

ESTUDIOS SOBRE LA ECONOMÍA ESPAÑOLA

Bienes comerciables y no comerciables en la economía española: Un enfoque de ciclo real

**José M^a Martín-Moreno
Jesús Ruíz**

EEE 206

Abril 2005



<http://www.fedea.es/hojas/publicado.html>

ISSN 1696-6384

Las opiniones contenidas en los Documentos de la Serie EEE, reflejan exclusivamente las de los autores y no necesariamente las de FEDEA.

The opinions in the EEE Series are the responsibility of the authors and therefore, do not necessarily coincide with those of the FEDEA.

Bienes comerciables y no comerciables en la economía española: un enfoque de ciclo real*

José M^a Martín-Moreno^{}**

Universidad de Vigo y rede

Jesús Ruíz^{*}**

Universidad Complutense

Resumen

En este trabajo se analizan las consecuencias de incorporar bienes comerciables, no comerciables y de inversión en un modelo de ciclo real para una economía abierta y pequeña aplicado a la economía española. Las simulaciones estocásticas del modelo bajo el supuesto de expectativas racionales y su comparación con los datos de la economía española muestran que el modelo teórico explica algunos hechos estilizados de dicha economía como son: i) el puzzle Dolado *et al.* es decir, la alta volatilidad del consumo privado para nuestra economía, y ii) las características cíclicas del fenómeno conocido como “inflación dual”. Además el modelo teórico explica adecuadamente gran parte de las otras propiedades cíclicas de las variables macroeconómicas españolas tanto a nivel agregado como sectorial.

* Deseamos agradecer los comentarios de Baltasar Manzano, Carlos de Miguel y Jaime Alonso así como los recibidos de los participantes en el Workshop de Macroeconomía celebrado en la Universidad de Vigo

** Departamento de Fundamentos del Análisis Económico. Facultad de CC.EE.EE.
e-mail: jmartin@uvigo.es

*** Departamento de Economía Cuantitativa. Universidad Complutense de Madrid
e-mail: jruizand@ccee.ucm.es

1. Introducción

El estudio del comportamiento cíclico de las economías tuvo su origen en los trabajos de Kydland y Prescott (1982) y Long y Plosser (1983), en los cuales se proponía un modelo de equilibrio general competitivo para explicar la mayoría de las regularidades empíricas que caracterizaban los ciclos económicos de Estados Unidos. Estos modelos teóricos utilizados caracterizan economías cerradas, siendo este supuesto de economías cerradas bastante adecuado para el caso de la economía americana. Sin embargo, este supuesto puede no ser aplicable a otros países, en concreto a las economías europeas. En consecuencia, así como algunos modelos de economías cerradas han tenido éxito en explicar algunas de las regularidades cíclicas de los datos macroeconómicos de la economía de Estados Unidos, no ha ocurrido lo mismo con la economía española,¹ en particular, la alta volatilidad del consumo privado respecto de la volatilidad de la producción.

Por lo tanto, parece lógico suponer que una extensión natural del paradigma de los ciclos reales es la relacionada con las economías abiertas. Estos modelos incorporan relaciones internacionales además de tener en cuenta que los países comparten riesgos específicos a través del intercambio de bienes y activos financieros. Así, dichos modelos son capaces de explicar algunas características de los indicadores internacionales que motivan la extensión del modelo estándar² tal como la correlación positiva entre el ahorro y la inversión doméstica y el carácter contracíclico o acíclico de la balanza comercial.³

Sin embargo, los modelos de economía abierta que incorporan las relaciones mencionadas anteriormente han tenido menos éxito en explicar algunas otras regularidades cíclicas como puede ser la volatilidad de la inversión y del consumo privado de los países industrializados. Más concretamente, la economía española presenta dos hechos importantes dignos de ser mencionados:

i) La alta volatilidad del consumo privado, llamado también el “Puzzle Dolado *et al.*”⁴, que parece ser inconsistente con la teoría económica del consumo. A este respecto, y aunque la literatura ofrece algunas explicaciones económicas de esta

¹ Puch y Licandro (1997) realizan una aplicación a la economía española del modelo de Christiano y Eichenbaum (1992).

² Diversas aplicaciones a la economía española de modelos de economía abierta son los trabajos de Martín-Moreno (1998), Giménez y Martín-Moreno (2002) y De Miguel, Manzano y Martín-Moreno (2003).

³ Véase Backus, Kehoe y Kydland (1992) y Mendoza (1991).

⁴ Véase Dolado, *et al.* (1993).

regularidad peculiar de la economía española, los modelos existentes no han tenido demasiado éxito en explicar este hecho empírico; y

ii) En la actualidad existe un amplio debate sobre las fuentes de los diferenciales de inflación entre los países que forman parte de la Unión Económica y Monetaria (UEM). A este respecto, bajo un tipo de cambio fijo y política monetaria única, dichas diferencias pueden ser causadas por factores reales los cuales no desaparecen bajo un régimen de política monetaria común. Una posible explicación a este fenómeno se basa en el hecho de que un rápido incremento de la productividad en el sector de bienes comerciables genera incrementos de precios relativos en el sector de bienes no comerciables, induciendo diferenciales positivos de inflación relativa a los otros miembros de la UEM. En este sentido, la economía española es un caso interesante, ya que en los últimos años ha experimentado diferenciales de inflación positivos con el área euro que han venido acompañados, no sólo ahora sino también en las últimas tres décadas, de un considerable incremento en el precio de los bienes no comerciables relativo a los bienes comerciables, es decir el fenómeno conocido como *inflación dual*.

En este trabajo se propone un modelo de economía abierta y pequeña que, como veremos, es más exitoso que los modelos previos aplicados a la economía española en ambos puntos mencionados. Dicho modelo es bastante estándar en la literatura: Turnovsky (1997) presenta un número de variantes de esta clase de modelos, denominados de “economía dependiente”. El artículo de Rebelo y Vegh (1995) utiliza esta clase de modelos para analizar las diferentes políticas de tipo de cambio y Kehoe y Fernández de Córdoba (1999) aplican un modelo de este tipo para explicar las fluctuaciones del tipo de cambio real a raíz de la entrada de España en la Comunidad Económica Europea.

La principal característica del modelo propuesto es la desagregación de la economía en tres sectores productivos: uno de bienes comerciables internacionalmente, uno de bienes no comerciables y, por último, un sector de bienes de inversión. Este tipo de economía teórica presenta tres características básicas que pretendemos recoger. La primera es que en la economía española el 65% de la producción es no comerciable, por lo que los modelos existentes no tienen en cuenta esta evidencia empírica. En segundo lugar, este tipo de modelización restaura la conexión entre la producción nacional y su gasto, característica relevante, a nuestro juicio, para explicar una alta volatilidad del

consumo privado,⁵ además de permitir a su vez explicar la evolución de los precios relativos de los bienes comerciables en términos de los no comerciables. Finalmente, esta desagregación sectorial permite también examinar la capacidad del modelo para reproducir las características cíclicas tanto a nivel agregado como desagregado de las principales variables macroeconómicas de la economía española. En conclusión, dada evidencia empírica observada, postulamos que modelizar dicha economía de esta manera es más adecuado que a un nivel más agregado.

Los resultados obtenidos muestran que el modelo propuesto ayuda a explicar la alta volatilidad del consumo privado presente en la economía española. En particular, la modelización presentada mejora los estudios previos aplicados a esta economía por Puch y Licandro (1997) y Martín-Moreno (1998) con respecto a la volatilidad de esta variable.

Por otra parte, la economía teórica presentada recoge las características cíclicas del diferente comportamiento de los precios entre los sectores comerciable y no comerciable, esto es, el fenómeno llamado “inflación dual”.

Finalmente, otros hechos estilizados tanto a nivel agregado como sectorial son bien reproducidos también por el modelo.

El resto del artículo se organiza como sigue: En la sección 2 se presentan las propiedades cíclicas de los datos macroeconómicos que el modelo pretende reproducir. En la sección 3 se describe el modelo utilizado. La sección 4 discute la elección de los valores paramétricos. Se presentan los principales resultados en la sección 5 y, finalmente, la sección 6 recoge las principales conclusiones.

2. Regularidades empíricas

Una de las principales características de los datos en los principales países industrializados, entre ellos España, es el gran porcentaje de bienes no comerciables en sus economías. En este sentido, la base de datos construida para la elaboración de este trabajo toma como fuentes principales la Contabilidad Nacional Española y la Fundación BBVA. Son datos de frecuencia anual desde el año 1970 hasta 1998. Todas las estimaciones empíricas a las que hacemos referencia en el trabajo se realizan sobre

⁵ Los modelos de economía abierta rompen la relación entre la producción y su gasto debido a los efectos del comercio internacional, por lo que esto permite a los países suavizar mucho más el consumo privado que en un contexto de economía cerrada.

el componente cíclico de los datos, es decir, hemos extraído la tendencia de las series utilizando el filtro de Hodrick-Prescott.

Para ser consistente con todas las variables macroeconómicas que presentamos en el artículo realizamos la siguiente descomposición entre bienes comerciables y no comerciables: para el sector de bienes comerciables tenemos en cuenta la agregación sectorial de agricultura e industria⁶ y para el sector de bienes no comerciables, los sectores de construcción y servicios destinados a la venta⁷. Como índice de precios sectoriales tenemos en cuenta los deflatores del valor añadido, los cuales tal y como indica Betts y Kehoe (1999) son muy buenas aproximaciones a los deflatores del output bruto. Finalmente, para el consumo privado no podemos realizar la descomposición anterior ya que no existen series sectoriales por lo que consideramos únicamente el consumo a nivel agregado.

Bajo esta descomposición sectorial el 65% de los bienes en la economía española son no comerciables. Además, la participación de los bienes no comerciables en el consumo final es del 57%, que está en la línea de lo encontrado para otros países.⁸

La tabla 1 muestra las desviaciones típicas de la producción, trabajo, inversión y consumo para cada uno de los sectores así como el comportamiento cíclico de la balanza comercial y precios relativos. La volatilidad de la producción en el sector comerciable es mayor que en el no comerciable. La inversión privada es cuatro veces más volátil que la producción tanto a nivel agregado como sectorial. El trabajo a nivel agregado presenta una mayor volatilidad que la producción, al igual que en el sector no comerciable, mientras que en el sector comerciable la volatilidad del trabajo es menor. La balanza comercial fluctúa menos que la producción mientras que los precios relativos sectoriales presentan una volatilidad superior a la de la producción. Por último, el consumo final presenta la misma volatilidad que la producción⁹.

⁶ Sería mejor sustraer electricidad, gas y agua de la categoría de bienes comerciables y añadir servicios del transporte. Desafortunadamente esto no es posible realizarlo con las series que tenemos disponibles.

⁷ Excluimos los servicios no destinados a la venta debido a que no se comercian en un mercado y su producción y precios pueden ser pensados como convecciones contables.

⁸ Nótese, que para la economía española no tenemos una serie de consumo de servicios que sería la “proxi” mas adecuada al consumo de no comerciables de acuerdo con Stockman y Tesar (1995). Lo que sabemos es que los servicios suponen alrededor del 65% de los bienes no duraderos. Con este dato obtenemos el porcentaje de consumo de bienes no comerciables sobre el total.

⁹ Este resultado es consistente con otros trabajos aplicados a la economía española. Véase por ejemplo Martín-Moreno (1998).

[Insertar Tabla 1]

La tabla 2 presenta las correlaciones con la producción de algunas de las principales variables macroeconómicas consideradas. Destacamos las siguientes regularidades: i) como está ya ampliamente recogido en la literatura, la correlación entre el consumo privado y la inversión son altas y positivas; ii) el carácter contracíclico de la balanza comercial; iii) la correlación positiva entre el ahorro y la inversión doméstica; y, finalmente, iv) también se observa una correlación negativa entre trabajo y salario real. Además, las mismas características cíclicas las encontramos a nivel sectorial.

[Insertar Tabla 2]

Por último, la inclusión de bienes no comerciables en el modelo nos permite considerar co-movimientos entre los sectores y relaciones entre precios y cantidades. Esto aparece recogido en la tabla 3. La correlación entre las producciones sectoriales es positiva y alta, en tanto que la correlación entre precios relativos y producción relativa sectorial es negativa.

[Insertar Tabla 3]

3. El modelo

Vamos a modelizar la economía española a través de un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico, bajo el supuesto de expectativas racionales y caracterizado por representar una economía pequeña y abierta. El modelo es una extensión del propuesto por Kehoe y Fernández de Córdoba (2000).

En cada periodo existen cinco bienes: un bien comerciable, un bien no comerciable, trabajo, capital y un bien de inversión que incrementa el stock de capital en el periodo siguiente. El país se especializa en la producción de un bien comerciable, un bien no comerciable y un bien de inversión. Cada bien es usado para consumo e inversión en su propio sector. Los bienes comerciables pueden ser importados, pero los bienes no comerciables como fabricas, residencias, etc., deben ser producidos domésticamente.

3.1 Los consumidores

La economía está compuesta por un consumidor representativo, el cual deriva su utilidad del consumo de bienes comerciables (C_T), bienes no comerciables (C_N) y ocio ($L - N_T - N_N$), donde L es la dotación de tiempo disponible por este agente y N_T y N_N son el trabajo dedicado al sector comerciable y no comerciable respectivamente. Además, el trabajo es perfectamente móvil entre los dos sectores.

El consumidor representativo maximiza la utilidad esperada definida sobre las secuencias estocásticas de consumo (C_T, C_N) y trabajo (N_T, N_N):

$$U = E_0 \left\{ \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \frac{1}{1-\sigma} \left[\left[(C_{T_t})^\phi (C_{N_t})^{1-\phi} - \psi (N_{T_t} + N_{N_t})^\nu \right]^{1-\sigma} - 1 \right] \right\} \quad (1)$$

con $\psi > 0$, $\nu > 1$, $0 < \phi < 1$, $\sigma > 0$.

donde E_0 denota la expectativa basada sobre el conjunto de información disponible en el periodo cero, β es la tasa subjetiva de descuento intertemporal, σ es el parámetro que mide la aversión relativa al riesgo, $1/\nu-1$ es la elasticidad de sustitución intertemporal de la oferta de trabajo.

Por otra parte, los individuos en esta economía tienen acceso a un mercado de capital perfectamente competitivo en el cual pueden comprar y vender bonos extranjeros a un tipo de interés real exógeno r^* . El saldo de estos activos B_t evoluciona

de acuerdo con la siguiente expresión

$$TB_t = B_t - (1 + r^*)B_{t-1} \quad (2)$$

donde TB_t es el saldo de la balanza comercial.

3.2 La empresa

Sólo existe un bien comerciable producido tanto por la empresa nacional representativa como por el sector exterior, el cual oferta inelásticamente bienes importados. Los bienes comerciables y no comerciables son producidos de acuerdo con una función de producción Cobb-Douglas, combinando capital ($K_{j,t}$) y trabajo ($N_{j,t}$) como inputs, donde $j = T, N$:

$$Y_{T_t} = Z_{T_t} F(K_{T_{t-1}}, N_{T_t}) = A_T Z_{T_t} K_{T_{t-1}}^{1-\alpha} N_{T_t}^{\alpha} , \quad (3)$$

$$Y_{N_t} = Z_{N_t} F(K_{N_{t-1}}, N_{N_t}) = A_N Z_{N_t} K_{N_{t-1}}^{1-\eta} N_{N_t}^{\eta} , \quad (4)$$

donde $A_j, j = T, N$, es un parámetro de productividad para cada sector, y $Z_{j_t}, j = T, N$, es una perturbación sobre la productividad total de los factores en cada sector. Además, los bienes comerciables pueden ser importados del resto del mundo y los bienes comerciables producidos en el interior pueden ser exportados. La producción de bienes comerciables y no comerciables son consumidos por el consumidor representativo y utilizados como inputs en el sector de bienes de inversión.

Así, la restricción de factibilidad para el sector de bienes no comerciables dice que la producción total de bienes no comerciables es dedicada a consumo privado y público y como input del sector de bienes de inversión. Tal restricción es

$$Y_{N_t} = C_{N_t} + X_{N_t} + G_{N_t} , \quad (5)$$

donde X_{N_t} es el input no comerciable en el sector de bienes de inversión y G_{N_t} es el gasto público, que es igual a la cantidad de impuestos de suma fija pagados por el consumidor representativo.

La restricción de factibilidad para el sector comerciable es similar y únicamente se diferencia por la posibilidad de comercio con el resto del mundo:

$$Y_{T_t} = C_{T_t} + X_{T_t} + TB_{T_t} . \quad (6)$$

Esto significa que para incrementar la inversión que se transforme en nuevo capital basta con ahorrar una parte del bien no comerciable o con ahorrar parte del bien comerciable u obtener del resto del mundo el bien comerciable, asumiendo, en este último caso, el correspondiente déficit comercial. En definitiva, tanto la inversión comerciable como la no comerciable necesitan inputs comerciables y no comerciables para que tal inversión se incremente y aumente el nuevo capital físico tanto comerciable como no comerciable.

El bien de inversión es producido usando como inputs los bienes comerciables y no comerciables, los cuales pueden interpretarse como equipamiento y estructuras respectivamente:

$$I_t \equiv I_{T_t} + I_{N_t} = X_{T_t}^\gamma X_{N_t}^{1-\gamma}, \quad (7)$$

donde,

$$I_{T_t} = K_{T_t} - (1-\delta)K_{T_{t-1}} + \frac{\Phi_T}{2} \left(\frac{K_{T_t} - K_{T_{t-1}}}{K_{T_{t-1}}} \right)^2, \quad (8)$$

$$I_{N_t} = K_{N_t} - (1-\delta)K_{N_{t-1}} + \frac{\Phi_N}{2} \left(\frac{K_{N_t} - K_{N_{t-1}}}{K_{N_{t-1}}} \right)^2. \quad (9)$$

es decir, I_T e I_N son la inversión bruta en cada sector la cual incorpora el coste de ajustar el stock de capital como función de la inversión neta, y δ es una tasa de depreciación constante, que hemos supuesto igual entre sectores por simplificar el modelo.

Por último, suponemos que las perturbaciones en la tecnología siguen un proceso autorregresivo bivalente de primer orden AR(1)

$$\begin{bmatrix} \ln Z_{T_{t+1}} \\ \ln Z_{N_{t+1}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \rho_T & \nu^{Z_N} \\ \nu^{Z_T} & \rho_N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ln Z_{T_t} \\ \ln Z_{N_t} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{Z_{T_{t+1}}} \\ \varepsilon_{Z_{N_{t+1}}} \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_{Z_{T_t}} \\ \varepsilon_{Z_{N_t}} \end{bmatrix} \sim N \left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \sigma_{Z_T}^2 & \zeta \\ \zeta & \sigma_{Z_N}^2 \end{bmatrix} \right)$$

3.3 El gobierno

El gobierno utiliza las rentas obtenidas de la recaudación mediante un impuesto de “suma fija” para financiar su gasto, manteniendo el equilibrio presupuestario en cada periodo, es decir, no genera deuda. Este gasto del gobierno, G_t es exógeno y tiene un

componente estocástico. La senda del consumo público es conocida por todos los agentes de la economía y viene representada por:

$$\ln G_{t+1} = g(1 - \phi_g) + \phi_g \ln G_t + \varepsilon_{G_{t+1}}, \quad \varepsilon_{G_t} \stackrel{iid}{\sim} N(0, \sigma_g^2) \quad (11)$$

donde g es la media del componente estacionario del logaritmo del consumo del gobierno.

3.4 Problemas que resuelven los agentes

a. El problema del consumidor

El consumidor elige las sendas $\{C_{T_t}, C_{N_t}, N_{T_t}, N_{N_t}, B_t, K_{T_t}, K_{N_t}\}$, tomado como dados los precios $\{P_{N_t}, w_{T_t}, w_{N_t}, r_{T_t}, r_{N_t}, r^*, P_{I_t}\}$ y las variables exógenas $\{T_t\}$ y de estado $\{K_{T_{t-1}}, K_{N_{t-1}}, B_{t-1}\}$, tal que

$$\begin{aligned} \text{Max } E_0 \left\{ \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \frac{1}{1-\sigma} \left[\left(C_{T_t}^\phi C_{N_t}^{1-\phi} - \psi(N_{T_t} + N_{N_t})^\nu \right)^{1-\sigma} - 1 \right] \right\} \\ \text{sujeto a: } w_{T_t} N_{T_t} + w_{N_t} N_{N_t} + r_{T_t} K_{T_{t-1}} + r_{N_t} K_{N_{t-1}} + (1+r^*) B_{t-1} = \\ T_t + C_{T_t} + P_{N_t} C_{N_t} + P_{I_t} (I_{T_t} + I_{N_t}) + B_t, \\ I_{T_t} = K_{T_t} - (1-\delta) K_{T_{t-1}} + \frac{\Phi_T}{2} \left(\frac{K_{T_t} - K_{T_{t-1}}}{K_{T_{t-1}}} \right)^2 \\ I_{N_t} = K_{N_t} - (1-\delta) K_{N_{t-1}} + \frac{\Phi_N}{2} \left(\frac{K_{N_t} - K_{N_{t-1}}}{K_{N_{t-1}}} \right)^2 \\ K_{T_{t-1}}, K_{N_{t-1}}, B_{t-1} \text{ dados.} \end{aligned} \quad (12)$$

donde el precio de los bienes comerciables lo normalizamos a 1 (esto es, tomamos los bienes comerciables como numerario), P_{N_t} es el precio de los bienes no comerciables, w_{j_t} , $j = T, N$, es el salario por hora trabajada en cada uno de los sectores, r_{j_t} , $j = T, N$, es la rentabilidad del capital alquilado a la empresa de cada sector y P_{I_t} es el precio de los bienes de inversión.

b. El problema de la empresa que produce bienes comerciables y no comerciables

Cada una de las empresas representativas de cada sector (comerciable y no comerciable) resuelve el siguiente problema:

$$\begin{aligned} \text{Max}_{\{N_{jt}, K_{jt}\}} \quad & E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \frac{1}{\Pi_{s=0}^t (1 + \rho_{j,s})} \left[Y_{jt} - w_{jt} N_{jt} - P_{It} \left(K_{jt} - (1 - \delta) K_{j,t-1} + \frac{\Phi_j}{2} \left(\frac{K_{jt} - K_{j,t-1}}{K_{j,t-1}} \right)^2 \right) \right] \\ \text{sujeto a:} \quad & Y_{jt} \text{ dado por (3) si } j = T, \text{ o por (4) si } j = N, \end{aligned} \quad (13)$$

donde $1 + \rho_{j,s} = \frac{U_{\tilde{C}_t}}{\beta U_{\tilde{C}_{t+1}}}$, siendo $\tilde{C}_t = C_{T_t}^\phi C_{N_t}^{1-\phi}$, en equilibrio, y $j = T, N$.

c. El problema de la empresa que produce bienes de inversión

La empresa elige los inputs $\{X_{T_t}, X_{N_t}\}$ de modo que

$$\begin{aligned} \text{Max} \quad & P_{It} (I_{T_t} + I_{N_t}) - X_{T_t} - P_{N_t} X_{N_t} \\ \text{sujeto a:} \quad & I_{T_t} + I_{N_t} = D X_{T_t}^\gamma X_{N_t}^{1-\gamma} \end{aligned} \quad (14)$$

donde D es un parámetro de productividad.

3.5 El equilibrio competitivo

Un equilibrio competitivo es un conjunto de asignaciones $\{C_{T_t}, C_{N_t}, N_{T_t}, N_{N_t}, B_t, K_{T_t}, K_{N_t}, TB_t, X_{T_t}, X_{N_t}\}$ y un sistema de precios $\{P_{N_t}, w_{T_t}, w_{N_t}, r_{T_t}, r_{N_t}, P_{It}\}$ tal que, dado el tipo de interés mundial r^* y dada la secuencia del consumo público y las secuencias de las perturbaciones tecnológicas: i) $\{C_{T_t}, C_{N_t}, N_{T_t}, N_{N_t}, B_t, K_{T_t}, K_{N_t}\}$ resuelve el problema del consumidor; ii) $\{N_{T_t}, K_{T_t}\}$ resuelve el problema de la empresa representativa productora del bien comerciable; iii) $\{N_{N_t}, K_{N_t}\}$ resuelve el problema de la empresa representativa productora del bien no comerciable; iv) $\{X_{T_t}, X_{N_t}\}$ resuelve el problema de la empresa representativa productora de bienes de inversión; y v) los mercados se vacían, siendo la restricción de recursos la siguiente:

$$C_{T_t} + P_{N_t} C_{N_t} + P_{It} (I_{T_t} + I_{N_t}) + G_t + TB_t = Y_{T_t} + P_{N_t} Y_{N_t}. \quad (15)$$

3.6 Estado Estacionario

El estado estacionario es un vector:

$$[C_T, C_N, N_T, N_N, B, K_T, K_N, TB, X_T, X_N, P_N, w_T, w_N, r_T, r_N, P_I]$$

que satisface las condiciones de optimalidad de todos los agentes que componen la economía, de modo que, en ausencia de perturbaciones, si este vector es alcanzado en algún instante temporal, el sistema permanecerá en ese punto indefinidamente.

Dado que nuestro objetivo es estudiar las propiedades estocásticas de la economía modelizada, un paso previo en este análisis es describir el estado estacionario ya que nos servirá para caracterizar las propiedades a largo plazo de la economía así como nos proporcionará algunos valores de los parámetros estructurales bajo el procedimiento de calibración que se describe en la sección siguiente.

El siguiente sistema de ecuaciones caracteriza el estado estacionario de la economía modelizada:

$$\frac{1-\phi}{\phi} \left(\frac{C_T}{C_N} \right) = \frac{1-\gamma}{\gamma} \left(\frac{X_T}{X_N} \right), \quad (16)$$

$$\frac{1-\phi}{\phi} \left(\frac{C_T}{C_N} \right) = \left(\frac{Z_T}{Z_N} \right) \left(\frac{A_T}{A_N} \right) \left(\frac{\alpha}{\eta} \right) \left(\frac{K_T}{N_T} \right)^{1-\alpha} \left(\frac{K_N}{N_N} \right)^{\eta-1}, \quad (17)$$

$$1 = \beta \left[A_T Z_T (1-\alpha) \left(\frac{K_T}{N_T} \right)^{-\alpha} \gamma D \left(\frac{X_T}{X_N} \right)^{\gamma-1} + 1 - \delta \right], \quad (18)$$

$$1 = \beta \left[A_N Z_N (1-\eta) \left(\frac{K_N}{N_N} \right)^{-\eta} (1-\gamma) D \left(\frac{X_T}{X_N} \right)^{\gamma} + 1 - \delta \right], \quad (19)$$

$$\delta \left[N_T \left(\frac{K_T}{N_T} \right) + N_N \left(\frac{K_N}{N_N} \right) \right] = D \gamma \left(\frac{X_T}{X_N} \right)^{\gamma} X_N, \quad (20)$$

$$C_N + X_N + G = A_N Z_N \left(\frac{K_N}{N_N} \right)^{1-\eta} N_N, \quad (21)$$

$$N_T + N_N = \left[\frac{(C_T / C_N)^{1-\phi} (\nu \psi / \phi)}{A_T Z_T \alpha (K_T / N_T)^{1-\alpha}} \right], \quad (22)$$

$$\frac{1-\phi}{\phi} \left(\frac{C_T}{C_N} \right) \frac{\gamma}{1-\gamma} X_N = A_T Z_T \left(\frac{K_T}{N_T} \right)^{1-\alpha} N_T - \left(\frac{TB}{Y} \right) Y - \frac{1-\gamma}{\gamma} \left(\frac{X_T}{X_N} \right) \frac{\phi}{1-\phi} C_N, \quad (23)$$

$$Y = A_T Z_T \left(\frac{K_T}{N_T} \right)^{1-\alpha} N_T + \frac{1-\phi}{\phi} \left(\frac{C_T}{C_N} \right) A_N Z_N \left(\frac{K_N}{N_N} \right)^{1-\eta} N_N. \quad (24)$$

La ecuación (16) implica que la relación marginal de sustitución entre consumo comerciable y no comerciable debe ser igual a la relación marginal de transformación

entre el input comerciable y el no comerciable dedicados a producir bienes de inversión. Esto es así debido a que dedicar como input para producir bienes de inversión una unidad adicional del bien (comerciable o no comerciable), implica renunciar a consumo hoy (tanto comerciable como no comerciable). La ecuación (17)) significa que, en el óptimo, la relación marginal de sustitución entre consumo comerciable y no comerciable debe ser igual a la relación marginal de transformación entre el empleo comerciable y no comerciable. La ecuación (18) es la típica condición de Euler evaluada en el estado estacionario derivada del stock de capital comerciable. Así, la ecuación (19) es la análoga a la ecuación (18) para el stock de capital no comerciable.

La ecuación (20) indica que la inversión agregada (la suma de la inversión comerciable y no comerciable) es igual a la función de producción de bienes de inversión. La ecuación (21) es la restricción de factibilidad para los bienes no comerciables; así, la ecuación (23) es la restricción de factibilidad para los bienes comerciables. La ecuación (22) implica que en el óptimo la relación marginal de sustitución entre el consumo comerciable y el empleo comerciable tiene que ser igual a la productividad marginal del empleo comerciable (cómo se intercambia consumo con ocio debe ser igual al coste de oportunidad del ocio: el salario o, lo que es lo mismo, la productividad marginal). Por último, la ecuación (24) no es más que la identidad de que la producción agregada (Y) es la suma de la producción comerciable (Y_T) más la producción no comerciable multiplicada ésta por el precio de los bienes no comerciables ($Y_N P_N$). (Recuérdese que hemos utilizado al bien comerciable como numerario, de modo que el precio de los bienes no comerciables nos dice el precio de tales bienes valorados en términos de los bienes comerciables).

El sistema anterior puede resolverse linealmente: Dados $Z_T = Z_N = 1$, las ecuaciones (16)-(19) forman un sistema lineal en las siguientes 4 variables $\{(C_T / C_N), (X_T / X_N), (K_T / N_T), (K_N / N_N)\}$. Una vez obtenidos los valores de estos cocientes, utilizamos las ecuaciones (20)-(24) para obtener las variables $\{N_T, N_N, X_T, X_N, Y\}$ dado (TB/Y) y G (nótese que estas ecuaciones son lineales en las variables a resolver: $\{N_T, N_N, X_T, X_N, Y\}$). Una vez encontrado el valor de tales variables, junto con el valor de los ratios antes calculados podemos obtener $\{C_T, X_T, K_T, K_N\}$. Por último, utilizando las condiciones de primer orden de las empresas que producen el bien comerciable y no comerciable podemos encontrar $\{w_T, w_N, r_T, r_N\}$, y de las

condiciones de primer orden del agente representativo se obtiene que $P_N = ((1 - \phi) / \phi)(C_T / C_N)$.

4. Calibración y estimación

El modelo que hemos descrito bajo racionalidad de expectativas, presenta condiciones de optimalidad estocásticas y no lineales, imposibilitando, en consecuencia, una solución analítica para las variables que lo componen. Por lo tanto, tendremos que recurrir a una resolución numérica para caracterizar una realización estocástica de dichas variables, a partir de la realización de las perturbaciones estructurales. Esto nos permitirá analizar las relaciones económicas entre las variables del modelo en un contexto de equilibrio competitivo dentro de una estructura dinámica y estocástica¹⁰.

Para conseguir una solución numérica tenemos que conocer los valores de los parámetros estructurales y de aquellos que caracterizan las distribuciones de las perturbaciones exógenas.

Los valores de los parámetros son elegidos de tal manera que los datos generados por la economía teórica para las variables estacionarias se correspondan con los valores medios de las observaciones de la economía española. En consecuencia, algunos parámetros son elegidos usando las ecuaciones del modelo en estado estacionario, mientras que otros son tomados directamente de la literatura. Finalmente, los parámetros correspondientes a los procesos estocásticos considerados son estimados.

La tabla 4 muestra los valores seleccionados de los distintos parámetros del modelo a partir de los datos anuales de la economía española para el periodo considerado.

[Insertar Tabla 4]

La dotación individual de tiempo productivo es 5476 horas por año, resultado de anualizar la dotación de 1369 horas trimestrales que suponen Christiano y Eichenbaum (1992). Esto implica que el individuo decide sobre el uso aproximadamente 2/3 del

¹⁰ Véase apéndice para la descripción del método de solución.

tiempo total. Si suponemos que el 31% de su tiempo disponible lo utiliza para trabajar, entonces el valor del parámetro ψ es igual a 0.71 para obtener del modelo especificado tal propiedad a largo plazo sobre la proporción de tiempo dedicado a trabajar.

La elasticidad del empleo en la producción de ambos sectores α y η se calibra a través de la participación media de las rentas del trabajo sobre la renta nacional sectorial, con el correspondiente ajuste debido a los trabajadores autónomos. Según este procedimiento encontramos un valor para $\alpha = 0.6313$ y $\eta = 0.6043$ en el periodo 1970-1998.

El tipo de interés trimestral mundial $r^* = 4\%$ es elegido de acuerdo con el valor sugerido por Kydland y Prescott (1982) y Prescott (1986) para el tipo de interés de la economía americana.

Tomamos la parametrización de nuestras preferencias de Greenwood *et al.* (1988), es decir, $\nu = 1.7$ y $\sigma = 1.001$,¹¹ mientras que el valor de $\phi = 0.5$ es el apuntado por Rebelo y Vegh (1995).

El parámetro de la función de producción en el sector de la inversión $\gamma = 0.3803$, es tomado de Kehoe y Fernández de Córdoba (2000).

El resto de los parámetros, con la excepción de (Φ_T, Φ_N) son escogidos de manera que la senda de crecimiento equilibrado del modelo se corresponda con las propiedades a largo plazo de los datos para el periodo 1970 – 1998, esto es, la tasa de depreciación $\delta = 0.073$, la tasa subjetiva de descuento $\beta = 1/(1+r^*)$, y los bonos internacionales B , tal que $r^*B/Y = -TB/Y = -0.017748$. Los parámetros (Φ_T, Φ_N) son elegidos de tal manera que la variabilidad de la inversión sea bien reproducida por el modelo.

¹¹ Es habitual en la literatura tomar este valor de aversión relativa al riesgo. Véase por ejemplo Mendoza (1991). Por otra parte, Prescott (1986) indica que este parámetro no es probable que sea mucho más grande que la unidad.

Los parámetros que caracterizan la senda del consumo público se extraen de la estimación de un autorregresivo de primer orden estacionario con media, sobre los datos correspondientes de la economía española de acuerdo con la ecuación (9).

Finalmente, para completar la calibración hemos escogido los parámetros correspondientes al proceso estocástico de la tecnología en ambos sectores estimando el proceso autorregresivo bivalente de la ecuación (8).

$$\begin{bmatrix} \rho_T & \rho_N \\ \rho_T & \rho_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.3627 & -0.263 \\ (0.17) & (0.28) \\ -0.001 & 0.3608 \\ (0.11) & (0.18) \end{bmatrix} ; \quad \begin{bmatrix} \sigma_{Z_T}^2 & \zeta \\ \zeta & \sigma_{Z_N}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.0114^2 & 2.6 \cdot 10^{-5} \\ 2.6 \cdot 10^{-5} & 0.00755^2 \end{bmatrix},$$

donde los números entre paréntesis son las desviaciones típicas. La varianza del shock de productividad en el sector comerciable es aproximadamente el doble que en el sector no comerciable. Los efectos cruzados entre ambos shocks son no significativos y la correlación entre innovaciones es 0.3062.

5. Resultados

La tabla 5 compara las implicaciones cuantitativas del modelo con los datos en presencia de perturbaciones tecnológicas medidas a través de los residuos de Solow correspondientes. La parte superior de la tabla muestra la desviación típica tanto a nivel sectorial como agregado de la producción, trabajo, inversión y consumo, además del comportamiento cíclico de los precios relativos y la balanza comercial. La parte inferior, muestra las diferentes correlaciones entre las principales variables del modelo.

[Insertar Tabla 5]

En este sentido el modelo reproduce razonablemente las desviaciones típicas de la producción tanto a nivel agregado como sectorial. Nótese que los modelos de ciclo real en economías pequeñas y abiertas existentes en la literatura, los residuos de Solow obtenidos a partir de los datos de diferentes economías muestran una variabilidad y

correlación serial para los cuales los modelos no son coherentes con los hechos estilizados de dichos países. En consecuencia, en estos trabajos se ajustan los parámetros de los shocks en productividad para reproducir la volatilidad de la producción¹². En este trabajo, se procede de la misma forma.

Por otra parte, el modelo se comporta razonablemente respecto a la volatilidad de la inversión, por sectores y en agregado, así como sus distintas correlaciones con la producción. Además, el comportamiento cíclico de la balanza comercial también es reproducida adecuadamente por el modelo. Dos excepciones son las referentes al mercado de trabajo. La economía artificial no es capaz de reproducir las volatilidades del trabajo tanto a nivel agregado como sectorial, así como tampoco la correlación entre la productividad y el trabajo.

El modelo también reproduce adecuadamente las correlaciones entre el ahorro y la inversión doméstica y el consumo y la producción, así como el carácter contracíclico de la balanza comercial. Al igual que en otros trabajos la correlación entre los precios relativos de los sectores de los bienes comerciables y no comerciables y los consumos relativos sectoriales es -1, sin embargo la correlación negativa entre los precios relativos y el ratio de producciones es reproducida por el modelo.

Finalmente, la economía artificial ayuda a explicar algunos hechos estilizados particulares de la economía. En primer lugar el llamado “Dolado et al. Puzzle”, es decir la alta volatilidad del consumo privado inconsistente con la teoría económica del consumo. Como puede observarse en la tabla 5, la introducción de bienes no comerciables en el modelo restaurando la conexión entre la producción nacional y su gasto es una posible vía de explicación a este fenómeno. Esto se refleja en el hecho de que el consumo de bienes no comerciables presenta una volatilidad superior al consumo de bienes comerciables influyendo este hecho, a nuestro modo de ver, en la volatilidad del consumo agregado. En segundo lugar, la economía artificial también se comporta razonablemente en lo que se refiere a la volatilidad del ratio de precios relativos o “inflación dual”. Vemos, sin embargo, que el modelo reproduce una volatilidad inferior a la observada. Una posible explicación es la presentada por Estrada y Lopez-Salido

¹² Kydland and Prescott (1982), Kollintzas y Vassilatos (1996), Correia et al. (1995), Martín-Moreno (1998) y Mendoza (1991) proceden de esta manera en sus trabajos. Por otra parte, McCallum (1989) apuntó que cuando los costes de ajuste y las fluctuaciones en los términos de comercio son tomadas en cuenta, el residuo de solow no es un *Proxy* adecuada para los *shocks* de productividad.

(2004) los cuales apuntan la falta de competencia y en consecuencia, la evolución de los “markups” como elemento clave de la dinámica de los precios relativos sectoriales.

6. Conclusiones

El objetivo de este trabajo es analizar las consecuencias de incorporar bienes comerciables, no comerciables y de inversión en un modelo de ciclo real para una economía pequeña y abierta aplicado a la economía española. Esto se debe a que los modelos previos aplicados a dicha economía se abstraen de la evidencia empírica de que el 65% de la producción es no comerciable.

Los resultados obtenidos muestran que esta característica es importante a la hora de reproducir algunos hechos estilizados propios de nuestra economía tal como, i) el llamado Dolado et al. puzzle, es decir, la alta volatilidad del consumo privado y ii) el fenómeno llamado “inflación dual”, es decir, el diferente comportamiento de precios entre los sectores de bienes comerciables y no comerciables.

Finalmente, el modelo reproduce adecuadamente algunas otras propiedades cíclicas de las variables macroeconómicas españolas tanto a nivel agregado como sectorial.

Apéndice

A. CONDICIONES DE OPTIMALIDAD

Las condiciones de optimalidad del modelo son las siguientes:

$$\frac{1-\phi}{\phi} \frac{C_{T_t}}{C_{N_t}} = \frac{1-\gamma}{\gamma} \frac{X_{T_t}}{X_{N_t}} \quad (\text{A.1})$$

$$\frac{\nu\psi}{\phi} \frac{(C_{T_t}/C_{N_t})^{1-\phi}}{(N_{T_t}+N_{N_t})^{1-\nu}} = \alpha A_T Z_{T_t} \left(\frac{K_{T_t}}{N_{T_t}} \right)^{1-\alpha} \quad (\text{A.2})$$

$$\frac{\nu\psi}{1-\phi} \frac{(C_{T_t}/C_{N_t})^{-\phi}}{(N_{T_t}+N_{N_t})^{1-\nu}} = \eta A_N Z_{N_t} \left(\frac{K_{N_t}}{N_{N_t}} \right)^{1-\eta} \quad (\text{A.3})$$

$$C_{N_t} + X_{N_t} + G_t = A_N Z_{N_t} N_{N_t}^\eta K_{N_{t-1}}^{1-\eta} \quad (\text{A.4})$$

$$I_{T_t} = K_{T_t} - (1-\delta)K_{T_{t-1}} + \frac{\phi_T}{2} \left(\frac{K_{T_t} - K_{T_{t-1}}}{K_{T_{t-1}}} \right)^2 \quad (\text{A.5})$$

$$I_{N_t} = K_{N_t} - (1-\delta)K_{N_{t-1}} + \frac{\Phi_N}{2} \left(\frac{K_{N_t} - K_{N_{t-1}}}{K_{N_{t-1}}} \right)^2 \quad (\text{A.6})$$

$$I_{T_t} + I_{N_t} = D X_{T_t}^\gamma X_{N_t}^{1-\gamma} \quad (\text{A.7})$$

$$U'(t) \left(\frac{C_{T_t}}{C_{N_t}} \right)^{\phi-1} = \beta(1+r^*)E_t \left[U'(t+1) \left(\frac{C_{T_{t+1}}}{C_{N_{t+1}}} \right)^{\phi-1} \right] (1+r^*); \quad (\text{A.8})$$

$$\text{donde } U'(t) \equiv \left[C_{T_t}^\phi C_{N_t}^{1-\phi} - \psi(N_{T_t} + N_{N_t})^\nu \right]^{-\sigma}$$

$$U'(t) \left(\frac{C_{T_t}}{C_{N_t}} \right)^{\phi-1} \frac{1}{\gamma D} \left(\frac{X_{T_t}}{X_{N_t}} \right)^{1-\gamma} \left[1 + \phi_T \left(\frac{K_{T_t}}{K_{T_{t-1}}} - 1 \right) \frac{1}{K_{T_{t-1}}} \right] =$$

$$\beta E_t \left\{ U'(t+1) \left(\frac{C_{T_{t+1}}}{C_{N_{t+1}}} \right)^{\phi-1} \left[A_T Z_{T_{t+1}} (1-\alpha) \left(\frac{K_{T_t}}{N_{T_{t+1}}} \right)^{-\alpha} + \frac{1}{\gamma D} \left(\frac{X_{T_{t+1}}}{X_{N_{t+1}}} \right)^{1-\gamma} \left(1 - \delta + \Phi_T \left(\frac{K_{T_{t+1}}}{K_{T_t}} - 1 \right) \frac{K_{T_{t+1}}}{K_{T_t}^2} \right) \right] \right\} \quad (\text{A.9})$$

$$U'(t) \left(\frac{C_{T_t}}{C_{N_t}} \right)^\phi \frac{1}{(1-\gamma)D} \left(\frac{X_{T_t}}{X_{N_t}} \right)^{-\gamma} \left[1 + \phi_N \left(\frac{K_{N_t}}{K_{N_{t-1}}} - 1 \right) \frac{1}{K_{N_{t-1}}} \right] =$$

$$\beta E_t \left\{ U'(t+1) \left(\frac{C_{T_{t+1}}}{C_{N_{t+1}}} \right)^\phi \left[A_N Z_{N_{t+1}} (1-\eta) \left(\frac{K_{N_t}}{N_{N_{t+1}}} \right)^{-\eta} + \frac{1}{(1-\gamma)D} \left(\frac{X_{T_{t+1}}}{X_{N_{t+1}}} \right)^{1-\gamma} \left(1 - \delta + \Phi_N \left(\frac{K_{N_{t+1}}}{K_{N_t}} - 1 \right) \frac{K_{N_{t+1}}}{K_{N_t}^2} \right) \right] \right\} \quad (\text{A.10})$$

$$\ln Z_{T_t} = \psi_{11} \ln Z_{T_{t-1}} + \psi_{12} \ln Z_{N_{t-1}} + \varepsilon_{T_t} \quad (\text{A.11})$$

$$\ln Z_{N_t} = \psi_{21} \ln Z_{T_{t-1}} + \psi_{22} \ln Z_{N_{t-1}} + \varepsilon_{N_t} \quad (\text{A.12})$$

$$\ln G_t = g(1-\phi_g) + \phi_g \ln G_{t-1} + \varepsilon_{G_t} \quad (\text{A.13})$$

$$C_{Tt} + X_{Tt} + TB_t = A_T Z_{Tt} N_{Tt}^\alpha K_{Tt-1}^{1-\alpha} \quad (\text{A.14})$$

La estrategia de resolución de este sistema es la siguiente:

1. Resolver numéricamente el sistema dado por las ecuaciones (A.1)-(A.13) en las variables

$$\{C_{Tt}, C_{Nt}, X_{Tt}, X_{Nt}, N_{Tt}, N_{Nt}, I_{Tt}, I_{Nt}, K_{Tt}, K_{Nt}, Z_{Tt}, Z_{Nt}, G_t\}$$

dadas las condiciones iniciales para los stocks de capital, las perturbaciones en productividad de ambos sectores y el gasto público inicial, y dadas las secuencias para las innovaciones de los procesos estocásticos. La forma de resolver numéricamente este sistema se estudia en la sección siguiente de este apéndice.

2. Una vez obtenidas las secuencias temporales de las variables especificadas en el punto 1, utilizando (A.14), se obtiene la secuencia temporal para el saldo comercial.

3. Utilizando las ecuaciones

$$TB_t = B_t - (1 + r^*)B_{t-1}$$

$$P_{It} = \frac{1}{\gamma D} \left(\frac{X_{Tt}}{X_{Nt}} \right)^{1-\gamma}$$

$$P_{Nt} = \frac{1-\phi}{\phi} \left(\frac{C_{Tt}}{C_{Nt}} \right)$$

junto con una condición inicial para los bonos, obtenemos las secuencias de bonos, precios de los bienes de inversión y precios de los bienes no comerciables.

B. SOLUCIÓN NUMÉRICA DEL SISTEMA (A.1)-(A.13)

El método de solución utilizado comparte algunas características de los métodos de solución de Sims (1984, 2001) y de Blanchard y Khan (1980). El procedimiento es como sigue:

B.1 Aproximamos log-linealmente el sistema (A.1)-(A.13) alrededor del estado estacionario. Sea $J_{i,j}$ la derivada de la ecuación (A.i) respecto de la variable j , siendo el vector de variables el siguiente:

$$V = (C_{Tt}, C_{Tt+1}, C_{Nt}, C_{Nt+1}, X_{Tt}, X_{Tt+1}, X_{Nt}, X_{Nt+1}, N_{Tt}, N_{Tt+1}, N_{Nt}, N_{Nt+1}, I_{Tt}, I_{Nt}, K_{Tt-1}, K_{Tt}, K_{Tt+1}, \dots, K_{Nt-1}, K_{Nt}, K_{Nt+1}, Z_{Tt}, Z_{Tt+1}, Z_{Nt}, Z_{Nt+1}, G_t, G_{t+1})'$$

De este modo, $J \cdot V = 0$, es la aproximación log-lineal del sistema (A.1)-(A.13).

B.2 De la aproximación log-lineal de la expresiones (A.5) y (A.6) podemos obtener las expectativas de

$$\tilde{K}_{Tt+1} \text{ y } \tilde{K}_{Nt+1}^{13}$$

$$E_t(\tilde{K}_{Tt+1}) = -\frac{J_{5,13}}{J_{5,16}} E_t(\tilde{I}_{Tt+1}) - \frac{J_{5,15}}{J_{5,16}} \tilde{K}_{Tt}$$

$$E_t(\tilde{K}_{Nt+1}) = -\frac{J_{6,14}}{J_{6,19}} E_t(\tilde{I}_{Nt+1}) - \frac{J_{6,18}}{J_{6,19}} \tilde{K}_{Nt}$$

De la aproximación log-lineal de la expresiones (A.11)-(A.13) podemos obtener las expectativas de $\tilde{Z}_{Kt+1}$, $\tilde{Z}_{Nt+1}$ y $\tilde{G}_{t+1}$:

¹³ Las variables con tilde ($\sim$), denotan la misma variable en logaritmos y en desviaciones respecto de su estado estacionario.

$$\left. \begin{aligned} E_t(\tilde{Z}_{T+1}) &= \psi_{11}\tilde{Z}_{Tt} + \psi_{12}\tilde{Z}_{Nt} \\ E_t(\tilde{Z}_{Nt+1}) &= \psi_{21}\tilde{Z}_{Tt} + \psi_{22}\tilde{Z}_{Nt} \\ E_t(\tilde{G}_{t+1}) &= \varphi_g \tilde{G}_t \end{aligned} \right\} \Leftrightarrow \underbrace{\begin{pmatrix} E_t(\tilde{Z}_{T+1}) \\ E_t(\tilde{Z}_{Nt+1}) \\ E_t(\tilde{G}_{t+1}) \end{pmatrix}}_{E_t(z_{t+1})} = \underbrace{\begin{pmatrix} \psi_{11} & \psi_{12} & 0 \\ \psi_{21} & \psi_{22} & 0 \\ 0 & 0 & \varphi_g \end{pmatrix}}_P \underbrace{\begin{pmatrix} \tilde{Z}_{Tt} \\ \tilde{Z}_{Nt} \\ \tilde{G}_t \end{pmatrix}}_{z_t}$$

B.3 De la aproximación log-lineal de las ecuaciones contemporáneas [ecuaciones (A.1)-(A.4) y (A.7)] tenemos la siguiente expresión:

$$f_t^0 = A^{-1}B s_t^0 + A^{-1}C z_t \quad (\text{B.1})$$

donde

$$A = \begin{pmatrix} J_{1,1} & J_{1,3} & J_{1,9} & J_{1,11} & J_{1,13} \\ J_{2,1} & J_{2,3} & J_{2,9} & J_{2,11} & J_{2,13} \\ J_{3,1} & J_{3,3} & J_{3,9} & J_{3,11} & J_{3,13} \\ J_{4,1} & J_{4,3} & J_{4,9} & J_{4,11} & J_{4,13} \\ J_{7,1} & J_{7,3} & J_{7,9} & J_{7,11} & J_{7,13} \end{pmatrix}; B = - \begin{pmatrix} J_{1,15} & J_{1,18} & J_{1,5} & J_{1,7} & J_{1,14} \\ J_{2,15} & J_{2,18} & J_{2,5} & J_{2,7} & J_{2,14} \\ J_{3,15} & J_{3,18} & J_{3,5} & J_{3,7} & J_{3,14} \\ J_{4,15} & J_{4,18} & J_{4,5} & J_{4,7} & J_{4,14} \\ J_{7,15} & J_{7,18} & J_{7,5} & J_{7,7} & J_{7,14} \end{pmatrix}; C = - \begin{pmatrix} J_{1,21} & J_{1,23} & J_{1,25} \\ J_{2,21} & J_{2,23} & J_{2,25} \\ J_{3,21} & J_{3,23} & J_{3,25} \\ J_{4,21} & J_{4,23} & J_{4,25} \\ J_{7,21} & J_{7,23} & J_{7,25} \end{pmatrix}$$

$$f_t^0 = \begin{pmatrix} \tilde{C}_{Tt} \\ \tilde{C}_{Nt} \\ \tilde{N}_{Tt} \\ \tilde{N}_{Nt} \\ \tilde{I}_{Tt} \end{pmatrix}; \quad s_t^0 = \begin{pmatrix} \tilde{K}_{Tt-1} \\ \tilde{K}_{Nt-1} \\ \tilde{X}_{Tt} \\ \tilde{X}_{Nt} \\ \tilde{I}_{Nt} \end{pmatrix}; \quad z_t = \begin{pmatrix} \tilde{Z}_{Tt} \\ \tilde{Z}_{Nt} \\ \tilde{G}_t \end{pmatrix}$$

Y de las ecuaciones dinámicas (A.5), (A.6), (A.8)-(A.10) tenemos:

$$D E_t(s_{t+1}^0) + F E_t(f_{t+1}^0) = H s_t^0 + K f_t^0 + L z_t \quad (\text{B.2})$$

donde

$$D = \begin{pmatrix} J_{5,16} & J_{5,19} & J_{5,6} & J_{5,8} & 0 \\ J_{6,16} & J_{6,19} & J_{6,6} & J_{6,8} & 0 \\ J_{8,16} & J_{8,19} & J_{8,6} & J_{8,8} & 0 \\ \theta_2 & J_{9,19} & J_{9,6} & J_{9,8} & 0 \\ J_{10,16} & \theta_6 & J_{10,6} & J_{10,8} & \theta_7 \end{pmatrix}; F = \begin{pmatrix} J_{5,2} & J_{5,4} & J_{5,10} & J_{5,12} & 0 \\ J_{6,2} & J_{6,4} & J_{6,10} & J_{6,12} & 0 \\ J_{8,2} & J_{8,4} & J_{8,10} & J_{8,12} & 0 \\ J_{9,2} & J_{9,4} & J_{9,10} & J_{9,12} & \theta_3 \\ J_{10,2} & J_{10,4} & J_{10,10} & J_{10,12} & 0 \end{pmatrix}; H = - \begin{pmatrix} J_{5,15} & J_{5,18} & J_{5,5} & J_{5,7} & J_{5,14} \\ J_{6,15} & J_{6,18} & J_{6,5} & J_{6,7} & J_{6,14} \\ J_{8,15} & J_{8,18} & J_{8,5} & J_{8,7} & J_{8,14} \\ J_{9,15} & J_{9,18} & J_{9,5} & J_{9,7} & J_{9,14} \\ J_{10,15} & J_{10,18} & J_{10,5} & J_{10,7} & J_{10,14} \end{pmatrix};$$

$$K = - \begin{pmatrix} J_{5,1} & J_{5,3} & J_{5,9} & J_{5,11} & J_{5,13} \\ J_{6,1} & J_{6,3} & J_{6,9} & J_{6,11} & J_{6,13} \\ J_{8,1} & J_{8,3} & J_{8,9} & J_{8,11} & J_{8,13} \\ J_{9,1} & J_{9,3} & J_{9,9} & J_{9,11} & J_{9,13} \\ J_{10,1} & J_{10,3} & J_{10,9} & J_{10,11} & J_{10,13} \end{pmatrix}; L = - \begin{pmatrix} J_{5,21} & J_{5,23} & J_{5,25} \\ J_{6,21} & J_{6,23} & J_{6,25} \\ J_{8,21} & J_{8,23} & J_{8,25} \\ -\theta_4 & -\theta_5 & J_{9,25} \\ -\theta_8 & -\theta_9 & J_{10,25} \end{pmatrix}$$

$$\theta_2 = J_{9,16} - J_{9,17} \frac{J_{5,15}}{J_{5,16}}; \theta_3 = -J_{9,17} \frac{J_{5,13}}{J_{5,16}}; \theta_4 = -J_{9,21} - J_{9,22}\psi_{11}; \theta_5 = -J_{9,23} - J_{9,22}\psi_{12};$$

$$\theta_6 = J_{10,19} - J_{10,20} \frac{J_{6,18}}{J_{6,19}}; \theta_7 = -J_{10,20} \frac{J_{6,14}}{J_{6,19}}; \theta_8 = -\psi_{21}J_{10,24}; \theta_9 = -J_{10,21} - \psi_{22}J_{10,24}.$$

B.4 Sustituyendo (B.1) en (B.2):

$$E_t s_{t+1}^0 = M s_t^0 + N z_t \quad (\text{B.3})$$

donde

$$M = (D + FA^{-1}B)^{-1} (H + KA^{-1}B)$$

$$N = (D + FA^{-1}B)^{-1} (L + KA^{-1}C - FA^{-1}CP)$$

Del estudio de los autovalores de la matriz M , se obtiene que existen 2 autovalores con norma mayor que $\beta^{-1/2}$, y un autovalor unitario (autovalor típico en los modelos de economía abierta y pequeña, derivado de que el tipo de interés mundial es tomado exógenamente). Sin embargo, para tener identificado perfectamente el modelo deberíamos tener 3 autovalores inestables (y no dos) ya que querríamos obtener de la ecuación (B.3) un sistema de 3 ecuaciones (las direcciones inestables), a partir de las cuales pudiéramos calcular los tres controles $(\tilde{X}_{Tt}, \tilde{X}_{Nt}, \tilde{I}_{Nt})$ en función de los estados $(\tilde{K}_{Tt-1}, \tilde{K}_{Nt-1}, \tilde{Z}_{Tt}, \tilde{Z}_{Nt}, \tilde{G}_t)$. Por tanto, para cada instante t supondremos dado por los datos el control $\tilde{I}_{Nt}$, y calcularemos los controles $\tilde{X}_{Tt}, \tilde{X}_{Nt}$ en función de los estados y de $\tilde{I}_{Nt}$, utilizando las dos direcciones inestables encontradas. Una vez que hemos calculado estos dos controles, a partir de las ecuaciones (A.1)-(A.4) y (A.7), obtenemos el resto de los controles $(\tilde{C}_{Tt}, \tilde{C}_{Nt}, \tilde{N}_{Tt}, \tilde{N}_{Nt}, \tilde{I}_{Tt})$. Por último, utilizando las ecuaciones (A.5) y (A.6) y las ecuaciones (A.11)-(A.13) obtendremos los estados $(\tilde{K}_{Tt}, \tilde{K}_{Nt}, \tilde{Z}_{Tt+1}, \tilde{Z}_{Nt+1}, \tilde{G}_{t+1})$ del periodo siguiente (dadas unas realizaciones de las innovaciones estructurales en $t+1$), con los que iniciaremos el cálculo de los controles en $t+1$. Siguiendo este algoritmo recursivo, completaremos la simulación del modelo para una muestra dada.

Hay que señalar, por último, que este procedimiento de solución sólo aproxima el análisis de estabilidad del sistema, mientras que el resto de las ecuaciones que lo componen no es objeto de ningún tipo de aproximación. Esta característica lo diferencia de otros métodos de solución que resuelven una aproximación del problema original, obviándose además, el análisis de estabilidad.

BIBLIOGRAFIA

- Backus, D.K., Kehoe, P. y Kydland, F.E., (1992), "International Borrowing and World Business Cycles.", *Journal of Political Economy* 100(4), 745-775.
- Betts, C. M. and T. J. Kehoe (1999), "Tradability of goods and real Exchange rate fluctuations", Manuscript, University of Southern California.
- Blanchard, O. and Kahn, C.M. (1980). The solution of linear difference models under rational expectations. *Econometrica*, 48, 1305-1313.
- Christiano, L.J. y Eichenbaum (1992), "Current real business cycle theories and aggregate labor market fluctuations", *American Economic Review* 82, 430-450.
- Correia, I., Neves, J.C. y Rebelo, S. (1995), "Business cycles in a small open economy", *European Economic Review*, 39, 1089-1113.
- De Miguel, C., Manzano, B. y Martín-Moreno, J.M (2003), "Oil Price Shocks and Aggregate Fluctuations", *The Energy Journal*, vol. 24, No.2, 47-61.
- Estrada, A. y López-Salido, D. (2004), "Understanding Spanish dual inflation", *Investigaciones Económicas*, Vol. XXVIII (1), 123-140.
- Giménez, E.L y Martín-Moreno, J.M. (2002), "On the role of Money in a business cycle model of a small open economy: The case of Spain", *Spanish Economic Review* 4, 159-177.
- Greenwood, J., Hercowitz, Z. y Huffman, G. (1988), "Investment, capacity utilization and the real business cycle", *American Economic Review* 78, 971-987.
- Kehoe, T. and Fernández de Córdoba, G. (2000), "Capital Flows and Real Exchange Rate Fluctuations Following Spain's Entry into the European Community", *Journal of International Economics*, 51, 49-78.
- Kollintzas, T y Vassilatos, V. (1996), "A stochastic dynamic general equilibrium model for Greece", CEPR discussion paper 1518.
- Kydland, F. y Prescott, E.C. (1982), "Time to build and aggregate fluctuations", *econometrica* 50, 1345-1370.
- Long, J.B. y Plosser, C.I. (1983), "Real Business Cycles", *Journal of Political Economy* 91, 1345-1370.
- McCalum, B.T, "Real Business Cycles Models", en R.J. Barro (ed.), *Modern Business Cycle Theory*., Cambridge: Harvard University Press, 1989, 16-50.
- Martín-Moreno, J.M (1998), "Ciclos reales en economías abiertas: una aplicación al caso español", *Moneda y Crédito* 207, 87-1130.

Mendoza, E.G. (1991), "Real Business Cycles in a Small Open Economy", *American Economic Review* 81, 797-818.

Prescott, E.C. (1986), "Theory ahead of business cycle measurement", *Quarterly Review* 10(4), 9-33, Federal Reserve Bank of Minneapolis, Minneapolis, MN.

Puch, L. y Licandro, O. (1997), "Are there any special features in the Spanish business cycle?", *Investigaciones económicas*, XXI (2), 361-394.

Rebelo, S. and C. Vega. (1995), "Real effects of Exchange-rate-based stabilization: An análisis of competing theories", in: B. S. Bernanke and J. J. Rotemberg, eds., *NBER Macroeconomics Annual 1995*, MIT Press, Cambridge, MA, 125-173.

Sims, C.A. (1984), "Solving the Stochastic Growth Model by Backsolving with a Particular Nonlinear Form for the Decision Rule", *Journal of Business and Economic Statistics* 8, 45-47.

Sims, C.A. (2001), "Solving linear rational expectations models", *Computational Economics*, 20, 1-20.

Stockman, A. C and L. Tesar (1995), "Tastes and Technology in a Two-Country Model of the Business Cycle: Explaining Internacional Comovements", *The American Economic Review* No.1, 168-185.

Turnosvsky, S.J., 1997, *International Dynamic Macroeconomics*, MIT Press, Cambridge, MA.

Tabla 1. Desviaciones Típicas de las variables macroeconómicas

	σ_x	σ_x/σ_{yi}
Producción		
Agregado	1.43	1.00
Comerciable	1.98	1.00
No comerciable	1.30	1.00
Trabajo		
Agregado	1.75	1.22
Comerciable	1.68	0.85
No comerciable	2.08	1.60
Inversión		
Agregado	5.99	4.18
Comerciable	7.98	4.03
No comerciable	5.87	4.51
Consumo		
Agregado	1.43	1.00
Comerciable	---	---
No comerciable	---	---
	Desviación típica	Desviación típica relativa a la desviación típica de la producción agregada
TB/PIB	1.30	0.91
P_N/P_T	1.95	1.36

Para cada serie temporal x se recoge la volatilidad absoluta (σ_x) y la volatilidad relativa (σ_x/σ_{yi}), siendo $i = A, T, N$ (agregado, comerciable y no comerciable respectivamente). Ambos estadísticos son calculados para el periodo 1970-1998 con series de frecuencia anual. Todas las series son filtradas usando Hodrick-Prescott (parámetro $\lambda = 100$).

Tabla 2. Correlaciones entre variables macroeconómicas

Correlaciones	
(C, Y)	
Agregado	0.86
Comerciable	---
No comerciable	---
(I, Y)	
Agregado	0.84
Comerciable	0.76
No comerciable	0.79
(Y/n, n)	
Agregado	-0.58
Comerciable	-0.10
No comerciable	-0.80
(XN, Y)	
	-0.57
(S, I)	
	0.84

El periodo de referencia es 1970-1998. El ahorro es calculado como la producción menos el consumo agregado. Todas las series son filtradas usando el filtro de Hodrick-Prescott (parámetro $\lambda = 100$).

Tabla 3. Correlaciones entre precios y cantidades

Corr (C_T, C_N)	---
Corr (Y_T, Y_N)	0.75
Corr ($P_N/P_T, C_N/C_T$)	---
Corr ($P_N/P_T, Y_N/Y_T$)	-0.44

El periodo de referencia es 1970-1998. Todas las series son filtradas usando el filtro de Hodrick-Prescott (parámetro $\lambda = 100$).

Tabla 4. Parámetros de la economía

Preferencias		
Parámetro de consumo (4)	ϕ	0.65
Desutilidad del trabajo (1)	ψ	0.714
Parámetro de elasticidad (2)	ν	1.7
Aversión al riesgo (2)	σ	1.001
Tasa subjetiva de descuento (1)	β	0.9615
Tecnología		
Participación del trabajo sector comerciable (2)	α	0.6313
Participación del trabajo sector no comerciable (2)	η	0.6043
Parámetro productividad sector comerciable (3)	A_T	1.0
Parámetro productividad sector no comerciable (3)	A_N	4.0
Tasa de depreciación (1)	δ	0.073
Parámetro sector inversión (2)	γ	0.3802
Parámetro productividad sector inversión	D	3.0
Parámetro coste de ajuste inversión (comerciable) (3)	Φ_T	75
Parámetro coste de ajuste inversión (no comerciable) (3)	Φ_N	75
Tipo de interés mundial (2)	r^*	0.04
Proceso estocástico sector comerciable		
Coefficiente persistencia shock de productividad (4)	ρ_T	0.92
Desviación std. del shock tecnológico (3)	σ_T	0.01192
Proceso estocástico sector no comerciable		
Coefficiente persistencia shock de productividad (4)	ρ_N	0.82
Desviación std. Del shock tecnológico (3)	σ_N	0.00789
Spillovers (3)	$\nu_N^Z = \nu_T^Z$	0
Covarianza (3)	ζ	$2.68 \cdot 10^{-5}$
Correlación entre innovaciones (3)	Corr ($\varepsilon_T, \varepsilon_N$)	0.306202
Proceso estocástico del gasto público		
Coefficiente persistencia shock del gasto público (3)	ρ_g	0.971270
Desviación std. del shock del gasto público (3)	σ_g	0.019677

Criterios de calibración: (1) resolución del modelo en estado estacionario, (2) información externa, (3) propiedades del proceso, (4) resolución del modelo bajo el entorno estocástico modelizado.

Tabla 5. Resultados numéricos

	Datos	Shocks Tecnológicos y Gasto Público
Producción		
Agregado	1.43	1.45 (0.12)
Comerciable	1.98	1.83 (0.11)
No comerciable	1.30	1.11 (0.05)
Trabajo		
Agregado	1.75	0.70 (0.05)
Comerciable	1.68	1.11 (0.09)
No comerciable	2.08	0.62 (0.05)
Inversión		
Agregado	5.99	7.51 (0.31)
Comerciable	7.98	9.13 (0.86)
No comerciable	5.87	5.87 (0.00)
Consumo		
Agregado	1.43	1.51 (0.31)
Comerciable	---	1.32 (0.22)
No comerciable	---	1.53 (0.32)
XN/PIB	1.30	1.32 (0.16)
P_N/P_T	1.95	1.43 (0.11)
Corr (C, Y)		
Agregado	0.86	0.80 (0.04)
Comerciable	---	0.60 (0.06)
No comerciable	---	0.82 (0.04)
Corr (I,Y)		
Agregado	0.84	0.75 (0.10)
Comerciable	0.76	0.84 (0.08)
No comerciable	0.79	0.62 (0.09)
Corr (Y/n, n)		
Agregado	-0.58	0.94 (0.01)
Comerciable	-0.10	0.27 (0.07)
No comerciable	-0.80	0.66 (0.04)
Corr (TB, Y)	-0.57	-0.42 (0.08)
Corr (S, I)	0.84	0.83 (0.02)
Corr (C_T, C_N)	---	0.94 (0.00)
Corr (Y_T, Y_N)	0.75	0.66 (0.06)
Corr (P_N/P_T, C_N/C_T)	---	-1.00 (0.00)
Corr (P_N/P_T, Y_N/Y_T)	-0.44	-0.53 (0.08)

Todos los estadísticos para el modelo son medias sobre 100 simulaciones de 29 observaciones cada una. Entre paréntesis aparecen las desviaciones típicas.