

# Modelo semiestructural de CaixaBank Research para la eurozona

Documento de trabajo 02/21  
Mayo de 2021



## CaixaBank Research

[www.caixabankresearch.com](http://www.caixabankresearch.com)

### Eduard Llorens i Jimeno

Economista

[ellorensi@caixabank.com](mailto:ellorensi@caixabank.com)

## Resumen

- *Este documento de trabajo presenta un nuevo modelo macroeconómico de CaixaBank Research para la economía de la eurozona.*
- *El modelo está estructurado como un sistema de ecuaciones de corrección de error y primeras diferencias en el que la demanda agregada domina a corto plazo. El modelo converge hacia un equilibrio estable a largo plazo y sus propiedades se ajustan a la teoría macroeconómica y a los distintos modelos de referencia.*
- *El modelo está diseñado con el objetivo de que se convierta en una herramienta más para elaborar previsiones a medio plazo y realizar escenarios de riesgo en CaixaBank Research.*

*Palabras clave: modelo macroeconómico, eurozona, estimaciones, mecanismo de corrección de error, simulación de escenarios.*

*Códigos JEL: C30, C50, E10, E20.*

*«Documento de trabajo» es una publicación de CaixaBank Research que contiene informaciones y opiniones que proceden de fuentes que consideramos fiables. Este documento tiene un propósito meramente informativo, por lo cual CaixaBank no se responsabiliza en ningún caso del uso que se pueda hacer del mismo. Las opiniones y las estimaciones son propias de CaixaBank Research y pueden estar sujetas a cambios sin notificación previa. El autor quiere agradecer a Oriol Aspachs, Oriol Carreras, Javier Garcia-Arenas, Álvaro Leandro y a los participantes del seminario de CaixaBank Research sus comentarios y sugerencias.*

## 1. Introducción

Este documento de trabajo presenta la primera versión de un nuevo modelo macroeconómico de CaixaBank Research para la economía de la eurozona. Se trata de un modelo semiestructural de equilibrio general inspirado en modelos de otros organismos económicos; principalmente, el modelo ECB-BASE del Banco Central Europeo (Angelini *et al.*, 2019), el modelo FRB/US de la Reserva Federal (Federal Reserve, 1996), el National Institute Global Econometric Model (NiGEM)<sup>1</sup> o el Modelo Trimestral del Banco de España (MTBE, documentado en Arencibia *et al.*, 2017). Dicho modelo se utilizará como punto de partida para hacer previsiones a medio plazo de los principales agregados de la economía de la eurozona y para realizar diferentes escenarios de riesgo.<sup>2</sup>

El resto de este documento de trabajo está organizado de la siguiente manera: en las secciones 2 y 3 se describe la estructura del modelo y su método de solución, en la Sección 4 se muestran las estimaciones de las principales ecuaciones del modelo, mientras que en la Sección 5 se analiza la respuesta dinámica del modelo bajo distintas simulaciones de escenarios. La Sección 6 concluye.

## 2. Estructura del modelo

La estructura del modelo es la de una unión monetaria abierta al exterior, donde el corto plazo está determinado por la demanda agregada, mientras que a largo plazo la demanda y oferta agregadas se igualan.

En la Figura 1 se muestra un diagrama que resume los principales bloques del modelo y como estos están interconectados. Para empezar, se pueden distinguir los dos bloques más importantes: la demanda agregada y la oferta agregada.

Por un lado, la demanda agregada (*DA*) es la que domina a corto plazo, y está compuesta por los distintos componentes del PIB, esto es:

$$DA: PIB = C + I + G + X - M$$

donde *C* representa el consumo privado, *I* la inversión, *G* el consumo público, *X* las exportaciones y *M* las importaciones. Al mismo tiempo, cada uno de estos componentes depende de otros bloques.<sup>3</sup> Por ejemplo, el consumo privado depende de la política monetaria (tipo de interés), del mercado laboral (empleo y salarios) y de las condiciones crediticias.

---

<sup>1</sup> Para más información sobre este modelo, visítese <https://nimodel.niesr.ac.uk/>

<sup>2</sup> El presente trabajo está dedicado a detallar las bases del modelo y analizar su comportamiento bajo distintas simulaciones de escenarios estándar en la literatura. Próximas actualizaciones de este documento de trabajo incluirán un análisis de la capacidad predictiva del modelo y de su idoneidad para generar escenarios de riesgo.

<sup>3</sup> A excepción del consumo público que en la versión actual del modelo es exógeno.

Por otro lado, la oferta agregada (*OA*) representa el PIB potencial de la economía, y se modeliza mediante la siguiente función de producción Cobb-Douglas:

$$OA: F(L, K) = (Le^{\lambda t})^{\alpha} K^{1-\alpha}$$

donde *L* representa la fuerza laboral,  $e^{\lambda t}$  un factor tecnológico que afecta a la fuerza laboral y *K* el *stock* de capital. La elasticidad del producto al factor trabajo ( $\alpha$ ) se calibra a 0,65.<sup>4</sup>

Finalmente, para que la economía converja hacia un estado de crecimiento equilibrado a largo plazo, es necesario que la demanda y oferta agregadas se igualen. Esto se consigue a través del bloque de precios; por ejemplo, cuando la economía sufre un *shock* adverso a corto plazo que deprime la demanda agregada y la hace crecer por debajo de su potencial, esto provoca que se abra un *output gap* (brecha de producción) negativo. Asimismo, un *output gap* negativo ejerce presión a la baja sobre los precios, algo que estimula de nuevo la demanda agregada y provoca que el *output gap* se vuelva a cerrar a largo plazo.<sup>5</sup>

### 3. Solución del modelo

El modelo está compuesto por un conjunto de modelos de mecanismo de corrección de error (MCE)<sup>6</sup> y modelos de primeras diferencias. Más concretamente, el modelo consta de 8 ecuaciones estimadas<sup>7</sup> y 20 ecuaciones auxiliares.<sup>8</sup> Una vez modelizadas todas las ecuaciones, el modelo se resuelve simultáneamente en cada periodo como un sistema de ecuaciones lineales:

$$AX = B$$

donde *A* es la matriz de coeficientes de dimensión 28x28, *X* es la columna de variables endógenas de dimensión 28x1, y *B* es la columna de constantes<sup>9</sup> de dimensión 28x1. Dado que el número de ecuaciones es igual al número de incógnitas, la solución del modelo es única en

---

<sup>4</sup> Esta calibración es la misma que se utiliza en otros estudios como Havik *et al.* (2014) o Johansson *et al.* (2013). Sin embargo, tal y como se menciona en Cuadrado y Moral-Benito (2016), dicha calibración no acaba de ajustarse a los resultados encontrados por Karabarounis y Neiman (2014), quienes documentan una tendencia a la baja de la elasticidad del producto al factor trabajo. Próximas versiones del modelo deberán tratar de tener en cuenta este fenómeno empírico.

<sup>5</sup> En este sentido, en el gráfico del *output gap* de la Figura 2 puede apreciarse como el modelo converge hacia un crecimiento equilibrado a largo plazo.

<sup>6</sup> Para más información sobre este tipo de modelo véase, por ejemplo, Mehra (1991) o Anderson *et al.* (2000).

<sup>7</sup> Estas son las ecuaciones de consumo privado, inversión, exportaciones, importaciones, empleo, salarios nominales, precios (IPCA) y nivel del euríbor a 12 meses nominal (regla de Taylor).

<sup>8</sup> Estas son las ecuaciones de salarios, renta bruta disponible, renta bruta disponible nominal, PIB, PIB potencial, productividad laboral, fuerza laboral, costes laborales unitarios, *output gap*, riqueza financiera, riqueza financiera nominal, *stock* de capital, tipo de interés a largo plazo, euríbor a 12 meses, euríbor a 12 meses nominal, demanda de importaciones, crédito, crédito nominal, tipo de cambio y tipo de cambio nominal. Por ejemplo, la ecuación auxiliar de salarios se define como los salarios nominales deflactados por el IPCA.

<sup>9</sup> En esta columna se incluyen las constantes, los componentes autorregresivos de cada ecuación estimada y, en caso de que se utilice un modelo MCE, la etapa de largo plazo.

cada periodo. Además, tal y como muestra la Figura 2, dicha solución para las distintas variables endógenas converge hacia un equilibrio estable a largo plazo.<sup>10</sup>

## Elaboración de previsiones

Tal y como se ha mencionado, una de las principales utilidades del modelo es la de disponer de una herramienta que permite hacer previsiones a medio plazo. A este respecto, la práctica habitual es tomar como punto de partida las previsiones elaboradas libremente por el modelo, y complementar dichas previsiones mediante el juicio del analista. Normalmente, tal juicio experto se introduce en el modelo a través de *add-factors* (residuos) que se incluyen *ad hoc* en las distintas ecuaciones del modelo cuando este no es capaz de capturar *shocks* externos que provocan que la evolución de una o más variables se considere poco realista o satisfactoria.

No obstante, no hay que olvidar que cualquier modelo macroeconómico, pese a estar complementado por juicio experto, es una simplificación de la realidad, por lo que toda previsión está inevitablemente sujeta a diversas fuentes de error. Una de ellas está relacionada con la misma incertidumbre que rodea al modelo, ya sea en términos de los coeficientes estimados (que llevan asociados un intervalo de confianza) o la estructura de los distintos bloques. Otra fuente de error pueden ser las variables consideradas exógenas en el modelo, como por ejemplo el precio del petróleo o la evolución demográfica, si existe una discrepancia entre las previsiones impuestas en el modelo y los datos observados posteriormente. Finalmente, otra fuente de error puede ser la propia introducción de juicio experto en el modelo que no se ajuste a la evolución macroeconómica tal y como se pensó en un primer momento.

## 4. Ecuaciones estimadas

Como rasgo común de todas las ecuaciones estimadas que forman parte del modelo, cuando existe una relación de cointegración entre la variable dependiente y las variables explicativas, las ecuaciones se estiman mediante un modelo de mecanismo de corrección de error. En los casos donde no se encuentra ninguna relación de cointegración, las ecuaciones se estiman mediante un modelo de primeras diferencias.

La elección de las variables explicativas se rige por los criterios de coherencia con la teoría económica, consistencia de signos, magnitud y significatividad de los coeficientes estimados. En las etapas de largo plazo de los modelos MCE se han priorizado los tres primeros criterios y la existencia de una relación de cointegración (residuo estacionario) por encima de la significatividad de las estimaciones.

---

<sup>10</sup> En la Figura 2, el residuo en cada una de las ecuaciones del modelo se ha igualado a cero.

Finalmente, todas las variables incluidas tienen frecuencia trimestral<sup>11</sup> y, salvo indicación contraria, están expresadas en términos reales y transformadas a logaritmos.<sup>12</sup>

## Consumo privado

El consumo privado se estima mediante un modelo MCE. En la primera etapa de largo plazo se incluyen como regresores la renta bruta disponible, el crédito,<sup>13</sup> la riqueza financiera y el euríbor a 12 meses nominal,<sup>14</sup> estos dos últimos para capturar el efecto riqueza sobre el consumo y la sustitución intertemporal de este a cambios en los tipos de interés. En su conjunto, la elección de estas variables se basa en una extensa literatura iniciada por Keynes (1936), y que más tarde fue ampliada, entre otros, por Modigliani y Brumberg (1954), Kaldor (1956), Friedman (1957) y Branson (1972).<sup>15</sup>

Las estimaciones de la Tabla 1 muestran que la renta bruta disponible y el tipo de interés son las variables con mayor peso, seguidas del crédito y la riqueza financiera, en línea con los resultados de otros estudios.<sup>16</sup>

En la segunda etapa los regresores son la renta bruta disponible, el euríbor a 12 meses, el crédito y el mecanismo de corrección de error. De manera parecida a la primera etapa, a corto plazo la variable que domina es la renta bruta disponible, con una contribución notable del mecanismo de corrección de error; este nos dice que, cada trimestre, se corrige en torno al 23% de las desviaciones del consumo privado respecto de su nivel de equilibrio a largo plazo.

<b>Tabla 1: Consumo privado</b>			
<b>Coefficientes largo plazo</b>		<b>Coefficientes corto plazo</b>	
Renta bruta disponible	0,641***	Renta bruta disponible	0,475***
Riqueza financiera	0,154***	Euríbor 12 meses	-0,217*
Euríbor 12 meses nominal	-0,792***	Crédito	0,112*
Crédito	0,156***	MCE	-0,227***

Notas – Primera etapa: N=83, \*10%, \*\*5%, \*\*\*1%, Dickey-Fuller (p-valor; residuo)=0,02. Segunda etapa: N=82, \*10%, \*\*5%, \*\*\*1% (errores estándar Newey-West), R2=0,50, Durbin-Watson (p-valor)=0,65, Dickey-Fuller (p-valor; residuo)<0,01.

<sup>11</sup> El periodo muestral abarca desde el 1T 1995 hasta el 4T 2019. Las fuentes de donde se han obtenido los datos son el BCE, BIS, OCDE, FMI, Oxford Economics, Thomson Reuters y Comisión Europea.

<sup>12</sup> Las únicas variables a las que no se les ha aplicado una transformación logarítmica son los tipos de interés.

<sup>13</sup> Véase, por ejemplo, Bovenberg y Evans (1990) o Marquis (2002).

<sup>14</sup> Véase, por ejemplo, Mankiw (1987) o Wilcox (1990).

<sup>15</sup> Tanto la teoría del ciclo vital de Modigliani y Brumberg (1954) como la hipótesis del ingreso permanente de Friedman (1957) establecen que el consumo de los hogares no solo depende de sus ingresos presentes, sino también de las expectativas sobre sus ingresos futuros. Sin embargo, nuestro modelo de momento no tiene en cuenta el componente de expectativas al ser de naturaleza *backward looking*.

<sup>16</sup> Con datos hasta el 4T 2007 para la eurozona, Sousa (2009) estima que la elasticidad de largo plazo del consumo privado respecto a la renta bruta disponible y riqueza financiera es de 0,65 y 0,13 respectivamente, cifras muy similares a las mostradas en la Tabla 1. Por otro lado, y en sintonía con Sousa (2009), la riqueza no financiera tiene un impacto no significativo sobre el consumo privado, motivo por el cual hemos descartado esta variable como regresor.

## Inversión

La inversión se estima mediante un modelo MCE. Los determinantes a largo plazo escogidos son el PIB, los costes laborales unitarios, el tipo de interés a largo plazo nominal<sup>17</sup> y el crédito. Las tres primeras variables se basan en el postulado keynesiano de la teoría del acelerador y la perspectiva neoclásica de Hall y Jorgenson (1971), quienes defienden que el *stock* de capital deseado no solo debe explicarse en función del PIB, sino también en función de sus costes asociados. Por otro lado, existe también una literatura extensa sobre el impacto de la facilidad de acceso al crédito sobre la inversión; por ejemplo, Stiglitz y Weiss (1981) defienden que a la hora de invertir, las empresas pueden encontrarse con dificultades debido a unos tipos de interés elevados o a restricciones en la oferta de crédito.

Los resultados de la Tabla 2 muestran que el PIB y los costes laborales unitarios son las variables que mayor influencia tienen sobre la inversión a largo plazo.<sup>18</sup>

En la segunda etapa los regresores son los mismos que en la primera, sustituyendo el tipo de interés nominal por el real y añadiendo el primer retardo de la variable dependiente y el mecanismo de corrección de error. Las estimaciones muestran los signos esperados y, al igual que en la primera etapa, el PIB y los costes laborales unitarios son las variables con mayor peso.

Tabla 2: Inversión			
Coeficientes largo plazo		Coeficientes corto plazo	
PIB	2,031***	Inversión (-1)	0,362***
Costes laborales unitarios	-1,103***	PIB (-1)	0,641**
Tipo de interés nominal	-0,136	Costes laborales unitarios	-1,003***
Crédito	0,050	Tipo de interés	-0,169*
		Crédito	0,171***
		MCE	-0,115**

Notas – Primera etapa: N=80, \*10%, \*\*5%, \*\*\*1%, Dickey-Fuller (p-valor; residuo)=0,11. Segunda etapa: N=78, \*10%, \*\*5%, \*\*\*1% (errores estándar Newey-West), R2=0,79, Durbin-Watson (p-valor)=0,31, Dickey-Fuller (p-valor; residuo)<0,01.

## Exportaciones

Las exportaciones se estiman mediante un modelo MCE. Tal y como utilizan los artículos de referencia en esta materia,<sup>19</sup> cuando se quieren analizar las exportaciones de un país o unión monetaria, se deben tener en cuenta dos variables: la demanda externa y la competitividad de precios y costes.

<sup>17</sup> Se trata de un indicador sintético de los distintos tipos de interés soberanos a 10 años de los miembros de la eurozona.

<sup>18</sup> Con datos hasta el 4T 2014 para España, Arencibia *et al.* (2017) estiman que la elasticidad de largo plazo de la inversión respecto al PIB, costes laborales unitarios y crédito es de 1,834, -0,903 y 0,032 respectivamente, cifras similares a las mostradas en la Tabla 2.

<sup>19</sup> Véase, por ejemplo, Morin y Schweltnus (2014) o Zorzi y Schnatz (2007).

En primer lugar, la demanda externa (*DE*) se construye como una media ponderada del total de importaciones de los principales socios comerciales de la eurozona.<sup>20</sup> Formalmente:

$$DE_t = \prod_{i=1}^n M_{i,t}^{\alpha_{i,t}}$$

$$\alpha_{i,t} = \frac{X_{EA,i,t-1}}{X_{EA,t-1}}$$

donde  $M_i$  representa las importaciones totales del socio comercial  $i$ ,  $X_{EA,i}$  las exportaciones de la eurozona al socio comercial  $i$  y  $X_{EA}$  las exportaciones totales de la eurozona.

En segundo lugar, la competitividad de precios y costes (*CPC*) se captura a través del tipo de cambio efectivo real, que se calcula deflactando el tipo de cambio efectivo nominal.<sup>21</sup> Formalmente:

$$CPC_t = \prod_{i=1}^n \left( \frac{d_{EA,t}}{d_{i,t}} e_{i,\epsilon,t} \right)^{w_{i,t}}$$

donde  $d_{EA}$  y  $d_i$  son los deflatores de la eurozona y el socio comercial  $i$ , respectivamente,  $e_{i,\epsilon}$  es un índice del tipo de cambio de la moneda del socio comercial  $i$  frente al euro (numerario) y  $w_i$  es el peso comercial asignado a la moneda del socio comercial  $i$ .

Las estimaciones de la Tabla 3 muestran los signos esperados. La demanda externa es la variable que domina a largo plazo, mientras que a corto plazo su impacto es similar al de la competitividad de precios y costes. La magnitud del mecanismo de corrección de error es muy similar a la encontrada por Zorzi y Schnatz (2007).

Tabla 3: Exportaciones			
Coeficientes largo plazo		Coeficientes corto plazo	
Demanda externa	1,189***	Exportaciones (-1)	0,519***
Competitividad	-0,072	Demanda externa	0,292**
		Competitividad	-0,266***
		MCE	-0,157**

Notas – Primera etapa: N=79, \*10%, \*\*5%, \*\*\*1%, Dickey-Fuller (p-valor; residuo)<0,01. Segunda etapa: N=77, \*10%, \*\*5%, \*\*\*1% (errores estándar Newey-West), R2=0,47, Durbin-Watson (p-valor)=0,02, Dickey-Fuller (p-valor; residuo)<0,01.

## Importaciones

La estimación de la ecuación de importaciones tiene una estructura similar a la ecuación de exportaciones. Se utiliza un modelo MCE, considerando como regresores la demanda interna, la competitividad de precios y el precio del petróleo.

<sup>20</sup> Se consideran 10 países: Australia, Canadá, Dinamarca, Japón, Noruega, Corea del Sur, Suecia, Suiza, Reino Unido y Estados Unidos.

<sup>21</sup> Esta variable se obtiene ya construida del BCE.

Respecto a la demanda interna (*DI*), esta se construye tal y como proponen Bussière *et al.* (2011), considerando la intensidad de importación de los diferentes componentes del gasto interno y el contenido importador de las exportaciones. Formalmente:

$$DI_t = C_t^{w_C} \cdot I_t^{w_I} \cdot G_t^{w_G} \cdot X_t^{w_X}$$

donde *C* representa el consumo privado, *I* la inversión, *G* el consumo público y *X* las exportaciones. Los pesos  $w_C$ ,  $w_I$ ,  $w_G$  y  $w_X$  son los contenidos importadores totales de cada componente y se calibran según Cabrero y Tiana (2012).

Respecto a la competitividad de precios, esta se construye como la ratio entre el deflactor de las importaciones y el deflactor del PIB.<sup>22</sup>

Las estimaciones de la Tabla 4 muestran los signos esperados, con la demanda interna como la variable que domina en ambas etapas. El precio del petróleo se incluye en la relación de cointegración de largo plazo, aunque este no es significativo en la segunda etapa, como cabría esperar teniendo en cuenta que la elasticidad precio de la demanda de crudo es muy baja a corto plazo.

Tabla 4: Importaciones			
Coeficientes largo plazo		Coeficientes corto plazo	
Demanda interna	1,278***	Demanda interna	1,809***
Competitividad	-0,431***	Competitividad	-0,345***
Precio petróleo	-0,035**	MCE	-0,087***

Notas – Primera etapa: N=94, \*10%, \*\*5%, \*\*\*1%, Dickey-Fuller (p-valor; residuo)=0,04. Segunda etapa: N=93, \*10%, \*\*5%, \*\*\*1% (errores estándar Newey-West), R2=0,82, Durbin-Watson (p-valor)=0,99, Dickey-Fuller (p-valor; residuo)<0,01.

## Empleo

El empleo se estima mediante un modelo MCE. En la primera etapa de largo plazo se incluyen como regresores el PIB, los salarios nominales y la población en edad de trabajar (de 15 a 64 años). En la Tabla 5 puede apreciarse como el PIB es la variable con una elasticidad mayor, tal y como cabría esperar.

En la segunda etapa se incluyen como regresores el primer retardo de la variable dependiente, el PIB y el mecanismo de corrección de error. Los coeficientes estimados presentan los signos esperados, con una alta persistencia de la variable dependiente.

Tabla 5: Empleo			
Coeficientes largo plazo		Coeficientes corto plazo	
PIB	0,703***	Empleo (-1)	0,422***
Salarios nominales	-0,149***	PIB	0,145***
Población	0,485***	MCE	-0,072***

Notas – Primera etapa: N=79, \*10%, \*\*5%, \*\*\*1%, Dickey-Fuller (p-valor; residuo)=0,25. Segunda etapa: N=77, \*10%, \*\*5%, \*\*\*1% (errores estándar Newey-West), R2=0,89, Durbin-Watson (p-valor)=0,83, Dickey-Fuller (p-valor; residuo)<0,01.

<sup>22</sup> Véase, por ejemplo, Morin y Schweltnus (2014), Bussière *et al.* (2011) o García *et al.* (2009).



## Salarios nominales

Los salarios nominales se estiman mediante un modelo MCE. En ambas etapas de largo y corto plazo se incluyen como regresores la productividad laboral (PIB por trabajador) y los precios (IPCA), además del mecanismo de corrección de error en la segunda etapa. Las estimaciones de la Tabla 6 muestran los signos esperados, con un dominio de los precios tanto a largo como a corto plazo.

Tabla 6: Salarios nominales			
Coeficientes largo plazo		Coeficientes corto plazo	
Productividad laboral	0,543***	Productividad laboral	0,208***
Precios	1,039***	Precios	0,599***
		MCE	-0,082**

Notas – Primera etapa: N=76, \*10%, \*\*5%, \*\*\*1%, Dickey-Fuller (p-valor; residuo)=0,04. Segunda etapa: N=75, \*10%, \*\*5%, \*\*\*1% (errores estándar Newey-West), R2=0,56, Durbin-Watson (p-valor)=0,69, Dickey-Fuller (p-valor; residuo)<0,01.

## Precios

En la ecuación de precios (IPCA), al no encontrar una relación de cointegración de largo plazo, se considera un modelo de primeras diferencias. Se incluyen como regresores el primer retardo de la variable dependiente, los costes laborales unitarios, el precio del petróleo y el *output gap*. Las estimaciones de la Tabla 7 muestran los signos esperados, con una alta persistencia de la variable dependiente.

Tabla 7: Precios			
Coeficientes largo plazo		Coeficientes corto plazo	
		Precios (-1)	0,447***
		Costes laborales unitarios	0,200***
		Precio petróleo	0,015***
		<i>Output gap</i>	0,165**

Notas – Segunda etapa: N=77, \*10%, \*\*5%, \*\*\*1% (errores estándar Newey-West), R2=0,67, Durbin-Watson (p-valor)=0,73, Dickey-Fuller (p-valor; residuo)<0,01.

## Tipo de interés nominal

El euríbor a 12 meses nominal se modeliza mediante una regla de Taylor simplificada que tiene la siguiente forma:

$$i_t = \beta_0 + \beta_1 i_{t-1} + \beta_2 (\pi_t - \pi^*)$$

donde  $i$  representa el euríbor a 12 meses nominal,  $\pi$  la inflación interanual y  $\pi^*$  el objetivo de inflación marcado por el BCE, que se fija en el 1,5% tal y como proponen Orphanides y Wieland

(2013) como umbral inferior. Los valores estimados para  $\beta_1$  y  $\beta_2$  son 0,80 y 0,13, respectivamente.<sup>23,24</sup>

## 5. Simulaciones

Para comprender mejor los canales a través de los cuales el modelo opera y comprobar si la respuesta dinámica de este se ajusta a la teoría macroeconómica y modelos de referencia cualitativa y cuantitativamente, en esta sección se analizará la respuesta de un conjunto de agregados macroeconómicos a diversos *shocks* estándar en la literatura.

### Tipo de interés nominal

El primer *shock* que se analiza es uno de naturaleza monetaria, en el que el euríbor a 12 meses nominal aumenta de forma inesperada 100 p. b. en impacto, y a partir de entonces se deja a la regla de Taylor reaccionar endógenamente. Tal y como puede observarse en la Figura 3, la respuesta de las distintas variables es la esperada.

Tanto el consumo privado, como sobre todo la inversión,<sup>25</sup> disminuyen rápidamente al darse un aumento en el tipo de interés nominal y real. Las exportaciones también se ven mermadas por una apreciación del tipo de cambio.<sup>26</sup> En consecuencia, el PIB y las importaciones disminuyen,<sup>27,28</sup> y la caída del primero provoca que se destruya empleo.<sup>29</sup> Al disminuir más la demanda que la oferta, inicialmente se abre un *output gap* negativo que ejerce presión a la baja sobre los precios. Sin embargo, a largo plazo la demanda se recupera por la caída de precios, la convergencia de las distintas variables a su tendencia histórica de largo plazo y el retorno del

---

<sup>23</sup> Estos dos valores son similares a la calibración necesaria según Orphanides y Wieland (2013) para minimizar una función de pérdidas de política monetaria en los modelos nekeynesianos para la eurozona documentados en Coenen y Wieland (2005), Smets y Wouters (2002) y Adolfson *et al.* (2007). Por otro lado, en la regla de Taylor presentada no se incluye el *output gap* al encontrar unos resultados poco satisfactorios; en este sentido, la especificación escogida se ajusta mejor a los modelos de referencia según las funciones impulso respuesta presentadas en la Sección 5.

<sup>24</sup> En el gráfico de precios de la Figura 2 puede apreciarse como a largo plazo la inflación interanual se estabiliza en  $\pi^*$ .

<sup>25</sup> Al igual que ocurre en el modelo NAWM (Christoffel *et al.*, 2012) y EAGLE (Gomes *et al.*, 2010), la respuesta del consumo privado y el PIB son muy similares tras el *shock*. En cambio, la inversión, pese a tener una forma bastante parecida, cae aproximadamente el doble que el PIB y el consumo privado.

<sup>26</sup> Las exportaciones muestran un impacto acumulado máximo del -1,1% al cabo de 6 trimestres tras el *shock*, en línea con la respuesta del modelo NAWM (Christoffel *et al.*, 2012).

<sup>27</sup> La respuesta del PIB es muy similar a la encontrada en los modelos ECB-BASE y FRB/US (Angelini *et al.*, 2019), EAGLE (Gomes *et al.*, 2010), y también en Smets y Wouters (2002), con un impacto acumulado máximo alrededor del -0,5% entre 6 y 8 trimestres después del *shock*.

<sup>28</sup> En la medida en que el deflactor de las importaciones en esta primera versión del modelo se considera exógeno, las importaciones solo se ven afectadas por el canal de la demanda interna. Próximas versiones del modelo deberán tratar de endogeneizar el deflactor de las importaciones mediante el tipo de cambio con tal de observar un impacto más modesto en las importaciones.

<sup>29</sup> La respuesta del empleo es muy similar a la mostrada por el modelo ECB-BASE (Angelini *et al.*, 2019), con un impacto acumulado máximo alrededor del -0,2% entre 8 y 10 trimestres después del *shock*.

euríbor a 12 meses nominal a su nivel base,<sup>30</sup> por lo que el *output gap* se cierra con el paso de los trimestres.

## Riqueza financiera

El segundo *shock* que se considera es un aumento permanente de un 5% de la riqueza financiera (Figura 4).

El aumento de la riqueza financiera impacta positivamente en el consumo privado, por lo que el PIB crece. La mayor actividad económica favorece la inversión y la creación de empleo, y también que se abra un *output gap* positivo, que ejerce presión al alza sobre los precios. La subida de precios es modesta, por lo que la pérdida de competitividad y capacidad exportadora no son significativas.

## Crédito

El tercer *shock* que se analiza es un aumento permanente de un 5% de la oferta de crédito (Figura 5).

El aumento en la oferta de crédito favorece el consumo privado y la inversión. Pese a que las exportaciones disminuyen por una leve pérdida de competitividad<sup>31</sup> y que las importaciones aumentan por una mayor demanda interna, el PIB crece por la contribución del consumo privado y la inversión, algo que favorece también el empleo y que se abra un *output gap* positivo.

## Sector exterior

### Demanda externa

El cuarto *shock* que se considera es un aumento permanente de un 1% de la demanda externa (Figura 6).

El aumento de la demanda externa se traduce en un aumento de las exportaciones.<sup>32</sup> Este aumento hace que el PIB crezca,<sup>33</sup> lo que arrastra al alza tanto la inversión como el empleo, algo que también acaba impulsando ligeramente el consumo privado.<sup>34</sup> El aumento del consumo privado, la inversión y las exportaciones hace crecer la demanda de importaciones. Inicialmente,

---

<sup>30</sup> El tipo de interés a corto plazo tarda alrededor de 15 trimestres en volver a su nivel base, en línea con los modelos ECB-BASE (Angelini *et al.*, 2019) y NMCM (Dieppe *et al.*, 2011), en su caso entre 12 y 15 trimestres tras el *shock*.

<sup>31</sup> La subida de los precios provoca un aumento del tipo de interés a corto plazo, que a su vez impacta negativamente sobre la competitividad de las exportaciones a través del tipo de cambio.

<sup>32</sup> Tal y como ocurre en el modelo ECB-BASE (Angelini *et al.*, 2019), a largo plazo las exportaciones crecen un 1%, es decir, la cuota de mercado de la eurozona en el mercado internacional se mantiene estable después del *shock*.

<sup>33</sup> La respuesta del PIB es muy similar a la encontrada en el modelo ECB-BASE (Angelini *et al.*, 2019). Esta oscila entre el 0,15% y 0,20% durante los 20 primeros trimestres tras el *shock*.

<sup>34</sup> Al igual que en el modelo ECB-BASE (Angelini *et al.*, 2019), la respuesta del consumo privado es mucho más modesta que la del PIB y, sobre todo, que la de la inversión. A 4 trimestres vista tras el *shock*, la inversión crece unas 6 veces más que el consumo privado, muy similar a la relación encontrada en el modelo ECB-BASE (Angelini *et al.*, 2019).

la demanda aumenta más que la oferta, por lo que se abre un *output gap* positivo que ejerce presión al alza sobre los precios.

### Tipo de cambio nominal

El quinto *shock* que se analiza es una apreciación permanente de un 1% del tipo de cambio nominal (Figura 7).<sup>35</sup>

La apreciación del tipo de cambio nominal se traduce en una caída de las exportaciones debida a una pérdida de competitividad, por lo que la actividad económica disminuye<sup>36</sup> y provoca una menor inversión, una caída de las importaciones y de los precios<sup>37</sup> y una destrucción de empleo. Juntamente con unos salarios más bajos, un menor empleo implica una merma en la renta bruta disponible y, por ende, en el consumo privado.

### Precio del petróleo

El sexto *shock* que se considera es un aumento permanente de un 10% del precio del petróleo (Figura 8).

El aumento del precio del petróleo implica, en primer lugar, una subida de precios.<sup>38</sup> Debido a estas presiones inflacionistas, la renta bruta disponible (real) disminuye, por lo que el consumo privado se ve mermado, al igual que las exportaciones por una pérdida de competitividad. Todo ello implica una contracción del PIB,<sup>39</sup> que conlleva una destrucción de empleo y que se abra un *output gap* negativo.

### Precios y salarios nominales

#### Precios

El séptimo *shock* que se analiza es un descenso en impacto de un 1% de los precios (Figura 9).<sup>40</sup>

Pese a que los salarios nominales disminuyen por la caída de precios, la renta bruta disponible (real) aumenta, lo que favorece el consumo privado. Asimismo, unos salarios nominales más

---

<sup>35</sup> Cogiendo como referencia el modelo NiGEM, el tipo de cambio nominal está determinado por el tipo de interés nominal a corto plazo doméstico (euríbor a 12 meses) y exterior (LIBOR USD a 12 meses). En este sentido, un ejemplo de *shock* que apreciara el euro de manera exógena sería la decisión por parte de la Reserva Federal de llevar a cabo una política monetaria más expansiva en Estados Unidos.

<sup>36</sup> El PIB muestra un impacto acumulado máximo del -0,16% al cabo de 4 trimestres después del *shock*. Este resultado está en línea con Ortega *et al.* (2020), quienes utilizando el modelo documentado en De Walque *et al.* (2005), encuentran un impacto acumulado máximo del -0,18% al cabo de 6 trimestres tras el *shock*.

<sup>37</sup> Los precios caen un 0,02% al cabo de 4 trimestres, mientras que en Ortega *et al.* (2020) caen un 0,04% en el mismo lapso de tiempo.

<sup>38</sup> Al cabo de 20 trimestres, los precios suben un 0,42%, una magnitud muy parecida a la encontrada por Peersman y Van Robays (2009), quienes mediante un VAR estructural con restricciones de signo estiman una subida del 0,44%. Asimismo, la subida de precios ejerce presión al alza sobre los salarios nominales, que aumentan un 0,29%, una cifra algo inferior al 0,55% de Peersman y Van Robays (2009).

<sup>39</sup> Al cabo de 20 trimestres el PIB se contrae un 0,28%, en línea con el 0,31% de Peersman y Van Robays (2009).

<sup>40</sup> Una caída exógena de los precios (IPCA) podría darse, por ejemplo, por una reducción del IVA.

bajos implican unos menores costes laborales unitarios, por lo que la inversión crece, y una mejora de competitividad frente al exterior aumenta la capacidad exportadora. Todo ello impulsa la actividad económica y la creación de empleo. Finalmente, las presiones desinflacionistas provocan una caída del euríbor a 12 meses nominal.

### Salarios nominales

El último *shock* que se analiza es una reducción en impacto de un 1% de los salarios nominales. Tal y como muestra la Figura 10, la caída de los salarios merma el consumo privado. Sin embargo, unos salarios más bajos implican unos menores costes laborales unitarios, por lo que la inversión se ve favorecida, al igual que las exportaciones debido a unos precios y tipo de cambio nominal más bajos. Esta contraposición de fuerzas provoca que el PIB caiga inicialmente por el menor consumo privado, pero que con el paso de los trimestres se recupere debido a la mayor inversión y exportaciones. Una mayor actividad económica, juntamente con unos salarios más bajos, favorece la creación de empleo.

## 6. Conclusiones

En este documento de trabajo se ha descrito la primera versión del modelo macroeconómico de CaixaBank Research para la economía de la eurozona, cuyo principal uso será la elaboración de previsiones a medio plazo y el análisis de distintos escenarios de riesgo.

Se ha descrito la estructura básica del modelo y las distintas estimaciones llevadas a cabo en las principales ecuaciones. La solución del modelo converge hacia un equilibrio estable a largo plazo. Además, se ha evaluado la respuesta dinámica del modelo bajo una selección de *shocks* estándar en la literatura. En todas estas dimensiones, el modelo se ajusta cualitativa y cuantitativamente a la teoría macroeconómica y a los resultados obtenidos en otros modelos de referencia.

Próximas actualizaciones del modelo deberán tratar de endogeneizar aquellos bloques que en la versión actual se consideran exógenos, como pueda ser la política fiscal o el bloque financiero. Asimismo, nuevas versiones de este documento de trabajo permitirán mostrar los primeros resultados sobre la capacidad predictiva del modelo y su idoneidad para generar escenarios de riesgo.

## Referencias

- Adolfson, M., Laseen, S., Linde, J. y Villani, M. (2007). «Bayesian estimation of an open economy DSGE model with incomplete pass-through». *Journal of International Economics*.
- Anderson, R., Hoffman, D. y Rasche, R. (2000). «A vector-error correction forecasting model of the U.S. economy». *The Federal Reserve Bank of St. Louis Working Paper Series*.
- Angelini, E., Bokan, N., Christoffel, K., Ciccarelli, M. y Zimic, S. (2019). «Introducing ECB-BASE: The blueprint of the new ECB semi-structural model for the euro area». *European Central Bank Working Paper Series*.
- Arencibia, A., Hurtado, S., de Luis, M. y Ortega, E. (2017). «New version of the Quarterly Model of Banco de España (MTBE)». *Documentos Ocasionales Banco de España*.
- Bovenberg, A. y Evans, O. (1990). «National and Personal Saving in the United States: Measurement and Analysis of Recent Trends». *International Monetary Funds, Staff Papers*.
- Branson, W. (1972). «Macroeconomic theory and policy». *Harper and Row, Publishers*.
- Bussière, M., Callegari, G., Ghironi, F., Sestieri, G. y Yamano, N. (2011). «Estimating trade elasticities: demand composition and the trade collapse of 2008-09». *National Bureau of Economic Research, Working Paper*.
- Cabrero, A. y Tiana, M. (2012). «The import content of the industrial sectors in Spain». *Economic Bulletin*.
- Christoffel, K., Coenen, G. y Vetlov, I. (2012). «Update of the the New Area-Wide Model: NAWM v4». *European Central Bank*.
- Coenen, G. y Wieland, V. (2005). «A small estimated euro area model with rational expectations and nominal rigidities». *European Economic Review*.
- Cuadrado, P. y Moral-Benito, E. (2016). «El crecimiento potencial de la economía española». *Documentos Ocasionales Banco de España*.
- De Walque, G., Smets, F. y Wouters, R. (2005). «An estimated two-country DSGE model for the euro area and the US economy».
- Dieppe, A., Pandiella, A. G., Hall, S. y Willman, A. (2011). «The ECB's new multi-country model for the euro area: NMCM with boundedly rational learning expectations». *European Central Bank Working Paper Series*.
- Federal Reserve (1996). «A guide to FRB/US. A macroeconomic model of the United States».
- Friedman, M. (1957). «A theory of the consumption function». *Princeton University Press*.
- García, C., Gordo, E., Martínez, J. y Tello, P. (2009). «Una actualización de las funciones de exportación e importación de la economía española». *Documentos Ocasionales Banco de España*.
- Gomes, S., Jacquinet, P. y Pisani, M. (2010). «The EAGLE: a model of policy analysis of macroeconomic interdependence in the euro area». *European Central Bank Working Paper Series*.

Hall, R. y Jorgenson, D. (1971). «Application of the theory of optimum capital accumulation». Brookings Institution.

Havik, K., Morrow, K., Orlandi, F., Planas, C., Raciborski, R., Roger, W., Rossi, A., Thum-Thyssen, A. y Vandermeulen, V. (2014). «The production function methodology for calculating potential growth rates and output gaps». European Commission Economic Papers.

Johansson, A., Guillemette, Y., Murin, F., Turner, D., Nicoletti, G., Maisonneuve, C., Bagnoli, P., Bousquet, G. y Spinelli, F. (2013). «Long-term growth scenarios». OECD Economics Department Working Papers.

Kaldor, N. (1956). «Alternative theories of distribution». Review of Economic Studies.

Karabarbounis, L. y Neiman, B. (2014). «The global decline of the labor share». Quarterly Journal of Economics.

Keynes, J. M. (1936). «The General Theory of Employment, Interest and Money».

Mankiw, G. (1987). «Consumer Spending and After-Tax Real Interest Rate». NBER Chapters.

Marquis, M. (2002). «What's Behind the Low U.S. Personal Saving Rate». FRBSF Economic Letter.

Mehra, Y. (1991). «An error-correction model of U.S. M2 demand». Federal Reserve Bank of Richmond.

Modigliani, F. y Brumberg, R. (1954). «Utility analysis and the consumption function: an interpretation of cross-section data». Post-Keynesian Economics.

Morin, M. y Schwellnus, C. (2014). «An update of the OECD international trade equations». OECD Economics Department Working Papers.

Orphanides, A. y Wieland, V. (2013). «Complexity and monetary policy». International Journal of Central Banking.

Ortega, E., Osbat, C. y Rubene, I. (2020). «The transmission of exchange rate changes to euro area inflation». ECB Economic Bulletin 3/2020.

Peersman, G. y Van Robays, I. (2009). «Oil and the euro area economy». Economic Policy.

Smets, F. y Wouters, R. (2002). «An estimated dynamic stochastic general equilibrium model of the euro area». European Central Bank Working Paper Series.

Sousa, R. (2009). «Wealth effects on consumption: evidence from the euro area». European Central Bank Working Paper Series.

Stiglitz, J. y Weiss, A. (1981). «Credit Rationing in Markets with Imperfect Information». American Economic Review.

Wilcox, J. (1990). «Nominal Interest Rate Effects on Real Consumption Expenditure». Business Economics.

Zorzi, M. y Schnatz, B. (2007). «Explaining and forecasting euro area exports. Which competitiveness indicator performs best?». European Central Bank Working Paper Series.

## Figuras

Figura 1: Diagrama del modelo

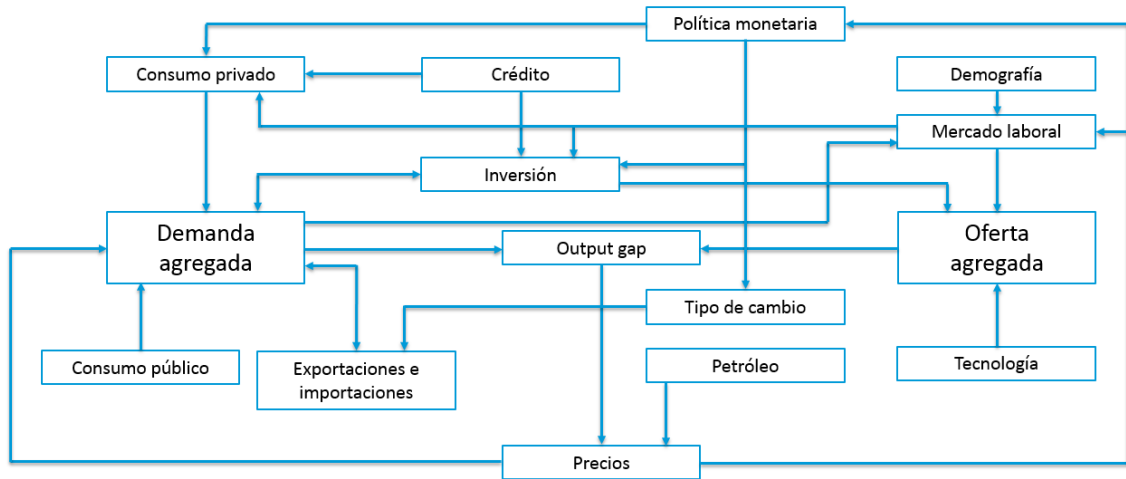
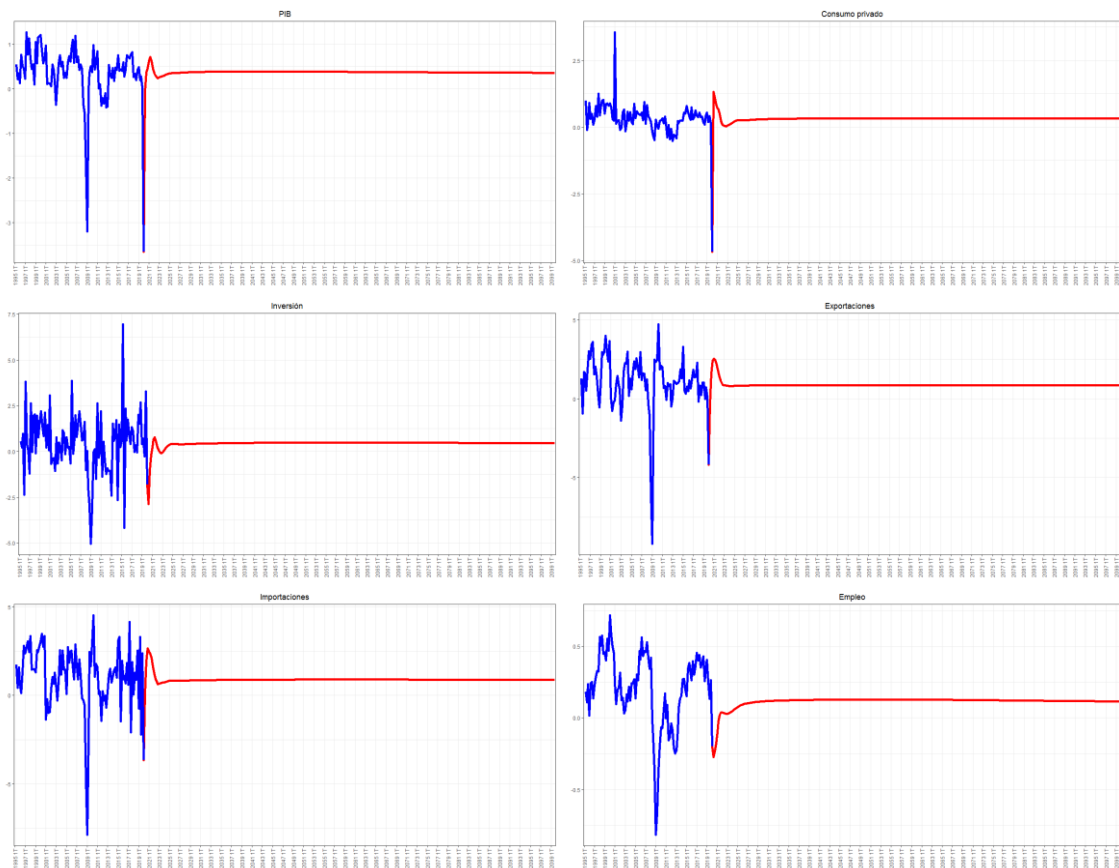
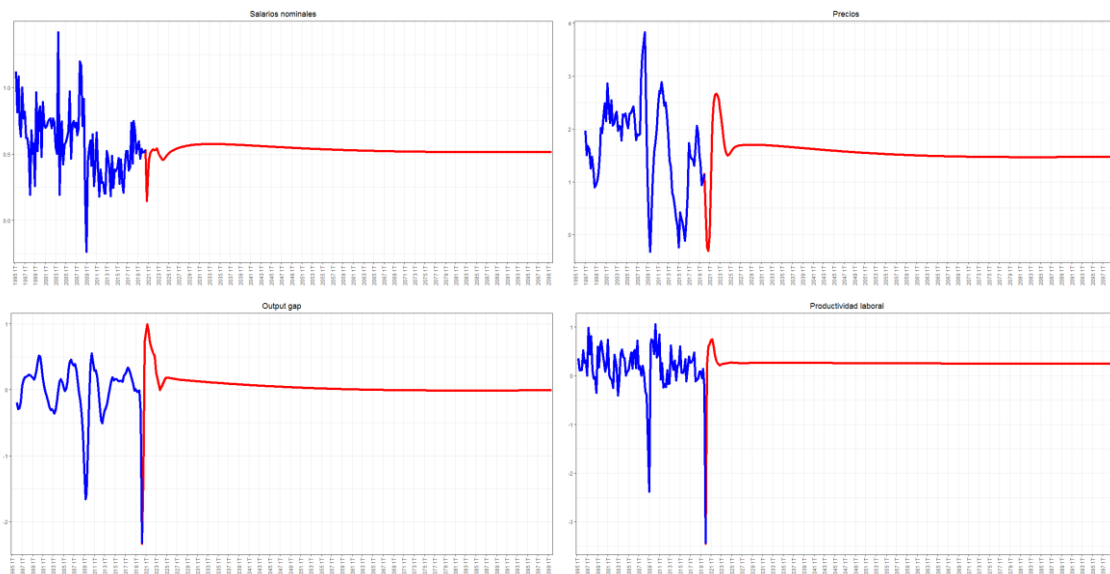


Figura 2: Variación intertrimestral de diferentes variables endógenas (%)

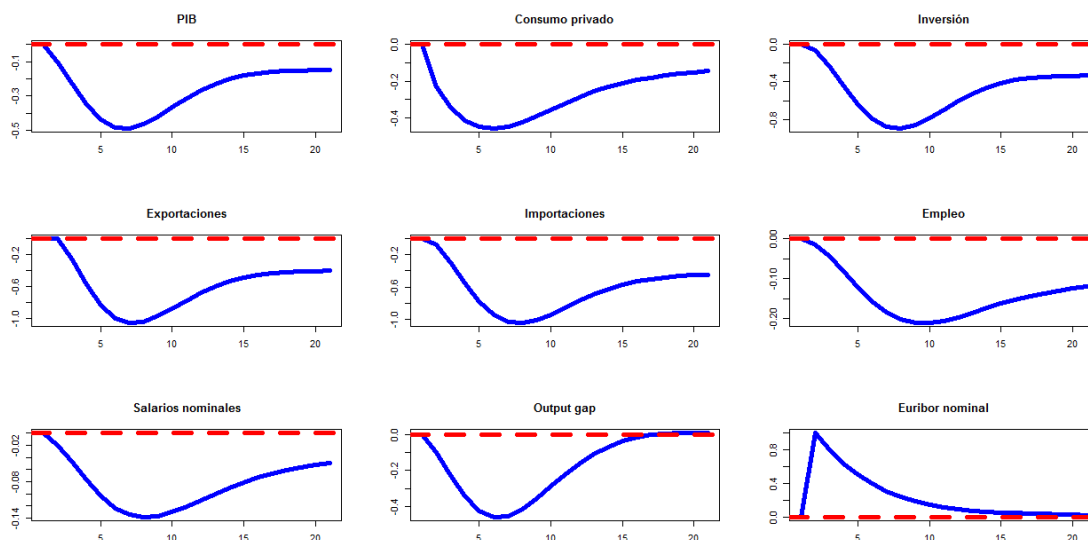






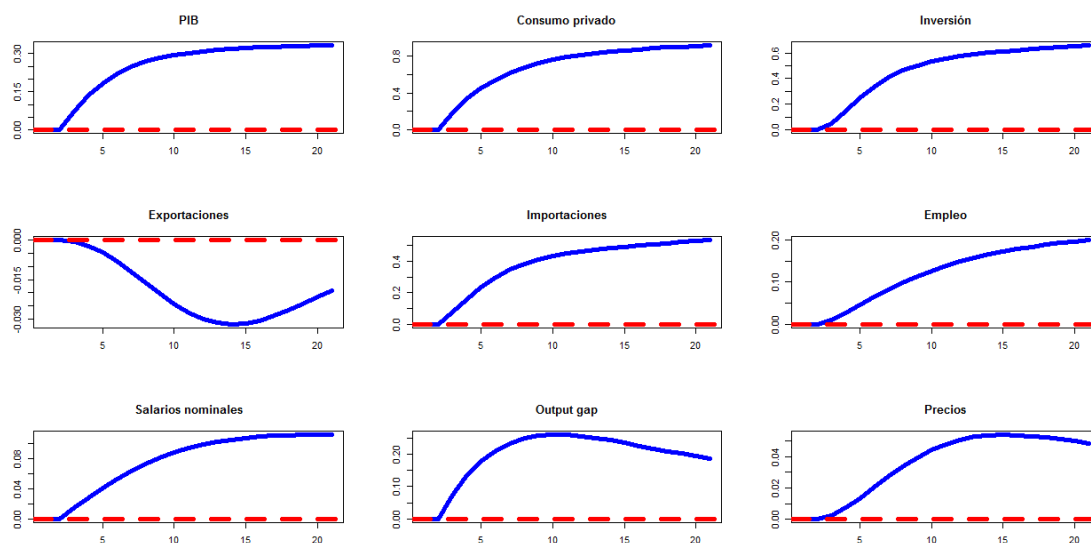
**Nota:** La línea azul corresponde a la serie histórica, mientras que la línea roja es la previsión del modelo a un trimestre vista para el periodo 2T 2020 – 4T 2099. Todos los gráficos muestran la variación intertrimestral, excepto en el caso de los precios (IPCA), en el que se muestra la variación interanual. De izquierda a derecha y de arriba a abajo, las variables representadas son el PIB, consumo privado, inversión, exportaciones, importaciones, empleo, salarios nominales, precios, output gap y productividad laboral.

**Figura 3: Aumento de 100 p. b. del tipo de interés nominal**



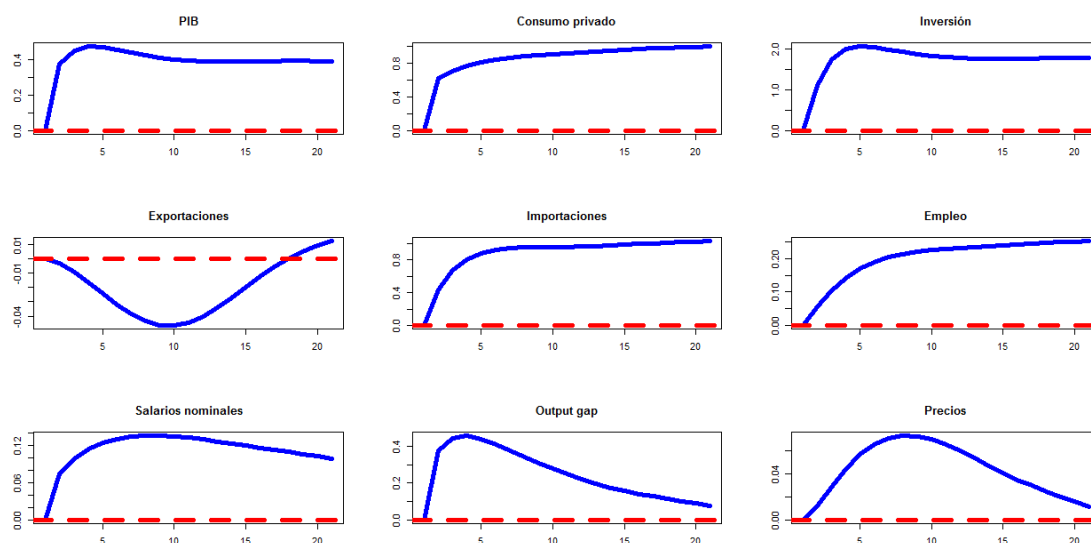
**Nota:** El eje horizontal representa los trimestres después del shock, que se produce en el periodo 2. El eje vertical representa la desviación porcentual respecto al nivel base.

**Figura 4: Aumento permanente de un 5% de la riqueza financiera**



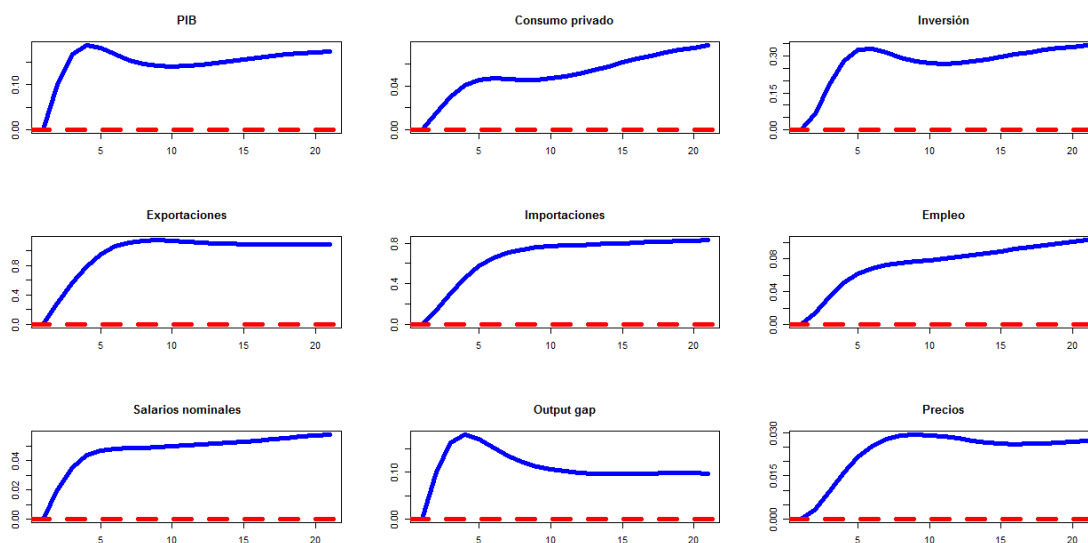
**Nota:** El eje horizontal representa los trimestres después del shock, que se produce en el periodo 2. El eje vertical representa la desviación porcentual respecto al nivel base.

**Figura 5: Aumento permanente de un 5% de la oferta de crédito**



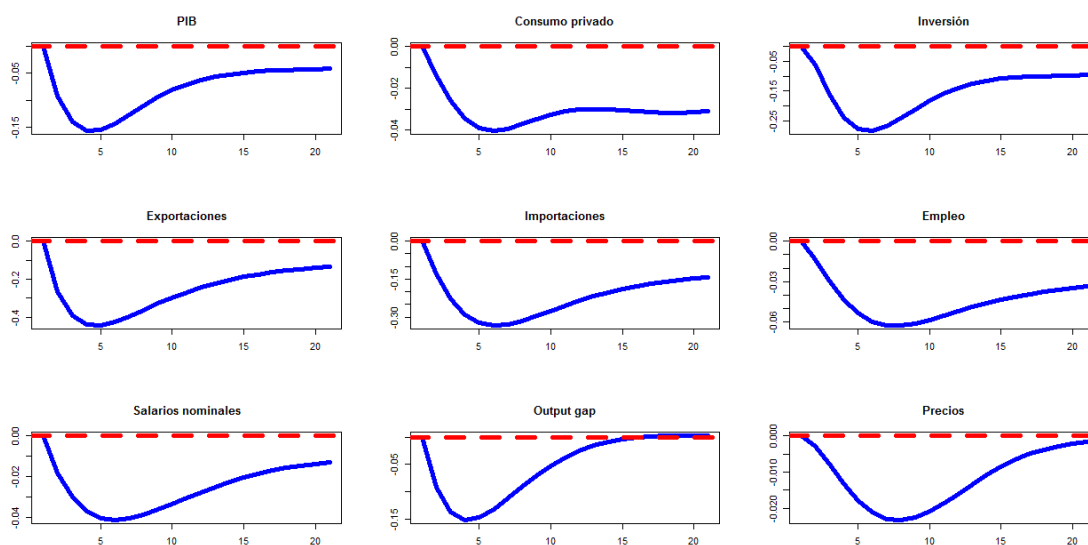
**Nota:** El eje horizontal representa los trimestres después del shock, que se produce en el periodo 2. El eje vertical representa la desviación porcentual respecto al nivel base.

**Figura 6: Aumento permanente de un 1% de la demanda externa**



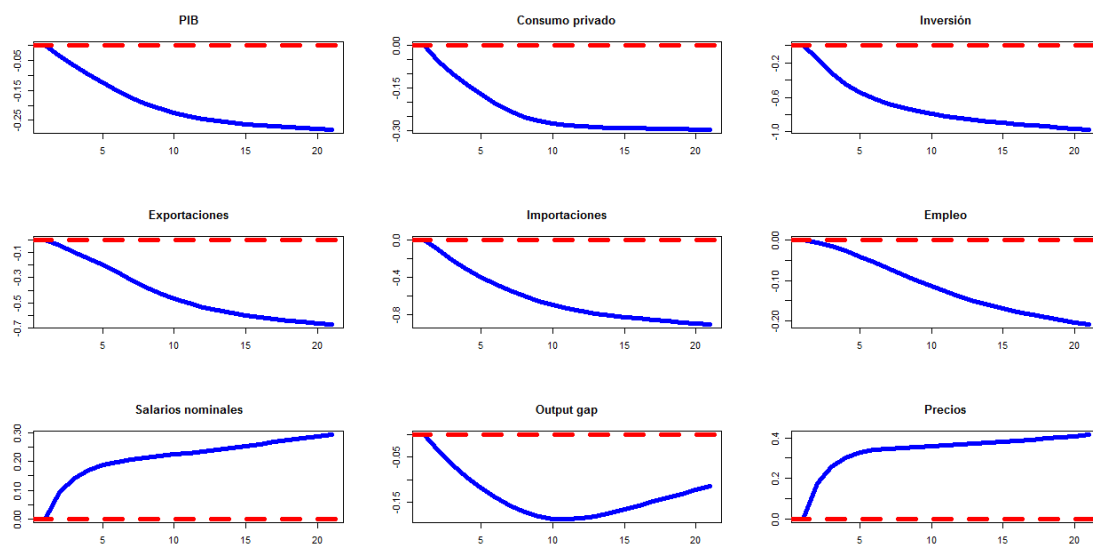
**Nota:** El eje horizontal representa los trimestres después del shock, que se produce en el periodo 2. El eje vertical representa la desviación porcentual respecto al nivel base.

**Figura 7: Apreciación permanente de un 1% del tipo de cambio nominal**



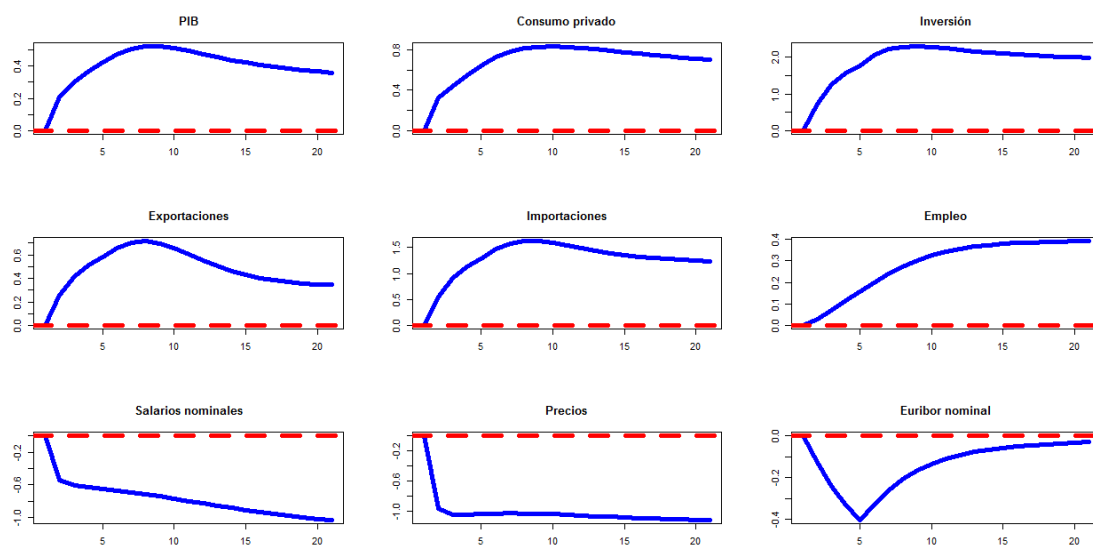
**Nota:** El eje horizontal representa los trimestres después del shock, que se produce en el periodo 2. El eje vertical representa la desviación porcentual respecto al nivel base.

**Figura 8: Aumento permanente de un 10% del precio del petróleo**



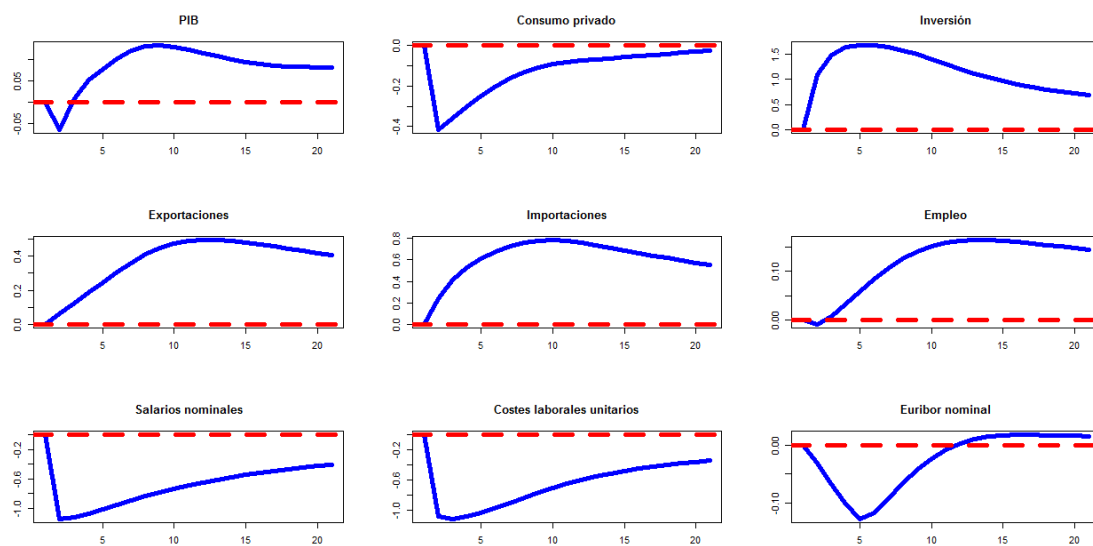
**Nota:** El eje horizontal representa los trimestres después del shock, que se produce en el periodo 2. El eje vertical representa la desviación porcentual respecto al nivel base.

**Figura 9: Reducción en impacto de un 1% de los precios (IPCA)**



**Nota:** El eje horizontal representa los trimestres después del shock, que se produce en el periodo 2. El eje vertical representa la desviación porcentual respecto al nivel base.

**Figura 10: Reducción en impacto de un 1% de los salarios nominales**



**Nota:** El eje horizontal representa los trimestres después del shock, que se produce en el periodo 2. El eje vertical representa la desviación porcentual respecto al nivel base.