

UN MODELO DE EQUILIBRIO GENERAL (BEMOD) PARA EL ANÁLISIS DE LA ECONOMÍA
ESPAÑOLA EN LA ZONA DEL EURO

Un modelo de equilibrio general (BEMOD) para el análisis de la economía española en la zona del euro

Este artículo ha sido elaborado por Samuel Hurtado y Carlos Thomas, de la Dirección General del Servicio de Estudios.

Introducción

El Banco de España, como la mayoría de bancos centrales, utiliza para el análisis y la realización de proyecciones macroeconómicas un conjunto de modelos económicos, complementarios entre sí y con características diferentes. En función del tipo de ejercicio que quiera realizarse (elaboración de proyecciones, simulación de posibles medidas de política económica o de cambios en el entorno económico exterior, etc.), se utilizan aquellos modelos que presentan características más adecuadas, en términos, por ejemplo, de sus propiedades para la predicción a corto plazo o del grado de consistencia de la modelización del comportamiento de todos los agentes económicos. En este artículo se presenta de forma resumida un modelo macroeconómico construido en el Banco de España para analizar la evolución de la economía española dentro de la Unión Económica y Monetaria, que pertenece a la nueva generación de modelos macroeconómicos desarrollados en la literatura académica en las últimas décadas.

Los modelos macroeconómicos tradicionalmente empleados por la mayoría de bancos centrales se componen de un conjunto relativamente amplio de ecuaciones que describen el comportamiento de los distintos agregados macroeconómicos en función de la evolución de otra serie de variables (por ejemplo, el consumo privado se hace depender del tipo de interés real y de la renta disponible y la riqueza de los hogares). Generalmente, la relación entre las variables de interés y sus determinantes se supone constante a lo largo del tiempo, e invariante ante cambios estructurales, como puedan ser las modificaciones de política económica. No obstante, como argumentó Robert E. Lucas (1976), esas elasticidades entre los agregados macroeconómicos no son, en realidad, constantes, sino que pueden variar ante dichos cambios estructurales, incluso aunque no se modifique el comportamiento individual de los distintos agentes. Este aspecto limita la fiabilidad de las simulaciones obtenidas con estos modelos.

Para superar estas limitaciones, conocidas como la «crítica de Lucas», en los últimos años ha ido surgiendo una nueva generación de modelos, denominados «modelos de Equilibrio General Dinámico y Estocástico» (habitualmente conocidos por sus siglas en inglés, DSGE), que están siendo crecientemente utilizados en los bancos centrales y en otras instituciones de política económica. En ellos, la modelización explícita de las decisiones de los agentes (hogares, empresas, etc.) permite interpretar desde un punto de vista económico la evolución, observada o prevista, de la economía que describen, así como realizar simulaciones de política económica de manera robusta. Además, su capacidad predictiva no es necesariamente más reducida que la de los modelos macroeconómicos tradicionales¹.

Desde 2006, el Banco de España cuenta entre sus herramientas de análisis de la economía española con un modelo DSGE, denominado BEMOD², que fue el primero de este tipo en el Eurosistema en considerar con detalle dos economías (España y el resto de la UEM) dentro de una unión monetaria, que interactúa con el resto del mundo, y en incluir varios sectores productivos. El modelo, inicialmente calibrado, ha sido recientemente estimado³ para captar el comportamiento cíclico, de medio y corto plazo, de las principales variables macroeconómicas.

1. Véase, por ejemplo, el modelo DSGE para la zona del euro estimado por Smets y Wouters (2003). 2. Véase Andrés, Burriel y Estrada (2006). 3. Véase Andrés, Hurtado, Ortega y Thomas (2009).

cas, mediante un proceso econométrico más complejo, que trata de acercar en mayor medida el modelo a los datos⁴.

En este artículo se comentan las principales características del modelo BEMOD y de los parámetros obtenidos en su estimación. Posteriormente, para ilustrar la posible aplicación de este tipo de modelos a la interpretación de los desarrollos económicos, se realizan dos ejercicios. En el primero se trata de evaluar qué tipo de perturbaciones, de entre las que distingue el modelo, explican el comportamiento diferencial de crecimiento e inflación entre España y el resto del área del euro en la última década. En el segundo, se trata de encontrar los distintos tipos de perturbaciones que podrían explicar las diferentes sendas de proyecciones macroeconómicas.

El modelo

El modelo BEMOD tiene la estructura habitual de un modelo DSGE. Tanto los hogares como las empresas toman decisiones en cada período con vistas a maximizar su propio interés (utilidad, en el primer caso, beneficios, en el segundo), sujetas a sus respectivas restricciones presupuestarias. Los agentes económicos tienen en cuenta los efectos futuros de sus decisiones presentes, de forma que estas dependen, en gran medida, de sus expectativas (sobre los tipos de interés, la evolución de los costes, la evolución de la demanda, etc.). Estas expectativas se forman de manera racional: los agentes utilizan toda la información disponible sobre el estado actual de la economía y su estructura, sin cometer errores sistemáticos.

Geográficamente, el BEMOD incluye tres bloques económicos: España y el resto del área del euro —que tienen un gran nivel de detalle—, y el resto del mundo, que está modelizado de forma simplificada⁵. En España y en el resto de la UEM hay cuatro tipos de agentes: hogares, empresas, autoridad fiscal y una autoridad monetaria común a ambos bloques. Los hogares obtienen un salario y alquilan el capital productivo a las empresas; utilizan los correspondientes ingresos para consumir, invertir en capital productivo, adquirir bienes duraderos y comprar bonos (tanto en euros como en dólares). Las empresas están divididas en tres sectores, en función de los bienes que produzcan: bienes comerciables con el extranjero, no comerciables y duraderos. Estos últimos son también bienes no comerciables, pero se distinguen en que reportan utilidad a sus propietarios a lo largo de toda su vida útil. En cada sector, las empresas producen con tecnologías diferentes que utilizan empleo, capital productivo y consumos energéticos. Se les presupone un cierto poder de mercado, lo cual les permite fijar precios. Las autoridades fiscales recaudan impuestos, realizan gasto público y emiten bonos. Por último, la autoridad monetaria común fija los tipos de interés nominales de corto plazo de acuerdo con una regla de Taylor, según la cual el tipo de interés depende de la inflación y del crecimiento del PIB en toda la zona del euro.

Los modelos DSGE más sencillos tienen problemas para replicar la inercia que muestran muchas de las series macroeconómicas. Para corregir esta deficiencia, la literatura ha ido diseñando diversos mecanismos que añaden rigideces al comportamiento de los individuos dentro de los modelos, tales como competencia monopolística en los mercados de bienes y de trabajo, fijación infrecuente de precios y salarios nominales, grado de indiciación de los mismos a la inflación, costes de ajuste en la inversión y en el comercio exterior, utilización variable

4. Distintas versiones intermedias de este modelo han sido utilizadas extensivamente en el análisis de los efectos de diversas perturbaciones macroeconómicas sobre la economía española y en ejercicios de simulación de políticas económicas. Véanse el *Informe Anual* del Banco de España de 2007; López, Estrada y Thomas (2008); Álvarez, Hurtado, Sánchez y Thomas (2009), o Andrés, Hurtado, Ortega y Thomas (2009), entre otros. 5. Concretamente, se suponen procesos auto-regresivos para la demanda mundial, el precio del petróleo, los precios mundiales y el tipo de interés mundial, de forma que la evolución de cada una de estas variables se considera aleatoria, con una cierta inercia, y sin posibilidad de que dependa del comportamiento de otras variables.

del capital instalado y hábitos en el consumo. El BEMOD incluye la mayoría de estas fricciones, que son importantes a la hora de replicar el comportamiento cíclico de variables como la inflación, los salarios reales, el consumo, las importaciones y la inversión productiva.

El modelo BEMOD trata de explicar la dinámica de las economías española y del resto de la UEM en el corto y medio plazo, pero no las razones del crecimiento a largo plazo. Así, describe el comportamiento de los agentes económicos en términos de sus desviaciones respecto de dicha tendencia de largo plazo. En ausencia de perturbaciones (*shocks*), la economía descrita por este modelo crecería, en términos per cápita, a una tasa uniforme, y mantendría constantes una serie de ratios fundamentales de largo plazo (como el de capital sobre PIB o el de consumo de bienes importados sobre el consumo total). Es la existencia de perturbaciones la que genera la dinámica de corto y medio plazo de esta economía y la que provoca la aparición de desviaciones respecto de la tendencia de largo plazo, que no son permanentes pero sí muestran una cierta persistencia. En total, el modelo cuenta con 21 perturbaciones de distinta naturaleza, tanto de demanda (*shocks* al gasto público, a la confianza de los consumidores, a la demanda mundial, etc.) como de oferta (*shocks* al precio del petróleo, a la productividad, a los márgenes de precios y salarios, etc.), así como de distinto origen geográfico: surgidas en España, en el resto de la zona del euro, comunes a toda la UEM (*shocks* a los tipos de interés del BCE, al crecimiento común de largo plazo, etc.) o provenientes del resto del mundo (*shocks* al precio del petróleo, a los tipos de interés, etc.).

Los parámetros que determinan el largo plazo (como, por ejemplo, el peso de cada uno de los tipos de bienes considerados en el consumo) han sido calibrados para replicar las medias históricas observadas en los datos de Contabilidad Nacional y de las Tablas de Origen y Destino para España y para las principales economías del área del euro. Por su parte, los parámetros que solo afectan a la dinámica de corto plazo han sido estimados con métodos econométricos⁶, con la excepción de algunos parámetros especialmente difíciles de estimar⁷. Los datos utilizados en la estimación cubren el período de 1997 a 2007 y se refieren a las principales variables macroeconómicas de España y de la zona del euro⁸.

Las estimaciones obtenidas⁹ para los parámetros que recogen la rigidez nominal de precios y salarios indican que, tanto en España como en el resto de la UEM, los precios de los bienes comerciables se ajustan con más frecuencia que los de los bienes no comerciables, de acuerdo con la mayor competencia a la que están sujetos aquellos. Las rigideces nominales en los salarios son ligeramente menores en España, donde, sin embargo, se estima un nivel muy superior de indiciación de los salarios a la inflación pasada (lo que determina una mayor rigidez de los salarios reales). Los costes de ajuste de la inversión estimados son menores en España que en el resto de la UEM, es decir, la inversión productiva reacciona con más celeridad en España ante perturbaciones en la economía, lo cual posiblemente refleja una mayor suavidad de la serie de inversión en la zona del euro, que se construye agregando los datos de los distintos países. Por último, los coeficientes de respuesta a la inflación y al crecimiento del PIB

6. En concreto, el modelo BEMOD se ha estimado con métodos bayesianos. Dichos métodos combinan la verosimilitud que el modelo otorga a la muestra (como función de los parámetros) con el uso de información a priori acerca de los valores de los parámetros a estimar (procedente por ejemplo, de encuestas microeconómicas sobre formación de precios y salarios). 7. Como son las elasticidades que determinan cómo los consumidores sustituyen entre los distintos tipos de bienes en función de sus precios relativos. 8. En concreto, las variables utilizadas en la estimación son 17: para España, consumo, inversión productiva privada, valor añadido, empleo en el sector de bienes comerciables, empleo en el sector de no comerciables, inflación, salario real y exportaciones; para el área del euro, consumo, inversión productiva privada, valor añadido, empleo en comerciables, empleo en no comerciables, inflación, salario real y tipo de interés nominal. Además, se incluye el tipo de interés de la Reserva Federal de Estados Unidos como aproximación del tipo de interés del resto del mundo. La estimación se ha realizado a partir de las tasas de variación de estas variables en términos per cápita, expresadas cada una en desviaciones respecto de su media. 9. En Andrés, Hurtado, Ortega y Thomas (2009) puede encontrarse una discusión más detallada de los resultados de la estimación.

y el retardo del tipo de interés en la regla de Taylor que describe la actuación de la autoridad monetaria son bastante similares a los de otros modelos¹⁰; en particular, los valores estimados reflejan una mayor preocupación por estabilizar la inflación frente al PIB, así como un ajuste bastante gradual de los tipos de interés por parte de la autoridad monetaria.

Crecimiento e inflación en España y en la UEM, según el BEMOD

Una vez realizada la estimación del modelo, es posible estimar las perturbaciones que explicarían, según el BEMOD, el comportamiento observado de las distintas variables; esto, a su vez, permite calcular la contribución de cada tipo de perturbación a las series observadas. Para ilustrar esta posible utilización del BEMOD, en esta sección se aplica esta descomposición a las series de inflación y de valor añadido para España y para el resto del área del euro, en términos de los correspondientes diferenciales. Las barras del gráfico 1 representan las aportaciones de cada grupo de perturbaciones a las desviaciones de los diferenciales de crecimiento per cápita e inflación respecto de sus medias muestrales¹¹.

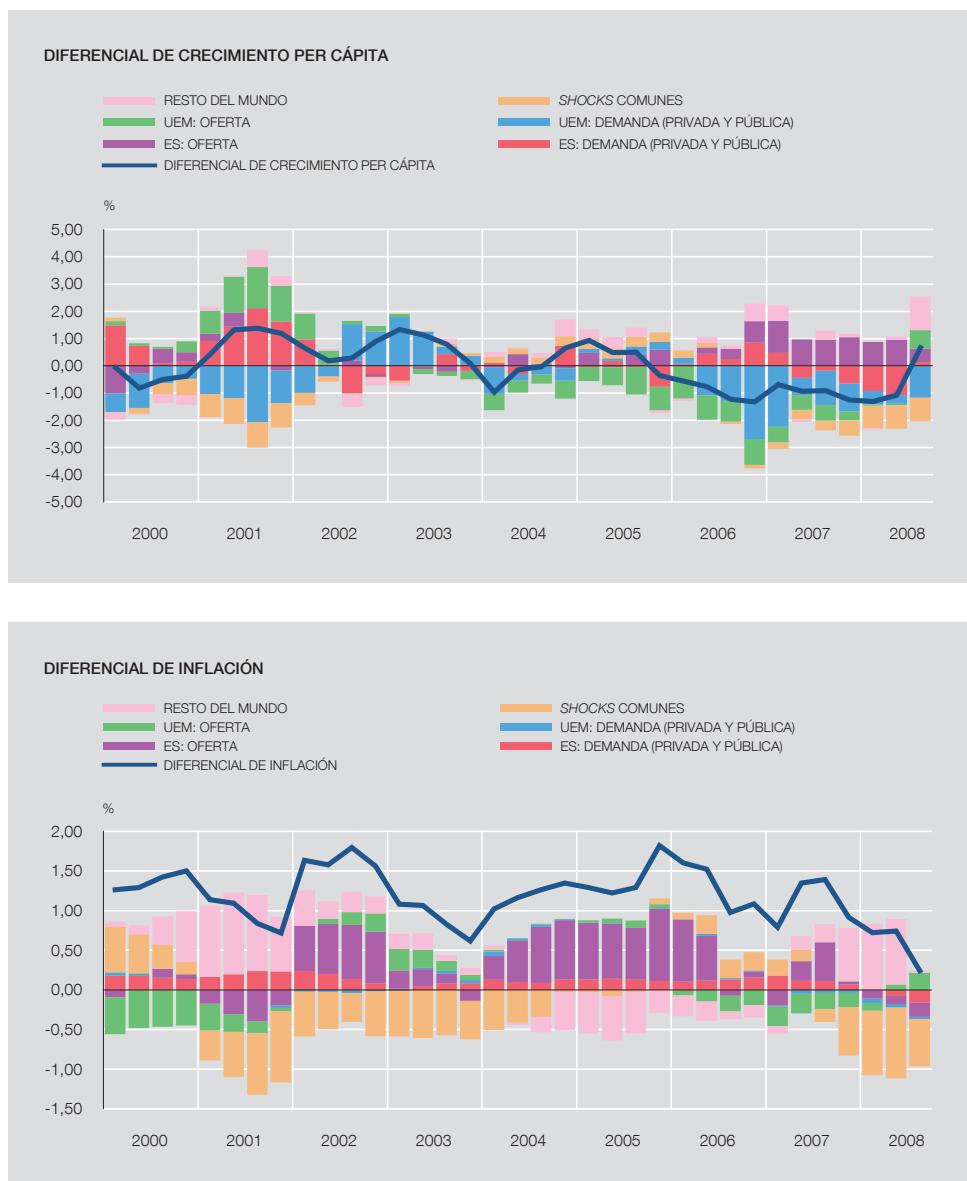
Según el panel superior del gráfico, los principales determinantes de los diferenciales de crecimiento en términos per cápita de la economía española respecto al resto de la zona del euro son las perturbaciones de demanda específicas de cada área (las barras rojas y azules, que representan casi un 40% de las contribuciones representadas en este gráfico). Según el panel inferior, los *shocks* de oferta (márgenes en precios y salarios, y productividad) específicos de la economía española son los que parecen explicar en mayor medida la evolución de los diferenciales de inflación. Con estos resultados, el BEMOD proporciona una cuantificación parcial —en cuanto a que se centra únicamente en los movimientos cíclicos y excluye totalmente los determinantes del largo plazo— del impacto sobre el diferencial de inflación que han tenido algunos problemas habitualmente señalados, relacionados con el escaso crecimiento de la productividad en España y con la falta de competencia en determinados mercados.

Adicionalmente, el modelo puede utilizarse para evaluar si estas diferencias de crecimiento e inflación se deben a que la economía española ha estado expuesta a perturbaciones macroeconómicas distintas de las del resto de la UEM, o a que responde de forma diferente a perturbaciones comunes debido a sus particulares características estructurales. Por ejemplo, según los resultados de la estimación, en España un rasgo estructural es la mayor indiciación de salarios (lo cual tendería a generar diferenciales de inflación en respuesta a *shocks* comunes, como una subida en el precio del petróleo), pero también se observan perturbaciones nacionales capaces de generar mayor variabilidad en precios y salarios; el modelo puede ayudarnos a evaluar cuál de estos factores es más relevante a la hora de explicar la evolución del diferencial de inflación con el resto del área del euro. Para ello, se ha realizado un ejercicio de naturaleza teórica en el que se simulan dos escenarios contra-factuales¹². En primer lugar, se considera un escenario en el que España sufre las mismas perturbaciones que el resto de la UEM, manteniendo los parámetros estructurales en sus valores estimados (diferentes para cada área, por tanto); dicho ejercicio permite aislar el efecto de la existencia de perturbaciones específicas sobre los diferenciales de inflación. En segundo lugar, se simula un escenario en el que se igualan algunos de los parámetros estructurales de la economía española a los valores estimados para el resto del área del euro (en particular, aquellos que gobiernan la dinámica de corto plazo, como el grado de rigidez nominal o de indiciación), manteniendo las

10. Véase, por ejemplo, el modelo DSGE del Banco Central Europeo para el análisis y previsiones del área del euro (denominado *New Area-Wide Model*) en Christoffel, Coenen y Warne (2008). **11.** En aras de la simplificación expositiva, se han agrupado las distintas perturbaciones estimadas por el modelo en siete grupos. **12.** Un escenario contra-factual es una simulación, realizada con el modelo, de un «universo teórico» en el que se cambia una o varias características de la economía (por ejemplo, el tamaño o inercia de determinadas perturbaciones, o la frecuencia de ajuste de precios y salarios). Al comparar las series observadas en el mundo real con aquellas obtenidas en el escenario contra-factual, se puede aislar el efecto de dichas características sobre el comportamiento de la economía.

DECOMPOSICIÓN DE LOS DIFERENCIALES DE CRECIMIENTO E INFLACIÓN
ENTRE ESPAÑA Y LA UEM

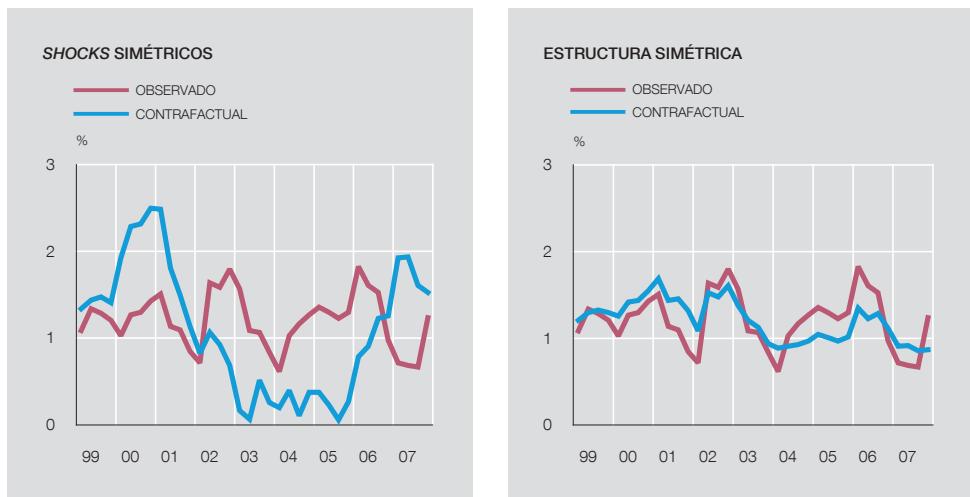
GRÁFICO 1



FUENTE: Banco de España.

diferentes perturbaciones observadas en ambas áreas geográficas; este ejercicio permite calcular el efecto de las asimetrías estructurales sobre los diferenciales.

Como se observa en el panel izquierdo del gráfico 2, el diferencial de inflación habría sido sustancialmente diferente en un escenario con perturbaciones idénticas en ambas economías: habría oscilado bastante más, con niveles mayores al comienzo de la muestra y menores en el período 2002-2006 (de hecho, en 2003-2005 el diferencial habría descendido hasta hacerse prácticamente cero). Esto sugiere que, en efecto, los *shocks* específicos de cada región han desempeñado un papel relevante en la evolución de los diferenciales. Según el panel derecho, en un escenario con la misma estructura económica en ambas regiones el diferencial de inflación habría sido relativamente similar al observado, aunque habría mostrado una menor volatilidad, sobre todo a partir de 2002. En consecuencia, parece que la evolución en el diferencial de inflación con la UEM en los años anteriores a 2007 se explica tanto por las perturbaciones específicas que afectaron a la economía española como por su propia estructura, que tiende a generar una mayor volatilidad de este diferencial.



FUENTE: Banco de España.

Una interpretación de la senda de proyecciones de la economía española a través del BEMOD

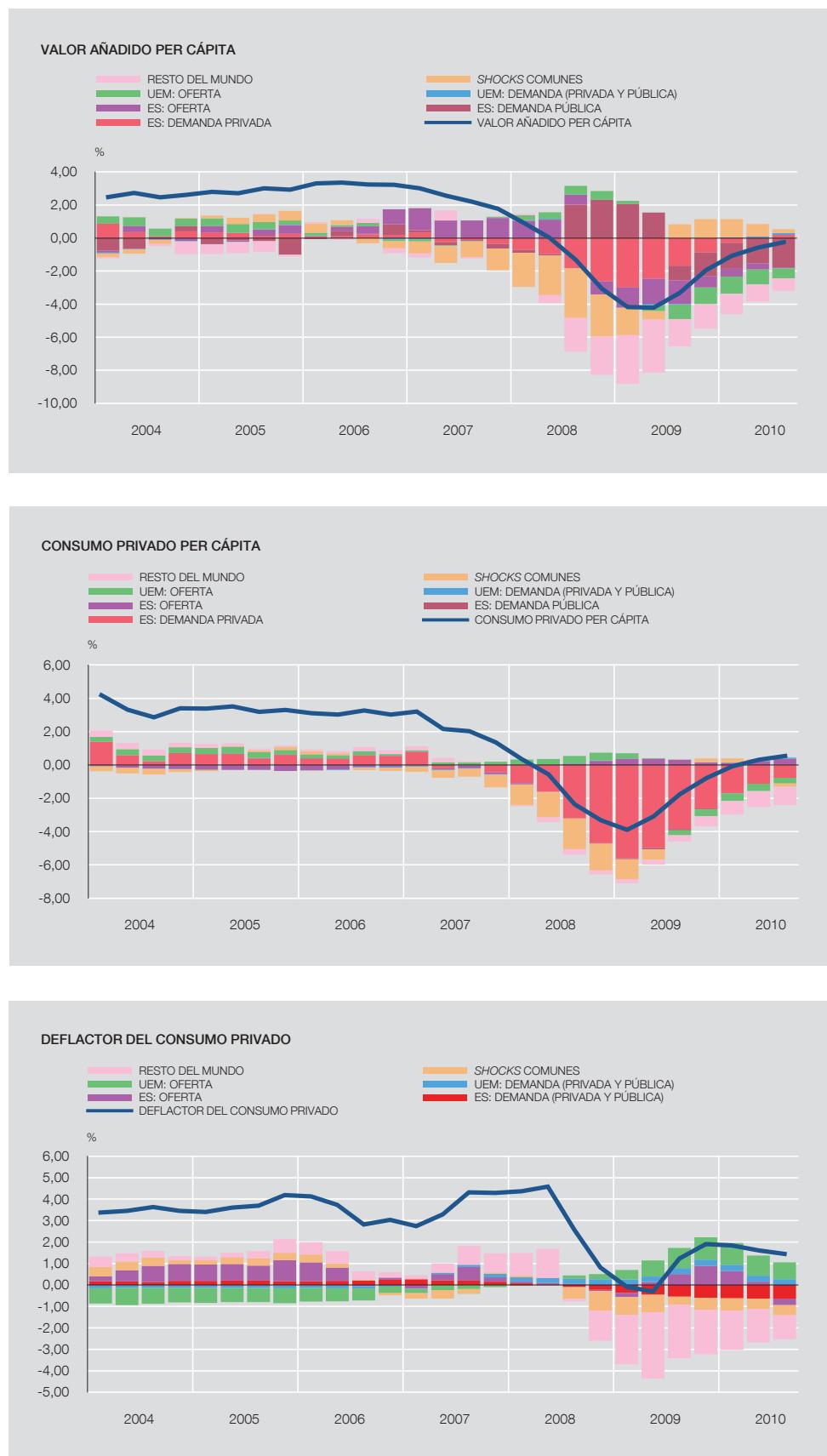
En esta sección se utiliza el BEMOD para ilustrar alguna de sus aplicaciones a la hora de interpretar las perturbaciones que subyacen a una determinada senda de proyecciones macroeconómicas. En particular, con este objetivo se utilizan las que el Banco de España publicó en el *Informe de Proyecciones* de marzo de 2009 (que comprendían los años 2009 y 2010). La realización de un ejercicio de esta naturaleza en el momento en que se elaboran las proyecciones es útil porque permite evaluar si son plausibles según el modelo¹³ y porque permite identificar las perturbaciones que resultan más relevantes para el comportamiento proyectado de cada una de las variables observadas¹⁴.

Como muestra el primer panel del gráfico 3, en marzo de 2009 se proyectaba que la etapa recesiva que había comenzado en la segunda mitad de 2008 y que se prolongaría a lo largo de 2009 tuvo su origen en una fuerte perturbación negativa sobre las perspectivas de crecimiento de largo plazo comunes a España y al resto del área del euro (y que en el gráfico aparece englobada dentro de la categoría de *shocks* comunes), cuyo impacto se agravaría posteriormente por la aparición de *shocks* de demanda fuertemente negativos en España y en el resto del mundo. El mayor descenso del ritmo de crecimiento que se proyectaba para 2009 se debía, por un lado, a la contribución aún más negativa de las perturbaciones de demanda privada y las provenientes del resto del mundo, y, por otro, al hecho de que prácticamente todos los *shocks* considerados por el BEMOD pasaban a tener aportaciones negativas, con la única excepción de la demanda del sector público. Por su parte, la senda de lenta recuperación que se preveía para 2010 estaría basada en una menor contribución negativa de los *shocks* de demanda privada en España y de los *shocks* provenientes del resto del mundo, en la recuperación de la productividad, y en una cierta mejora de las perspectivas de crecimiento de largo plazo comunes a España y al resto del área del euro, que compensarían el descenso previsto en la demanda pública¹⁵.

13. Una interpretación del ejercicio realizado es la siguiente: si en cada período futuro se materializaran las perturbaciones obtenidas de esta manera, las variables observadas seguirían la evolución prevista para ellas en el *Informe de Proyecciones*, que, así, serían compatibles con las reglas de comportamiento de los agentes estimadas en el BEMOD. Por tanto, si los *shocks* calculados parecen razonables, podremos decir que, a la luz del modelo, las previsiones también lo son. **14.** Uniendo la evolución de estas perturbaciones con los mecanismos de propagación que describe el BEMOD, obtenemos una descomposición análoga a la presentada en el gráfico 1, pero esta vez incluyendo el período de previsión. **15.** En cuanto a la paulatina reducción de los impulsos fiscales positivos, tanto en España como, en menor medida, en el resto del área del euro, conforme se van agotando las medidas aprobadas, ha de recordarse que las proyecciones se realizaron bajo el supuesto de ausencia de cambios de política y, por tanto, no incorporan medidas que no estuvieran ya aprobadas a fecha de cierre del *Informe de Proyecciones* (13.3.2009).

DECOMPOSICIÓN DE LAS PROYECCIONES PUBLICADAS EN MARZO DE 2009

GRÁFICO 3



FUENTE: Banco de España.

En el caso de las proyecciones de consumo privado, variable para la que se preveía un acusado retroceso, la principal perturbación es claramente la que aproxima la confianza de los hogares (que, en un contexto de mayor incertidumbre, deciden ahorrar más), aunque se observa también una aportación negativa de las perturbaciones procedentes del exterior (tanto de las comunes con la zona del euro como de las procedentes del resto del mundo).

Finalmente, las proyecciones de inflación —aproximada por el deflactor del consumo privado— mostraban una desaceleración significativa a lo largo de 2009, que se explicaba principalmente por las contribuciones negativas del precio del petróleo y de la demanda mundial en 2009 y 2010 (ambas incluidas en las denominadas perturbaciones del resto del mundo). Los shocks de oferta mostraban una contribución positiva sobre la inflación como consecuencia de que la evolución salarial se mostró poco sensible a las condiciones cíclicas, lo que compensó la contribución favorable de la productividad en el sector de bienes no comerciables. Por último, la reducción de la demanda nacional mostraba un cierto efecto de contención de la inflación, pero limitado.

Conclusiones

Este artículo ha descrito brevemente la estructura, estimación y algunas aplicaciones recientes del modelo BEMOD, el modelo de equilibrio general del Banco de España para la economía española y el resto de la UEM. Este modelo proporciona una herramienta de gran utilidad en el análisis de corto y medio plazo de estas economías, pues, por un lado, permite la simulación de toda una serie de escenarios contra-factuales para entender el papel que determinados aspectos de la economía española (como su estructura o las perturbaciones a las que ha estado sometida) desempeñan en su evolución dentro de la UEM. Por otro lado, el modelo hace posible realizar una interpretación estructural de las proyecciones macroeconómicas para España y el resto de la zona del euro, esto es, basada no en residuos estadísticos sino en perturbaciones con un significado económico.

Este modelo recoge las mejores prácticas en modelos similares en otros bancos centrales o de otros analistas de la economía española¹⁶, y ofrece un alto grado de realismo y detalle, a la vez que proporciona respuestas cuantitativas razonables en los análisis de proyecciones y simulaciones habituales. Aunque su versión actual se considera suficientemente adecuada para su uso en la práctica, el modelo BEMOD se encuentra en continua revisión y perfeccionamiento. En todo caso, resulta una herramienta versátil para el análisis de la economía española, que a su vez complementa muy bien a otras ya existentes.

21.1.2010.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ, L. J., S. HURTADO, I. SÁNCHEZ y C. THOMAS (2009). *The impact of oil price changes on Spanish and euro area consumer price inflation*, Documentos Ocasionales, n.º 0904, Banco de España.
- ANDRÉS, J., P. BURRIEL y Á. ESTRADA (2006). *BEMOD: a DSGE model for the Spanish economy and the rest of the Euro Area*, Documentos de Trabajo, n.º 0631, Banco de España.
- ANDRÉS, J., S. HURTADO, E. ORTEGA y C. THOMAS (2009). *Spain in the Euro: a General Equilibrium Analysis*, Documentos de Trabajo, n.º 0927, Banco de España.
- BANCO DE ESPAÑA (2009). «Informe de proyecciones de la economía española», *Boletín Económico*, marzo.
- CALVO, G. (1983). «Staggered Prices in a Utility-Maximizing Framework», *Journal of Monetary Economics*, 12 (3), pp. 383-398.
- CHRISTOFFEL, K., G. COENEN y A. WARNE (2008). *The New Area-Wide Model of the Euro Area: a micro-founded open-economy model for forecasting and policy analysis*, ECB Working Paper n.º 944.
- LÓPEZ, P., Á. ESTRADA y C. THOMAS (2008). «Una primera estimación del impacto económico de una reducción de las cargas administrativas en España», *Boletín Económico*, julio-agosto, Banco de España.
- LUCAS, R. (1976). «Econometric Policy Evaluation: A Critique», *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*.
- SMETS, F., y R. WOUTERS (2003). «An Estimated Dynamic Stochastic General Equilibrium Model of the Euro Area», *Journal of the European Economic Association*, 1 (5), pp. 1123-1175.

16. Véanse los trabajos presentados en la conferencia *Estimation and empirical validation of structural dynamic stochastic models for the Spanish economy*, de 13 de marzo de 2009, en www.bde.es/doctrab/confere/confee_20.htm.