Universidad Zaragoza

1542

Trabajo Fin de Máster

Crecimiento e inflación de largo plazo en un modelo neokeynesiano de economía abierta

Autor

Javier Sorribas Ruiz

Director

Marcos Sanso Frago

Facultad de Economía y Empresa

2015-2016

Crecimiento e inflación de largo plazo en un modelo neokeynesiano de economía abierta

Autor
Javier Sorribas Ruiz

Director
Marcos Sanso Frago

Modalidad

Trabajos de investigación dirigidos en los que el estudiante realice una contribución relacionada con alguno de los ámbitos de la titulación, Art. 4 e) del Acuerdo de 10 de julio de 2013 de la Junta de la Facultad de Economía y Empresa de la Universidad de Zaragoza por el que se aprueba la normativa para la elaboración del Trabajo fin de Grado y Máster de la Facultad de Economía y Empresa de la Universidad de Zaragoza.

Resumen

Se plantea un modelo neokeynesiano de economía abierta con crecimiento endógeno, inspirado en el modelo de Hayashi (1982) con costes de ajuste, en el que se analiza el comportamiento de largo plazo. Se analiza primero el caso de flexibilidad de precios para dos y tres economías en el que se comprueba, en simulaciones correspondientes a datos anuales, que si son economías idénticas acaban creciendo igual a largo plazo sin que exista comercio entre ellas y sin flujos internacionales de deuda y se concluye cómo cambia esa circunstancia al diferir en sus características representadas por los distintos parámetros. Ello sirve para obtener una perspectiva bastante completa de las implicaciones del modelo, del que no existe antecedente integrando todos los elementos considerados. A continuación, se introduce la posibilidad de que existan rigideces de precios y/o salarios, con la intención de determinar la relación entre inflación y crecimiento en el largo plazo. Lo que se determina para simulaciones correspondientes a datos trimestrales es que la flexibilidad de precios y salarios implica la neutralidad a largo plazo de la política monetaria, tal y como hoy se entiende, puesto que inflación y crecimiento son independientes. Si existe rigidez sólo en precios las desviaciones de la neutralidad son mínimas, pero cuando la rigidez está en los salarios (con o sin rigidez de precios) se produce claramente la no neutralidad. Las conclusiones de la no neutralidad son que el crecimiento alcanzable es

sensiblemente menor (tanto menor cuanto mayor es la rigidez) que el de flexibilidad de precios y que el máximo crecimiento se logra con inflación negativa, en línea con conclusiones previas para economía cerrada. El último resultado que se obtiene es que si los países tienen tipo distintos de rigideces las políticas monetarias no son independientes en el largo plazo.

Abstract

This final project presents an Open-Economy New Keynesian model with endogenous growth, inspired by Hayashi's (1982) model with adjustment costs, in order to observe its long term behaviour. First, we analyse the case of two and three economies with flexible prices, where in we test, using simulations with annual data, that if they are economies with indistinct characteristics, they would end up growing on the same scale long term without any trade or debts between them, and we conclude how the situation changes if their characteristics represented by different parameters are differed. Its objective is to obtain a complete perspective of the possible implications of the model, integrating all of the considered elements. Then, we introduce the possibility of the existence of prices and/or wage rigidities, with a goal to determine the relationship between inflation and long term growth. The corresponding simulations using trimestral data states that price and wage flexibility lead to the long term neutrality of the monetary policy, as it is generally understood these days, because growth and inflation are independent from one another. If there's only price rigidity, deviations from neutrality are minimal, however, when wages are rigid (with or without price rigidities), non-neutrality arises. Non-neutrality is the cause when feasible growth is significantly lower (much lesser when rigidity is higher) than growth with price flexibility and maximum growth is achieved with a negative level of inflation, in line with previous conclusions for a closed economy. The last result that we obtain is that when countries have different types of rigidities, monetary policies are not independent in the long run.

Índice

1. Introducción

Cuando se aborda la aparentemente inmediata tarea de extender el modelo de Ramsey a una economía abierta con crecimiento exógeno, permitiendo que los países presten y pidan prestado entre ellos, las cosas no son tan sencillas como podría pensarse. Esta extensión lleva, por el contrario, a algunos resultados contrafactuales como que la velocidad de convergencia del output y el capital es infinita y, excepto para el país más paciente, el consumo por unidad efectiva de trabajo tiende a cero para el resto de países siendo negativos sus activos. El país más paciente llega a poseer toda la riqueza (capital y préstamos) y consume casi todo el output mundial. Varias alternativas se pueden adoptar para eliminar estos paradójicos resultados. Con mercados de crédito internacional imperfectos no se cumpliría la velocidad infinita de convergencia para los países con restricción en su capacidad de pedir prestado, admitiendo la existencia de capital humano y físico como en Kremer y Thomson (1998). Además, sus activos se mantienen positivos y su consumo efectivo no tiende a cero. Todos los países menos uno, el más paciente, experimentan restricciones en su capacidad de pedir prestado.

Otra solución es suponer horizonte finito para los individuos. Con un planteamiento acorde al conocido como de juventud perpetua de Blanchard (1985) la tasa de descuento de los países varía, porque van cambiando los individuos a lo largo del tiempo, pero no la de cada individuo. Con ello no se produce la acumulación de toda la riqueza por parte del país más paciente y los demás consumen una magnitud finita en términos efectivos.

Si se mezclan los dos aspectos anteriores aparecen dos grupos de países, uno no restringido en su capacidad para endeudarse y el otro que sí lo está. El aspecto menos atractivo de esta solución es que la velocidad de convergencia de los países sin racionamiento de crédito es infinita.

Un análisis de todo este planteamiento en torno a la representación del comportamiento en un contexto de economía abierta con crecimiento exógeno se lleva a cabo en Barro y Sala-i-Martín (2009). No pueden concluir los autores, a partir de dicho análisis, que exista una forma totalmente satisfactoria de aplicar el modelo de Ramsey con ese tipo de crecimiento a una economía abierta, a pesar de que estas soluciones se acercan a la deseable. A pesar de esta conclusión, los autores no intentan como consecuencia integrar el crecimiento endógeno, al que está dedicado su libro, en un esquema de economía abierta que pudiese resolver los problemas que apuntan y mejorar las soluciones que proponen para el caso de crecimiento exógeno.

Otra alternativa para poder generalizar el marco del modelo de Ramsey a una economía abierta sin que aparezcan este tipo de resultados contrafactuales es representar una economía mundial formada por países con una misma tasa de descuento intertemporal, que sería el tipo de interés internacional, en la que existen costes de ajuste en la inversión. Lo que se obtiene como contrapartida de un supuesto tan restringido es que entonces es posible representar la dinámica de la economía abierta de cada país en la que se caracteriza el equilibrio estacionario en el que es posible la existencia de unos países con superávit corriente y otros con déficit, con la contrapartida de que los primeros serán los prestatarios de los segundos y tendrán una deuda estacionaria. Este planteamiento se lleva a cabo en Hayashi (1982) y su limitación es que no introduce crecimiento, ni siquiera exógeno, de manera que el equilibrio estacionario de las economías se produce para magnitudes constantes, tanto internas como externas.

En este trabajo fin de máster se plantea avanzar en la integración del crecimiento endógeno en el planteamiento de economía abierta y conseguir representaciones dinámicas del comportamiento de las variables económicas en las que no se produzcan los problemas que aparecen con crecimiento exógeno y que son sintetizados en Barro y Sala-i-Martín (2009).

Los elementos básicos sobre los que se construye el planteamiento utilizado son dos. Por una parte, los centrales de Hayashi (1982), que son la homogeneidad del único bien en todas las economías, sin diferencia entre bienes comerciados y no comerciados, y la existencia de costes de ajuste en la inversión. Por otra parte, los elementos centrales de los modelos neokeynesianos que introducen la decisión de oferta de trabajo y la rigidez de precios y salarios.

Sin embargo, no se adoptan otros elementos de estos dos planteamientos en aras de potenciar la capacidad explicativa de los resultados alcanzados. En el caso del modelo de Hayashi se generaliza lo referente a la tasa de descuento intertemporal y el tipo de interés internacional, que puede tomar cualquier valor y ser diferente entre países. En el caso de los modelos neokeynesianos de economía abierta no se adopta la hipótesis de la existencia de dos tipos de bienes, comerciados y no comerciados, así como la diferenciación del bien final. En realidad, estos modelos profundizan en estos aspectos en tanto en cuanto no se plantean la existencia de crecimiento. Son modelos fundamentalmente de corto plazo. Tres referencias fundamentales en este enfoque son Smets y Wouters (2003), Gali y Monacelli (2005) y Marcellino y Rychalovska (2012).

Junto con estos dos aspectos se añade crecimiento endógeno como consecuencia de la existencia de una externalidad en el capital físico, acorde con Romer (1986). Con estos tres elementos y resolviendo los requisitos que son necesarios para cerrar la existencia de equilibrio estacionario se llegan a obtener resultados claros en el largo plazo, que es lo único que se pretende. En estos resultados no tienen que cumplirse las restricciones del modelo de Hayashi (1982) y se reflejan informaciones interesantes en los comportamientos de las economías en el largo plazo como consecuencia del contexto internacional.

El trabajo está organizado de la siguiente manera. La Sección 2 plantea el modelo con flexibilidad de precios y salarios para dos y tres economías, introduciendo las relaciones entre los distintos agentes económicos, el equilibrio estacionario y los resultados de las variaciones individuales de los parámetros en una de las economías. La Sección 3 presenta el modelo introduciendo rigideces de precios y salarios, y lo evalúa numéricamente para dos economías con el objetivo de ver el efecto de la política monetaria sobre el crecimiento económico. El trabajo termina con una Sección 4 que extrae las principales conclusiones.

2. Modelo DSGE de economía abierta con crecimiento endógeno y flexibilidad en precios y salarios

En el modelo con flexibilidad en precios y salarios son cuatro los tipos de agentes que están presentes en la economía: hogares, productores de bienes finales, productores de capital y el banco central.

2.1. Hogares

Los hogares ofrecen trabajo a los productores de bienes finales, consumen los bienes finales y adquieren bonos emitidos por el banco central. Se asume que los hogares maximizan su función de utilidad intertemporal esperada, que recoge las preferencias de los consumidores y toma la forma:

$$\max_{\{C_t, L_t, B_t\}} E_0 \left[\sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left(\log C_t - \frac{1}{1+v} L_t^{1+v} \right) \right] \tag{2.1}$$

donde $\beta \in (0,1)$ es el factor de descuento, C_t es el consumo, $v > 0$, y L_t denota la oferta de trabajo agregada.

La restricción presupuestaria, a la que están sujetos los hogares, refleja que el valor presente del gasto debe ser igual al valor de ingresos y activos iniciales:

$$C_t + \frac{B_t}{P_t R_t^{st}} = \frac{B_{t-1}}{P_t} + \Gamma_t + \frac{W_t}{P_t} L_t \tag{2.2}$$

donde B_t es el valor nominal del stock de bonos, R_t^{st} el tipo de interés nominal bruto, Γ_t los beneficios reales de los productores de bienes finales, W_t el salario nominal y P_t el precio del bien final.

Además, se considera la condición NPG para evitar esquemas Ponzi:

$$\lim_{T\to\infty} E_t(B_t) \geq 0 \tag{2.3}$$

Resolviendo el problema de maximización de la utilidad de los hogares se obtienen las siguientes condiciones de primer orden:

$$\frac{\beta^t}{C_t} = \lambda_t \tag{2.4}$$

$$\frac{W_t}{L_t^v P_t} = C_t \tag{2.5}$$

$$\beta E_t \left[\frac{C_t}{C_{t+1}} \frac{R_t^{st}}{\Pi_{t+1}} \right] = 1 \tag{2.6}$$

donde λ_t el multiplicador de Lagrange correspondiente a la restricción presupuestaria (utilidad marginal de la riqueza) y Π_{t+1} el cociente P_{t+1}/P_t.

2.2. Productores de bienes finales

Los productores de bienes finales compran capital de los productores de capital, contratan trabajo de los hogares, producen bienes finales y operan bajo un marco competitivo. Cada productor está indexado por $j \in [0, 1]$.

La función de producción de cada productor de bienes finales j es de tipo Cobb-Douglas y toma la forma:

$$Y_{jt} = K_{jt}^{\alpha} \left[K_t L_{jt} \right]^{1-\alpha} \tag{2.7}$$

Esta función de producción (Romer, 1986) genera crecimiento económico a través de la externalidad que representa el stock de conocimiento de la economía K_t, que es resultado de la acumulación de capital de toda la economía:

$$K_t = \int_0^1 K_{jt}\, dj \tag{2.8}$$

El objetivo del productor de bienes finales j es maximizar sus beneficios:

$$\max_{L_{jt}} F_{Y_{jt}} = P_t K_{jt}^{\alpha} [K_t L_{jt}]^{1-\alpha} - W_t L_{jt} - r_t^Q Q_t K_{jt} + (Q_{t+1} - \delta) K_{jt} \tag{2.9}$$

donde r_t^Qes la rentabilidad del capital, Q_t es el precio del capital en t y δ es la tasa de depreciación de capital.

De la solución del problema de maximización se obtiene la función de demanda de trabajo, común para todos los productores de bienes finales:

$$L_{jt} = \frac{(1-\alpha)Y_{jt}}{\frac{W_t}{P_t}} \tag{2.10}$$

Consecuentemente, agregando las funciones de producción de todos los productores finales, asumiendo que son idénticas y tienen la misma ratio trabajo-capital, se tiene la siguiente expresión del output:

$$Y_t = K_t L_t^{1-\alpha} \tag{2.11}$$

La función de oferta de trabajo se deriva de la maximización de la utilidad sujeta a la restricción presupuestaria, que se ha obtenido en (2.5):

$$L_t = \left[\frac{W_t}{P_t C_t}\right]^{\frac{1}{v}} \tag{2.12}$$

Agregando las funciones de demanda de trabajo de todos los productores finales e igualando la oferta de trabajo, el valor del salario real es:

$$\frac{W_t}{P_t} = \left[(1-\alpha) Y_t C_t^{\frac{1}{v}}\right]^{\frac{1}{\frac{1}{v}+1}} \tag{2.13}$$

Del problema de maximización de los beneficios, se puede obtener el coste del uso del capital, común para todos los productores:

$$r_t^Q = \frac{\alpha P_t \frac{Y_{jt}}{K_{jt}} + (Q_{t+1} - \delta)}{Q_t} \tag{2.14}$$

Por último, dado la ausencia de fricciones financieras, se tiene que:

$$r_t^Q = R \tag{2.15}$$

2.3. Productores de capital

Los productores de capital se comportan de acuerdo a una función de inversión que incluye costes de ajuste y venden la producción a los productores de bienes finales.

Las relaciones del proceso de acumulación de capital son:

$$K_{t+1} = K_t + I_t^n \tag{2.16}$$

$$I_t = I_t^n \left[1 + f\left(\frac{I_t^n}{K_t}\right)\right] \tag{2.17}$$

$$g_t = \frac{K_{t+1}}{K_t} = 1 + \frac{I_t^n}{K_t} \tag{2.18}$$

donde I_t^n es la inversión neta y $f\left(\frac{I_t^n}{K_t}\right)$ es el coste de ajuste. La función de coste de ajuste implica que el ahorro no puede añadirse al stock de capital sin coste; necesitando $i[1 + f(\cdot)]$ unidades de output para incrementar el stock de capital en i unidades.

El objetivo es determinar el precio del capital nuevo que maximiza el valor de la inversión inicial. El problema de decisión de inversión es común para todos los productores de capital:

$$\max_{I_t} E_o \left\{ \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left[Q_t I_t^n - \left(I_t^n + f\left(\frac{I_t^n}{K_t}\right) I_t^n \right) \right] \right\} \tag{2.19}$$

De la C.P.O. se obtiene el precio del capital nuevo:

$$Q_t = 1 + f\left(\frac{I_t^n}{K_t}\right) + \frac{I_t^n}{K_t} f'\left(\frac{I_t^n}{K_t}\right) \tag{2.20}$$

Se asume que la forma funcional del coste de ajuste es:

$$f\left(\frac{I_t^n}{K_t}\right) = \frac{\varsigma}{2}\left(\frac{I_t^n}{K_t} - \frac{I^n}{K}\right)^2 \tag{2.21}$$

donde $\varsigma > 0$, $\frac{I^n}{K}$ es la ratio inversión-capital en el equilibrio estacionario y $f\left(\frac{I^n}{K}\right) = f'\left(\frac{I^n}{K}\right) = 0$. De este modo, $Q = 1$ en el equilibrio estacionario.

2.4. Banco central

Por último, el banco central se encarga de implementar la política monetaria mediante la modificación de los tipos de interés nominales de corto plazo siguiendo una regla de Taylor del tipo:

$$R_t^{st} = R\Pi\left(\frac{\Pi_t}{\Pi}\right)^{\phi_\pi} \tag{2.22}$$

donde R es el tipo de interés real de equilibrio estacionario, Π es el objetivo de inflación bruta de equilibrio estacionario y ϕ_π es un parámetro que mide la reacción del banco central a las desviaciones de la inflación respecto del objetivo (valor de equilibrio estacionario).

Finalmente, la relación entre el tipo de interés real y nominal sigue la ecuación de Fisher:

$$R_t^{st} = R_t E_t \Pi_{t+1} \tag{2.23}$$

2.5. Condiciones de equilibrio y sector exterior

El equilibrio agregado de la economía se define como:

$$Y_t = C_t + I_t + NX_t \tag{2.24}$$

donde NX_t son las exportaciones netas y se asume, por simplicidad, que no hay gasto público. Si se eliminara NX_t, con la condición de equilibrio (2.24) se estaría ante un modelo completo de economía cerrada. La variable NX_t es el enlace de la economía con el resto del mundo. A continuación, se desarrollan dos casos: el primero considerando dos economías (una economía y el resto del mundo) y el segundo donde se definen las relaciones para tres economías.

2.5.1. Dos economías

Si se asumen dos economías, en adelante "nación" y "resto del mundo" (reflejado en las ecuaciones de la segunda con un superíndice asterisco [*]), se tiene necesariamente que las exportaciones netas de la nación son igual a las exportaciones netas del resto del mundo con signo contrario:

$$NX_t = -NX_t^* \tag{2.25}$$

Lo mismo ocurrirá con la deuda. Si, por ejemplo, la nación tiene un déficit por cuenta corriente, necesariamente el resto del mundo tendrá un superávit, por lo que la relación entre las deudas será:

$$B_t = -B_t^* \tag{2.26}$$

El valor de la deuda de la nación en t se define como la diferencia entre el valor de la deuda en $t-1$ más intereses menos las exportaciones netas en t. La dinámica de la deuda queda expresada por la ecuación:

$$B_t = R_t^i B_{t-1} - NX_t \tag{2.27}$$

donde R_t^i es el tipo de interés adecuado atendiendo al signo de la deuda. Si la nación presta al resto del mundo, el tipo de interés a pagar por el resto del mundo será el de la nación y viceversa. De este modo:

$$R_t^i = \begin{cases} R_t, & B_t > 0 \\ R_t^*, & B_t < 0 \end{cases} \tag{2.28}$$

El equilibrio general en t para el modelo con dos economías queda determinado por las ecuaciones (2.6), (2.10), (2.11), (2.14), (2.15), (2.16), (2.17), (2.20), (2.22), (2.23), (2.24) y (2.27) con sus equivalentes para el resto del mundo, junto con las relaciones (2.25), (2.26) y el condicional (2.28). Las variables endógenas son K_t, I_t^n, I_t, r_t^q, R_t, Q_t, Y_t, L_t, C_t, R_t^{st}, W_t, NX_t, B_t con sus equivalentes para el resto del mundo y el condicional R_t^i. Se asume que $P_t = P_t^* = 1$, de modo que el sistema está completo y la solución puede ser determinada.

2.5.2. Tres economías

Si se extiende el modelo a tres economías, las relaciones son más numerosas. En adelante se representa cada economía en las ecuaciones con los superíndices "A", "B" y "C".

Asumiendo tres economías, las exportaciones netas de la nación "A" serán la suma de las exportaciones netas de "A" con "B" y de las exportaciones netas de "A" con "C":

$$NX_t^A = NX_t^{AB} + NX_t^{AC} \tag{2.29}$$

Del mismo modo ocurrirá con las naciones "B" y "C", pero teniendo en cuenta que $NX_t^{BA} = -NX_t^{AB}$, $NX_t^{CA} = -NX_t^{AC}$ y $NX_t^{CB} = -NX_t^{BC}$, se definen:

$$NX_t^B = -NX_t^{AB} + NX_t^{BC} \tag{2.30}$$

$$NX_t^C = -NX_t^{AC} - NX_t^{BC} \tag{2.31}$$

Así, la agregación de las exportaciones netas de las tres economías es igual a cero. El mismo razonamiento siguen las relaciones para la deuda de cada país:

$$B_t^A = B_t^{AB} + B_t^{AC} \tag{2.32}$$

$$B_t^B = -B_t^{AC} + B_t^{BC} \tag{2.33}$$

$$B_t^C = -B_t^{AC} - B_t^{BC} \tag{2.34}$$

teniendo en cuenta que:

$$B_t^{AB} + B_t^{AC} + B_t^{BC} = 0 \tag{2.35}$$

Nuevamente, se define el valor de la deuda en t como la diferencia entre el valor de la deuda en $t-1$ más intereses menos las exportaciones netas en t. En este caso se tienen tres relaciones para definir las dinámicas de B_t^{AB}, B_t^{AC} y B_t^{BC}:

$$B_t^{AB} = R_t^{AB} B_{t-1}^{AB} - NX^{AB} \tag{2.36}$$

$$B_t^{AC} = R_t^{AC} B_{t-1}^{AC} - NX^{AC} \tag{2.37}$$

$$B_t^{BC} = R_t^{BC} B_{t-1}^{BC} - NX^{BC} \tag{2.38}$$

donde R_t^{AB}, R_t^{AC} y R_t^{BC} son el tipo de interés adecuado atendiendo al signo de la deuda entre las economías:

$$R_t^{AB} = \begin{cases} R_t^A, & B_t^{AB} > 0 \\ R_t^B, & B_t^{AB} < 0 \end{cases} \tag{2.39}$$

$$R_t^{AC} = \begin{cases} R_t^A, & B_t^{AC} > 0 \\ R_t^C, & B_t^{AC} < 0 \end{cases} \tag{2.40}$$

$$R_t^{BC} = \begin{cases} R_t^B, & B_t^{BC} > 0 \\ R_t^C, & B_t^{BC} < 0 \end{cases} \tag{2.41}$$

El equilibrio general en t para el modelo con tres economías queda determinado por las ecuaciones (2.6), (2.10), (2.11), (2.14), (2.15), (2.16), (2.17), (2.20), (2.22), (2.23) y (2.24) correspondientes a las tres economías junto con las relaciones (2.29) a (2.41). Las variables endógenas son K_t, I_t^n, I_t, r_t^q, R_t, Q_t, Y_t, L_t, C_t, R_t^{st}, W_t, NX_t, B_t de las tres economías, NX_t^{AB}, NX_t^{AC}, NX_t^{BC}, B_t^{AB}, B_t^{AC}, B_t^{BC}, R_t^{AB}, R_t^{AC} y R_t^{BC}. Nuevamente se asume que $P_t^A = P_t^B = P_t^B = 1$.

2.6. Equilibrio estacionario

El objetivo es analizar el comportamiento del modelo en el largo plazo, motivo por el que es necesario definir el equilibrio estacionario y el sistema de ecuaciones que determinará el valor de las variables endógenas. Puesto que, al incluir crecimiento económico en la función de producción, el modelo incluye variables que crecen en el equilibrio estacionario, primero debe normalizarse el modelo. Como el crecimiento económico está representado por la tasa de crecimiento bruta del capital $g_{t+1} = \frac{K_{t+1}}{K_t}\left(= \frac{Y_{t+1}}{Y_t}\right)$, la normalización de todas las variables que crecen debe realizarse dividiendo por el stock de capital.

Debido a que se considera más de una nación, para normalizar el modelo a través del stock de capital es necesario definir variables que establezcan las relaciones entre el stock de capital de cada nación. Así pues, para dos naciones se define una variable adicional $l_t = \frac{K_t^*}{K_t}$ y para tres naciones serán necesarias dos variables, $l_t^{BA} = \frac{K_t^B}{K_t^A}$ y $l_t^{CA} = \frac{K_t^C}{K_t^A}$. Además, una *condición necesaria de existencia de equilibrio estacionario* al considerar más de una economía es que las tasas de crecimiento de las naciones sean iguales.

Para dos economías, el sistema de ecuaciones normalizadas evaluadas en el equilibrio estacionario será:

$$g = 1 + I^{n,k} \tag{2.42}$$

$$I^k = I^{n,k} + \delta \tag{2.43}$$

$$r^q = \alpha Y^k + 1 - \delta \tag{2.44}$$

$$r^q = R \tag{2.45}$$

$$L^{1-\alpha} = Y^k \tag{2.46}$$

$$Y^k = C^k + I^k + NX^k \tag{2.47}$$

$$\beta \frac{R^{st}}{g\Pi} = 1 \tag{2.48}$$

$$R^{st} = R\Pi \tag{2.49}$$

$$L = \frac{(1-\alpha)Y^k}{\mathrm{W^k}} \tag{2.50}$$

$$W^k = \left[(1-\alpha)Y^k (C^k)^{\frac{1}{v}}\right]^{\frac{1}{\frac{1}{v}+1}} \tag{2.51}$$

$$NX^k = -\frac{NX^{k^*}}{l} \tag{2.52}$$

$$B^k = -\frac{B^{k^*}}{l} \tag{2.53}$$

$$R^i = \frac{1}{2}[(R^* - R)\ sgn(B) + (R^* + R)] \tag{2.54}$$

$$B^k = R^i B^k \frac{1}{g} - NX^k \tag{2.55}$$

$$B^{k^*} = R^i B^{k^*} \frac{1}{g^*} - NX^{k^*} \tag{2.56}$$

$$g = g^* \tag{2.57}$$

donde las variables con superíndice k son las variables normalizadas por el stock de capital. Las ecuaciones (2.42) a (2.51) deben considerarse tanto para la nación como para el resto del mundo. La ecuación (2.54) equivale a (2.28) puesto que, cuando el valor de la deuda es cero, el valor que tome R^i ya no es relevante.

Para el caso con tres economías, se mantienen las ecuaciones (2.42) a (2.51), que deben considerarse ahora para las economías "A", "B" y "C", mientras que las relaciones equivalentes a las ecuaciones (2.52) a (2.57) serán:

$$NX^{A,k} = NX^{AB,k} + NX^{AC,k} \tag{2.58}$$

$$NX^{B,k} = -NX^{AB,k} \frac{1}{l^{BA}} + NX^{BC,k} \tag{2.59}$$

$$NX^{C,k} = -NX^{AB,k} \frac{1}{l^{CA}} - NX^{BC,k} \frac{l^{BA}}{l^{CA}} \tag{2.60}$$

$$B^{A,k} = B^{AB,k} + B^{AC,k} \tag{2.61}$$

$$B^{B,k} = -B^{AB,k} \frac{1}{l^{BA}} + B^{BC,k} \tag{2.62}$$

$$B^{C,k} = -B^{AB,k} \frac{1}{l^{CA}} - B^{BC,k} \frac{l^{BA}}{l^{CA}} \tag{2.63}$$

$$R^{AB} = \frac{1}{2}[(R^A - R^B)\ sgn(B^{AB}) + (R^A + R^B)] \tag{2.64}$$

$$R^{AC} = \frac{1}{2}[(R^A - R^C)\ sgn(B^{AC}) + (R^A + R^C)] \tag{2.65}$$

$$R^{BC} = \frac{1}{2}[(R^{B} - R^{C})\ sgn(B^{BC}) + (R^{B} + R^{C})] \tag{2.66}$$

$$B^{AB,k} = R^{AB} B^{AB,k} \frac{1}{g^{A}} - NX^{AB,k} \tag{2.67}$$

$$B^{AC,k} = R^{AC} B^{AC,k} \frac{1}{g^{A}} - NX^{AC,k} \tag{2.68}$$

$$B^{BC,k} = R^{BC} B^{BC,k} \frac{1}{g^{B}} - NX^{BC,k} \tag{2.69}$$

$$B^{AB,k} + B^{AC,k} + B^{BC,k} l^{BA} = 0 \tag{2.70}$$

$$g^{A} = g^{B} \tag{2.71}$$

$$g^{B} = g^{C} \tag{2.72}$$

2.7. Calibración del modelo y simulación de resultados

En esta sección se resuelve el equilibrio estacionario para dos y tres economías. La calibración del modelo se hace de tal modo que se parte de una situación donde las economías tienen unos valores idénticos de los parámetros. Posteriormente, cada uno de estos parámetros es modificado individualmente de forma que cada economía tenga un valor ligeramente distinto para concluir las principales implicaciones que estas modificaciones tienen sobre las variables endógenas en el equilibrio estacionario. Se comienza analizando la situación con dos economías y, seguidamente, se procede a estudiar el modelo con tres, destacando los elementos específicos de considerar una economía adicional.

2.7.1. Dos economías: equilibrio estacionario y efectos de los parámetros estructurales

Esta sección recoge las principales conclusiones para el caso en el que se consideran dos economías. La Tabla 2.1 muestra los valores de los parámetros que se han asignado en ambas economías. Estos valores de los parámetros son comunes en las simulaciones de modelos DSGE en artículos publicados en las revistas especializadas.

Tabla 2.1. Valores de los parámetros

Parámetro	Definición	Valor
$\boldsymbol{\delta}$	Tasa de depreciación del capital	0,2
$\boldsymbol{\alpha}$	Parámetro de tecnología del capital	0,3
$\boldsymbol{\beta}$	Factor de descuento	0,95
$\boldsymbol{\nu}$	Parámetro de preferencias	1,5

Equilibrio estacionario

Las simulaciones se llevan a cabo por medio de Dynare, que es el paquete de programas más utilizado en las simulaciones de modelos DSGE. En la Tabla 2.2 se presenta el programa que permite obtener los resultados que se comentan a continuación.

Tabla 2.2. Fichero input de Dynare, dos economías

```
/* ECONOMÍA ABIERTA CON CRECIMIENTO ENDÓGENO (DOS ECONOMÍAS) */

var g In I rq R Q Y L C Rst W NX B g_rm In_rm I_rm rq_rm R_rm Q_rm
Y_rm L_rm C_rm Rst_rm W_rm NX_rm B_rm Ri l;

varexo pi  pi_rm;

parameters del sig alp bet nu del_rm sig_rm alp_rm bet_rm nu_rm;
del    = 0.2;
sig    = 1;
alp    = 0.3;
bet    = 0.95;
nu     = 1.5;
del_rm = 0.2;
sig_rm = 1;
alp_rm = 0.3;
bet_rm = 0.95;
nu_rm  = 1.5;

model;
  g=1+In;
  In=I-del;
  Q=1+((sig/2)*((In-0.0389)^2))+In*sig*(In-0.0389);
  rq=R;
  rq=(alp*Y+Q-del)/Q(-1);
  L^(1-alp)=Y;
  Y=C+I+NX;
  bet*(C/C(+1))*(1/g(+1))*(Rst/pi(+1))=1;
  Rst=R*pi;
```

```
  L=((1-alp)*Y)/W;
  W=((1-alp)*Y*C^(1/nu))^(1/((1/nu)+1));
  g_rm=1+In_rm;
  I_rm=In_rm+del_rm;
  Q_rm=1+((sig/2)*((In_rm-0.0389)^2))+In_rm*sig_rm*(In_rm-0.0389);
  rq_rm=R_rm;
  rq_rm=(alp_rm*Y_rm+Q_rm-del_rm)/Q_rm(-1);
  L_rm^(1-alp_rm)=Y_rm;
  Y_rm=C_rm+I_rm+NX_rm;
  bet_rm*(C_rm/C_rm(+1))*(1/g_rm(+1))*(Rst_rm/pi_rm(+1))=1;
  Rst_rm=R_rm*pi_rm;
  L_rm=((1-alp_rm)*Y_rm)/W_rm;
  W_rm=((1-alp_rm)*Y_rm*C_rm^(1/nu_rm))^(1/((1/nu_rm)+1));
  Ri=(1/2)*((R_rm-R)*sign(B)+(R_rm+R));
  B=Ri*B(-1)*(1/g)-NX;
  g=g_rm;
  B_rm=Ri*B_rm(-1)*(1/g_rm)-NX_rm;
  B_rm=-(B/l);
  NX_rm=-(NX/l);
end;

initval;
  g      = 1.27;
  In     = 0.27;
  I      = 0.31;
  rq     = 1.29;
  R      = 1.29;
  Q      = 1;
  Y      = 0.97;
  L      = 0.96;
  C      = 0.8010;
  Rst    = 1.29;
  pi     = 1;
  W      = 0.66;
  NX     = 0;
  B      = 0;
  g_rm   = 1.27;
  In_rm  = 0.27;
  I_rm   = 0.31;
  rq_rm  = 1.2817;
  R_rm   = 1.2817;
  Q_rm   = 1;
  Y_rm   = 0.97;
  L_rm   = 0.96;
  C_rm   = 0.8010;
  Rst_rm = 1.2817;
  pi_rm  = 1;
  W_rm   = 0.66;
  NX_rm  = 0;
  B_rm   = 0;
  Ri     = 1.2817;
  l      = 1;
end;

steady(solve_algo=0,maxit=4000);
check;
```

En esta situación inicial, donde se tienen dos economías idénticas, se puede observar cómo las naciones no comercian en el equilibrio estacionario. A su vez, esto implica que el valor de la deuda en ambas economías es cero. Ambas naciones tienen iguales tipos de interés y stocks de capital, de modo que $l = 1$ en el equilibrio estacionario. En definitiva, cuando las economías son idénticas, el equilibrio estacionario sería equivalente al de considerar dos economías iguales cerradas al exterior por separado. La Tabla 2.3 recoge los valores de equilibrio estacionario para dos economías idénticas.

Tabla 2.3. Equilibrio Estacionario, dos economías idénticas

Variable	Nación	Resto del Mundo
$\boldsymbol{g}$	1,0389	1,0389
$\boldsymbol{I^n}$	0,0389	0,0389
$\boldsymbol{I}$	0,2389	0,2389
$\boldsymbol{r^q}$	1,0936	1,0936
$\boldsymbol{R}$	1,0936	1,0936
$\boldsymbol{Q}$	1	1
$\boldsymbol{Y}$	0,9787	0,9787
$\boldsymbol{L}$	0,9698	0,9698
$\boldsymbol{C}$	0,7398	0,7398
$\boldsymbol{R^{st}}$	1,0936	1,0936
$\boldsymbol{W}$	0,7065	0,7065
$\boldsymbol{NX}$	0	0
$\boldsymbol{B}$	0	0
$\boldsymbol{R^i}$	1,0936	
$\boldsymbol{l}$	1	

El modelo se ha calibrado para datos anuales. El crecimiento de equilibrio estacionario en ambas economías es de un 3,89% anual, que es el valor de la inversión neta pues el crecimiento económico está representado por la tasa de crecimiento bruta del capital. El tipo de interés de ambas naciones es un 9,36% anual, que es igual al coste del uso del capital ante la ausencia de fricciones financieras. El tipo de interés real es igual al nominal puesto que la inflación es 1. El producto por unidad de capital es 0,9787 en ambas naciones, donde el consumo por unidad capital es 0,7398 y la diferencia (0,2389) es la inversión bruta dado que, como ya se ha argumentado, cuando se calibra el modelo para dos economías idénticas, las exportaciones netas son 0.

A partir de esta situación, el interés se centra en las implicaciones que tiene la variación en una economía de alguno de los cuatro parámetros sobre el equilibrio estacionario de la economía global. Para ello, se realizan cuatro simulaciones donde se produce un descenso de cada parámetro, por separado, del resto del mundo. En la primera simulación, la tasa de depreciación desciende a $\delta^* = 0.18$. En la segunda, el parámetro que recoge la tecnología del capital del resto del mundo desciende a $\alpha^* = 0.28$. En la tercera, el descenso se produce en el factor de descuento, que pasa a valer $\beta^* = 0.93$. Por último, el parámetro de preferencias desciende hasta $\nu^* = 1.4$ en la cuarta simulación. La Tabla 2.4 recoge las variaciones de cada variable endógena en el equilibrio estacionario con respecto a la situación presentada en la Tabla 2.3, donde las dos economías son idénticas.

Tabla 2.4. Variaciones en el Equilibrio Estacionario, dos economías

	$\boldsymbol{\delta = 0,20}$ $\boldsymbol{\delta^* = 0,18}$		$\boldsymbol{\alpha = 0,30}$ $\boldsymbol{\alpha^* = 0,28}$		$\boldsymbol{\beta = 0,95}$ $\boldsymbol{\beta^* = 0,93}$		$\boldsymbol{\nu = 1,5}$ $\boldsymbol{\nu^* = 1,4}$	
Var.	**ΔN**	**ΔRM**	**ΔN**	**ΔRM**	**ΔN**	**ΔRM**	**ΔN**	**ΔRM**
$\boldsymbol{g}$	0,0098	0,0098	-0,0090	-0,0090	-0,0111	-0,0111	-0,0001	-0,0001
$\boldsymbol{I^n}$	0,0098	0,0098	-0,0090	-0,0090	-0,0111	-0,0111	-0,0001	-0,0001
$\boldsymbol{I}$	0,0098	-0,0102	-0,0090	-0,0090	-0,0111	-0,0111	-0,0001	-0,0001
$\boldsymbol{r^q}$	0,0103	0,0103	-0,0095	-0,0095	-0,0116	0,0116	-0,0001	-0,0001
$\boldsymbol{R}$	0,0103	0,0103	-0,0095	-0,0095	-0,0116	0,0116	-0,0001	-0,0001
$\boldsymbol{Q}$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
$\boldsymbol{Y}$	0,0344	-0,0322	-0,0316	0,0361	-0,0388	0,0387	-0,0004	-0,0004
$\boldsymbol{L}$	0,0491	-0,0453	-0,0444	0,0509	-0,0545	0,0553	-0,0006	-0,0006
$\boldsymbol{C}$	-0,0629	0,0665	0,0651	-0,0455	0,0812	-0,0703	0,0008	-0,0015
$\boldsymbol{R^{st}}$	0,0103	0,0103	-0,0095	-0,0095	-0,0116	0,0116	-0,0001	-0,0001
$\boldsymbol{W}$	-0,0104	0,0102	0,0100	0,0094	0,0124	-0,0117	0,0001	0,0001
$\boldsymbol{NX}$	0,0876	-0,0886	-0,0877	0,0905	-0,1089	0,1201	-0,0012	0,0012
$\boldsymbol{B}$	1,6636	-1,6829	-1,6663	1,7201	-2,0694	2,2813	-0,0220	0,0220
$\boldsymbol{R^i}$	0,0103		-0,0095		-0,0116		-0,0001	
$\boldsymbol{l}$	-0,0115		-0,0313		-0,0929		0	

Efectos de δ

Una reducción de la tasa de depreciación δ^*, produce un incremento de la inversión neta que lleva a un aumento de la tasa de crecimiento en las dos economías, debido a la condición de existencia de equilibrio estacionario $g = g^*$. Se produce un aumento en el tipo de interés, que toma el mismo valor para las dos naciones debido a los movimientos en el producto por unidad de capital. El producto por unidad de capital disminuye en la economía que tiene una menor tasa de depreciación y aumenta en la que conserva el valor inicial. Una reducción del parámetro δ^* lleva a un incremento en el coste del uso del capital, pero la magnitud de la variación del producto acaba compensando ese movimiento y se produce una subida en el coste del uso del capital y, por tanto, ante la ausencia de fricciones financieras, también del tipo de interés. Con el empleo sucede lo mismo que con el producto, pues una bajada (subida) del producto por unidad de capital llevará necesariamente a una menor (mayor) demanda de trabajo. En cuanto al consumo relativo al capital, los movimientos se producen en el sentido contrario: un incremento en la economía con menor tasa de depreciación y un decremento en la que conserva el valor más elevado. La función de oferta de trabajo refleja estos movimientos: un mayor (menor) valor de L lleva a un menor (mayor) valor de C. El salario real de la economía con menor tasa de depreciación aumenta mientras que disminuye en la que conserva el valor inicial del parámetro. Este efecto es consecuencia del equilibrio en el mercado de trabajo, donde se determina el salario igualando la oferta y la demanda de trabajo. Los movimientos en el consumo son de una mayor magnitud que los de la producción, de modo que las variaciones en el salario terminan yendo en la misma dirección que el consumo. Se produce un incremento en las exportaciones netas de la economía con mayor depreciación y, consecuentemente, se producen los movimientos en la deuda. Por último, la reducción en l implica que el stock de capital de la economía con menor delta es menor en el equilibrio estacionario.

Efectos de $\boldsymbol{\alpha}$

La reducción del parámetro de tecnología del capital α^* incrementa el producto por unidad de capital de la economía con menor valor y disminuye en la economía que conserva el valor del parámetro más elevado. Esto es así porque un valor más reducido de este parámetro hace a la economía más productiva por unidad de capital. Esto va acompañado de movimientos del empleo en la misma dirección, como ya se ha argumentado. Siguiendo el razonamiento anterior, el consumo aumenta en la economía con mayor valor del parámetro, mientras que se reduce en la que lo tiene menor. Estas variaciones determinan los movimientos en el salario real, que incrementa en ambas economías, pero más en la que tiene un mayor α. Los movimientos en α e Y llevan a una reducción del coste del uso del capital en ambas economías y, por tanto, una disminución en el tipo de interés en la misma cuantía. De este modo, la inversión se reduce y el crecimiento de las dos economías disminuye. Se produce un incremento de las exportaciones netas en la economía más productiva y una reducción en la menos productiva. Como consecuencia de estos movimientos, se producen los movimientos de la deuda en la misma dirección. Finalmente, el stock de capital de la economía más productiva es menor.

Efectos de $\boldsymbol{\beta}$

Un menor valor del factor de descuento β^* reduce la utilidad del consumo. De este modo, el consumo relativo al capital aumenta en la economía con mayor descuento mientras que se reduce en la que lo tiene menor. La reducción del consumo lleva a una disminución del salario real en la economía con menor descuento, mientras que lo contrario sucede con la que conserva el mayor descuento. Un menor (mayor) salario lleva a un incremento (decremento) de la demanda de trabajo. Estos movimientos llevan a un incremento de la producción por unidad de capital en la economía con menor descuento y un decremento en la que conserva el mayor valor. Una producción superior (inferior) eleva (reduce) el coste del uso del capital en la economía con menor (mayor) parámetro de descuento y, por tanto, del tipo de interés. Este es el único caso en el que se tiene un tipo de interés de equilibrio estacionario distinto en cada nación. La media entre los dos tipos es aproximadamente el valor que se ha obtenido si las dos naciones tienen el mismo factor de descuento. La inversión disminuye en las dos economías y, a consecuencia, disminuye el crecimiento en ambas en la misma cuantía debido a la condición $g = g^*$. Aumentan las exportaciones netas en la economía con menor descuento y disminuyen en la que tiene mayor valor. El stock de capital de la economía con menos descuento termina siendo menor en el equilibrio estacionario.

Efectos de ν

Las variaciones resultantes del cambio en el parámetro ν^* son las de menor magnitud de las cuatro simulaciones que se han realizado. Una reducción de ν^* lleva a un ligero incremento del salario real. Éste a una reducción del empleo y, por tanto, de la producción. Con la caída del producto por unidad de capital se tiene una reducción del coste del uso del capital y, consecuentemente, una ligera disminución del tipo de interés, de la inversión y del crecimiento de ambas economías por la condición $g = g^*$, lo que implica una misma inversión neta en las dos economías y lleva a un mismo tipo de interés. El producto por unidad de capital disminuye en las dos economías en la misma magnitud, al igual que el empleo. El consumo relativo al capital aumenta ligeramente en la economía con mayor valor del parámetro mientras que se reduce en la otra economía. El salario se incrementa en las dos economías por igual. Aumentan las exportaciones netas en la economía con menor valor del parámetro mientras que aumentan en la economía que conserva el valor original. Por último, ambas economías terminan con un mismo nivel de stock de capital.

2.7.2. Tres economías: equilibrio estacionario y efecto de los parámetros estructurales

Equilibrio estacionario

Al igual que sucedía en el caso anterior, los valores de equilibrio estacionario que se obtienen para tres economías idénticas abiertas al exterior son equivalentes a los obtenidos considerando cada una de las tres economías por separado, cerradas al exterior. Utilizando los valores de los parámetros de la Tabla 2.1 para las tres economías se obtienen los mismos valores de equilibrio estacionario de las variables endógenas que pueden verse en la Tabla 2.2 a partir del programa que se presenta en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5. Fichero input de Dynare, tres economías

```
/* ECONOMÍA ABIERTA CON CRECIMIENTO ENDÓGENO (TRES ECONOMIAS) */

var g_a In_a I_a rq_a R_a Q_a Y_a L_a C_a Rst_a W_a
    g_b In_b I_b rq_b R_b Q_b Y_b L_b C_b Rst_b W_b
    g_c In_c I_c rq_c R_c Q_c Y_c L_c C_c Rst_c W_c
    NX_a NX_b NX_c
    NX_a_b NX_a_c NX_b_c
    R_a_b R_a_c R_b_c
    B_a B_b B_c
    B_a_b B_a_c B_b_c
    l_b_a l_c_a;

varexo pi_a
       pi_b
       pi_c;

parameters del_a sig_a alp_a bet_a nu_a
           del_b sig_b alp_b bet_b nu_b
           del_c sig_c alp_c bet_c nu_c;
del_a = 0.2;
sig_a = 1;
alp_a = 0.3;
bet_a = 0.95;
nu_a  = 1.5;
del_b = 0.2;
sig_b = 1;
alp_b = 0.3;
bet_b = 0.95;
nu_b  = 1.5;
del_c = 0.2;
sig_c = 1;
alp_c = 0.3;
bet_c = 0.95;
```

```
nu_c  = 1.5;

model;
  g_a=1+In_a;
  In_a=I_a-del_a;
  Q_a=1+((sig_a/2)*((In_a-0.03893)^2))+In_a*sig_a*(In_a-0.03893);
  rq_a=R_a;
  rq_a=(alp_a*Y_a+Q_a-del_a)/Q_a(-1);
  L_a^(1-alp_a)=Y_a;
  Y_a=C_a+I_a+NX_a;
  bet_a*(C_a/C_a(+1))*(1/g_a(+1))*(Rst_a/pi_a(+1))=1;
  Rst_a=R_a*pi_a;
  L_a=((1-alp_a)*Y_a)/W_a;
  W_a=((1-alp_a)*Y_a*C_a^(1/nu_a))^(1/((1/nu_a)+1));
  g_b=1+In_b;
  In_b=I_b-del_b;
  Q_b=1+((sig_b/2)*((In_b-0.03893)^2))+In_b*sig_b*(In_b-0.03893);
  rq_b=R_b;
  rq_b=(alp_b*Y_b+Q_b-del_b)/Q_b(-1);
  L_b^(1-alp_b)=Y_b;
  Y_b=C_b+I_b+NX_b;
  bet_b*(C_b/C_b(+1))*(1/g_b(+1))*(Rst_b/pi_b(+1))=1;
  Rst_b=R_b*pi_b;
  L_b=((1-alp_b)*Y_b)/W_b;
  W_b=((1-alp_b)*Y_b*C_b^(1/nu_b))^(1/((1/nu_b)+1));
  g_c=1+In_c;
  In_c=I_c-del_c;
  Q_c=1+((sig_c/2)*((In_c-0.03893)^2))+In_c*sig_c*(In_c-0.03893);
  rq_c=R_c;
  rq_c=(alp_c*Y_c+Q_c-del_c)/Q_c(-1);
  L_c^(1-alp_c)=Y_c;
  Y_c=C_c+I_c+NX_c;
  bet_c*(C_c/C_c(+1))*(1/g_c(+1))*(Rst_c/pi_c(+1))=1;
  Rst_c=R_c*pi_c;
  L_c=((1-alp_c)*Y_c)/W_c;
  W_c=((1-alp_c)*Y_c*C_c^(1/nu_c))^(1/((1/nu_c)+1));
  NX_a=NX_a_b+NX_a_c;
  NX_b=-NX_a_b*(1/l_b_a)+NX_b_c;
  NX_c=-NX_a_c*(1/l_c_a)-NX_b_c*(l_b_a/l_c_a);
  B_a=B_a_b+B_a_c;
  B_b=-B_a_b*(1/l_b_a)+B_b_c;
  B_c=-B_a_c*(1/l_c_a)-B_b_c*(l_b_a/l_c_a);
  R_a_b=(1/2)*((R_a-R_b)*sign(B_a_b)+(R_a+R_b));
  R_a_c=(1/2)*((R_a-R_c)*sign(B_a_c)+(R_a+R_c));
  R_b_c=(1/2)*((R_b-R_c)*sign(B_b_c)+(R_b+R_c));
  B_a_b=R_a_b*B_a_b(-1)*(1/g_a)-NX_a_b;
  B_a_c=R_a_c*B_a_c(-1)*(1/g_a)-NX_a_c;
  B_b_c=R_b_c*B_b_c(-1)*(1/g_b)-NX_b_c;
  B_a_b+B_a_c+B_b_c*l_b_a=0;
  g_a=g_b;
  g_b=g_c;
  l_b_a=(g_b/g_a)*l_b_a(-1);
  l_c_a=(g_c/g_a)*l_c_a(-1);
end;

initval;
  g_a    = 1.039;
  In_a   = 0.039;
```

```
  I_a     = 0.239;
  rq_a    = 1.094;
  R_a     = 1.094;
  Q_a     = 1;
  Y_a     = 0.979;
  L_a     = 0.970;
  C_a     = 0.740;
  Rst_a   = 1.094;
  pi_a    = 1;
  W_a     = 0.706;
  g_b     = 1.039;
  In_b    = 0.039;
  I_b     = 0.239;
  rq_b    = 1.094;
  R_b     = 1.094;
  Q_b     = 1;
  Y_b     = 0.979;
  L_b     = 0.970;
  C_b     = 0.740;
  Rst_b   = 1.094;
  pi_b    = 1;
  W_b     = 0.706;
  g_c     = 1.039;
  In_c    = 0.039;
  I_c     = 0.239;
  rq_c    = 1.094;
  R_c     = 1.094;
  Q_c     = 1;
  Y_c     = 0.979;
  L_c     = 0.970;
  C_c     = 0.740;
  Rst_c   = 1.094;
  pi_c    = 1;
  W_c     = 0.706;
  R_a_b   = 1.094;
  R_a_c   = 1.094;
  R_b_c   = 1.094;
  NX_a    = 0;
  NX_b    = 0;
  NX_c    = 0;
  NX_a_b  = 0;
  NX_a_c  = 0;
  NX_b_c  = 0;
  B_a_b   = 0;
  B_a_c   = 0;
  B_b_c   = 0;
  l_b_a   = 1;
  l_c_a   = 1;
end;

steady(solve_algo=0,maxit=4000);
check(qz_zero_threshold=1e-15);
```

Siguiendo el mismo procedimiento que en la sección anterior, se realizan cuatro simulaciones para las que se va a modificar el valor de cada parámetro, individualmente, en dos de las tres economías, mientras que la tercera conservará el valor de la Tabla 2.2. Se hará de tal modo que una economía tenga un valor inferior (A) y otra uno superior (C). Las Tablas 2.6 y 2.7 recogen las variaciones de cada variable endógena en el equilibrio estacionario con respecto a la situación donde las tres economías son idénticas.

Tabla 2.6. Variaciones en el Equilibrio Estacionario, tres economías ($\boldsymbol{\delta}, \boldsymbol{\alpha}$)

	$\boldsymbol{\delta^A = 0,19}$ $\boldsymbol{\delta^B = 0,20}$ $\boldsymbol{\delta^C = 0,21}$			$\boldsymbol{\alpha^A = 0,29}$ $\boldsymbol{\alpha^B = 0,30}$ $\boldsymbol{\alpha^C = 0,31}$		
Var.	**ΔA**	**ΔB**	**ΔC**	**ΔA**	**ΔB**	**ΔC**
$\boldsymbol{g}$	0.0003	0.0003	0.0003	0.0001	0.0001	0.0001
$\boldsymbol{I^n}$	0.0003	0.0003	0.0003	0.0001	0.0001	0.0001
$\boldsymbol{I}$	-0.0097	0.0003	0.0103	0.0001	0.0001	0.0001
$\boldsymbol{r^q}$	0.0003	0.0003	0.0003	0.0001	0.0001	0.0001
$\boldsymbol{R}$	0.0003	0.0003	0.0003	0.0001	0.0001	0.0001
$\boldsymbol{Q}$	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
$\boldsymbol{Y}$	-0.0323	0.0010	0.0344	0.0343	0.0005	-0.0311
$\boldsymbol{L}$	-0.0454	0.0015	0.0490	0.0486	0.0007	-0.0448
$\boldsymbol{C}$	0.0667	-0.0020	-0.0628	-0.0525	-0.0009	0.0548
$\boldsymbol{R^{st}}$	0.0003	0.0003	0.0003	0.0001	0.0001	0.0001
$\boldsymbol{W}$	0.0102	-0.0003	-0.0104	-0.0002	-0.0002	0.0004
$\boldsymbol{NX}$	-0.0893	0.0027	0.0869	0.0866	0.0013	-0.0860
$\boldsymbol{B}$	-1.6961	0.0521	1.6510	1.6458	0.0246	-1.6343
$\boldsymbol{NX^{AB}}$		0.0866			-0.0879	
$\boldsymbol{NX^{AC}}$		-0.1758			0.1745	
$\boldsymbol{NX^{BC}}$		0.0900			-0.0874	
$\boldsymbol{R^{AB}}$		0.0003			0.0001	
$\boldsymbol{R^{AC}}$		0.0003			0.0001	
$\boldsymbol{R^{BC}}$		0.0003			0.0001	
$\boldsymbol{B^{AB}}$		1.6445			-1.6702	
$\boldsymbol{B^{AC}}$		-3.3406			3.3160	
$\boldsymbol{B^{BC}}$		1.7109			-1.6601	
$\boldsymbol{l^{BA}}$		-0.0086			-0.0086	
$\boldsymbol{l^{CA}}$		-0.0040			0.0219	

Efectos de $\boldsymbol{\delta}$

La primera simulación muestra cómo se produce un incremento en el crecimiento de las tres economías, pero es de una magnitud menor que en el caso que consideraba dos economías. Aumenta también el tipo de interés, por igual en las tres economías, y disminuye la producción y el empleo exclusivamente en la economía con menor depreciación, incrementando en las otras dos, pero más en la que tiene una mayor tasa de depreciación. Contrariamente sucede con el consumo, incrementando exclusivamente en la economía con menor valor del parámetro. En cuanto al salario real, incrementa únicamente en la economía con menor delta, reduciéndose más en la economía con mayor depreciación. Las exportaciones son más cuantiosas en la economía con mayor valor del parámetro, incrementando también en la que tiene un valor intermedio. La economía con menor depreciación muestra un valor negativo de las exportaciones netas, del mismo valor que la economía con mayor valor, pero con signo contrario. Nótese que la economía A es un exportador neto con la economía B, mientras que es un importador neto con la C, y que la economía con un valor intermedio es un exportador neto con la nación que tiene el valor más elevado. Por último, los valores de l nos muestran que la nación con mayor stock de capital es la que tiene una menor tasa de depreciación, seguida de la que tiene el valor más elevado y la que tiene un valor intermedio.

Efectos de α

Al incorporar una nación adicional con un mayor valor del parámetro de tecnología del capital, las tres economías experimentan un ligero crecimiento, a diferencia de la simulación anterior donde las dos decrecían. Lo mismo ocurre con el tipo de interés y la inversión. El producto por unidad de capital y el empleo crecen más en la economía con mayor productividad, mientras que el consumo decrece. El salario real incrementa exclusivamente en la nación con mayor valor del parámetro. Cuanto más productiva es la economía, más incrementan sus exportaciones netas. La menos productiva es la única que se convierte en un importador neto (concretamente un importador neto de la economía más productiva, pues es un exportador neto con la nación de productividad intermedia). Los valores de l muestran que la economía con mayor stock de capital es la C, seguida de la A y la B.

Tabla 2.7. Variaciones en el Equilibrio Estacionario, tres economías (β, ν)

	$\beta^A = 0,94$ $\beta^B = 0,95$ $\beta^C = 0,96$			$\nu^A = 1,4$ $\nu^B = 1,5$ $\nu^C = 1,6$		
Var.	**ΔA**	**ΔB**	**ΔC**	**ΔA**	**ΔB**	**ΔC**
g	0.0002	0.0002	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000
I^n	0.0002	0.0002	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000
I	0.0002	0.0002	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000
r^q	0.0119	0.0002	-0.0112	0.0000	0.0000	0.0000
R	0.0119	0.0002	-0.0112	0.0000	0.0000	0.0000
Q	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Y	0.0396	0.0008	-0.0372	0.0000	0.0000	0.0000
L	0.0566	0.0012	-0.0522	0.0000	0.0000	0.0000
C	-0.0718	-0.0016	0.0774	-0.0023	0.0000	0.0023
R^{st}	0.0119	0.0002	-0.0112	0.0000	0.0000	0.0000
W	-0.0119	-0.0003	0.0118	0.0000	0.0000	0.0000
NX	0.1111	0.0022	-0.1148	0.0023	0.0000	-0.0023
B	1.5222	-0.2600	-1.2637	0.0431	0.0000	-0.0432
NX^{AB}		-0.0657			-0.0023	
NX^{AC}		0.1769			0.0045	
NX^{BC}		-0.0604			-0.0023	
R^{AB}		0.0002			0.0000	
R^{AC}		0.0119			0.0000	
R^{BC}		-0.0112			0.0000	
B^{AB}		-1.2491			-0.0432	
B^{AC}		2.7713			0.0863	
B^{BC}		-1.4489			-0.0431	
l^{BA}		0.0506			0.0020	
l^{CA}		-0.0116			-0.0005	

Efectos de β

La simulación para tres economías con distinto factor de descuento muestra cómo se produce un incremento en la tasa de crecimiento, a diferencia de lo que ocurría cuando se consideraban solo dos economías. Nuevamente, la modificación de los factores de descuento es la única situación que permite distintos tipos de interés de equilibrio estacionario en cada economía. La economía con un mayor descuento acaba teniendo una caída en los tipos de interés mientras que las otras dos experimentan un incremento; más en la nación con menor tasa de descuento. La producción y el empleo sólo se reducen en la economía con mayor valor del parámetro, sucediendo al contario con el consumo, donde únicamente aumenta en esta nación, al igual que el salario real. El mayor exportador neto es la economía con menor factor de descuento, siendo un importador neto de B y un exportador neto de C. La economía con mayor stock de capital es la B, seguida de la A y la C.

Efectos de ν

Nuevamente, las variaciones en el parámetro ν son las de menor magnitud. En esta simulación únicamente se aprecian variaciones en el consumo de la economía con menor y mayor valor del parámetro. Esta variación en el consumo se traslada directamente a las exportaciones, tomando el mismo valor, pero con signo contrario. Los valores de l muestran que la economía con mayor stock de capital es la B, seguida de la A y la C.

3. Modelo DSGE de economía abierta con crecimiento endógeno y rigideces en precios y salarios: dos economías

En el modelo que introduce rigideces en precios y salarios se sustituyen los productores de bienes finales por dos nuevos agentes: los productores de bienes intermedios y los minoristas. Estos agentes introducen diversidad de bienes y de servicios de trabajo, lo que permite incorporar al modelo las rigideces de precios y salarios. A continuación, se desarrollan las características y relaciones de estos dos nuevos agentes y se detallan los cambios que, para incorporarlos, se realizan en el resto de agentes de la economía. Los productores de capital y el banco central no experimentan cambios en las relaciones desarrolladas en el modelo anterior, por lo que se omitirán en esta sección.

3.1. Hogares

Los hogares ahora ofrecerán trabajo a los productores de bienes intermedios, en lugar de a los productores de bienes finales. Los miembros de los hogares trabajan y producen bienes a cambio de un salario, que queda determinado por los productores de bienes intermedios. Con estos ingresos, los miembros de los hogares consumen bienes finales, vendidos por los minoristas.

La función de utilidad intertemporal esperada, vista en (2.1), toma ahora la forma:

$$E_0\left[\sum_{t=0}^{\infty}\beta^t\left(\log C_t - \frac{1}{1+v}\int_0^1 L_{st}^{1+v}ds\right)\right] \tag{3.1}$$

donde L_{st} representa la oferta del servicio de trabajo s de un miembro del hogar y $L_t = \left(\int_0^1 L_{st}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}\,ds\right)^{\frac{\sigma}{\sigma-1}}$ es la oferta de trabajo agregada.

Consecuentemente, la restricción presupuestaria será ahora:

$$C_t + \frac{B_t}{P_t R_t^{st}} = \frac{B_{t-1}}{P_t} + \Gamma_t + \int_0^1 \frac{W_{st}}{P_t} L_{st} ds \tag{3.2}$$

Considerando también la condición NPG para evitar esquemas Ponzi en la resolución del problema de maximización de utilidad, se obtienen las siguientes condiciones de primer orden:

$$\frac{\beta^t}{C_t} = \lambda_t \tag{3.3}$$

$$\frac{W_{st}}{L_{st}^{v} P_t} = C_t \tag{3.4}$$

$$\beta E_t\left[\frac{C_t}{C_{t+1}}\frac{R_t^{st}}{\Pi_{t+1}}\right] = 1 \tag{3.5}$$

3.2. Productores de bienes intermedios

Los productores de bienes intermedios siguen un esquema similar a los productores de bienes finales del modelo con flexibilidad. Estos productores rentan trabajo de los hogares, fijando el salario de acuerdo a contratos de Taylor, y adquieren capital de los productores de capital para obtener una producción de bienes intermedios en t.

La función de producción vista en (2.7) deberá incorporar ahora la diversidad de servicios de trabajo, quedando la ecuación:

$$Y_{jt}^{i} = K_{jt}^{\alpha}\left[K_t\left(\int_0^1 L_{sjt}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}\,ds\right)^{\frac{\sigma}{\sigma-1}}\right]^{1-\alpha} \tag{3.6}$$

El objetivo es maximizar la función de beneficios, que ahora toma la siguiente forma para incorporar las diversas remuneraciones de los servicios de trabajo diferenciados:

$$F_{Y_{jt}} = P_t^i K_{jt}^{\alpha}\left[K_t L_{jt}\right]^{1-\alpha} - \int_0^1 W_{st} L_{sjt} ds - r_t^Q Q_t K_{jt} + (Q_{t+1} - \delta) K_{jt} \tag{3.7}$$

Del problema de maximización de beneficios, se obtiene la siguiente función de demanda de trabajo:

$$L_{sjt} = \left[\frac{(1-\alpha) P_t^i Y_{jt}^i L_{jt}^{\frac{1}{\sigma}}}{L_{jt} W_{st}}\right]^{\sigma} \tag{3.8}$$

Integrando en s, se consigue una expresión agregada L_{jt} similar a (2.10):

$$L_{jt} = \frac{(1-\alpha) Y_{jt}^i}{\Delta_t^W} \tag{3.9}$$

donde $\Delta_t^w = \left[\int_0^1 \left(\frac{W_{st}}{P_t^i}\right)^{1-\sigma} ds\right]^{\frac{1}{1-\sigma}}$ agrega los diversos salarios reales. Como $\frac{Y_{jt}^i}{L_{jt}}$ depende únicamente de elementos de mercado (Δ^w) puede concluirse que esta función de demanda de trabajo es común para todos los productores.

Asumiendo que las funciones de producción son idénticas para todos los productores de bienes intermedios, con un ratio capital-trabajo común para todos, la siguiente expresión recoge el output de bienes intermedios:

$$Y_t^i = K_t L_j^{1-\alpha} \tag{3.10}$$

Los productores de bienes intermedios establecen los salarios de acuerdo a las preferencias de los hogares. El salario óptimo se obtiene de la solución del siguiente problema de maximización:

$$\begin{aligned} max\ E_t \Bigg[& \sum_{\tau=0}^{J-1} \beta^\tau \left(logC_{t+\tau} - \frac{1}{1+\nu} \int_0^1 L_{st+\tau}^{1+\tau} ds \right) \\ & + \sum_{\tau=0}^{J-1} \lambda_{t+\tau} \left(-C_{t+\tau} - \frac{B_{t+\tau}}{P_{t+\tau} R_{t+\tau}} + \frac{B_{t+\tau-1}}{P_{t+\tau}} + \Gamma_{t+\tau} \right. \\ & \left. + \int_0^1 \frac{W_{st+\tau}}{P_{t+\tau}} L_{st+\tau} ds \right) \Bigg] \end{aligned} \tag{3.11}$$

donde L_{st} es la función de demanda de trabajo obtenida en (3.8).

Resolviendo este problema, se obtiene la siguiente expresión para el salario, que se mantendrá fijado para J periodos desde t (Taylor, 1980):

$$W_{st}^* = \frac{\sigma}{\sigma - 1} \frac{\sum_{\tau=0}^{J-1} \beta^\tau L_{st+\tau}^{\sigma(1+\nu)}}{\sum_{\tau=0}^{J-1} \lambda_{t+\tau} \frac{L_{st+\tau}}{P_{t+\tau}}} \tag{3.12}$$

Teniendo en cuenta (3.9), se tiene para t:

$$W_t^* = \left(\frac{\sigma}{\sigma - 1} \frac{\sum_{\tau=0}^{J-1} \beta^\tau L_{t+\tau}^{1+\nu} P_{t+\tau}^{i\sigma(1+\nu)} \Delta_{wt+\tau}^{\sigma(1+\nu)} P_{t+\tau}^{\sigma(1+\nu)}}{\sum_{\tau=0}^{J-1} \frac{\beta^\tau}{C_{t+\tau}} P_{t+\tau}^{i\sigma} \Delta_{wt+\tau}^{\sigma} L_{t+\tau} P_{t+\tau}^{\sigma-1}} \right)^{\frac{1}{1+\nu\sigma}} \tag{3.13}$$

y para $t - q$ ($q = 1,2, \dots, J - 1$):

$$W_{t-q}^* = \left(\frac{\sigma}{\sigma - 1} \frac{\sum_{\tau=0}^{J-1} \beta^\tau L_{t-q+\tau}^{1+\nu} P_{t-q+\tau}^{i\sigma(1+\nu)} \Delta_{wt-q+\tau}^{\sigma(1+\nu)} P_{t-q+\tau}^{\sigma(1+\nu)}}{\sum_{\tau=0}^{J-1} \frac{\beta^\tau}{C_{t-q+\tau}} P_{t-q+\tau}^{i\sigma} \Delta_{wt-q+\tau}^{\sigma} L_{t-q+\tau} P_{t-q+\tau}^{\sigma-1}} \right)^{\frac{1}{1+\nu\sigma}} \tag{3.14}$$

Puede obtenerse una expresión equivalente a (2.14) para el coste del uso del capital:

$$r_t^Q = \frac{\alpha P_t^i \frac{Y_{jt}^i}{K_{jt}} + (Q_{t+1} - \delta)}{Q_t} \tag{3.15}$$

Por último, al igual que en el modelo con flexibilidad, dado la ausencia de fricciones financieras, se tiene que:

$$r_t^Q = R \tag{3.16}$$

3.3. Minoristas

Los minoristas adquieren los bienes intermedios, los difieren y los venden a los hogares. No actúan en un marco competitivo y fijan los precios de acuerdo a contratos de Taylor.

Cada minorista diferencia una unidad de un tipo de bien intermedio, por lo que el output final está compuesto de un continuo de bienes finales de los minoristas:

$$Y_t = \left(\int_0^1 Y_{rt}^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} dr \right)^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}} \tag{3.17}$$

donde Y_{rt} es el output del minorista r.

Si los consumidores del output final minimizan los costes, se tiene:

$$Y_{rt} = \left(\frac{P_{rt}}{P_t} \right)^{-\varepsilon} Y_t \tag{3.18}$$

$$P_t = \left(\int_0^1 P_{rt}^{1-\varepsilon} dr \right)^{\frac{1}{1-\varepsilon}} \tag{3.19}$$

donde P_{rt} es el precio de Y_{rt} y P_t es el precio índice del output final.

Con la finalidad de incluir rigideces de precio, se siguen contratos de Taylor. De esta manera, los minoristas fijan el precio que maximiza su beneficio:

$$\max_{P^*}\sum_{\tau=0}^{I-1} E_t\left[\frac{\lambda_{t+\tau}}{\lambda_t} Y_{t+\tau}(P^*)\left(\frac{P_t^*}{P_{t+\tau}} - P_{t+\tau}^i\right)\right] \tag{3.20}$$

donde $Y_{t+\tau}(P^*) = \left(\frac{P_t^*}{P_{t+\tau}}\right)^{-\varepsilon} Y_{t+\tau}$.

Resolviendo este problema, se obtiene el precio relativo en t:

$$\frac{P_t^*}{P_t} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}\frac{E_t\sum_{\tau=0}^{I-1}\beta^\tau P_{t+\tau}^{\varepsilon}\frac{Y_{t+\tau}}{C_{t+\tau}}\frac{P_{t+\tau}^i}{P_t}}{E_t\sum_{\tau=0}^{I-1}\beta^\tau P_{t+\tau}^{\varepsilon-1}\frac{Y_{t+\tau}}{C_{t+\tau}}} \tag{3.21}$$

y para $t-q$ $(q = 1,2,\dots, I-1)$:

$$\frac{P_{t-q}^*}{P_t} = \frac{1}{\Pi_{\tau=1}^{q}\Pi_{\mathrm{t-q+\tau}}}\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}\frac{E_t\sum_{\tau=0}^{I-1}\beta^\tau P_{t-q+\tau}^{\varepsilon}\frac{Y_{t-q+\tau}}{C_{t-q+\tau}}\frac{P_{t-q+\tau}^i}{P_{t-q}}}{E_t\sum_{\tau=0}^{I-1}\beta^\tau P_{t-q+\tau}^{\varepsilon-1}\frac{Y_{t-q+\tau}}{C_{t-q+\tau}}} \tag{3.22}$$

que, en equilibrio estacionario:

$$\frac{P_t^*}{P_t} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}\frac{\sum_{\tau=0}^{I-1}\beta^\tau \Pi^{\varepsilon\tau} P_{t+\tau}^i}{\sum_{\tau=0}^{I-1}(\beta\Pi^{\varepsilon-1})^\tau} \tag{3.23}$$

donde Π es la inflación bruta de equilibrio estacionario, o el objetivo de inflación.

3.4. Condiciones de equilibrio y sector exterior

El equilibrio agregado de la economía se define, nuevamente, como:

$$Y_t = C_t + I_t + NX_t \tag{3.24}$$

y se mantienen las relaciones:

$$NX_t = -NX_t^* \tag{3.25}$$

$$B_t = -B_t^* \tag{3.26}$$

$$B_t = R_t^i B_{t-1} - NX_t \tag{3.27}$$

$$R_t^i = \begin{cases} R_t, & B_t > 0 \\ R_t^*, & B_t < 0 \end{cases} \tag{3.28}$$

El output total de la economía ponderado por la dispersión de precios es equivalente al output de los productores de bienes intermedios (una expresión equivalente a 3.18):

$$Y_t^i = \Delta_t^{\mathrm{P}} Y_t \tag{3.29}$$

donde Y_t es el output total de la economía, Y_t^i el output total de los productores de bienes intermedios y Δ_t^P es la dispersión de precios representada como:

$$\Delta_t^P = \frac{1}{I}\sum_{\tau=0}^{I-1}\left(\frac{P_{t-\tau}^*}{P_t}\right)^{-\varepsilon} \tag{3.30}$$

El equilibrio general en t queda determinado por las ecuaciones (3.5), (3.9), (3.10), (3.13), (3.14), (3.15), (3.16), (2.16), (2.17), (2.20), (3.19), (3.21), (3.22), (2.22), (2.23), (3.24), (3.27) y (3.29) con sus equivalentes para el resto del mundo, junto con las relaciones (3.25), (3.26) y el condicional (3.28). Las variables endógenas son I_t^n, I_t, K_t, Y_t^i, L_t, Δ_t, r_t^q, Q_t, Y_t, C_t, R_t^{st}, Π_t, Δ_t^w, P_t^i, R_t, P_t^*/P_t, P_{t-1}^*/P_t, …, P_{t-I+1}^*/P_t, W_t^*, W_{t-1}^*, …, W_{t-J+1}^* con sus equivalentes para el resto del mundo y el condicional R_t^i.. Teniendo en cuenta que la ecuación (3.15) determina $J-1$ variables correspondientes a la rigidez de salarios y la ecuación (3.23) determina $I-1$ variables de la rigidez de precios, el sistema está cerrado y la solución puede ser determinada.

3.5. Equilibrio estacionario

Nuevamente, para analizar el comportamiento del modelo en el largo plazo, es necesario definir el equilibrio estacionario y el sistema de ecuaciones que determinará el valor de las variables endógenas. La normalización de todas las variables que crecen se realiza dividiendo por el stock de capital y, dado que se consideran dos economías, se define la variable $l_t = \frac{K_t^*}{K_t}$. El sistema de ecuaciones normalizadas evaluadas en el equilibrio estacionario será:

$$g = 1 + I^{n,k} \tag{3.31}$$

$$I^k = I^{n,k} + \delta \tag{3.32}$$

$$r^q = \alpha P^i Y^{i,k} + 1 - \delta \tag{3.33}$$

$$r^q = R \tag{3.34}$$

$$L^{1-\alpha} = Y^{i,k} \tag{3.35}$$

$$Y^{i,k} = \Delta^P Y^k \tag{3.36}$$

$$\Delta^P = \frac{1}{I}\frac{P^*}{P}\sum_{\tau=0}^{I-1}\Pi^{\varepsilon\tau} \tag{3.37}$$

$$Y^k = C^k + I^k + NX^k \tag{3.38}$$

$$\beta\frac{R^{st}}{g\Pi} = 1 \tag{3.39}$$

$$R^{st} = R\Pi \tag{3.40}$$

$$\frac{P_t^*}{P_t} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1}\frac{\sum_{\tau=0}^{I-1}(\beta\Pi^{\varepsilon})^{\tau}P^i}{\sum_{\tau=0}^{I-1}(\beta\Pi^{\varepsilon-1})^{\tau}} \tag{3.41}$$

$$L = \frac{(1-\alpha)Y^{i,k}}{\Delta^{W,k}} \tag{3.42}$$

$$\frac{P^*}{P} = \left(\frac{1}{I}\sum_{\tau=0}^{I-1}\Pi^{(\varepsilon-1)\tau}\right)^{\frac{1}{\varepsilon-1}} \tag{3.43}$$

$$\Delta^{W,k} = \frac{W^{*k}}{PP^i}\left[\frac{1}{J}\sum_{\tau=0}^{J-1}(\Pi^{\tau})^{\sigma-1}\right]^{\frac{1}{1-\sigma}} \tag{3.44}$$

$$\frac{W^{*k}}{P} = \left(\frac{\sigma}{\sigma-1}\frac{\sum_{\tau=0}^{J-1}\beta^{\tau}L_{t+\tau}^{1+\nu}P_{t+\tau}^{i\sigma(1+\nu)}\left(g^{\tau}\Delta_{wt+\tau}^{k}\right)^{\sigma(1+\nu)}\Pi^{\sigma(1+\nu)\tau}}{\sum_{\tau=0}^{J-1}\frac{\beta^{\tau}}{g^{\tau}C_{t+\tau}^{k}}P_{t+\tau}^{i\sigma}\left(g^{\tau}\Delta_{wt+\tau}^{k}\right)^{\sigma}L_{t+\tau}\Pi^{(\sigma-1)\tau}}\right)^{\frac{1}{1+\nu\sigma}} \tag{3.45}$$

$$NX^k = -\frac{NX^{k^*}}{l} \tag{3.46}$$

$$B^k = -\frac{B^{k^*}}{l} \tag{3.47}$$

$$R^i = \frac{1}{2}[(R^* - R)\, sgn(B) + (R^* + R)] \qquad (3.48)$$

$$B^k = R^i B^k \frac{1}{g_t} - NX^k \qquad (3.49)$$

$$B^{k^*} = R^i B^{k*} \frac{1}{g^*} - NX^{k^*} \qquad (3.50)$$

$$g = g^* \qquad (3.51)$$

donde las variables con superíndice k son las variables normalizadas y las variables sin subíndice temporal son los valores de equilibrio estacionario.

3.6. Calibración y simulación de resultados

3.6.1. Calibración

Esta sección evalúa numéricamente el modelo planteado con el objetivo de encontrar los valores de equilibrio estacionario de las variables endógenas y sus respuestas ante variaciones en el objetivo de inflación usando diferentes configuraciones de rigideces. La Tabla 3.1 muestra los valores que se han asignado a los parámetros de ambas naciones en estas simulaciones y la Tabla 3.2 el programa para el caso de rigidez en precios y salarios.

Tabla 3.1. Valores de los parámetros

Parámetro	Definición	Valor
$\boldsymbol{\delta}$	Tasa de depreciación del capital	0,04
$\boldsymbol{\alpha}$	Parámetro de tecnología del capital	0,332
$\boldsymbol{\beta}$	Factor de descuento	0,99
$\boldsymbol{\varepsilon}$	Agregación del continuo de bienes finales	1,3
$\boldsymbol{\phi}$	Parámetro de reacción del banco central a la inflación	2,05
$\boldsymbol{\sigma}$	Agregación del continuo de oferta de trabajo	12
$\boldsymbol{\nu}$	Parámetro de preferencias	3,5

Tabla 3.2. Fichero input de Dynare, dos economías con rigidez en P y W

```
/* MODELO ROMER CON RIGIDEZ DE PRECIOS Y SALARIOS */

var G In I L D rq R Q Y C Rst pi Dw Pin Yin Pf Pf1 Wf Wf1 Wf2 Wf3
NX B G_rm In_rm I_rm L_rm D_rm rq_rm R_rm Q_rm Y_rm C_rm Rst_rm
pi_rm Dw_rm Pin_rm Yin_rm Pf_rm Pf1_rm Wf_rm Wf1_rm Wf2_rm Wf3_rm
NX_rm B_rm Ri l;

varexo pit, pit_rm;

parameters del alp bet eps fi sig nu del_rm alp_rm bet_rm eps_rm
fi_rm sig_rm nu_rm;
del    = 0.04;
alp    = 0.332;
bet    = 0.99;
eps    = 1.3;
fi     = 2.05;
sig    = 12;
nu     = 3.5;
del_rm = 0.04;
alp_rm = 0.332;
bet_rm = 0.99;
eps_rm = 1.3;
fi_rm  = 2.05;
sig_rm = 12;
nu_rm  = 3.5;

model;
  G=1+In;
  I=In+del;
  rq=R;
  Q=1+((1/2)*((In-0.008)^2))+(In-0.008)*In;
  rq=((alp*Pin*Yin)+Q-del)/Q(-1);
  Yin=L^(1-alp);
  Yin=D*Y;
  D=(1/2)*(((Pf)^(-eps))+((Pf1)^(-eps)));
  Y=C+I+NX;
  bet*(C/C(+1))*(1/G(+1))*(Rst/pi(+1))=1;
  Pf=(eps/(eps-
1))*(((Y/C)*(Pin))+(bet*(pi(+1)^eps)*(Y(+1)/C(+1))*(Pin(+1))))/(((
Y/C))+(bet*(pi(+1)^(eps-1))*(Y(+1)/C(+1))));
  Pf1=(1/pi)*((eps/(eps-1))*(((Y(-1)/C(-1))*(Pin(-
1)))+(bet*(pi^eps)*(Y/C)*(Pin)))/(((Y(-1)/C(-1)))+(bet*(pi^(eps-
1))*(Y/C))));
  Rst=R*pi(+1);
  Rst=R*pit*((pi/pit)^fi);
  L=((1-alp)*Yin)/Dw;
  1=((1/2)*((Pf^(1-eps))+(Pf1)^(1-eps)))^(1/(1-eps));
  Dw=((1/4)*(((Wf/(Pin))^(1-sig))+((Wf1/(Pin))^(1-
sig))+((Wf2/(Pin))^(1-sig))+((Wf3/(Pin))^(1-sig))))^(1/(1-sig));
  Wf=(((sig/(sig-
1))*(((L^(1+nu))*(Dw^(sig*(1+nu)))*((Pin)^(sig*(1+nu))))+(bet*(L(+
1)^(1+nu))*((G(+1)*Dw(+1))^(sig*(1+nu)))*((Pin(+1)*pi(+1))^(sig*(1
+nu))))+(bet^2*(L(+2)^(1+nu))*((G(+2)^2*Dw(+2))^(sig*(1+nu)))*((Pi
n(+2)*pi(+2)^2)^(sig*(1+nu))))+(bet^3*(L(+3)^(1+nu))*((G(+3)^3*Dw(
+3))^(sig*(1+nu)))*((Pin(+3)*pi(+3)^3)^(sig*(1+nu)))))/((((1/C)*L*(
Dw^sig)*(Pin^sig))+((bet/(G(+1)*C(+1)*pi(+1)))*(L(+1))*(((G(+1)*Dw
```

```
(+1))^(sig)))*((Pin(+1)*pi(+1))^sig))+((bet^2/(G(+2)^2*C(+2)*pi(+2
)^2))*(L(+2))*(((G(+2)^2*Dw(+2))^(sig)))*((Pin(+2)*pi(+2)^2)^sig))
+(bet^3*(L(+3)^(1+nu))*((G(+3)^3*Dw(+3))^(sig*(1+nu)))*((Pin(+3)*p
i(+3)^3)^(sig)))))^(1/(1+sig*nu)));
  Wf1=(1/pi*G)*Wf;
  Wf2=(1/pi*G)^2*Wf;
  Wf3=(1/pi*G)^3*Wf;

  G_rm=1+In_rm;
  I_rm=In_rm+del_rm;
  rq_rm=R_rm;
  Q_rm=1+((1/2)*((In_rm-0.008)^2))+(In_rm-0.008)*In_rm;
  rq_rm=((alp_rm*Pin_rm*Yin_rm)+Q_rm-del_rm)/Q_rm(-1);
  Yin_rm=L_rm^(1-alp_rm);
  Yin_rm=D_rm*Y_rm;
  D_rm=(1/2)*(((Pf_rm)^(-eps_rm))+((Pf1_rm)^(-eps_rm)));
  Y_rm=C_rm+I_rm+NX_rm;
  bet_rm*(C_rm/C_rm(+1))*(1/G_rm(+1))*(Rst_rm/pi_rm(+1))=1;
  Pf_rm=(eps_rm/(eps_rm-
1))*(((Y_rm/C_rm)*(Pin_rm))+(bet_rm*(pi_rm(+1)^eps_rm)*(Y_rm(+1)/C
_rm(+1))*(Pin_rm(+1))))/(((Y_rm/C_rm))+(bet_rm*(pi_rm(+1)^(eps_rm-
1))*(Y_rm(+1)/C_rm(+1))));
  Pf1_rm=(1/pi_rm)*((eps_rm/(eps_rm-1))*(((Y_rm(-1)/C_rm(-
1))*(Pin_rm(-
1)))+(bet_rm*(pi_rm^eps_rm)*(Y_rm/C_rm)*(Pin_rm)))/(((Y_rm(-
1)/C_rm(-1)))+(bet_rm*(pi_rm^(eps_rm-1))*(Y_rm/C_rm))));
  Rst_rm=R_rm*pi_rm(+1);
  Rst_rm=R_rm*pit_rm*((pi_rm/pit_rm)^fi_rm);
  L_rm=((1-alp_rm)*Yin_rm)/Dw_rm;
  1=((1/2)*((Pf_rm^(1-eps_rm))+(Pf1_rm)^(1-eps_rm)))^(1/(1-
eps_rm));
  Dw_rm=((1/4)*(((Wf_rm/(Pin_rm))^(1-
sig_rm))+((Wf1_rm/(Pin_rm))^(1-sig_rm))+((Wf2_rm/(Pin_rm))^(1-
sig_rm))+((Wf3_rm/(Pin_rm))^(1-sig_rm))))^(1/(1-sig_rm));
  Wf_rm=(((sig_rm/(sig_rm-
1))*(((L_rm^(1+nu_rm))*(Dw_rm^(sig_rm*(1+nu_rm)))*((Pin_rm)^(sig_r
m*(1+nu_rm))))+(bet_rm*(L_rm(+1)^(1+nu_rm))*((G_rm(+1)*Dw_rm(+1))^
(sig_rm*(1+nu_rm)))*((Pin_rm(+1)*pi_rm(+1))^(sig_rm*(1+nu_rm))))+(
bet_rm^2*(L_rm(+2)^(1+nu_rm))*((G_rm(+2)^2*Dw_rm(+2))^(sig_rm*(1+n
u_rm)))*((Pin_rm(+2)*pi_rm(+2)^2)^(sig_rm*(1+nu_rm))))+(bet_rm^3*(
L_rm(+3)^(1+nu_rm))*((G_rm(+3)^3*Dw_rm(+3))^(sig_rm*(1+nu_rm)))*((
Pin_rm(+3)*pi_rm(+3)^3)^(sig_rm*(1+nu_rm)))))/((((1/C_rm)*L_rm*(Dw_
rm^sig_rm)*(Pin_rm^sig_rm))+((bet_rm/(G_rm(+1)*C_rm(+1)*pi_rm(+1))
)*(L_rm(+1))*(((G_rm(+1)*Dw_rm(+1))^(sig_rm)))*((Pin_rm(+1)*pi_rm(
+1))^sig_rm))+((bet_rm^2/(G_rm(+2)^2*C_rm(+2)*pi_rm(+2)^2))*(L_rm(
+2))*(((G_rm(+2)^2*Dw_rm(+2))^(sig_rm)))*((Pin_rm(+2)*pi_rm(+2)^2)
^sig_rm))+(bet_rm^3*(L_rm(+3)^(1+nu_rm))*((G_rm(+3)^3*Dw_rm(+3))^(
sig_rm*(1+nu_rm)))*((Pin_rm(+3)*pi_rm(+3)^3)^(sig_rm)))))^(1/(1+si
g_rm*nu_rm)));
  Wf1_rm=(1/pi_rm*G_rm)*Wf_rm;
  Wf2_rm=(1/pi_rm*G_rm)^2*Wf_rm;
  Wf3_rm=(1/pi_rm*G_rm)^3*Wf_rm;

  Ri=(1/2)*((R_rm-R)*sign(B)+(R_rm+R));
  B=Ri*B(-1)*(1/G)-NX;
  G=G_rm;
  B_rm=Ri*B_rm(-1)*(1/G_rm)-NX_rm;
  B_rm=-(B/l);
```

```
  NX_rm=-(NX/l);
end;

@#for h in ["0.995"]
  @#for h_rm in ["0.995"]
    initval;
      G       = 1.0027;
      In      = 0.00270057;
      I       = 0.0427006;
      L       = 0.573228;
      D       = 1;
      rq      = 1.01283;
      R       = 1.01283;
      Q       = 1;
      Y       = 0.689542;
      Pf      = 0.997498;
      Pf1     = 1.00251;
      pi      = 0.995;
      C       = 0.646841;
      Rst     = 1.00776;
      Dw      = 0.803548;
      Pin     = 0.230765;
      Yin     = 0.689545;
      Wf      = 0.183374;
      Wf1     = 0.184793;
      Wf2     = 0.186223;
      Wf3     = 0.187664;
      pit     = @{h};
      NX      = 0;
      B       = 0;
      G_rm    = 1.0027;
      In_rm   = 0.00270057;
      I_rm    = 0.0427006;
      L_rm    = 0.573228;
      D_rm    = 1;
      rq_rm   = 1.01283;
      R_rm    = 1.01283;
      Q_rm    = 1;
      Y_rm    = 0.689542;
      Pf_rm   = 0.997498;
      Pf1_rm  = 1.00251;
      pi_rm   = 0.995;
      C_rm    = 0.646841;
      Rst_rm  = 1.00776;
      Dw_rm   = 0.803548;
      Pin_rm  = 0.230765;
      Yin_rm  = 0.689545;
      Wf_rm   = 0.183374;
      Wf1_rm  = 0.184793;
      Wf2_rm  = 0.186223;
      Wf3_rm  = 0.187664;
      pit_rm  = @{h_rm};
      NX_rm   = 0;
      B_rm    = 0;
      Ri      = 1.01283;
      l       = 1;
    end;
```

```
      steady(solve_algo=3,maxit=1000);
      check(qz_zero_threshold=1e-16);
    @#endfor
  @#endfor
```

3.6.2. Relaciones crecimiento-inflación en el largo plazo

Flexibilidad de precios y salarios

Para poder analizar el impacto de la política monetaria con diferentes tipos de rigideces en la tasa de crecimiento de equilibrio estacionario, conviene primero estudiar el caso inicial de flexibilidad de precios y salarios ($I = J = 1$) en las dos naciones. En esta situación, la tasa de crecimiento se mantiene constante cualquiera que sea el objetivo de inflación, en $g = 3{,}072\%$ anual. Dicho de otro modo, la política monetaria de las dos economías es neutral para el caso en el que ambas naciones tienen flexibilidad de precios y salarios, no afectando el objetivo de inflación de una nación al crecimiento propio o al de la otra economía.

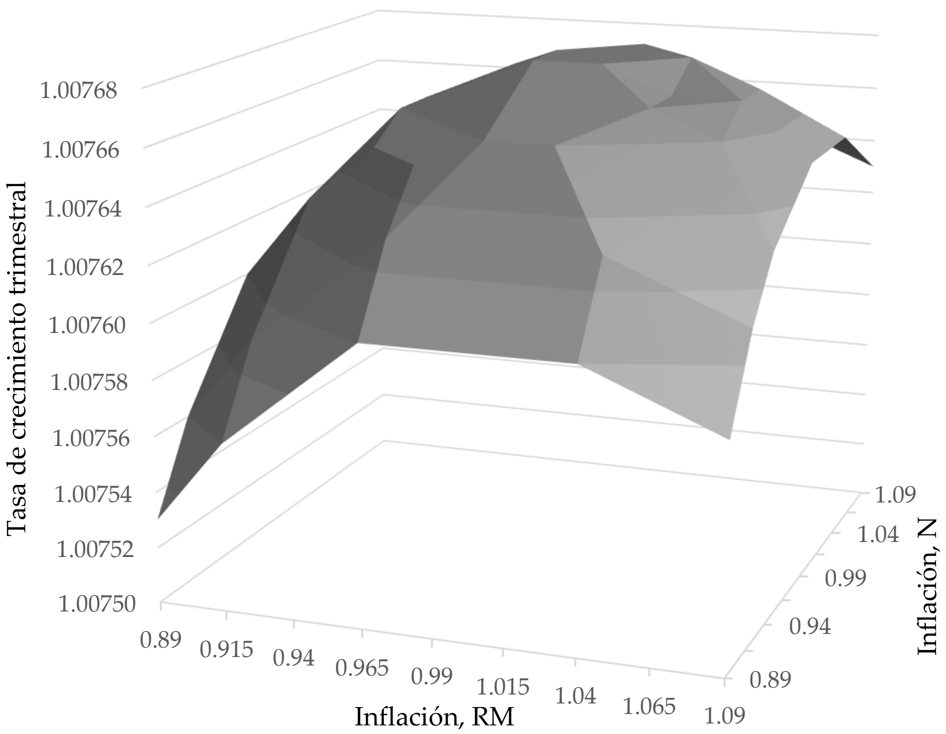
Rigidez de precios

Si el modelo se calibra, en ambas economías, con rigidez de precios y flexibilidad de salarios ($I = 2,\ J = 1$), la simulación con los parámetros anteriores genera los valores de la Tabla 3.3, representados en la Figura 3.1. En este caso, la máxima tasa de crecimiento que puede alcanzarse coincide con la que se obtenía en la situación anterior ($g = 3{,}072\%$ anual) y se puede obtener tanto con deflación $(\Pi, \Pi^*) = (0.99, 0.99)$ como con inflación $(\Pi, \Pi^*) = (1.04, 1.015)$ en ambas economías. A medida que los objetivos de inflación se alejan de estos puntos, la tasa de crecimiento de ambas economías disminuye, concluyendo que la política monetaria no es neutral. Conforme incrementamos el orden de la rigidez de precios, la pendiente en cada punto incrementa, de manera que la reducción del crecimiento es mayor.

Tabla 3.3. Inflación-crecimiento en el largo plazo, ($I = 2,\ J = 1$)

	N								
RM	0.89	0.915	0.94	0.965	0.99	1.015	1.04	1.065	1.09
0.89	1.00753	1.00756	1.00758	1.00760	1.00760	1.00760	1.00760	1.00759	1.00758
0.915	1.00756	1.00759	1.00761	1.00763	1.00763	1.00763	1.00763	1.00762	1.00761
0.94	1.00758	1.00761	1.00763	1.00765	1.00766	1.00766	1.00765	1.00764	1.00763
0.965	1.00760	1.00763	1.00765	1.00766	1.00767	1.00767	1.00767	1.00766	1.00764
0.99	1.00760	1.00763	1.00766	1.00767	1.00768	1.00768	1.00767	1.00767	1.00765
1.015	1.00760	1.00763	1.00766	1.00767	1.00768	1.00768	1.00768	1.00767	1.00765
1.04	1.00760	1.00763	1.00765	1.00767	1.00767	1.00768	1.00767	1.00766	1.00765
1.065	1.00759	1.00762	1.00764	1.00766	1.00767	1.00767	1.00766	1.00765	1.00764
1.09	1.00758	1.00760	1.00763	1.00765	1.00765	1.00765	1.00765	1.00764	1.00763

Figura 3.1. Inflación-crecimiento en el largo plazo, ($I = 2,\ J = 1$)



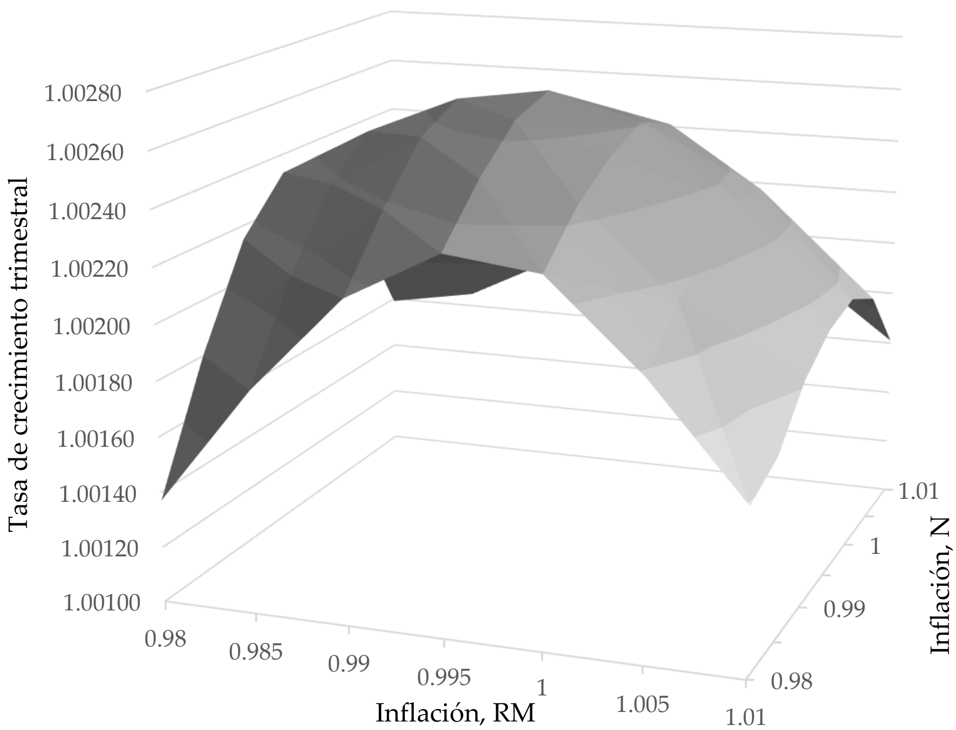
Rigidez de salarios

El modelo con flexibilidad de precios y rigidez de salarios en ambas economías ($I = 1,\ J = 4$) presenta unas variaciones más importantes. La simulación de este modelo muestra la relación entre Π y g que puede verse en la Tabla 3.4 y en la Figura 3.2.

Tabla 3.4. Inflación-crecimiento en el largo plazo, $(I = 1,\ J = 4)$

RM \ N	0.98	0.985	0.99	0.995	1	1.005	1.01
0.98	1.00137	1.00180	1.00215	1.00233	1.00229	1.00198	1.00159
0.985	1.00180	1.00212	1.00238	1.00251	1.00245	1.00215	1.00165
0.99	1.00215	1.00238	1.00257	1.00265	1.00255	1.00227	1.00182
0.995	1.00233	1.00251	1.00265	1.00270	1.00261	1.00235	1.00191
1	1.00229	1.00245	1.00255	1.00261	1.00254	1.00232	1.00194
1.005	1.00198	1.00215	1.00227	1.00235	1.00232	1.00215	1.00186
1.01	1.00159	1.00165	1.00182	1.00191	1.00194	1.00186	1.00161

Figura 3.2. Inflación-crecimiento en el largo plazo, $(I = 1,\ J = 4)$



El valor máximo de g se sitúa en el punto $(\Pi, \Pi^*) = (0.995, 0.995)$, pero esta vez el crecimiento alcanzado es notablemente menor que en las dos simulaciones anteriores, un $g = 1{,}08\%$ anual. Conforme se reduce el orden de rigidez de salarios, el crecimiento incrementa en ese punto hasta el valor de flexibilidad. Así, para una simulación con $(I = 1,\ J = 3)$ se obtiene un crecimiento anual $g = 1{,}824\%$ y para $(I = 1,\ J = 2)$ se obtiene un $g = 2{,}276\%$. Al alejarse de este punto, la tasa de crecimiento de ambas economías disminuye en mayor cuantía que en la simulación anterior, pues la pendiente en cada punto es mayor. Es decir, la rigidez de salarios contrae en mayor medida el crecimiento de ambas economías que la rigidez de precios. Nótese que si se representara la simulación anterior a escala en la Figura 3.2 se obtendría un plano en $g = 1{,}00768$ para cualquier (Π, Π^*) dentro del rango que se visualiza.

Rigidez de precios y salarios

Introduciendo tanto rigideces de precios como de salarios en las dos economías $(I = 2,\ J = 4)$ se obtienen resultados similares al caso anterior. El máximo crecimiento (un $g = 1{,}08\%$ anual) sigue alcanzándose en el punto $(\Pi, \Pi^*) = (0.995, 0.995)$, pero algunas combinaciones de (Π, Π^*) se ven modificadas ligeramente con la introducción de la rigidez de precios, como puede apreciarse en la Tabla 3.4. Esto es así porque, como ya se ha argumentado, es fundamentalmente la rigidez de salarios la que tiene un efecto sobre la tasa de crecimiento.

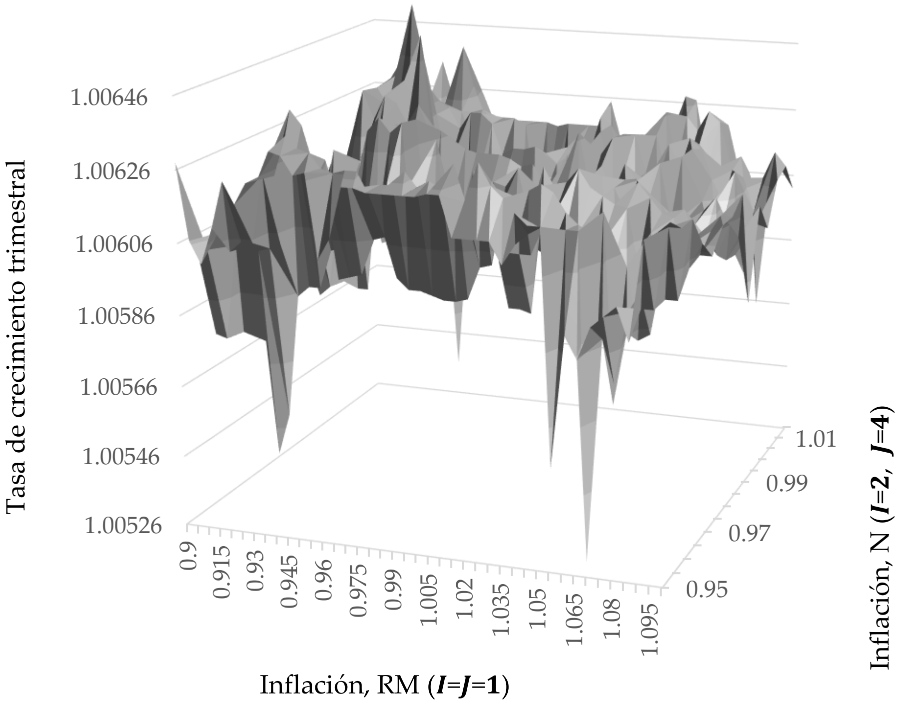
Tabla 3.5. Inflación-crecimiento en el largo plazo, $(I = 2,\ J = 4)$

	N						
RM	0.98	0.985	0.99	0.995	1	1.005	1.01
0.98	1.00137	1.00180	1.00217	1.00235	1.00228	1.00203	1.00157
0.985	1.00180	1.00212	1.00238	1.00250	1.00243	1.00215	1.00170
0.99	1.00217	1.00238	1.00257	1.00265	1.00255	1.00227	1.00180
0.995	1.00235	1.00250	1.00265	1.00270	1.00261	1.00234	1.00186
1	1.00228	1.00243	1.00255	1.00261	1.00254	1.00232	1.00194
1.005	1.00203	1.00215	1.00227	1.00234	1.00232	1.00215	1.00185
1.01	1.00157	1.00170	1.00180	1.00186	1.00194	1.00185	1.00173

Flexibilidad de precios y salarios en una economía y rigidez en ambas variables en la otra

La última simulación combina flexibilidad de precios y salarios $(I = J = 1)$ en una economía y rigidez de precios y salarios $(I = 2,\ J = 4)$ en la otra. Los resultados de la simulación pueden verse en el Anexo A.1 y están representados en la Figura 3.3. El modelo considerando dos economías permite llegar a una conclusión relevante que no puede extraerse si se asume una única nación cerrada al exterior. Esta conclusión es que un país con flexibilidad de precios y salarios no consigue que su política monetaria sea neutral si el otro país tiene rigidez de precios y salarios, fundamentalmente de salarios.

Figura 3.3. Inflación-crecimiento en el largo plazo, ($I = J = 1$) y ($I = 2,\ J = 4$)



En esta simulación, donde la nación tiene las rigideces y el resto del mundo la flexibilidad, el máximo crecimiento que puede alcanzarse es $g = 2{,}64\%$ anual y se produce con deflación en ambas economías, en el punto $(\Pi, \Pi^{*}) = (0.99, 0.95)$. Aunque el orden de rigideces en el resto del mundo es igual que en la simulación anterior, la flexibilidad de la nación incrementa el crecimiento anual notablemente.

Por último, cabe recordar que modificaciones de parámetros de manera individual en una economía llevarán a movimientos en los valores de la tasa de crecimiento en el mismo sentido que los resultados obtenidos en la sección 2.7.

4. Conclusiones

Se plantea un modelo neokeynesiano de economía abierta con crecimiento endógeno, inspirado en el modelo de Hayashi (1982) con costes de ajuste, en el que se analiza el comportamiento de largo plazo. Las conclusiones que se obtienen son las siguientes:

1. En el caso de flexibilidad de precios para dos y tres economías se comprueba, en simulaciones correspondientes a datos anuales, que:
    a. Si son economías idénticas acaban creciendo igual a largo plazo sin que exista comercio entre ellas y sin flujos internacionales de deuda.
    b. Para ver cómo difieren si no son idénticas se estudian los efectos de los parámetros estructurales, lo que permite obtener una perspectiva bastante completa de las implicaciones del modelo, del que no existe antecedente integrando todos los elementos considerados. Las conclusiones más destacables son dos. La primera es que el crecimiento alcanzable internacionalmente es tanto mayor cuanto menor sea la tasa de depreciación del capital y cuanto mayores sean en las economías la elasticidad del capital en la función de producción, el factor de descuento intertemporal de la utilidad y la elasticidad de sustitución de la oferta de trabajo. Y la segunda que a largo plazo se produce un superávit comercial (déficit de la balanza de servicios y de capital) y un endeudamiento permanente en los países que tienen alta tasa de depreciación del capital, baja elasticidad del capital en la función de producción, bajo factor de descuento intertemporal de la utilidad y baja elasticidad de sustitución de la oferta de trabajo.
2. Si existen rigideces de precios y/o salarios, las cosas cambian y se puede determinar la relación entre inflación y crecimiento en el largo plazo.

Lo que se determina para simulaciones correspondientes a datos trimestrales es que:

a. La flexibilidad de precios y salarios implica la neutralidad a largo plazo de la política monetaria, tal y como se entiende hoy en día, puesto que inflación y crecimiento son independientes.
b. Si existe rigidez sólo en precios las desviaciones de la neutralidad son mínimas, pero cuando la rigidez está en los salarios (con o sin rigidez de precios) se produce claramente la no neutralidad. Las implicaciones de la no neutralidad son que el crecimiento alcanzable es sensiblemente menor (tanto menor cuanto mayor es la rigidez) que el de flexibilidad de precios y que el máximo crecimiento se logra con inflación negativa, en línea con conclusiones previas para economía cerrada.
c. El último resultado que se obtiene es que, si los países difieren en el tipo de rigidez salarial, sus políticas monetarias no son independientes en el largo plazo. En concreto, si un país tiene flexibilidad de precios y salarios y el otro rigidez en ambas variables, el primero pierde la neutralidad de su política monetaria y el crecimiento es menor que el que tendría si ambos tuviesen flexibilidad. En contrapartida, el país con la rigidez puede alcanzar una tasa de crecimiento notablemente mayor que si ambos países tuviesen rigidez de salarios.

5. Bibliografía

Barro, R. J. y X. Sala-i-Martín (2009). Economic Growth. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

Blanchard, O. (1985). Debt, Deficit and Finite Horizons. Journal of Politial Economy 93, 223-247.

Gali, J., and T. Monacelli (2005). Monetary Policy and Exchange Rate Volatility in a Small Open Economy. Review of Economic Studies 72, 707–734.

Hayashi, F. (1982): "Tobin's Marginal and Average q: A Neoclassical Interpretation", Econometrica, 50, 213-224.

Kremer, M. y J. Thomson (1998). Why Isn't Convergence Instantaneous? Young Workers, Old Workers, and Gradual Adjustment. Journal of Economic Growth 3, 5-28.

Marcellino, M. y Y. Rychalovska (2012). An Estimated DSGE Model of a Small Open Economy Within the Monetary Union: Forecasting and Structural Analysis. EUI Working Papers, RSCAS 2012/34.

Romer, P.M. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. Journal of Political Economy 94, 1002-1037.

Smets, F. y R. Wouters (2003). An Estimated Dynamic Stochastic General Equilibrium Model of the Euro Area. Journal of the European Economic Association 1, 1123-1175.

Anexo A.1. Inflación-crecimiento en el largo plazo, N con rigideces de P y W $(I = 2,\ J = 4)$ y RM con flexibilidad de P y W $(I = J = 1)$

	N													
RM	0.95	0.955	0.96	0.965	0.97	0.975	0.98	0.985	0.99	0.995	1	1.005	1.01	1.015
0.91	1.00601	1.00607	1.00601	1.00572	1.00587	1.00584	1.00597	1.00598	1.00573	1.00572	1.00567	1.00598	1.00595	1.00588
0.915	1.00611	1.00602	1.00601	1.00571	1.00580	1.00601	1.00597	1.00600	1.00607	1.00609	1.00567	1.00613	1.00600	1.00565
0.92	1.00624	1.00605	1.00600	1.00538	1.00602	1.00596	1.00597	1.00612	1.00605	1.00601	1.00602	1.00609	1.00606	1.00611
0.925	1.00618	1.00605	1.00601	1.00550	1.00598	1.00602	1.00616	1.00610	1.00605	1.00619	1.00602	1.00608	1.00604	1.00619
0.93	1.00624	1.00624	1.00602	1.00585	1.00595	1.00612	1.00617	1.00606	1.00623	1.00621	1.00604	1.00605	1.00613	1.00620
0.935	1.00625	1.00624	1.00640	1.00588	1.00592	1.00611	1.00610	1.00609	1.00588	1.00587	1.00618	1.00594	1.00610	1.00622
0.94	1.00633	1.00635	1.00636	1.00588	1.00625	1.00616	1.00638	1.00637	1.00638	1.00643	1.00597	1.00627	1.00636	1.00585
0.945	1.00632	1.00632	1.00625	1.00599	1.00610	1.00620	1.00630	1.00632	1.00640	1.00640	1.00631	1.00621	1.00625	1.00598
0.95	1.00627	1.00631	1.00627	1.00600	1.00610	1.00618	1.00637	1.00634	1.00660	1.00628	1.00628	1.00623	1.00641	1.00621
0.955	1.00628	1.00627	1.00594	1.00600	1.00631	1.00631	1.00635	1.00641	1.00630	1.00626	1.00626	1.00623	1.00629	1.00623
0.96	1.00605	1.00626	1.00595	1.00608	1.00635	1.00620	1.00629	1.00653	1.00610	1.00609	1.00620	1.00613	1.00621	1.00615
0.965	1.00611	1.00627	1.00596	1.00605	1.00631	1.00630	1.00635	1.00625	1.00602	1.00550	1.00625	1.00624	1.00617	1.00613
0.97	1.00625	1.00627	1.00606	1.00620	1.00634	1.00633	1.00627	1.00623	1.00614	1.00597	1.00625	1.00621	1.00619	1.00613
0.975	1.00625	1.00621	1.00607	1.00617	1.00594	1.00598	1.00628	1.00620	1.00591	1.00591	1.00622	1.00622	1.00619	1.00617
0.98	1.00624	1.00624	1.00596	1.00620	1.00594	1.00598	1.00608	1.00621	1.00590	1.00590	1.00613	1.00622	1.00618	1.00617
0.985	1.00624	1.00624	1.00593	1.00617	1.00630	1.00598	1.00608	1.00620	1.00590	1.00589	1.00615	1.00612	1.00592	1.00617
0.99	1.00624	1.00628	1.00593	1.00604	1.00595	1.00598	1.00608	1.00620	1.00590	1.00589	1.00615	1.00612	1.00593	1.00616
0.995	1.00624	1.00624	1.00592	1.00614	1.00595	1.00620	1.00608	1.00620	1.00591	1.00590	1.00616	1.00612	1.00593	1.00617
1	1.00624	1.00626	1.00591	1.00612	1.00598	1.00598	1.00607	1.00619	1.00591	1.00591	1.00602	1.00609	1.00612	1.00617
1.005	1.00625	1.00624	1.00591	1.00611	1.00604	1.00598	1.00578	1.00617	1.00591	1.00591	1.00604	1.00595	1.00611	1.00617
1.01	1.00625	1.00631	1.00592	1.00612	1.00601	1.00596	1.00578	1.00618	1.00589	1.00591	1.00604	1.00602	1.00611	1.00617
1.015	1.00614	1.00621	1.00601	1.00622	1.00600	1.00597	1.00577	1.00609	1.00605	1.00592	1.00603	1.00604	1.00619	1.00620
1.02	1.00614	1.00632	1.00602	1.00621	1.00624	1.00597	1.00620	1.00593	1.00619	1.00613	1.00609	1.00624	1.00627	1.00603
1.025	1.00614	1.00626	1.00620	1.00626	1.00621	1.00605	1.00614	1.00592	1.00605	1.00620	1.00622	1.00622	1.00592	1.00602
1.03	1.00614	1.00623	1.00621	1.00612	1.00618	1.00611	1.00615	1.00628	1.00595	1.00604	1.00606	1.00605	1.00610	1.00604
1.035	1.00608	1.00611	1.00623	1.00622	1.00620	1.00611	1.00614	1.00611	1.00620	1.00596	1.00615	1.00616	1.00612	1.00603
1.04	1.00622	1.00614	1.00625	1.00614	1.00621	1.00620	1.00606	1.00619	1.00625	1.00624	1.00587	1.00617	1.00611	1.00613
1.045	1.00619	1.00616	1.00623	1.00610	1.00625	1.00613	1.00597	1.00611	1.00615	1.00624	1.00622	1.00599	1.00612	1.00603
1.05	1.00619	1.00611	1.00618	1.00610	1.00620	1.00621	1.00612	1.00620	1.00613	1.00613	1.00622	1.00627	1.00615	1.00628
1.055	1.00555	1.00616	1.00615	1.00600	1.00618	1.00618	1.00618	1.00616	1.00613	1.00613	1.00610	1.00611	1.00624	1.00627