

# Análisis del ciclo económico en una economía con rigideces nominales y un amplio sector informal.

Mónica Alexandra Gómez Ospina

Asesor: Fernando Jaramillo

## *Resumen*

En este trabajo se construye un modelo de Equilibrio General Dinámico Estocástico (DSGE) con sector informal y rigideces en precios, usando como marco de análisis la teoría de búsqueda y emparejamiento del mercado de trabajo. El objetivo principal es analizar el efecto de los diferentes tipos de choques económicos sobre las principales variables del mercado laboral, en una economía con presencia importante del sector informal. Igualmente se estudia el efecto de la política monetaria, ya que la presencia de este sector afecta la dinámica del ciclo económico, y por ende los mecanismos de transmisión de la política monetaria. En particular, se analiza la dinámica del modelo bajo diferentes reglas de política monetaria y se compara el bienestar agente representativo generado por cada una de estas reglas.

*Palabras clave:* reglas de política monetaria, trabajo informal, rigideces nominales, búsqueda y emparejamiento.

*Clasificación JEL:* E52, E32, J64

## 1 Introducción

Uno de los problemas más recurrentes del mercado laboral, en la mayoría de los países en desarrollo, ha sido el alto porcentaje de trabajadores ocupados en el sector informal. Según un informe en 2011 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) para en 16 países de América, hacia finales de la primera década del siglo XXI latina alrededor del 50% de las personas ocupadas en los sectores diferentes al agrícola tienen un empleo informal.

Esta problemática ha sido ampliamente estudiada en los últimos años. Muchos trabajos orientados a entender el funcionamiento del mercado laboral de las economías en desarrollo, han abordado la informalidad desde varios puntos de vista, dependiendo de la problemática que se

plantean, y de las políticas económicas cuyo efecto se está estudiando. En algunos casos, la informalidad es usada para denotar las actividades de baja productividad de los cuanta propia no profesionales, otras veces sirve para abarcar a las empresas productivas que operan en condiciones de ilegalidad o que tienen un número pequeño de trabajadores, y en ocasiones se refiere a los individuos que en sus actividades productivas no disfrutaban de los beneficios de un sistema de seguridad social, entre otras interpretaciones.

Esta controversia en la definición de informalidad siempre se presenta al momento de caracterizar la informalidad, sin embargo, hay un consenso generalizado en caracterizar el sector informal, como un sector donde hay uso intensivo de la mano de obra y un escaso (en la mayoría de los casos prácticamente nulo) nivel de capitalización en el proceso productivo, lo que se traduce en un nivel de productividad muy bajo de los trabajadores informales. Adicionalmente, en este sector muchos de estos trabajadores no tienen un trabajo estable, ninguna clase de beneficios y las tasas de remuneración son muy bajas, comparadas con los beneficios y las remuneraciones que se reciben en el sector formal.

En este sentido, la escasez de capital humano y físico, junto con unas precarias condiciones laborales, trae consigo grandes problemas socioeconómicos a las economías en desarrollo, debido a que gran parte del mercado laboral está conformado por trabajadores informales. En este sentido, un tamaño excesivo del sector informal se traduce en economías con bajos niveles de crecimiento y con altos problemas de pobreza y desigualdad. Estas consecuencias hacen que la informalidad sea uno de los principales problemas a tener en cuenta cuando se implementan las políticas económicas. Por lo tanto, se hacen necesarios los estudios que traten de entender la naturaleza de la informalidad, e incluyan en su análisis de política económica el sector informal, no solo por los efectos negativos que éste tiene sobre la economía, sino también por la influencia que tiene sobre los mecanismos de transmisión de la política económica.

La evidencia muestra que la informalidad afecta la dinámica del ciclo económico. Como ha sido resaltado por varios autores en épocas de crisis el número de trabajadores informales aumenta, y el de trabajadores formales se reduce. Al respecto, Walsh y Pretel (2006) encuentran que para Brasil la correlación del empleo formal con el producto es 0.616%, la del empleo informal es -0.219%, y la del desempleo es -0.816%. Para México también se encuentra que el empleo informal es contracíclico, con una correlación con el producto de -0.415, mientras que la correlación del empleo formal es 0.78 y la del desempleo es de -0.87.

En este sentido, en las economías en desarrollo el sector informal ha servido como un colchón que tienen las familias pobres para suavizar sus caídas en el ingreso durante las recesiones. Sin embargo, el incremento en la oferta de trabajadores informales trae como consecuencia una caída en los ingresos familiares de los hogares más pobres. Esta dinámica afecta, sin duda, los mecanismos de transmisión de los choques en la economía, y por lo tanto se hace indispensable tener en cuenta el sector informal en el diseño de la política económica.

En los últimos años, se han realizado numerosos estudios sobre la caracterización de la informalidad y el efecto que ha tenido la política fiscal, en especial el efecto que ha tenido el aumento de

los costos no salariales y el salario mínimo, sobre el tamaño del sector informal. Sin embargo, son casi nulos los trabajos que, a partir de un modelo de Equilibrio General Dinámico Estocástico (DSGE), analicen la política monetaria en presencia de un amplio sector informal. La construcción de dicho instrumento de análisis es de vital importancia para el adecuado manejo de la política monetaria en economías en vías de desarrollo.

Debido a este vacío en la literatura, en este trabajo se pretende construir un modelo DSGE con sector informal y rigideces en precios, usando como marco de análisis las teorías contemporáneas del mercado de trabajo y la política monetaria. Esto con el fin de brindar un análisis más completo sobre el efecto de la política monetaria y comparar el efecto de diferentes reglas de política, en economías con un alto porcentaje de trabajadores informales. Adicionalmente, gracias a las rigideces nominales, se podrá hacer un mejor análisis del comportamiento del mercado laboral a través del ciclo económico.

Este trabajo se desarrolla en seis secciones: la primera se compone de esta introducción; en la segunda sección se realiza una breve revisión de la literatura; en la tercera se explica y desarrolla el modelo; en la cuarta se exponen los supuestos bajo los cuales el modelo es calibrado; en la quinta se realizan las simulaciones; y por último, en la sexta se exponen las conclusiones.

## 2 Estado del Arte

Este trabajo tomará como base la teoría de búsqueda y emparejamiento (matching) y la de las rigideces nominales. La primera de ellas, con el fin de modelar la dualidad existente en el mercado de trabajo, y la segunda con el fin de analizar, tanto el efecto de la política monetaria (PM) sobre el mercado de trabajo, como el comportamiento de éste a través del ciclo económico.

A nivel internacional, existe una variedad de trabajos que utilizan los modelos DSGE y la teoría contemporánea de matching para analizar el efecto de la política laboral y de las rigideces en el mercado de trabajo (costos de contratación, de despido, salario mínimo, etc.) sobre la informalidad en la economía. Sin embargo, sólo uno de estos trabajos incluye las rigideces nominales, y por lo tanto no analiza el efecto que tiene la PM sobre el mercado de trabajo con un amplio sector informal. Como se verá más adelante, los trabajos que sí incluyen rigideces nominales y analizan el efecto de la PM sobre el mercado de trabajo, no modelan la informalidad. A nuestro conocimiento, hasta el momento solo un trabajo reciente ha modelado esta intención de analizar la dinámica inflacionaria en presencia de informalidad en el mercado de trabajo, aunque como mencionaremos más adelante su enfoque y objeto de estudio es diferente al nuestro (Castillo y Montoro, 2012).

Dentro de los trabajos que analizan la informalidad están aquellos como el de Fortin et al. (1997) y Agénor y Aizenman (1999) que analizan los efectos de las políticas laborales en sector formal, informal y en el salario. Fortín et al. estudian el efecto de los impuestos y las rigideces salariales en las economías en desarrollo con un amplio sector informal. Para esto, construyen

un Modelo de Equilibrio General Dinámico con firmas heterogéneas, basados en la idea de que el costo marginal de evasión de la regulación y de impuestos incrementa con el tamaño de la firma. Por su parte, Agénor y Aizenman analizan los efectos macroeconómicos de la política laboral en las economías pequeñas y abiertas con un amplio sector informal y fuerza de trabajo heterogénea, la cual se divide entre calificada y no calificada. En general, se muestra que un incremento en el salario mínimo disminuye el salario del sector informal, ya que se reduce la demanda de trabajadores calificados en el sector formal y se aumenta la oferta de trabajo en el sector informal.

Trabajos más recientes han utilizado Modelos de Equilibrio General que extienden los modelos de matching de Mortensen-Pissarides (1994), para incluir las rigideces reales laborales existentes en el sector formal y las probabilidades de destrucción y creación de empleo en dicho sector.

Tal es el caso de Bosch y Pretel (2006) que analizan la recomposición del trabajo entre el sector formal e informal a partir de un modelo de equilibrio general de búsqueda y emparejamiento para tratar de capturar el hecho de que la probabilidad de encontrar empleo en el sector formal reacciona más ante ciertos choques de productividad y de política económica que la probabilidad de encontrar empleo en el sector informal. Ellos muestran que una disminución en los costos de contratación o en las tasas de impuesto al ingreso laboral incrementa el tamaño del sector formal.

En la misma línea teórica, Satchi y Temple (2009) desarrollan un modelo de equilibrio general con fricciones de búsqueda en el mercado de trabajo urbano (Matching). En dicho modelo, el sector informal es caracterizado por los trabajadores por cuenta propia. Satchi y Temple muestran cómo las fricciones en el sector formal y el amplio poder de negociación de los trabajadores que negocian salarios en el sector formal conducen a aumentar el tamaño del sector informal. Adicionalmente, muestran que una disminución en los impuestos disminuye el desempleo y el tamaño del sector informal. Por su parte, Albrecht et al. (2009). caracterizan los individuos por tener niveles de productividad baja media y alta, donde los trabajadores de productividad baja se localizan en el sector informal, los de productividad alta en el formal y los de productividad media se pueden emplear en cualquiera de los dos sectores. En dicho trabajo se encuentra que los impuestos a la nómina reducen la duración del empleo promedio en el sector formal, lo cual genera un aumento en el tamaño del sector informal y el número de trabajadores que aceptan cualquier tipo de oferta de empleo.

Resumiendo, se puede ver que gran parte de la literatura reciente se ha orientado a utilizar modelos de equilibrio general con búsqueda y emparejamiento en el sector formal para analizar los efectos de las regulaciones al mercado laboral sobre la composición de la mano de obra en economías en desarrollo, las cuales se caracterizan por tener un amplio sector informal.

En otra rama de la literatura internacional están los trabajos que incorporan las rigideces nominales a los modelos DSGE con matching, con el fin de analizar de una mejor forma la dinámica del mercado de trabajo a través del ciclo económico, y a su vez analizar el efecto de la política

monetaria en presencia de un amplio sector informal. Uno de los primeros trabajos en combinar las rigideces nominales con las fricciones en el mercado de trabajo fue el de Chéron y Langot (2000), donde explican los mecanismos de propagación en el mercado de trabajo relacionados con los choques tecnológicos y en la oferta monetaria, y encuentran que éstos ayudan a entender de una mejor forma la dinámica del mercado de trabajo agregado. Más adelante, Walsh, (2003, 2005) y Trigari (2004, 2009) analizan el impacto que tiene el proceso de matching en el mercado de trabajo y las rigideces en precios en afectar la forma en que la economía responde ante choques reales y monetarios. Ellos encuentran que la respuesta del empleo y el producto responden a un choque en la tasa de interés tiene una forma de joroba (hump shape), tal como muestra la evidencia empírica. Además encuentran que las fricciones en el mercado de trabajo aumentan la respuesta del producto y reducen la de la inflación, en comparación con los modelos donde el mercado de trabajo es walrasiano.

Otros trabajos como los de Shimer (2005), Hall (2005), Christoffel y Linzert (2005), Krause y Lubik (2007) y Trigari (2006) han incluido a los modelos DSGE con matching en el mercado de trabajo, las rigideces en salarios, con el fin de entender de una mejor forma los determinantes del desempleo y la naturaleza de sus fluctuaciones, muchos de estos trabajos argumenta que las rigideces en salarios son mejores para modelar las rigideces nominales.

En esta línea, Christiano, et al. (2005) realizan un trabajo donde introducen en su modelo las rigideces en precios y en salarios. Estos muestran que un choque en política monetaria genera una respuesta inercial en la inflación y una respuesta persistente y de hump-shaped en el producto, el consumo y la inversión. Adicionalmente, encuentran que las rigideces en los salarios nominales son muy importantes en los resultados del modelo, mientras que las rigideces en precios juegan un papel menos significativo.

Otros trabajos se han orientado a analizar la política monetaria óptima bajo un mercado de trabajo con fricciones de búsqueda y emparejamiento. Tal es el caso de Thomas (2008) donde, a partir de la mezcla entre los modelos Neo-Keynesianos y las rigideces de búsqueda y emparejamiento en el mercado de trabajo, analiza la política monetaria óptima en este tipo de modelos. En dicho trabajo se muestra que, en presencia de rigideces en el salario nominal, y en respuesta a choques reales, el banco central debería usar una política monetaria tendiente a controlar la inflación en precios, con el fin de reducir la volatilidad excesiva en el desempleo y la excesiva dispersión en las tasas de contratación. Por otro lado, Faia (2008) encuentra que la regla óptima de política debería responder al desempleo junto con la inflación. Otros trabajos como el de Mattesini y Rossi (2009), y Galí (2010) también han utilizado este tipo de modelos para analizar la política monetaria óptima. Este tipo de preguntas serán las que se intentará responder el presente modelo, pero en el contexto de una economía con presencia importante del sector informal.

El trabajo más cercano al presente corresponde a Castillo y Montoro (2012), quienes realizan el primer análisis del efecto de la política monetaria, en una economía con un amplio sector informal en el mercado de trabajo. Éstos encuentran que el empleo informal tiene un profundo impacto

en la dinámica inflacionaria y en el mecanismo de transmisión de los choques de demanda y de productividad, dado el efecto amortiguador del sector informal. Sin embargo, estos autores no distinguen entre empresas formales e informales, tal como se analiza en el presente artículo, sino que las empresas representativas contratan tanto trabajo formal como informal. Aunque es cierto que pueden existir algunas empresas que contratan los dos tipos de trabajadores, en el presente artículo se considera más adecuado distinguir entre empresas formales e informales, cuya lógica de negociación de salarios y contratación de empleados son totalmente diferentes. En las empresas informales los salarios son iguales a la productividad marginal del trabajo, mientras en las formales hay un proceso de negociación, lo cual introduce algún grado de rigidez real en los salarios del sector formal. Por otro lado, Castillo y Montoro suponen que la tasa de destrucción de empleo es exógena y no varía durante los ciclos económicos lo cual no coincide con la evidencia empírica (Bosh y Esteban-Pretel, 2006). Finalmente, Castillo y Montoro (2012) no analizan el efecto de cambios en las reglas de política monetaria.

En resumen, se puede ver que gran parte de la literatura internacional que incorpora a los modelos DSGE con matching, las rigideces en precios y/o en salarios nominales con el fin de analizar el papel de la política monetaria, no tienen en cuenta el sector informal. Este problema se constituye en un gran vacío en la literatura, especialmente en la que se centra en el análisis de las economías en desarrollo. Incluir este sector (informal) es fundamental, a la hora de analizar los efectos de la política monetaria en economías con un amplio sector informal, ya que, como se mencionó anteriormente, éste genera graves problemas de productividad y bienestar en la economía.

En este sentido, en este trabajo se construye un modelo DSGE con informalidad, rigideces en precios, y fricciones de búsqueda y emparejamiento en el sector formal, con el fin de analizar la dinámica del mercado de trabajo a través del ciclo económico y el efecto de la política monetaria en una economía con un amplio sector informal. En este caso, las rigideces nominales permitirán a la política monetaria afectar la tasa de interés real, además al respecto Galí y Rabanal (2004) afirman que la existencia de rigideces nominales en precios y salarios es un elemento indispensable para explicar el comportamiento del mercado de trabajo durante los ciclos económicos. Adicionalmente, las fricciones de búsqueda y emparejamiento en el mercado de trabajo formal implicarán que toma tiempo para las firmas formales llenar las vacantes y para los desempleados encontrar empleo en el sector formal (Walsh, 2005).

### 3 Modelo

En este modelo, se considera una economía cerrada con tres tipos de agentes económicos: los Hogares, las firmas y la autoridad monetaria. Los hogares, compuestos por agentes heterogéneos con un horizonte de vida infinito, maximizan su utilidad sobre el consumo agregado y las tenencias de efectivo. Las firmas se caracterizan por ser de tres tipos: por un lado, están las firmas que producen bienes finales en un mercado competitivo en el sector informal, el cual es

caracterizado por ser de baja productividad; por otro lado, están las firmas que producen bienes intermedios homogéneos en el sector formal, los cuales son vendidos a las firmas de ventas al por menor (retail firm) quienes producen bienes finales diferenciados en un mercado monopolístico con rigideces en precios. La autoridad monetaria fija la tasa de interés mediante una regla de política monetaria. Las fuentes de incertidumbre en este modelo están dadas por los choques en productividad y en la política monetaria.

### 3.1 Los Hogares

En los hogares, cada uno de los miembros está empleado en el sector de bienes intermedios, en el sector informal, o está desempleado. Siguiendo a Bosh y Esteban-Preteel (2006) y a Walsh (2003, 2005), se supondrá que los empleados en el sector de bienes intermedios,  $l^f$ , reciben un salario  $w^f(a)$ , los del sector informal,  $l^{inf}$ , reciben un salario  $w^{inf}(a)$ ; ambos salarios depende de la productividad de cada trabajador, en donde el índice  $a$  representa la componente idiosincrático de la productividad del trabajador formal. Los desempleados,  $l^u$ , tienen un ingreso de  $b$  y están esperando por un empleo en el sector formal o informal. Cada periodo, los hogares compran bonos  $B_t$  y reciben un rentabilidad  $(1 + i_{t-1})$  por los bonos comprados en el periodo anterior. Al final de cada periodo, estos agentes juntan sus ingresos y escogen el consumo agregado,  $\mathbb{C}_t$ , con el fin de maximizar la función de utilidad esperada dada por:

$$U = E_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t [\epsilon_t \log(\mathbb{C}_t)]$$

donde  $\beta$  es la tasa de descuento subjetiva,  $\epsilon_t$  sigue un proceso autorregresivo de orden 1, y representa un choque en las preferencias de los hogares.  $\mathbb{C}_t = c_t + c_t^h$  se compone de la suma de los bienes de consumo, los adquiridos en el mercado  $c_t$  y del consumo producido en el hogar  $c_t^h$ . Este último es definido como  $C_t^h = (1 - \varsigma_t)b - \varsigma_t(il + l)$ , donde  $\varsigma_t$  es un indicador variable, igual a 1 si el agente está empleado y 0 en otro caso. Por su parte, la canasta de consumo adquirida en el mercado de bienes está compuesta de bienes formales,  $c_t^f$ , e informales,  $c_t^i$ , de la forma:

$$c_t = \left[ a \left( c_t^f \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} + (1-a) \left( c_t^i \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}, \quad (1)$$

en donde  $c_t^f$  son bienes compuestos a la Dixit- Stiglitz por una cantidad de bienes diferenciados, lo que implica que:

$$c_t^f = \left[ \int_0^1 c_{jt}^f \frac{\theta-1}{\theta} dj \right]^{\frac{\theta}{\theta-1}}.$$

De este modo, los hogares maximizan su función de utilidad intertemporal sujeta a la siguiente restricción presupuestal (en términos reales):

$$w_t^f(a_t)l_t^f + w_t^i(a_t)l_t^i + div_t^x + div_t^y + \frac{(1+i_{t-1})}{(1+\pi_t)}B_{t-1} = c_t + B_t \quad (2)$$

Donde,  $div_t^x$  son los dividendos que reciben los hogares de las firmas productoras de bienes intermedios,  $div_t^y$  son los dividendos recibidos de las firmas monopólicas del sector de bienes finales.

Con el fin de simplificar el análisis se supone que existe un mercado financiero completo en el que los hogares están completamente asegurados con respecto a su riesgo idiosincrático. Este supuesto permite trabajar con un hogar representativo, y es ampliamente utilizado en los modelos dinámicos estocásticos de equilibrio general con presencia de desempleo (Andolfatto, 1996).

El lagrangiano del problema anterior es de la forma:

$$\mathcal{L} = E_0 \sum_{t=1}^{\infty} \beta^t \left\{ \log(C_t) + \lambda_t \left[ w_t^f l_t^f + w_t^i l_t^i + div_t^x + div_t^y + \frac{(1+i_{t-1})B_{t-1}}{(1+\pi_t)} - c_t - B_t \right] \right\}$$

Las condiciones de primer orden de este problema implican:

$$\epsilon_t (C_t)^{-1} = \lambda_t \quad (3)$$

$$\lambda_t = \beta E_t \lambda_{t+1} \frac{(1+i_t)}{(1+\pi_{t+1})} \quad (4)$$

Con la combinación de las ecuaciones (3) y (4) se obtiene la *Ecuación de Euler*.

Adicionalmente, en cada periodo el consumidor tiene dos problemas adicionales de escogencia. En primer lugar, debe escoger entre consumo formal e informal. Para este propósito, los hogares minimizan el siguiente programa intra-temporal:

$$\min p_t^i c_t^i + p_t^f c_t^f$$

$$s.a \quad c_t = \left[ a (c_t^f)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} + (1-a) (c_t^i)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]^{\frac{\gamma}{1-\gamma}},$$

donde  $p_t^i$  es el precio de un bien informal y  $p_t^f$  el de uno formal. Las condiciones de primer orden de este problema implican que:

$$1 = \left[ a^\gamma (p_t^f)^{1-\gamma} + (1-a)^\gamma (p_t^{inf})^{1-\gamma} \right]^{\frac{1}{1-\gamma}}$$

$$c_t^f = a^\gamma \left( \frac{1}{p_t^f} \right)^\gamma c_t \quad (5)$$

$$c_t^a = (1-a)^\gamma \left( \frac{1}{p_t^a} \right)^\gamma c_t \quad (6)$$

En segundo lugar, debe escoger la demanda de cada variedad  $j$ , para lo que resuelven el siguiente problema de maximización:

$$\begin{aligned} \max_{c_{jt}} & - \int_0^1 p_{jt}^f c_{jt}^f dj \\ \text{s.a.} & c_t^f = \left[ \int_0^1 c_{jt}^{f \frac{\theta-1}{\theta}} dj \right]^{\frac{\theta}{\theta-1}}. \end{aligned}$$

Donde  $\theta$  mide el grado de diferenciación del producto. La solución de este problema implica que:

$$c_{jt} = \left( \frac{p_{jt}^f}{p_t^f} \right)^{-\theta} c_t^f, \quad (7)$$

donde

$$p_t^f = \left[ \int_0^1 \left( p_{jt}^f \right)^{\frac{\theta-1}{\theta}} dj \right]^{\frac{\theta}{\theta-1}} \quad (8)$$

es el índice general de precios del sector formal.

### 3.2 Mercado de trabajo

El mercado de trabajo de esta economía se caracteriza por la existencia de dos tipos de trabajos, uno formal y otro informal. Cada tipo de trabajador tiene un proceso de contratación diferente.

En el caso del sector formal, la mano de obra empleada es resultado de un proceso de emparejamiento (matching process). La firma y el trabajador entablan una relación de empleo después de pasar por un proceso de búsqueda en el mercado de trabajo, donde las firmas productoras de bienes intermedios ponen vacantes en búsqueda de trabajadores desempleados.

El flujo de emparejamientos exitosos entre trabajadores y firmas dentro de un periodo está dado por la función de matching  $m(v_t, u_t)$

$$m(v_t, u_t) = \mathbb{N} (u_t)^\mu (v_t)^{1-\mu}, \quad (9)$$

donde  $v_t$  es el número de vacantes, y  $u_t$  es el número de personas que buscan empleo, y se compone de la suma de trabajadores desempleados más el número de trabajadores que perdieron su empleo en el sector formal e informal.

Se supone además que los trabajadores del sector informal no pueden ir directamente al sector formal; estos primero tienen que estar desempleados para poder buscar trabajo en este sector.

La probabilidad de que una vacante sea llenada es:

$$q_t^f = \frac{m(v_t, u_t)}{v} = \mathbb{N} \left( \frac{v_t}{u_t} \right)^{-\mu}. \quad (10)$$

Del mismo modo, la probabilidad de que un trabajador desempleado encuentre empleo en el sector formal es:

$$q_t^w = \frac{m(v_t, u_t)}{u_t} = \mathbb{N} \left( \frac{v_t}{u_t} \right)^{1-\mu}. \quad (11)$$

Una vez el trabajador ha entablado una relación de empleo con la firma, en el siguiente periodo al trabajador, le llega un nivel de productividad  $a_{t+1}$ . Si esta productividad está por encima de un valor crítico,  $\tilde{a}_{t+1}^f$ , el trabajador es contratado, de lo contrario quedará desempleado. Este valor crítico es endógeno y está determinado por las condiciones del mercado laboral. En la sección 3.4.2 se hace una derivación formal de la expresión exacta que determina dicho valor. La comparación entre  $a_{t+1}$  y  $\tilde{a}_{t+1}^f$  da como resultado una tasa de separación endógena igual a:

$$\rho_t = \Pr(a_{t+1} < \tilde{a}_{t+1}^f) = F(\tilde{a}_{t+1}^f) \quad (12)$$

en donde  $(1-\rho_t)$  indica la probabilidad de que un emparejamiento actual produzca en el periodo  $t+1$ . En este sentido, el flujo de trabajadores formales se puede representar de la siguiente forma:

$$l_{t+1}^f = (1-\rho_t)l_t^f + m(v_t, u_t) \quad (13)$$

En el caso del sector informal, la mano de obra empleada depende de una probabilidad exógena. Cada periodo, al igual que en el sector informal, los desempleados que consiguen trabajo en  $t$ , empiezan a trabajar en el periodo  $t+1$ , siempre y cuando les llegue una productividad  $a_{t+1}$  mayor o igual a un valor crítico  $\tilde{a}_{t+1}^i$ . En este caso, el flujo de trabajadores informales se representa de la siguiente forma.

$$l_{t+1}^i = (1-\Omega_t)l_t^i + \xi u_t^i \quad (14)$$

donde  $\xi$  es un parámetro exógeno que indica la probabilidad de encontrar empleo en el sector informal,  $u_t^i$  son los desempleados que buscan trabajo en el sector informal y  $\Omega_t$  es la tasa de destrucción de empleo informal igual a:

$$\Omega_t = F(\tilde{a}_{t+1}^i) \quad (15)$$

La cantidad de trabajadores que busca empleo en el sector formal es igual a:

$$u_t = l_t^u + \rho_t l_t^f + \Omega_t l_t^i.$$

Mientras que los que buscan en el sector informal, serían los que no pudieron conseguir trabajo en el formal

$$u_t^i = (1 - q_t^w) u_t.$$

Como se verá más adelante, los salarios del sector formal son fijados mediante un proceso de negociación entre trabajadores contratados y firmas, mientras que en el sector informal se fijan de forma competitiva.

En esta economía hay tres tipos de firmas. Las firmas informales utilizan trabajo informal para producir  $y_t^i$  bienes de consumo final. Las firmas formales contratan trabajo formal para producir  $x_t^f$  bienes intermedios homogéneos. Por último, las firmas monopólicas formales compran los bienes intermedios a un precio  $p_t^x$  y los transforman en un bien final,  $y_{jt}^f$ , diferenciado, el cual venden a los consumidores a un precio  $p_{jt}^f$ .

### 3.2.1 Sector informal

Al comienzo de cada periodo hay  $l_t^i$  trabajadores empleados en este sector. Cada periodo, el empleo se destruye con una probabilidad endógena, debido a que solo los trabajadores a los que les llega una productividad  $a_{nt}$  superior o igual nivel de productividad crítico  $\tilde{a}_t^i$ , continúan trabajando el resto del periodo. Cada uno de estos trabajadores producirá un producto igual a:

$$y_{jt}^i = a_{nt} z_t^i z_t,$$

Donde  $a_{nt}$  es la productividad específica de cada trabajador,  $z_t^i$  es la productividad asociada al sector informal y  $z_t$  es la productividad total de la economía.

La producción agregada del sector informal en el periodo  $t$  es:

$$y_t^i = E_t [a_t \mid a_t > \tilde{a}_t^i] z_t^i z_t (1 - \Omega_{t-1}) l_{t-1}^i$$

$$y_t^i = \left[ \int_{\tilde{a}_t^i}^{\infty} a_t \left( \frac{f(a)}{1 - F(\tilde{a}_t^i)} \right) da \right] z_t^i z_t (1 - \Omega_{t-1}) l_{t-1}^i \quad (16)$$

El salario promedio recibido por un trabajador informal es igual al ingreso medio:

$$w_t^i = p_t^i \left[ \int_{\tilde{a}_t^i}^{\infty} a_t \left( \frac{f(a)}{1 - F(\tilde{a}_t^i)} \right) da \right] z_t^i z_t \quad (17)$$

En equilibrio, toda la producción informal es consumida, lo que implica que

$$y_t^i = c_t^i. \quad (18)$$

### 3.2.2 Sector de bienes intermedios (sector formal)

Al comienzo de cada periodo hay  $l_t^f$  trabajadores empleados en este sector. Cada periodo, el empleo formal se destruye con una probabilidad endógena, debido a que los trabajadores que hicieron matching el periodo anterior observan junto con las firmas el nivel de productividad y deciden si continuar o no con la relación laboral. Si el emparejamiento continúa, cada trabajador producirá un producto igual a:

$$x_{nt} = a_{nt} z_t^f z_t \quad (19)$$

Donde  $z_t^f$  es la productividad del sector formal. Este producto es vendido a las firmas formales productoras de bienes finales a un precio  $p_t^x$ . Cada trabajador contratado, le genera entonces a la firma un beneficio igual a:

$$\mathcal{H}_t(a_t) = p_t^x a_{nt} z_t^x z_t - w_t^f(a_t),$$

Adicionalmente, como las empresas incurren en un costo  $c_v$  poner una vacante  $v_t$ , los dividendos que obtienen las firmas son:

$$div^x = \mathcal{H}_t(1 - \rho_t) l_t^f - c_v v_t$$

Por último, se tienen que la producción agregada del sector formal de bienes intermedios es:

$$x_t^f = E_t \left[ a_t \mid a_t \geq \tilde{a}_t^f \right] z_t^f z_t (1 - \rho_{t-1}) l_{t-1}^f$$

$$x_t^f = \left[ \int_{\tilde{a}_t^f}^{\infty} a_t \left( \frac{f(a)}{1 - F(\tilde{a}_t^f)} \right) da \right] z_t^f z_t (1 - \rho_{t-1}) l_{t-1}^f \quad (20)$$

### 3.2.3 Firma productora de bienes finales

Las firmas de este sector producen bienes diferenciados en un mercado en competencia monopolística. Por simplicidad, se supone que este sector no emplea trabajo, solo bienes intermedios. Cada periodo habrá un proporción  $(1-\omega)$  que puede cambiar sus precios de manera óptima, el resto de firmas fijaran los precios del periodo anterior. Las empresas que pueden optimizar sus precios

son escogidas de forma aleatoria, por lo tanto  $\omega$  es la probabilidad que una firma tiene de no cambiar sus precios.

La producción total de bienes finales se representa mediante la tecnología de agregación estándar:

$$y_t^f = \left[ \int_0^1 \left( y_{jt}^f \right)^{\frac{\theta-1}{\theta}} \right]^{\frac{\theta}{\theta-1}} \quad (21)$$

Cada periodo, las empresas que no pueden cambiar sus precios fijan los precios del periodo anterior, es decir:

$$p_{jt}^f = \frac{p_{jt-1}^f}{1 + \pi_t}, \quad (22)$$

En el caso en que a la firma le llegue la oportunidad de cambiar sus precios de manera óptima, ésta escoge el precio que maximiza el valor presente de las ganancias de la empresa:

$$\begin{aligned} \max E_t \sum_{s=0}^{\infty} \omega^s \Gamma_{t,t+s} \left[ p_{jt}^f y_{jt+s}^f - p_{t+s}^x y_{jt+s}^x \right] \\ \text{s.a. } y_{jt} = \left( \frac{p_{jt}^f}{p_t^f} \right)^{-\theta} y_t^f, \end{aligned}$$

donde  $\Gamma_{t,t+s} = (\chi_n \beta)^s \frac{\lambda_{t+s}}{\lambda_t}$  es el factor de descuento estocástico. Además, si la empresa cambia precios de manera óptima en el periodo  $t$ , y en el periodo  $t+s$  todavía no ha tenido la oportunidad de cambiarlos de manera óptima entonces deberá fijar:

$$p_{jt+s}^f = \frac{\tilde{p}_{jt}^f}{1 + \Pi_{t-1,t+s-1}}$$

donde  $1 + \Pi_{t-1,t+s-1}$  se lee como la inflación acumulada desde  $t-1$  hasta  $t+s-1$ . De este modo, el problema de la firma se puede representar como:

$$\max_{\tilde{p}_{jt}^f} E_t \sum_{s=0}^{\infty} \omega^s \Gamma_{t,t+s} y_{t+s}^f (p_{t+s}^f)^{\theta} \left[ \left( \frac{\tilde{p}_{jt}^f}{1 + \Pi_{t-1,t+s-1}} \right)^{1-\theta} - p_{t+s}^x \left( \frac{\tilde{p}_{jt}^f}{1 + \Pi_{t-1,t+s-1}} \right)^{-\theta} \right].$$

La solución óptima a este problema, da como resultado la siguiente expresión para  $\tilde{p}_{jt}^f$

$$\tilde{p}_{jt}^f = \frac{\theta}{(\theta-1)} \frac{E_t \sum_{s=0}^{\infty} \omega^s \Gamma_{t,t+s} y_{t+s}^f p_{t+s}^x \left( \frac{1}{1 + \Pi_{t-1,t+s-1}} \right)^{-\theta} (p_{t+s}^f)^{\theta}}{E_t \sum_{s=0}^{\infty} \omega^s \Gamma_{t,t+s} y_{t+s}^f \left( \frac{1}{1 + \Pi_{t-1,t+s-1}} \right)^{1-\theta} (p_{t+s}^f)^{\theta}}. \quad (23)$$

Una vez obtenido el nivel de precios que fijan las firmas en cada uno de los casos, de la ecuación (8) se tiene que el índice general de precios del sector formal puede expresarse de la forma:

$$p_t^f = \left[ \omega \left( \frac{p_{t-1}^f}{1 + \pi_t} \right)^{1-\theta} + (1 - \omega) \left( \tilde{p}_{j_t}^f \right)^{1-\theta} \right]^{\frac{1}{1-\theta}}.$$

En este sector la producción agregada se puede expresar como:

$$y_t^f = x_t^f$$

### 3.3 Funciones valor y determinación de salarios

El valor descontado para la firma productora de bienes intermedios de poner una vacante se denota como  $J_t^v$ , donde

$$J_t^v = -p_t^f c_v + E_t \Gamma_{t,t+1} \left[ q_t^f (1 - \rho_t) \int_{\tilde{a}_{t+1}^f}^{\infty} J_{t+1}^o(a_{t+1}) \frac{f(a_{t+1}) da}{1 - F(\tilde{a}_{t+1})} + (1 - q_t^f) J_{t+1}^v \right]. \quad (24)$$

Poner una vacante en este sector tiene un costo para la firma de  $p_t^f c_v$ . Con una probabilidad  $q_t^f$  la vacante se llena, y con una  $(1 - \rho_t)$  se realiza el contrato, esto implica que con una probabilidad  $q_t^f (1 - \rho_t)$  la firma tendrá un valor esperado de  $J_{t+1}^o$  por tener un puesto ocupado. Con una probabilidad  $(1 - q_t^f)$  la vacante no se llena y el puesto permanece vacante y la firma tendrá un valor esperado de  $J_{t+1}^v$ . Adicionalmente, como existe libre entrada, las firmas pondrán vacantes hasta que su valor esperado sea cero, lo que implica que en equilibrio  $J_t^v = J_{t+1}^v = 0$  y la ecuación (24) se convierte en:

$$p_t^f c_v = E_t \Gamma_{t,t+1} \left[ q_t^f (1 - \rho_t) \int_{\tilde{a}_{t+1}^f}^{\infty} J_{t+1}^o(a_{t+1}) \frac{f(a_{t+1}) da}{1 - F(\tilde{a}_{t+1})} \right]. \quad (25)$$

El valor de la firma por tener un puesto ocupado se puede representar de la forma:

$$J_t^o(a_t) = \mathcal{H}_t(a_t) + E_t \Gamma_{t,t+1} \left( (1 - \rho_t) \int_{\tilde{a}_{t+1}^f}^{\infty} J_{t+1}^o(a_{t+1}) \frac{f(a_{t+1}) da}{1 - F(\tilde{a}_{t+1})} \right), \quad (26)$$

Esto indica que en el periodo  $t$ , las empresas obtienen un beneficio de  $\mathcal{H}_t(a_t)$  por tener un puesto ocupado. En el siguiente periodo, con una probabilidad  $\rho_t$  este puesto de trabajo es destruido y la empresa obtendrá 0; de lo contrario, con probabilidad  $(1 - \rho_t)$  el puesto continúa ocupado y la empresa obtendrá un valor esperado de  $J_{t+1}^o$ .

Ahora, pasando a las funciones valor de los trabajadores, se tiene que el valor presente descontado para un trabajador de estar empleado en el sector de bienes intermedios es:

$$Q_t^f(a_t) = w_t^f(a_t) - l + E_t \Gamma_{t,t+1} \left( (1 - \rho_t) \int_{\tilde{a}_{t+1}^f}^{\infty} Q_{t+1}^f(a_{t+1}) \frac{f(a_{t+1}) da}{1 - F(\tilde{a}_{t+1})} + \rho_t Q_{t+1}^u \right) \quad (27)$$

que indica que cuando un trabajador es contratado en el sector formal, éste recibe un salario  $w_t^f(a_t)$  y tiene una desutilidad de  $l$  por estar trabajando en este sector. En el siguiente periodo

éste continúa empleado con probabilidad  $(1 - \rho_t)$ , en cuyo caso obtiene un valor esperado de  $Q_{t+1}^f(a_{t+1})$ . Con probabilidad  $\rho_t$  el trabajador pierde su empleo y se convertirá en desempleado, en cuyo caso obtiene un valor esperado de  $Q_{t+1}^u$ .

Por su parte, en el caso del trabajador informal, se tiene que el valor presente descontado de estar empleado en este sector es:

$$Q_t^i(a_t) = w_t^i(a_t) - \iota + E_t \Gamma_{t,t+1} \left( (1 - \Omega_t) \int_{\bar{a}_{t+1}^i}^{\infty} Q_{t+1}^i(a_{t+1}) \frac{f(a_{t+1}) da}{1 - F(\bar{a}_{t+1}^i)} + \Omega_t Q_{t+1}^u \right), \quad (28)$$

en este caso, el trabajador empleado en el sector informal recibe  $w_t^i(a_t)$  por su trabajo y tiene una desutilidad de  $\iota$  por estar trabajando en este sector. En el próximo periodo con probabilidad  $1 - \Omega_t$  permanecerá empleado en el sector informal y obtendrá un valor esperado de  $Q_{t+1}^i(a_t)$ , y con una probabilidad de  $\Omega_t$  se convertirá en desempleado y obtendrá  $Q_{t+1}^u$

Por último, un agente desempleado obtiene un valor esperado de:

$$Q_t^u = b + E_t \Gamma_{t,t+1} \left[ q_t^w (1 - \rho_t) \int_{\bar{a}_{t+1}^f}^{\infty} Q_{t+1}^f(a_{t+1}) \frac{f(a_{t+1}) da}{1 - F(\bar{a}_{t+1}^f)} + (1 - q_t^w) \xi (1 - \Omega_t) \int_{\bar{a}_{t+1}^i}^{\infty} Q_{t+1}^i(a_{t+1}) \frac{f(a_{t+1}) da}{1 - F(\bar{a}_{t+1}^i)} + [q_t^w \rho_t + (1 - q_t^w)(1 - \xi(1 - \Omega_{t+}))] Q_{t+1}^u \right] \quad (29)$$

lo que significa que un trabajador desempleado obtiene una utilidad de  $b$  en el periodo  $t$ . En el siguiente periodo, consigue trabajo en el sector formal con una probabilidad  $q_t^w$ , para empezar a trabajar en el periodo  $t + 1$ , donde con una probabilidad  $(1 - \rho_t)$  se quedará y recibirá un valor esperado de  $Q_{t+1}^f(a_{t+1})$ . Con una probabilidad  $(1 - q_t^w)\xi$  conseguirá trabajo en el sector informal para empezar a trabajar en el periodo  $t + 1$ , donde con una probabilidad  $(1 - \Omega_t)$  se quedará y obtendrá un valor esperado de  $Q_{t+1}^i(a_{t+1})$ . Finalmente, si no consigue trabajo en ninguno de los dos sectores seguirá desempleado y obtendrá  $Q_{t+1}^u$ .

### 3.3.1 Negociación de Salarios

En el mercado de trabajo formal, donde existen rigideces de búsqueda y emparejamiento el salario se fija mediante un proceso de negociación entre firmas y trabajadores. En esta sección se supone que los salarios se negocian a la Nash, donde las empresas y los trabajadores de este sector escogen el salario  $w_t^f(a_t)$  que maximiza el beneficio conjunto  $\Phi_t$  de la forma:

$$\max_{w_t^f(a_t)} \Phi_t = (J_t^o(a_t))^{1-\phi} \left( Q_t^f(a_t) - Q_t^u \right)^\phi$$

$$s.a \quad (26), (27) \text{ y } (29)$$

$\phi$  mide el poder de negociación de los trabajadores. De este modo, mediante la solución de negociación de Nash se tiene que:

$$\phi J_t^o(a_t) = (1 - \phi)(Q_t^f(a_t) - Q_t^u). \quad (30)$$

### 3.3.2 Umbrales

En este modelo hay dos umbrales a partir de los cuales se contrata a los trabajadores formales y a los informales, estos son  $\tilde{a}_t^f$  y  $\tilde{a}_t^i$ , respectivamente. Cada uno de ellos es obtenido de la siguiente forma:

- En el caso del sector formal, se tiene que el excedente conjunto que obtienen tanto los trabajadores como las firmas de tener una relación laboral es igual a  $S_t^f(a_t) = J_t^o(a_t) + (Q_t^f(a_t) - Q_t^u)$ . Usando (26), (27), (29) y (30) se tiene la siguiente expresión para  $S_t^f(a_t)$ :

$$S_t^f(a_t) = a_{nt} p_t^x z_t^f - l + g_t^f$$

donde:

$$g_t^f = E_t \Gamma_{t+1} \left( (1 - \rho_t)(1 - \phi) \int_{\tilde{a}_{t+1}^f}^{\infty} S_{t+1}^f(a_{t+1}) \frac{f(a_{t+1}) da}{1 - F(\tilde{a}_{t+1}^f)} + Q_{t+1}^u \right) - Q_t^u \quad (31)$$

De este modo, el  $\tilde{a}_t^f$  se define como el valor de  $a_t$  en el cual el excedente conjunto es cero,  $S_t^f(a_t) = 0$ , de donde se obtiene que:

$$\tilde{a}_t^f = \frac{l - g_t^f}{p_t^x z_t^f} \quad (32)$$

- En el caso del sector informal,  $\tilde{a}_t^i$  depende de la diferencia entre el valor de estar empleado en el sector informal y el de estar desempleado, lo que implica que  $S_t^i(a_t) = Q_t^i(a_t) - Q_t^u$ , usando (28) y (29) se tiene la siguiente expresión para  $S_t^i(a_t)$ :

$$S_t^i(a_t) = p_t^i a_{nt} z_t^i - ul + g_t^i,$$

donde

$$g_t^i = E_t \Gamma_{t,t+1} \left( (1 - \Omega_t) \int_{\tilde{a}_{t+1}^i}^{\infty} (S_{t+1}^i) \frac{f(a_{t+1}) da}{1 - F(\tilde{a}_{t+1}^i)} + Q_{t+1}^u \right) - Q_t^u$$

de este modo,  $\tilde{a}_t^i$  se define como el valor de  $a_t$  en el cual  $S_t^i(a_t) = 0$ , de donde se obtiene que

$$\tilde{a}_t^i = \frac{il - g_t^i}{p_t^i z_t^i z_t}$$

Las funciones valor de los trabajadores se pueden escribir en términos de los excedentes  $S_t^f(a_t)$  y  $S_t^i(a_t)$  de la forma:

$$Q_t^f(a_t) = w_t^f(a_t) - l + E_t \Gamma_{t+1} \left( \phi \int_{\tilde{a}_{t+1}^f}^{\infty} S_{t+1}^f(a_{t+1}) f(a_{t+1}) da + Q_{t+1}^u \right)$$

$$Q_t^i(a_t) = p_t^i a_{nt} z_t^i A_t - il + E_t \Gamma_{t+1} \left( \int_{\tilde{a}_{t+1}^i}^{\infty} S_{t+1}^i(a_{t+1}) f(a_{t+1}) da + Q_{t+1}^u \right)$$

$$Q_t^u = b + E_t \Gamma_{t+1} \left[ q_t^w \phi \int_{\tilde{a}_{t+1}^f}^{\infty} S_{t+1}^f(a_{t+1}) f(a_{t+1}) \right. \\ \left. + (1 - q_t^w) \xi \int_{\tilde{a}_{t+1}^i}^{\infty} S_{t+1}^i(a_{t+1}) f(a_{t+1}) + Q_{t+1}^u \right]$$

### 3.4 Autoridad Monetaria

La mayoría de los Bancos Centrales aplican una regla de política monetaria para controlar la tasa de interés de corto plazo. En este trabajo se asume que la tasa de interés nominal se mueve de acuerdo a la siguiente regla de política:

$$(1 + i_t) = \beta^{-(1-\sigma_i)} (1 + i_{t-1})^{\sigma_i} (1 + \pi_t)^{\sigma_\pi (1-\sigma_i)} \left( \frac{y_t}{y_t^{flex}} \right)^{\sigma_y (1-\sigma_i)} e^{\sigma_t}$$

donde  $y_t^{flex}$  representa el producto que se alcanzaría si los precios fueran plenamente flexibles (producto natural). En este caso se tiene en cuenta que los choques reales, tales como a la productividad y a las preferencias, afectan la tasa de crecimiento del producto potencial o natural.

por su parte,  $\sigma_\pi > 1$ ,  $\sigma_y > 0$  y  $\sigma_t$  es un proceso estocástico serialmente no correlacionado y de media cero,  $\sigma_t \sim N(0, \sigma_z^2)$ .

## 4 Calibración

El modelo es calibrado para la economía brasileña, uno de los países donde se tiene una información más completa sobre el mercado laboral. Específicamente existen datos sobre las tasas de destrucción y creación de empleo formal e informal. A continuación se describirán los supuestos bajo los cuales se fijaron los parámetros del modelo.

En primer lugar, se supone que la periodicidad del modelo es trimestral. Algunos de los parámetros son estándares en la literatura internacional y/o son fijados con base en estudios anteriores realizados para la economía brasileña. Con base en el trabajo de Carvalho y Valli (2011), la tasa intertemporal de descuento se iguala a  $\beta = 0.988$ , el grado de diferenciación de los bienes formales finales se fijó en  $\theta = 6$ , lo que implica un markup del 25%. La fracción de las firmas formales que no cambian precios en  $\omega = 0.75$ , esto indica que en promedio las firmas cambian sus precios cada año. Es estándar en la literatura fijar la elasticidad de la función de matching en  $\mu = 0.4$ .  $a$  se fija en 0.5. El poder de negociación de los trabajadores se fija en  $\phi = 0.5$ , y  $z^i = 1$ . Por simplicidad se supone que los trabajadores desempleados obtienen un  $b = 0$ . Los parámetros que se fijan en el modelo se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 1. Parámetros fijados en la calibración**

Parámetros fijados	Símbolo	Valor	Fuente
Tasa de descuento	$\beta$	0.988	
Poder de negociación de los trabajadores	$\phi$	0.5	
Elasticidad de la función de Matching	$\mu$	0.4	
Productividad del sector informal	$z^i$	1	
Probabilidad de no cambiar precios	$\omega$	0.75	
Grado de diferenciación de los bienes formales finales	$\theta$	6	
Ingreso de un desempleado	$b$	0	
Parámetro de la ecuación de agregación de consumo	$a$	0.5	

Habiendo fijado estos parámetros, se utilizan las ecuaciones de estado estacionario del modelo para calibrar el resto de los parámetros, los cuales deben replicar los datos más relevantes del mercado laboral brasileño. Basados en el trabajo de Bosh y Maloney (2008), quienes realizan un análisis sobre el flujo de trabajadores informales y desempleados a través del ciclo económico en Brasil y México, se intenta reproducir sus principales hallazgos. Estos autores encuentran que para Brasil las tasas de creación de empleo en el sector formal e informal son 0.12 y 0.21, respectivamente, y que las tasas de destrucción de empleo en el sector formal e informal son 0.01 y 0.032, respectivamente. Adicionalmente, el porcentaje de desempleados en esta economía es de  $u = 0,054$ , de trabajadores formales de  $l^f = 0.59$  y de trabajadores informales de  $l^i = 356$ . Los parámetros calibrados con base a las ecuaciones del modelo en estado estacionario se resumen en la Tabla 2.

**Tabla 2. Parámetros calibrados**

Parámetros Calibrados	Símbolo	Valor
Probabilidad de encontrar empleo informal	$\xi$	0.21
Costo de las vacantes	$c_v$	0.13
Elasticidad de sustitución entre consumo formal e informal	$\gamma$	10
Factor de escala de la función de matching	N	0.166
Desutilidad del trabajo en el sector formal	$l$	0.63
Desutilidad del trabajo en el sector informal	$il$	0.46
Productividad asociada al sector formal	$z^f$	1.77

## 5 Simulaciones

En este modelo se suponen que hay tres fuentes de incertidumbre, una asociada a choques de productividad (choque de oferta), otra a choques en las preferencias (choque de demanda), y otra a choques en la tasa de interés (choque en la regla de política monetaria).

Con respecto al choque en la en la productividad total de la economía ( $z_t$ ), en la productividad del sector formal, ( $z_t^f$ ) y en las preferencias ( $\epsilon_t$ ) se supone que éstas siguen un proceso autorregresivo de orden 1, de la forma:

$$\ln(z_t) = \sigma_z \ln(z_{t-1}) + e_{zt},$$

$$\ln(z_t^f) = (1 - \sigma_{zf}) \ln(z^f) + \sigma_{zf} \ln(z_{t-1}^f) + e_{zft},$$

$$\ln(\epsilon_t) = e_{\epsilon t},$$

donde  $e_{zt} \sim N(0, \sigma_z^2)$ ,  $e_{zft} \sim N(0, \sigma_{zf}^2)$  y  $e_{\epsilon t} \sim N(0, \sigma_\epsilon^2)$ .

Siguiendo a Walsh (2002) y Faia (2008), en las simulaciones se analizará el comportamiento de la economía bajo tres tipos de regla de política monetaria. Una de ellas es la regla estándar de Taylor (*RT*), donde se asume que  $\sigma_i = 0.5$ ,  $\sigma_\pi = 1.25$  y  $\sigma_y = 0.5$ ; otra es una regla de política monetaria que se preocupa solo por la inflación (*Rphi*), donde se asume que  $\sigma_i = 0.5$ ,  $\sigma_\pi = 5$  y  $\sigma_y = 0$ ; y otra regla de política, donde el Banco Central le da mayor importancia a la brecha del producto (*Ry*), en este caso se asume  $\sigma_i = 0.5$ ,  $\sigma_\pi = 1.25$  y  $\sigma_y = 2$ .

### Algunas estadísticas del modelo y de los datos

Antes de pasar a analizar el comportamiento del modelo ante choques en la economía, se comparan algunas estadísticas del mercado laboral resultantes del modelo con las obtenidas de los datos del mercado laboral de la economía brasileña. Estos últimos valores son tomados del trabajo de Bosch y Maloney (2008) quienes calculan el error estándar (*SE* datos), la correlación con el producto (*corr<sub>y</sub>* datos) del empleo formal, el informal y el desempleo, y la correlación del desempleo (*corr<sub>u</sub>* datos) con la tasa de destrucción de empleo formal e informal y la tasa de creación de empleo formal. Comparando la columna 2 y 3 se puede ver que el modelo recoge el comportamiento de las desviaciones estándar, en donde el desempleo tiene una mayor variabilidad. Comparando las columnas 4 y 5 se puede que el modelo logra replicar el signo de las correlaciones y el hecho de que el empleo informal es levemente contracíclico y el desempleo fuertemente procíclico. También se logra replicar el signo de la correlación entre desempleo y las tasas de creación y destrucción de empleo. Con respecto a las tasa de destrucción de empleo formal e informal,  $\rho_t$  y  $\Omega_t$ , el modelo logra replicar el hecho de que la tasa de destrucción de empleo informal está más correlacionada con el desempleo que la informal.

**Tabla 3. comparación del modelo con los datos**

Variables	$SE^*$ Modelo	$SE$ datos	$corr_y$ modelo	$corr_y$ datos
$l_t^f$	0.029	<b>0.016</b>	0.97	<b>0.616</b>
$l_t^i$	0.015	<b>0.016</b>	-0.38	<b>-0.219</b>
$l_t^u$	0.274	<b>0.109</b>	-0.98	<b>-0.816</b>
			$corr_u$ modelo	$corr_u$ datos
$k_t^w$	0.0139	<b>0.0123</b>	-0.52	<b>-0.81</b>
$\rho_t$	0.0078	<b>0.0009</b>	0.48	<b>0.32</b>
$\Omega_t$	0.0066	<b>0.0074</b>	0.96	<b>0.91</b>

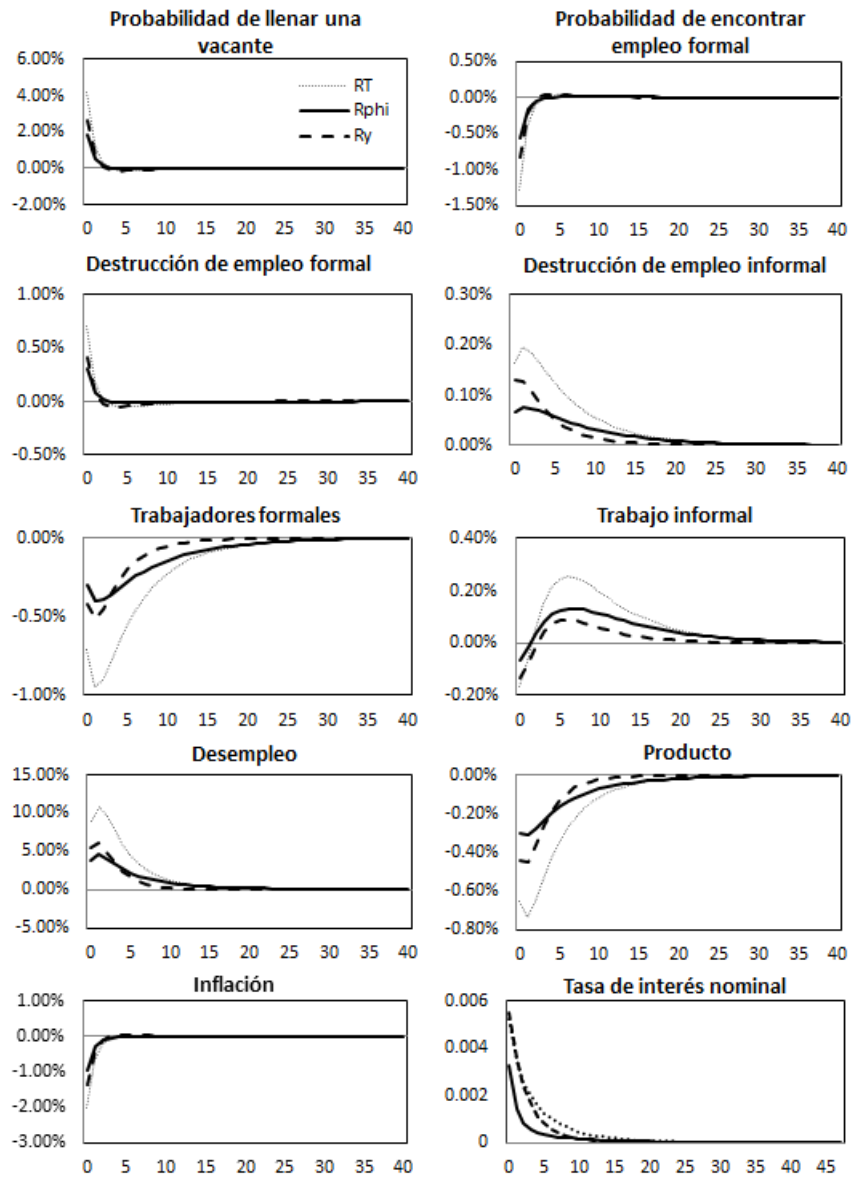
Fuente: Bosh, Maloney (2008) y cálculos propios.  $corr_y$  indica la correlación de la variable con respecto al producto y  $corr_u$  representa la correlación con respecto al desempleo

### Efecto de un choque en la tasa de interés.

En la Figura 1, se muestra el efecto que tiene un choque en la tasa de interés sobre las variables seleccionadas. En ésta se puede observar que un aumento en la tasa de interés disminuye el producto de la economía y la inflación. En el sector informal, la probabilidad de llenar una vacante aumenta y la de encontrar empleo informal disminuye, esto se da porque las vacantes disminuyen y el número de personas que buscan trabajo en el sector informal aumentan en reacción a un choque contractivo de la política monetaria (ambas variable no se muestran en la Figura 1.). Por su parte, la destrucción de empleo formal e informal aumenta. Adicionalmente, como resultado del cambio en la tasas de creación y destrucción de empleo, el empleo formal disminuye ante este choque de política, mientras que en empleo informal, que sirve como colchón en las recesiones, aumenta junto con el desempleo.

Comparando las reglas de política, se puede ver que con las tres se genera poca persistencia en la inflación. En el caso en que el gobierno siguiera una regla de Taylor, el choque en la tasa de interés desestabilizaría más la inflación, el producto y el empleo que en el caso en que se siguiera alguna de las otras dos reglas.

Figura 1. Efecto de un choque en la tasa de interés nominal



Fuente: cálculos propios

### Efecto de un choque en la productividad de la economía y del sector informal.

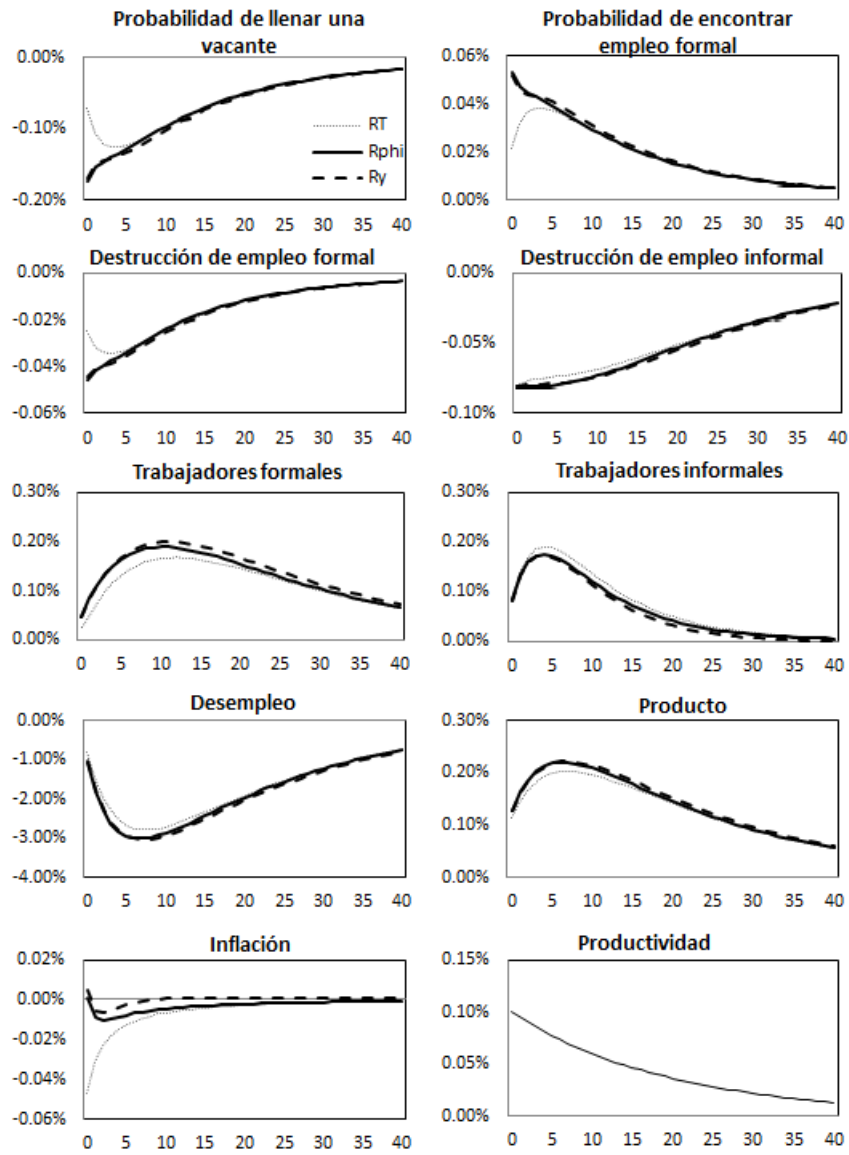
En este apartado se analiza y compara el efecto que tiene un choque positivo en la productividad total de la economía y en la productividad del sector formal, este último también puede interpretarse como un choque tecnológico que afecta de forma diferente al sector formal e informal. En la Figura 2, se muestra el efecto que tiene un choque en la productividad total de la economía ( $z_t$ ). En ésta se puede ver que un aumento en  $z_t$  aumenta el producto y el empleo

formal e informal, y disminuye la inflación. Un aumento de la tecnología disminuye el número de personas que buscan empleo y aumenta las vacantes (este efecto no se muestra en la figura), esto hace que la probabilidad de llenar una vacante disminuya, y la de encontrar empleo formal aumente. Tanto la tasa de destrucción de empleo formal como informal disminuyen en reacción a un aumento en  $z_t$ .

Comparando las reglas de política, se puede ver que la regla de Taylor, ( $RT$ ), genera un mayor efecto estabilizador del producto y el empleo, pero un menor efecto estabilizador sobre la inflación. En este caso el gobierno tiende a contrarrestar el incremento en la productividad con un aumento en la tasa de interés, lo que hace que la inflación caiga mucho más de lo necesario.

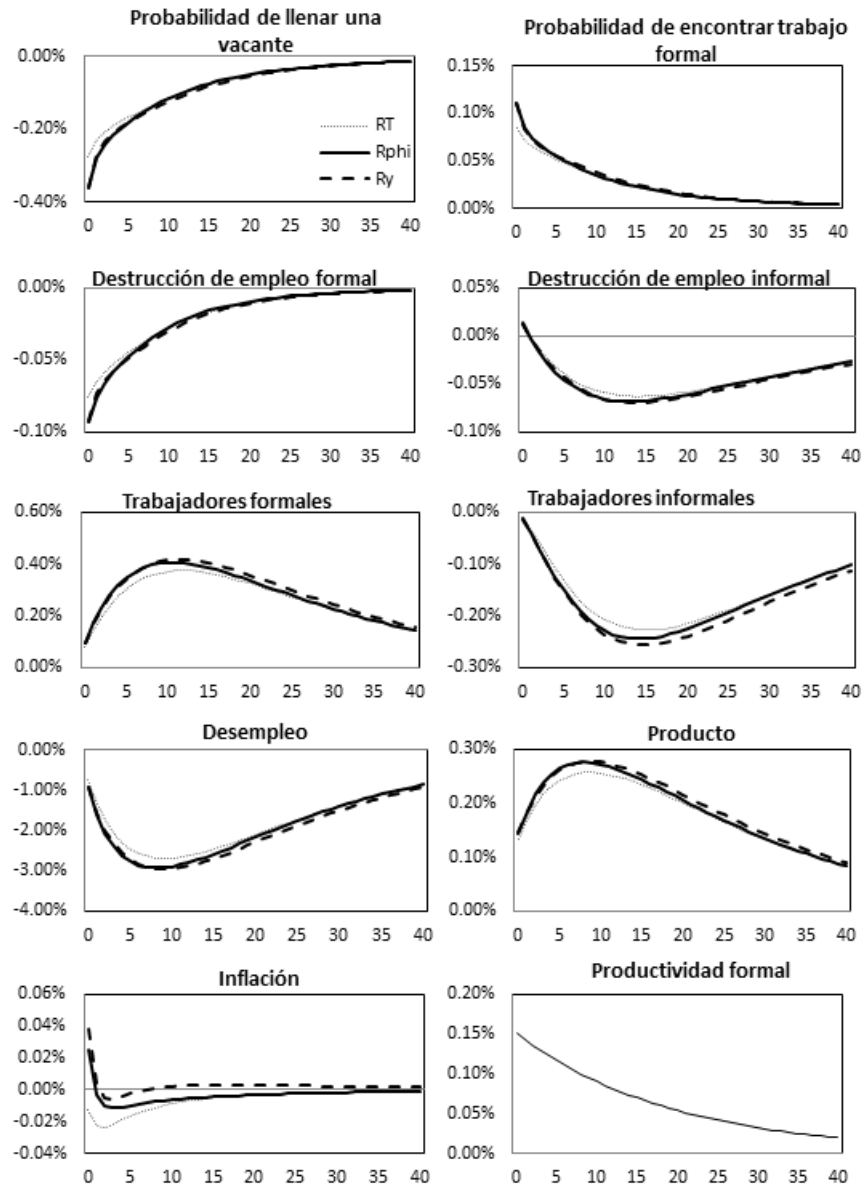
En la Figura 3. se muestra el efecto de un choque positivo en la productividad del sector formal,  $z_t^f$ . En ésta se puede ver que, a diferencia de un choque en la productividad total, el empleo formal e informal se mueven en dirección contraria (el formal aumenta y el informal disminuye), lo que indica que los choques en productividad que representan mejor el comportamiento real del mercado de trabajo son los asociados al sector formal, o aquellos que afectan más el sector formal que el informal. En la Figura 3. se puede ver que la inflación, el producto y el empleo formal aumentan, mientras que el empleo informal y el desempleo disminuyen. Al igual que en el caso anterior, la probabilidad de llenar una vacante disminuye y la de encontrar trabajo formal aumenta. Con respecto a las reglas de política monetaria, la regla de Taylor también es la que genera un mayor efecto estabilizador sobre el producto y el empleo, sin embargo el efecto sobre la inflación varía con respecto a la regla que se siga. Si el Banco Central sigue una regla de Taylor, la inflación cae ante un aumento en  $z_t^f$ , mientras que si sigue una regla que se preocupa más por la inflación o por el producto, la inflación aumenta ante un aumento en  $z_t^f$ .

Figura 2. Efecto de un choque en la productividad de la economía



Fuente: cálculos propios

Figura 3. Efecto de un choque en la productividad del sector formal



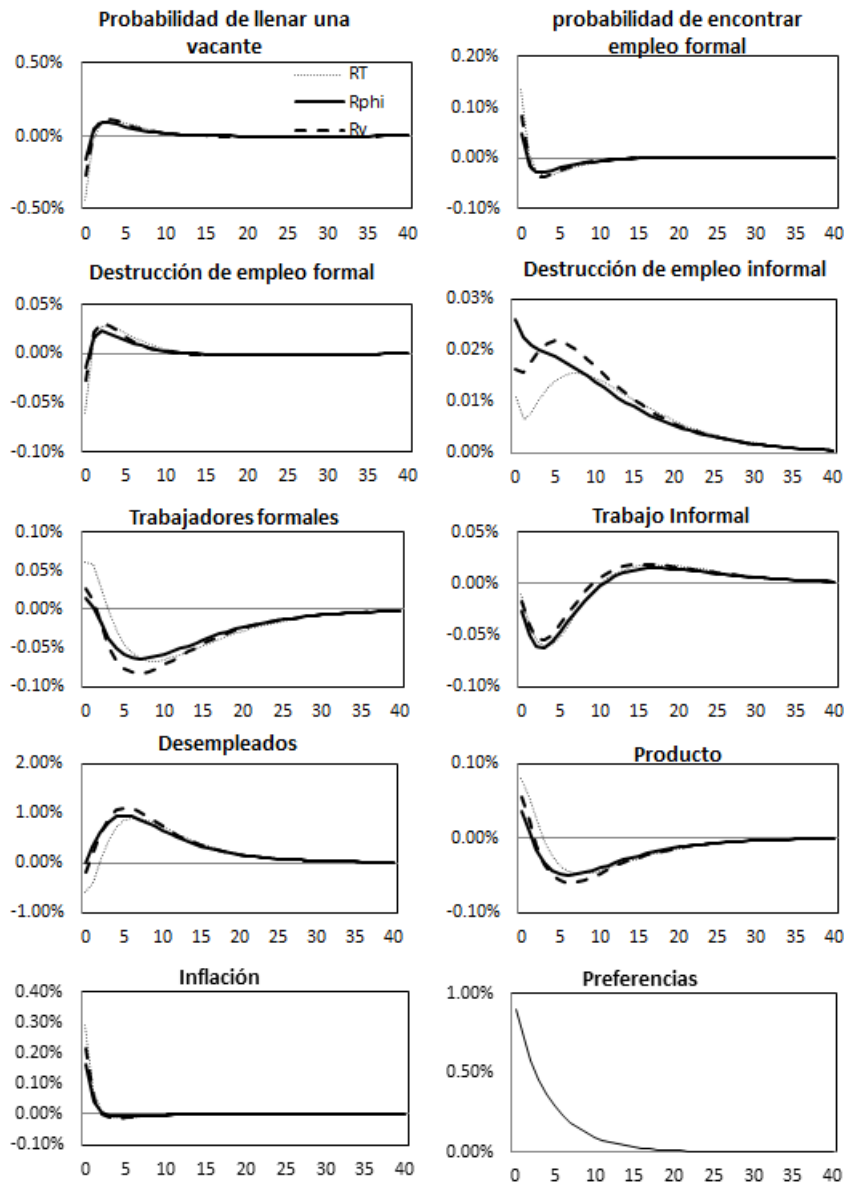
Fuente: cálculos propios

### Efecto de un choque en preferencias

Un choque en preferencias representa un choque de demanda que tiende a aumentar el consumo presente y a disminuir los consumos futuros. En la Figura 4. se puede observar que un aumento en las preferencias por consumo aumenta la producción en los primeros periodos, para luego disminuirla. El trabajo formal aumenta en los primeros periodos y luego disminuye, mientras que el empleo informal disminuye los primeros periodos y luego aumenta. En este caso, la regla

de política monetaria que genera una mayor efecto estabilizador sobre el empleo y el producto ante un choque de demanda es, al igual que en los casos anteriores, la regla de Taylor, (*RT*).

**Figura 4. Efecto de un choque en las preferencias de los hogares**



Fuente: cálculos propios

### Comparación de reglas de política en términos de cambios en la utilidad

Gráficamente, se pudo notar que la regla de política que genera un mayor efecto estabilizador sobre las variables reales de la economía (en especial producto y empleo) ante choques de oferta y

de demanda es la Regla de Taylor, sin embargo, es la que genera una mayor desestabilización de la inflación ante los choques en la economía. Para tener mayor certeza sobre la regla de política que genera mejores resultados para la economía en términos de bienestar, a continuación se realiza un análisis sobre el cambio en la utilidad que genera pasar de una política a otra. En la tabla 3. se puede observar que pasar de la regla *RT* a una *Rphi* genera una disminución en la utilidad del 0.22%, mientras que pasar de una regla *RT* a una *Ry* también genera una pérdida de utilidad del 0.21%. Este resultado indica que la de Taylor genera una mejor respuesta ante los choques en la economía, en comparación con las otras dos reglas de política que se analizaron en este trabajo. Del mismo modo, pasar de una regla *Rphi* a una *Ry* genera un aumento en la utilidad del 0.002%. Estos resultados indican que para esta economía *Ry* es preferible a *Rphi*.

**Tabla 4. Efecto sobre el bienestar**

<b>Reglas de política</b>	<b>Cambio en la utilidad</b>
Pasar de <i>RT</i> a <i>Rphi</i>	$\Delta^-0.22\%$
Pasar de <i>RT</i> a <i>Ry</i>	$\Delta^-0.21\%$
Pasar de <i>Rphi</i> a <i>Ry</i>	$\Delta^+0.002\%$

Fuente: cálculos propios

## 6 Conclusiones

En este trabajo se introduce el sector informal en un modelo DSGE con búsqueda y emparejamiento en el mercado de trabajo formal y rigideces en precios, con el fin de analizar la dinámica del mercado de trabajo en una economía con un amplio sector informal. Los resultados indican que un aumento no previsto en la tasa de interés disminuye la producción y el empleo formal, y aumenta la informalidad y el desempleo. Por su parte, la probabilidad de encontrar empleo en el sector formal disminuye y las tasa de destrucción de empleo formal e informal aumenta. En este caso, cuando se sigue una regla de Taylor, un choque en la tasa de interés genera una mayor desestabilización en la economía.

Adicionalmente, un choque en la productividad total de la economía, que afecta por igual al sector formal e informal genera un aumento en el trabajo formal e informal, mientras que un choque tecnológico que afecta solo al sector formal (o afecta más al formal que al informal) genera un aumento en el trabajo formal y una disminución en el informal. Este último choque es el que mejor representa los hechos estilizados que sugieren que en el ciclo económico el empleo formal se mueve en dirección contraria al formal. En ambos casos, un aumento en la productividad aumenta la probabilidad de encontrar empleo en el sector formal y disminuye la tasa de destrucción de empleo formal e informal.

Con respecto a las reglas de política monetaria se obtuvo que ante un choque de oferta y de demanda en la economía, la regla de política monetaria que genera una mayor estabilización sobre el producto y el empleo de la economía es la regla de Taylor.

Con este modelo se pudo replicar gran parte de los hechos estilizados del mercado laboral de los países en desarrollo, en especial del mercado laboral brasileño. Sin embargo, una de las limitaciones del modelo es que no logra replicar el hecho estilizado de que los salarios formales son menos flexibles que los informales ya que solo se tuvieron en cuenta las rigideces en precios. De este modo, incluir rigideces en salarios sería una de las extensiones que se debería hacer al modelo, esto mejoraría el comportamiento de los salarios y además permitiría un mejor ajuste del modelo, ya que como lo han demostrado algunos trabajos, las rigideces son mejores para modelar las rigideces nominales. Otras extensiones importantes del modelo, sería introducirle capital y sector externo. Finalmente, el modelo podría ser utilizado para analizar la política monetaria óptima en la línea de Tomas (2008), Mattesini y Rossi (2009) y Galí (2010)

## 7 Bibliografía

Albrecht, J. Navarro, L. Vroman, S. (2009). The effects of labor market policies in an economic with an informal sector. *The Economic Journal*, Vol. 119 pp. 105–1129.

Agénor, P. Aizeman, J. (1999) Macroeconomic adjustment with segmented labor markets. *Journal of Development Economics*, Vol. 58, pp. 277-296.

Blanchard, O. Gali, J. (2010). Labor Markets and Monetary Policy: A New Keynesian Model with Unemployment," *American Economic Journal: Macroeconomics*, American Economic Association, vol. 2(2), pp. 1-30.

Bocsh, M. maloney, W. (2008) Cyclical movements in unemployment and informality in developing countries. *Policy Research Working Paper Series 4648*, The World Bank.

Bosch, M. Pretel, J. (2006). Job creation and job destruction in the presence of informal labour markets. *CEP Discussions Paper*, No 76, Centre for Economic Performance.

Carvalho, F. Valli, Marcos (2011) Fiscal policy in brazil through the lens of an estimated DSGE model. *Working Pares Series*, No. 240. Banco Central do Brasil .

Castillo, P. Montoro, C (2012) Dinámica inflacionaria en presencia de informalidad en mercados laborales. *Economía Chilena*, Vol. 15, No. 1. 28 p.

Cheron, A. Langot, F. (2000). The Phillips and Beveridge curves revisited. *Economics Letters*, Vol. 69(3), pp. 371-376.

Christoffel, K. Linzert, T. (2005). The Role of real wage rigidity and labor market frictions for unemployment and inflation dynamics. *Working Papers Series*, No. 556. European Central Bank.

- Christiano, L. Eichenbaum, M. Evans, C. (2005) Nominal Rigidities and the Dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy. *Journal of Political Economy*, University of Chicago Press, vol. 113(1), pp. 1-45.
- Faia, E. (2008). Optimal monetary policy rules with labor market frictions. *Journal of Economic Dynamics & Control*, vol. 32, pp. 1600–1621.
- Fortin, B. Marceau, N. Savard L. (1997). Taxation, wage controls and the informal sector. *Journal of Public Economic*, No. 66, pp.293-312.
- Gali, J. (2010) Monetary policy and unemployment. NBER Working Pares Series, National Bureau of Economy Research, No. 15871, 83 p.
- Galí, J. Rabanal, P. (2004) Technology shocks and aggregate fluctuations: how well does the Real Business Cycle Model fit postwar U.S. data? IMF Working Paper No. 234, International Monetary Fund. 67 p.
- Hall, R. (2005) Employment fluctuations with equilibrium wages stickiness. *American Economic Review*, Vol. 95, No. 1, pp.50-64.
- Krause, M. Lubik, T. (2007) The (ir)relevance of real wage rigidity in the New Keynesian model with search frictions. *Journal of Monetary Economics*, No. 54 (2007), pp. 706–727.
- Mattessini, F. Rossi, L. (2009). Optimal monetary policy in economies with dual labor market. *Journal of Economic Dynamics & Control*. No. 33, p.1469-1489
- Mortensen, D, Pissarides, C.(1994). Job creation and job destruction in the theory of Unemployment”. *Review of economic Studies*, No. 61. pp 367.
- Organización Internacional del Trabajo (2011). Panorama laboral 2011: América Latina y el Caribe. Oficina regional de la OIT para América Latina y el Caribe.
- Satchi, M. Temple, J. (2009). Labor markets and productivity in developing countries. *Review of Economics Dynamics*, No. 12, pp. 183-204.
- Shimer, Robert (2005): The cyclical behavior of equilibrium unemployment and vacancies. *American Economic Review*, vol. 95, No. 1, pp. 25-49.
- Thomas, C. (2008). Search and matching frictions and optimal monetary policy *Journal of Monetary Economics*, Elsevier, vol. 55(5), pp. 936-956.
- Trigari, A. (2004). Equilibrium unemployment, job flows and inflation dynamics. Working Paper Series, No. 304. European Central Bank.

Trigrary, A. (2006) The role of search frictions and bargaining in inflation dynamics. Working Papers, No. 304, IGIER (Innocenzo Gasparini Institute for Economic Research), Bocconi University.

Trigrary, A. (2009) Equilibrium unemployment, job flows, and inflation dynamics. *Journal of Money, Credit and Banking*, Vol. 41 (1), pp.1-33.

Walsh, C. (2002) "Monetary Theory and Policy" The MIT Press, London. 633 p.

Walsh, C. (2003). Labor market and monetary shocks". En: Altug, S. Shadja, J. Nolan, C. "Elements of Macroeconomic Analysis". Cambridge University Press, Cambridge, pp. 451-486.

Walsh, C. (2005). Labor market search, sticky prices, and interest rates policy. *Review of Economics Dynamics*. No. 8. P. 829-849.