571
Dev. Est. choque de política	σ_i	0.0125	∞	0.008	0.008	0.001	0.006	0.009
Dev. Est. choque tecnológico	σ	0.0125	∞	0.006	0.006	0.001	0.006	0.007
Dev. Est. choque a las transferencias	σ_{tr}	0.0125	∞	0.045	0.044	0.005	0.036	0.053
Dev. Est. choque precio materias primas	σ_{rm}	0.0125	∞	0.180	0.175	0.016	0.153	0.207
Dev. Est. choque precio importados	σ_f	0.0125	∞	0.002	0.002	0.000	0.002	0.003
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	0.000	0.005	0.006
Dev. Est. choque a utilidad - Consumo	σ_{z_u}	0.0125	∞	0.030	0.029	0.004	0.023	0.037
Dev. Est. choque de costos en precios	σ_{cp}	0.0125	∞	0.016	0.015	0.002	0.011	0.020
Dev. Est. choque de costos en salarios	σ_{cu}	0.0125	∞	0.018	0.017	0.002	0.014	0.023

Figura 3: Distribuciones Prior y Distribuciones Posterior



Se presentan las distribuciones posterior (línea negra) y prior (línea gris) para los parámetros estimados. La línea vertical punteada indica la media de la distribución posterior. Se comienza con las desviaciones estándar y los parámetros de persistencia de los choques, se continúa con los parámetros de rigideces nominales, parámetros de la función de utilidad y por último los parámetros del mercado laboral.

Fuente: Cálculos de los autores, utilizando Dynare.

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

En segundo lugar se revisan los resultados para los parámetros de la función de utilidad: el valor estimado para el hábito ($h = 0,55$) indica que el consumo en el modelo debe ser suave, siendo éste el principal componente de la demanda agregada, se tiene entonces que esta no sufrirá cambios drásticos ante choques, este hecho, como se mencionó anteriormente, 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 superior a 1, lo que significa que un buscador implica más esfuerzo para el hogar que un empleado; tales costos influyen las decisiones de participación de los hogares en el mercado laboral, al ser altos llevarán al hogar a disminuir la oferta laboral ante situaciones que aumenten el desempleo, ya que los beneficios que espera recibir por un individuo adicional buscando empleo serán menores que los costos de la búsqueda, esto por supuesto no sucede en todos los casos, depende también del comportamiento de los beneficios mencionados.

Sobre el parámetro ξ , que mide el poder de negociación relativo de las firmas, los datos lo ubican alrededor de 0.305 y, como se observa en la Figura 3, son informativos al momento de estimar el parámetro, afectando la media dada en la prior y disminuyendo la varianza sobre la ubicación de éste.

Los valores estimados para los parámetros de persistencia de los choques son en general altos (a excepción del asociado al choque a las transferencias, $\rho_{tr} = 0,15$), 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; éste hecho se da en todos los parámetros excepto en η , donde, a pesar de que la varianza aumenta ligeramente, se nota 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.

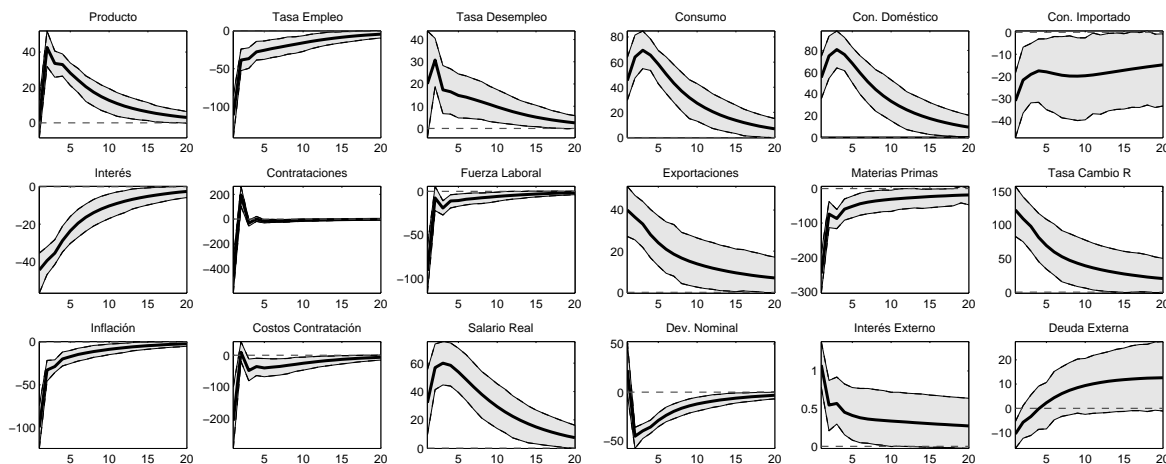
Entre los demás parámetros del modelo, algunos son calibrados buscando que el modelo replique las siguientes razones y niveles de largo plazo de la economía colombiana: los empleados y desempleados como porcentaje de la población en edad de trabajar, el consumo doméstico como proporción del consumo total, las exportaciones y el consumo total como porcentaje del producto interno bruto y, para finalizar, la razón entre las transferencias y el producto interno bruto, 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 7 áreas metropolitanas. Los datos de consumo doméstico en relación al 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 utilizados 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).

Por último, los parámetros restantes son fijados durante todo el proceso de estimación y calibración, los valores son tomados en parte de literatura previa sobre fricciones laborales y en parte de estima-

Figura 4: Impulsos respuesta ante choque tecnológico



Impulsos respuesta en puntos básicos y regiones de alta densidad al 90 %.

Fuente: Cálculos de los autores, utilizando Dynare.

ciones previas 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 $2/3$ (i.e. $\alpha = 2/3$). 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. Los parámetros de la regla de política son fijados de tal forma que se satisfaga el principio de Taylor, así $\phi_\pi = 1,5$ y $\phi_y = 0,5$, con un parámetro de suavizamiento de 0.7 (i.e. $\rho_i = 0,7$). 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 A.

El apéndice D contiene el listado de los valores para todos los parámetros del modelo.

5. Análisis de impulso respuesta y dinámicas de corto plazo

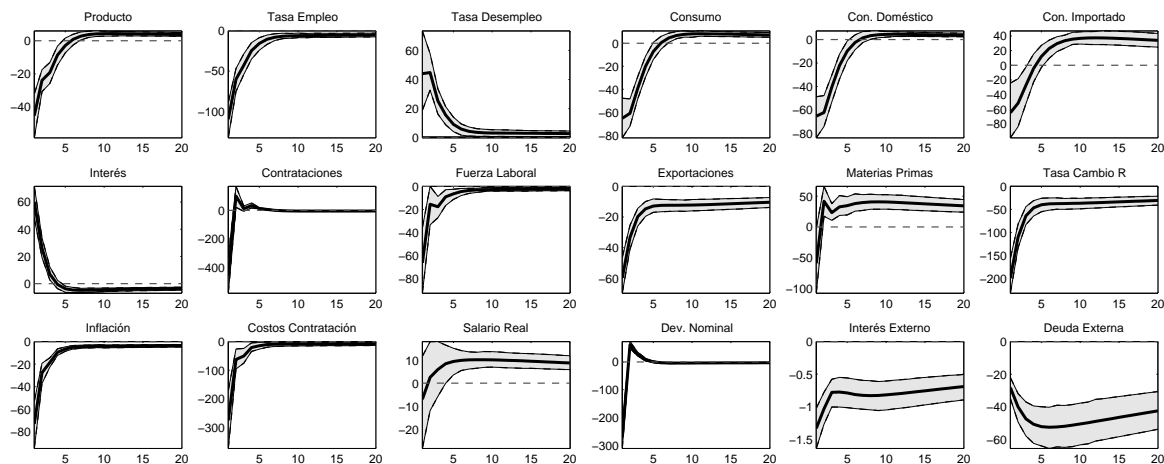
Utilizando los parámetros obtenidos tras la estimación y calibración del modelo se calculan las respuestas de las variables modeladas ante distintos choques. Se comienza verificando la respuesta de las variables ante un choque tecnológico, ya presentada en la Sección 2, después se presentan y analizan las respuestas de diversas variables ante distintos choques, tanto internos como externos.

La figura 4 muestra los impulsos respuesta relativos ante un choque tecnológico, y la figura 5 los impulsos respuesta relativos ante un choque contraccionario de política monetaria.

Sobre la respuesta de las variables ante el choque tecnológico se observa que, ante la mayor pro-

⁸Como es mostrado 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 γ elegido implica que el peso de los buscadores y de las vacantes es igual en la función de encuentros.

Figura 5: Impulsos respuesta ante choque monetario



Impulsos respuesta en puntos básicos y regiones de alta densidad al 90 %.

Fuente: Cálculos de los autores, utilizando Dynare.

ductividad, el empleo disminuye, en línea con la evidencia de la Sección 2. La intuición detrás de tal resultado es la siguiente: si el modelo cuenta con suficientes rigideces nominales y reales, la demanda agregada es relativamente rígida ante el choque tecnológico, y por tanto no se generan incentivos para que las firmas aumenten su producción como lo harían en ausencia de las rigideces mencionadas. Sin embargo, los insumos son ahora más productivos, la mayor productividad les permite a las firmas satisfacer la demanda que enfrentan disminuyendo la contratación de insumos, entre ellos la contratación de empleados. Otros efectos del choque tecnológico son: una caída en los precios y un aumento del salario real, estos últimos dos factores desincentivan la contratación, la cual se haría a pesar de ellos si la demanda agregada aumentara lo suficiente⁹.

Por otro lado se genera una contracción de la oferta laboral, esto se explica por el peso de los desempleados en 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 es entonces lo suficientemente grande para contrarrestar los posibles beneficios de una nueva contratación (representados en el mayor salario real). La contracción de la oferta laboral no es tan fuerte como la caída en el empleo, por lo que la tasa de desempleo aumenta ante el choque, esto disminuye 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.

En cuanto a la respuesta a un choque de política contractivo el modelo presenta las siguientes dinámicas: el choque altera las decisiones de consumo de los hogares y deprime la demanda agregada, lo que tiene dos efectos, primero aumenta la utilidad marginal del consumo y por tanto disminuye la tasa marginal de sustitución entre esfuerzo laboral y consumo, segundo, disminuye los precios; el primer efecto tiene a su vez consecuencias sobre la decisión de búsqueda de empleo del hogar, pues hace más atractivo mantener individuos en el desempleo, como se verá adelante el desempleo aumenta ante el choque; el segundo efecto disminuye la productividad marginal del trabajo, lo que implica una caída del salario real, sin embargo, debido a la rigidez de salarios nominales y la disminución en los precios, la caída de los salarios reales no es suficientemente grande como para generar incentivos a la contratación, las firmas procederán entonces a disminuir su planta de empleados al enfrentar una menor demanda por sus productos. En cuanto a la oferta laboral, la misma disminuye ante el choque por la fuerte caída en el empleo, sin embargo el desempleo aumenta, dicho movimiento se explica por una recomposición de la oferta laboral y actividad en el margen de participación; el movimiento hacia

⁹Debe notarse que la intuición expuesta aplica independientemente de si el choque tecnológico es o no de carácter permanente, al momento de la innovación el efecto sobre el empleo debe ser el mismo.

afuera de la oferta laboral no es tan fuerte como en el choque tecnológico por el efecto sobre el consumo. Aunque ambos choques disminuyen la cantidad de empleados, y aumentan el desempleo, los incentivos a mantenerse en el mercado laboral son distintos.

El análisis anterior muestra como 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 política pueden ocasionar un aumento en el producto, éste sólo se verá acompañado por un cambio positivo en el empleo si el ciclo es gobernado por el segundo choque.

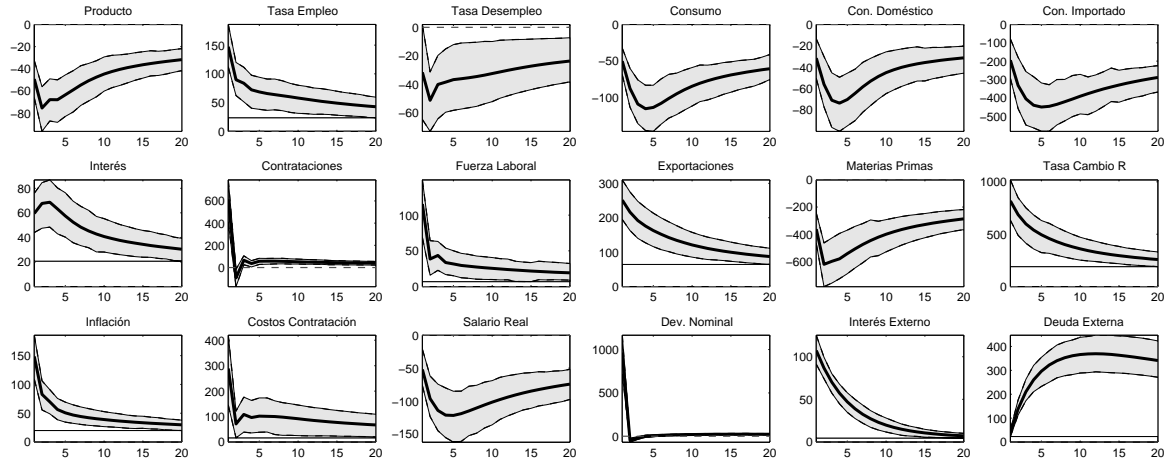
Para finalizar, los ejercicios de simulación apuntan hacia un impacto reducido de los choques externos sobre las variables del mercado laboral. Se resumen a continuación los principales resultados arrojados en la simulación de estos choques. El choque a las transferencias tiene un efecto casi nulo sobre las variables del modelo, lo anterior se explica por el bajo peso de las transferencias sobre la producción total, lo que hace que cambios en estas no alteren significativamente el ingreso total de los hogares. La respuesta ante choques a los precios de bienes importados (para consumo o producción) es también reducida; con la excepción del consumo de bienes importados (que cae ante el aumento del precio de los bienes importados) y la demanda de materias primas (que cae ante el aumento del precio de las materias primas). Una posible explicación de los resultados anteriores es que hay una bajo *Pass-Through* entre los precios internacionales y los precios internos de productos importados.

Cabe resaltar sobre el efecto del choque al precio de bienes importados que, aunque el mismo es reducido, genera una sustitución en el consumo del hogar hacia los bienes nacionales y una devaluación real que aumenta la demanda por exportaciones, en conjunto estos dos efectos aumentan la demanda agregada y con ella las contrataciones y la tasa de empleo, como consecuencia de esto, la tasa de desempleo cae, aunque en magnitud menor al aumento del empleo. El choque sobre el precio de las materias primas también aumenta el empleo como consecuencia de la sustitución entre los insumos productivos.

Los choques a la inflación y a la tasa de interés externa son los únicos que afectan fuertemente las dinámicas del modelo, pues afectan la tasa de interés real que se debe pagar por la deuda externa; ya que el modelo supone un grado de endeudamiento alto, todo cambio en la tasa de interés real externa implica grandes cambios en el ingreso disponible de los hogares, así, estos choques se transmitirán a través de la decisión de consumo y de participación, y a través del cambio en las exportaciones, que sigue a la devaluación (o revaluación) originada por los cambios en las salidas y entradas de capitales. Se observa que, ante un aumento de la tasa de interés externa, se presenta una fuerte devaluación real que incrementa las exportaciones y el costo de las materias primas, así, para suplir la demanda mundial se aumenta la contratación y sube la tasa de empleo, se aclara que prima el efecto sustitución inducido por la devaluación pues al tiempo que aumenta la demanda por exportaciones los hogares disminuyen su consumo de bienes nacionales. Ante el choque aumenta la oferta laboral en respuesta a la caída del consumo y el aumento del servicio de la deuda, el desempleo cae pues el aumento de la oferta laboral se ve compensado por el aumento en las contrataciones. Los impulsos respuesta del modelo ante un choque a la tasa de interés externa son presentados en la figura 6.

Por último se examina el choque a la demanda por exportaciones. Éste choque, aunque tiene efectos sobre la actividad económica, no tiene efectos fuertes sobre el empleo, las contrataciones 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: primero una participación limitada de las exportaciones sobre la demanda total, la cual es compuesta principalmente por el consumo de bienes domésticos; segundo, el aumento en las exportaciones 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 a importado que presiona a la baja la demanda agregada, y también una sustitución en los insumos de las firmas, por lo que se evitan las presiones al alza en las contrataciones de nuevos empleados. Los impulsos respuesta ante este choque son presentados en la Figura 7. Evidencia empírica a favor del efecto limitado de la demanda externa sobre el empleo se presenta en el Apéndice E.

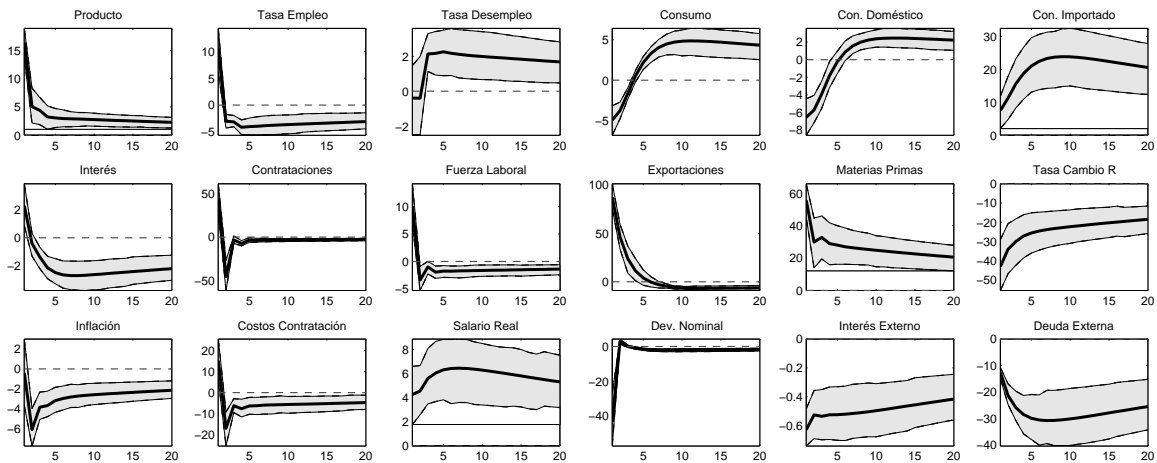
Figura 6: Impulsos respuesta ante choque a la tasa de interés externa



Impulsos respuesta en puntos básicos y regiones de alta densidad al 90 %.

Fuente: Cálculos de los autores, utilizando Dynare.

Figura 7: Impulsos respuesta ante choque de demanda externa



Impulsos respuesta en puntos básicos y regiones de alta densidad al 90 %.

Fuente: Cálculos de los autores, utilizando Dynare.

6. 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 2 y el modelo propuesto en la Sección 3 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, esto 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.

Los resultados de la estimación y simulación del modelo propuesto llaman la atención sobre el rol de las decisiones de participación de los hogares al determinar la tasa de desempleo, y el limitado impacto de los choques externos sobre el empleo; sobre lo segundo es importante resaltar dos hechos: primero que la demanda agregada es la principal fuente motora del empleo, pero la misma es compuesta principalmente por la demanda interna de los hogares, de tal forma que cambios en la demanda externa no se transmiten con fuerza hacia la generación o destrucción de empleo; el segundo hecho es el valor estimado para la rigidez de los precios de bienes importados y de materias primas, dicho resultado implica un *Pass-Through* incompleto de los precios internacionales a los precios internos, y por tanto, un efecto reducido de los primeros sobre las decisiones de los agentes al interior del país. En línea con lo anterior, cuando choques externos logran afectar la demanda interna (siendo el caso de los cambios en la tasa de interés real externa) se ven alteraciones en los niveles de empleo y desempleo cuya dirección está ligada al efecto del choque externo sobre las decisiones de los consumidores nacionales.

Referencias

- Adolfson, M., Laséen, S., Lindé, J., y Villani, M. (2008). Evaluating an estimated new keynesian small open economy model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 32(8):2690–2721.
- Arango, L. E., Obando, N., y Posada, C. E. (2011). Los salarios reales a lo largo del ciclo económico en Colombia. Por publicarse en el libro 'Algunas dimensiones del mercado de trabajo en Colombia en el corto y en el largo plazo', Banco de la República.
- Basu, S., Fernald, J. G., y Kimball, M. S. (2006). Are technology improvements contractionary? *American Economic Review*, 96(5):1418–1448.
- Blanchard, O. y Gali, J. (2010). Labor markets and monetary policy: A new keynesian model with unemployment. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 2(2):1–30.
- Bonaldi, P., González, A., y Rodríguez, D. (2010). Importancia de las rigideces nominales y reales en Colombia: un enfoque de equilibrio general dinámico y estocástico. Borradores de Economía 591, Banco de la República.
- Calvo, G. A. (1983). Staggered prices in a utility-maximizing framework. *Journal of Monetary Economics*, 12(3):383–398.
- Chari, V. V., Kehoe, P. J., y McGrattan, E. R. (2007). Business cycle accounting. *Econometrica*, 75(3):781–836.
- Christiano, L. J., Eichenbaum, M., y Vigfusson, R. (2003). What happens after a technology shock? NBER Working Papers 9819, National Bureau of Economic Research, Inc.

- Christiano, L. J., Eichenbaum, M., y Vigfusson, R. (2004). The response of hours to a technology shock: Evidence based on direct measures of technology. *Journal of the European Economic Association*, 2(2-3):381–395.
- Christiano, L. J., Eichenbaum, M., y Vigfusson, R. (2007). Assessing structural vars. En *NBER Macroeconomics Annual 2006, Volume 21*, NBER Chapters. National Bureau of Economic Research, Inc.
- Fisher, J. D. M. (2006). The dynamic effects of neutral and investment-specific technology shocks. *Journal of Political Economy*, 114(3):413–451.
- Francis, N. y Ramey, V. A. (2005). Is the technology-driven real business cycle hypothesis dead? shocks and aggregate fluctuations revisited. *Journal of Monetary Economics*, 52(8):1379–1399.
- Galí, J. (2010). Monetary policy and unemployment. En Friedman, B. M. y Woodford, M., editores, *Handbook of Monetary Economics*, volume 3 of *Handbook of Monetary Economics*, chapter 10. Elsevier.
- Galí, J. y Rabanal, P. (2005). Technology shocks and aggregate fluctuations: How well does the real business cycle model fit postwar u.s. data? En *NBER Macroeconomics Annual 2004, Volume 19*. National Bureau of Economic Research, Inc.
- Gali, J. (1996). Fluctuaciones y persistencia del empleo en españa. En *La economía española: una visión diferente*. Banco de España.
- Gali, J. (1999). Technology, employment, and the business cycle: Do technology shocks explain aggregate fluctuations? *American Economic Review*, 89(1):249–271.
- Greenwood, J., Hercowitz, Z., y Huffman, G. W. (1988). Investment, capacity utilization, and the real business cycle. *American Economic Review*, 78(3):402–17.
- Grupo de estudios del crecimiento económico colombiano (GRECO) (2002). *El crecimiento económico colombiano en el siglo XX*. Fondo de Cultura Económica, Banco de la República.
- Mortensen, D. T. y Pissarides, C. A. (1994). Job creation and job destruction in the theory of unemployment. *Review of Economic Studies*, 61(3):397–415.
- Parra, J. C. (2008). Hechos estilizados de la economía colombiana: fundamentos empíricos para la construcción y evaluación de un modelo dsge. Borradores de Economía 509, Banco de la Republica.
- Parra, J. C. (2010). Especificación de modelos dsge: Aplicación del método de contabilidad del ciclo económico en colombia. Master's thesis, Universidad de los Andes.
- Prada, J. D. y Rojas, L. E. (2010). La elasticidad de frisch y la transmisión de la política monetaria en colombia. En *Mecanismos de transmisión de la política monetaria en Colombia*. Banco de la República y Universidad Externado de Colombia.
- Schmitt-Grohe, S. y Uribe, M. (2003). Closing small open economy models. *Journal of International Economics*, 61(1):163–185.
- Smets, F. y Wouters, R. (2007). Shocks and frictions in us business cycles: A bayesian dsge approach. *American Economic Review*, 97(3):586–606.

A. La aversión relativa al riesgo y la oferta laboral

A continuación se ejemplifica el rol de la aversión relativa al riesgo al determinar la oferta laboral en un modelo estándar de ciclos económicos reales. Suponiendo preferencias GHH ¹⁰ aditivamente separables entre consumo y ocio, se muestra que imponer valores para la aversión relativa al riesgo superiores a uno implican 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 optimalidad 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:

$$\begin{aligned} y_t &= c_t \\ y_t &= a_t l_t \end{aligned}$$

Linealizando se obtienen las siguientes condiciones:

$$\tilde{\eta} \tilde{l}_t = \tilde{w}_t - \sigma \tilde{c}_t \tag{A.1}$$

$$\tilde{w}_t = \tilde{a}_t \tag{A.2}$$

$$\tilde{y}_t = \tilde{c}_t \tag{A.3}$$

$$\tilde{y}_t = \tilde{a}_t + \tilde{l}_t \tag{A.4}$$

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

¹⁰Ver Greenwood et al. (1988)

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

La ecuación A.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 de esto 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 A.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 A.1, A.3 y A.4, la ecuación A.2 cambia para incorporar el efecto de los costos marginales reales (ψ_t):

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

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

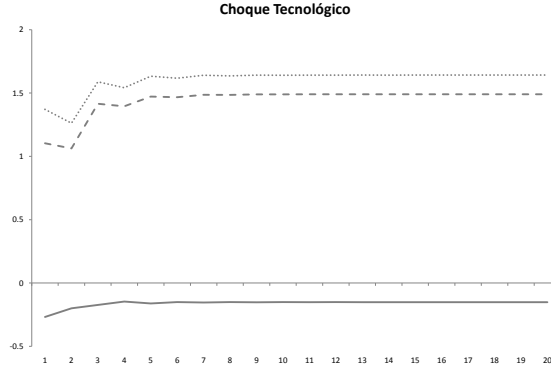
$$\tilde{l}_t = \frac{1 - \sigma}{\eta + \sigma} \tilde{w}_t + \frac{\sigma}{\eta + \sigma} \psi_t \quad (\text{A.7})$$

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.

B. Especificaciones alternas VAR estructural

Este apéndice contiene el análisis de sensibilidad de los resultados presentados en la Sección 2.

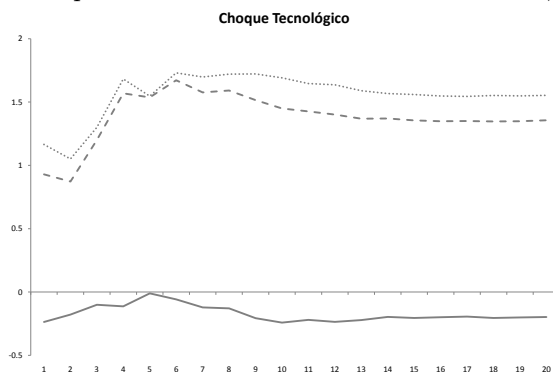
Figura 8: Impulsos respuesta - VAR 3 variables: Productividad, empleo, base monetaria real



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.

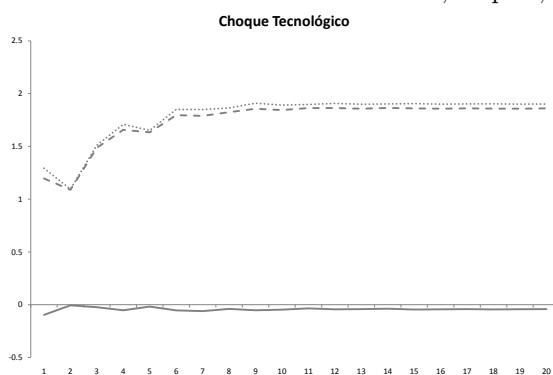
Figura 9: Impulsos respuesta - VAR 3 variables: Productividad, empleo, M1 real



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.

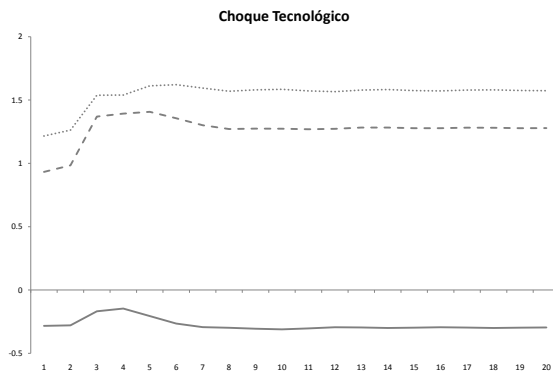
Figura 10: Impulsos respuesta - VAR 3 variables: Productividad, empleo, precio insumos importados



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.

Figura 11: Impulsos respuesta - VAR 5 variables: Productividad, empleo, base monetaria real, inflación, tasa de interés real



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.

C. Variables y condiciones de primer orden

Cuadro 4: 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	\tilde{gdp}_t Producto Interno Bruto
$\frac{P_{H,t}}{P_t}$	$\tilde{p}_{H,t}$ 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
$\frac{P_{RM,t}}{P_t}$	$\tilde{p}_{rm,t}$ 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
$\frac{P_{RM,t}^*}{P_t^*}$	$\tilde{p}_{rm,t}^*$ 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
$\pi_{rm,t}$	$\tilde{\pi}_{rm,t}$ Inflación Materias Primas	F_t	\tilde{f}_t Oferta Laboral
π_t^w	$\tilde{\pi}_t^w$ Inflación de Salarios	M_t	\tilde{m}_t Importaciones Totales
$MC_{rm,t}$	$\tilde{m}c_{rm,t}$ 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
\mathcal{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_t^*	$\tilde{\omega}_{tar}$ 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
ν_t^p	- Distorsión de precios	ν_t^p	- Distorsión de salarios

C.1. Ecuaciones - Modelo no lineal

C.1.1. Hogares

Maximización de utilidad:

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

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

$$i_t = D_{t+1} i_t^* \quad (C.3)$$

$$R_t = \frac{i_t}{\pi_{t+1}} \quad (C.4)$$

Decisión de participación en el mercado laboral:

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

Decisión de consumo doméstico e importado:

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

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

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

C.1.2. Firms

Productora de bienes finales:

$$Y_t = \nu_t^p Y_t^I \quad (\text{C.9})$$

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

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

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

Productora de bienes intermedios:

$$Y_t^I = A_t \text{RM}_t^\nu N_t^\alpha \nu_t^w \quad (\text{C.13})$$

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

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

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

Intermediarios de bienes importados de consumo:

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

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

Intermediarios de materias primas:

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

$$\text{MC}_{rm,t} = \mathcal{Q}_t \frac{P_{rm,t}^*}{P_t^*} \frac{P_t}{P_{rm,t}} \quad (\text{C.20})$$

C.1.3. Cuentas nacionales

$$M_t - \frac{P_{H,t}}{P_t} E_t = \mathcal{Q}_t b_t - \mathcal{Q}_t \frac{i_{t-1}^*}{\pi_t^*} b_{t-1} + \mathcal{Q}_t \text{tr}_t^* \quad (\text{C.21})$$

$$Y_t = C_{H,t} + E_t + G_t H_t + Z_t^y \quad (\text{C.22})$$

$$\text{GDP}_t = \frac{P_{H,t}}{P_t} Y_t + \frac{P_{F,t}}{P_t} C_{F,t} - M_t \quad (\text{C.23})$$

$$M_t = \mathcal{Q}_t \frac{P_{F,t}^*}{P_t^*} C_{F,t}^* + \mathcal{Q}_t \frac{P_{rm,t}^*}{P_t^*} \text{RM}_t^* \quad (\text{C.24})$$

C.1.4. Condiciones externas

$$E_t = \left(\frac{P_{H,t}}{P_t} \right)^{-\iota} \mathcal{Q}_t C_t^* \quad (\text{C.25})$$

$$i_t^* = \bar{i}^* e^{\Omega \left(\frac{\mathcal{Q}_t b_t^*}{\text{GDP}_t} - \overline{FY} \right)} Z_{i^*,t} \quad (\text{C.26})$$

$$\frac{\mathcal{Q}_t}{\mathcal{Q}_{t-1}} = D_t \frac{\pi_t^*}{\pi_t} \quad (\text{C.27})$$

C.1.5. Negociación de salario

$$\frac{\omega_t}{\omega_{t-1}} = \frac{\pi_t^w}{\pi_t} \quad (\text{C.28})$$

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

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

C.1.6. Definiciones del mercado laboral

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

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

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

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

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

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

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

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

C.1.7. Política monetaria y variables exógenas

Política monetaria:

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

Variables exógenas:

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

$$\text{tr}_t^* = \text{tr}_{t-1}^{*\rho_{tr}} \left(\bar{\text{Tr}}^{1-\rho_{tr}} \right) \quad (\text{C.41})$$

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

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

$$\pi_t^* = \pi_{t-1}^{*p_\pi} \quad (\text{C.44})$$

$$C_t^* = C_{t-1}^{*p_c} \left(\bar{C}^{*1-p_c} \right) \quad (\text{C.45})$$

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

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

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

$$Z_t^y = (Z_{t-1}^y)^{\rho_y} \left(\bar{Z}^y \right)^{1-\rho_y} \quad (\text{C.49})$$

C.1.8. Precios relativos

$$\frac{P_t^{RM}}{P_t} = \frac{\pi_t^{RM} P_{t-1}^{RM}}{\pi_t P_{t-1}} \quad (\text{C.50})$$

$$\frac{P_t^H}{P_t} = \frac{\pi_t^H P_{t-1}^H}{\pi_t P_{t-1}} \quad (\text{C.51})$$

$$\frac{P_t^F}{P_t} = \frac{\pi_t^F P_{t-1}^F}{\pi_t P_{t-1}} \quad (\text{C.52})$$

C.2. Ecuaciones - Modelo lineal

C.2.1. Hogares

Maximización de utilidad:

$$\tilde{r}_t = \frac{\sigma}{1-h} (\tilde{c}_{t+1} - (1+h)\tilde{c}_t + h\tilde{c}_{t-1}) + \tilde{z}_{u,t} - \tilde{z}_{u,t+1} \quad (\text{C.53})$$

$$\tilde{i}_t = \tilde{d}_{t+1} + \tilde{i}_t^* \quad (\text{C.54})$$

$$\tilde{r}_t = \tilde{i} - \tilde{\pi}_{t+1} \quad (\text{C.55})$$

Decisión de participación en el mercado laboral:

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

Decisión de consumo doméstico e importado:

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

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

$$\pi_t = (1-a) \left(\frac{P_H}{P} \right)^{1-b} \pi_{H,t} + a \left(\frac{P_F}{P} \right)^{1-b} \pi_{F,t} \quad (\text{C.59})$$

C.2.2. Firmas

Curva de Phillips Neo-Keynesiana para el precio del bien final doméstico:

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

Productora de bienes intermedios:

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

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

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

Intermediarios de bienes importados de consumo:

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

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

Intermediarios de materias primas:

$$\pi_{rm,t} = \frac{(1 - \theta_{rm})(1 - \theta_{rm}\beta)}{\theta} \tilde{m}c_{rm,t} + \beta\pi_{rm,t+1} \quad (\text{C.66})$$

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

C.2.3. Cuentas nacionales

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

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

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

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

C.2.4. Condiciones externas

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

$$\tilde{i}_t^* = \Omega \bar{F} \bar{Y} (\tilde{q}_t + \tilde{b}_t^* - \tilde{g}d_p_t) + \tilde{z}_{i^*,t} \quad (\text{C.73})$$

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

C.2.5. Negociación de salario

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

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

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

C.2.6. Definiciones del mercado laboral

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

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

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

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

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

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

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

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

C.2.7. Política monetaria y variables exógenas

Política monetaria:

$$i_t = \rho_i i_{t-1} + (1 - \rho_i) [\phi_\pi \pi_t + \phi_y \tilde{y}_t] \quad (\text{C.86})$$

Variables exógenas:

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

$$\tilde{\text{tr}}_t^* = \rho_{tr} \tilde{\text{tr}}_{t-1}^* \quad (\text{C.88})$$

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

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

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

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

$$\tilde{z}_{u,t} = \rho_{z_u} \tilde{z}_{u,t-1} \quad (\text{C.93})$$

$$\tilde{z}_{l,t} = \rho_{z_l} \tilde{z}_{l,t-1} \quad (\text{C.94})$$

$$\tilde{z}_{i^*,t} = \rho_{z_{i^*}} \tilde{z}_{i^*,t-1} \quad (\text{C.95})$$

$$\tilde{z}_t^y = \rho_{z_l} \tilde{z}_{t-1}^y \quad (\text{C.96})$$

C.2.8. Precios relativos

$$\tilde{p}_{rm,t} = \tilde{p}_{rm,t-1} + \pi_{rm,t} - \pi_t \quad (\text{C.97})$$

$$\tilde{p}_{H,t} = \tilde{p}_{H,t-1} + \pi_{H,t} - \pi_t \quad (\text{C.98})$$

$$\tilde{p}_{F,t} = \tilde{p}_{F,t-1} + \pi_{F,t} - \pi_t \quad (\text{C.99})$$

C.2.9. Parámetros auxiliares del modelo lineal

$$\begin{aligned}
 \Theta_1 &= \frac{HG}{Y} \\
 \Phi &= \frac{B}{\frac{W}{P} + B} \\
 \Upsilon &= \xi \frac{\chi (C - hC)^\sigma L^\eta}{W/P} \\
 \Xi &= \frac{\xi}{(1 - \xi)} \frac{W/P}{G} \frac{\theta^w}{(1 - \beta(1 - \delta)\theta^w)(1 - \theta^w)} \\
 \lambda^p &= \frac{(1 - \theta)(1 - \theta\beta)}{\theta} \\
 \lambda^w &= \frac{(1 - \beta(1 - \delta)\theta^w)(1 - \theta^w)}{\theta^w [1 - (1 - \Upsilon)(1 - \Phi)]}
 \end{aligned}$$

D. Listado de parámetros

Cuadro 5: Parámetros Estimados

Símbolo	Descripción	Valor
h	Hábito del consumo	0.545
η	Inverso elasticidad de Frisch	3.456
ψ	Peso del desempleo en el esfuerzo laboral	1.355
δ	Tasa de separación de empleos	0.305
ξ	Poder relativo de negociación de las firmas	0.305
θ_p	Rigidez nominal de precios	0.481
θ_w	Rigidez nominal de salarios	0.716
θ_{rm}	Rigidez nominal precios materias primas	0.305
θ_F	Rigidez nominal precios bienes importados	0.671
ρ	Persistencia choque tecnológico	0.871
ρ_i	Persistencia de regla de Taylor	0.750
ρ_{tr}	Persistencia choque de transferencias	0.172
ρ_{rm}	Persistencia choque precio materias primas	0.943
ρ_F	Persistencia choque precio importados	0.943
ρ_{π^*}	Persistencia choque inflación mundial	0.656
ρ_{c^*}	Persistencia choque de demanda externa	0.572
ρ_{z_l}	Persistencia choque de utilidad - esfuerzo laboral	0.5
ρ_{z_u}	Persistencia choque de utilidad - consumo	0.403
ρ_{i^*}	Persistencia choque de prima por riesgo	0.793
σ_i	Desviación estándar choque de política	0.006
σ	Desviación estándar choque tecnológico	0.008
σ_{tr}	Desviación estándar choque a las transferencias	0.180
σ_{rm}	Desviación estándar choque al precio de materias primas	0.045
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	0.030
σ_{cp}	Desviación estándar choque de costos en precios	0.016
σ_{cw}	Desviación estándar choque de costos en salarios	0.018

Cuadro 6: Parámetros Calibrados

Símbolo	Descripción	Valor
\bar{Tr}	Transferencias - Estado estacionario	0.152
\bar{c}^*	Demanda externa - Estado estacionario	1.00
\bar{A}	Tecnología - Estado estacionario	10.52
\bar{Z}^y	Demanda - Estado estacionario	1.816
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	4.329
χ	Parámetro de escala utilidad del esfuerzo laboral	12.98

Cuadro 7: Parámetros Fijados

Símbolo	Descripción	Valor
$\frac{P_{rm}}{P^*}$	Precio relativo externo de materias primas- Estado estacionario	1.0
$\frac{P_F}{P^*}$	Precio relativo externo de importados - Estado estacionario	1.0
Z_u	Choque preferencias - Consumo	1.0
Z_l	Choque preferencias - Esfuerzo laboral	1.0
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

E. Evidencia empírica sobre el choque de demanda externa

En la sección desarrollada a continuación se presenta evidencia sobre el efecto de choques a la demanda externa sobre el empleo en Colombia. El objetivo de la evidencia abajo mostrada es servir como contexto para la interpretación de los impulsos respuesta que el modelo planteado en la sección 3 genera a partir de un choque de demanda externa. Se plantea un mecanismo de identificación del choque de demanda externa en un VAR, el cual es utilizado para obtener funciones de impulso respuesta para el empleo, las importaciones, las exportaciones y la tasa de cambio real.

Las series utilizadas son el empleo, las importaciones y exportaciones reales provenientes de las cuentas nacionales trimestrales del DANE, índice de tasa de cambio real (deflactado con IPC e IPP)¹¹ y la medida de demanda externa utilizada en la sección 4. 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 identificará al choque de la demanda externa como uno que afecta contemporáneamente la tasa de cambio real pero no tiene efectos contemporáneos sobre las importaciones, las exportaciones o el empleo¹². La identificación propuesta se implementará 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 utilizado¹³. Los impulsos respuesta ante un choque a la demanda externa se obtienen utilizando la descomposición de Cholesky, de esta forma se mantienen los supuestos de identificación.

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 la figura 8 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

¹¹Se 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.

¹²Se realizan ejercicios con una identificación diferente que permite a los choques de demanda externa afectar contemporáneamente a todas las variables, los resultados presentados no se alteran al utilizar dicha especificación.

¹³El 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.

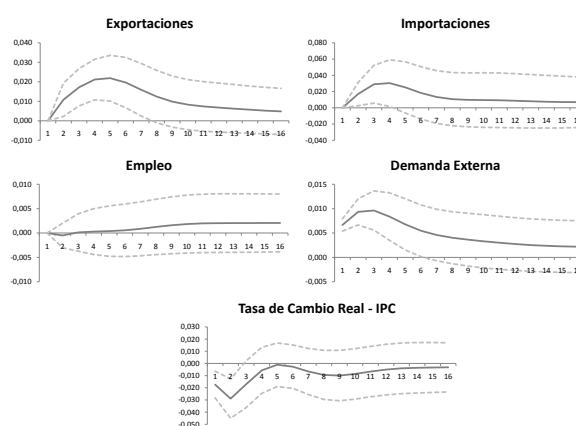
Cuadro 8: Pruebas de cointegración - VAR Demanda externa

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

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 utilizan dos rezagos e intercepto. Las series utilizadas son demanda externa, empleo, importaciones e $ITCR_IPC$.

Fuente: Cálculos de los Autores.

Figura 12: Impulsos respuesta - VAR Demanda externa



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.

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 son presentados en la figura 12, 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 puede aumentar o disminuir levemente, sin embargo para todas las especificaciones probadas se mantiene el resultado al 5% de significancia.