

Modelo semiestructural de CaixaBank Research para España

Documento de trabajo 01/21
Marzo de 2021



CaixaBank Research

www.caixabankresearch.com

Eduard Llorens i Jimeno

Economista

ellorensi@caixabank.com

Oriol Carreras Baquer

Economista

oriol.carreras@caixabank.com

Resumen

- *Este documento de trabajo presenta un nuevo modelo macroeconómico de CaixaBank Research para la economía española.*
- *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, España, 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. Los autores quieren agradecer a Lukas Schaefer su contribución en este proyecto, 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 española. Se trata de un modelo semiestructural de equilibrio general inspirado en modelos de otros organismos económicos como, por ejemplo, el Modelo Trimestral del Banco de España (MTBE, documentado en Arencibia *et al.*, 2017),¹ el National Institute Global Econometric Model (NiGEM),² el modelo ECB-BASE del Banco Central Europeo (Angelini *et al.*, 2019) o el modelo FRB/US de la Reserva Federal (Federal Reserve, 1996). Dicho modelo se utilizará como punto de partida para hacer previsiones a medio plazo de los principales agregados de la economía española y para realizar diferentes escenarios de riesgo.³

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 economía pequeña y abierta que se encuentra dentro de una unión monetaria, 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.⁴ Por ejemplo, el consumo privado depende de la política monetaria

¹ Debido a que se centra en la economía española, el MTBE ha sido la principal referencia a lo largo de la construcción de nuestro modelo, especialmente a la hora de comparar las estimaciones de las distintas ecuaciones (Sección 4) y las funciones impulso respuesta (Sección 5).

² Para más información sobre este modelo, véase <https://nimodel.niesr.ac.uk/>

³ 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.

⁴ A excepción del consumo público que en la versión actual del modelo es exógeno.

(tipo de interés), del mercado laboral (empleo y salarios) y del mercado de la vivienda (riqueza no financiera).

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:

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

donde L representa la fuerza laboral, $e^{\lambda t}$ un factor tecnológico que afecta a la fuerza laboral, K el stock de capital y O los barriles de petróleo (componente energético).

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.⁵

3. Solución del modelo

El modelo está compuesto por un conjunto de modelos de mecanismo de corrección de error (MCE) y modelos de primeras diferencias. Más concretamente, el modelo consta de 9 ecuaciones estimadas⁶ y 14 ecuaciones auxiliares.⁷ 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 23x23, X la columna de variables endógenas de dimensión 23x1 y B la columna de constantes⁸ de dimensión 23x1. Dado que el número de ecuaciones es igual al número de incógnitas, la solución del modelo es única en cada periodo. Además, tal y como muestra la Figura 3, dicha solución para las distintas variables endógenas converge hacia un equilibrio estable a largo plazo.⁹

⁵ La Figura 2 muestra un ejemplo de cómo el modelo converge hacia un estado de crecimiento equilibrado a largo plazo tras el *shock* que ha supuesto la COVID-19 en el 1T 2020.

⁶ Estas son las ecuaciones de consumo privado, inversión, exportaciones, importaciones, empleo, salarios nominales, precios (IPC), precio de la vivienda e inversión residencial.

⁷ Estas son las ecuaciones de salarios, renta bruta disponible, renta bruta disponible nominal, PIB, PIB potencial, productividad laboral, fuerza laboral, salarios de los funcionarios, *output gap*, riqueza financiera, riqueza financiera nominal, stock de capital, tipo de interés a largo plazo y demanda de importaciones. Por ejemplo, la ecuación auxiliar de salarios se define como los salarios nominales deflactados por el IPC.

⁸ 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.

⁹ En la Figura 3, el residuo en cada una de las ecuaciones del modelo se ha igualado a cero.

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 los tipos de interés, 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.

Finalmente, todas las variables incluidas tienen frecuencia trimestral¹⁰ y, salvo indicación contraria, están expresadas en términos reales y transformadas a logaritmos.¹¹

¹⁰ En la mayoría de los casos, el periodo muestral abarca desde el 1T 1995 hasta el 3T 2019. Las fuentes de donde se han obtenido los datos son el INE, BdE, Ministerio de Fomento, Ivie, BCE, BIS, OCDE, FMI, Oxford Economics, Thomson Reuters y AMECO.

¹¹ La única variable a la que no se le ha aplicado una transformación logarítmica es el tipo de interés a largo plazo.

Consumo privado

El consumo privado se estima mediante un modelo MCE. En la primera etapa se postula que las decisiones de consumo a largo plazo dependen de la renta bruta disponible, la riqueza financiera, el precio de la vivienda (como *proxy* de la riqueza no financiera¹²) y el tipo de interés a largo plazo. En este sentido, otros estudios que han analizado los determinantes del consumo privado y que utilizan las variables mencionadas son, por ejemplo, Estrada y Buisán (1999), Martínez y Río (2004), Sastre y Fernández (2005) o Barrel y Davis (2005). Todos ellos se basan 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).¹³

Las estimaciones de la Tabla 1 muestran que la renta bruta disponible es la variable con una elasticidad mayor, seguida del tipo de interés a largo plazo, riqueza financiera y precio de la vivienda. La elasticidad de estas dos últimas variables es relativamente pequeña, en línea con los resultados de otros estudios.¹⁴

En la segunda etapa de corto plazo los regresores son el primer retardo de la variable dependiente, la descomposición de la renta bruta disponible entre salarios y empleo, y el mecanismo de corrección de error. Las estimaciones muestran que la elasticidad del consumo privado respecto al empleo es superior a la de los salarios,¹⁵ con una contribución notable del mecanismo de corrección de error; este nos dice que, cada trimestre, se corrige en torno al 34% de las desviaciones del consumo privado respecto de su nivel de equilibrio a largo plazo.

Coeficientes largo plazo		Coeficientes corto plazo	
Renta bruta disponible	0,652***	Consumo privado (-1)	0,210*
Riqueza financiera	0,131***	Salarios	0,175**
Precio vivienda	0,101***	Empleo	0,465***
Tipo de interés	-0,346***	MCE	-0,337***

Notas – Primera etapa: N=79, *10%, **5%, ***1%, Dickey-Fuller (p-valor; residuo)=0,03. Segunda etapa: N=77, *10%, **5%, ***1% (errores estándar Newey-West), R2=0,67, Durbin-Watson (p-valor)=0,32, Dickey-Fuller (p-valor; residuo)<0,01.

¹² Otros trabajos que analizan los determinantes del consumo privado también utilizan el precio de la vivienda como *proxy* de la riqueza no financiera. Por ejemplo, véase Bayoumi y Edison (2003).

¹³ 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*.

¹⁴ Véase, por ejemplo, Martínez y Río (2004) o Bover (2005).

¹⁵ Intuitivamente, si a un trabajador le aumentan su salario, es probable que gran parte de este aumento se convierta en ahorro. En cambio, cuando un desempleado encuentra empleo, un alto porcentaje de su salario se destinará al consumo, especialmente en aquellos casos donde dicho salario es inferior a la media y, en consecuencia, la capacidad de ahorro es limitada.

Inversión

En relación con la ecuación de inversión, en un primer momento se consideró un modelo MCE cuya primera etapa de largo plazo contuviera un componente estructural basado en un problema de optimización estándar de beneficios por parte de las empresas. Sin embargo, esta especificación no presentó una relación de cointegración, por lo que se optó por el modelo presentado de primeras diferencias. Los regresores son el primer retardo de la variable dependiente y del PIB, las exportaciones y el tipo de interés a largo plazo.¹⁶

Las estimaciones de la Tabla 2 muestran que el primer retardo del PIB es la variable con mayor peso. Respecto a las demás variables, todas muestran los signos esperados.

Tabla 2: Inversión		
Coeficientes largo plazo		Coeficientes corto plazo
	Inversión (-1)	0,359**
	PIB (-1)	1,049**
	Exportaciones	0,217**
	Tipo de interés	-0,417**

Notas – Segunda etapa: N=75, *10%, **5%, ***1% (errores estándar Newey-West), R2=0,54, Durbin-Watson (p-valor)=0,48, Dickey-Fuller (p-valor; residuo)<0,01.

Exportaciones

Las exportaciones se estiman mediante un modelo MCE.¹⁷ Tal y como utilizan los artículos de referencia en esta materia,¹⁸ 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.

En primer lugar, la demanda externa (*DE*) se construye como una media ponderada del total de importaciones de los principales socios comerciales de España.¹⁹ Formalmente:

$$DE_t = \prod_{i=1}^n M_{i,t}^{\alpha_{i,t}}$$
$$\alpha_{i,t} = \frac{X_{ESP,i,t-1}}{X_{ESP,t-1}}$$

donde M_i representa las importaciones totales del socio comercial i , $X_{ESP,i}$ las exportaciones de España al socio comercial i y X_{ESP} las exportaciones españolas totales.

¹⁶ La elección de estas variables se basa en el postulado keynesiano de la teoría del acelerador y la perspectiva neoclásica de Hall y Jorgenson (1971). Además, otras variables que se han tenido en cuenta pero que finalmente no se han incluido en el modelo al no ser significativas son los costes laborales unitarios (de España y respecto a la eurozona), el índice de incertidumbre económica, el índice bursátil del IBEX35, el nivel de crédito y el déficit público.

¹⁷ En esta primera versión del modelo se modelizan las exportaciones e importaciones totales, sin hacer la distinción entre bienes y servicios.

¹⁸ Véase, por ejemplo, Morin y Schwellnus (2014), García *et al.* (2009) o Martínez y Maza (2009).

¹⁹ Se consideran 14 países: Francia, Alemania, Italia, Reino Unido, Portugal, Estados Unidos, Países Bajos, México, Suiza, Japón, Austria, Suecia, Grecia y Corea del Sur, los cuales representan el 64% del total de exportaciones españolas durante el periodo 2015-2019.

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.²⁰ Formalmente:

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

donde d_{ESP} y d_i son los deflatores de España 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. En la etapa de largo plazo, el coeficiente de la demanda externa es igual a 1, por lo que la cuota de mercado de España en el mercado internacional se mantiene estable cuando la demanda extranjera varía. En la etapa de corto plazo, la competitividad de precios y costes no es significativa, tal y como encuentran otros estudios como Zorzi y Schnatz (2007).

Tabla 3: Exportaciones			
Coeficientes largo plazo		Coeficientes corto plazo	
Demanda externa	1,020***	Demanda externa	0,531***
Competitividad	-0,086	MCE	-0,274***

Notas – Primera etapa: N=95, *10%, **5%, ***1%, Dickey-Fuller (p-valor; residuo)<0,01. Segunda etapa: N=94, *10%, **5%, ***1% (errores estándar Newey-West), R2=0,41, Durbin-Watson (p-valor)=0,11, 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.

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.²¹

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

²⁰ Esta variable se obtiene ya construida del Banco de Pagos Internacionales (BIS).

²¹ Véase, por ejemplo, Morin y Schweltnus (2014), Bussière *et al.* (2011) o García *et al.* (2009).

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			
Coefficientes largo plazo		Coefficientes 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 entre 25 y 44 años,²² en el primer caso para capturar factores de demanda, y en los dos últimos para capturar factores de oferta. 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 las mismas variables que en la primera, añadiendo el primer retardo de la variable dependiente 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			
Coefficientes largo plazo		Coefficientes corto plazo	
PIB	1,172***	Empleo (-1)	0,690***
Salarios nominales	-0,339***	PIB	0,377***
Población	0,509***	Salarios nominales	-0,116***
		Población	0,102**
		MCE	-0,078***

Notas – Primera etapa: N=90, *10%, **5%, ***1%, Dickey-Fuller (p-valor; residuo)<0,01. Segunda etapa: N=88, *10%, **5%, ***1% (errores estándar Newey-West), R2=0,98, Durbin-Watson (p-valor)<0,01, Dickey-Fuller (p-valor; residuo)<0,01.

Salarios nominales

Los salarios nominales se estiman mediante un modelo MCE. Tal y como se derivaría de un problema de optimización estándar de beneficios por parte de las empresas, asumimos por un lado que los salarios nominales dependen de la productividad laboral (PIB por trabajador), la

²² Al igual que en el caso de la inversión, en el bloque de mercado laboral (ecuaciones de empleo y salarios nominales) se consideró inicialmente una primera etapa de largo plazo de naturaleza estructural basada en un problema de optimización estándar de beneficios por parte de las empresas. No obstante, al obtener unos resultados econométricos poco satisfactorios se ha optado por la primera etapa descrita arriba e inspirada en Arencibia *et al.* (2017).

cual captura la variación en los salarios reales.²³ Por otro lado, también incluimos como regresores los precios (IPC), los salarios de los funcionarios, que capturan un efecto de señalización o imitación respecto al sector público, y el 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 respecto al resto de variables explicativas, tal y como también encuentran Arencibia *et al.* (2017).

Tabla 6: Salarios nominales			
Coefficientes largo plazo		Coefficientes corto plazo	
Empleo	-0,220***	Productividad laboral	0,455***
Precios	1,251***	Precios	1,347***
Salarios funcionarios	0,665***	Salarios funcionarios	0,318***
		MCE	-0,409***

Notas – Primera etapa: N=90, *10%, **5%, ***1%, Dickey-Fuller (p-valor; residuo)<0,01. Segunda etapa: N=89, *10%, **5%, ***1% (errores estándar Newey-West), R2=0,61, Durbin-Watson (p-valor)=0,41, Dickey-Fuller (p-valor; residuo)<0,01.

Precios

Los precios (IPC) se estiman mediante un modelo MCE. En la primera etapa de largo plazo se incluyen como regresores el precio del petróleo y una variable que aproxima el sobrecalentamiento de la economía,²⁴ mientras que en la segunda etapa los regresores son el primer retardo de la variable dependiente, el precio del petróleo, el *output gap* y el mecanismo de corrección de error. Las estimaciones de la Tabla 7 muestran los signos esperados.

Tabla 7: Precios			
Coefficientes largo plazo		Coefficientes corto plazo	
Precio petróleo	0,143***	Precios (-1)	0,376***
PIB ^{PTF}	0,544***	Precio petróleo	0,020***
		<i>Output gap</i>	0,136*
		MCE	-0,029***

Notas – Primera etapa: N=94, *10%, **5%, ***1%, Dickey-Fuller (p-valor; residuo)=0,03. Segunda etapa: N=92, *10%, **5%, ***1% (errores estándar Newey-West), R2=0,69, Durbin-Watson (p-valor)=0,35, Dickey-Fuller (p-valor; residuo)<0,01.

²³ Sin embargo, en la primera etapa de largo plazo se ha sustituido la productividad laboral por el empleo, al no encontrar una relación de cointegración en el primer caso.

²⁴ Definida como un índice que crece a un ritmo igual a la diferencia entre el crecimiento del PIB y la productividad total de los factores (PTF). Usamos este índice (PIB^{PTF} en la Tabla 7) como *proxy* del *output gap*, dado que la ecuación de largo plazo no presentaba una relación de cointegración cuando se utilizaba directamente dicha variable.

Mercado de la vivienda

Marco teórico

La dinámica de los bienes duraderos, como es el caso de la vivienda, generalmente se estima mediante un modelo *stock-flujo*.²⁵ El *stock* de viviendas, rígido a corto plazo, y el flujo de inversión residencial, más sujeto a la evolución macroeconómica, quedan unidos a través de dos canales.

En primer lugar, la oferta de *stock* de capital residencial (S) y la inversión residencial (I) están unidos a través de la siguiente identidad:

$$S_t = I_t + (1 - d)S_{t-1}$$

donde d representa la tasa de depreciación del *stock* de viviendas, calibrada al 3,33% anual.²⁶

En segundo lugar, ambas variables están relacionadas entre sí a través del precio de la vivienda. Pensando en el largo plazo, el *stock* de viviendas (oferta) debe igualar a la demanda, determinada por el precio de la vivienda y un conjunto de variables de demanda. No obstante, a corto plazo dicha igualdad no se cumple debido a las rigideces en el *stock* y precio de la vivienda, de modo que se producen desequilibrios en el mercado inmobiliario, es decir, desviaciones entre la oferta de viviendas existente y su nivel deseado (demanda).²⁷ Tales desequilibrios en el mercado inmobiliario, juntamente con otras variables que capturan el ciclo económico, determinan el precio de la vivienda a corto plazo. Finalmente, el precio de la vivienda influye en el flujo de inversión residencial si se tiene en cuenta que precios más altos son un incentivo para construir obra nueva y aumentar así la inversión residencial.

Estimaciones

La Tabla 8 muestra las estimaciones de la ecuación de largo plazo que relaciona el *stock* de viviendas (oferta) con el precio de la vivienda y un conjunto de variables de demanda, en nuestro caso la población entre 25 y 44 años y el PIB.²⁸ Las elasticidades encontradas son las esperadas, con signo negativo para el precio de la vivienda y positivo para las variables de demanda.

Tabla 8: Stock de viviendas	
Coefficientes largo plazo	Coefficientes corto plazo
Precio vivienda	-0,558***
Población	1,547***
PIB	1,444***

Notas – N=77, *10%, **5%, ***1%, Dickey-Fuller (p-valor; residuo)<0,01.

²⁵ Véase Steiner (2010) para un modelo *stock-flujo* aplicado al mercado de la vivienda suizo.

²⁶ La Fundación BBVA-Ivie estima que la vida media de una vivienda en España es de 60 años, lo que se corresponde con una tasa de depreciación del 3,33% anual.

²⁷ Véase, por ejemplo, DiPasquale y Wheaton (1994), McCarthy y Peach (2002) o Riddel (2004).

²⁸ Otras variables que se han tenido en cuenta pero que finalmente no se han incluido en el modelo al no estar cointegradas con la variable dependiente son la renta bruta disponible y su descomposición entre empleo y salarios.

La Tabla 9 muestra las estimaciones de la ecuación de corto plazo del precio de la vivienda. Además de la variable que captura el desequilibrio en el mercado inmobiliario (primer retardo del residuo de la ecuación de la Tabla 8), también se han incluido como regresores el primer retardo de la variable dependiente, el tipo de interés nominal a largo plazo, el PIB y la compraventa de viviendas por parte de ciudadanos extranjeros.

Las estimaciones muestran una alta persistencia de la variable dependiente, con un impacto también importante del tipo de interés y el PIB. La compraventa de extranjeros es positiva y significativa, aunque con una magnitud muy modesta en línea con Álvarez *et al.* (2020), y el desequilibrio inmobiliario ejerce presión a la baja sobre el crecimiento del precio de la vivienda cuando existe un exceso de oferta.

Tabla 9: Precio vivienda	
Coeficientes largo plazo	Coeficientes corto plazo
	Precio vivienda (-1) 0,791***
	Tipo de interés nominal -0,510***
	PIB 0,419***
	Compraventa extranjeros 0,013***
	Desequilibrio inmobiliario (-1) -0,148***

Notas – N=51, *10%, **5%, ***1% (errores estándar Newey-West), R2=0,90, Durbin-Watson (p-valor)=0,28, Dickey-Fuller (p-valor; residuo)<0,01.

Finalmente, estimamos la inversión residencial mediante un modelo MCE (Tabla 10), donde además del precio de la vivienda, también se incluyen como variables explicativas los costes de construcción, el tipo de interés a largo plazo (como *proxy* de los costes de capital) y los dos primeros retardos de la variable dependiente en la etapa de corto plazo. El tipo de interés es la variable con más peso en ambas etapas, tal y como también encuentra Steiner (2010),²⁹ mientras que el resto de variables muestra los signos esperados.

Tabla 10: Inversión residencial	
Coeficientes largo plazo	Coeficientes corto plazo
Precio vivienda 0,696***	Inversión residencial (-2) 0,256***
Costes construcción -0,900***	Inversión residencial (-1) 0,236***
Tipo de interés -6,312***	Precio vivienda 0,386***
	Costes construcción -0,295*
	Tipo de interés -1,136*
	MCE -0,087***

Notas – Primera etapa: N=79, *10%, **5%, ***1%, Dickey-Fuller (p-valor; residuo)=0,11. Segunda etapa: N=76, *10%, **5%, ***1% (errores estándar Newey-West), R2=0,44, Durbin-Watson (p-valor)=0,36, Dickey-Fuller (p-valor; residuo)<0,01.

²⁹ En este sentido, Iacovello y Neri (2006) muestran con un modelo bayesiano de dos sectores que de todos los componentes de la demanda agregada, la inversión residencial es la que reacciona más ante un *shock* en los tipos de interés.

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 un aumento permanente de 100 p. b. del tipo de interés nominal. Tal y como puede observarse en la Figura 4, la respuesta de las distintas variables es la esperada.

Tanto el consumo privado, como sobre todo la inversión, disminuyen rápidamente al darse un aumento en el tipo de interés real. A su vez, esto hace que el PIB y las importaciones disminuyan, y la caída del primero provoca que se destruya empleo.³⁰ Al disminuir más la demanda que la oferta, inicialmente se abre un *output gap* negativo que ejerce presión a la baja sobre los precios.³¹

En términos de magnitudes, el PIB cae un 0,28%, 0,46% y 0,51% al cabo de 1, 2 y 3 años, respectivamente, magnitudes superiores a las de Arencibia *et al.* (2017), donde el PIB cae un 0,10%, 0,21% y 0,23%, respectivamente. En este sentido, y aunque modelicen la eurozona y los EE. UU. en su conjunto, las magnitudes encontradas están más en línea con las de los modelos ECB-BASE y FRB/US (Angelini *et al.*, 2019), y también con Smets y Wouters (2002), cuyas simulaciones muestran un impacto acumulado máximo alrededor del -0,50% entre 6 y 8 trimestres después del *shock*.

Sector exterior

Demanda externa

El segundo *shock* que se considera es un aumento permanente de un 1% de la demanda externa (Figura 5).

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

³⁰ El hecho de que el empleo caiga más que el PIB impulsa la productividad laboral, por lo que los salarios nominales, aunque inicialmente se reduzcan por la caída de precios, acaben situándose ligeramente por encima del nivel base.

³¹ Los precios caen un 0,05%, 0,10% y 0,11% al cabo de 1, 2 y 3 años, respectivamente, cifras similares a las encontradas por Arencibia *et al.* (2017), donde los precios disminuyen un 0,02%, 0,06% y 0,09%, respectivamente.

³² El hecho de que el empleo crezca más que el PIB merma la productividad laboral, por lo que los salarios nominales, aunque inicialmente aumenten por la subida de precios, acaben situándose ligeramente por debajo del nivel base.

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

Cuantitativamente, el PIB crece un 0,16%, 0,26% y 0,34% al cabo de 1, 2 y 3 años, respectivamente, magnitudes similares a las de Arencibia *et al.* (2017), donde el PIB aumenta un 0,25%, 0,31% y 0,33%, respectivamente. Por otro lado, a largo plazo las exportaciones aumentan un 1%, es decir, la cuota de mercado de España en el mercado internacional se mantiene estable tras el *shock*.

Precio del petróleo

El tercer *shock* que se analiza es un aumento permanente de un 10% del precio del petróleo (Figura 6).

El aumento del precio del petróleo implica, en primer lugar, una subida de precios. Debido a estas presiones inflacionistas, la renta bruta disponible (real) disminuye, por lo que el consumo privado se ve mermado y, por ende, también el PIB. La caída de la actividad económica provoca una destrucción de empleo y que se abra un *output gap* negativo.

En términos de magnitudes, el PIB disminuye un 0,07%, 0,19% y 0,28% al cabo de 1, 2 y 3 años, respectivamente, cifras similares a las encontradas por Arencibia *et al.* (2017), donde el PIB cae un 0,07%, 0,18% y 0,25%, respectivamente. Al cabo de 20 trimestres, la caída del PIB es de un 0,40%, una magnitud también similar a la de Peersman y Van Robays (2009), quienes mediante un VAR estructural con restricciones de signo estiman una caída de un 0,49% en el mismo lapso temporal.

Riqueza

Riqueza financiera

El cuarto *shock* que se considera es un aumento permanente de un 10% de la riqueza financiera (Figura 7).

El aumento de la riqueza financiera impacta positivamente sobre el consumo privado, por lo que el PIB crece (0,60%, 0,91% y 1,00% al cabo de 1, 2 y 3 años, respectivamente). El crecimiento del PIB 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.

Riqueza no financiera

El quinto *shock* que se analiza es un aumento permanente de un 10% del precio de la vivienda (Figura 8).

El aumento de la riqueza no financiera empuja al alza el consumo privado, lo que hace crecer el PIB y, por ende, la inversión, las importaciones y el empleo. Al aumentar más la demanda que la oferta, se abre un *output gap* positivo que se traduce en un aumento de los precios.

En términos de magnitudes, el PIB crece un 0,36%, 0,51% y 0,53% al cabo de 1, 2 y 3 años, respectivamente, magnitudes similares a las de Arencibia *et al.* (2017), donde el PIB crece un 0,35%, 0,60% y 0,49%, respectivamente.

Precios

El último *shock* que se considera es una caída en impacto de un 1% de los precios (Figura 9).³³

Una caída de precios se traduce en un aumento del consumo privado debido a una renta bruta disponible (real) más alta.³⁴ Esto provoca que el PIB crezca, lo que favorece la inversión, las importaciones y el empleo.

Cuantitativamente, el PIB aumenta un 0,30%, 0,57% y 0,62% al cabo de 1, 2 y 3 años, respectivamente, magnitudes similares a las de Arencibia *et al.* (2017), donde el PIB aumenta un 0,21%, 0,54% y 0,70%, respectivamente.

6. Conclusiones

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

Se ha detallado 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 y variables que en la versión actual se consideran exógenos, como pueda ser la política fiscal o la competitividad de precios y costes en la ecuación de exportaciones, y ampliar algunos de los bloques ya existentes, por ejemplo, estimando por separado los bienes y servicios en las ecuaciones de sector exterior. 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.

³³ Una caída exógena de los precios (IPC) podría darse, por ejemplo, por una reducción del IVA.

³⁴ Los salarios nominales se reducen debido a la caída de precios. Sin embargo, al caer más los segundos que los primeros, los salarios reales aumentan, por lo que la renta bruta disponible real se ve impulsada al alza, favorecida también por la creación de empleo.

Referencias

- Álvarez, L., Blanco, R. y García-Posada, M. (2020). «La inversión extranjera en el mercado inmobiliario residencial español entre 2007 y 2019». Artículos Analíticos Banco de España.
- 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.
- Barrel, R. y Davis, P. (2005). «Financial liberalisation, consumption and wealth effects in 7 OECD countries». National Institute of Economic and Social Research (NIESR) Discussion Papers.
- Bayoumi, T. y Edison, H. (2003). «Is wealth increasingly driving consumption?». DNB Staff Reports.
- Bover, O. (2005). «Efectos de la riqueza inmobiliaria sobre el consumo: resultados a partir de la encuesta financiera de las familias». Boletín Económico Banco de España.
- 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 Banco de España.
- DiPasquale, D. y Wheaton, W. C. (1994). «Housing market dynamics and the future of housing prices». Journal of Urban Economics.
- Estrada, A. y Buisán, A. (1999). «El gasto de las familias en España». Estudios Económicos Banco de España.
- 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.
- Hall, R. y Jorgenson, D. (1971). «Application of the theory of optimum capital accumulation». Brookings Institution.
- Iacovello, M. y Neri, S. (2006). «The role of housing collateral in an estimated two-sector model of the US economy». Boston College Working Papers in Economics.
- Kaldor, N. (1956). «Alternative theories of distribution». Review of Economic Studies.
- Keynes, J. M. (1936). «The general theory of employment, interest and money».
- Martínez, C. y Maza, A. (2009). «Competitiveness and growth in EMU: the role of the external sector in the adjustment of the Spanish economy». European Commission Economic Papers.

- Martínez, C. y Río, A. (2004). «Household borrowing and consumption in Spain: a VECM approach». Documentos de Trabajo Banco de España.
- McCarthy, J. y Peach, R. W. (2002). «Monetary policy transmission to residential investment». FRBNY Economic Policy Review.
- 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.
- Peersman, G. y Van Robays, I. (2009). «Oil and the euro area economy». Economic Policy.
- Riddel, M. (2004). «Housing-market disequilibrium: an examination of housing market price and stock dynamics 1967-1998». Journal of Housing Economics.
- Sastre, T. y Fernández, J. (2005). «Un modelo empírico de las decisiones de gasto de las familias españolas». Documentos de Trabajo Banco de España.
- Smets, F. y Wouters, R. (2002). «An estimated dynamic stochastic general equilibrium model of the euro area». European Central Bank Working Paper Series.
- Steiner, E. (2010). «Estimating a stock-flow model for the Swiss housing market». Swiss National Bank Working Papers.
- 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

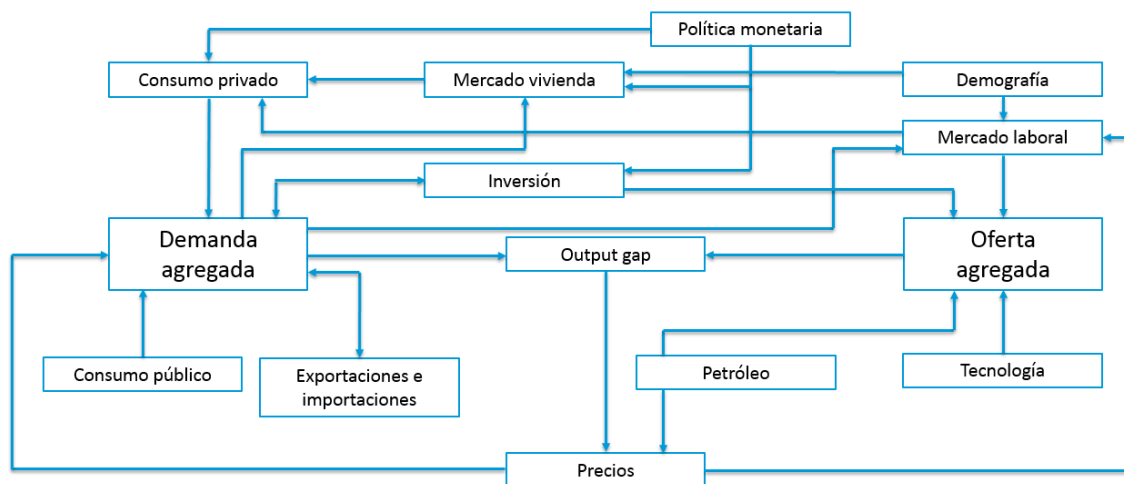
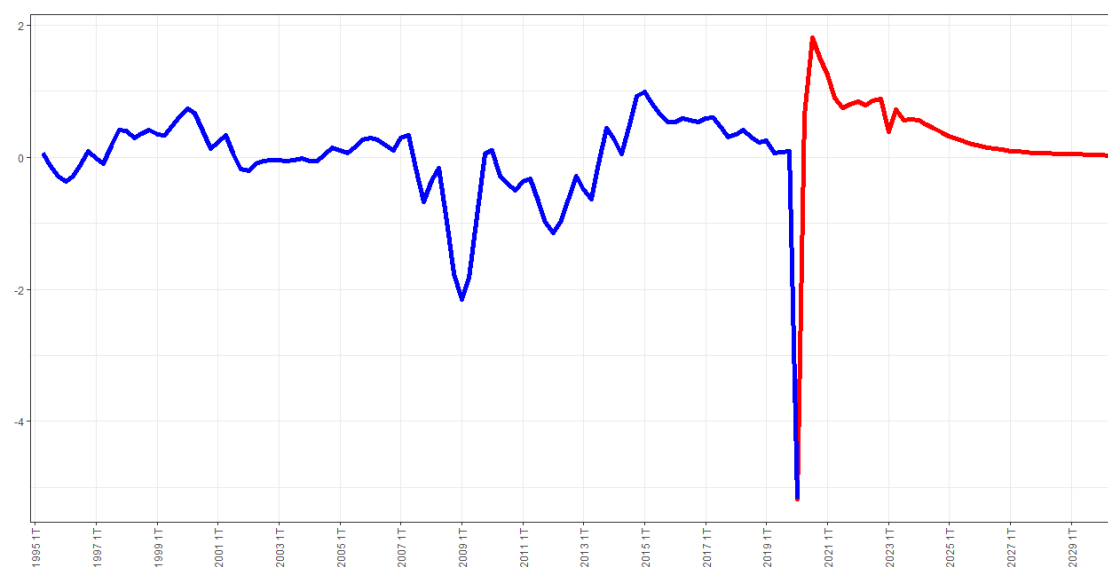
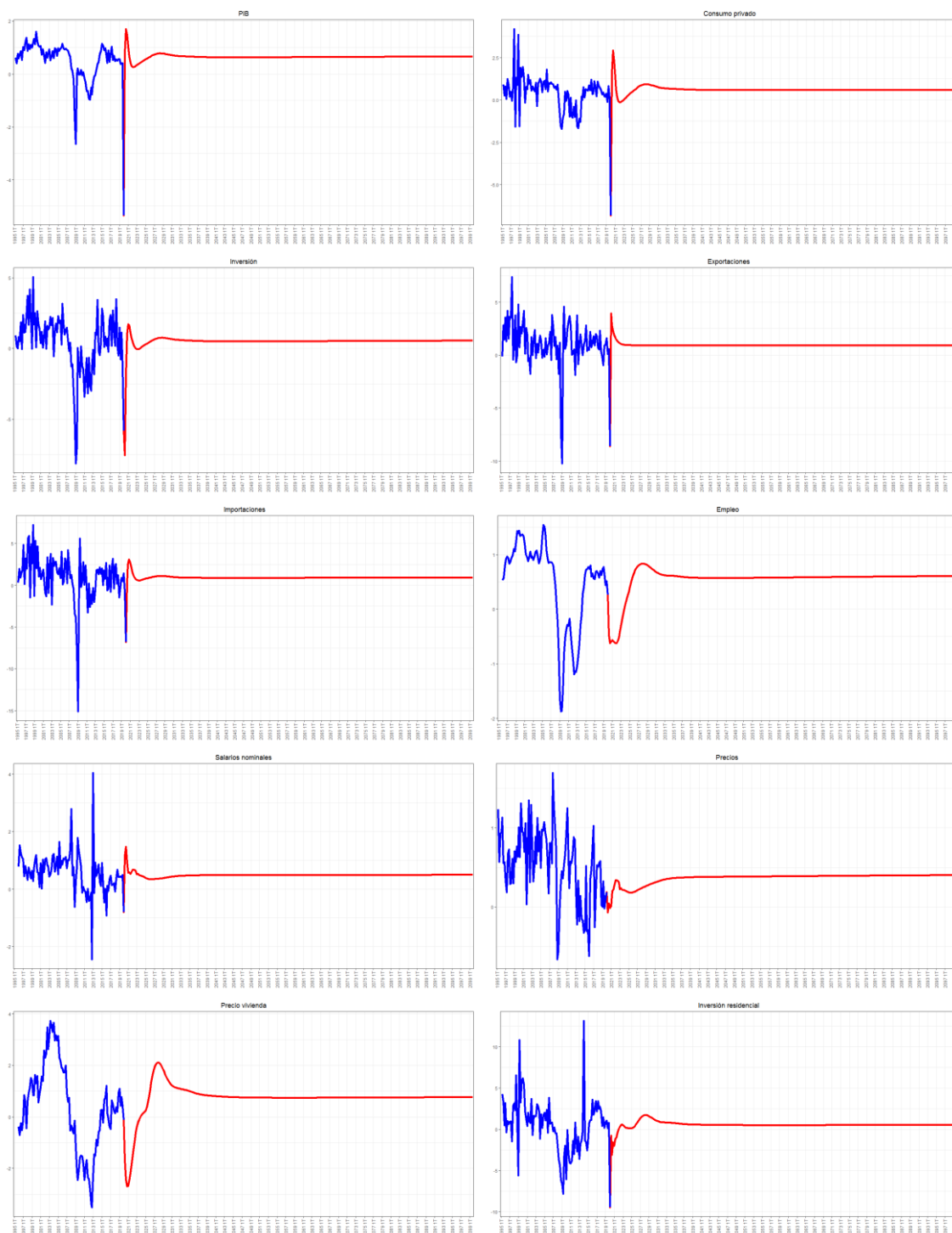


Figura 2: Variación intertrimestral del *output gap* (p. p.)



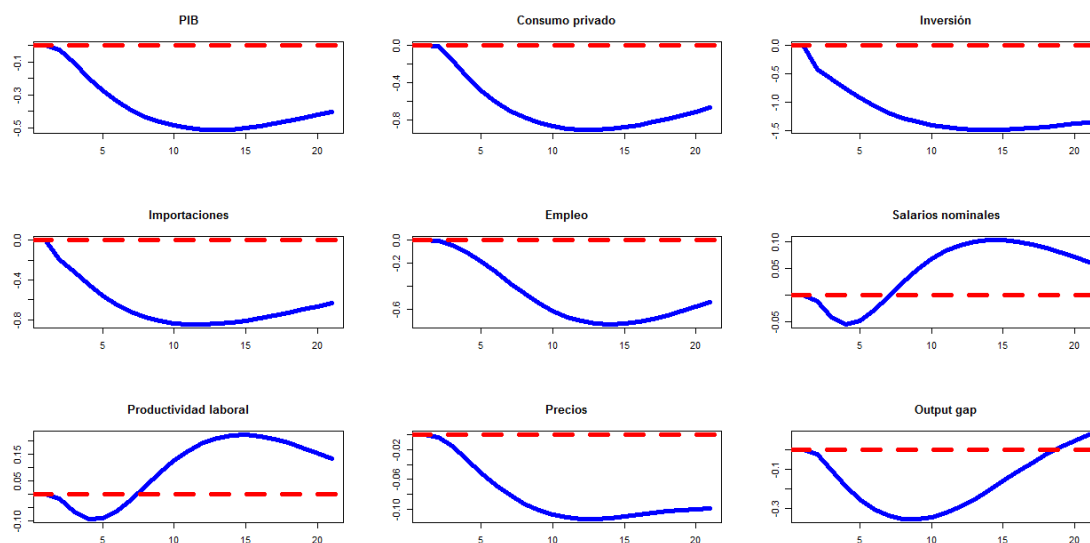
Nota: La línea azul corresponde a la serie histórica, mientras que la línea roja es la previsión del modelo a un trimestre vista para el periodo 2T 2020 – 4T 2030.

Figura 3: Variación intertrimestral de diferentes variables endógenas (%)



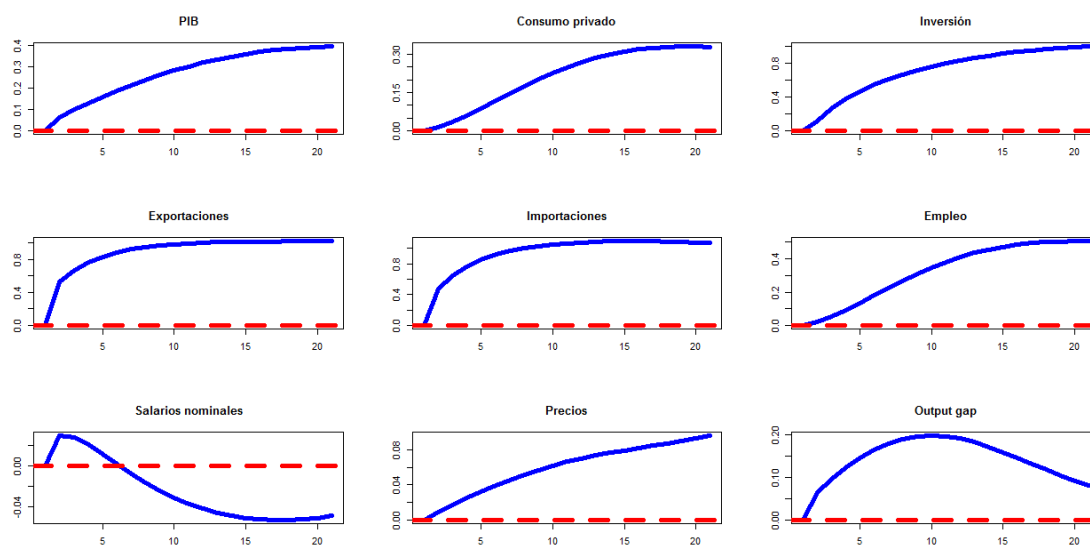
Nota: La línea azul corresponde a la serie histórica, mientras que la línea roja es la previsión del modelo a un trimestre vista para el periodo 2T 2020 – 4T 2099. De izquierda a derecha y de arriba a abajo, las variables representadas son el PIB, consumo privado, inversión, exportaciones, importaciones, empleo, salarios nominales, precios (IPC), precio de la vivienda e inversión residencial.

Figura 4: Aumento permanente de 100 p. b. del tipo de interés nominal



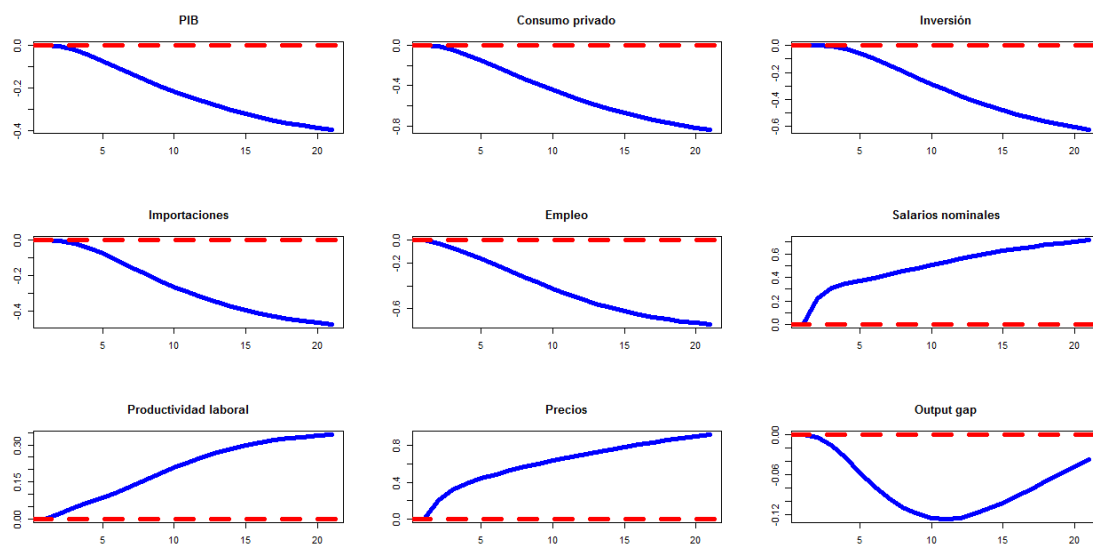
Nota: El eje horizontal representa los trimestres después del shock, que se produce en el periodo 2. El eje vertical representa la desviación porcentual respecto al nivel base.

Figura 5: Aumento permanente de un 1% de la demanda externa



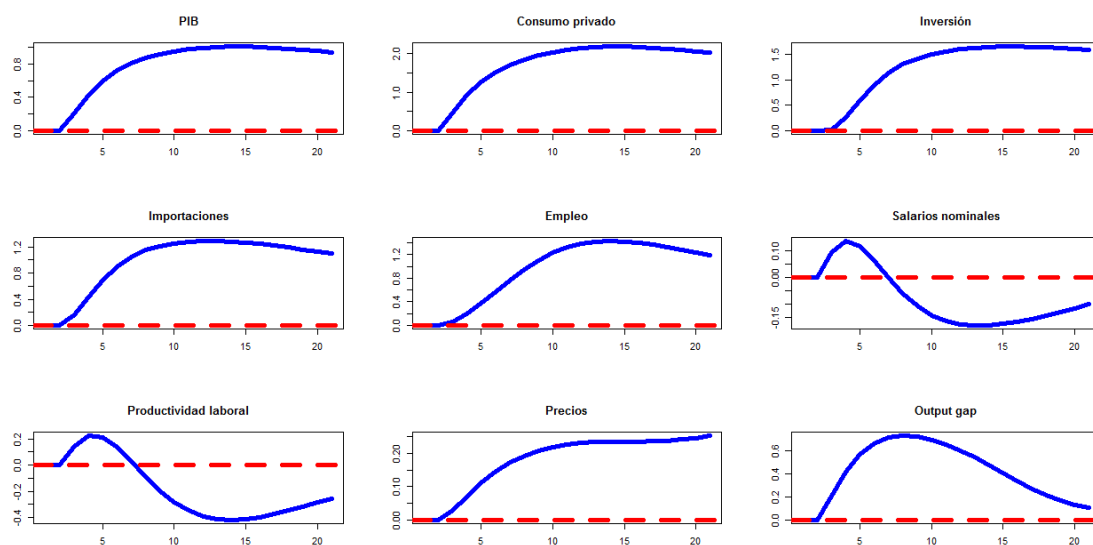
Nota: El eje horizontal representa los trimestres después del shock, que se produce en el periodo 2. El eje vertical representa la desviación porcentual respecto al nivel base.

Figura 6: Aumento permanente de un 10% del precio del petróleo



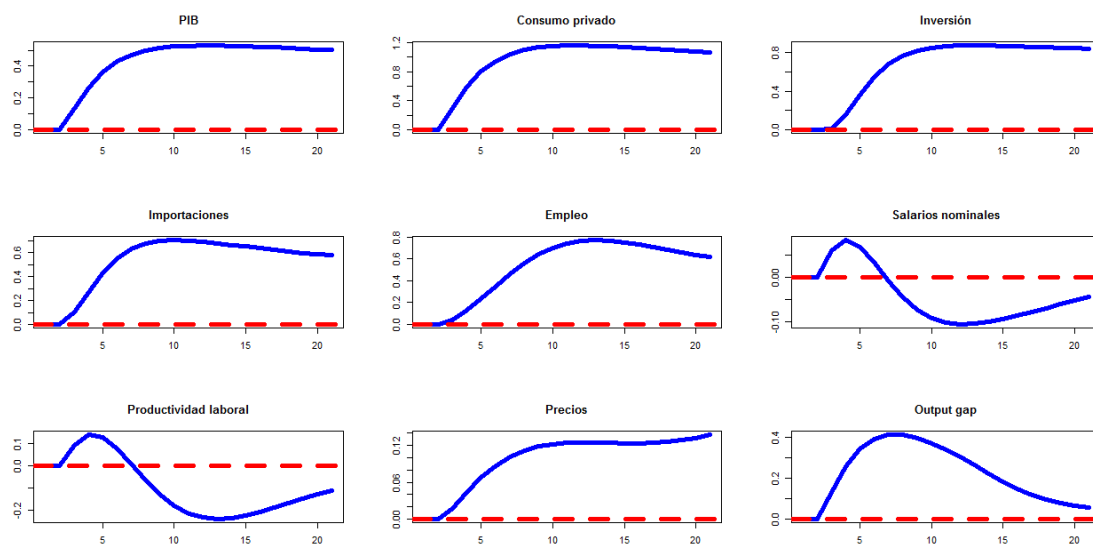
Nota: El eje horizontal representa los trimestres después del shock, que se produce en el periodo 2. El eje vertical representa la desviación porcentual respecto al nivel base.

Figura 7: Aumento permanente de un 10% de la riqueza financiera



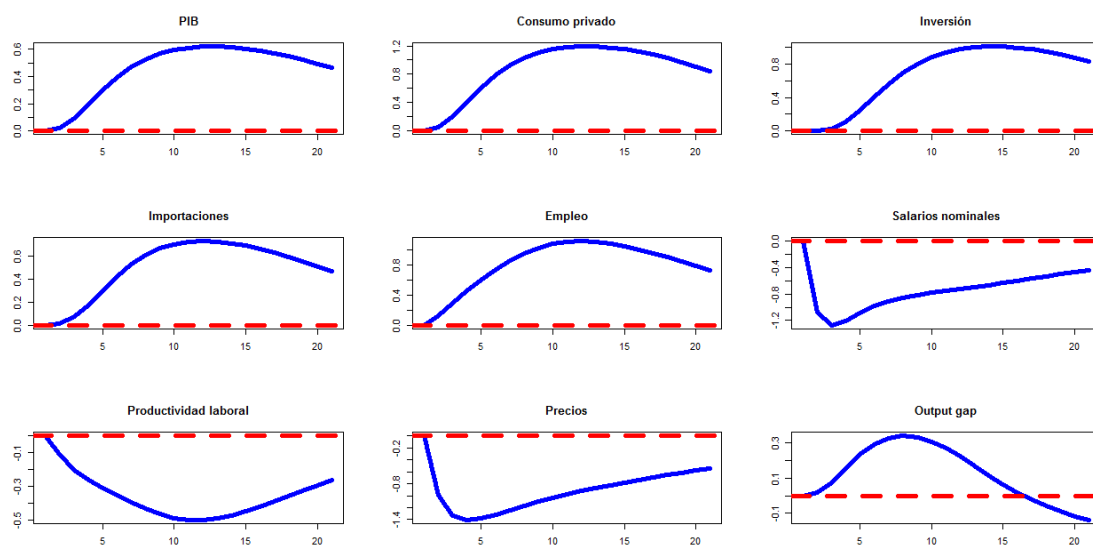
Nota: El eje horizontal representa los trimestres después del shock, que se produce en el periodo 2. El eje vertical representa la desviación porcentual respecto al nivel base.

Figura 8: Aumento permanente de un 10% del precio de la vivienda



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 (IPC)



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.