

TESIS DOCTORAL

FEBRERO 2014

**EL PRECIO DEL PETROLEO Y SU INFLUENCIA
EN LAS VARIABLES MACROECONOMICAS: UN
ANALISIS ECONOMETRICO Y DE REGLAS DE
POLITICA MONETARIA PARA ESPAÑA**

AUTOR

FERNANDO HERNÁNDEZ MARTÍNEZ

**LICENCIADO EN ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN
DE EMPRESAS**

**DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA APLICADA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA**

DIRECTOR

PROF. DR. JOSÉ MARÍA MARÍN QUEMADA

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA APLICADA

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES

TÍTULO DE LA TESIS DOCTORAL

EL PRECIO DEL PETROLEO Y SU INFLUENCIA EN LAS

VARIABLES MACROECONOMICAS: UN ANALISIS

ECONOMETRICO Y DE REGLAS DE POLITICA

MONETARIA PARA ESPAÑA

AUTOR: FERNANDO HERNÁNDEZ MARTÍNEZ

LICENCIADO EN ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN

DE EMPRESAS

DIRECTOR: PROF. DR. JOSÉ MARÍA MARÍN QUEMADA

A Olga, por ser mi luz en el día a día, por su comprensión en todos los momentos en los que no he podido estar con ella...por su infinito cariño.

A Jorge y Javi, por ser nuestro pasado, presente y futuro.

A mis padres, por ser tan buenas personas y por su constante apoyo en todo lo que llevo a cabo.

A José M^a Marín, por sus enormes consejos, por su amabilidad, su positividad y paciencia infinita y por haber confiado en mí sin fisuras, desde el comienzo.

“Si alguno de vosotros está a falta de sabiduría, que la pida a Dios, que da a todos generosamente y sin echarlo en cara, y se la dará. Pero que la pida con fe, sin vacilar; porque el que vacila es semejante al oleaje del mar, movido por el viento y llevado de una a otra parte.”

Santiago 1, 5-6

“Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber.”

Albert Einstein

Índice

1. Introducción.....	1
2. El contexto actual y las características relevantes del mercado del petróleo.....	8
2.1 El petróleo y la economía mundial.....	17
2.2 La evolución reciente del petróleo en el mundo.....	31
2.3 Fuentes alternativas de extracción de crudo.....	33
2.4 Referencia a los mercados abiertos de crudo y los productos refinados.....	39
2.5 Precios de los mercados abiertos de referencia.....	47
2.6 Dos referentes: WTI vs. Brent.....	50
2.7 El petróleo en la economía española.....	55
2.7.1 Características y formación del precio de los derivados del petróleo.....	62
2.7.2 El precio del petróleo y su impacto en el IPC.....	68
3. Análisis econométrico para España.....	73
3.1 Evidencia empírica de los efectos de un <i>shock</i> en el precio del petróleo.....	73

3.2 Las series históricas de datos: Especificaciones y limitaciones.....	78
3.3 Análisis de cointegración: Concepto general.....	84
3.3.1 Modelo de vectores autorregresivos.....	89
3.3.2 Elección del número de retardos temporales.....	91
3.3.3 Estructura del modelo de cointegración.....	94
3.3.4 Análisis y detección de raíces unitarias.....	99
3.3.4.1 Test de Dickey-Fuller aumentado.....	100
3.3.4.2 Test de Phillips-Perron.....	102
3.3.4.3 Resultados.....	104
3.4 Análisis de cointegración.....	112
3.4.1 Contrastes de autocorrelación, heterocedasticidad y normalidad en los residuos.....	131
3.4.1.1 Contraste de correlación serial de Breusch-Godfrey.....	132
3.4.1.2 Test Heterocedasticidad Condicional Autorregresiva.....	135
3.4.1.3 Test de Normalidad Multivariada.....	136
3.4.1.4 Resultados.....	137
3.4.2 Estimaciones Modelos VAR y VECM.....	145
3.4.2.1 Relación entre el tipo de interés nominal a corto plazo y el precio del petróleo Brent.....	145
3.4.2.2 Relación entre el tipo de cambio €/ \$ y el precio del petróleo Brent.....	150

3.4.2.3 Relación entre el PIB español y el precio del petróleo Brent.....	154
3.4.2.4 Relación entre el IPC español y el precio del petróleo Brent.....	157
3.4.2.5 Relación entre el agregado monetario M3 y el precio del petróleo Brent.....	162
3.4.2.6 Relación conjunta de las variables.....	167
3.5 Conclusiones del capítulo: Efectos de un <i>shock</i> del precio del petróleo Brent en las variables macroeconómicas en España.....	177

4. Aplicación de reglas de política monetaria

para España.....	180
4.1 El papel de la política monetaria.....	183
4.1.1 Los canales de transmisión de un <i>shock</i> en el precio del petróleo.....	189
4.1.2 Reglas vs. Discrecionalidad en la política monetaria..	195
4.2 Las Reglas de Taylor de política monetaria.....	203
4.2.1 Reglas de Taylor medidas por la producción.....	211
4.2.2 Reglas de Taylor medidas por la tasa de desempleo..	216
4.2.2.1 Cálculo de la tasa natural de desempleo.....	219
4.3 Especificaciones en la regla de Taylor.....	223
4.4 La aplicación de la regla de Taylor para España.....	229

4.4.1 Resultados.....	233
4.4.1.1 Primer período entre 1984 y 1998.....	240
4.4.1.2 Segundo período entre 1999 y 2013.....	247
4.5 Conclusiones del capítulo: Reacción de la política monetaria mediante reglas de Taylor a un <i>shock</i> del precio del petróleo Brent.....	254
5. Conclusiones.....	258
6. Bibliografía.....	273
7. Fuentes Estadísticas.....	287
Anexo 1. Prueba de Causalidad de Granger.....	288
Anexo 2. Variables estacionales.....	293
Anexo 3. Gráficos de las reglas de Taylor.....	296

Lista de símbolos, abreviaturas y siglas

\$	Dólar USA
€	Euro
AIC	Criterio de Información de Akaike
AIE	Agencia Internacional de la Energía
ANS	<i>Alaska North Slope</i>
API	<i>American Petroleum Institute</i>
ARA	Eje Ámsterdam-Rotterdam-Amberes
ARCH	Heterocedasticidad Condicional Autorregresiva
BCE	Banco Central Europeo
BP	<i>British Petroleum Co.</i>
CNE	Comisión Nacional de Energía
COICOP	<i>Classification of Individual Consumption by Purpose</i>
DFA	Test de Dickey-Fuller Aumentado
DSGE	Modelo de Equilibrio General Dinámico y Estocástico
ECPF	Encuesta Continua de Presupuestos Familiares
EPA	Encuesta de Población Activa
FOB	<i>Free on board</i>
GLPs	Gases Licuados del Petróleo
HP	Filtro de Hodrick-Prescott
IIEE	Impuestos Especiales sobre Hidrocarburos
INE	Instituto Nacional de Estadística

IPC	Índice de Precios al Consumo
IPCA	Índice Armonizado de Precios al Consumo
IVA	Impuesto sobre el Valor Añadido
IVM	Impuesto de Venta Minorista
LM	Multiplicador de Lagrange
M3	Agregado Monetario en sentido amplio
MCO	Mínimos Cuadrados Ordinarios
MED	Mercado de petróleo del Mediterráneo
NAIRU	Tasa natural de desempleo
NWE	Mercado de petróleo del noroeste de Europa
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
OPEP	Organización de Países Exportadores de Petróleo
PAI	Precio antes de Impuestos
PIB	Producto Interior Bruto
PP	Test de Phillips-Perron
PVP	Precio de Venta al Público
SIC	Criterio de Información de Schwarz
USA	Estados Unidos (<i>United States of America</i>)
VAR	Vectores Autorregresivos
VECM	Modelo de Vectores de Corrección de Errores
WTI	<i>West Texas Intermediate</i>

Lista de tablas, cuadros, figuras y gráficos

Tablas

Tabla 1 (2.1) Características físicas WTI-Brent.....	51
Tabla 2 (2.2) Evolución del consumo de productos petrolíferos en España.....	57
Tabla 3 (2.3) Importaciones de productos petrolíferos.....	59
Tabla 4 (2.4) Consumo nacional de productos petrolíferos.....	60
Tabla 5 (2.5) Ponderaciones IPC nacional general y de grupos COICOP.....	70
Tabla 6 (3.1) Análisis de cointegración por pares de variables.....	116
Tabla 7 (3.2) Análisis conjunto de cointegración.....	117
Tabla 8 (3.3) Estimaciones VAR Precio del Petróleo Brent - Tipo de interés nominal a corto plazo.....	146
Tabla 9 (3.4) Estimaciones VAR Precio del Petróleo Brent - Tipo de cambio €/\$......	151
Tabla 10 (3.5) Estimaciones VAR Precio del Petróleo Brent - PIB español.....	155
Tabla 11 (3.6) Estimaciones VECM Precio del Petróleo Brent - IPC español.....	160
Tabla 12 (3.7) Estimaciones VECM Precio del Petróleo Brent - Agregado monetario M3.....	165

Tabla 13 (3.8) Estimaciones VECM - Análisis conjunto de cointegración	170
Tabla 14 (4.1) Estimaciones parámetro ρ	229

Cuadros

Cuadro 1 (2.1) Producción, consumo y reservas mundiales de petróleo.....	19
Cuadro 2 (3.1) Series y fuentes estadísticas.....	83
Cuadro 3 (3.2) Test DFA y PP en series originales.....	106
Cuadro 4 (3.3) Test DFA y PP en series de residuos VAR-VECM	123
Cuadro 5 (3.4) Contrastes de autocorrelación y heterocedasticidad	137

Figuras

Figura 1 (2.1) Composición de los precios finales en España junio 2013 (Gasolina SP 95 vs. Gasóleo A).....	67
Figura 2 (4.1) Canales de transmisión de un <i>shock</i> en el precio del petróleo.....	191
Figura 3 (4.2) Estrategia actual de política monetaria.....	202

Gráficos

Gráfico 1 (2.1) Consumo mundial de crudo.....	27
Gráfico 2 (2.2) Producción mundial de crudo.....	27
Gráfico 3 (2.3) Diferencial WTI vs. Brent.....	53
Gráfico 4 (3.1) Respuesta del tipo de interés nominal a corto plazo a un <i>shock</i> del precio del petróleo (Brent) 1%.....	148
Gráfico 5 (3.2) Respuesta del tipo de cambio €//\$ a un <i>shock</i> del precio del petróleo (Brent) 1%.....	152
Gráfico 6 (3.3) Respuesta del PIB español a un <i>shock</i> del precio del petróleo (Brent) 1%.....	156
Gráfico 7 (3.4) Respuesta del IPC español a un <i>shock</i> del precio del petróleo (Brent) 1%.....	161
Gráfico 8 (3.5) Respuesta del agregado monetario M3 a un <i>shock</i> del precio del petróleo (Brent) 1%.....	166
Gráfico 9 (3.6) Funciones impulso-respuesta a un <i>shock</i> del precio del petróleo 1% (Análisis conjunto).....	172
Gráfico 10 (4.1) Reglas de Taylor. Modelo con la variable producción (tasa de crecimiento).....	238
Gráfico 11 (4.2) Reglas de Taylor. Modelo con la variable tasa de desempleo.....	238
Gráfico 12 (4.3) Reglas de Taylor. Modelo con la variable producción vs. modelo con la variable tasa de desempleo.....	238

1. Introducción

El objetivo fundamental de la presente memoria de Tesis Doctoral, es analizar como una subida del precio del petróleo (*shock*) afecta a las principales variables macroeconómicas de la economía española. Para ello, se va a realizar un análisis econométrico de cointegración en primer lugar y se aplicarán las reglas de Taylor de política monetaria, en segundo lugar.

Varias son las razones por las cuales se han empleado estos dos tipos de análisis. El análisis de cointegración pretende establecer relaciones concluyentes sobre los efectos de un alza del precio del crudo en el resto de variables analizadas. Por medio de este análisis econométrico, se extraen las conclusiones relevantes a través de un enfoque puramente económico. A raíz de aquí, estos comportamientos en las variables macroeconómicas implican una serie de decisiones, desde el punto de vista normativo, que las autoridades deben tomar si se presentan desviaciones para los objetivos previamente establecidos. Tanto la política fiscal como la política monetaria (u otro tipo de políticas), proveen de los mecanismos económicos y financieros de decisión necesarios al efecto. En este sentido, el segundo análisis realizado se centra en el estudio de una de las herramientas de política monetaria más útiles para la interpretación de los efectos de un *shock*, aunque

lógicamente las implicaciones en este campo son más globales, como veremos, al involucrar un conjunto de factores más amplio.

Previo a dichos análisis y tras la presente introducción, se va a exponer el marco general y las características relevantes del mercado del petróleo. La dependencia de la economía española en el crudo es prácticamente total, siendo la energía uno de los factores más importantes en el progreso económico. Este aspecto hay que contextualizarlo a su vez dentro de la complicada situación económica en la que nos estamos desarrollando desde el año 2008, año en el que algunas de las más importantes entidades financieras internacionales desaparecieron, originando una crisis económica y financiera global de gran magnitud. Todo ello, describe un marco difícil para cualquier economía cuyo objetivo sea un crecimiento económico sostenido. En este segundo capítulo, se describen una serie de características inherentes al petróleo como materia prima, incidiendo en la importancia que su explotación tiene actualmente en el entorno mundial. Por este motivo, se analizarán los problemas de escasez y de agotamiento de los yacimientos petrolíferos tradicionales y la aparición de nuevas técnicas de extracción. Si bien se incluyen breves reseñas históricas respecto al comportamiento de los países productores de petróleo, se detallarán a su vez las funciones de los mercados abiertos de referencia de petróleo y su casuística, finalizando con

un desglose de la estructura de formación de precios de los productos derivados y el escenario económico actual, mediante un análisis descriptivo de las magnitudes económicas relevantes para España.

En el tercer capítulo, se ha realizado el análisis econométrico de cointegración. El propósito principal ha sido demostrar cómo los incrementos del precio del petróleo afectan a las principales variables macroeconómicas en España, estableciéndose los canales de transmisión por los cuales sube inicialmente la inflación y el ritmo de crecimiento del PIB se ralentiza a posteriori.

El análisis de cointegración se ha convertido en un método consistente a la hora de analizar la posible similitud en el orden de integración de una combinación de variables. Asimismo, permite establecer relaciones de equilibrio a largo plazo entre variables que de forma individual, son no estacionarias o no están en equilibrio, lo cual es especialmente relevante para la teoría económica, ya que facilita el establecimiento de hipótesis acerca de si un determinado fenómeno es permanente en una economía, o más bien se trata de un comportamiento puntual.

Se han utilizado datos históricos desde el año 1984 hasta el segundo trimestre del año 2013, para el precio del petróleo Brent, el tipo de interés nominal a corto plazo, el tipo de cambio €/\$, el IPC español, el PIB español y el agregado monetario M3, con el propósito de observar el efecto que la primera ocasiona en el resto de las variables. Se realiza en primer lugar el análisis de cointegración propiamente dicho, para estimar a continuación los correspondientes modelos VAR o VECM. El período muestral y las variables que correspondan se usarán asimismo en la aplicación de las reglas de política monetaria.

Se anticipa que los resultados obtenidos muestran signos evidentes de los efectos desfavorables que los incrementos del precio del petróleo generan en la economía española.

A tal efecto, el análisis de cointegración se ha aplicado de dos maneras diferenciadas. Por una parte, se han realizado análisis bivariantes entre cada una de las variables (el tipo de interés nominal a corto plazo, el tipo de cambio €/\$, el IPC español, el agregado monetario M3 y el PIB español) y el precio del petróleo Brent. Por otra parte, el análisis de cointegración conjunto para todas las variables. Con los análisis bivariantes se ha pretendido reafirmar los resultados obtenidos en el análisis conjunto.

En el cuarto capítulo, se estudia la aplicación de reglas de política monetaria para analizar la reacción de las autoridades monetarias en materia del tipo de interés nominal a corto plazo (tipo de interés de referencia). Dichas decisiones, presentan como fin principal contrarrestar en primer lugar los efectos inflacionistas que provoca un *shock* en el precio del petróleo, así como la posterior disminución de la tasa de crecimiento de la producción y el consecuente aumento de la tasa de desempleo.

Se detallarán los canales de transmisión del *shock* al conjunto de la economía, diferenciándose los efectos directos e indirectos para una primera fase, de los posteriores en una segunda fase. Se establecerán las pautas por las cuales la inflación en España incorpora estas subidas de precios y su nivel de afectación en la producción y el desempleo, medidas a través del crecimiento del PIB y la tasa de desempleo. En segundo lugar, se estudiará la reacción del tipo de interés como instrumento principal del BCE para neutralizar dicha subida y evitar desviaciones importantes respecto a los objetivos establecidos.

En este sentido, el conocimiento más preciso de los mecanismos de transmisión de las perturbaciones en la oferta por parte de los bancos centrales, la creciente independencia de éstos y el firme compromiso con la estabilidad de precios, han contribuido hasta

el momento a no aumentar excesivamente las expectativas de inflación de los agentes, lo cual permite "suavizar" el efecto de las subidas en el precio del petróleo.

La aplicación de reglas de Taylor de política monetaria, permite evaluar como una determinada política monetaria se diseña e instrumenta en función de sus objetivos fundamentales. Para el análisis pertinente, se han estimado cuatro versiones de la regla de Taylor para España, realizándose una comparativa entre sus predicciones y la evolución que ha tenido el tipo de interés de referencia a lo largo del período objeto de estudio. En primer lugar, se han empleado dos modelos *backward-looking* en donde el comportamiento del tipo de interés se ha establecido en función de los valores pasados de la tasa de inflación y la producción (crecimiento) por una parte y la tasa de desempleo por otra. En segundo lugar, dos modelos *forward-looking* para la tasa de inflación y la producción (crecimiento) y para la tasa de inflación y la tasa de desempleo, en donde para estimar la regla se ha tenido en cuenta las expectativas futuras de la tasa de inflación. Asimismo, se analizará el comportamiento del tipo de interés con respecto a los episodios recientes de *shocks* del precio del petróleo y su consecuente traslación a la inflación.

A partir de esta apreciación, las estimaciones *backward-looking* y *forward-looking* de la regla de Taylor realizarán un buen trabajo a la hora de describir el comportamiento del tipo de interés, si bien la versión *forward-looking* presenta un mayor poder explicativo, ya que al incorporar las expectativas futuras de inflación, puede actuar como un indicador adelantado de la política monetaria. Al hilo de lo anterior, resultan relevantes sus predicciones de bajada del tipo de interés para el momento actual y que efectivamente ha llevado a cabo el BCE, con el propósito de reconducir la recesión económica existente en la Eurozona.

Para finalizar, se establecerán conclusiones relevantes sobre la influencia del precio del petróleo en la economía española, así como en las decisiones de política monetaria que al respecto son tomadas por las autoridades monetarias, según la situación coyuntural de la economía.

2. El contexto actual y las características relevantes del mercado del petróleo

El entorno económico y financiero global dio un cambio radical a finales de 2008, provocando una enorme crisis financiera con unas consecuencias que a priori eran difíciles de predecir. En cuestión de poco tiempo, algunas de las más importantes entidades financieras internacionales desaparecieron y los gobiernos de Estados Unidos y de las principales economías mundiales, acudieron al rescate con el fin de evitar una recesión económica si cabe aún mayor a la previsible inicialmente. Por primera vez se encontraba en entredicho el sistema capitalista establecido y las bases de unas estructuras financieras (no solamente la propia de Estados Unidos), que se suponían inmunes a problemas tan graves¹.

El precio del petróleo en estos escenarios juega un papel importante, ya que los *shocks* en su precio normalmente se han caracterizado por alterar la actividad económica del país o países

¹ Becker Zuazua (2012), revisa los orígenes y características propias de la crisis actual, explorando su vertiente financiera y los aspectos subyacentes referidos a la economía internacional. Se abordan las peculiaridades de la crisis económica española, analizando con detenimiento el papel que el diseño y ejecución de la gobernanza de la unión monetaria europea tuvo en ese proceso.

que lo experimentan. Por ejemplo, los incrementos registrados durante los tres primeros trimestres de 2008, generaron un debate acerca de la magnitud del efecto que dichos *shocks* generan en la mayor parte de las economías industrializadas, las cuales son altamente deficitarias en crudo y fuertemente demandantes del mismo.

Cabría preguntarse entre otras, qué ocurrirá cuando la actividad económica se recupere fuertemente, ¿El precio del petróleo subirá de tal forma que se ponga en verdadero peligro la economía global en que vivimos?

A raíz de las experiencias de la década de los años 70, el precio del petróleo se considera como una fuente importante de perturbación económica a nivel mundial. No es de extrañar entonces, el considerable aumento de la actividad investigadora enfocada al estudio de los canales a través de los cuales los *shocks* del petróleo se transmiten e influyen en el comportamiento de las principales variables macroeconómicas. Mayormente, en la relación inversa que parece observarse de forma generalizada entre su precio y la tasa de crecimiento de la actividad económica medida por la producción, así como también por sus importantes efectos inflacionistas.

Añadamos otro factor que incide fuertemente en la crisis económica y financiera. El agotamiento del petróleo y de los recursos fósiles es también otra de las causas muy a tener en cuenta en todos estos acontecimientos. La inversión e implantación de energías alternativas todavía no son lo suficientemente sólidas como para sostener la demanda en un mundo globalizado. Por lo tanto, y a falta de una política de energías renovables más eficiente, es primordial encontrar nuevas soluciones energéticas ante el inminente futuro agotamiento y encarecimiento de las reservas de crudo².

El petróleo posee una gran variedad de compuestos que hacen que se generen infinidad de productos, entre los cuales destacan diferentes clases de combustibles, disolventes, gases, alquitranes y plásticos. Esta extensa gama de productos derivados le convierten en un factor clave para el desarrollo económico y social en todo el mundo.

² Ante este panorama, los países dependientes han comenzado a buscar alternativas al petróleo, centrandos sus esfuerzos en la obtención de energías baratas y no contaminantes que puedan ser producidas por todos los países para así eliminar prácticas monopolísticas. Un posible sustituto del petróleo como combustible es el hidrógeno, pero su proceso de obtención resulta todavía demasiado costoso.

La economía mundial y su desarrollo necesitan de los combustibles y derivados del petróleo. Todos los productos y sus precios están relacionados de alguna forma con el petróleo, ya sea por los costes de producción o por los gastos de transporte (entre otros) y es que cuando sube el precio del crudo, se produce una subida de los costes más o menos inmediata de gran parte de los sectores productivos, lo cual se traslada a los precios de los bienes de consumo final.

Lo que es innegable es que uno de los hilos conductores del progreso económico es la energía. Energía y desarrollo mantienen una estrecha relación, ya que sin energía suficiente y barata en términos económicos, la sociedad y el tejido productivo en un entorno globalizado se ven perjudicados. Por ello, con energía abundante los avances son posibles, ya que la producción y el consumo son en buena medida funciones energéticas.

Mencionemos las cinco grandes fuentes energéticas hasta el momento, como son el gas natural, el carbón, la fisión nuclear, la producción hidroeléctrica y por supuesto, el petróleo. Sin embargo tal y como describe Requeijo (2006), la energía como concepto generalista presenta a su vez cinco problemas de un alcance considerable:

- El primer problema radica en la desigual distribución de la producción y el consumo en el mundo, ya que las zonas geográficas más importantes en cuanto producción energética son distintas a las grandes zonas de consumo.
- El segundo radica en la limitación de las fuentes de energía. Todavía en la actualidad aproximadamente un 80% de la producción mundial en energía primaria procede de combustibles fósiles tales como el petróleo, el gas natural y el carbón. Lo cual implica que sus reservas son limitadas al ser unos tipos de fuentes no renovables.
- Un tercero viene dado por la extraordinaria preponderancia que presenta el petróleo en el abastecimiento de energía y en el que la separación entre su producción y su consumo se hace máxima.
- El cuarto problema deriva de la relación entre energía y desarrollo, lo que implica que el consumo energético *per cápita* es muy dispar al igual que los niveles de desarrollo.
- El quinto expone los problemas de conservación del medio ambiente que la producción y el consumo de energía plantean. Dichos problemas afectan a otros recursos productivos del planeta, pudiendo dar lugar a un cambio climático generalizado.

El petróleo es el combustible fósil sobre el que gira la vida moderna, especialmente en las sociedades más desarrolladas ya que gran parte del tejido industrial y del nivel de vida de esas

sociedades depende como ya se ha mencionado, de los derivados del petróleo. Tanto es así que, antes de la primera crisis energética de 1973, la existencia de un petróleo abundante era un dato del que siempre se partía y que a nadie parecía inquietar.

Y de una u otra manera, el petróleo en forma de sus diferentes derivados, es un combustible que comenzó a utilizarse de manera generalizada alrededor de los años veinte del siglo pasado y que en el futuro próximo, tenderá a emplearse como materia prima únicamente. Si se llegara a esta situación, deberá resolverse una incógnita importante que no es otra que la sustitución no traumática del petróleo y su uso por otro tipo de energía alternativa³.

Por lo tanto, una de las posibles explicaciones a los problemas económicos estaría en que los incrementos del precio del petróleo son un signo cada vez más acentuado de escasez energética. Al ser la energía más cara, los costes energéticos de las empresas aumentan, por lo que sus beneficios tienden a disminuir y por

3 No solo para el caso español, sino en la Unión Europea en general, se experimentará una profunda transformación económica, social, demográfica, tecnológica y ecológica, en donde el sector energético jugará un papel preponderante de cara al desarrollo, implantación y explotación de fuentes de energía alternativas (Becker Zuazua, 2011).

ende, el margen resultante para destinar a la inversión en nuevos bienes de capital. Si esta situación se mantiene en el largo plazo, estos costes impedirán que efectivamente se invierta en capital nuevo, creando obsolescencia en el ya existente y por tanto una disminución de la capacidad productiva y de la propia producción. En cualquier caso, si esos incrementos fueran permanentes en el tiempo, las empresas establecerían nuevas estrategias en cuanto a la adquisición de capital energéticamente más eficiente, si cabe, contrarrestando la disminución del gasto inicial.

A su vez y por el lado de la demanda, si las expectativas de los consumidores anticipan subidas en los precios, éstos tenderán a ahorrar en menor medida e incluso a pedir prestado, lo cual generaría una disminución en sus niveles de saldos reales, ya que este incremento del precio del petróleo es directamente reflejado en sus productos derivados destinados al consumo final, principalmente gasolinas y gasóleos. Y aunque se busquen vías alternativas de obtención de energía más barata (que no es sino un efecto sustitución de petróleo por otros tipos de energía), lo cierto es que el nivel de riqueza de las familias disminuye, produciéndose un efecto negativo que afecta en primer lugar al consumo y que se traslada posteriormente a la producción. Surgiría como consecuencia, la intervención de las autoridades

monetarias entre otras, actuando en la oferta de dinero a través de los instrumentos de que disponen al efecto.

De acuerdo con los objetivos de la mayor parte de los bancos centrales, es decir, la estabilidad en el nivel general de precios y el crecimiento de la producción, la política monetaria debe reaccionar ante signos tanto inflacionistas, como de recesión en la actividad. Sin embargo, puede darse la paradoja de que una vez que el incremento del precio del petróleo se ha producido, las autoridades monetarias aumenten los tipos de interés con el fin de neutralizar su efecto inflacionario, aunque a costa de una reducción de la demanda agregada. Si a esta reducción de la demanda se le une un aumento del desempleo, las mismas autoridades con el fin de que la producción no disminuya notablemente, realizarán el movimiento contrario, bajándolos cuando anteriormente los habían subido⁴.

En este sentido, existe un debate abierto acerca de si el comportamiento de los bancos centrales en lugar de paliar los efectos negativos de los aumentos del precio del petróleo, los potencian a través de una mayor inflación y un descenso de la producción, aunque por ahora no existan posturas y conclusiones generalizadas al respecto. El conocimiento más preciso de los

⁴ Bernanke *et al.*, 1997.

mecanismos de transmisión de las perturbaciones en la oferta por parte de los bancos centrales, la creciente independencia de éstos y el firme compromiso con la estabilidad de precios han contribuido hasta el momento a no aumentar excesivamente las expectativas de inflación de los agentes, lo que ha ayudado a reducir el efecto de las variaciones del precio del petróleo en las distintas economías.

Además, la apreciación continuada del euro frente al dólar USA durante los últimos años, ha propiciado un menor impacto en su encarecimiento para las economías europeas, si bien parte de esta situación puede ser debida a su vez por la propia debilidad del dólar. Debido a la existencia de diversos factores que afectan a la política monetaria, el hecho de que sus decisiones suavicen o endurezcan las condiciones monetarias toda vez que el incremento del precio se ha producido, depende de cómo las autoridades evalúen los niveles de inflación y de desempleo social y económicamente admisibles. Es decir, no solo deben tenerse en consideración las condiciones económicas en general, sino también factores tales como episodios recientes y los resultados propios de las actuaciones. Todo lo referente a la política monetaria, se analizará más detalladamente en el cuarto capítulo.

2.1 El petróleo y la economía mundial

Ya que a nivel mundial, la energía es crucial para mejorar los niveles de bienestar social, es fundamental conocer el contexto energético, en especial del petróleo y los combustibles fósiles, ya que seguirán siendo la principal fuente energética en el corto, medio y largo plazo. Por ello, la estructura de consumo por fuentes energéticas es una de las claves para analizar los retos desde este punto de vista.

Esta estructura, en la que el petróleo y el resto de combustibles fósiles tienen un peso significativo, queda reflejada en la matriz energética de consumo mundial de energía primaria. Las características más significativas nos indican lo siguiente:

- Los hidrocarburos aportan más de la mitad de la energía primaria consumida. En particular, el 33% del consumo energético primario global proviene del petróleo, siendo así la fuente energética más utilizada.
- En los próximos años no es de esperar grandes cambios. Según la AIE (2011), el petróleo registrará una contracción de solamente el 5% en la matriz energética de 2035 con respecto a 2009⁵.

⁵ Por su parte, el gas natural alcanzará una participación del 23%, sobre una demanda energética total estimada de casi 17.000 millones de toneladas equivalentes de petróleo.

En cuanto a la importancia de los recursos, el gas natural y principalmente el petróleo, aportan y seguirán aportando conjuntamente según las previsiones, más de la mitad de la energía primaria consumida a escala mundial. En este aspecto, es importante identificar la diferencia existente entre los países que producen estos recursos y aquellos que los demandan⁶.

El cuadro 1 detalla la evolución que presentan la producción, el consumo y las reservas mundiales de petróleo durante los últimos años. Por ejemplo, las reservas de petróleo están muy concentradas en el Oriente Medio (48%), sobre todo en Arabia Saudí (16%) y en Irán (9%). Las reservas de los países de la OPEP son de tal magnitud que la producción podría aumentar por encima del crecimiento estimado.

⁶ Centrándonos en el espacio económico del Mediterráneo y en las relaciones entre el Sur de Europa y el Norte de África, cabe indicar que Libia y Argelia, aún siendo dos grandes exportadores de hidrocarburos, no son de los países que mantienen relaciones comerciales más estrechas con la zona Euro. Desde hace dos décadas, la Unión Europea ha intentado apostar por el gas natural en mayor medida que por el petróleo, con el fin de aliviar su enorme dependencia de crudo. Y aunque las relaciones con estos dos países del norte de África para el abastecimiento de gas natural sea relevante, en mayor medida lo es la apuesta por la utilización de gas proveniente de los países escandinavos y Rusia, principalmente. Para un mayor detalle, véase Lorca Corrons (1996).

Cuadro 1
Producción, consumo y reservas mundiales de petróleo
(Millones de barriles/día)

Oil: Production													Change	2012	
Thousand barrels daily	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2011	share of total
Total North America	13893	13966	14077	14160	14154	13709	13725	13631	13156	13444	13843	14335	15557	8,9%	17,5%
Total S. & Cent. America	6652	6798	6747	6691	7161	7325	7474	7324	7395	7353	7367	7449	7359	-1,2%	9,2%
Total Europe & Eurasia	14990	15509	16346	17029	17600	17551	17615	17843	17630	17817	17755	17451	17211	-1,4%	20,3%
Total Middle East	23724	23212	21960	23501	24873	25518	25736	25304	26415	24728	25763	27988	28270	0,9%	32,5%
Total Africa	7755	7844	7937	8408	9322	9902	9945	10179	10226	9848	10123	8742	9442	7,7%	10,9%
Total Asia Pacific	7942	7875	7882	7779	7858	8008	7988	8003	8111	8071	8420	8246	8313	0,7%	9,6%
Total World	74955	75204	74948	77568	80968	82014	82482	82285	82932	81261	83272	84210	86152	2,2%	100,0%
of which: OECD	21557	21430	21480	21165	20766	19870	19452	19147	18461	18496	18560	18607	19495	4,9%	21,9%
Non-OECD	53399	53774	53469	56402	60203	62144	63030	63138	64471	62765	64712	65603	66657	1,5%	78,1%
OPEC	31122	30691	29266	31231	34040	35170	35489	35161	36279	33977	35097	35954	37405	3,9%	43,2%
Non-OPEC E	35802	35823	36118	35808	35515	35010	34676	34321	33830	34015	34617	34648	35088	1,2%	40,5%
European Union #	3515	3313	3365	3153	2924	2680	2442	2409	2258	2111	1966	1707	1538	-9,9%	1,8%
Former Soviet Union	8032	8690	9565	10530	11414	11835	12318	12803	12824	13269	13558	13609	13659	0,4%	16,3%

Oil: Consumption													Change	2012	
Thousand barrels daily	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2011	share of total
Total North America	23702	23681	23797	24170	25023	25119	25002	25109	23860	22959	23464	23397	23040	-1,8%	24,6%
Total S. & Cent. America	4942	5001	5004	4860	5059	5185	5332	5651	5892	5921	6222	6405	6533	2,0%	7,3%
Total Europe & Eurasia	19363	19717	19563	19842	19998	20142	20311	20062	20017	19149	19057	18974	18543	-2,5%	21,3%
Total Middle East	5100	5248	5452	5686	6026	6335	6449	6696	7185	7526	7861	7992	8354	4,5%	9,1%
Total Africa	2476	2520	2568	2646	2767	2911	2920	3068	3218	3302	3463	3359	3523	5,1%	4,0%
Total Asia Pacific	21263	21405	22086	22880	24124	24535	25124	25989	25881	26205	27766	28754	29781	3,7%	33,6%
Total World	76846	77574	78470	80085	82996	84228	85138	86575	86052	85064	87833	88879	89774	0,9%	100,0%
of which: OECD	48318	48338	48322	48915	49687	50064	49880	49682	48070	46042	46460	46117	45587	-1,3%	50,2%
Non-OECD	28528	29235	30149	31170	33309	34164	35259	36893	37983	39021	41373	42762	44187	3,3%	49,8%
European Union #	14573	14803	14708	14759	14891	15021	15023	14700	14610	13880	13741	13377	12796	-4,6%	14,8%
Former Soviet Union	3560	3662	3593	3791	3805	3798	3906	3981	4059	3889	3963	4261	4391	2,9%	5,0%

Oil: Proved reserves													Change	2012	
Thousand million barrels	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2011	share of total
Total North America	232,1	230,1	228,3	225,8	224,1	224,1	222,1	221,5	216,5	218,6	221,9	221,0	220,2	-0,3%	13,2%
Total S. & Cent. America	97,9	98,8	100,3	100,4	103,4	103,6	110,8	122,9	198,3	237,0	324,2	326,9	328,4	0,4%	19,7%
Total Europe & Eurasia	98,3	101,9	109,3	115,5	114,2	116,9	117,2	138,9	137,2	138,0	138,0	140,3	140,8	0,4%	8,4%
Total Middle East	696,7	698,7	741,3	745,7	750,1	755,5	755,9	754,9	753,7	753,1	765,9	797,9	807,7	1,2%	48,4%
Total Africa	93,0	96,7	101,6	106,2	107,6	111,3	116,9	119,2	119,9	122,6	125,0	126,6	130,3	2,9%	7,8%
Total Asia Pacific	40,1	40,6	40,6	40,5	40,6	40,8	40,9	40,0	42,4	40,8	41,7	41,4	41,5	0,1%	2,5%
Total World	1258,1	1266,8	1321,5	1334,1	1340,0	1352,3	1363,8	1397,5	1468,1	1510,1	1616,7	1654,1	1668,9	0,9%	100,0%
of which: OECD	256,5	254,8	251,2	247,5	245,2	244,7	241,0	239,8	234,4	236,0	239,1	238,5	238,3	-0,1%	14,3%
Non-OECD	1001,6	1012,0	1070,3	1086,6	1094,8	1107,5	1122,8	1157,7	1233,7	1274,1	1377,6	1415,6	1430,7	1,1%	85,7%
OPEC	849,7	855,5	903,3	912,1	918,8	927,8	936,1	949,5	1024,4	1064,6	1163,3	1199,0	1211,9	1,1%	72,6%
Non-OPEC E	331,0	330,4	327,9	325,2	324,9	325,2	326,5	324,6	320,8	321,5	329,5	329,4	331,0	0,5%	19,8%
European Union #	8,8	8,8	8,0	7,9	7,5	7,3	6,9	6,7	6,1	6,4	6,8	6,9	6,8	-2,2%	0,4%
Former Soviet Union	77,4	80,9	90,3	96,8	96,3	99,3	101,2	123,4	123,0	123,9	123,9	125,8	126,0	0,1%	7,5%
Canadian Oil Sands: Total	174,9	174,7	174,4	174,4	174,0	173,6	173,1	172,6	170,3	169,8	169,2	168,6	167,8		
of which: Under active developm	11,7	11,5	11,6	10,8	10,4	10,2	21,0	22,0	27,0	26,5	25,9	25,5	25,9		
Venezuela: Orinoco Belt	-	-	-	-	-	-	7,6	20,0	94,2	133,4	220,0	220,0	220,0		

Fuente: BP (2013) *BP statistical review of world energy*.

Tras Oriente Medio, las principales reservas del mundo se localizan en México y Suramérica (20%), donde Venezuela, al incluirse la faja del Orinoco, ha pasado a ser el país con mayores reservas probadas (18%) y en América del Norte (13%), especialmente por las arenas bituminosas de Canadá (9%).

Las mayores zonas de producción de petróleo son Oriente Medio (33%) con Arabia Saudí a la cabeza (13%), Norteamérica (17%), donde destaca Estados Unidos (9%), los países de la antigua Unión Soviética (16%), donde destaca Rusia con (12%) y África (10%) donde el mayor productor es Nigeria (3%).

El petróleo se consume de forma mayoritaria en los países donde no se produce. Los mayores consumidores de petróleo se concentran en Asia (China, Japón, India y Corea del Sur, que totalizan cerca del 23% del consumo total), y en Norteamérica (con Estados Unidos al frente con el 21% del consumo mundial), seguidos por Europa (18%).

El fuerte desequilibrio geográfico entre áreas productoras con elevadas reservas y áreas consumidoras, hace que cerca del 62% de la producción mundial, es decir, más de 55 millones de barriles al día sean comercializados cada año.

Los principales importadores del petróleo comercializado son Europa (22%), Estados Unidos (21%), China (12%) y Japón (8%). En cuanto a las principales regiones exportadoras, destacan Oriente Medio (36%) y los países de la antigua Unión Soviética (16%).

Debe también destacarse el papel que ha jugado y sigue jugando la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP u OPEC en inglés), organismo intergubernamental⁷ creado para coordinar las políticas de producción de petróleo de sus 11 países

⁷ Los estatutos de la OPEP declaran tres objetivos principales:

- Coordinar y unificar las políticas petroleras de los países miembros y determinar los medios más idóneos para salvaguardar sus intereses individuales y colectivos
- Buscar las mejores vías y medios para asegurar la estabilidad de los precios en los mercados internacionales, con miras a eliminar las fluctuaciones perjudiciales e innecesarias
- Proveer a las naciones consumidoras un suministro de petróleo eficiente, económico y regular con un retorno justo de capital para las inversiones de la industria petrolera

Después de su ratificación por los gobiernos signatarios la OPEP se registró ante las Naciones Unidas el 6 de noviembre de 1962. Fue oficialmente reconocida como una organización internacional por el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas el 30 de junio de 1965.

miembros, con el fin de estabilizar el mercado internacional de los hidrocarburos⁸.

La OPEP puede tener una gran influencia en el mercado de petróleo, especialmente si decide reducir o aumentar su nivel de producción. Controla aproximadamente el 43% de la producción mundial de petróleo y el 73% de sus reservas (BP, 2013). Su dominio en las exportaciones de crudo es tal, que se sitúa alrededor del 51%, concentrando un alto porcentaje de la capacidad excedentaria de la producción mundial de petróleo. Y puede que la cuota de mercado de la OPEP aumente en el futuro, ya que según la AIE (2011), se prevé que la producción de petróleo convencional de los países que no forman parte de la organización alcance su cenit dentro de pocos años, entre el 2015 y el 2016.

Aunque en sus comienzos no tuvo la fuerza suficiente para hacer frente a la política de las multinacionales, a partir de 1971 la OPEP decidió nacionalizar las empresas de explotación situadas en su territorio, iniciando en 1973 importantes subidas en los precios. A

⁸ Los países consumidores, por el contrario, tradicionalmente han acusado a la OPEP de ser simplemente un cártel con el único objetivo de mantener el precio del petróleo artificialmente alto.

partir de entonces, la OPEP ocupó el primer plano de la actividad económica mundial porque sus decisiones en materia de precios afectaban directamente a las economías occidentales.

Cabe sin embargo destacar que otros países productores de petróleo, aunque no son integrantes de la OPEP, como México, Noruega, Rusia, Kazakstán, Omán o Egipto, participan regularmente como observadores en las reuniones ordinarias del grupo. A su vez, existen otros países productores de petróleo denominados "independientes", entre los que destacan el Reino Unido o Estados Unidos. Este último es el mayor consumidor de petróleo, pero al mismo tiempo es uno de los grandes productores.

La geopolítica, en referencia a las incertidumbres políticas internacionales, también influye enormemente en el aumento del precio del crudo. Por ejemplo, cualquier tensión existente en el mercado ante las consecuencias de una intervención militar presiona el precio del petróleo al alza. Esta "prima" adicional refleja el temor a una negativa de los países productores de petróleo (principalmente de los países árabes cuando nos referimos a los sucesivos conflictos de Oriente Medio⁹).

⁹ Y en concreto de Arabia Saudí, que produce alrededor del 30% del suministro de la OPEP y es a su vez, el que presenta mayor margen para aumentar su

Un ejemplo representativo de la importancia geoestratégica y geopolítica nos la aportan Lorca Corrons y González de Castejón (2011). El 30% de las importaciones de petróleo y el 60% de las de gas natural de la Unión Europea provienen de Rusia, con tendencia incluso creciente. A su vez, la región del norte de África y Oriente Medio suponen el 45% de las reservas mundiales probadas de gas y alrededor del 20% de la producción. Arabia Saudí ha suplido el déficit de producción de Libia. En este sentido, el entorno geopolítico de la energía se está viendo alterado de manera muy directa por los cambios a nivel mundial y especialmente los que se están viviendo en el mundo árabe.

Dentro de este panorama mundial en el que nos situamos, cabe destacar como algunos de los factores más importantes que influyen en los recientes *shocks* del precio del petróleo, los siguientes:

- Tensiones geopolíticas y conflictos bélicos, véase Siria y África del Norte, entre otros.
- Aumento ralentizado de la demanda de petróleo por la situación de Europa principalmente y limitación de la oferta.

producción de petróleo y mantener el abastecimiento de crudo a los países importadores.

- Creciente demanda energética a nivel mundial debido a los principales mercados emergentes, véase China¹⁰, India o Brasil.
- Temor a un descenso generalizado de las reservas de petróleo.
- Importancia creciente de la seguridad energética¹¹ a nivel mundial.
- Elevada volatilidad en los precios negociados debido en parte a la especulación¹².

Por el lado de la oferta, los países productores están teniendo serias dificultades para aumentar la producción¹³, factor éste que

10 Pampillón Olmedo (1999), describe detalladamente la evolución económica que ha transformado a la sociedad China desde los años 50 hasta los albores del siglo XXI.

11 La seguridad energética se enmarca dentro del desarrollo sostenible. El mundo continúa dependiendo energéticamente de combustibles fósiles tales como el petróleo o el gas, materias primas que se encuentran en manos de unos pocos países, por lo que al entrar en conflicto con ellos se puede poner en riesgo sus suministros para una parte importante de la población. En este sentido, para un estudio detallado de la Política energética en general y de la seguridad energética en particular, véase Marín Quemada *et al.* (2010).

12 En un interesante artículo, Ruiz (2008) realiza una detallada exposición del papel que juega la especulación como factor que presiona al alza a la cotización del petróleo.

13 Las limitaciones respecto a la oferta son debidas en mayor medida a limitaciones económicas y técnicas y no tanto a decisiones políticas, al contrario

podría desencadenar futuras subidas en el medio y largo plazo si la demanda vuelve a presionar aún con mayor fuerza al alza.

En este sentido, efectivamente se prevé que la demanda vuelva a aumentar, lo cual seguirá siendo un problema para las multinacionales petroleras, no ya solo por las mencionadas presiones para incrementar la producción, sino también para no ver drásticamente disminuidas sus reservas de crudo. Para corroborar estos aspectos, los gráficos 1 y 2 recogen la evolución durante los últimos años de la oferta y el consumo mundiales.

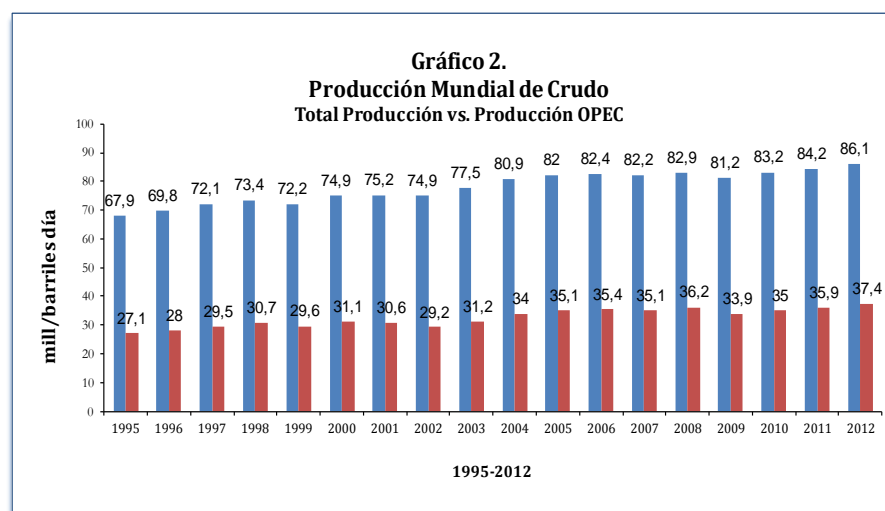
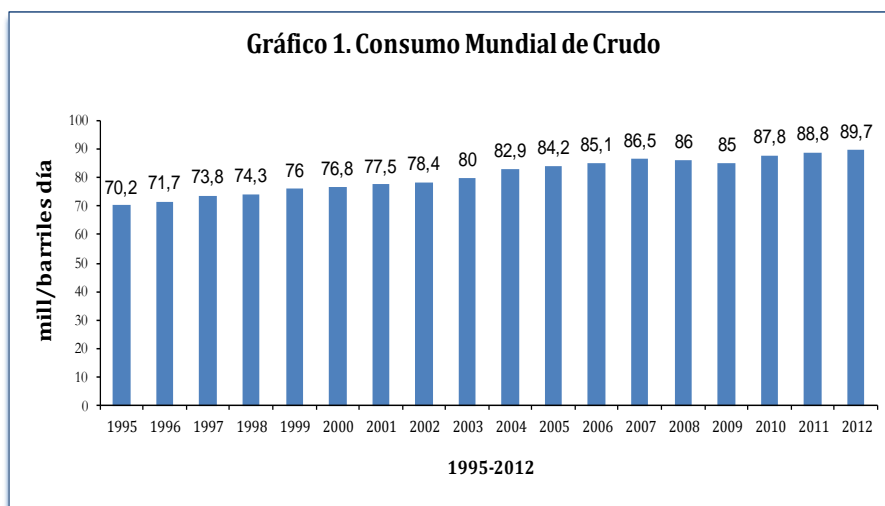
De cualquier forma, el incremento del precio del petróleo en los últimos años está teniendo un impacto diferente en la economía mundial respecto a las dos crisis de los años 70.

Aunque dicho aumento sea ahora más significativo en términos nominales que reales, la mayor parte de las economías avanzadas hacen un uso más eficiente de la energía, utilizando una menor cantidad para generar el mismo volumen de actividad económica.

Por ejemplo, Estados Unidos y la Eurozona precisan solo del 50%

de lo que ocurrió por ejemplo en la crisis de 1973, cuando la OPEP utilizó su poder de mercado por primera vez.

unidad de sus respectivos PIB, mientras que la proporción de petróleo respecto al total de las importaciones de materias primas de los países de la OCDE, se ha reducido del 13% en los años 70, al 4% a finales de los 90 (Isbell, 2005).



Fuente: *BP Statistical Review of World Energy*, 2013. Elaboración propia

Efectivamente, los precios actuales del petróleo en términos reales son menores respecto a los máximos que se marcaron en crisis anteriores y es que el impacto de los *shocks* se ha visto

parcialmente compensado durante los últimos años gracias al crecimiento del comercio internacional, a la menor sensibilidad de los consumidores a la subida del precio (demanda inelástica al menos en el corto plazo), a la relativa liquidez en los mercados y a la bajada de los tipos de interés, en general.

Tampoco hay que olvidar que los países de la OPEP han incrementado de forma notable sus ingresos generados por las exportaciones de petróleo. Si a ello se le une su creciente necesidad de divisas y el incremento que cada vez más países de la organización están experimentando en sus niveles de deuda pública y deuda externa, no es de extrañar que les sigan interesando que los niveles de precios negociados en los mercados internacionales continúen relativamente altos.

Otro factor a corto plazo que influye en los precios actuales es el cada vez menor nivel de capacidad ociosa que poseen los países de la OPEP y otros productores de petróleo. Mientras los productores que no pertenecen a esta organización están prácticamente al límite de su capacidad, la OPEP únicamente cuenta con un margen de incremento en la producción diaria de

un 2,5%, el cual comparado por ejemplo con el 14% de 1985, resulta ciertamente insuficiente¹⁴.

Los motivos especulativos también juegan un papel importante en esta escalada alcista, todo ello debido a la decisión que tomaron hace tiempo algunos de los grandes fondos de inversión mundiales de invertir en contratos de futuros sobre el petróleo. Esta tendencia no sólo obedece a la percepción de posibilidades de beneficio en el corto plazo, sino también en el largo plazo.

De todas formas y dejando al margen la actual crisis en los países industrializados, dos de los elementos clave en la aparente estabilidad de la economía mundial (hasta los últimos cinco o seis años), han sido por un lado el hecho de que la inflación esté más controlada desde los años 70 y por otra, que los tipos de interés se estén manteniendo a unos niveles más bajos en términos históricos. El aumento del precio del crudo no se ha visto acompañado hasta ahora por dramáticas subidas en la tasa de inflación o en los tipos de interés, lo que implica que el impacto negativo sobre la economía mundial haya sido hasta ahora, menor de lo esperado. El éxito de los bancos centrales en eliminar

¹⁴ Esta capacidad ociosa corresponde en su práctica totalidad a Arabia Saudí, aunque incluso este país se encuentra por debajo de sus niveles históricos.

expectativas inflacionistas y en mantener una inflación más o menos estable y en niveles moderados, parece ser uno de los factores clave al respecto.

Por otro lado, la definición del precio del petróleo que resulta relevante para los agentes económicos también debe tener en cuenta entre otros factores, al tipo de cambio. Al ser éste el precio de la moneda nacional con respecto a la moneda extranjera, lógicamente resulta crucial para aquellos agentes económicos comprometidos en transacciones con el exterior, ya sea por el comercio o la inversión. El petróleo se denomina en dólares USA en los mercados internacionales, de aquí su importancia para las economías de la zona Euro y en definitiva, para España. Ya que los contratos para la negociación de petróleo están denominados en esta divisa, cualquier cambio en el precio de dicho producto presenta fuertes implicaciones, ya sea por el lado de la oferta o por el de la demanda.

El tipo de cambio afecta de forma aritmética al precio de las importaciones cuando se expresa en moneda nacional y al precio de las exportaciones al convertirse en moneda extranjera. Tiene por lo tanto un vínculo con la tasa de inflación y sirve como indicador del nivel de competitividad de un país respecto al exterior. Es por ello por lo que recursos energéticos tales como el

petróleo, tienen una participación importante en los flujos de efectivo de cada economía y por esta razón, se considera que las fluctuaciones en su precio suelen tener fuertes implicaciones sobre el comportamiento del tipo de cambio.

2.2 La evolución reciente del petróleo en el mundo

Los datos y cifras recientes representativas de la situación indican que el peso de los países de la OCDE (en donde se incluye España), en la demanda mundial de crudo ha disminuido. En este sentido, la demanda mundial de crudo aumentó en 2012 hasta alcanzar los 89,7 millones de barriles/día, frente a los 88,8 millones de barriles/día de 2011¹⁵. Este incremento anual es muy similar al registrado entre 2010 y 2011, alrededor de 1,1 millones de barriles/día¹⁶. La demanda de crudo correspondiente al conjunto de países de la OCDE ha experimentado un descenso de 1,3%. Sintomático por tanto es el hecho de que, al igual que en los años precedentes, continúe el incremento experimentado por la demanda de crudo en países no pertenecientes a la OCDE (de un 3,3% en 2012 con respecto a 2011). Asimismo, se observa que la

¹⁵ BP (2013) y CNE (2012).

¹⁶ Debido a su estacionalidad, la demanda suele comportarse de la misma forma cada año, es decir, desciende en el segundo trimestre y se va recuperando a partir de entonces hasta final de año.

aportación de la OCDE a la demanda mundial de crudo es cada vez menor, concretamente del 50,2% en 2012.

Respecto a la oferta, en 2012 la oferta mundial de crudo aumentó en un promedio de casi 2 millones de barriles/día respecto a 2011, que correspondieron a una mayor producción tanto por parte de los países pertenecientes a la OPEP, como del resto. La producción media de crudo en el mundo se situó en 86,1 millones de barriles/día, un 2,2% superior respecto al año 2011.

Estos datos apuntan a que la demanda superó a la oferta mundial de crudo ampliamente en 2012, con una demanda media de 89,7 millones de barriles/día, frente a una producción media de 86,1 millones de barriles/día. La causa principal continúa siendo la presión que ejercen los países emergentes.

Poco antes del año 2000 y con respecto al peso de la OPEP, se inició una tendencia decreciente en su porcentaje de aportación a la oferta mundial de crudo, dado el mayor protagonismo adquirido por otros países productores no miembros de la organización (principalmente Rusia). Sin embargo, en 2003 se produjo un cambio de tendencia, que continuó hasta 2008. En el año 2012 la participación de la OPEP en la oferta aumentó de nuevo, produciéndose en promedio el 43,2% de la oferta mundial

de crudo, frente al 39,3% del año anterior. Cabe analizar seguidamente, cuales son los mercados y los precios en los que se negocia el petróleo a nivel internacional.

2.3 Fuentes alternativas de extracción de crudo

El petróleo se encuentra bajo tierra. Puede ser tan espeso y tan negro como el alquitrán y tan ligero como el agua. Contiene mucha energía y se puede transformar en distintos tipos de combustible como la gasolina, los querosenos y el carburante que se usa para generar calor, entre otros. La mayoría de los productos plásticos también contienen petróleo¹⁷.

Aparte de la perforación de pozos petrolíferos como la principal fuente de extracción convencional, durante los últimos años ha aparecido una alternativa importante. En este sentido, la fractura o fracturación hidráulica, comúnmente conocida en inglés como *hydraulic fracturing* o *fracking* es una técnica que posibilita y aumenta la extracción de gas y petróleo en rocas sedimentarias de muy baja porosidad y permeabilidad (*shale*) del subsuelo. El procedimiento consiste en la inyección a presión de algún

¹⁷Se dice que el petróleo es un hidrocarburo porque está formado por plantas y por animales. La energía del petróleo procede de la energía contenida en las plantas y en los animales, a su vez procedente del sol.

material en el terreno, con el objetivo de ampliar las fracturas existentes en el sustrato rocoso que encierra el gas o el petróleo y de esta forma favorecer su salida hacia el exterior. Habitualmente el material inyectado es agua con arena y productos químicos, aunque ocasionalmente se pueden emplear espumas o gases.

En la actualidad, la producción comercial de petróleo y gas mediante dicha técnica se restringe prácticamente a Estados Unidos¹⁸ y de manera accesoria a Canadá. La AIE (2012) señala que el repunte de la producción de petróleo y gas en Estados Unidos, impulsado por esta técnica, está en vías de redibujar el mapa energético global. Se prevé que Estados Unidos se convierta hacia 2020 en el mayor productor mundial de petróleo, desplazando a Arabia Saudí, aunque solo temporalmente. Todo ello unido a los efectos de las nuevas medidas de eficiencia energética previstas para el sector del transporte, comportaría

¹⁸ Esta nueva técnica se remonta a los años 20, cuando en Estados Unidos se realizaron las primeras pruebas para extraer gas en este tipo de rocas, aunque no fue hasta los ochenta cuando se perfeccionaron. Estas explotaciones están formadas por un pozo principal excavado en vertical hasta llegar a la roca madre situada a profundidades de entre 2,000 y 5,000 metros. A partir de este pozo principal, se excava una red de túneles en horizontal con el objetivo de alcanzar un volumen más amplio de roca madre. A continuación se fuerza la salida del gas fracturando la roca con la inyección de una mezcla de agua, arena y productos químicos.

una caída continuada de sus importaciones de petróleo. En conjunto, las proyecciones apuntan a que Estados Unidos se convierta hacia 2030 en prácticamente autosuficiente¹⁹, lo que supondría una diferencia radical respecto a la tendencia prevista para el resto de los países que actualmente son importadores de energía. Merece la pena destacar que para el mismo periodo, la dependencia de las importaciones de petróleo y gas de la Eurozona podría incrementarse hasta porcentajes del 80%-90%.

No cabe duda por tanto, que el repunte de la producción de petróleo y gas en Estados Unidos mediante el uso de la fracturación hidráulica está impulsando la actividad económica del país, creando una nueva industria, generando puestos de trabajo y abaratando los precios del gas y de la energía eléctrica. Un factor este último que, además de un alivio para la economía doméstica, supone un importante atractivo para la implantación de nuevas industrias y una mejora de la competitividad de las ya existentes. Se estima que esta técnica estuvo presente en

¹⁹ Históricamente, Estados Unidos ha sido una economía altamente dependiente de los hidrocarburos importados, por lo que esta situación energética está revirtiéndose gracias al expansivo crecimiento de la producción de gas y petróleo procedente de las pizarras y areniscas de baja permeabilidad. En este sentido, no se debe descartar en el futuro que incluso llegue a ser un exportador neto.

aproximadamente el 60% de los pozos de extracción en uso (unos 40.000 aproximadamente) en el año 2011.

Sin embargo y desde el punto de vista medioambiental²⁰, presenta ciertos inconvenientes. Y es que junto al enorme consumo de agua es habitual que con la arena se incluyan multitud de compuestos químicos, cuya finalidad es favorecer la fisuración o incluso la disolución de la roca, pudiendo contaminar tanto el terreno como los posibles acuíferos subterráneos existentes²¹.

²⁰ Marín Quemada et al. (2005), provee de un estudio detallado respecto a las diversas políticas microeconómicas aplicables, con el fin de alcanzar una protección medioambiental eficiente. Para ello, se pueden implantar políticas descentralizadas, políticas regulatorias o políticas en materia de incentivos, entre otras.

²¹ Hasta la fecha se han perforado alrededor de un millón de pozos en Estados Unidos utilizando dicha técnica. La curva de aprendizaje iniciada hace tres décadas por compañías pequeñas y con poco margen económico, aparece jalonada por incidentes fruto del proceso de ensayo-error y de las malas prácticas inherentes al nacimiento de cualquier nueva industria. A esto debe añadirse otros impactos intrínsecos a la técnica de fracturación hidráulica, tales como una intensiva ocupación del territorio, un importante consumo de agua dulce y la generación ocasional de microseísmos. Todo ello sin olvidarnos de la necesidad de gestionar adecuadamente un volumen creciente de los fluidos recuperados tras el proceso de fracturación, así como de las emisiones de dióxido de carbono originadas, en algunas regiones, por la quema del gas asociado a las explotaciones de petróleo no convencional.

España, como país totalmente dependiente del petróleo y de un gas del que carece, no es ajena al enorme potencial de los yacimientos de hidrocarburos no convencionales, *shale oil* y *shale gas*²².

La posibilidad de que el territorio español albergue recursos de este tipo (principalmente gas) ha propiciado un repunte de las solicitudes de exploración por parte de empresas públicas y privadas desde el año 2011 hasta la actualidad, con la esperanza de anunciar algún día un descubrimiento.

A falta de lo que depare dicho hallazgo, los expertos creen sin embargo que el potencial para España en la materia sería limitado, aunque existente. El estudio *Gas no convencional en España, una oportunidad de futuro* (Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas, 2012), destaca que las principales áreas donde se podría encontrar este tipo de gas serían las cuencas vasco-cantábrica, pirenaica, del Ebro, del Guadalquivir y bética.

²² Los pozos tradicionales han sido hasta ahora los más utilizados, pero las reservas empiezan a ser escasas en todo el mundo. Ante el agotamiento de estos yacimientos, los técnicos han desarrollado procedimientos para extraer hidrocarburos en zonas más profundas. Este es el caso de zonas ricas en el tipo de roca llamado esquisto, (*shale*), que a más de 1.500 metros de profundidad pueden acumular petróleo o gas de forma muy dispersa en sus pequeños poros.

En este sentido, España es uno de los cinco países europeos con este tipo de proyectos junto con Polonia, Reino Unido, Alemania y Ucrania (AIE, 2011) que aporta cifras importantes sobre las posibilidades del *shale gas* y *shale oil* a escala mundial, ya que supondrían la mitad de las reservas recuperables con una estimación de 120 años de consumo al nivel actual. En España se solicitaron 11 licencias de exploración de hidrocarburos desde principios de 2011, frente a las seis de todo 2010 (ocho, si se cuentan otros dos para almacenamientos subterráneos). La mayoría (cinco) está en el País Vasco y el resto, en Cataluña (dos), Murcia y las provincias de Zaragoza, Guadalajara y Soria. Además, se han otorgado cinco permisos de exploración y cuatro más están en fase de información pública.

Todo está por ver en el medio y largo plazo, pero es innegable que los importantes beneficios que la explotación de *shale oil* y *shale gas*²³ ha supuesto para Estados Unidos en términos de empleo y actividad económica, justifican por sí mismo la necesidad al menos de permitir a esta industria su desarrollo en Europa. Ello en cualquier caso, deberá realizarse sin menoscabo de los intereses de los ciudadanos que habitan los lugares

²³ Marín Quemada y San Martín González (2011), analizan la evolución futura prevista respecto de la explotación y utilización de combustibles fósiles como recursos no convencionales.

potencialmente afectados, por lo que la implementación y verificación del cumplimiento de un marco normativo estricto es particularmente relevante.

2.4 Referencia a los mercados abiertos de crudo y los productos refinados

Una de las funciones más importantes de los mercados abiertos es la información sobre las condiciones del mercado y sobre las expectativas que se transmite a través de los precios. Estos precios sirven de referencia para todos los participantes en el sector, usen o no el mercado abierto, con tal de que sean suficientemente representativos de la situación general del comercio en ese producto. Los mercados liberalizados de distribución de productos petrolíferos se organizan de forma muy similar en todos los países desarrollados. Esta similitud deriva de la generalización de los intercambios internacionales y los procesos de liberalización de los sectores energéticos locales en la actualidad, lo cual ha permitido que los agentes desarrollen su actividad de forma prácticamente idéntica en los diferentes mercados nacionales (Miras Salamanca, 2012).

La oferta en el mercado de crudo es la cantidad de producto medida en barriles que en cada momento puede disponerse para

su uso (normalmente en el proceso de refinado) y la demanda habitualmente se calcula considerando el consumo mundial de productos petrolíferos. En lo que se refiere a la demanda de crudo, ésta se identifica con el consumo de productos petrolíferos a nivel mundial, pues la demanda de productos es finalmente lo que determina el crudo que se necesita refinar. Sin embargo, este balance depende de la complejidad de los procesos industriales de refinado que, a su vez, evolucionan para satisfacer las exigencias de los consumidores y de la disponibilidad y calidad de los diferentes tipos de crudos. La adecuación de oferta y demanda determina la capacidad de la producción mundial para atender en cada momento el consumo de productos petrolíferos.

Así, en momentos de tensión en el mercado, es decir, cuando existe una alta demanda de productos petrolíferos y la oferta está muy ajustada, los precios del crudo suben de forma notable. Por otra parte, los precios de los derivados del petróleo en los mercados domésticos se derivan de las cotizaciones de sus productos de referencia en los mercados internacionales. Estas cotizaciones son el resultado de un importante número de transacciones entre compradores y vendedores en áreas geográficas concretas que se rigen, básicamente, por la ley de la oferta y la demanda. Son los denominados mercados físicos o *spot*.

Cabe destacar el gran desarrollo del mercado *spot* de petróleo, el cual ha revolucionado la forma en que se venía fijando el precio del crudo, constituyendo la base sobre la cual se determinan los precios del petróleo actualmente, bien como crudo, bien como productos petrolíferos. Se tratan de precios libres y no regulados y los propios equilibrios y desequilibrios entre la oferta y la demanda del mercado son los que fijan el punto de encuentro entre compradores y vendedores.

Los primeros mercados abiertos que se desarrollaron en la industria del petróleo durante la década de los noventa surgieron de los intercambios de productos refinados. Son cinco los mercados abiertos de productos refinados más importantes (Marín Quemada y García-Verdugo Sales, 2009):

- El *mercado del noroeste de Europa*. Es el mercado abierto más importante de los dos localizados en Europa, ya que comprende Alemania, Gran Bretaña, Holanda y la mayor parte de Francia. Está centrado en el área comprendida entre Ámsterdam, Rotterdam y Amberes (ARA) y en Londres. El volumen de productos negociado gira en torno a un 5% de los intercambios de productos en Europa, aunque sólo la mitad es físicamente intercambiada. La oferta de productos refinados, sobre todo gasoil y gasolina proviene de Rusia y otros países del este de Europa.

- El *mercado abierto de Estados Unidos*. La fuerte demanda de productos de este país (sobre todo gasolina y gasóleo para calefacción) ha impulsado y desarrollado mercados abiertos muy activos en la costa del Golfo de México, en Nueva York y en el sur de California. Junto con el mercado abierto del noroeste de Europa son los dos mercados abiertos de productos más importantes del mundo. A diferencia del mercado del noroeste de Europa, su característica diferenciadora es la red de oleoductos que distribuyen los productos por todo Estados Unidos alcanzando también a Canadá. El tamaño medio de los contratos es menor, lo que propicia que el mercado abierto de productos sea más activo que el europeo y el número de participantes muy superior. Otra de sus características diferenciadoras es el control administrativo de las transacciones, facilitado por la pertenencia a un mismo país de la mayor parte de los oferentes y demandantes. El mayor control por parte del gobierno federal se traduce en una mayor cantidad de información disponible sobre el número de intercambios y precios a los que se han realizado.

- El *mercado abierto del Mediterráneo*. Localizado en Italia, concretamente en Génova, es el más pequeño de los dos mercados europeos. Sus proveedores son básicamente las refinerías locales, y una pequeña parte que llega desde Rusia a través del Mar Negro. Este mercado suele ser mucho menos especulativo que el del noroeste de Europa y sus precios tienen una menor volatilidad.

Sin embargo, es uno de los mercados abiertos más usados por las empresas españolas, a pesar de sus limitaciones.

- El *mercado abierto del Caribe*. Es el mercado en el que se negocia un volumen más reducido de productos refinados, pero tiene una importancia especial por su función de ajuste de la oferta con respecto a los mercados europeos y americanos. Los productos obtenidos por las refinerías de la zona son destinados a los Estados Unidos en circunstancias normales. Sus productos se negocian con poca intensidad y las transacciones responden normalmente a intercambios efectivos de productos.

- El *mercado abierto de Singapur*. Es el más reciente en su desarrollo pero, por su peculiar situación, ha quedado como el centro de todos los intercambios de productos derivados en el sur y el sudeste de Asia, llegando incluso a contar con la participación de Australia. Los proveedores de este mercado son las refinerías locales de los países en desarrollo de la zona y las refinerías de los países del Golfo Pérsico. Como Occidente demanda sobre todo los productos más ligeros, las refinerías del Oriente Medio han destinado tradicionalmente los productos derivados del refino de sus crudos medios y pesados hacia el Extremo Oriente, y ese fue el punto de arranque del mercado abierto de Singapur. Esta tendencia se ha invertido en parte por la escasez de crudos ligeros y por las nuevas instalaciones de refino en Occidente, con capacidad para tratar crudos más pesados. Los productos más

negociados son fuelóleo y nafta, con una gran intervención japonesa en este último mercado.

Con respecto a los mercados abiertos de crudo, a continuación se detallan aquellos que son la referencia obligada para los participantes que operan en una determinada zona geográfica:

- El *mercado abierto europeo de Rotterdam*. Sus intercambios de crudo tienen una gran relevancia al ser esta mercancía la principal protagonista del mercado internacional de cargueros (petroleros) que comunica esa zona con el resto del mundo. Los puertos del ARA disponen de instalaciones para fraccionar los grandes cargamentos en unidades más pequeñas, de modo que puedan ser distribuidos a las refinerías de la costa o para llegar hasta la zona industrial del noroeste de Europa. En este mercado participan crudos de todas las procedencias, aunque destacan algunos de los crudos de Oriente Medio y los crudos del Mar del Norte, tanto el crudo Ural procedente de Rusia, como el crudo Brent producido en el Mar del Norte.

- El *mercado abierto europeo de Brent*. De los crudos intercambiados en el noroeste de Europa, el de mayor importancia es el crudo obtenido en el yacimiento de propiedad británica Brent, en el Mar del Norte. El mercado abierto del crudo de calidad Brent ha cobrado una cierta preeminencia, hasta el

punto de considerársele separadamente del mercado abierto de crudos de Rotterdam. El tamaño de los contratos del mercado Brent es normalmente de 500.000 barriles y el precio oscila con bastante frecuencia. Por este motivo y porque los contratos son negociados directamente entre las partes, se ha convertido en un club privado con pocos pero importantes participantes. No hay requisitos de entrada pero la posibilidad de participar en un contrato depende de la identidad y de la reputación de la entidad. Las condiciones de los contratos no son conocidas públicamente y no hay ninguna institución supervisora que registre y garantice las operaciones realizadas, como ocurre también en el resto de los mercados abiertos. El considerable volumen de transacciones realizadas le ha convertido en una obligada referencia para la industria del petróleo y especialmente para los productores del oeste de África y del Mediterráneo. La liquidez de su mercado a plazo ha proporcionado a las entidades interesadas un medio de protección frente al riesgo relacionado con las compras o ventas de otros crudos, principalmente los procedentes de Oriente Medio. Sin embargo, su importancia ha disminuido en cierta medida debido a un incremento de la regulación de las actividades financieras en el Reino Unido y por la creciente influencia de los mercados de futuros²⁴.

²⁴ En García-Verdugo Sales (2000), se analiza en profundidad y de forma brillante la casuística actual en torno a los mercados de futuros petrolíferos.

- *Mercados WTI y ANS en Estados Unidos.* De entre los crudos domésticos, los mercados abiertos más influyentes son los que intercambian el crudo *West Texas Intermediate* (WTI) y el crudo *Alaska North Slope* (ANS). El WTI es extraído de un gran número de pozos diseminados a lo largo de una amplia zona de Texas, convirtiéndose en un crudo de referencia para el mercado internacional (a pesar de no ser exportable), ya que refleja las expectativas y los intereses específicos de los compradores americanos y es la referencia de los diferenciales de precios con respecto al crudo Brent o a la cesta de la OPEP. Por el contrario, el crudo ANS procede de los yacimientos encontrados en Alaska en los años 70, aunque su explotación sufrió numerosos retrasos por motivos ecológicos, al igual que ahora con las nuevas prospecciones en la zona. Aunque su liquidez ha disminuido por el descenso de su producción, sigue siendo muy superior a la de otros crudos norteamericanos.

- *Oriente Medio: Fateh, Es Sider, Bonny Light y Oman.* La variabilidad con que la OPEP ha exigido el cumplimiento de las cuotas de producción a sus miembros ha permitido que algunos de sus crudos hayan formado mercados abiertos de cierta importancia. El más importante es el mercado abierto del crudo Fateh producido en Dubai, que se ha convertido en el crudo de referencia para los productores del Golfo Pérsico. Se le considera un verdadero mercado abierto porque su producción no está

sujeta a los límites de la OPEP y no está controlada por una sola entidad. Además, la calidad del Fateh es muy parecida a la del Arab ligero, por lo que ha podido heredar una parte del papel que éste último jugaba antes de que la OPEP adoptara una cesta de crudos como referencia. Su cotización es utilizada particularmente como referencia por Japón. Otros mercados abiertos de menor importancia son el del crudo Bonny ligero producido en Nigeria, el de Omán o el de Es Sider (Libia), el cual se ha convertido en un punto de referencia regional para la zona del Mediterráneo.

- *Asia: Tapis y Minas.* La importancia de los mercados abiertos de Asia ha aumentado recientemente, pero es muy inferior a la que presenta como mercado de productos refinados. Tiene uno de sus centros en Singapur, donde la experiencia como centro refinero proporciona instalaciones y servicios que permiten la negociación con crudo a gran escala, aunque gran parte de los crudos refinados provienen de Oriente Medio (Irán, Emiratos Árabes). Los crudos asiáticos más importantes son el Tapis, producido en Malasia y el Minas, producido en Indonesia.

2.5 Precios de los mercados abiertos de referencia

Tal y como se ha mencionado con anterioridad, los precios referidos al crudo y a los productos petrolíferos de referencia se forman en los mercados al contado o *spot*. Los diferenciales de

precios entre los crudos suelen responder a la calidad y también a otros factores específicos. Por este motivo, en general los crudos más ligeros tienen un precio mayor que los pesados, pero pueden identificarse con relativa frecuencia ejemplos en los que esta relación se invierte por un período de tiempo más o menos largo.

En general el precio del WTI ha estado por encima del Brent, pero durante los dos últimos años las circunstancias particulares del mercado europeo han hecho que el diferencial se reduzca y que en algunos momentos haya sido significativamente negativo, como sucedió en 2007 y principalmente a partir de 2010 de forma prácticamente ininterrumpida. Algo semejante puede decirse por ejemplo del Bonny ligero, que ha registrado precios particularmente elevados por el riesgo sociopolítico de Nigeria. La evolución de los diferenciales entre los crudos de referencia aporta información a los analistas sobre la situación del mercado, por lo que suelen publicarse ya elaborados para su seguimiento. Se presta particular atención al diferencial entre el WTI y el *Brent dated* y a los diferenciales entre el *Brent dated* o el WTI y la cesta de crudos de la OPEP. Para analizar la situación del mercado, también se siguen otros diferenciales de crudos ligeros (WTI, Bonny ligero y Brent) y el Dubai, que se considera un crudo representativo de los más pesados. Una apreciación importante radica en el hecho de que las cotizaciones de los mercados

abiertos de crudo son precios *free on board* (FOB), lo que indica que no pueden tomarse como precios de importación de los crudos ya que faltaría añadirles los costes de transporte, seguro y otros costes necesarios para poner el crudo en la refinería donde será procesado²⁵.

Para calcular los precios *spot* de productos petrolíferos que son relevantes para un país hay que tener en cuenta los mercados de productos de referencia. Para varios países de la UE se calcula un precio medio entre las cotizaciones del mercado del noroeste (NWE) y el del Mediterráneo (MED), asignando a cada mercado la misma ponderación. En el caso de España, la realidad de nuestra economía hace que sea más habitual asignar las ponderaciones 30% y 70%, respectivamente. Los especialistas del sector petrolero suelen prestar particular atención a los diferenciales entre los dos mercados de productos europeos y también al diferencial entre las cotizaciones de los dos mercados y el precio del crudo Brent.

²⁵ En España, para obtener el precio de importación se calculan precios de crudo CIF, cost of insurance and freight, que representan el coste medio por barril de todos los crudos importados puestos en el punto de entrada en el país.

2.6 Dos referentes: WTI vs. Brent

El *spread* o diferencial entre el WTI y el Brent representa la diferencia de los precios de cotización entre ambos tipos de crudo, siendo el WTI más representativo en Estados Unidos y el Brent a nivel internacional. Cuanto mayor es el diferencial, menor es el beneficio relativo que perciben los productores de WTI con respecto no ya solamente del Brent, sino del resto de crudos negociados. Producido en los campos occidentales de Texas, el WTI dispone de una serie de cualidades que lo hacen ideal para su refinado en las regiones norteamericanas del Medio Oeste y la costa del Golfo de México. Clasificado como un crudo dulce, su cotización por barriles generalmente se ha posicionado un dólar por encima del Brent y dos por encima de la cesta de la OPEP. Extraído principalmente del Mar del Norte, el petróleo Brent marca por el contrario el valor de referencia en los mercados europeos. No obstante, también influye fuertemente en el precio de la producción de Oriente Medio. Se trata de un crudo ligero y dulce aunque no tanto como el WTI y es especialmente apto para la elaboración de naftas, aunque posee un menor nivel de capacidad calórica.

Si bien suele ser refinado en los países de Europa noroccidental, cuando su precio es lo suficientemente bajo como para justificar su exportación también se procesa en el área mediterránea del

viejo continente y en la costa este de Estados Unidos. Los dos indicadores que determinan la calidad del crudo son la gravedad API y el contenido de azufre. Cuanto mayor es el número de gravedad API, tanto más ligero es el crudo (de mayor calidad). El contenido de azufre funciona de manera inversa es decir, cuanto menos azufre, mejor es el crudo. Las características físicas de ambos crudos son las siguientes:

WTI
•Gravedad API: 39,6°
• Contenido de azufre: 0,24%

BRENT
•Gravedad API: 38,06°
• Contenido de azufre: 0,37%

Entonces, ¿Cómo es posible que el WTI siendo de mayor calidad que el Brent cotice por debajo de éste? Como se acaba de mencionar, históricamente el precio del WTI ha sido en general mayor al precio del Brent porque su procesamiento es más barato debido a su menor contenido de azufre y a su menor densidad.

Por el contrario, el Brent por sus propias características tiene peor calidad que el petróleo WTI y sin embargo es el que se utiliza

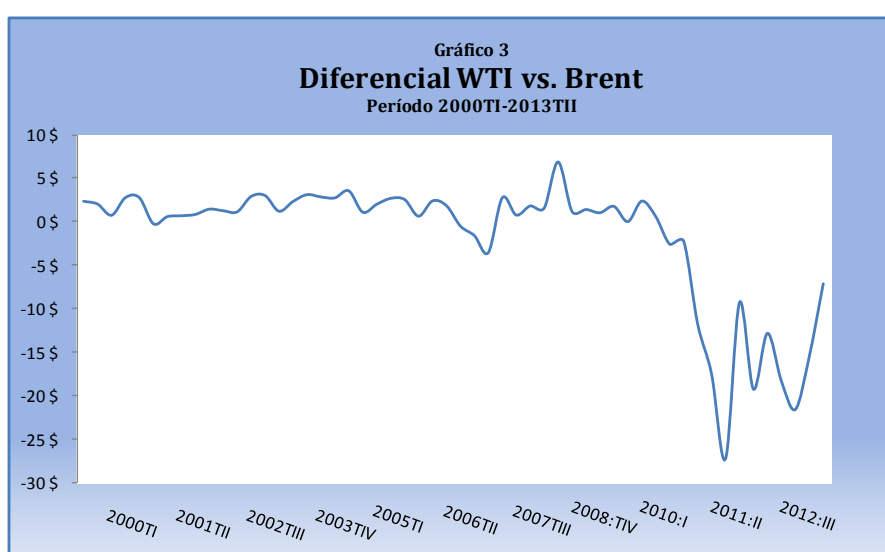
como punto de referencia para el petróleo en Europa y a nivel mundial. Esta tendencia comenzó a gestarse bajo los efectos de la crisis financiera internacional, cuando Arabia Saudí dejó de usar el WTI en la fijación de precios para sus clientes en Estados Unidos. Por lo tanto, a partir de 2009, la supremacía del valor del barril del Mar del Norte se ha vuelto una constante. Y en la actualidad esta diferencia no sólo está claramente establecida, sino que podría ampliarse con el tiempo.

En este sentido, el debilitamiento en el precio del WTI obedece no solamente a cuestiones estacionales o de capacidad de refino, sino principalmente a los inventarios registrados²⁶ en la localidad de Cushing, Oklahoma, en donde el crudo se incorpora al sistema estadounidense de oleoductos. Ello ha creado un desequilibrio entre la oferta y la demanda en favor de una mayor negociación del Brent en los mercados internacionales.

Asimismo, el WTI por ley, no se puede exportar como crudo y sin embargo se pueden exportar sus productos derivados. Para la AIE resulta probable que un incremento en el transporte de crudo por

²⁶ El *stock* medio del país asciende a 350-400 millones de barriles de petróleo, cantidad en cualquier caso que no es excesiva dado el consumo diario, que ronda los 20 millones de barriles/día en Estados Unidos.

camión y ferrocarril o una mayor capacidad de los gasoductos reduzca paulatinamente los inventarios norteamericanos (AIE, 2011). Hasta entonces, el precio del WTI seguirá mostrando un declive que comenzó a principios de 2010, aunque parece que la tendencia se está corrigiendo en lo que llevamos de 2013, tal y como refleja el gráfico 3.



Fuente: EIA statistics (2013). Elaboración propia

Una muestra de sus evoluciones es el diferencial medio WTI-Brent en 2011, el cual se situó en $-16,33\$/\text{barril}$, frente a $-0,16\$/\text{barril}$ respecto a 2010 (CNE, 2012)²⁷. Más recientemente, se ha

²⁷ El diferencial medio WTI-Brent en 2011 se mantuvo durante todo el año por debajo de los valores registrados el año anterior, especialmente durante el tercer trimestre del año, en el que un exceso de inventarios físicos de crudo WTI provocó que su cotización disminuyera en mayor proporción que la del Brent, con la consiguiente caída del diferencial.

producido un incremento del transporte por las vías mencionadas lo que ha originado que en julio de 2013 el diferencial WTI-Brent haya repuntado, pasando de los -2,86\$/barril a los -0.20\$/barril, cuando a principios del 2013 alcanzó los -23\$/barril. En este sentido, el diferencial ha mejorado para el WTI respecto del Brent, lo cual significa que el descuento que recibe el crudo internacional ha disminuido.

Los estados de la Eurozona adquieren principalmente petróleo Brent. Un posible escenario podría ser la decisión de la OPEP de vender más petróleo por un precio mayor a Europa, lo que ocasionaría que la exportación de los estados de la OPEP a Estados Unidos (que también importa crudo procedente de la organización) bajaría y la demanda del WTI aumentaría por una posible escasez. Acciones como ésta podrían llevarse o no a cabo con el fin de neutralizar el diferencial entre el Brent y el WTI.

Independientemente de los diferenciales entre los distintos tipos de crudo, la AIE recomienda aumentar la producción de petróleo, ya que hay escasez y se estima que las reservas mundiales están decreciendo a un ritmo del 6% anual.

2.7 El petróleo en la economía española

Al igual que la mayor parte de los países industrializados, España no es una excepción en la utilización del petróleo y sus derivados como fuente de energía primaria principal.

El petróleo representa más del 50% del consumo total de energía en nuestro país²⁸, lo que da una clara señal de nuestra alta dependencia. Concretamente, esta dependencia energética suele aproximarse físicamente por el ratio entre importaciones y consumo final para cada fuente energética.

A su vez, la intensidad energética, que no es sino la energía necesaria para obtener una unidad del PIB, se utiliza como indicador de la vulnerabilidad de una economía a un aumento de los precios energéticos (Escribano Francés, 2011).

En cualquier caso, nuestra vinculación es además superior a la que se observa en la mayor parte de las economías de la zona Euro (a excepción de Grecia, Portugal e Irlanda), así como de las de otros países avanzados como Estados Unidos o el Reino Unido. Cuanto mayor es la dependencia energética de cualquier país, mayor impacto tiene un *shock* del precio del petróleo y mayor es la

²⁸ Seguido en orden de importancia por el gas natural, el carbón, la energía nuclear y la energía hidroeléctrica.

transferencia de renta hacia los países productores. Esta transferencia supone paralelamente un empobrecimiento de los agentes económicos domésticos.

No obstante, actualmente las economías desarrolladas se enmarcan dentro de un contexto de moderación en el consumo de energía, en donde también han contribuido los cambios observados en la composición de la producción²⁹, con un mayor peso de los sectores que utilizan menos intensivamente el petróleo (como por ejemplo, el sector Servicios).

Si a la alta dependencia en el petróleo le añadimos la prácticamente nula existencia de esta materia prima en nuestro territorio (recientemente sin embargo se han hallado yacimientos vírgenes en aguas de las Islas Canarias limítrofes con Marruecos, concretamente cerca de Lanzarote y Fuerteventura), la economía española se ha convertido en importadora neta de petróleo³⁰, lo cual también es extensible en su mayor parte, al resto de la zona Euro.

²⁹ Jiménez y Torres, 2005.

³⁰ Por lo tanto, los *shocks* en el petróleo producen un deterioro del componente energético de la balanza comercial.

En la tabla 2 se observa la evolución del consumo desde el año 2003. Se puede observar como hasta el año 2007, tanto el consumo total como la parte correspondiente a las importaciones de productos refinados presenta un incremento anual. A partir de esa fecha y como consecuencia de las crisis económicas y la recesión continuada, la actividad económica en España ha disminuido originando que el consumo energético se contraiga.

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Total	71.626	73.708	74.052	73.996	74.935	72.521	68.414	67.126	64.310
Consumo	(100%)	(100%)	(100%)	(100%)	(100%)	(100%)	(100%)	(100%)	(100%)
Importación	23.988	25.441	27.533	27.800	30.632	26.684	26.366	24.337	22.926
	(33,5%)	(34,5%)	(37,2%)	(37,5%)	(40,9%)	(36,8%)	(38,5%)	(36,2%)	(35,6%)
Resto (Refino y Stocks)	47.638	48.267	46.519	46.196	44.303	45.837	42.048	42.789	41.384
	(66,5%)	(65,5%)	(62,8%)	(62,5%)	(59,1%)	(63,2%)	(61,5%)	(63,8%)	(64,4%)

Fuente: CNE, *Información básica y anexos de los sectores de la energía*, varios años.

Cifras en miles de toneladas y porcentajes entre paréntesis.

Las previsiones para el año 2012 y 2013 deberían seguir la misma senda, si bien a partir de 2014 y como consecuencia de ciertos signos de recuperación, el consumo repuntaría de nuevo.

La proporción de crudo sin refinar³¹ para su posterior tratamiento en refinerías, representa más del 60% del total de las importaciones para el conjunto de los años considerados, salvo en 2007 que fue del 59,1%. En España existen diez refinerías pertenecientes a tres grupos empresariales, Repsol, Cepsa y BP Oil España. Todas las refinerías españolas (excepto la de Puertollano), se encuentran situadas en el litoral y las refinerías peninsulares están conectadas a la red de oleoductos para productos. La capacidad de refino total instalada en España a finales de 2011 alcanzó los 76,8 millones de toneladas/año. Por su parte, la capacidad anual de conversión por unidades para el 2011 se ha incrementado con respecto a 2010, alcanzando en 2011 el equivalente a 36,7 millones de toneladas/año.

En la tabla 3 se desglosan estas importaciones por tipo de producto, en donde destacan principalmente los gasóleos (que incluyen el diesel de automoción y el gasóleo de calefacción), en

³¹ El refino es el proceso por el cual, a través del fraccionamiento y de sucesivas transformaciones químicas del petróleo, se producen los productos derivados para su comercialización y consumo. A su vez, el margen de refino o *crack spread*, hace referencia al diferencial entre el precio del petróleo y los productos derivados que se extraen de él. Las refinerías han de generar un margen bruto suficiente para cubrir costes y generar beneficios con las limitaciones impuestas por los mercados de crudo y de los productos petrolíferos.

porcentajes que se mueven alrededor del 45% (salvo en 2011 con un 37,2%).

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Gases Licuados (GLPs)	995 (4,2%)	1.095 (4,3%)	1.026 (3,7%)	906 (3,3%)	1.001 (3,3%)	970 (3,6%)	867 (3,3%)	801 (3,3%)	569 (2,5%)
Gasolinas	982 (4,1%)	748 (2,9%)	753 (2,7%)	586 (2,1%)	765 (2,5%)	486 (1,8%)	335 (1,3%)	169 (0,7%)	116 (0,5%)
Gasóleos	10.800 (45%)	11.830 (46,5%)	13.217 (48,1%)	13.605 (48,9%)	14.410 (47%)	12.266 (45,9%)	11.462 (43,5%)	10.801 (44,4%)	8.541 (37,2%)
Querosenos	860 (3,6%)	943 (3,7%)	1.328 (4,8%)	2.025 (7,3%)	2.254 (7,4%)	2.585 (9,8%)	2.473 (9,4%)	2.447 (10%)	2.748 (12%)
Fuelóleos	3.499 (14,6%)	3.940 (15,5%)	4.162 (15,1%)	3.558 (12,8%)	3.379 (11%)	3.481 (13%)	4.255 (16,1%)	3.408 (14%)	3.785 (16,5%)
*Otros Productos	6.852 (28,5%)	6.885 (27,1%)	7.047 (25,6%)	7.120 (25,6%)	8.823 (28,8%)	6.896 (25,9%)	6.974 (26,4%)	6.711 (27,6%)	7.167 (31,3%)
Total	23.988 (100%)	25.441 (100%)	27.533 (100%)	27.800 (100%)	30.632 (100%)	26.684 (100%)	26.366 (100%)	24.337 (100%)	22.926 (100%)

Fuente: CNE, *Información básica y anexos de los sectores de la energía*, varios años.

Cifras en miles de toneladas y porcentajes entre paréntesis.

*Incluye bases y aceites lubricantes, productos asfálticos, coque y otros.

La tabla 4, muestra a continuación el consumo total nacional en productos petrolíferos, que incluye además de las importaciones, las partidas correspondientes a refino y *stocks* de productos derivados. Cabe destacar de nuevo como desde el año 2007 la disminución del consumo es generalizada.

Tabla 4
Consumo nacional de productos petrolíferos

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Gases Licuados (GLPs)	2.286 (3,3%)	2.340 (3,3%)	2.294 (3,1%)	2.076 (2,8%)	2.060 (2,7%)	1.980 (2,7%)	1.838 (2,7%)	1.851 (2,7%)	1.654 (2,6%)
Gasolinas	8.071 (11,3%)	7.735 (10,5%)	7.303 (9,9%)	6.961 (9,4%)	6.696 (8,9%)	6.295 (8,8%)	6.012 (8,8%)	5.677 (8,5%)	5.299 (8,2%)
Gasóleos	30.946 (43,2%)	32.985 (44,7%)	34.120 (46%)	35.281 (47,7%)	36.719 (49%)	35.367 (48,7%)	33.331 (48,7%)	33.229 (49,5%)	31.121 (48,3%)
Querosenos	4.411 (6,1%)	4.874 (6,6%)	5.189 (7%)	5.417 (7,3%)	5.708 (7,7%)	5.630 (7,8%)	5.133 (7,5%)	5.245 (7,8%)	5.601 (8,7%)
Fuelóleos	13.129 (18,3%)	12.985 (17,6%)	12.970 (17,5%)	12.353 (16,7%)	11.844 (15,8%)	11.639 (16%)	11.147 (16,3%)	10.426 (15,6%)	10.475 (16,4%)
*Otros Productos	12.782 (17,8%)	12.789 (17,3%)	12.174 (16,5%)	11.907 (16,1%)	11.906 (15,9%)	11.608 (16%)	10.950 (16%)	10.695 (15,9%)	10.158 (15,8%)
Total	71.626 (100%)	73.708 (100%)	74.052 (100%)	73.996 (100%)	74.935 (100%)	72.521 (100%)	68.414 (100%)	67.126 (100%)	64.310 (100%)

Fuente: CNE, *Información básica y anexos de los sectores de la energía*, varios años.

Cifras en miles de toneladas y porcentajes entre paréntesis.

*Incluye bases y aceites lubricantes, productos asfálticos, coque y otros.

Durante los últimos años ha continuado el reajuste en la estructura del consumo de productos petrolíferos, con una disminución en importancia de los productos ligeros y pesados como son los GLPs, las gasolinas y los fuelóleos y un aumento del peso de los productos intermedios es decir, querosenos y gasóleos (Marín Quemada y García-Verdugo, 2009).

Los porcentajes correspondientes a gasóleos en este caso rondan el 50%. En este sentido, si bien la reducción de las importaciones ha sido importante, el consumo se ha cubierto en mayor medida con los productos obtenidos del refino y con la salida de producción en *stocks*. Tal y como se ha mencionado, las previsiones apuntan que no será hasta el 2014 cuando las cifras comiencen a recuperarse.

Por el contrario, las gasolinas pasan en el mismo período de casi el 11% al 8,2%, en 2011. El aumento de la importancia de los gasóleos y la reducción del peso de las gasolinas se debe en gran medida al progresivo cambio hacia el diesel del parque móvil. Los GLPs reducen su importancia relativa poco más de medio punto porcentual y los fuelóleos en dos puntos porcentuales si bien con un repunte llamativo en el último período. El consumo de querosenos se ha ido incrementando progresivamente, como consecuencia del dinamismo del sector del transporte aéreo, tanto interior como principalmente exterior a lo largo de los últimos años. En cambio, la reducción paulatina del peso de los fuelóleos en el consumo total se debe sobre todo al funcionamiento regular de las centrales de ciclo combinado que usan gas natural.

2.7.1 Características y formación del precio de los derivados del petróleo

En primer lugar y de forma resumida, se introduce el proceso de formación de los precios de los productos petrolíferos para su consumo final. En los mercados existen varios factores que determinan las variaciones en el precio del petróleo, a saber:

- Decisiones de los países productores y exportadores de crudo.
- La oferta y la demanda de crudo.
- La coyuntura geopolítica del momento.
- Las existencias o inventarios (*stocks*).
- Los costes de transporte y la logística.
- El componente estacional en el consumo.
- El tipo de cambio en vigor.

El crudo como tal, no se comercializa tras la extracción en el yacimiento. Se debe transportar a las refinerías en donde se procesa para su transformación final en los productos derivados. Durante el proceso de refino, el barril de crudo se descompone en diferentes elementos (GLPs, querosenos, fuelóleo, naftas y gasolinas, gasóleos, asfaltos y lubricantes). Estos productos vienen determinados por el tratamiento que experimenta el crudo en las refinerías. Una vez refinados, estos carburantes se ponen a la venta en el mercado al por mayor. En España, los mercados de

referencia son el del Mediterráneo (MED) y el del Mar del Norte (NWE), los cuales y aparte de la cotización del crudo, están influidos por la oferta y la demanda del momento, el coste de producción y el tipo de cambio €/\$. He aquí que la cotización de los carburantes en estos mercados no tiene por qué coincidir con el precio del petróleo. Por lo tanto, a los carburantes hay que añadirles otros costes de gran relevancia. La formación del precio depende pues de tres factores:

- El coste de la materia prima. Las variaciones de los precios de los carburantes nunca se reflejan de inmediato en los precios finales a los minoristas, ya que existe un retraso entre dichos movimientos y su efecto en los precios finales.
- Otros costes y márgenes. Tales como los de almacenamiento, transporte, mantenimiento de reservas estratégicas, gastos financieros, comercialización, remuneración al canal minorista y los diferenciales del tipo de cambio.
- Los impuestos, que representan por término medio el 50% del precio que paga el consumidor. En España, éstos son los IIEE, el IVM (de aplicación sobre determinados hidrocarburos) y el IVA, que es un porcentaje sobre el total³² (actualmente del 21%).

³² Es decir, sobre PAI+IIEE+IVM.

A partir de todo lo anterior, el precio final de venta al público de un producto petrolífero (PVP) obedece a la siguiente relación:

$$PVP_{(\text{€/lt})} = \left[(Ci_{\$/\text{lt}}/TC_{\text{€/}\$}) + Margen_{\text{€/lt}} + IIEE_{\text{€/lt}} + IVM_{\text{€/lt}} \right] \times (1 + IVA) \quad (2.1)$$

$$\text{siendo, } PAI_{(\text{€/lt})} = (Ci_{\$/\text{lt}}/TC_{\text{€/}\$}) + Margen_{\text{€/lt}} \quad (2.2)$$

donde, $PVP_{\text{€/lt}}$ es el Precio Venta al Público expresado en €/litro, $PAI_{(\text{€/lt})} = (Ci_{\$/\text{lt}}/TC_{\text{€/}\$}) + Margen_{\text{€/lt}}$ es el precio antes de impuestos expresado en €/litro, $Ci_{\$/\text{lt}}$ es la cotización internacional de referencia³³ expresada en \$/litro, $TC_{\text{€/}\$}$ es el tipo de cambio del euro con respecto al dólar y finalmente $Margen_{\text{€/lt}}$, que es el margen bruto expresado en €/litro y agrega todos los componentes de costes que caracterizan al mercado local, junto al margen obtenido por cada uno de los tramos de distribución del producto³⁴.

³³ Este valor utilizará en cada caso los mercados de referencia que conformen la alternativa (de importación o exportación) del mercado local. En el caso español, se compone como se ha relacionado anteriormente, de una combinación del 70% mercado MED y del 30% mercado NWE.

³⁴ Es preciso aclarar que el margen bruto de comercialización no incluye los márgenes relativos a las restantes actividades de la cadena petrolera (refino,

Por lo tanto, el precio del petróleo que resulta relevante para los agentes económicos también debe tener en cuenta el tipo de cambio y los impuestos indirectos que recaen sobre este producto³⁵.

Esto explica el que no siempre el precio del crudo se traslade de forma inmediata a los carburantes para su consumo, añadiendo el hecho de que las diferencias de precio de los carburantes en los diversos países se explican por las cargas fiscales, ya que el coste de la materia prima y el refino son similares.

La imposición indirecta que recae sobre los productos derivados del petróleo es un referente a la hora de analizar el impacto de los precios del petróleo. En concreto, la mayor parte de estos productos soportan una elevada carga impositiva que, al adoptar la forma mayoritaria de unitarios (en oposición a *ad valorem*, como el IVA), provoca que para un aumento dado del precio antes de impuestos, la variación de su precio después de impuestos (que

exploración y producción) ya que se encuentran incluidos en la cotización internacional de referencia.

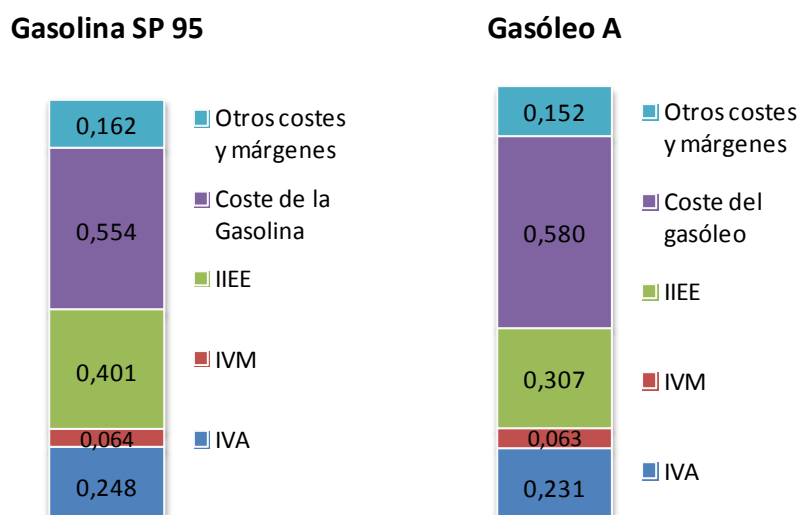
35 La necesidad de considerar los impuestos indirectos se debe a que, en su mayoría son de tipo unitario, por lo que no se modifican al cambiar el precio del petróleo y por lo tanto, amortiguan la magnitud de la perturbación en términos del PVP (Estrada y Hernández de Cos, 2009).

es el relevante para los demandantes finales) sea menor cuanto mayor es el nivel de los mismos.

La figura 1 descompone el precio final para la gasolina sin plomo 95 (el cual fue de 1,429 PVP €/litro) y el gasóleo A (de 1,333 PVP €/litro), a finales del mes de junio de 2013. Por lo que respecta a la proporción de los impuestos con respecto al PVP, en la gasolina sin plomo 95 ascendieron a 0,713 €/litro, lo que supone el 49,9%, mientras que para el caso del gasóleo A, el porcentaje alcanzó el 45% (0,601 €/litro)³⁶.

³⁶ Es necesario mencionar la existencia de descuentos en los precios finales a las flotas de camiones y demás vehículos de transporte. Dichos descuentos suponen un menor coste trasladado a los respectivos sectores de la economía implicados, lo cual en parte alivia los efectos de la composición de los precios de los carburantes. De una importancia relativamente menor, son los descuentos y promociones que en determinados momentos pueden aplicar las estaciones de servicio al consumidor final, a efectos de fidelización.

**Figura 1. Composición de los precios finales en España
junio 2013 (Gasolina SP 95 vs. gasóleo A)**



Fuente: Asociación española de operadores de productos petrolíferos.

Si bien la imposición de los carburantes es alta en España, todavía está lejos de la de los principales países de la Eurozona. Por ejemplo, para el mismo período y con respecto a la gasolina sin plomo 95, la carga impositiva en Francia y Alemania ascendió al 56,3%, en Italia al 58,9% y en el Reino Unido hasta el 59,6%. Por lo que respecta al gasóleo A, en Alemania ascendió al 48,8%, en Francia al 49,2%, en Italia hasta el 54,9%, mientras que en el Reino Unido superó el 58% (CORES, 2013).

Queda plasmada la enorme imposición europea, lo cual nos hace reflexionar del margen de subida impositiva que presenta España para los carburantes. En este sentido, no se debe olvidar que la situación económica actual no es el marco adecuado para dicha subida, si bien en el medio plazo se podría hacer realidad.

2.7.2 El precio del petróleo y su impacto en el IPC

El IPC en España tiene como objetivo proporcionar una medida estadística de la evolución del conjunto de precios de los bienes y servicios que consume la población residente en viviendas familiares. De esta forma, tras las pautas de consumo se pueden extraer conclusiones respecto al peso que el petróleo posee en los diferentes sectores de la actividad económica. En enero de 2002 entró en vigor el actual sistema de IPC³⁷. Entre las principales

³⁷ Destacando la inclusión de precios rebajados, la revisión anual de ponderaciones y el encadenamiento de los índices. En enero de 2007 se publican los primeros índices en base 2006, que recoge un aumento de la muestra de municipios, del número de precios recogidos y del número de artículos de la cesta de la compra. En la actualidad el IPC se publica en base 2011. Este índice se elabora con cerca de 220.000 precios de 489 artículos, de los cuales informan más de 30.000 establecimientos distribuidos en 177 municipios de todo el territorio nacional. En determinados artículos tarifados se obtiene información de las publicaciones oficiales correspondientes.

novedades destaca su publicación en 12 grupos, motivado por la adaptación a la COICOP, así como a la actualización de las ponderaciones de estos 12 grupos a partir de la información que aporta la ECPF.

La ECPF es elaborada por el INE cada trimestre. Su finalidad es aproximarse estadísticamente a las distintas ponderaciones de los hábitos de consumo de los hogares españoles, para posteriormente estudiar la evolución de estos precios. Así, la encuesta clasifica los distintos bienes y servicios consumidos en 12 grupos del IPC base 2011, que se subdividen en 37 subgrupos, 79 clases y 126 subclases; 57 rúbricas y 28 grupos especiales. Los grupos son los siguientes: alimentos y bebidas no alcohólicas, bebidas alcohólicas y tabaco, vestido y calzado, vivienda, menaje, medicina, transporte, comunicaciones, ocio y cultura, enseñanza, hoteles, cafés y restaurantes y otros.

El petróleo representado por sus derivados (gasolinas, gasóleos, fuelóleos etc.), se encuentra incluido en los grupos de Vivienda y de Transporte (grupos 4 y 7 respectivamente). A su vez, la descomposición en subgrupos le encuadra dentro del subgrupo 044, "Electricidad, gas y otros combustibles" y el subgrupo 072,

“Bienes y servicios relativos a los vehículos”. Una desagregación mayor los engloba en las clases 0443, “Otros combustibles” y 0722, “Carburantes y lubricantes”. La tabla 5 muestra las ponderaciones del IPC nacional y año base 2011 por grupos para el período comprendido entre los años 2007 y 2013. Ateniéndose a los datos descriptivos, el peso de los derivados del petróleo dentro del IPC ha ido progresivamente en aumento principalmente para el grupo Vivienda, alcanzando el 12,43% en 2013, mientras que el grupo Transportes ha experimentado ciertas oscilaciones hasta el 15,29%.

Tabla 5														
Ponderaciones IPC Nacional general y de grupos COICOP. Base 2011														
Unidades:Tanto por mil	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013	
Índice general	1000	100%	1000	100%	1000	100%	1000	100%	1000	100%	1000	100%	1000	100%
Alimentos y bebidas no alcohólicas	220,6	22,06%	202,8	20,28%	180,7	18,07%	183,6	18,36%	181,6	18,16%	182,6	18,26%	182,6	18,26%
Bebidas alcohólicas y tabaco	28,2	2,82%	26,7	2,67%	25,4	2,54%	27,3	2,73%	28,7	2,87%	28,9	2,89%	28,2	2,82%
Vestido y calzado	90,3	9,03%	88,1	8,81%	88,1	8,81%	86,8	8,68%	85,9	8,59%	83,4	8,34%	80,9	8,09%
Vivienda	103,6	10,36%	102,6	10,26%	107,4	10,74%	111,4	11,14%	117	11,70%	120	12,00%	124,3	12,43%
Menaje	61,5	6,15%	66,7	6,67%	72	7,20%	69,8	6,98%	68,4	6,84%	66,7	6,67%	65,4	6,54%
Medicina	28,3	2,83%	30,4	3,04%	31,3	3,13%	32,4	3,24%	32,1	3,21%	31,4	3,14%	31,8	3,18%
Transporte	148,9	14,89%	152	15,20%	152,9	15,29%	145,5	14,55%	147,4	14,74%	151,6	15,16%	152,3	15,23%
Comunicaciones	35,8	3,58%	36,8	3,68%	37,2	3,72%	39	3,90%	39,8	3,98%	38,5	3,85%	38,2	3,82%
Ocio y cultura	71,1	7,11%	75	7,50%	78,1	7,81%	78,2	7,82%	76,4	7,64%	75,4	7,54%	74,5	7,45%
Enseñanza	16	1,60%	14,7	1,47%	13,2	1,32%	13,5	1,35%	13,8	1,38%	14,2	1,42%	14,5	1,45%
Hoteles, cafés y restaurantes	115,5	11,55%	118,7	11,87%	123,3	12,33%	120,4	12,04%	115,2	11,52%	114,6	11,46%	113,7	11,37%
Otros bienes y servicios	80,2	8,02%	85,7	8,57%	90,4	9,04%	92,2	9,22%	93,7	9,37%	92,6	9,26%	93,6	9,36%

Fuente: INE, Estadísticas INEbase. Elaboración propia

Según la información del INE, la desagregación por subgrupos muestra más claramente como los “Bienes y servicios relativos a los vehículos”, han incrementado su ponderación en un 2% hasta el 9,5% y el subgrupo “Electricidad, gas y otros combustibles” ha subido en importancia del 4,1% en 2007 al 5,3% en 2013. Una última desagregación por clases para el período considerado, nos indica que “Carburantes y lubricantes” para transporte pondera un 6,9%, mientras que “Otros combustibles” cuyo consumo final se destina a vivienda, pondera un 0,54%.

Los grupos Transporte y Vivienda ocupan desde el año 2011, los puestos 2º y 3º respectivamente en términos de ponderación a la hora de calcular el IPC, tras el correspondiente a Alimentos y Bebidas Alcohólicas, y por delante de Hoteles, Cafés y Restaurantes. Ello revela la importancia del petróleo en el consumo final y el efecto que las subidas en su precio provocan en la renta y la riqueza de las familias. Asimismo, la clase “Carburantes y lubricantes”, que describe fielmente la mayor proporción de consumo de petróleo a través de sus derivados, pondera en 2013 en 3º lugar, con el 6,9%.

Otro de los factores a destacar, es el mayor peso de los productos derivados del petróleo en la cesta de consumo de los hogares españoles respecto a los principales países de la zona Euro, lo cual

explica en parte, la mayor sensibilidad de la inflación española a las fluctuaciones en la cotización del crudo.

Un efecto adicional que también provoca un mayor impacto de las variaciones de su precio, es como se ha analizado en el apartado anterior, la menor fiscalidad de los derivados del petróleo en España, tanto en términos de impuestos específicos de cuantía fija, como del IVA, que es proporcional al PVP.

Este hecho hace que, ante una variación dada del coste de la materia prima, el PVP de los productos petrolíferos se modifique en mayor medida en España que en la zona Euro, mostrando de esta manera también una mayor variabilidad o volatilidad en su precio.

Ha quedado de manifiesto la importancia del petróleo y las variaciones de su precio en la economía española. En general no solamente porque se debe importar la totalidad del petróleo necesario para su consumo final (con la consecuente exposición en los mercados internacionales), sino también por la inherente estructura de su precio de venta final.

3. Análisis econométrico para España

3.1 Evidencia empírica de los efectos de un *shock* en el precio del petróleo

Existe una importante evidencia empírica en cuanto a los efectos provocados por los *shocks* en diferentes variables macroeconómicas. En uno de los trabajos más importantes e influyentes, Bernanke *et al.* (1997) demuestran que efectivamente existe una relación causa-efecto entre un *shock* en el precio del petróleo y un período posterior de ralentización económica, el cual es a su vez provocado en parte por la subida del tipo de interés en respuesta al incremento de la inflación. En este trabajo, basado en la experiencia para Estados Unidos, consiguen cuantificar los efectos de la subida del precio del petróleo y la inminente respuesta de la política monetaria en la producción, utilizando para ello varios modelos VAR.

Bajo ciertas condiciones establecidas inicialmente, sus resultados confirman un descenso de la producción provocada inicialmente por el incremento del precio del petróleo y posteriormente por la subida del tipo de interés. Se asume a su vez, que el tipo de interés actúa como una variable endógena dentro del modelo, lo cual provoca que el impacto en la actividad sea mayor.

También aseguran que si las autoridades monetarias (en este caso la Reserva Federal estadounidense), hubieran mantenido invariable el tipo de interés, la caída de la producción hubiera sido menor. Su principal conclusión por tanto, es que el endurecimiento de la política monetaria como respuesta al *shock*, influye asimismo de forma negativa en la actividad económica.

A raíz de este trabajo se generó un debate clásico en este campo de la literatura, con dos corrientes enfrentadas principalmente por la diferente percepción de unos y otros respecto a la magnitud de los efectos negativos de los *shocks*.

La corriente alternativa es la encabezada por Hamilton y Herrera (2004), en donde difieren parcialmente de las conclusiones establecidas anteriormente, considerando que sus estimaciones resultan más sólidas ya que demuestran que el impacto de la subida de los precios del petróleo es considerablemente mayor para la producción.

Bernanke *et al.* (1997), estimaron el impacto del precio del petróleo utilizando series de datos mensuales para siete retardos temporales. Por el contrario, Hamilton y Herrera (2004) incrementaron el número de retardos temporales de siete a doce meses, con el fin de demostrar que incluso cuando el tipo de

interés permanece constante, los *shocks* del precio del petróleo siguen teniendo un importante efecto negativo en la producción. Estas conclusiones de Hamilton y Herrera fueron refutadas con nuevas estimaciones por Bernanke, Gertler y Watson en su trabajo de 2004.

Con anterioridad, Hamilton (2000) destaca la importancia de un *shock* del precio del petróleo en el descenso de la actividad económica. Sin embargo, aquí se afirma que dicho descenso está provocado también por otro tipo de factores, ya que no solamente es la producción, sino los niveles de consumo de las familias y de las empresas los que se ven recortados.

Carlstrom y Fuerst (2005) también argumentan que si el público a través de sus propias expectativas anticipa correctamente las reacciones de las autoridades monetarias, siendo éstas de carácter sistemático, el efecto negativo del precio del petróleo provocará un efecto en la actividad de menor magnitud.

La cuestión principal radica en el hecho de que una política monetaria anticipada contrae la producción en la misma proporción que cuando el incremento del tipo de interés se produce de manera endógena.

En este sentido, argumentan que la razón principal por la cual se puede mantener constante el tipo de interés ante un descenso en la producción, es el hecho de que las expectativas de los agentes prevén que el tipo de interés podría permanecer constante una vez que el *shock* se ha producido.

Esta percepción genera un riesgo inherente, ya que si éste se mantiene constante de forma sistemática, la política monetaria dejaría de ser efectiva, lo cual producirá unos efectos negativos aún mayores que el propio *shock*.

Otro trabajo destacado es el de Medina y Soto (2005), en el que se analizan los efectos de un *shock* del precio del petróleo en la economía chilena desde el punto de vista del equilibrio general³⁸.

Para ello, realizan una simulación en base al establecimiento de una regla específica de política monetaria de respuesta al incremento de la inflación, argumentando que el efecto de contracción que se ocasiona es debido principalmente al carácter endógeno del endurecimiento de las condiciones.

³⁸ En la estimación de su modelo llegaron a la conclusión de que un incremento del 13% del precio real del petróleo, provoca una caída de la producción de un 0,5% y un incremento de la inflación de un 0,4%.

Mediante un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico (denominados modelos DSGE), los cuales fueron establecidos originariamente por Sims y Zha (1996), analizan estas consecuencias con el propósito de establecer si la práctica totalidad de los comportamientos en las variables una vez que actúa la política monetaria, son debidos a una respuesta sistemática de la economía a partir de su estado inicial.

Algunos trabajos más recientes en los que se siguen cuantificando los efectos negativos de estos *shocks*, como el de Herrera y Pesavento (2007), encuentran evidencia de una menor respuesta de las variables macroeconómicas (en su caso para Estados Unidos), a una política monetaria de actuación de carácter sistemático, siendo dicha evidencia mayor durante la etapa Volcker - Greenspan de los años 80 que durante la previa de los años 70.

Destacar también el trabajo de Sánchez (2008) que utiliza un modelo DSGE en donde las familias, las empresas, el gobierno y el BCE, vienen representados por sus respectivas ecuaciones de equilibrio con el fin de cuantificar los efectos de un *shock* del precio de petróleo en la zona Euro y el trabajo de Cologni y Manera (2008), los cuales y utilizando un modelo VAR estructural previo análisis de cointegración, analizan los efectos de un *shock*

así como la inmediata reacción de las autoridades monetarias en los países que componen el G-7. Encuentran evidencia de una inflación más elevada a raíz del mismo, en todos los países salvo para el Reino Unido y Japón. No hay que olvidar que el Reino Unido es un importante productor de petróleo, lo que explica que el impacto no sea tan negativo para su economía.

A partir de aquí comienza el análisis empírico (econométrico) de cointegración de los efectos del incremento del precio del petróleo en las variables macroeconómicas de la economía española.

3.2 Las series históricas de datos: especificaciones y limitaciones

Se van a emplear series trimestrales para todas las variables durante el período considerado es decir, 1984-2013, hasta el segundo trimestre. La razón por la cual se ha elegido dicho período muestral es la de incorporar en su totalidad el cambio que durante la etapa de la Gran Moderación de mitad de los años 80³⁹

³⁹ Período en el que se observa que la volatilidad de la inflación y el crecimiento de la producción disminuyen de forma notable, rompiendo la tendencia de años anteriores en los que las oscilaciones en dichas variables eran considerablemente mayores. Este comportamiento fue observado en todos los países industrializados excepto en Japón.

(*The Great Moderation*), parece producirse en la toma de decisiones de política monetaria por parte de las autoridades (principalmente la Reserva Federal estadounidense y los bancos centrales europeos), así como evitar el reflejo en los datos de las dos crisis mundiales de los años 70, motivadas precisamente por el precio del petróleo y las cuales no se han vuelto a producir en años sucesivos. Asimismo, con esta muestra se pretende capturar el papel que juegan los *shocks* en un período en donde se observa una cierta volatilidad en el precio negociado del crudo (principalmente durante la segunda parte de la muestra).

La utilización de datos trimestrales es debida a la necesidad de homogeneizar la frecuencia de los datos para todas las variables. Debido a la dificultad en encontrar datos mensuales para el PIB, se ha optado por esta alternativa sin que por ello se reste significatividad a los resultados de las estimaciones⁴⁰.

Es necesario mencionar sin embargo, que ha aparecido una pequeña limitación respecto a la utilización del IPC o del IPCA. En cuanto al empleo del IPC y no del IPC armonizado (IPCA), tal y como utiliza el BCE en sus análisis de ámbito monetario, la decisión se basa principalmente en la ausencia de datos de éste

⁴⁰ En gran parte de la literatura descrita en el apartado 6, los análisis han sido también realizados con series de datos trimestrales.

último previos a 1997, lo cual reduciría considerablemente (hasta la mitad) el período muestral objeto de estudio⁴¹.

Aún así y tras diversas comparativas, se ha observado que el IPC da una medida acertada y coherente de la inflación para el ejercicio a realizar.

También debe mencionarse la necesidad (de cara al análisis econométrico) de incluir el agregado monetario M3. Su inclusión radica en que el Banco de España lo fijó como objetivo intermedio en materia de política monetaria hasta 1994 (año en el que entró en vigor su Ley de Autonomía), de aquí su importancia. Tras otorgársele esta plena autonomía, la situación cambió y el diseño y la instrumentación de la política monetaria se ha orientado ininterrumpidamente al logro y el mantenimiento de la estabilidad de precios mediante la utilización del tipo de interés de referencia. Por lo tanto, ello propició en su momento la modificación de su estrategia básica, relegando a un papel secundario (aunque en parte sigue siendo fundamental) a los agregados monetarios y comprometiéndose con el logro de objetivos directos expresados en términos de la tasa de inflación.

41 Para una mayor profundización en el estudio de la relación entre el precio del petróleo y el IPCA en diversos países de la zona Euro, véase Espasa y Albacete (2007).

Las variables finalmente empleadas en el análisis de cointegración para España han sido las siguientes:

- El precio mundial del barril de crudo Brent (*Brent dated Spot FOB*), Mar del Norte⁴².
- El tipo de interés nominal a corto plazo, establecido por el Banco de España hasta el cuarto trimestre de 1998 para el mercado interbancario español a un año y por el BCE a partir de 1999 en las Operaciones Principales de Financiación para todo el Eurosistema.
- El tipo de cambio €/\$, con la conversión pertinente de pesetas a euros en los datos previos al año 1999.
- El IPC español.
- El PIB español en términos reales o precios constantes⁴³.
- El agregado monetario M3⁴⁴.

⁴² El diferencial de su cotización en los mercados NWE y MED es muy pequeña. Se ha optado por emplear la serie única, que resulta significativa independientemente de la proporción 30%-70%, habitualmente empleada en el caso de España.

⁴³ La serie del PIB es la correspondiente a EUROSTAT. Al figurar a precios corrientes, se ha deflactado por medio de la tasa de variación de la inflación a efectos de obtener la serie final a precios constantes.

⁴⁴ Se han utilizado dos series temporales. La primera del Banco de España correspondiente al período 1984:I-1998:IV y denominada en millones de ECU y la segunda del EUROSTAT para el período 1999:1-2013:II, denominada en

El cuadro 2 resume las especificaciones propias de dichas series, así como las fuentes estadísticas de las cuales se han obtenido. Las variables precio del petróleo, tipo de cambio y agregado monetario M3, se han transformado en logaritmos para su tratamiento en los diferentes contrastes y modelos.

Las denominaciones de las respectivas series en los cálculos realizados, queda por lo tanto como sigue: *LN_OIL* (logaritmo del precio del petróleo), *IR* (tipo de interés), *LN_TC* (logaritmo del tipo

millones de euros. La paridad ECU/euro se estableció en 1:1, por lo que no ha habido que convertirlas. A la serie del banco de España se le ha incluido a su vez el efectivo al no contenerle inicialmente. Un agregado monetario es la suma total de dinero en circulación dentro de una economía, incluyendo además en este concepto a determinados productos de deuda con alto grado de liquidez. En función de esta medida el Banco Central Europeo ha establecido los siguientes niveles de agregados monetarios:

- Agregado monetario M1 también conocido como estrecho, es el efectivo en circulación y los depósitos a la vista de los residentes en la zona euro, excluidas las administraciones centrales, en entidades emisoras de la zona euro.
- Agregado monetario M2 comprende al M1 e incluye los depósitos a plazo de hasta dos años y los depósitos disponibles con preaviso de hasta tres meses.
- **Agregado monetario M3** también denominado amplio, incluye al M2 y las cesiones temporales de dinero, las participaciones en fondos del mercado monetario y los valores que no sean acciones y tengan una vida no superior a dos años.

de cambio), *IPC* (IPC), *LN_M3* (agregado monetario M3) y por último el *PIB* (PIB).

Cuadro 2. Series y Fuentes estadísticas
Precio del Petróleo
Barril de crudo Brent-Dated, Brent Spot FOB (1984:I-2013:II) Fuente: <i>Energy Information Administration</i> , www.eia.doe.gov
Tipos de Interés nominal a corto plazo
Mercado Interbancario a un año (1984:I-1998:IV) Fuente: Banco de España, www.bde.es
Operaciones principales de Financiación (1999:I-2013:II) Fuente: Banco Central Europeo, www.ecb.int
Tipo de Cambio
Serie tipo de cambio peseta/dólar USA (1984:I-1998:IV) Serie tipo de cambio €/ \$ USA (1999:I-2013:II) Fuente: Banco Central Europeo, www.ecb.int
Índice de Precios al Consumo (Inflación)
Índice de Precios al Consumo, (1984:I-2013:VI) Fuente: INE, INEbase, www.ine.es
Agregado Monetario M3
Serie M3 (1984:I-1998:IV) Fuente: Banco de España, www.bde.es
Serie M3 (1999:I-2013:II) Fuente: Eurostat, epp.eurostat.ec.europa.eu/
Producto Interior Bruto
PIB a precios corrientes (1984:I-2013:II) Fuente: Eurostat, epp.eurostat.ec.europa.eu/

Se anticipa el hecho de que es frecuente que las series correspondientes a las variables nominales sean integradas de orden 2, $I(2)$. En este sentido, se barajó inicialmente la posibilidad de utilizar la tasa de variación de la inflación en lugar del IPC. Sin embargo, como se expondrá posteriormente, los test de raíces unitarias empleados dieron como resultado que la serie del IPC es integrada pero de orden 1, $I(1)$. Por este motivo y con el fin de homogeneizar el orden de integración de todas las series, se utiliza dicha serie y no la de la tasa de variación de la inflación.

3.3 Análisis de cointegración: concepto general

Es frecuente que se incluyan variables no estacionarias en la mayor parte de trabajos empíricos referidos a variables macroeconómicas. Una de las alternativas al manejo de tales series, se basa en la utilización de diferencias y otras transformaciones (por ejemplo, el ajuste estacional) con el fin de hacerlas estacionarias y poder analizarlas posteriormente mediante modelos VAR.

Generalmente, la econometría de series temporales se encuentra con un problema al medir las relaciones entre aquellas variables que tienen una tendencia temporal. Tal es el problema, que se podría llegar a considerar relaciones completamente espurias, lo

cual derivaría en resultados explosivos. Las variables que tienen una tendencia temporal definida, como analizaremos en este apartado, se denominan no estacionarias. Las estimaciones de regresiones con variables no estacionarias son espurias salvo que estén cointegradas. Asimismo, dos o más variables no estacionarias cointegradas son aquellas cuyos residuos son estacionarios y si estos residuos son estacionarios las estimaciones de variables no estacionarias serán superconsistentes.

En este sentido, el análisis de cointegración se ha convertido en un método consistente a la hora de analizar la posible similitud en el orden de integración de una determinada combinación de variables (Greene, 1999). Asimismo, permite establecer relaciones de equilibrio a largo plazo entre variables que de forma individual son no estacionarias o no están en equilibrio. Este hecho es especialmente relevante para la teoría económica, al facilitar el establecimiento de hipótesis acerca de si un determinado fenómeno es permanente en una economía o más bien se trata de un comportamiento puntual.

El hecho de que una variable sea no estacionaria implica que su distribución de probabilidad es función del tiempo, por lo que ésta sufre variaciones tanto en su media como en su varianza,

presentando una tendencia a aumentar a través del mismo y acentuando de esta manera su variabilidad.

Por lo tanto, es necesario estudiar si las variables son estacionarias o no estacionarias, ya que ello resulta clave para todo el análisis posterior. Cabe indicar además, que el concepto de estacionariedad se debe utilizar en sentido débil es decir, se considera que una serie temporal será estacionaria si se presenta como un proceso estocástico en el que solamente los momentos de primer y segundo orden no son función del tiempo. Por el contrario, la serie se considera no estacionaria cuando los comportamientos de su media y su varianza sean siempre función del tiempo.

En el específico caso de que la varianza sea función del tiempo, se generará, bien una tendencia de tipo estocástica, lo cual motiva la presencia de raíces en el polinomio autorregresivo que no desaparecen al aplicar el operador de diferencias $(1 - L)$, bien la presencia de una o varias raíces unitarias. Asimismo, si su media es función del tiempo, éste comportamiento puede recogerse introduciendo elementos deterministas tales como las tendencias lineales.

Para explicar la no estacionariedad en la varianza, supongamos un paseo aleatorio:

$x_t = \gamma x_{t-1} + \varepsilon_t$, y en términos generales,

$$x_t = \gamma^t x_0 + \sum_{i=0}^{t-1} \gamma^i \varepsilon_{t-i} \quad (3.1)$$

cumpliendo $\gamma^t = 1$ si presenta una raíz unitaria y el término de error varía con el tiempo, por lo que su varianza vendría representada por:

$Var(x_t) = t\sigma^2$, cuya tendencia es estocástica.

En clave de política monetaria, estas implicaciones pueden ser analizadas mediante el valor absoluto del parámetro de la ecuación. En el caso de que dicho valor se encuentre entre cero y uno (caso de estabilidad), la influencia del valor inicial x_0 y de los choques pasados decae a medida que aumenta el tamaño de la muestra, con lo cual, el presente es más importante que el pasado y las medidas no anticipadas de política monetaria tienden a perder efecto a través del tiempo. Si el valor absoluto es igual a uno (caso de una raíz unitaria), la influencia del valor inicial x_0 y de los choques pasados y presentes tiene la misma importancia, generándose efectos permanentes en el nivel de la variable. Todas las medidas no anticipadas de política monetaria afectarían a las

evoluciones presente y futura de la variable. Por último, cuando el valor absoluto del parámetro es mayor a uno, la influencia del valor inicial x_0 y de los choques pasados se vuelven cada vez más importantes a medida que transcurre el tiempo, lo que implica que el pasado es más importante que el presente. Sin embargo, ésta última situación es poco frecuente en series temporales dentro del ámbito económico.

Con todo ello, lo que se pretende es determinar la naturaleza de la tendencia de una determinada serie, evaluando la existencia o no de una o varias raíces unitarias. Si hay una raíz unitaria en el proceso, la serie tendrá una tendencia estocástica, por lo que los posibles *shocks* que experimenta tienden a acumularse en el tiempo provocando que la serie no converja hacia ningún valor o tendencia.

Por el contrario, si la serie no presenta raíces unitarias, la tendencia de la serie será descrita como determinista, lo cual implica que los *shocks* desaparecen en el tiempo, por lo que la serie fluctuará en torno a tal tendencia.

Resumiendo, una serie es estacionaria cuando fluctúa alrededor de una media, su función de autocorrelación simple decrece

rápidamente cuando aumentan sus retardos y su varianza es finita e independiente del tiempo.

3.3.1 Modelo de vectores autorregresivos

Los modelos VAR son una técnica de análisis multivariado de series temporales introducida originariamente para el análisis macroeconómico por Sims (1980). En un VAR, todas las variables son consideradas como endógenas, pues cada una de ellas se expresa como una función lineal tanto de sus propios retardos temporales, como de las restantes variables explicativas del modelo. Esto permite capturar más apropiadamente los comovimientos de las variables y la dinámica de sus interrelaciones en el corto plazo⁴⁵.

Sirven como herramienta básica a la hora de analizar el impacto del fenómeno monetario en la economía real (Walsh, 2003). En este sentido, todas las variables son tratadas simétricamente al incluir para cada una de ellas una ecuación que explica su evolución por medio de sus propios retardos y los del resto de variables, tal y como acaba de indicar. Siendo como es en realidad un tratamiento intuitivo, ello no le resta importancia ya que

⁴⁵ Lo cual no es detectable en modelos de una sola variable, tales como los modelos autorregresivos AR o los ARIMA.

captura la dinámica propia de las series temporales, al mismo tiempo que su interpretación mediante los estadísticos asociados resulta apropiada (Stock y Watson, 2001).

Existe una abundante literatura al respecto de su uso en estudios macroeconómicos, con interesantes avances en su utilización y discusión al respecto de su validez.

Ejemplos de ello son los trabajos de Stock y Watson (2003), Canova (2006) y Canova y Ciccarelli (2008), entre otros. El marco general considera un modelo VAR de orden p :

$$y_t = A_1 y_{t-1} + \dots + A_p y_{t-p} + B z_t + \varepsilon_t \quad (3.2)$$

en donde y_t representa a cada uno de los vectores $k \times 1$ de las series temporales de cada una de las variables, z_t es también un vector $k \times 1$, en este caso de variables deterministas y ε_t es el vector del término error, que mide la magnitud del impulso respecto a un determinado *shock*. A y B son matrices $k \times k$ de parámetros desconocidos. Reformulando el VAR, se puede representar espacialmente de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
y_t = \begin{bmatrix} y_{1,t} \\ y_{2,t} \\ \vdots \\ y_{p,t} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \theta_{11,1} & \cdot & \cdot & \cdot & \theta_{1m,1} \\ \theta_{21,1} & \cdot & \cdot & \cdot & \theta_{1m,1} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \theta_{m1,1} & \cdot & \cdot & \cdot & \theta_{mm,1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{1,t-1} \\ y_{2,t-1} \\ \vdots \\ y_{m,t-1} \end{bmatrix} \\
&+ \begin{bmatrix} \theta_{11,p} & \cdot & \cdot & \cdot & \theta_{1m,p} \\ \theta_{21,p} & \cdot & \cdot & \cdot & \theta_{2m,p} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \theta_{m1,p} & \cdot & \cdot & \cdot & \theta_{mm,p} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{1,t-1} \\ y_{2,t-1} \\ \vdots \\ y_{m,t-1} \end{bmatrix} \\
&+ \begin{bmatrix} \delta_{1,t} & 0 & \cdot & \cdot & 0 \\ 0 & \delta_{2,t} & \cdot & \cdot & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & \cdot & \cdot & \delta_{m,t} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_{1,t} \\ z_{2,t} \\ \vdots \\ z_{m,t} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t} \\ \varepsilon_{2,t} \\ \vdots \\ \varepsilon_{m,t} \end{bmatrix}
\end{aligned} \tag{3.3}$$

Cuyas series de errores $\varepsilon_{i,t}$ no están correlacionadas ni con sus propios retardos, ni con los de los otros errores, $\varepsilon_{j,t} (i \neq j)$. Para determinar el orden del VAR, se establece el número de retardos temporales apropiado en función de los criterios informativos existentes, tales como el de Akaike (AIC) o el de Schwarz (SIC).

3.3.2 Elección del número de retardos temporales

Debido a que la longitud más conveniente en los retardos suele ser desconocida a priori, es necesario realizar una especificación previa del número apropiado a emplear. Por ello, en la comparación entre las distintas alternativas es conveniente

utilizar los criterios informativos asociados al conjunto del modelo, optando por aquella especificación en la que la ganancia relativa por incluir un nuevo retardo no sea especialmente significativa⁴⁶.

Tal y como se ha anticipado, entre los procedimientos utilizados para determinar la longitud apropiada de los retardos se encuentran el criterio de información AIC y el criterio de información Bayesiana, más conocido como el criterio SIC. El AIC viene dado por:

$$AIC_k = \ln \frac{e'e}{T} + \frac{2k}{T}$$

El cual equivale a maximizar la diferencia entre la función máximo verosímil (primer término) y el número de parámetros estimados k . Asimismo, el SIC queda determinado por:

$$SIC_k = \ln \frac{e'e}{T} + \frac{k \ln T}{T}$$

en el que el segundo término es calculado en logaritmos.

⁴⁶ Para una discusión más pormenorizada puede consultarse Hayashi (2000).

Ya que estos dos criterios miden la bondad del ajuste del modelo, además de dar una medida de la diferencia entre los valores del parámetro estimado respecto a los valores del parámetro verdadero, se debe seleccionar el menor valor dado por ambos criterios. Es necesario precisar que el SIC busca optimizar el número de retardos con el menor número de variables explicativas posibles, mientras que el AIC busca optimizar la capacidad predictiva del modelo a través de la identificación de un retardo óptimo, sea cual sea el número de variables.

Aún así y sin menoscabo de la información suministrada por el SIC, se ha optado en los casos en que ha habido disparidad de resultados por utilizar el AIC y para todos los contrastes realizados. En este sentido, se compararon los diferentes resultados según tuvieran dos, tres cuatro o cinco retardos⁴⁷, observándose que para el AIC (también para el SIC aunque no en todos los casos), los valores mínimos que identifican los mejores modelos, se alcanzaron con dos y cuatro retardos dependiendo de los distintos modelos y variables, por lo que se ha optado finalmente por dichas especificaciones.

⁴⁷ Dado el número de variables y de observaciones en las muestras, se decidió no incluir más de cinco retardos a la hora de las comparaciones.

La aplicación de estos dos criterios facilita la interpretación, ya de por sí compleja de los modelos VAR, al quedar condicionada la significatividad individual de los parámetros por la necesaria correlación entre los regresores. Es precisamente por ese motivo, por el que resulta necesario analizar también otros elementos tales como los coeficientes de determinación, los residuos del modelo y las funciones de impulso-respuesta a un *shock* con el fin de contrastar adecuadamente dichos resultados.

3.3.3 Estructura del modelo de cointegración

El análisis de cointegración permite por lo tanto determinar si series integradas del mismo orden pueden combinarse para generar una serie estacionaria. Si este fuera el caso, las series estarían cointegradas y necesariamente compartirían una o varias tendencias estocásticas. Si por ejemplo, las series en cuestión son integradas de orden 1, $I(1)$, entonces contendrán una raíz unitaria y su tendencia estocástica individualmente no las hará converger hacia ninguna tendencia determinista en particular. Por medio de la cointegración, estas series necesariamente tendrán tendencias similares en el largo plazo. El concepto de cointegración fue introducido por Engle y Granger (1987) y su análisis formal estriba en que habrá un equilibrio a largo plazo entre un conjunto de variables cuando:

$$\beta_1 x_{1,t} + \beta_2 x_{2,t} + \dots + \beta_n x_{t,n} = 0$$

$$\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$$

$$x_t = (x_{1,t}, x_{2,t}, \dots, x_{n,t})'$$

Por lo que el sistema alcanzará dicho equilibrio cuando $\beta x_t = 0$ y las posibles desviaciones estarán medidas por el término de error, $e_t = \beta x_t$, siendo e_t estacionario.

Por lo tanto, los componentes del vector $x_t = (x_{1,t}, x_{2,t}, \dots, x_{n,t})'$ estarán cointegrados de orden (d, b) tal que $x_t \sim CI(d, b)$, si se cumple que todos sus componentes son integrados de orden d y el vector $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$ posee una combinación lineal $\beta_1 x_{1,t} + \beta_2 x_{2,t} + \dots + \beta_n x_{t,n} = 0$, la cual es integrada de orden $(d - b)$ para $b > 0$. A continuación, se presentan algunas características a tener en cuenta en el análisis de cointegración:

- Si $(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$ es un vector de cointegración, cualquier escalar no igual a cero puede ser multiplicado por él y también lo es.
- Los parámetros β se analizan una vez normalizados. Es decir, se multiplica el parámetro por un número que haga que sea igual a

uno. Por ejemplo, para normalizar el vector de cointegración con respecto a x_1 , se selecciona un número λ tal que $\lambda = 1/\beta_1$.

- Todas las variables deben ser integradas del mismo orden, generalmente de orden uno, aunque pueden existir casos en que una de ellas sea $I(2)$, mientras que otras sean $I(1)$, existiendo una combinación lineal entre todas ellas que sea $I(1)$.
- No todas las variables similarmente integradas cointegran, por lo que no existiría relación a largo plazo entre dichas variables.
- Existen relaciones de cointegración causales, es decir que no son consecuencia de una relación que pueda ser explicada desde el punto de vista económico.
- Si x_t tiene n componentes, debe haber $n-1$ vectores de cointegración linealmente independientes. Al número de vectores cointegrados se le llama rango de cointegración.

Varios son los métodos de cointegración más comúnmente utilizados, entre los cuales destacan el método de dos pasos de Engle y Granger (1987), el Test de Durbin y Watson (1950) o el que se va a emplear en este caso, el de Johansen (1991).

El análisis formal del método de Johansen parte del tradicional modelo VAR de orden p y en donde y_t ⁴⁸, representa en este caso a

⁴⁸ Aunque ahora se cambia la simbología para referirse a las variables (utilizando y en lugar de x), su significado es idéntico.

los n vectores $k \times 1$ de las variables con orden de integración 1 $I(1)$. A partir de aquí, dicho VAR puede ser reformulado como un modelo de vectores de corrección de errores (VECM), tal que:

$$\Delta y_t = \Pi y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta y_{t-1} + B z_t + \varepsilon_t \quad (3.4)$$

$$\Pi = \sum_{i=1}^p A_i - I \quad \Gamma_i = -\sum_{j=i+1}^p A_j$$

en donde I es una matriz unitaria de orden k .

El análisis de cointegración se concentra en el rango de la matriz Π . Debido a que son k las variables que constituyen los vectores y_t , el rango máximo de Π es k . En cualquier caso, hay que distinguir entre varias situaciones:

- Si $p(\Pi) = 0$, ($r = 0$) Π es una matriz nula y el modelo a aplicar sería un VAR tradicional en primeras diferencias.
- Si $p(\Pi) = k$, ($r = k$) el proceso es estacionario.
- Si $p(\Pi) = 1$, existirá un vector de cointegración y la expresión Πy_{t-p} sería estacionaria.
- Si $p(\Pi) = r$, en donde $1 < r < k$, existirán varios vectores de cointegración, por lo que Π tendrá rango reducido r . En este caso existirían dos matrices α y β de orden $k \times r$, con rango r , tal que

$\Pi = \alpha\beta' \times \beta'y_t$ será el mecanismo de corrección de error de $I(0)$ y α y β serían por lo tanto los parámetros de ajuste del VECM.

El número de vectores cointegradores diferentes puede obtenerse evaluando el nivel de significación de las raíces características de Π , ya que el rango de una matriz coincide con el número de raíces diferentes de cero. El siguiente estadístico nos indicará el número de dichas raíces que son significativamente iguales a cero:

$$\lambda_{traza}(r) = -T \sum_{i=r+1}^k \ln(1 - \hat{\lambda}_i)$$

donde $\hat{\lambda}_i$ es la i -ésima raíz característica y T es el número de observaciones.

Este estadístico evalúa la hipótesis nula de que el número de vectores cointegradores sea ≤ 0 , contra una hipótesis alternativa general. Por lo tanto, el método de Johansen realiza la estimación de la matriz Π y contrasta si se rechazan o no las restricciones impuestas en el caso de un rango reducido de Π .

3.3.4 Análisis y detección de raíces unitarias

En primer lugar y a modo de introducción, las características principales que presentan los órdenes de integración cero, uno y dos son las siguientes:

- Una serie $I(0)$ presenta una media constante y una tendencia a fluctuar sobre ésta ante cualquier posible desviación. Su varianza es finita e independiente del tiempo y los efectos de los choques son transitorios y van decreciendo también en el tiempo.
- Una serie $I(1)$ se caracteriza porque la presencia de raíces unitarias provoca que el momento de primer orden sea función del tiempo. La serie no se mantiene sobre un valor medio a través del tiempo y la varianza tenderá a infinito cuando la variable tienda a infinito. Los choques aleatorios tienen efectos permanentes.
- Una serie $I(2)$ presenta las mismas características que una $I(1)$, con la diferencia de que la presencia de raíces unitarias provoca momentos de primer y segundo orden en función del tiempo.

Para la detección de raíces unitarias en las series, se han realizado los test de Dickey-Fuller Aumentado (DFA), (Dickey y Fuller, 1981) y de Phillips-Perron (PP), (Phillips y Perron, 1988).

3.3.4.1 Test de Dickey-Fuller aumentado

Este test se realiza con el fin de determinar si la serie temporal en cuestión es no estacionaria y por ende, su nivel de integración. En este caso y según los criterios de información AIK y SIC, se han aplicado dos y cuatro retardos temporales en cada una de las variables⁴⁹.

La teoría general nos indica que cuando las series están correlacionadas en más de un retardo temporal, no se cumple la condición de que el término de error ε_t se comporte como ruido blanco. En este sentido, el problema se elimina con una parametrización en la que se asume una correlación en los retardos superior a uno, siendo por tanto una serie de orden $AR(p)$. Se asumen p retardos temporales, por lo que en nuestro caso, al considerar procesos autorregresivos $AR(2)$ y $AR(4)$ para cada una de las series, los test DFA se han especificado respectivamente de la siguiente forma:

$$\Delta y_t = \alpha y_{t-1} + x_t' \delta + \beta_1 \Delta y_{t-1} + \beta_2 \Delta y_{t-2} + \varepsilon_t \quad (3.5)$$

$$\Delta y_t = \alpha y_{t-1} + x_t' \delta + \beta_1 \Delta y_{t-1} + \beta_2 \Delta y_{t-2} + \beta_3 \Delta y_{t-3} + \beta_4 \Delta y_{t-4} + \varepsilon_t \quad (3.6)$$

⁴⁹ Al aplicar 3 y 5 retardos se han obtenido también los mismos resultados.

en donde la variable y con sus correspondientes retardos son el precio del petróleo Brent, el tipo de interés nominal a corto plazo, el tipo de cambio €/\$, el IPC español, el agregado monetario M3 y el PIB español en cada uno de los supuestos, x_t' es el vector de variables exógenas que puede incluir el modelo, ε_t es el término de error y α , δ e β_i son los diferentes parámetros a estimar. La hipótesis nula se representa como $H_0: \alpha = 0$ (existencia de una raíz unitaria) en donde $\alpha = \rho - 1$, frente a $H_1: \alpha < 0$ (no existe raíz unitaria) y cuyo estadístico t viene dado por:

$$\hat{t} = \frac{\hat{\alpha}}{\hat{\sigma}(\hat{\alpha})}, \text{ donde } \hat{\sigma} \text{ es el error estándar.}$$

En referencia a x_t' , en este caso se han incluido como variables exógenas una constante y una tendencia lineal determinista⁵⁰. La inclusión de una constante solamente o de ninguno de estos dos componentes serían casos especiales derivados de la especificación general, lo cual ocasionaría el imponer restricciones al modelo general. Por lo tanto, podemos volver a especificar el modelo de tal forma que si consideramos que:

$$x_t' \delta = \varphi + \theta_t$$

⁵⁰ La posible inclusión de variables irrelevantes puede reducir la probabilidad de rechazar la hipótesis nula.

donde φ es el término constante y θ_t la tendencia lineal, entonces:

$$\Delta y_t = \varphi + \theta_t + \alpha y_{t-1} + \beta_1 \Delta y_{t-1} + \beta_2 \Delta y_{t-2} + \beta_3 \Delta y_{t-3} + \varepsilon_t \quad (3.7)$$

$$\Delta y_t = \varphi + \theta_t + \alpha y_{t-1} + \beta_1 \Delta y_{t-1} + \beta_2 \Delta y_{t-2} + \beta_3 \Delta y_{t-3} + \beta_4 \Delta y_{t-4} + \varepsilon_t \quad (3.8)$$

siendo los modelos finalmente estimados para dos y cuatro retardos temporales respectivamente, $p = 2, p = 4$.

3.3.4.2 Test de Phillips-Perron

Los resultados obtenidos por el test DFA no serían eficientes en presencia de heterocedasticidad en los residuos. En este contexto se utiliza el estadístico PP, ya que presenta unos resultados robustos ante este tipo de situaciones, realizando un ajuste que contabiliza la posible heterocedasticidad del término de error.

El procedimiento de utilización del test PP es muy similar al DFA, con la diferencia de que en lugar de seleccionar el número de retardos a incluir en el modelo de contraste, hay que seleccionar el retardo máximo denominado *truncado* o parámetro de

truncación l , ya que la posible existencia de autocorrelación se corrige mediante un método no paramétrico⁵¹.

Además se modifica el estadístico t del coeficiente α del contraste DFA, por lo que la posible existencia de correlación serial no afectaría la distribución asintótica de su estadístico, el cual viene dado por:

$$Z_{\alpha} = t_{\alpha} \left(\frac{\gamma_0}{f_0} \right)^{1/2} - \frac{T(f_0 - \gamma_0) \times (\hat{e}_{\alpha})}{2f_0^{1/2} \times e}$$

donde \hat{e}_{α} es el error estimado del coeficiente α , e es el error estimado para la regresión, t_{α} es el estadístico t y finalmente γ_0 es un estimador consistente de la varianza del error calculado como $(T - k)s^2/T$, con k regresores.

La hipótesis nula H_0 indica la trayectoria de raíz unitaria con tendencia, mientras que H_1 representa la hipótesis alternativa de estacionariedad con tendencia, tal que si el valor del estadístico t asociado al coeficiente de y_{t-1} es mayor en valor absoluto al valor

⁵¹ Los resultados y su interpretación son similares a los presentados por el DFA. Presenta también información adicional sobre los valores de la varianza residual corregida y sin corregir en términos de autocorrelación.

crítico de MacKinnon, se rechaza H_0 en favor de H_1 . Finalmente, hay que comparar la sensibilidad de los resultados del test respecto al número máximo de retardos l . Aunque es conveniente probar los resultados para diferentes valores, también se puede elegir l en función del número de observaciones disponibles conforme a las expresiones:

$$l = \frac{4\sqrt[4]{n}}{100} \quad l = \frac{12\sqrt[4]{n}}{100}$$

Tal que una medida apropiada para 100 observaciones sería $l=1$, $l=3$ según la primera o la segunda expresión, $l=2$, $l=6$ para 200 observaciones y así sucesivamente (con un retardo más por cada 100 observaciones adicionales).

3.3.4.3 Resultados

En la realización de los test y con el fin de determinar si las tendencias de cada una de las series temporales son de naturaleza estocástica o simplemente determinista, se incluyeron como variables exógenas una constante y una tendencia lineal. De esta forma, no se restringió el modelo con el propósito de que los resultados fueran más consistentes al compararse con valores críticos más amplios. Cabe decir a su vez, que la inclusión de una

constante solamente o de ninguna de estas dos variables son simplemente casos especiales derivados de esta especificación general.

En la aplicación de estos test, no se rechazó la hipótesis nula en ninguna de las series originales. Al contrastarlas posteriormente en primeras diferencias, se rechazó H_0 en todos los casos, lo cual confirmó la existencia de una raíz unitaria en cada una de ellas.

El test DFA se ha llevado a cabo con dos retardos temporales para las series del PIB español, el tipo de cambio €/€/\$ y el agregado monetario M3 y con cuatro retardos temporales para las series del precio del petróleo Brent, el IPC español y el tipo de interés nominal a corto plazo, conforme a los criterios de información AIC y SIC.

En cuanto al test PP, se han empleado cuatro retardos o parámetros de truncación para todas las series. A continuación se muestran los resultados obtenidos (Cuadro 3).

Cuadro3. Test DFA y PP en series originales*Precio del petróleo (LN_OIL)*

Test sobre la serie original. Cuatro retardos temporales				
Test DFA	-2,793554	1%	Valor Crítico*	-4,0414
		5%	Valor Crítico	-3,4497
		10%	Valor Crítico	-3,1499

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria. Incluye Constante y Tendencia. No se rechaza H_0 al 99% de confianza.

Test sobre la serie en primeras diferencias. Cuatro retardos temporales				
Test DFA	-6,451776**	1%	Valor Crítico*	-4,0422
		5%	Valor Crítico	-3,4501
		10%	Valor Crítico	-3,1501

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 1, I(1).

Test sobre la serie original. Cuatro retardos o parámetros de truncación				
Test PP	-2,923688	1%	Valor Crítico*	-4,0387
		5%	Valor Crítico	-3,4484
		10%	Valor Crítico	-3,1491

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria. Incluye Constante y Tendencia. No se rechaza H_0 al 99% de confianza.

Test sobre la serie en primeras diferencias. Cuatro ret.-parámetros truncación				
Test PP	-11,28411**	1%	Valor Crítico*	-4,0393
		5%	Valor Crítico	-3,4487
		10%	Valor Crítico	-3,1493

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 1, I(1).

Tipo de interés (IR)

Test sobre la serie original. Cuatro retardos temporales				
Test DFA	-1,964917	1%	Valor Crítico*	-4,0414
		5%	Valor Crítico	-3,4497
		10%	Valor Crítico	-3,1499

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

Incluye Constante y Tendencia. No se rechaza H_0 al 99% de confianza.

Test sobre la serie en primeras diferencias. Cuatro retardos temporales				
Test DFA	-5,440678**	1%	Valor Crítico*	-4,0422
		5%	Valor Crítico	-3,4501
		10%	Valor Crítico	-3,1501

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 1, I(1).

Test sobre la serie original. Cuatro retardos o parámetros de truncación				
Test PP	-2,660521	1%	Valor Crítico*	-4,0387
		5%	Valor Crítico	-3,4484
		10%	Valor Crítico	-3,1491

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

Incluye Constante y Tendencia. No se rechaza H_0 al 99% de confianza.

Test sobre la serie en primeras diferencias. Cuatro ret.-parámetros truncación				
Test PP	-6,676879**	1%	Valor Crítico*	-4,0393
		5%	Valor Crítico	-3,4487
		10%	Valor Crítico	-3,1493

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 1, I(1).

Tipo de Cambio (LN_TC)

Test sobre la serie original. Dos retardos temporales				
Test DFA	-3,003928	1%	Valor Crítico*	-4,0400
		5%	Valor Crítico	-3,4491
		10%	Valor Crítico	-3,1495

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

Incluye Constante y Tendencia. No se rechaza H_0 al 99% de confianza.

Test sobre la serie en primeras diferencia. Dos retardos temporales				
Test DFA	-5,875628**	1%	Valor Crítico*	-4,0407
		5%	Valor Crítico	-3,4494
		10%	Valor Crítico	-3,1497

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 1, I(1).

Test sobre la serie original. Cuatro retardos o parámetros de truncación				
Test PP	-2.382687	1%	Valor Crítico*	-4,0387
		5%	Valor Crítico	-3,4484
		10%	Valor Crítico	-3,1491

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria. Incluye Constante y Tendencia. No se rechaza H_0 al 99% de confianza.

Test sobre la serie en primeras diferencias. Cuatro ret.-parámetros truncación				
Test PP	-10,48962**	1%	Valor Crítico*	-4,0393
		5%	Valor Crítico	-3,4487
		10%	Valor Crítico	-3,1493

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 1, I(1).

IPC (IPC)

Test sobre la serie original. Cuatro retardos temporales				
Test DFA	-2,469624	1%	Valor Crítico*	-4,0414
		5%	Valor Crítico	-3,4497
		10%	Valor Crítico	-3,1499

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria. Incluye Constante y Tendencia. No se rechaza H_0 al 99% de confianza.

Test sobre la serie en primeras diferencias. Cuatro retardos temporales				
Test DFA	-5,522922**	1%	Valor Crítico*	-4,0422
		5%	Valor Crítico	-3,4501
		10%	Valor Crítico	-3,1501

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 1, I(1).

Test sobre la serie original. Cuatro retardos o parámetros de truncación				
Test PP	-2,603453	1%	Valor Crítico*	-4,0387
		5%	Valor Crítico	-3,4484
		10%	Valor Crítico	-3,1491

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria. Incluye Constante y Tendencia. No se rechaza H_0 al 99% de confianza.

Test sobre la serie en primeras diferencias. Cuatro ret.-parámetros truncación				
Test PP	-16,73374**	1%	Valor Crítico*	-4,0393
		5%	Valor Crítico	-3,4487
		10%	Valor Crítico	-3,1493

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 1, I(1).

Agregado Monetario M3 (LN_M3)

Test sobre la serie original. Dos retardos temporales				
Test DFA	-1,468124	1%	Valor Crítico*	-4,0400
		5%	Valor Crítico	-3,4491
		10%	Valor Crítico	-3,1495

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

Incluye Constante y Tendencia. No se rechaza H_0 al 99% de confianza.

Test sobre la serie en primeras diferencias. Dos retardos temporales				
Test DFA	-5,115987**	1%	Valor Crítico*	-4,0407
		5%	Valor Crítico	-3,4494
		10%	Valor Crítico	-3,1497

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 1, I(1).

Test sobre la serie original: Cuatro retardos o parámetros de truncación				
Test PP	-1,507400	1%	Valor Crítico*	-4,0387
		5%	Valor Crítico	-3,4484
		10%	Valor Crítico	-3,1491

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

Incluye Constante y Tendencia. No se rechaza H_0 al 99% de confianza.

Test sobre la serie en primeras diferencias. Cuatro ret.-parámetros truncación				
Test PP	-10,03951**	1%	Valor Crítico*	-4,0393
		5%	Valor Crítico	-3,4487
		10%	Valor Crítico	-3,1493

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 1, I(1).

PIB (PIB)

Test sobre la serie original. Dos retardos temporales				
Test DFA	-1,846279	1%	Valor Crítico*	-4,0400
		5%	Valor Crítico	-3,4491
		10%	Valor Crítico	-3,1495

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria. Incluye Constante y Tendencia. No se rechaza H_0 al 99% de confianza.

Test sobre la serie en primeras diferencias. Dos retardos temporales				
Test DFA	-3,327389**	1%	Valor Crítico*	-4,0407
		5%	Valor Crítico	-3,4494
		10%	Valor Crítico	-3,1497

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 10% (Se rechaza H_0 al 90% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 1, $I(1)$.

Debido a que el test DFA aumentado es sensible a posibles quiebras estructurales en las series, en tales casos puede estar sesgado en favor de la hipótesis nula.

En este sentido es en el que se otorga validez al nivel de significación del 10%.

Test sobre la serie original. Cuatro retardos o parámetros de truncación				
Test PP	-1,114622	1%	Valor Crítico*	-4,0387
		5%	Valor Crítico	-3,4484
		10%	Valor Crítico	-3,1491

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria. Incluye Constante y Tendencia. No se rechaza H_0 al 99% de confianza.

Test sobre la serie en primeras diferencias. Cuatro ret.-parámetros truncación				
Test PP	-11,66931**	1%	Valor Crítico*	-4,0393
		5%	Valor Crítico	-3,4487
		10%	Valor Crítico	-3,1493

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 1, $I(1)$.

De los anteriores resultados cabe reseñar lo siguiente:

- El IPC español resultó ser finalmente integrado de orden 1, $I(1)$ y no de orden 2, $I(2)$, en contra de lo que presentan con frecuencia otras series temporales de tipo nominal.

- En ambos test sobre las series en primeras diferencias, la hipótesis nula se rechazó al 99% de confianza para todas las series, salvo para el PIB con DFA.
- En el caso del PIB español, la hipótesis nula se rechazó para el test DFA al 90% de confianza. Se ha aceptado también este último resultado, ya que el test DFA es sensible a posibles quiebras o cambios estructurales (introducción del euro, por ejemplo) en las series, lo que motiva el que pueda estar sesgado en favor de la hipótesis nula. Es en este sentido en el que se da validez a este nivel de significación del 10%.
- No se han aplicado técnicas de extracción de la tendencia en ninguna de las series, véase principalmente el filtro de Hodrick-Prescott (HP), ya que todas ellas son integradas de orden 1, $I(1)$. Su utilización sería óptima únicamente en el supuesto restrictivo de que la serie fuera $I(2)$, ya que en caso contrario genera cambios de tendencia ficticios, distorsionando las propiedades cíclicas (French, 2001).

En resumen, los resultados sugieren que todas las series son no estacionarias, siendo su orden de integración de orden 1, $I(1)$.

En el siguiente apartado se analizan los resultados del análisis de cointegración mediante la aplicación de los modelos VAR tradicional o de corrección de errores VECM, según corresponda en cada uno de los casos y teniendo en consideración los criterios informativos AIC y SIC.

3.4 Análisis de cointegración

Utilizando el test de cointegración propuesto por Johansen, el análisis se ha realizado de dos maneras diferenciadas:

- Análisis bivariantes, cuyos componentes son cada una de las variables (el tipo de interés nominal a corto plazo, el tipo de cambio €/\$, el IPC español, el agregado monetario M3 y el PIB español), con respecto al precio del petróleo Brent.
- Análisis de cointegración conjunto de todas las variables.

Con el fin de comprobar si existe o no cointegración, en primer lugar hay que definir el tipo de modelo implícito que se va a utilizar en la realización del test, seleccionando los posibles componentes deterministas a incluir y estableciendo la longitud del modelo VAR implícito. Los diferentes modelos alternativos⁵²

⁵² Que no son sino VECM, es decir especificaciones de un modelo VAR de corrección de errores.

que pueden especificarse para su contrastación, responden a las siguientes formulaciones:

- Modelo 1. Sin componentes deterministas:

$$\Delta y_t = \alpha \beta' y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.9)$$

donde $\Pi y_{t-1} + B z_t = \alpha \beta' y_{t-1}$

- Modelo 2. Con término constante en las ecuaciones de cointegración:

$$\Delta y_t = \alpha (\beta' y_{t-1} + \rho_0) + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.10)$$

donde $\Pi y_{t-1} + B z_t = \alpha (\beta y'_{t-1} + \rho_0)$

- Modelo 3. Con término constante en las ecuaciones de cointegración y en el modelo dinámico⁵³:

$$\Delta y_t = \alpha_{\perp} \gamma_0 + \alpha (\beta' y_{t-1} + \rho_0) + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.11)$$

donde $\Pi y_{t-1} + B z_t = \alpha_{\perp} \gamma_0 + \alpha (\beta y'_{t-1} + \rho_0)$

⁵³ O lo que es lo mismo, con término constante en las ecuaciones de cointegración y tendencia lineal determinista en el modelo dinámico es decir, en los datos.

- **Modelo 4. Con término constante y tendencia lineal determinista en las ecuaciones de cointegración y término constante en el modelo dinámico:**

$$\Delta y_t = \alpha_{\perp} \gamma_0 + \alpha(\beta' y_{t-1} + \rho_0 + \rho_1 t) + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.12)$$

$$\text{donde } \Pi y_{t-1} + Bz_t = \alpha_{\perp} \gamma_0 + \alpha(\beta' y_{t-1} + \rho_0 + \rho_1 t)$$

- **Modelo 5. Con término constante y tendencia lineal determinista en las ecuaciones de cointegración y tendencia cuadrática en el modelo dinámico:**

$$\Delta y_t = \alpha_{\perp}(\gamma_0 + \gamma_1 t) + \alpha(\beta' y_{t-1} + \rho_0 + \rho_1 t) + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.13)$$

$$\text{donde } \Pi y_{t-1} + Bz_t = \alpha_{\perp}(\gamma_0 + \gamma_1 t) + \alpha(\beta' y_{t-1} + \rho_0 + \rho_1 t)$$

Para la elección del modelo adecuado, se incluyeron a su vez tres variables ficticias o *Dummy* estacionales⁵⁴ para los tres primeros trimestres de cada año (d_1, d_2, d_3).

Debido a que este tipo de variables toman valores discretos 0 y 1 y con el fin de no afectar a la media y la tendencia de las series, se procedió a transformarlas ortogonalmente, lo cual aunque sigue

⁵⁴ En el Anexo 2 aparece la explicación detallada de su formulación.

afectando a la media, elimina este problema para la tendencia. Asimismo, se incluyeron otras dos variables ficticias, una de ellas para el segundo trimestre de 1994 ($e_{1994:2}$), representando la entrada en vigor de la Ley de Autonomía del Banco de España (vigente desde el 1 de junio de 1994) y la segunda, para el primer trimestre de 1999 ($e_{1999:1}$), incorporando la entrada de la moneda única en la zona Euro.

En base a los criterios de información AIC y SIC y con el fin de que las estimaciones que se realizaran posteriormente fueran lo más significativas posibles y cumplieran a su vez con las condiciones inherentes a los residuos de cada modelo, se emplearon dos retardos para unas variables y cuatro retardos para otras. Siempre en función de lo establecido por dichos criterios.

Para el análisis de cointegración bivariante (por pares), se han anticipado dos relaciones de cointegración, siendo la mejor elección a emplear el **modelo 2**, es decir, con término constante en las ecuaciones de cointegración. Así pues, los resultados obtenidos de las estimaciones han sido los siguientes:

Tabla 6. Análisis de cointegración por pares de variables								
Término constante en las ecuaciones de cointegración								
Término constante, C . Variables exógenas: $d_1, d_2, d_3, e_{1994:2}, e_{1999:1}$								
Número de retardos temporales: $(2)^\wedge, (4)^\wedge^\wedge$								
Pares de Variables		Precio del Petróleo /Tipo de Interés ^{^^}	Precio del Petróleo /IPC ^{^^}	Precio del Petróleo /PIB [^]	Precio del Petróleo /Tipo de Cambio [^]	Precio del Petróleo /M3 [^]		
H_0	H_1	Valores λ_{Traza}					5% Valor Crítico	1% Valor Crítico
$r=0$	$r=1$	11,526	26,942**	19,162	7,4526	23,843*	19,96	24,60
$r\leq 1$	$r=2$	3,5813	7,5478	8,3810	0,1338	6,8901	9,24	12,97

*Rechazo de H_0 al 5% de significación

**Rechazo de H_0 al 1% de significación

Lo que indica que tanto el IPC español como el agregado monetario M3 presentan una relación de cointegración con respecto al precio del petróleo Brent, mientras que el tipo de interés nominal a corto plazo, el tipo de cambio €/\\$ y el PIB español aún siendo series integradas de orden 1, $I(1)$, se comportan como procesos aleatorios independientes de dicha variable, ya que el rango de sus respectivas matrices ha resultado ser cero.

En cuanto al análisis conjunto de cointegración, los resultados han sido los siguientes:

Tabla 7. Análisis conjunto de cointegración				
Número de retardos temporales:2				
Incluye: tendencia lineal determinista en el modelo dinámico de datos				
Término constante, C				
Variables exógenas: $d_1, d_2, d_3, e_{1994:2}, e_{1999:1}$				
<u>Variables</u>				
Precio del Petróleo, Tipo de Interés, Tipo de cambio, IPC, Agregado Monetario M3, PIB				
H_0	H_1	Valores λ_{Traza}	5% Valor Crítico	1% Valor Crítico
$r=0$	$r=1$	105,9906**	94,15	103,18
$r \leq 1$	$r=2$	65,69488	68,52	76,07
$r \leq 2$	$r=3$	33,00866	47,21	54,46
$r \leq 3$	$r=4$	16,73966	29,68	35,65
$r \leq 4$	$r=5$	5,731886	15,41	20,04
$r \leq 5$	$r=6$	1,603033	3,76	6,65

**Rechazo de H_0 al 5% de significación

Lo que indica que existe una relación de cointegración, ya que no se puede rechazar la hipótesis nula para el caso $r = 0$ al 5% de significación, mientras que se puede rechazar la hipótesis alternativa para $r = 2$.

También para el análisis conjunto se compararon previamente todos los modelos con dos y cuatro retardos en diferencias. Conforme a los resultados de los criterios de (AIC) y (SIC), en este caso se ha optado por emplear el **modelo 3**, con término constante tanto en las ecuaciones de cointegración como en el modelo dinámico.

Dada la casuística propia de todos estos resultados, el procedimiento seguido en el análisis de las relaciones entre las diferentes variables se expone a continuación:

- Al no existir relación alguna de cointegración, se va a emplear un modelo VAR tradicional en diferencias bivalente para las relaciones individuales entre el tipo de interés nominal a corto plazo y el precio del petróleo Brent para cuatro retardos temporales, entre el tipo de cambio €/€ y el precio del petróleo Brent para dos retardos temporales y finalmente, entre el PIB español y el precio del petróleo Brent, también para dos retardos temporales. La especificación del sistema de ecuaciones es:

$$y_{1,t} = A_1 y_{1,t-1} + \dots + A_p y_{1,t-p} + A_1 y_{2,t-1} + \dots + A_p y_{2,t-p} + B z_t + \varepsilon_{1,t} \quad (3.14)$$

$$y_{2,t} = A_1 y_{1,t-1} + \dots + A_p y_{1,t-p} + A_1 y_{2,t-1} + \dots + A_p y_{2,t-p} + B z_t + \varepsilon_{2,t} \quad (3.15)$$

en donde $y_{1,t}$, $y_{2,t}$ son el precio del petróleo Brent por un lado y el tipo de interés nominal a corto plazo, el tipo de cambio €/€ o el PIB español por otro, según corresponda y z_t , que incluye las tres variables *Dummy* estacionales d_1, d_2, d_3 y las correspondientes a

la Ley de Autonomía del Banco de España e_{1994} y a la de la entrada en vigor del euro e_{1999} .

- Aplicar el modelo de corrección de errores propuesto VECM bivalente (modelo 2), para las relaciones entre el IPC español y el precio del petróleo Brent para cuatro retardos temporales y entre el agregado monetario M3 y el precio del petróleo Brent para dos retardos temporales. El sistema de ecuaciones viene dado por el modelo 2, tal que:

$$\Delta y_{1,t} = \alpha(\beta' y_{1,t-1} + \rho_0) + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta y_{(1,2),t-i} + \varepsilon_{1,t} \quad (3.16)$$

$$\Delta y_{2,t} = \alpha(\beta' y_{2,t-1} + \rho_0) + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta y_{(1,2),t-i} + \varepsilon_{2,t} \quad (3.17)$$

$$\Pi y_{(1,2)t-1} + Bz_t = \alpha(\beta' y_{(1,2),t-1} + \rho_0)$$

en donde z_t de nuevo incluye las tres variables *Dummy* estacionales d_1, d_2, d_3 y las correspondientes a la Ley de Autonomía del Banco de España e_{1994} y a la de la entrada en vigor del euro e_{1999} .

- Análisis conjunto de las seis variables para dos retardos temporales, utilizando un sistema de seis ecuaciones simultáneas de VECM (modelo 3). En esta ocasión se incluyen todas las variables, por lo que $y_{1,t} \dots y_{6,t}$ vienen definidas por cada una de ellas:

$$\Delta y_{1,t} = \alpha_{\perp} \gamma_0 + \alpha(\beta' y_{1,t-1} + \rho_0) + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta y_{(1\dots 6),t-i} + \varepsilon_{1,t}$$

$$\Delta y_{2,t} = \alpha_{\perp} \gamma_0 + \alpha(\beta' y_{2,t-1} + \rho_0) + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta y_{(1\dots 6),t-i} + \varepsilon_{2,t}$$

$$\Delta y_{3,t} = \alpha_{\perp} \gamma_0 + \alpha(\beta' y_{3,t-1} + \rho_0) + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta y_{(1\dots 6),t-i} + \varepsilon_{3,t}$$

$$\Delta y_{4,t} = \alpha_{\perp} \gamma_0 + \alpha(\beta' y_{4,t-1} + \rho_0) + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta y_{(1\dots 6),t-i} + \varepsilon_{4,t}$$

$$\Delta y_{5,t} = \alpha_{\perp} \gamma_0 + \alpha(\beta' y_{5,t-1} + \rho_0) + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta y_{(1\dots 6),t-i} + \varepsilon_{5,t}$$

$$\Delta y_{6,t} = \alpha_{\perp} \gamma_0 + \alpha(\beta' y_{6,t-1} + \rho_0) + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta y_{(1\dots 6),t-i} + \varepsilon_{6,t} \quad (3.18)$$

$$\Pi y_{(1\dots 6)t-1} + Bz_t = \alpha_{\perp} \gamma_0 + \alpha(\beta' y_{(1\dots 6),t-1} + \rho_0)$$

en donde z_t incluye las tres variables *Dummy* estacionales d_1, d_2, d_3 , así como e_{1994} y e_{1999} .

Un último paso antes de la estimación de los modelos ha sido el análisis de causalidad de Granger (1969), cuyo objetivo es el de determinar el grado de exogeneidad de las variables, proporcionándonos una orientación respecto al orden en el cual se deben construir las funciones de impulso-respuesta para cada una de las relaciones.

Ya que dichas funciones se elaboran a partir de la ortogonalización de la matriz de varianzas y covarianzas de las perturbaciones, es fundamental incorporar en primer lugar a las variables más exógenas (principalmente el precio del petróleo Brent) y finalmente a las que pueden estar más condicionadas por el comportamiento del resto. Estas pruebas de causalidad y sus resultados figuran en el anexo 1.

A continuación, y previo al análisis de los resultados de los VAR y VECM, se deben aplicar de nuevo los test DFA y PP para los residuos generados en cada una de estas estimaciones, los cuales nos determinarán la existencia o no de una raíz unitaria en dichas series.

En este caso, debe cumplirse la no existencia de una raíz unitaria en cada una de las series, por lo que se comportarían como procesos estacionarios e integrados de orden 0 $I(0)$.

Este ejercicio es especialmente relevante para las estimaciones VECM, ya que para que la relación a largo plazo sea de cointegración, se debe cumplir con la condición de que residuos sigan procesos integrables de orden 0, $I(0)$, ya que las variables (series originales) son integradas de orden 1, $I(1)$.

Una vez se cumple esta condición, deberán realizarse asimismo los contrastes de autocorrelación (o correlación serial) y de heterocedasticidad en los residuos. Estos contrastes se describen tras los resultados de los test DFA y PP para los residuos, que son los siguientes:

Cuadro 4. Test DFA y PP en series de residuos VAR-VECM

VAR Precio del Petróleo - Tipo de Interés

Precio del Petróleo (LN_OIL)

Test sobre la serie residual. Cuatro retardos temporales				
Test DFA	-5,845890**	1%	Valor Crítico*	-4,0444
		5%	Valor Crítico	-3,4512
		10%	Valor Crítico	-3,1507

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 0, I(0).

Test sobre la serie residual. Cuatro retardos o parámetros truncación				
Test PP	-10,49785**	1%	Valor Crítico*	-4,0414
		5%	Valor Crítico	-3,4497
		10%	Valor Crítico	-3,1499

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 0, I(0).

Tipo de Interés (IR)

Test sobre la serie residual. Cuatro retardos temporales				
Test DFA	-4,852803**	1%	Valor Crítico*	-4,0444
		5%	Valor Crítico	-3,4512
		10%	Valor Crítico	-3,1507

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 0, I(0).

Test sobre la serie residual. Cuatro retardos o parámetros truncación				
Test PP	-10,61103**	1%	Valor Crítico*	-4,0414
		5%	Valor Crítico	-3,4497
		10%	Valor Crítico	-3,1499

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 0, I(0).

VAR Precio del Petróleo - Tipo de Cambio

Precio del Petróleo (LN_OIL)

Test sobre la serie residual. Dos retardos temporales				
Test DFA	-6,066974**	1%	Valor Crítico*	-4,0414
		5%	Valor Crítico	-3,4497
		10%	Valor Crítico	-3,1499

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 0, I(0).

Test sobre la serie residual. Cuatro retardos o parámetros truncación				
Test PP	-10.66569**	1%	Valor Crítico*	-4,0400
		5%	Valor Crítico	-3,4491
		10%	Valor Crítico	-3,1495

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 0, I(0).

Tipo de Cambio (LN_TC)

Test sobre la serie residual. Dos retardos temporales				
Test DFA	-5,572343**	1%	Valor Crítico*	-4,0414
		5%	Valor Crítico	-3,4497
		10%	Valor Crítico	-3,1499

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 0, I(0).

Test sobre la serie residual. Cuatro retardos o parámetros truncación				
Test PP	-10.78311**	1%	Valor Crítico*	-4,0400
		5%	Valor Crítico	-3,4491
		10%	Valor Crítico	-3,1495

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 0, I(0).

VAR Precio del Petróleo - PIB

Precio del Petróleo (LN_OIL)

Test sobre la serie residual. Dos retardos temporales en diferencias				
Test DFA	-6,232484**	1%	Valor Crítico*	-4,0414
		5%	Valor Crítico	-3,4497
		10%	Valor Crítico	-3,1499

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 0, I(0).

Test sobre la serie residual. Cuatro retardos o parámetros truncación				
Test PP	-10.50222**	1%	Valor Crítico*	-4,0400
		5%	Valor Crítico	-3,4491
		10%	Valor Crítico	-3,1495

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 0, I(0).

PIB (PIB)

Test sobre la serie residual. Dos retardos temporales en diferencias				
Test DFA	-3,645875**	1%	Valor Crítico*	-4,0414
		5%	Valor Crítico	-3,4497
		10%	Valor Crítico	-3,1499

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 5% (Se rechaza H_0 al 95% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 0, I(0).

Test sobre la serie residual. Cuatro retardos o parámetros truncación				
Test PP	-11.20220**	1%	Valor Crítico*	-4,0400
		5%	Valor Crítico	-3,4491
		10%	Valor Crítico	-3,1495

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 0, I(0).

VECM Precio del Petróleo - IPC

Precio del Petróleo (LN_OIL)

Test sobre la serie residual. Cuatro retardos temporales en diferencias				
Test DFA	-6,209791**	1%	Valor Crítico*	-4,0452
		5%	Valor Crítico	-3,4515
		10%	Valor Crítico	-3,1509

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 0, I(0).

Test sobre la serie residual. Cuatro retardos o parámetros truncación				
Test PP	-10,84870**	1%	Valor Crítico*	-4,0422
		5%	Valor Crítico	-3,4501
		10%	Valor Crítico	-3,1501

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 0, I(0).

IPC (IPC)

Test sobre la serie residual. Cuatro retardos temporales en diferencias				
Test DFA	-5,579325**	1%	Valor Crítico*	-4,0452
		5%	Valor Crítico	-3,4515
		10%	Valor Crítico	-3,1509

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 5% (Se rechaza H_0 al 95% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 0, I(0).

Test sobre la serie residual. Cuatro retardos o parámetros truncación				
Test PP	-9,657360**	1%	Valor Crítico*	-4,0422
		5%	Valor Crítico	-3,4501
		10%	Valor Crítico	-3,1501

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 0, I(0).

VECM Precio del Petróleo - Agregado Monetario M3

Precio del Petróleo (LN_OIL)

Test sobre la serie residual. Dos retardos temporales en diferencias				
Test DFA	-6,616505**	1%	Valor Crítico*	-4,0422
		5%	Valor Crítico	-3,4501
		10%	Valor Crítico	-3,1501

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 0, I(0).

Test sobre la serie residual. Cuatro retardos o parámetros truncación				
Test PP	-10,70261**	1%	Valor Crítico*	-4,0407
		5%	Valor Crítico	-3,4494
		10%	Valor Crítico	-3,1497

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 0, I(0).

Agregado Monetario M3 (LN_M3)

Test sobre la serie residual. Dos retardos temporales en diferencias				
Test DFA	-5,504952**	1%	Valor Crítico*	-4,0422
		5%	Valor Crítico	-3,4501
		10%	Valor Crítico	-3,1501

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 5% (Se rechaza H_0 al 95% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 0, I(0).

Test sobre la serie residual. Cuatro retardos o parámetros truncación				
Test PP	-10,70261**	1%	Valor Crítico*	-4,0422
		5%	Valor Crítico	-3,4501
		10%	Valor Crítico	-3,1501

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 0, I(0).

VECM conjunto

Precio del Petróleo, Tipo de Interés, Tipo de Cambio,

IPC, Agregado Monetario M3, PIB

Precio del Petróleo (LN_OIL)

Test sobre la serie residual. Dos retardos temporales en diferencias				
Test DFA	-6,125624**	1%	Valor Crítico*	-4,0422
		5%	Valor Crítico	-3,4501
		10%	Valor Crítico	-3,1501

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 0, I(0).

Test sobre la serie residual. Cuatro retardos o parámetros truncación				
Test PP	-10,40829**	1%	Valor Crítico*	-4,0407
		5%	Valor Crítico	-3,4494
		10%	Valor Crítico	-3,1497

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 0, I(0).

Tipo de Interés (IR)

Test sobre la serie residual. Dos retardos temporales en diferencias				
Test DFA	-6,544856**	1%	Valor Crítico*	-4,0422
		5%	Valor Crítico	-3,4501
		10%	Valor Crítico	-3,1501

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 0, I(0).

Test sobre la serie residual. Cuatro retardos o parámetros truncación				
Test PP	-10,75662**	1%	Valor Crítico*	-4,0407
		5%	Valor Crítico	-3,4494
		10%	Valor Crítico	-3,1497

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 0, I(0).

Tipo de Cambio (LN_TC)

Test sobre la serie residual. Dos retardos temporales en diferencias				
Test DFA	-5,049481**	1%	Valor Crítico*	-4,0422
		5%	Valor Crítico	-3,4501
		10%	Valor Crítico	-3,1501

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 0, I(0).

Test sobre la serie residual. Cuatro retardos o parámetros truncación				
Test PP	-9,968401**	1%	Valor Crítico*	-4,0407
		5%	Valor Crítico	-3,4494
		10%	Valor Crítico	-3,1497

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 0, I(0).

IPC (IPC)

Test sobre la serie residual. Dos retardos temporales en diferencias				
Test DFA	-6,800635**	1%	Valor Crítico*	-4,0422
		5%	Valor Crítico	-3,4501
		10%	Valor Crítico	-3,1501

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 5% (Se rechaza H_0 al 95% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 0, I(0).

Test sobre la serie residual. Cuatro retardos o parámetros truncación				
Test PP	-9,804759**	1%	Valor Crítico*	-4,0407
		5%	Valor Crítico	-3,4494
		10%	Valor Crítico	-3,1497

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 0, I(0).

Agregado Monetario M3 (LN_M3)

Test sobre la serie residual. Dos retardos temporales en diferencias				
Test DFA	-5,977401**	1%	Valor Crítico*	-4,0422
		5%	Valor Crítico	-3,4501
		10%	Valor Crítico	-3,1501

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 5% (Se rechaza H_0 al 95% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 0, $I(0)$.

Test sobre la serie residual. Cuatro retardos o parámetros truncación				
Test PP	-11,44201**	1%	Valor Crítico*	-4,0407
		5%	Valor Crítico	-3,4494
		10%	Valor Crítico	-3,1497

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 0, $I(0)$.

PIB (PIB)

Test sobre la serie residual. Dos retardos temporales en diferencias				
Test DFA	-5,569062**	1%	Valor Crítico*	-4,0422
		5%	Valor Crítico	-3,4501
		10%	Valor Crítico	-3,1501

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 5% (Se rechaza H_0 al 95% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 0, $I(0)$.

Test sobre la serie residual. Cuatro retardos o parámetros truncación				
Test PP	-10,75400**	1%	Valor Crítico*	-4,0407
		5%	Valor Crítico	-3,4494
		10%	Valor Crítico	-3,1497

*Valores críticos de MacKinnon para el rechazo de la hipótesis de raíz unitaria.

**Significativo al 1% (Se rechaza H_0 al 99% de confianza).

Incluye Constante y Tendencia. La serie es integrada de orden 0, $I(0)$.

Ya que los resultados anteriores nos indican que todas las series son integradas de orden 0 $I(0)$, es decir, las series residuales no presentan raíces unitarias, procedemos a continuación con los

contrastes de correlación serial y heterocedasticidad en los residuos.

3.4.1 Contrastes de autocorrelación, heterocedasticidad y normalidad en los residuos

Dado que los VAR en todas sus modalidades consideran como endógenas a todas las variables, el análisis individual de los coeficientes de regresión estimados o de los coeficientes de determinación y estadísticos del modelo no aporta suficiente información respecto a su especificación y significatividad. Es por ello por lo que se realizan los contrastes de autocorrelación, heterocedasticidad⁵⁵ y normalidad de los residuos, ya que es de crucial importancia la ausencia de autocorrelación o correlación serial en los residuos de cada una de las ecuaciones.

Para detectar esta posible autocorrelación se ha realizado el contraste de Breusch-Godfrey (Breusch, 1979 y Godfrey, 1978), basado en el multiplicador de Lagrange (test LM). El incumplimiento de esta condición implicaría que la estimación aunque siendo insesgada, ya no sería eficiente y la inferencia

⁵⁵ Existe autocorrelación cuando los términos de error de datos en series temporales correspondientes a períodos diferentes están correlacionados. Existe a su vez heterocedasticidad, cuando la varianza de los errores es diferente para cada observación muestral.

estadística por lo tanto quedaría invalidada. Ello resultaría de una incorrecta especificación del modelo, debiéndose reformular para su posterior tratamiento.

Como medida complementaria se realiza también el test de heterocedasticidad condicional Autorregresiva, ARCH. Si bien es conveniente la aceptación de su hipótesis nula, su incumplimiento no conlleva los problemas que acarrea la correlación serial, provocando eso sí, una posible pérdida de eficiencia de los resultados obtenidos en las estimaciones. Lo mismo ocurre con el test de normalidad, ya que como decimos, lo principal es que no exista autocorrelación en los residuos.

3.4.1.1 Contraste de correlación serial de Breusch-Godfrey

Se basa en la estimación de un modelo auxiliar en el que los errores del modelo son explicados por sus propios retardos, de forma tal que si se rechaza la hipótesis nula, estaremos en presencia de autocorrelación⁵⁶. La representación general

⁵⁶ Al contrario que el contraste de Durbin-Watson, esta formulación no se ve afectada por la presencia de variables endógenas desplazadas y es válido asimismo para contrastar la existencia de procesos autorregresivos de orden superior a uno.

responde a la de un modelo autorregresivo de orden p en el término de error, $AR(p)$, tal que:

$$u_t = \rho_1 u_{t-1} + \rho_2 u_{t-2} + \dots + \rho_p u_{t-p} + \varepsilon_t \quad (3.19)$$

en donde la hipótesis nula se representa como $H_0: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_p$ ⁵⁷ (no existe correlación serial del término error), frente a $H_1: H_0$ falsa⁵⁸ (existe correlación serial), las cuales se comparan con el estadístico:

$(n - p)R^2 \approx \chi_p^2$, siendo n el número de observaciones de la muestra.

Asimismo, si la hipótesis nula no se rechaza, el coeficiente de determinación debe tender a cero ya que los residuos son ortogonales a las variables explicativas de la regresión y como consecuencia de ello, su valor debe ser muy pequeño⁵⁹.

⁵⁷ No se rechaza cuando la probabilidad - *p-value*- sea mayor a 0,05.

⁵⁸ No se rechaza cuando la probabilidad - *p-value*- sea menor a 0,05.

⁵⁹ A medida que aumenta el tamaño muestral, el contraste tiende a cero incluso en mayor medida que dicho aumento.

En nuestro caso, a la especificación del modelo se le han incluido a su vez como variables explicativas los p retardos de las variables endógenas, sin que por ello se vean alteradas las propiedades del contraste (Novales, 1993). Según el criterio AIC, se han aplicado cuatro retardos temporales en las ecuaciones VAR para Precio del Petróleo Brent-Tipo de Interés nominal a corto plazo y VECM Precio del Petróleo Brent-IPC español, dos retardos en el caso de las ecuaciones VAR Precio del Petróleo Brent-PIB español y Precio del Petróleo Brent-Tipo de Cambio €/\$, así como para el VECM Precio del Petróleo Brent-Agregado Monetario M3 y el VECM de Análisis conjunto de todas las variables. Los modelos estimados han sido por lo tanto:

$$u_t = \rho_1 u_{t-1} + \rho_2 u_{t-2} + \rho_3 u_{t-3} + \rho_4 u_{t-4} + \sum_{p=1}^4 \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (3.20)$$

para cuatro retardos temporales.

$$u_t = \rho_1 u_{t-1} + \rho_2 u_{t-2} + \sum_{p=1}^2 \phi_p y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (3.21)$$

para dos retardos temporales y en donde los retardos de y son los correspondientes a cada una de las variables, según corresponda.

3.4.1.2 Test Heterocedasticidad Condicional Autorregresiva

Este test, más comúnmente conocido como ARCH, utiliza también la metodología del multiplicador de Lagrange al igual que el contraste de Breusch-Godfrey. Tal y como ya se ha comentado, éste es un contraste complementario al del análisis de correlación serial ya que no invalida los resultados de una regresión de mínimos cuadrados ordinarios (MCO), aunque la existencia de ARCH ocasiona una pérdida de eficiencia en los mismos. Básicamente lo que permite es distinguir una situación en la que si la varianza no es constante en función del tiempo, existe de nuevo autocorrelación.

La aceptación de la hipótesis nula⁶⁰ nos indica la no existencia de ARCH de orden p en los retardos de los residuos. Para ello se realiza una regresión de la forma:

$$e_t^2 = \beta_0 + \left(\sum_{n=1}^p \beta_n e_{t-n}^2\right) + v_t \quad (3.22)$$

en donde e son los residuos y se contrasta respecto a un estadístico F con exclusión de una variable para la significatividad conjunta de todos los retardos de los residuos al cuadrado.

⁶⁰ Probabilidad - p -value- mayor a 0.05.

3.4.1.3 Test de Normalidad Multivariada

Mediante este test se comprueba si los residuos de los modelos siguen o no una distribución normal. A partir de los valores de simetría (o sentido en el que se inclina la distribución) y curtosis (o medida de la agrupación de los valores en torno a la media, de tal forma que conforme mayor sea la concentración, mayor será el apuntamiento), se calcula el contraste de normalidad de Jarque-Bera, cuyo estadístico es:

$$JB = \frac{T-(k+1)}{6} \left(S^2 + \frac{1}{4}(K - 3)^2 \right) \quad (3.23)$$

en donde T es el tamaño muestral, $k+1$ es el número de regresores, S es la medida de simetría y K la medida de curtosis. Conforme a la hipótesis nula de normalidad, el estadístico de Jarque-Bera se distribuye como una χ^2 con dos grados de libertad. Por lo tanto, si el valor que reporta es menor o igual al valor crítico correspondiente, se acepta la hipótesis de normalidad y si es mayor, se rechaza⁶¹.

⁶¹ Una ausencia de normalidad, provoca que los intervalos de confianza de los parámetros del modelo y los contrastes de significación puedan ser aproximados en lugar de exactos.

3.4.1.4 Resultados

Cuadro 5. Contrastes de autocorrelación-heterocedasticidad

VAR Precio del Petróleo - Tipo de Interés

Ecuación Precio del petróleo

Contraste de correlación serial Breusch-Godfrey-Test LM			
Estadístico-F	0,197832	Probabilidad	0,939007
Coefficiente Determinación Obs.*	0,836091	Probabilidad	0,933545
Coefficiente Determinación	0,007465		
Coefficiente Determinación corregido	-0,047279		
Heterocedasticidad Condicional Autorregresiva-ARCH			
Estadístico-F	0,049073	Probabilidad	0,995411
Coefficiente Determinación Obs.*	0,205428	Probabilidad	0,995073
Test de Normalidad Multivariada			
Simetría	-0,222328	Jarque-Bera	170,4761
Kurtosis	9,027676	Probabilidad	0,000000

* Contraste de validación global. No existe correlación serial ni efecto ARCH en el término de error (cuatro retardos temporales), al no rechazarse H_0 al 95% de confianza..

Ecuación Tipo de Interés

Contraste de correlación serial Breusch-Godfrey-Test LM			
Estadístico-F	0,471033	Probabilidad	0,756883
Coefficiente Determinación Obs.*	1,955678	Probabilidad	0,743911
Coefficiente Determinación	0,017461		
Coefficiente Determinación corregido	-0,028885		
Heterocedasticidad Condicional Autorregresiva-ARCH			
Estadístico-F	1,644653	Probabilidad	0,058362
Coefficiente Determinación Obs.*	18,61767	Probabilidad	0,102188
Test de Normalidad Multivariada			
Simetría	0,124243	Jarque-Bera	9,217474
Kurtosis	4,383267	Probabilidad	0,009964

* Contraste de validación global. No existe correlación serial ni efecto ARCH en el término de error (cuatro retardos temporales), al no rechazarse H_0 al 95% de confianza..

VAR Precio del Petróleo - Tipo de Cambio

Ecuación Precio del petróleo

Contraste de correlación serial Breusch-Godfrey-Test LM			
Estadístico-F	0,906025	Probabilidad	0,407149
Coefficiente Determinación Obs.*	1,857776	Probabilidad	0,394993
Coefficiente Determinación	0,016296		
Coefficiente Determinación corregido	-0,019803		
Heterocedasticidad Condicional Autorregresiva-ARCH			
Estadístico-F	0,016930	Probabilidad	0,983215
Coefficiente Determinación Obs.*	0,034781	Probabilidad	0,982760
Test de Normalidad Multivariada			
Simetría	-0,480188	Jarque-Bera	274,0275
Kurtosis	10,53443	Probabilidad	0,000000

* Contraste de validación global. No existe correlación serial ni efecto ARCH en el término de error (dos retardos temporales), al no rechazarse H_0 al 95% de confianza.

Ecuación Tipo de Cambio

Contraste de correlación serial Breusch-Godfrey-Test LM			
Estadístico-F	0,387398	Probabilidad	0,679743
Coefficiente Determinación Obs.*	0,797332	Probabilidad	0,671215
Coefficiente Determinación	0,006994		
Coefficiente Determinación corregido	-0,020088		
Heterocedasticidad Condicional Autorregresiva-ARCH			
Estadístico-F	1,653922	Probabilidad	0,196062
Coefficiente Determinación Obs.*	3,298777	Probabilidad	0,192167
Test de Normalidad Multivariada			
Simetría	0,250258	Jarque-Bera	2,113486
Kurtosis	2,559059	Probabilidad	0,347586

* Contraste de validación global. No existe correlación serial ni efecto ARCH en el término de error (dos retardos temporales), al no rechazarse H_0 al 95% de confianza. Los residuos se comportan como una distribución normal.

VAR Precio del Petróleo - PIB

Ecuación Precio del petróleo

Contraste de correlación serial Breusch-Godfrey-Test LM			
Estadístico-F	0,691967	Probabilidad	0,502776
Coefficiente Determinación Obs.*	1,424020	Probabilidad	0,490657
Coefficiente Determinación	0,012491		
Coefficiente Determinación corregido	-0,023747		
Heterocedasticidad Condicional Autorregresiva-ARCH			
Estadístico-F	0,049363	Probabilidad	0,951857
Coefficiente Determinación Obs.*	0,101352	Probabilidad	0,950587
Test de Normalidad Multivariada			
Simetría	-0,391928	Jarque-Bera	127,0573
Kurtosis	8,112189	Probabilidad	0,000000

* Contraste de validación global. No existe correlación serial ni efecto ARCH en el término de error (dos retardos temporales), al no rechazarse H_0 al 95% de confianza.

Ecuación PIB

Contraste de correlación serial Breusch-Godfrey-Test LM			
Estadístico-F	1,998414	Probabilidad	0,140442
Coefficiente Determinación Obs.*	3,992338	Probabilidad	0,135855
Coefficiente Determinación	0,035021		
Coefficiente Determinación corregido	0,008703		
Heterocedasticidad Condicional Autorregresiva-ARCH			
Estadístico-F	3,291891	Probabilidad	0,050953
Coefficiente Determinación Obs.*	10,91286	Probabilidad	0,053135
Test de Normalidad Multivariada			
Simetría	-0,423853	Jarque-Bera	7,881218
Kurtosis	3,969845	Probabilidad	0,019436

* Contraste de validación global. No existe correlación serial ni efecto ARCH en el término de error (dos retardos temporales), al no rechazarse H_0 al 95% de confianza.

VECM Precio del Petróleo - IPC

Ecuación Precio del petróleo

Contraste de correlación serial Breusch-Godfrey-Test LM			
Estadístico-F	0,220919	Probabilidad	0,926225
Coefficiente Determinación Obs.*	0,611085	Probabilidad	0,961824
Coefficiente Determinación	0,005505		
Coefficiente Determinación corregido	-0,051869		
Heterocedasticidad Condicional Autorregresiva-ARCH			
Estadístico-F	0,118215	Probabilidad	0,975760
Coefficiente Determinación Obs.*	0,493752	Probabilidad	0,974106
Test de Normalidad Multivariada			
Simetría	-0,225465	Jarque-Bera	124,8860
Kurtosis	8,176779	Probabilidad	0,000000

* Contraste de validación global. No existe correlación serial ni efecto ARCH en el término de error (cuatro retardos temporales), al no rechazarse H_0 al 95% de confianza.

Ecuación IPC

Contraste de correlación serial Breusch-Godfrey-Test LM			
Estadístico-F	0,904019	Probabilidad	0,464542
Coefficiente Determinación Obs.*	3,720048	Probabilidad	0,445217
Coefficiente Determinación	0,033514		
Coefficiente Determinación corregido	-0,022245		
Heterocedasticidad Condicional Autorregresiva-ARCH			
Estadístico-F	1,856824	Probabilidad	0,123791
Coefficiente Determinación Obs.*	7,262545	Probabilidad	0,122648
Test de Normalidad Multivariada			
Simetría	0,090098	Jarque-Bera	78,53247
Kurtosis	7,116737	Probabilidad	0,000000

* Contraste de validación global. No existe correlación serial ni efecto ARCH en el término de error (cuatro retardos temporales), al no rechazarse H_0 al 95% de confianza.

VECM Precio del Petróleo - Agregado Monetario M3

Ecuación Precio del petróleo

Contraste de correlación serial Breusch-Godfrey-Test LM			
Estadístico-F	0,392375	Probabilidad	0,676409
Coefficiente Determinación Obs.*	0,803722	Probabilidad	0,669074
Coefficiente Determinación	0,007113		
Coefficiente Determinación corregido	-0,029661		
Heterocedasticidad Condicional Autorregresiva-ARCH			
Estadístico-F	0,225504	Probabilidad	0,798489
Coefficiente Determinación Obs.*	0,461609	Probabilidad	0,793895
Test de Normalidad Multivariada			
Simetría	-0,925398	Jarque-Bera	148,7572
Kurtosis	8,307448	Probabilidad	0,000000

* Contraste de validación global. No existe correlación serial ni efecto ARCH en el término de error (dos retardos temporales), al no rechazarse H_0 al 95% de confianza.

Ecuación Agregado Monetario M3

Contraste de correlación serial Breusch-Godfrey-Test LM			
Estadístico-F	0,495862	Probabilidad	0,610425
Coefficiente Determinación Obs.*	1,028193	Probabilidad	0,598041
Coefficiente Determinación	0,009099		
Coefficiente Determinación corregido	-0,027601		
Heterocedasticidad Condicional Autorregresiva-ARCH			
Estadístico-F	0,219755	Probabilidad	0,803073
Coefficiente Determinación Obs.*	0,449888	Probabilidad	0,798561
Test de Normalidad Multivariada			
Simetría	-0,285286	Jarque-Bera	8,949812
Kurtosis	4,255107	Probabilidad	0,011391

* Contraste de validación global. No existe correlación serial ni efecto ARCH en el término de error (dos retardos temporales), al no rechazarse H_0 al 95% de confianza.

VECM conjunto

Precio del Petróleo, Tipo de Interés, Tipo de Cambio,

IPC, Agregado Monetario M3, PIB

Ecuación Precio del petróleo

Contraste de correlación serial Breusch-Godfrey-Test LM			
Estadístico-F	0,014851	Probabilidad	0,985260
Coefficiente Determinación Obs.*	0,030850	Probabilidad	0,984693
Coefficiente Determinación	0,000273		
Coefficiente Determinación corregido	-0,036754		
Heterocedasticidad Condicional Autorregresiva-ARCH			
Estadístico-F	0,002147	Probabilidad	0,997855
Coefficiente Determinación Obs.*	0,004413	Probabilidad	0,997796
Test de Normalidad Multivariada			
Simetría	-0,106408	Jarque-Bera	105,8410
Kurtosis	7,736476	Probabilidad	0,000000

* Contraste de validación global. No existe correlación serial ni efecto ARCH en el término de error (dos retardos temporales), al no rechazarse H_0 al 95% de confianza.

Ecuación Tipo de Interés

Contraste de correlación serial Breusch-Godfrey-Test LM			
Estadístico-F	2,148467	Probabilidad	0,053964
Coefficiente Determinación Obs.*	12,44634	Probabilidad	0,052721
Coefficiente Determinación	0,110145		
Coefficiente Determinación corregido	0,041694		
Heterocedasticidad Condicional Autorregresiva-ARCH			
Estadístico-F	1,951352	Probabilidad	0,147059
Coefficiente Determinación Obs.*	3,871221	Probabilidad	0,144336
Test de Normalidad Multivariada			
Simetría	0,319707	Jarque-Bera	20,07556
Kurtosis	4,963411	Probabilidad	0,000044

* Contraste de validación global. No existe correlación serial ni efecto ARCH en el término de error (dos retardos temporales), al no rechazarse H_0 al 95% de confianza.

Ecuación Tipo de Cambio

Contraste de correlación serial Breusch-Godfrey-Test LM			
Estadístico-F	0,967252	Probabilidad	0,383394
Coefficiente Determinación Obs.*	1,858330	Probabilidad	0,394883
Coefficiente Determinación	0,016445		
Coefficiente Determinación corregido	-0,019983		
Heterocedasticidad Condicional Autorregresiva-ARCH			
Estadístico-F	0,819719	Probabilidad	0,443277
Coefficiente Determinación Obs.*	1,659782	Probabilidad	0,436097
Test de Normalidad Multivariada			
Simetría	0,405169	Jarque-Bera	3,148800
Kurtosis	2,889885	Probabilidad	0,207132

* Contraste de validación global. No existe correlación serial ni efecto ARCH en el término de error (dos retardos temporales), al no rechazarse H_0 al 95% de confianza. Los residuos se comportan como una distribución normal

Ecuación IPC

Contraste de correlación serial Breusch-Godfrey-Test LM			
Estadístico-F	0,337525	Probabilidad	0,714291
Coefficiente Determinación Obs.*	0,701280	Probabilidad	0,704237
Coefficiente Determinación	0,006206		
Coefficiente Determinación corregido	-0,040233		
Heterocedasticidad Condicional Autorregresiva-ARCH			
Estadístico-F	2,235578	Probabilidad	0,111856
Coefficiente Determinación Obs.*	4,412673	Probabilidad	0,110103
Test de Normalidad Multivariada			
Simetría	0,197988	Jarque-Bera	11,85997
Kurtosis	4,536924	Probabilidad	0,002659

* Contraste de validación global. No existe correlación serial ni efecto ARCH en el término de error (dos retardos temporales), al no rechazarse H_0 al 95% de confianza.

Ecuación Agregado Monetario M3

Contraste de correlación serial Breusch-Godfrey-Test LM			
Estadístico-F	0,268869	Probabilidad	0,764758
Coefficiente Determinación Obs.*	0,483155	Probabilidad	0,785388
Coefficiente Determinación	0,004276		
Coefficiente Determinación corregido	-0,042253		
Heterocedasticidad Condicional Autorregresiva-ARCH			
Estadístico-F	0,725161	Probabilidad	0,486589
Coefficiente Determinación Obs.*	1,470856	Probabilidad	0,479300
Test de Normalidad Multivariada			
Simetría	-0,153180	Jarque-Bera	6,494340
Kurtosis	4,133787	Probabilidad	0,038884

* Contraste de validación global. No existe correlación serial ni efecto ARCH en el término de error (dos retardos temporales), al no rechazarse H_0 al 95% de confianza.

Ecuación PIB

Contraste de correlación serial Breusch-Godfrey-Test LM			
Estadístico-F	0,026513	Probabilidad	0,973841
Coefficiente Determinación Obs.*	0,000000	Probabilidad	1,000000
Coefficiente Determinación	-0,001118		
Coefficiente Determinación corregido	-0,047899		
Heterocedasticidad Condicional Autorregresiva-ARCH			
Estadístico-F	1,025132	Probabilidad	0,362213
Coefficiente Determinación Obs.*	2,067958	Probabilidad	0,355589
Test de Normalidad Multivariada			
Simetría	-0,092899	Jarque-Bera	8,782002
Kurtosis	4,353027	Probabilidad	0,012388

* Contraste de validación global. No existe correlación serial ni efecto ARCH en el término de error (dos retardos temporales), al no rechazarse H_0 al 95% de confianza.

Como se puede observar, los resultados obtenidos confirman principalmente la no existencia de autocorrelación y heterocedasticidad en los residuos para ninguno de los casos.

3.4.2 Estimaciones Modelos VAR y VECM

Se analizan en primer los resultados de las relaciones bivariantes a las cuales se les ha aplicado el modelo VAR y en segundo lugar los correspondientes a las relaciones cointegradas, en las que se ha empleado el VECM. Finalmente se analiza el modelo VECM con el conjunto de las variables.

3.4.2.1 Relación entre el tipo de interés nominal a corto plazo y el precio del petróleo Brent

Ya que los residuos de ambas ecuaciones cumplen con la condición de no correlación serial, así como con la no presencia de ARCH (al aceptarse en ambos casos sus respectivas hipótesis nulas), se cumplen con estos dos requisitos básicos de cara a que la estimación del VAR sea consistente y significativa⁶².

A partir de aquí, para poder observar los efectos de un *shock* del precio del petróleo Brent en el tipo de interés nominal a corto plazo se ha aplicado el modelo VAR tradicional, debido a que,

⁶² El test de normalidad por el contrario, muestra que las dos series residuales no se comportan como una distribución normal. Esto no impide sin embargo, proceder con la estimación del VAR al cumplirse la condición fundamental de no correlación serial de los residuos, que es lo realmente importante (Fernández-Corugedo, 2003).

como hemos visto anteriormente, el rango de la matriz obtenido en el análisis de cointegración es igual a cero.

Tabla 8
Estimaciones VAR Precio del Petróleo - Tipo de Interés

Observaciones incluidas: 114 después de ajustes
Errores estándar y estadísticos t entre paréntesis

4 retardos temporales	LN_OIL	IR
LN_OIL(-1)	0.936585 (0.10451) (8.96207)	0.604286 (0.41038) (1.47250)
LN_OIL(-2)	-0.239112 (0.13560) (-1.76330)	-0.772819 (0.53251) (-1.45128)
LN_OIL(-3)	0.297339 (0.13594) (2.18727)	0.536561 (0.53383) (1.00513)
LN_OIL(-4)	-0.052925 (0.10274) (-0.51513)	-0.458853 (0.40345) (-1.13732)
IR(-1)	0.011404 (0.02580) (0.44198)	1.392963 (0.10133) (13.7472)
IR(-2)	0.000489 (0.04434) (0.01102)	-0.533337 (0.17412) (-3.06310)
IR(-3)	-0.034768 (0.04360) (-0.79742)	-0.069681 (0.17122) (-0.40698)
IR(-4)	0.012683 (0.02472) (0.51304)	0.191518 (0.09707) (1.97290)
C	0.281304 (0.14863) (1.89263)	0.305659 (0.58366) (0.52369)
SEAS1_1	0.077781 (0.05212) (1.49225)	0.114122 (0.20468) (0.55756)
SEAS2_2	0.060167 (0.05189) (1.15950)	0.091896 (0.20377) (0.45098)
SEAS3_3	0.124065 (0.05176) (2.39685)	0.218181 (0.20326) (1.07339)
DUMMBE	0.133955 (0.19636) (0.68220)	0.022982 (0.77108) (0.02981)
DUMMEURO	0.161129 (0.20254) (0.79554)	0.414230 (0.79536) (0.52081)
Coef. Determinación	0.935298	0.980867
Coef. Det. corregido	0.926887	0.978380
Suma residuos cuadrado	3.617130	55.77815
Errores estándar	0.190188	0.746848
Estadístico F	111.1965	394.3502
Máximo verosímil	34.92052	-121.0145
Akaike AIC	-0.367027	2.368675
Schwarz SC	-0.031002	2.704699
Media V. dependiente	3.412791	6.573386
Desv. Típica V. dep.	0.703372	5.079261
Covarianza residual		0.014554
Máximo verosímil (regresión)		-82.41389
Criterio información Akaike		1.937086
Criterio información Schwarz		2.609135

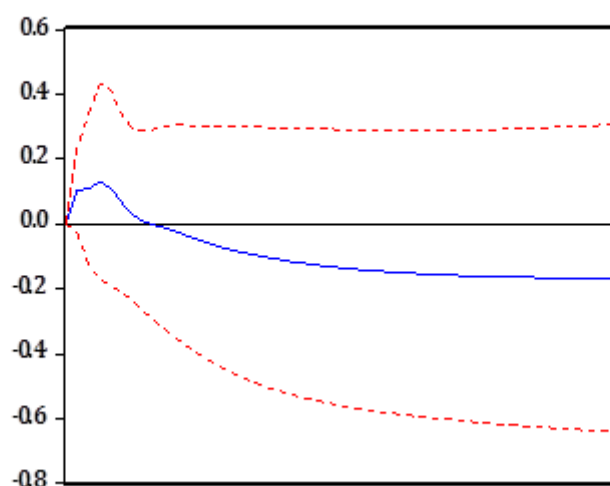
En los resultados de la tabla 8 se observa como los coeficientes de los retardos del precio del petróleo Brent en el tipo de interés nominal a corto plazo tienden a ser significativos. En menor medida lo son los retardos del tipo de interés con respecto al precio del petróleo. Este comportamiento es sintomático de la reacción que un *shock* puede provocar. Los valores que presentan los estadísticos F de las regresiones también son importantes (111,19 para el precio del petróleo y 394,35 para el tipo de interés), lo cual confirma que no se puede rechazar la hipótesis de que el modelo sea válido. Asimismo, los valores del coeficiente de determinación y del coeficiente de determinación ajustado presentan valores cercanos a la unidad, en ambos casos.

De cualquier forma, el análisis más representativo se realiza a través de la correspondiente función de impulso-respuesta, en este caso del tipo de interés a un *shock* de un 1% en el precio del petróleo (gráfico 4). Esta función nos proporciona el grado de respuesta del sistema a un *shock* en los componentes del vector de perturbaciones. Para un determinado período, un *shock* afectará de manera directa a una variable y con posterioridad al resto de variables explicativas a través de la estructura dinámica propia de los VAR⁶³.

⁶³ La función se construye a partir de la ortogonalización de los residuos, transformando el modelo original con el fin de diagonalizar la matriz de

Como se puede comprobar en el gráfico 4, este efecto es inmediato al provocar un incremento del tipo de interés nominal a corto plazo con el fin de contrarrestar los efectos inflacionistas implícitos en el *shock*, lo que significa que las autoridades monetarias endurecerían su política para no desviarse del objetivo establecido en términos de inflación.

Gráfico 4
Respuesta del Tipo de Interés a un shock del precio del petróleo 1%



En cualquier caso, el que se materialice o no una subida del tipo de interés no siempre viene motivado de manera directa por el *shock*.

varianzas y covarianzas de las perturbaciones. Este proceso se realiza mediante la factorización de Cholesky, por la cual se asume que la perturbación aleatoria de la primera ecuación corresponde a la primera variable y no existe un efecto añadido del resto. La perturbación de la segunda ecuación proviene de la primera y de la suya propia y así sucesivamente para las n variables.

Los mecanismos de transmisión que se desarrollan en el capítulo 4, indican que sus efectos pueden ser directos (precios de los bienes finales) o indirectos (tales como por ejemplo un aumento en los costes de producción de las empresas). Dependiendo de cuál sea la magnitud de cada uno de ellos, la restricción del crédito podría no ser la mejor opción. En este sentido y debido a que la mayor parte de los países que integran la Eurozona son altamente dependientes del petróleo, la decisión de subida del tipo de interés de referencia por parte del BCE, debería ser consensuada con el resto de bancos centrales. La situación para España sería particularmente negativa, ya que nuestra economía es una de las que presenta mayor dependencia del crudo así, como una mayor sensibilidad a los movimientos del tipo de interés.

El efecto de la subida se mantiene durante varios períodos, en donde se hace incluso más evidente, momento en el cual comienza a disminuir. Incluso en el medio-largo plazo, ésta disminución es mayor a la del momento inicial, probablemente por el impacto restrictivo que se puede originar en consumo e inversión y posteriormente en la actividad económica.

3.4.2.2 Relación entre el tipo de cambio €/ \$ y el precio del petróleo Brent

La divisa en la que se negocia el petróleo en los mercados internacionales es el dólar USA. La intuición nos dice que si la divisa fluctúa libremente, las variaciones de su tipo de cambio afectan al precio del petróleo. La debilidad de esta moneda se traduce en una bajada del poder adquisitivo de los países productores, mientras que los países compradores ven apreciarse su moneda respecto al dólar USA, lo cual les resulta beneficioso. En este sentido, la fortaleza del euro en su cambio con el dólar durante los últimos años, ha permitido adquirir el crudo en condiciones favorables (considerando la enorme dependencia en el petróleo), tanto a España como a otros países de la zona Euro.

Centrándonos en los resultados, los residuos de ambas ecuaciones cumplen con la condición de no correlación serial, así como con la no presencia de ARCH. El test de normalidad nos indica que los residuos del tipo de cambio se comportan como una distribución normal, no siendo éste el caso para los del precio del petróleo. Se ha aplicado el modelo VAR tradicional, debido a que el rango de la matriz obtenido en el análisis de cointegración es igual a cero.

En la tabla 9 se observa como los coeficientes de los retardos del tipo de cambio €/ \$ afectan significativamente al precio del

petróleo Brent. En menor medida afectan los retardos del precio del petróleo al tipo de cambio. Los valores que presentan los estadísticos F de las regresiones también son importantes (162,16 para el precio del petróleo y 319,06 para el tipo de cambio), lo que confirma la hipótesis de que el modelo es válido.

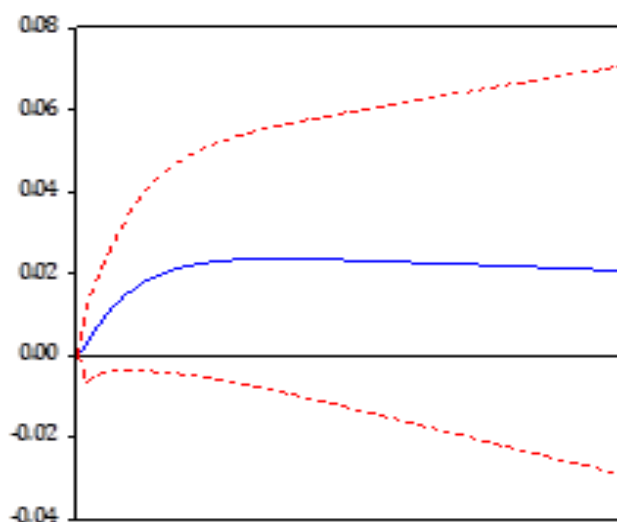
Tabla 9
Estimaciones VAR Precio del Petróleo - Tipo de Cambio

Observaciones incluidas: 116 después de ajustes
Errores estándar y estadísticos t entre paréntesis

2 retardos temporales	LN_OIL	LN_TC
LN_OIL(-1)	0.928158 (0.09787) (9.48364)	0.016402 (0.02829) (0.57971)
LN_OIL(-2)	-0.037117 (0.09565) (-0.38806)	0.004785 (0.02765) (0.17304)
LN_TC(-1)	0.563562 (0.30977) (1.81929)	1.013891 (0.08955) (11.3219)
LN_TC(-2)	-0.294204 (0.32048) (-0.91801)	-0.071840 (0.09265) (-0.77541)
C	0.388930 (0.16806) (2.31418)	-0.073613 (0.04859) (-1.51513)
SEAS1_1	0.073139 (0.05123) (1.42774)	0.003514 (0.01481) (0.23732)
SEAS2_2	0.077119 (0.05041) (1.52989)	0.006132 (0.01457) (0.42078)
SEAS3_3	0.115306 (0.04980) (2.31537)	-0.000101 (0.01440) (-0.00701)
DUMMBE	0.130844 (0.19433) (0.67330)	-0.028288 (0.05618) (-0.50353)
DUMMEURO	0.154343 (0.19790) (0.77992)	0.243940 (0.05721) (4.26395)
Coef. Determinación	0.932291	0.964401
Coef. Det. corregido	0.926542	0.961378
Suma residuos cuadrado	3.787440	0.316527
Errores estándar	0.189025	0.054645
Estadístico F	162.1691	319.0655
Máximo verosímil	33.87332	177.8314
Akaike AIC	-0.411609	-2.893645
Schwarz SC	-0.174231	-2.656266
Media V. dependiente	3.410962	-0.039954
Desv. Típica V. dep.	0.697430	0.278059
Covarianza residual		8.90E-05
Máximo verosímil (regresión)		211.7650
Criterio información Akaike		-3.306293
Criterio información Schwarz		-2.831536

Asimismo, los valores del coeficiente de determinación y del coeficiente de determinación ajustado presentan valores cercanos a la unidad, en ambos casos. El análisis más representativo se realiza a través de la correspondiente función de impulso-respuesta, en este caso del tipo de cambio €/ \$ a un *shock* de un 1% en el precio del petróleo Brent (gráfico 5).

Gráfico 5
Respuesta del Tipo de cambio a un shock del Precio del Petróleo 1%



Como se puede comprobar en el gráfico 5, este efecto es inmediato al provocar un incremento del tipo de cambio, es decir, una apreciación del euro con respecto al dólar. Este efecto es prolongado en el tiempo, lo que significa que los países europeos y en nuestro caso España, saldrían beneficiados por un mayor poder de compra de crudo.

Por otra parte, el posible impacto negativo que la apreciación del euro frente al dólar tiene sobre las empresas europeas que exportan a la zona dólar o compiten con las importaciones procedentes de dicha área, se puede compensar por los efectos positivos que la variación del tipo de cambio tiene sobre el conjunto de la economía europea.

Entre estos efectos positivos se encuentra el abaratamiento del petróleo (y otras materias primas importadas), lo que origina principalmente una reducción de los costes de las empresas. Por otro lado, la reducción de las tensiones inflacionistas que lleva consigo la apreciación del euro consigue mantener el tipo de interés nominal a corto plazo relativamente bajo, lo cual siempre es positivo debido a la alta sensibilidad por parte de la economía española a sus movimientos.

Las autoridades monetarias (BCE y la Reserva Federal) llevan a cabo políticas monetarias destinadas a la consecución de objetivos en términos de control de inflación y reducción del desempleo (aumento de la producción). En este proceso, el tipo de cambio es una variable residual que sólo se puede controlar si se renuncia a conseguir los citados objetivos internos. A su vez, tanto la Eurozona como Estados Unidos son economías relativamente cerradas, que comercian principalmente de forma interna, por lo

que únicamente movimientos muy intensos del tipo de cambio pueden incidir sensiblemente en el crecimiento económico de una u otra área monetaria.

3.4.2.3 Relación entre el PIB español y el precio del petróleo Brent

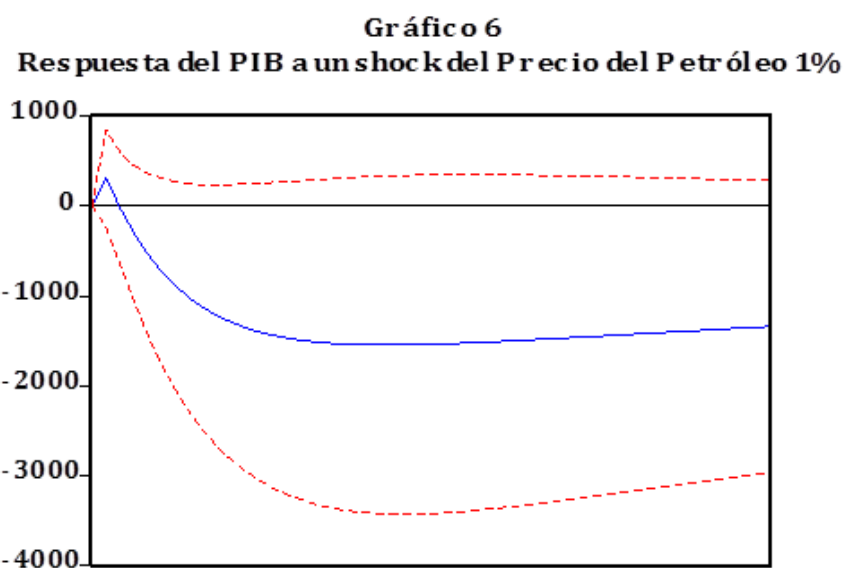
Al igual que en el caso anterior, los test realizados en los residuos confirman la no existencia de correlación serial y no presencia de ARCH. El test de normalidad muestra que tanto los residuos de la ecuación del precio del petróleo Brent, como los de la ecuación del PIB español no se comportan como una distribución normal. Pero lo realmente importante es la no correlación serial. También en este caso se ha estimado un modelo VAR para dicha relación, al obtenerse rango cero en el análisis de cointegración. Desde el punto de vista estadístico, los resultados estimados (tabla 10) presentan valores cercanos a la unidad en el coeficiente de determinación y en el coeficiente de determinación corregido. Esto implica que el modelo presenta una alta bondad del ajuste y sus residuos no son especialmente significativos. Los valores alcanzados por el estadístico F también son altamente significativos (167,83 para el precio del petróleo y 7310,05 para el PIB), lo cual también permite contrastar la validez conjunta del modelo. Pero especialmente llamativo resulta el alto nivel de

afectación del PIB por parte de los retardos del precio del petróleo, cuyos coeficientes son elevados. No así en el otro sentido, ya que el comportamiento del PIB parece no afectar a las subidas en el precio del crudo.

Tabla 10
Estimaciones VAR Precio del Petróleo - PIB

Observaciones incluidas: 116 después de ajustes
Errores estándar y estadísticos t entre paréntesis

2 retardos temporales	LN_OIL	PIB
LN_OIL(-1)	0.880927 (0.09831) (8.96037)	1763.630 (1588.78) (1.11005)
LN_OIL(-2)	-0.054802 (0.09429) (-0.58119)	-3342.252 (1523.78) (-2.19340)
PIB(-1)	1.03E-06 (5.9E-06) (0.17511)	0.961345 (0.09503) (10.1162)
PIB(-2)	6.32E-07 (5.9E-06) (0.10691)	0.047758 (0.09557) (0.49973)
C	0.339489 (0.12267) (2.76740)	5765.666 (1982.45) (2.90835)
SEAS1_1	0.070934 (0.05070) (1.39906)	1184.382 (819.346) (1.44552)
SEAS2_2	0.075307 (0.04953) (1.52056)	-24.92697 (800.357) (-0.03114)
SEAS3_3	0.117404 (0.04923) (2.38474)	896.7377 (795.593) (1.12713)
DUMMBE	0.129000 (0.19172) (0.67285)	16.66082 (3098.27) (0.00538)
DUMMEURO	0.082614 (0.19661) (0.42018)	-3380.286 (3177.32) (-1.06388)
Coef. Determinación	0.934428	0.998391
Coef. Det. corregido	0.928861	0.998255
Suma residuos cuadrado	3.667889	9.58E+08
Errores estándar	0.186018	3006.110
Estadístico F	167.8387	7310.053
Máximo verosímil	35.73362	-1088.343
Akaike AIC	-0.443683	18.93694
Schwarz SC	-0.206305	19.17432
Media V. dependiente	3.410962	158845.7
Desv. Típica V. dep.	0.697430	71959.33
Covarianza residual		261104.7
Máximo verosímil (regresión)		-1052.609
Criterio información Akaike		18.49326
Criterio información Schwarz		18.96802



En la función de impulso-respuesta del PIB español a un *shock* de un 1% en el precio del petróleo Brent (gráfico 6), se observa en esta ocasión como la reacción del PIB no es inmediata, sino retardada. Es decir, dado que la variable se presenta en términos reales, no es hasta el período siguiente al *shock* cuando se ve afectado de forma negativa, descendiendo paulatinamente en los períodos posteriores hasta alcanzar un equilibrio a largo plazo en el que su nivel es menor al inicial.

Esta reacción retardada en el PIB como variable, se produce como consecuencia de su carácter real, ya que no asimila los efectos inmediatos que genera un incremento del precio del petróleo y que sí incorporaría una variable en términos nominales.

Asimismo, el PIB se ve afectado con un pequeño retardo por el aumento de los costes asociados a la producción y por la traslación del *shock* a los precios finales, principalmente de los carburantes.

3.4.2.4 Relación entre el IPC español y el precio del petróleo Brent

Como breve repaso, mencionar que los resultados de los contrastes de correlación serial y heterocedasticidad confirman de nuevo la no existencia de correlación serial en los residuos de ambas ecuaciones, así como la no presencia de ARCH, al aceptarse en los dos casos sus respectivas hipótesis nulas. El test de normalidad muestra que tanto los residuos de la ecuación del precio del petróleo Brent, como los de la ecuación del IPC español no se comportan como una distribución normal.

Para que la relación a largo plazo sea de cointegración, se debe cumplir con la condición de que los residuos sigan procesos integrables de orden 0, $I(0)$, ya que las variables son integradas de orden 1, $I(1)$. Los resultados del cuadro 2 lo han confirmado.

Al establecerse una relación de cointegración $CI(1,1)$ entre el precio del petróleo Brent y el IPC español⁶⁴, se ha obtenido la siguiente matriz de coeficientes (junto con el término constante) sin normalizar:

$$\begin{bmatrix} LN_OIL & IPC & Cte \\ 0,100323 & -0,004560 & 0,335826 \\ -0,207559 & 0,007193 & 0,182230 \end{bmatrix}$$

Matriz que al normalizarse establece la siguiente relación de cointegración a largo plazo la consiguiente ecuación de cointegración (tabla 10):

$$\beta = (1, -0,045456, 3,347458)$$

$$\beta x_t = 3,347458(c) + 1(LN_{OIL}) - 0,045456(IPC) = 0$$

A partir aquí y una vez estimado el VECM, se ha obtenido el siguiente vector de corrección de errores de la relación de cointegración β :

$$\beta_{MCE} = (-0,000685, 0,201420)$$

⁶⁴ Lo que también implica que el estimador MCO es consistente.

El cual representa el margen por el que las condiciones de equilibrio estable en la relación de cointegración entre el IPC y el precio del petróleo Brent, dejan de cumplirse momentáneamente para el momento t .

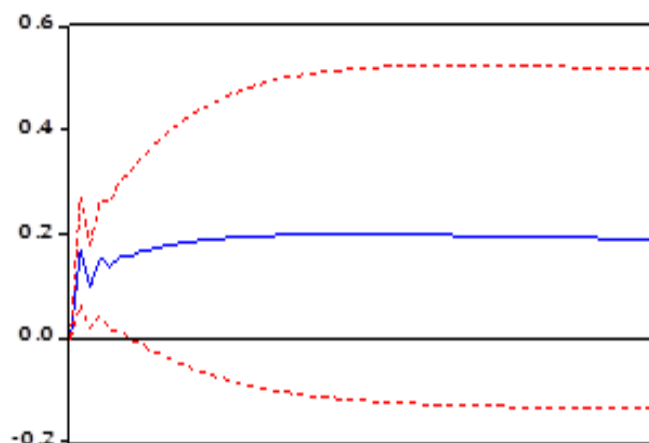
En este sentido, los coeficientes nos indican que un 20,14% de las desviaciones en la relación de equilibrio se deben a variaciones del IPC, mientras que aproximadamente un 0,06% puede ser explicado por el comportamiento del precio del petróleo Brent.

Lo anterior significa que las desviaciones respecto del equilibrio a largo plazo compartido por las dos variables, se describen mejor como movimientos transitorios del IPC, que no del precio del petróleo. Por lo tanto, cuando ésta última se desvía, es el IPC la variable que proyecta el ajuste hasta que dicho equilibrio se alcanza de nuevo.

Tabla 11
Estimaciones VECM Precio del Petróleo - IPC

Ecuación de cointegración			
	LN_OIL(-1)	IPC(-1)	C
	1.000000	-0.045456 (0.01525) (-2.97978)	3.347458 (2.81408) (1.18954)
Observaciones incluidas: 113 después de ajustes Errores estándar y estadísticos t entre paréntesis 4 retardos temporales			
Corrección del Error			
	D(LN_OIL)	D(IPC)	
Ecuación cointegración	-0.000685 (0.01954) (-0.03503)	0.201420 (0.05140) (3.91854)	
D(LN_OIL(-1))	-0.000328 (0.10650) (-0.00308)	0.382063 (0.28009) (1.36406)	
D(LN_OIL(-2))	-0.221894 (0.10791) (-2.05630)	-0.192169 (0.28381) (-0.67710)	
D(LN_OIL(-3))	0.087954 (0.10513) (0.83665)	0.522165 (0.27649) (1.88852)	
D(LN_OIL(-4))	-0.085288 (0.10644) (-0.80125)	0.017170 (0.27996) (0.06133)	
D(IPC(-1))	0.033254 (0.03960) (0.83984)	-0.086223 (0.10414) (-0.82796)	
D(IPC(-2))	-0.030427 (0.04059) (-0.74959)	0.147776 (0.10676) (1.38421)	
D(IPC(-3))	-0.009893 (0.03924) (-0.25210)	-0.307271 (0.10321) (-2.97706)	
D(IPC(-4))	0.014277 (0.04238) (0.33688)	0.288017 (0.11146) (2.58402)	
SEAS1_1	0.069032 (0.05550) (1.24375)	-0.014108 (0.14598) (-0.09665)	
SEAS2_2	0.063359 (0.05383) (1.17703)	0.089648 (0.14158) (0.63321)	
SEAS3_3	0.122645 (0.05494) (2.23236)	0.063772 (0.14450) (0.44134)	
DUMMBE	0.159500 (0.20175) (0.79058)	-0.006087 (0.53062) (-0.01147)	
DUMMEURO	0.257715 (0.20291) (1.27010)	0.536350 (0.53367) (1.00503)	
Coef. Determinación	0.141235	0.507699	
Coef. Det. corregido	0.028468	0.443054	
Suma residuos cuadrado	3.757105	25.98936	
Errores estándar	0.194809	0.512366	
Estadístico F	1.252446	7.853580	
Máximo verosímil	31.97121	-77.30198	
Akaike AIC	-0.318074	1.615964	
Schwarz SC	0.019832	1.953871	
Media V. dependiente	0.011447	0.679733	
Desv. Típica V. dep.	0.197643	0.686552	
Covarianza residual		0.006381	
Máximo verosímil (regresión)		-35.10303	
Criterio información Akaike		1.169965	
Criterio información Schwarz		1.918187	

Gráfico 7
Respuesta del IPC a un shock del Precio del Petróleo del 1%



En la función de impulso-respuesta (gráfico 7), se observa un incremento en el momento inicial del IPC español ante el *shock* de un 1% en el precio del petróleo Brent, el cual no se corrige hasta el tercer período. A partir de aquí, comienza de nuevo a incrementarse hasta que termina por estabilizarse en el largo plazo aunque a un nivel superior al inicial. El efecto de una subida en el precio del petróleo es claro, ya que éste se transmite directamente al nivel de precios (independientemente de los factores ya analizados que componen la estructura del PVP de los carburantes), provocando un incremento inmediato en la inflación, el cual tiende a corregirse parcialmente ante la reacción del tipo de interés nominal a corto plazo.

La influencia de este *shock* sin embargo se prolonga varios períodos, lo cual tiene efectos perjudiciales. Y es que la alta vinculación al crudo por parte de la economía española no se traduce en una significativa disminución de la demanda incluso ante una subida en el precio (la demanda es inelástica), sino que es incorporado por parte de las empresas como un mayor coste de su producción, lo cual se traslada a su vez al precio de los bienes finales de forma indirecta.

3.4.2.5 Relación entre el agregado monetario M3 y el precio del petróleo Brent

Los resultados de los contrastes de correlación serial y heterocedasticidad, confirman de nuevo la no existencia de correlación serial en los residuos de ambas ecuaciones, así como la no presencia de ARCH, al aceptarse en los dos casos sus respectivas hipótesis nulas. Los resultados del test de normalidad nos indican que las dos series residuales no se comportan como una distribución normal, aunque se insiste, lo realmente importante es que éstos cumplen con la condición fundamental de ausencia de autocorrelación.

Los resultados del cuadro 2 también han confirmado que para esta relación de cointegración, los residuos siguen procesos integrables de orden 0, $I(0)$.

Por lo tanto, al establecerse una relación de cointegración $CI(1,1)$ entre el precio del petróleo y el agregado monetario $M3^{65}$, se ha obtenido la siguiente matriz de coeficientes (junto con el término constante) sin normalizar:

$$\begin{bmatrix} LN_OIL & LN_M3 & Cte \\ 0,076890 & -0,158385 & 1,937298 \\ -0,200818 & 0,232822 & -2,326673 \end{bmatrix}$$

Matriz que al normalizarse establece la siguiente relación de cointegración a largo plazo la consiguiente ecuación de cointegración (tabla 11):

$$\beta = (1, -2,059901, 25,19582)$$

$$\beta x_t = 25,19582(c) + 1(LN_{OIL}) - 2,059901(LN_{M3}) = 0$$

A partir aquí y una vez estimado el VECM, se ha obtenido el siguiente vector de corrección de errores de la relación de cointegración β :

⁶⁵ Lo que también implica que el estimador MCO es consistente.

$$\beta_{MCE} = (-0,023516, 0,006391)$$

El cual, representa el margen por el que las condiciones de equilibrio estable en la relación de cointegración entre el agregado monetario M3 y el precio del petróleo, dejan de cumplirse coyunturalmente para el momento t .

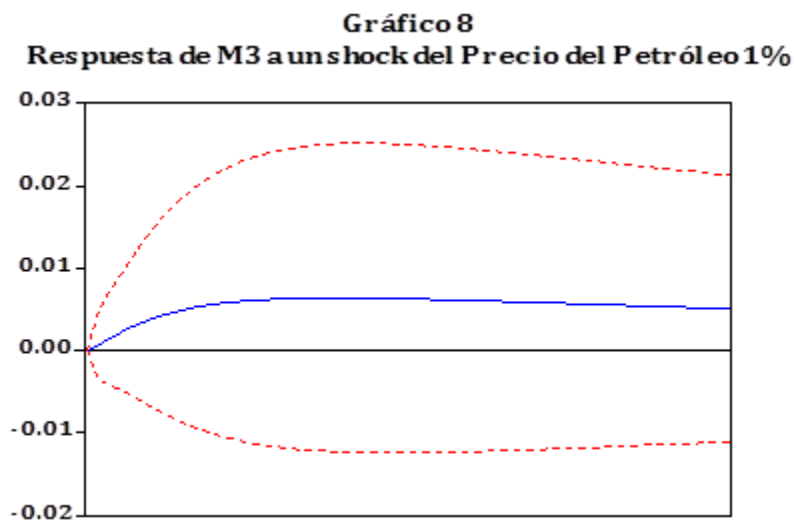
En este sentido, los coeficientes nos indican que un 0,6% de las desviaciones en la relación de equilibrio se deben a variaciones de M3, mientras que aproximadamente un 2,35% puede ser explicado por el comportamiento del precio del petróleo Brent. Lo anterior significa que las desviaciones respecto del equilibrio a largo plazo compartido por las dos variables, se describen mejor como movimientos transitorios (aunque de una magnitud baja) del precio del petróleo Brent.

Por lo tanto, cuando el agregado monetario M3 se desvía en la relación a largo plazo, es el precio del petróleo la variable que proyecta el ajuste hasta que dicho equilibrio se alcanza de nuevo.

La tabla 12 nos muestra que los coeficientes de determinación y de determinación corregido son pequeños, debido a que la estimación del VECM lo es en diferencias. La misma circunstancia se presenta con los niveles del estadístico F para ambas variables.

Tabla 12
Estimaciones VECM Precio del Petróleo - M3

Ecuación de cointegración			
	LN_OIL(-1)	LN_M3(-1)	C
	1.000000	-2.059901 (1.00230) (-2.05518)	25.19582 (14.2040) (1.77385)
Observaciones incluidas: 113 después de ajustes Errores estándar y estadísticos t entre paréntesis 2 retardos temporales			
Corrección del Error	D(LN_OIL)	D(LN_M3)	
Ecuación cointegración	-0.023516 (0.01445) (-1.62695)	0.006391 (0.00175) (3.65707)	
D(LN_OIL(-1))	-0.000214 (0.09346) (-0.00229)	-0.001381 (0.01130) (-0.12222)	
D(LN_OIL(-2))	-0.216179 (0.09222) (-2.34414)	0.005632 (0.01115) (0.50508)	
D(LN_M3(-1))	1.560309 (0.78844) (1.97899)	0.287008 (0.09533) (3.01062)	
D(LN_M3(-2))	0.144699 (0.80236) (0.18034)	0.070258 (0.09702) (0.72419)	
SEAS1_1	0.044334 (0.05614) (0.78965)	-0.031262 (0.00679) (-4.60516)	
SEAS2_2	0.067637 (0.05131) (1.31823)	-0.006084 (0.00620) (-0.98072)	
SEAS3_3	0.099979 (0.05438) (1.83841)	-0.025240 (0.00658) (-3.83847)	
DUMMBE	0.161536 (0.19207) (0.84104)	-0.005583 (0.02322) (-0.24040)	
DUMMEURO	0.245890 (0.19200) (1.28068)	0.035295 (0.02322) (1.52036)	
Coef. Determinación	0.158109	0.280207	
Coef. Det. corregido	0.085947	0.218511	
Suma residuos cuadrado	3.710523	0.054247	
Errores estándar	0.187985	0.022730	
Estadístico F	2.191024	4.541708	
Máximo verosímil	34.26323	277.2223	
Akaike AIC	-0.421969	-4.647344	
Schwarz SC	-0.183279	-4.408654	
Media V. dependiente	0.010922	0.016812	
Desv. Típica V. dep.	0.196624	0.025712	
Covarianza residual		1.52E-05	
Máximo verosímil (regresión)		311.6384	
Criterio información Akaike		-5.019799	
Criterio información Schwarz		-4.470812	



Por lo que respecta a la función de impulso-respuesta (gráfico 8), el impacto del *shock* de un 1% en el precio del petróleo Brent es prácticamente inapreciable en el agregado monetario M3, si bien se genera un pequeño aumento sostenible en el largo plazo. Este efecto aparte de llamativo, no concuerda con la lógica del proceso. Se supone que el tipo de interés nominal a corto plazo reacciona al alza después del *shock*, por lo que su relación con respecto al agregado monetario es inversa. Es decir, la política monetaria es restrictiva y por lo tanto de drenaje de la oferta monetaria en su sentido más amplio.

El proceso esquemáticamente es el siguiente: mediante las operaciones principales de financiación que el BCE lleva a cabo en

todo el Eurosistema periódicamente (subastas de efectivo con colateral como garantía), para suministrar a las entidades financieras de efectivo, se produce una disminución del importe solicitado cuando aumenta el tipo de interés de referencia, de tal forma que se retira dinero en circulación. A su vez, el crédito de las entidades financieras a particulares y empresas se encarece, con la consiguiente disminución de la financiación a la economía.

Todo lo cual, debemos esperar a las relaciones resultantes del análisis conjunto de todas las variables para poder refutar este comportamiento, más bien anómalo.

3.4.2.6 Relación conjunta de las variables

Los resultados de los contrastes de correlación serial y heterocedasticidad del análisis conjunto, han confirmado de nuevo la no existencia de correlación serial ni de ARCH en los residuos de ninguna de las ecuaciones. La ecuación del tipo de cambio €/€ es la única que se comporta como una distribución normal.

La aplicación de los test DFA y PP de presencia de raíces unitarias confirman su no existencia para las seis series residuales, lo que significa que se comportan como procesos estacionarios e

integrados de orden 0, $I(0)$. En primer lugar se ha obtenido la matriz de coeficientes sin normalizar, cuya representación es la siguiente:

LN_{OIL}	IR	LN_{TC}	IPC	LN_{M3}	PIB
-0,001873	-0,069846	-0,464868	-0,017584	0,215830	$1.34E - 06$
0,154212	-0,010659	0,884705	-0,018736	1,878960	$-1.46E - 05$
0,362786	-0,066418	-0,684428	-0,029567	0,180544	$2.28E - 06$
0,342253	-0,019465	-0,321350	-0,012480	1,155061	$-7.99E - 06$
-0,147764	-0,007683	0,246802	-0,028602	0,686518	$3.73E - 06$
-0,107327	-0,003473	-0,030239	-0,016828	0,844193	$-1.84E - 06$

De la que resulta una vez normalizados dichos coeficientes, la relación de cointegración a largo plazo para las seis variables:

$$\beta = (1, 37.29264, 248.2055, 9.388795, -115.2374, -0.000714)$$

$$\begin{aligned} \beta x_t = & 643,6413(c) + 1(LN_{OIL}) + 37,29264(IR) \\ & + 248,2055(LN_{TC}) + 9,388795(IPC) \\ & - 115,2374(LN_{M3}) - 0,000714(PIB) = 0 \end{aligned}$$

En donde se incluye el término constante en primer lugar. El vector de corrección de errores β , derivado de la aplicación del correspondiente VECM⁶⁶ para esta relación es:

⁶⁶ La significatividad del VECM medido por los estadísticos F de cada una de las ecuaciones es alta, principalmente en los casos del IPC, el PIB y el agregado monetario M3.

$$\beta_{MCE} = (-0,000148, -0,002738, -0,000132, 0,002055, \\ 6.87E - 05, -12,02915)$$

En el que se observa que los términos de corrección de error del precio del petróleo, el tipo de cambio y M3, principalmente, no contribuyen a restaurar el equilibrio a largo plazo ante las desviaciones que ocasiona un *shock* a corto plazo, ya que no son significativamente distintos de cero.

Lo contrario ocurre con el tipo de interés nominal a corto plazo, el IPC y el PIB españoles, ya que corrigen un 0,27%, un 0,20% y un 1202,9%, respectivamente. Esto implica que las desviaciones respecto de la tendencia de largo plazo compartida, son descritas principalmente como movimientos transitorios de dichas variables. Asimismo, cuando el precio del petróleo Brent, el tipo de cambio €/€ y M3 sufren desviaciones, son precisamente el tipo de interés, el IPC y en mayor medida el PIB, quienes realizan el ajuste hasta el establecimiento de un nuevo equilibrio.

Tabla 13. Estimaciones VECM - Análisis Conjunto de Cointegración

Ecuación de cointegración							
	LN_OIL(-1)	IR(-1)	LN_TC(-1)	IPC(-1)	LN_M3(-1)	PIB(-1)	C
	1.000000	37.29264	248.2055	9.388795	-115.2374	-0.000714	643.6413
		(1589.56)	(10586.7)	(400.768)	(4979.21)	(0.02975)	
		(0.02346)	(0.02345)	(0.02343)	(-0.02314)	(-0.02400)	

Observaciones incluidas: 116 después de ajustes

Errores estándar y estadísticos t entre paréntesis

2 retardos temporales

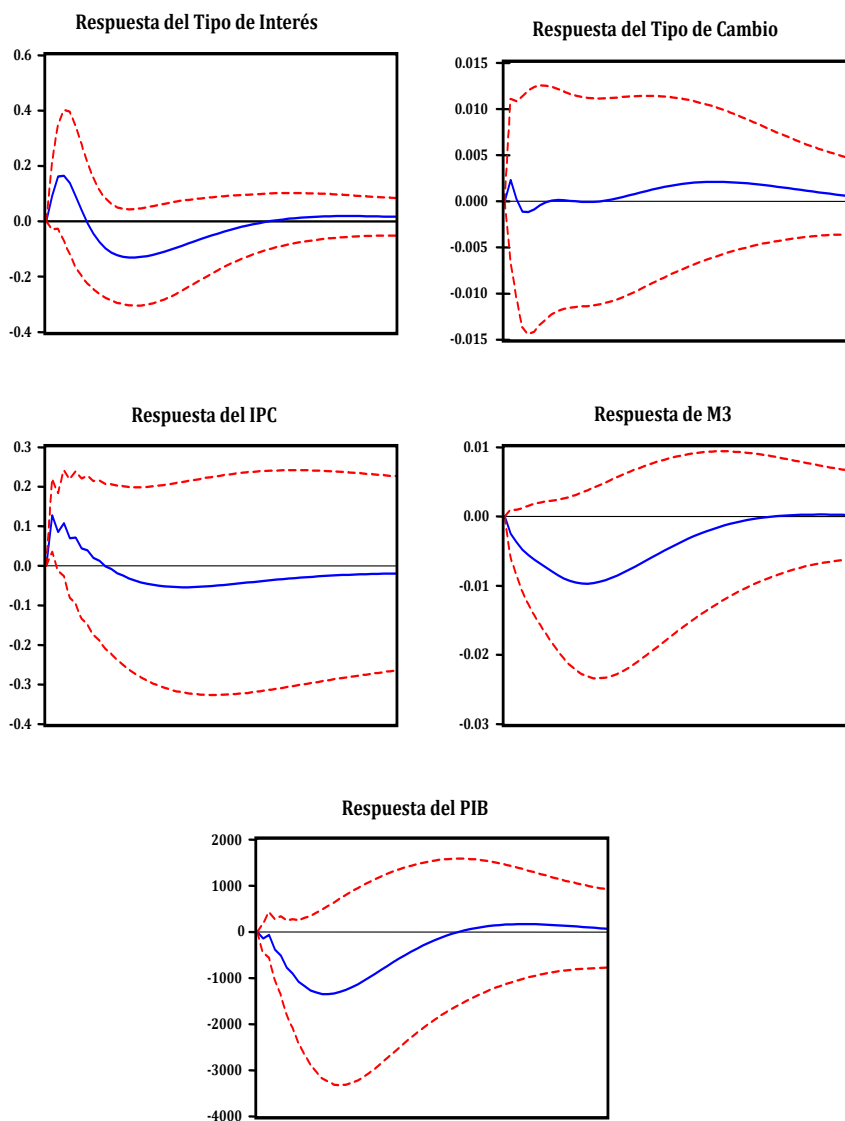
Corrección del Error	D(LN_OIL)	D(IR)	D(LN_TC)	D(IPC)	D(LN_M3)	D(PIB)	
Ecuación cointegración	-0.000148 (0.00035) (-0.42520)	-0.002738 (0.00141) (-1.94436)	-0.000132 (0.00010) (-1.27031)	0.002055 (0.00101) (2.03039)	6.87E-05 (4.1E-05) (1.67337)	-12.02915 (3.44233) (-3.49447)	
D(LN_OIL(-1))	-0.068409 (0.10303) (-0.66399)	0.313648 (0.41751) (0.75123)	-0.003758 (0.03082) (-0.12191)	0.581575 (0.29997) (1.93878)	-0.007896 (0.01217) (-0.64881)	215.3045 (1020.48) (0.21098)	
D(LN_OIL(-2))	-0.256046 (0.10236) (-2.50131)	-0.256794 (0.41483) (-0.61903)	0.016194 (0.03062) (0.52878)	-0.557206 (0.29804) (-1.86955)	-0.008470 (0.01209) (-0.70050)	553.9437 (1013.92) (0.54634)	
D(IR(-1))	0.033089 (0.02513) (1.31649)	0.483543 (0.10186) (4.74727)	-0.000483 (0.00752) (-0.06420)	-0.005450 (0.07318) (-0.07447)	0.003822 (0.00297) (1.28744)	555.8082 (248.956) (2.23256)	
D(IR(-2))	0.014636 (0.02658) (0.55056)	-0.155325 (0.10773) (-1.44180)	-0.005744 (0.00795) (-0.72224)	-0.113907 (0.07740) (-1.47167)	-0.000762 (0.00314) (-0.24255)	155.2889 (263.310) (0.58976)	
D(LN_TC(-1))	0.578676 (0.31610) (1.83069)	0.622859 (1.28098) (0.48624)	-0.000361 (0.09457) (-0.00382)	-0.076459 (0.92034) (-0.08308)	0.035620 (0.03734) (0.95402)	-408.3432 (3130.93) (-0.13042)	
D(LN_TC(-2))	0.534342 (0.32189) (1.66002)	-0.000812 (1.30445) (-0.00062)	0.007995 (0.09630) (0.08302)	0.671710 (0.93720) (0.71672)	-0.020842 (0.03802) (-0.54817)	-219.9074 (3188.29) (-0.06897)	
D(IPC(-1))	0.003494 (0.03727) (0.09375)	0.139195 (0.15102) (0.92170)	0.007339 (0.01115) (0.65829)	-0.223770 (0.10850) (-2.06233)	0.005393 (0.00440) (1.22523)	2048.184 (369.120) (5.54883)	
D(IPC(-2))	-0.072294 (0.04403) (-1.64203)	0.191553 (0.17842) (1.07361)	-0.006098 (0.01317) (-0.46293)	0.146677 (0.12819) (1.14423)	-0.003232 (0.00520) (-0.62151)	-51.69742 (436.087) (-0.11855)	
D(LN_M3(-1))	0.496321 (0.91227) (0.54405)	0.376620 (3.69695) (0.10187)	0.008226 (0.27293) (0.03014)	-4.305678 (2.65613) (-1.62103)	0.096106 (0.10776) (0.89189)	44528.00 (9035.97) (4.92786)	
D(LN_M3(-2))	-0.806788 (1.02570) (-0.78657)	0.813996 (4.15665) (0.19583)	0.249854 (0.30686) (0.81422)	-3.133187 (2.98641) (-1.04915)	-0.118375 (0.12116) (-0.97705)	-9436.926 (10159.5) (-0.92887)	
D(PIB(-1))	1.32E-05 (1.1E-05) (1.18937)	-2.57E-05 (4.5E-05) (-0.56881)	-1.09E-07 (3.3E-06) (-0.03258)	0.000110 (3.2E-05) (3.39544)	3.25E-06 (1.3E-06) (2.47574)	-0.021584 (0.11024) (-0.19579)	
D(PIB(-2))	3.63E-06 (8.6E-06) (0.42132)	3.23E-05 (3.5E-05) (0.92734)	-3.56E-06 (2.6E-06) (-1.38368)	3.47E-06 (2.5E-05) (0.13868)	1.76E-06 (1.0E-06) (1.73589)	0.303833 (0.08523) (3.56488)	
C	0.038695 (0.04640) (0.83385)	-0.344399 (0.18805) (-1.83138)	0.000748 (0.01388) (0.05385)	0.645334 (0.13511) (4.77632)	0.007108 (0.00548) (1.29682)	-603.9173 (459.637) (-1.31390)	

SEAS1_1	0.040904 (0.05665) (0.72209)	0.070966 (0.22956) (0.30914)	0.006578 (0.01695) (0.38811)	0.084231 (0.16493) (0.51070)	-0.030853 (0.00669) (-4.61103)	-852.6839 (561.088) (-1.51970)
SEAS2_2	0.057530 (0.05120) (1.12370)	0.079144 (0.20747) (0.38146)	0.004961 (0.01532) (0.32391)	0.132300 (0.14906) (0.88754)	-0.007523 (0.00605) (-1.24409)	384.6750 (507.102) (0.75858)
SEAS3_3	0.077604 (0.05510) (1.40830)	0.137724 (0.22331) (0.61674)	-0.001679 (0.01649) (-0.10183)	0.045463 (0.16044) (0.28336)	-0.027716 (0.00651) (-4.25819)	-777.4816 (545.811) (-1.42445)
DUMMBE	0.149670 (0.19381) (0.77226)	0.016144 (0.78540) (0.02056)	-0.041219 (0.05798) (-0.71088)	-0.232930 (0.56429) (-0.41279)	-0.001732 (0.02289) (-0.07567)	-285.1205 (1919.66) (-0.14853)
DUMMEURO	0.217049 (0.19592) (1.10783)	0.191809 (0.79397) (0.24158)	0.214105 (0.05861) (3.65275)	0.138139 (0.57044) (0.24216)	0.028519 (0.02314) (1.23235)	-2796.658 (1940.59) (-1.44113)
Coef. Determinación	0.250008	0.287737	0.203081	0.472719	0.388062	0.692663
Coef. Det. corregido	0.109384	0.154188	0.053658	0.373854	0.273323	0.635037
Suma residuos cuadrado	3.305491	54.28496	0.295859	28.02158	0.046119	3.24E+08
Errores estándar	0.185559	0.751976	0.055515	0.540270	0.021918	1837.956
Estadístico F	1.777851	2.154540	1.359105	4.781458	3.382141	12.02004
Máximo verosímil	40.90952	-120.0135	179.6832	-81.99039	286.5563	-1017.181
Akaike AIC	-0.381035	2.417627	-2.794491	1.756355	-4.653153	18.02055
Schwarz SC	0.072475	2.871137	-2.340981	2.209865	-4.199643	18.47406
Media V. dependiente	0.010922	-0.120296	0.002154	0.685062	0.016812	1758.296
Dev. Típica V. dep.	0.196624	0.817650	0.057067	0.682768	0.025712	3042.362
Covarianza residual		0.005469				
Máximo verosímil (regresión)		-679.5690				
Criterio información Akaike		13.90555				
Criterio información Schwarz		16.76983				

A su vez, la reacción de las variables respecto a un *shock* en el precio del petróleo Brent es la esperada si nos atenemos a las funciones de impulso-respuesta que aparecen en el gráfico 9. En primer lugar, se produce un efecto inmediato de subida en el tipo de interés cuya tendencia se prolonga durante varios períodos, momento en el cual sufre una corrección hasta que recupera el equilibrio al nivel inicial. El tipo de cambio reacciona ligeramente al alza, al apreciarse el euro frente al dólar, si bien el efecto se disipa rápidamente, corrigiendo transitoriamente incluso por debajo del cambio inicial entre las dos divisas.

El IPC español por su parte, también presenta un comportamiento similar al observado en la relación bivalente, con una reacción inicial al alza, experimentando una pequeña corrección en el siguiente período, momento en el cual, vuelve a incrementarse hasta recuperar el equilibrio varios períodos después al de ocurrencia del *shock* (a un nivel superior).

Gráfico 9. Funciones impulso-respuesta a un shock del precio del petróleo 1%



Al contrario de lo observado en la relación bivalente, el agregado monetario M3 en este caso tiene un efecto negativo motivado por la subida del tipo de interés nominal a corto plazo posterior al *shock* del precio del petróleo. El nivel de M3 disminuye como consecuencia del endurecimiento de la política monetaria. En el largo plazo el nivel del agregado repunta hasta el nivel inicial.

Se observa respecto al PIB una ligera ralentización de su crecimiento, ya que el impacto inicial es desfavorable. Si bien parece que este efecto se neutraliza en el siguiente período, el verdadero efecto negativo se produce con varios períodos de retardo, debido a que se trata de una variable real y no nominal. El pequeño movimiento de corrección mencionado puede venir explicado por la tenue disminución de la inflación observada en el gráfico 9 y porque el efecto del incremento del tipo de interés todavía no es absorbido por las variables reales. A partir de esta corrección, tanto el efecto del precio del petróleo Brent como del aumento del tipo de interés nominal a corto plazo, provocan una disminución de la tasa de crecimiento del PIB español, prolongada en el tiempo hasta recuperar un nivel de estabilidad en el largo plazo, ligeramente superior al inicial.

Salvo que una economía entrara en recesión, el PIB para un determinado período medido en términos reales será siempre

mayor al del período anterior, ya que lo que realmente se ve afectada es su tasa de crecimiento, la cual y a raíz del *shock*, será menor que en períodos precedentes.

Parece por lo tanto que existe evidencia del efecto en el tiempo de un *shock* del precio del petróleo sobre las variables analizadas para España. Este efecto si bien generalizado, resulta especialmente llamativo para el PIB, el IPC y el agregado monetario M3 y puede venir explicado por la alta dependencia que nuestra economía tiene del petróleo y la enorme sensibilidad a las variaciones del tipo de interés nominal a corto plazo. En síntesis, la secuencia que se desencadena tras el *shock* es la siguiente:

- El efecto del *shock* es asimilado inmediatamente por el IPC, produciéndose de forma simultánea una subida del tipo de interés con el fin de contrarrestar el efecto inflacionista implícito en el *shock*. En este sentido, las autoridades monetarias reaccionan ante la desviación del nivel de precios respecto a los objetivos establecidos.
- De la reacción que tiene el tipo de interés, se intuye que ante una subida del precio del dinero la inflación corrige progresivamente su tendencia alcista, neutralizándose la subida inicial en los períodos posteriores.

- Aunque de manera muy suave, el tipo de cambio €/ \$ también experimenta una subida (apreciación), si bien este comportamiento se rectifica en los períodos posteriores. La apreciación del euro resulta favorable para los intereses de la economía española, al abastecerse de forma más barata en los mercados internacionales de crudo.
- Al contrario de lo que predice la estimación VAR bivalente, el agregado monetario M3 describe en esta ocasión una tendencia a la baja, lógicamente propiciada por la reacción al alza del tipo de interés. La disminución cuantitativa de M3 se extiende durante varios períodos, hasta volver a su nivel inicial en el largo plazo. El hecho de que el agregado monetario aumentara de nuevo estaría ligado a posteriores bajadas del tipo de interés de referencia, siempre y cuando se apreciarán signos de debilidad en la actividad económica y la tasa de inflación estuviera contenida.
- El comportamiento del PIB es ligeramente diferente al estimado por el VAR bivalente. la diferencia radica en que al tratarse de una variable en términos reales, sería más coherente que el efecto negativo se plasmara no de manera inmediata, sino de forma retardada. En cualquier caso, la disminución de la tasa de crecimiento se ve plasmada en el gráfico 9, cuya tendencia se extiende durante varios períodos hasta que se neutraliza en el largo plazo.

- Los efectos indirectos del *shock* en los costes de producción (los márgenes de beneficios de las empresas sufren recortes considerables), en su traslación a los bienes finales, así como en la subida del tipo de interés nominal a corto plazo o en la pérdida de competitividad española en el exterior por la apreciación del tipo de cambio €/\$, serían las causas por las cuales el PIB en España se ve perjudicado.

Por lo tanto, la secuencia se resume con un incremento inmediato del IPC español y del tipo de interés nominal a corto plazo con el fin de contrarrestar el efecto del *shock* en la inflación. El tipo de cambio €/ \$ se aprecia ligeramente aliviando en parte los efectos de dicho *shock*. El PIB español comienza a presentar síntomas de debilidad, en primer lugar como consecuencia de la subida del precio del petróleo Brent y más tarde por el incremento del tipo de interés, mientras que el comportamiento del agregado monetario M3 está ligado de forma inversa a la reacción del tipo de interés, disminuyendo por el proceso de drenaje que sufre la oferta monetaria, principalmente a través del mercado interbancario.

3.5 Conclusiones del capítulo: efectos de un *shock* del precio del petróleo Brent en las variables macroeconómicas en España

El análisis de cointegración se ha convertido en un método consistente a la hora de analizar la posible similitud en el orden de integración de una determinada combinación de variables. Permite establecer relaciones de equilibrio a largo plazo entre variables que de forma individual son no estacionarias o no están en equilibrio. Este hecho es especialmente relevante para la teoría económica, ya que facilita el establecimiento de hipótesis acerca de si un determinado fenómeno es permanente en una economía o más bien se trata de un comportamiento puntual.

El hecho de que una variable sea no estacionaria implica que su distribución de probabilidad es función del tiempo, por lo que ésta sufre variaciones tanto en su media como en su varianza, presentando una tendencia a aumentar a través del mismo y acentuando de esta manera su variabilidad.

Por lo tanto, es necesario estudiar si las variables son estacionarias o no estacionarias, ya que ello resulta clave para todo el análisis posterior. Cabe indicar además, que el concepto de estacionariedad se debe utilizar en sentido débil es decir, se considera que una serie temporal será estacionaria si se presenta

como un proceso estocástico en el que solamente los momentos de primer y segundo orden no son función del tiempo.

Con este ejercicio econométrico, se ha pretendido analizar cómo los fuertes incrementos del precio del petróleo o *shocks*, afectan a las principales variables macroeconómicas en España, estableciendo los canales de transmisión por los cuales la inflación se ve inicialmente incrementada y el ritmo de crecimiento del PIB se ve ralentizado.

Previo tratamiento de las series temporales y de la aplicación de los diferentes contrastes estadísticos necesarios para descartar comportamientos anómalos en los datos y en los residuos, los resultados obtenidos en el análisis de cointegración y en las estimaciones de los diferentes VAR y VECM muestran signos evidentes del efecto negativo que los incrementos del precio del petróleo generan.

Y es que como ya se ha mencionado, debido a nuestra fuerte dependencia del petróleo y a que somos un país prácticamente sin recursos petrolíferos naturales (conocidos), el hecho de abastecerse de esta materia prima a un precio mayor supone un notable coste adicional para el conjunto de la sociedad.

Respecto a los resultados de las estimaciones realizadas, la secuencia se podría resumir con un incremento inmediato del IPC y del tipo de interés de referencia con el fin de contrarrestar el efecto del *shock* en la inflación. El tipo de cambio €/€ se aprecia ligeramente, aliviando en parte los efectos de dicho *shock*. Por su parte, el PIB comienza a presentar síntomas de debilidad, en primer lugar como consecuencia de la subida del precio del petróleo Brent y más tarde por el incremento del tipo de interés, mientras que el comportamiento del agregado monetario M3 está ligado de forma inversa a la reacción del tipo de interés, disminuyendo por la acción de drenaje de la oferta monetaria vía mercado interbancario. En este sentido, los efectos no solamente se trasladan de forma directa a la economía, sino también de manera indirecta por el proceso de ajuste que comporta el *shock*, el cual se evidencia en mayor medida en los sectores de la actividad económica que son más dependientes del petróleo.

Una vez que los síntomas de debilidad económica remitan y la demanda de petróleo aumente, sería de esperar subidas del precio del petróleo de mayor magnitud, lo cual y dado que la economía española sigue siendo importadora neta de crudo, supondría nuevos retos coyunturales a afrontar y nuevas situaciones difíciles a superar.

4. Aplicación de reglas de política monetaria para España

Los *shocks* en el precio del petróleo comenzaron a producirse de manera significativa en la década de los 70. Las alzas en los precios del crudo conllevaron desde su inicio unas implicaciones macroeconómicas únicas hasta el momento, ya que un único sector industrial y energético afectaba directamente de esta forma a la economía global.

Los desafíos en este aspecto para la macroeconomía son pronunciados en materia de política fiscal y más aún en términos de política monetaria. En un contexto mundial en el que los *shocks* afectan principalmente a la demanda, resulta de crucial importancia la búsqueda de un equilibrio óptimo o cuasi-óptimo entre inflación y nivel de desempleo (o en términos más técnicos, la búsqueda de una estrategia que obtenga el óptimo en la frontera que relaciona las variaciones de la inflación y el nivel de desempleo respecto de sus valores objetivo).

Ante los *shocks* del precio del petróleo, las autoridades monetarias se enfrentan a un dilema constante. En este sentido, la política monetaria debe alcanzar un equilibrio respecto a los objetivos establecidos, incluso con la presencia de este tipo de perturbaciones y que normalmente implican un aumento de la

tasa de inflación, una mayor tasa de desempleo o una combinación de ambas.

Lógicamente en este entorno, las decisiones se hacen más difíciles e incluso la percepción y las expectativas de los agentes económicos respecto al funcionamiento de las políticas aplicadas se pueden volver negativas.

Por lo tanto, ¿Qué importancia tienen los *shocks* del precio del petróleo? A grosso modo (se analizará en los siguientes apartados con mayor detalle), se incrementa no solamente el precio del crudo, sino también los precios de las gasolinas y gasóleos para transporte y uso doméstico, como bienes de consumo final.

A su vez, se pueden generar alzas en los precios de otras energías en los mercados internacionales. Estos aumentos de precios al ser significativos, provocan desviaciones puntuales al alza en la tasa de inflación. Los *shocks* también reducen el poder adquisitivo de los consumidores, de la misma manera que cuando un nuevo impuesto al consumo es aplicado.

Por otra parte, en la medida en que los países productores no son tan intensivos en el consumo de productos derivados del crudo y

los países industrializados suelen ser importadores netos de petróleo, sus demandas internas tenderán a disminuir.

Para estimar el impacto de un *shock* en la economía real se suelen emplear normalmente dos enfoques. Un enfoque, a menudo asociado con James Hamilton (1983), mide la correlación entre los movimientos de los precios del petróleo y las variaciones que provocan en la tasa de desempleo y las desviaciones de la producción respecto de su nivel potencial.

También se pueden analizar los *shocks* del precio del petróleo mediante el uso de modelos estructurales. Estos modelos obtienen una respuesta al comportamiento de los precios en función de la información pasada. De esta forma, se consigue estimar los efectos en la renta disponible, la demanda y el nivel de consumo de las familias (la confianza de los consumidores y la revisión de sus expectativas de gasto) y de otros agentes económicos.

Estimaciones similares se podrían obtener respecto a la inversión empresarial (vía implantación de tecnologías menos intensivas en uso de energía) y los costes del capital. Por lo tanto, se pueden diferenciar los efectos en forma reducida de los efectos estructurales.

Todo lo anterior nos introduce en los efectos derivados de un *shock* de estas características. El aumento del precio del petróleo afecta no solo de forma directa a la actividad económica en España, sino también de manera indirecta por el proceso de ajuste que comporta, el cual afecta en mayor medida a los sectores que son más dependientes desde el punto de vista energético (los sectores de la Construcción y el Transporte, principalmente).

En esta segunda parte nos centramos en el estudio teórico y la aplicación empírica de diversas reglas de política monetaria, fundamentadas todas ellas en la originaria regla de Taylor. Se pretende aportar resultados consistentes al respecto de los movimientos, que en materia de tipo de interés, han determinado las autoridades monetarias (de manera acertada o no) durante los últimos años ante un incremento de la inflación, identificando si dichos aumentos están o no correlacionados con episodios paralelos de subidas en el precio del petróleo.

4.1 El papel de la política monetaria

La principal cuestión a responder sería la siguiente: ¿Cómo debe reaccionar la política monetaria a los *shocks* en el precio del petróleo?

Las autoridades monetarias tienen uno o varios mandatos que cumplir y por los cuales deben guiar la política monetaria. Si bien en Estados Unidos, la Reserva Federal debe inicialmente perseguir el cumplimiento tanto de la estabilidad de los precios como de un nivel de actividad que maximice una tasa de empleo sostenible en el largo plazo, el BCE persigue como objetivo único aquella, es decir, la estabilidad de los precios en el Eurosistema.

En este sentido, como el BCE debe controlar el nivel de inflación, puede centrarse exclusivamente en neutralizar el impacto inicial de la perturbación o *shock*, por ejemplo, en el precio del petróleo. Precisamente al controlar el nivel de inflación, conseguirá no desviarse de la tasa de inflación establecida como objetivo a cumplir y que actúa como ancla nominal.

El concepto de *ancla nominal* se define como aquel instrumento que permite orientar y guiar las expectativas inflacionarias de los agentes económicos. La adecuada orientación de dichas expectativas disminuye en parte los efectos perversos de la incertidumbre inflacionaria.

Más aún, un *ancla nominal* efectiva propicia la congruencia entre las expectativas inflacionarias del público con la inflación observada (Mishkin, 1999). Y es aquí que el marco conceptual

para el diseño de la política monetaria distingue entre objetivos finales y objetivos intermedios. Los objetivos finales corresponderán a los objetivos a largo plazo de la autoridad monetaria, en donde la elección más común es la estabilidad de los precios.

Sin embargo, cabe señalar que la política monetaria actúa con retardos respecto a los movimientos en el nivel de precios y en ocasiones, la influencia de las acciones del banco central sobre éstos no son del todo predecibles. Ante esta circunstancia, las autoridades monetarias deben basar sus decisiones en la evolución de diferentes variables que guarden una relación estrecha con el nivel de precios en el largo plazo.

Precisamente, al respecto de dichas variables, se puede establecer lo que se denominan los objetivos intermedios, que además de estar correlacionados con el objetivo final, se establecen sobre variables que resultan más fáciles de ser afectadas por la autoridad monetaria y que se consideran objetivos en el corto plazo. El éxito en su consecución permite orientar las expectativas de inflación de los agentes económicos, por lo que los objetivos intermedios pueden convertirse en el *ancla nominal* de la economía. A lo largo del tiempo las autoridades de diversos países

han utilizado diferentes tipos de objetivos intermedios, los cuales han resultado ser anclas nominales generalmente efectivas.

Entre los objetivos intermedios más comunes destacan el tipo de cambio⁶⁷ y el tipo de interés, mediante su fijación o predeterminación, así como el establecimiento de límites al crecimiento de algún agregado monetario, ofreciendo distintos grados de control y visibilidad de las acciones del banco central. El BCE por ejemplo, adoptó una estrategia de política monetaria, basado en dos *pilares*. Tal y como indica Rojo (2005), en el primero de ellos la tasa de variación de la cantidad de dinero M3, aparece como un indicador privilegiado (y no como un objetivo intermedio) de la evolución futura de los precios. El segundo *pilar*

⁶⁷ Si se determina una meta intermedia sobre el tipo de cambio, por ejemplo, se obtiene un alto grado de control y visibilidad, siempre y cuando la autoridad cuente con suficientes reservas internacionales. De no ser este el caso, el tipo de cambio como variable ancla, sería sumamente vulnerable. Su principal ventaja es la independencia monetaria, al limitar la capacidad del banco central para reaccionar a los *shocks* nominales y reales. A su vez, reducen el potencial de discrecionalidad, ayudan a generar credibilidad y aumentan la certidumbre en el sector real al restringir la volatilidad de los precios relativos. Por el contrario, sus limitaciones aparecen por la necesidad de consistencia macroeconómica y la rigidez en el ajuste de la tasa real de equilibrio, con una capacidad limitada de esterilización por parte del banco central.

abarca un amplio conjunto de indicadores y variables relevantes que se utilizan para elaborar previsiones de inflación.

En cualquier caso, como se ha mencionado el objetivo fundamental de la política monetaria en el largo plazo es la estabilidad de precios. Para obtener este objetivo es necesaria la adopción, tal y como viene exponiéndose, de un régimen que implique la presencia de un *ancla nominal*. Su utilidad se resume en los siguientes puntos:

- La determinación del nivel de precios.
- Estabilizar las expectativas de inflación.
- Restringir la discrecionalidad para debilitar el problema de la inconsistencia temporal.

En este contexto, la selección de un régimen monetario equivale a decidir cuál es el *ancla nominal* preferida. Actualmente, hay básicamente dos tipos de anclas nominales que resultan en una serie de objetivos monetarios alternativos⁶⁸, a saber los objetivos monetarios y los objetivos de inflación.

⁶⁸ Hay países, como los EEUU, que han obtenido buenos resultados sin un ancla nominal “explícita” sino con un objetivo u objetivos implícitos. Es un sistema flexible pero poco transparente, ya que puede desestabilizar las expectativas y causar inestabilidad financiera. Funciona solamente si el ancla nominal es la

Entre los objetivos monetarios se encuentran el permitir el uso de la política monetaria para obtener objetivos domésticos y amortiguar *shocks* locales y exógenos. Sin embargo, tiene inconvenientes tales como un bajo nivel de transparencia, el hecho de que la relación con la variable objetivo es inestable y una relativa falta de control sobre la variable monetaria.

Respecto a los objetivos de inflación, éstos deberían focalizarse en las variables domésticas sin los problemas del mecanismo de transmisión. Ello resulta altamente transparente, aumentando la responsabilidad, la flexibilidad y la credibilidad del banco central en la elección de los instrumentos.

Sin embargo, no están exentos de problemas ya que tienden a ser inapropiados para reducir la inflación desde niveles relativamente altos. Asimismo, pueden aumentar la rigidez con respecto a objetivos intermedios de corto plazo, lo cual requeriría de cierta estabilidad e información sobre el mecanismo de transmisión.

credibilidad del banco central. Otro de los objetivos monetarios alternativos pueden ser los basados en los diferentes regímenes de tipos de cambio.

4.1.1 Los canales de transmisión de un *shock* en el precio del petróleo

Los incrementos del precio del petróleo durante los últimos años presentan unas características diferenciadoras a las de los años 1973-1974 o 1979-1980. En este sentido, los cambios en las estructuras económicas de los países, así como en la reacción de las autoridades monetarias, han motivado que los canales de transmisión a las variables económicas funcionen de manera distinta.

Un *shock* en el precio del petróleo afecta a una determinada economía propagándose a través de diferentes canales de transmisión. El impacto será distinto dependiendo de la mayor o menor dependencia energética que presente un determinado país, que en este caso tanto para España es extremadamente alta.

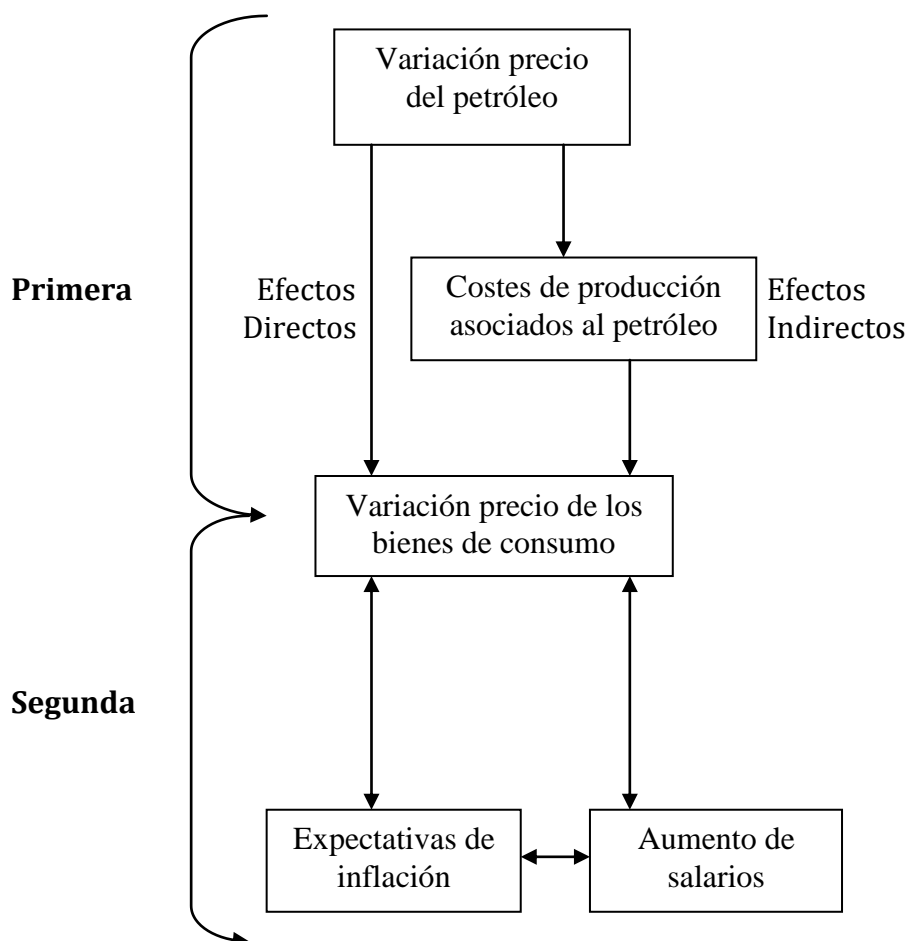
También debe tenerse en cuenta las propias características del *shock*, entendiendo por tales, su duración, su magnitud en porcentaje y la dirección en que se transmite y si es generado por un exceso de demanda o un descenso de la oferta en el mercado. Hamilton (2000), provee de una extensa descripción de todos estos factores.

La figura 2 resume los principales canales de transmisión a la economía de un *shock* en el precio del petróleo, en donde vienen diferenciados los posibles efectos para una primera fase, bien sean efectos directos o indirectos y los propios de una segunda, cuyas consecuencias aunque no inmediatas, producen a la larga un impacto más profundo.

Por lo que respecta al nivel general de precios, éstos se ven directamente afectados por el importante peso que el petróleo tiene en la cesta de bienes de consumo de las familias. Es decir, los precios de los gasóleos para calefacción y principalmente los gasóleos y gasolinas de uso para el transporte reaccionan de forma inmediata al alza.

Según estimaciones del BCE (2004), una medida aproximada del efecto inflacionista provocado por un *shock* es tal que si su precio sube un 10%, el IPC se verá incrementado al menos en un 0,5% anual.

Figura 2. Canales de transmisión de un *shock* en el precio del petróleo



Fuente: elaboración propia

El efecto indirecto se genera a través de un incremento en los costes de producción de las empresas, las cuales con el fin de mantener sus márgenes de beneficios, trasladan dicho incremento al precio de los bienes finales⁶⁹.

⁶⁹ Estrada y Hernández de Cos (2008), analizan en mayor profundidad los efectos del precio del petróleo en la producción, centrándose en los efectos

El efecto posterior, más problemático si cabe, viene motivado por unas expectativas de inflación mayores por parte de los agentes económicos, así como por la presión al alza que ejercen los salarios debido a la disminución en los saldos reales de las familias. Estos efectos suelen ser más prolongados en el tiempo, generándose la percepción de una inflación elevada de forma permanente.

Asimismo, el comportamiento de la economía derivado de los efectos propios de la segunda fase suele variar en función de la situación macroeconómica que se atraviesa en un momento determinado, al mismo tiempo que depende de la reacción de la autoridad monetaria, para nuestro caso la del BCE. Si ésta resulta apropiada de manera que se consigue estabilizar las expectativas inflacionistas, la política monetaria será creíble al estabilizar los precios y evitar posteriores descensos de la actividad.

Por lo tanto, mientras que el impacto directo del *shock* es directo en el IPC a través de los productos energéticos, las presiones alcistas motivadas por los efectos propios de la segunda fase pueden verse mitigadas en función de la credibilidad del banco central y su respuesta en términos de política monetaria. Tal y

negativos que se observan tanto en la productividad, como en el *stock* de capital y en la tasa de desempleo de tipo estructural.

como se ha mencionado, si la respuesta es creíble estabilizando la inflación en el medio plazo, el efecto en la percepción de pérdida de poder adquisitivo en términos reales por parte de los trabajadores será menor. Aún así, el incremento del tipo de interés ante la subida de la inflación debida al *shock* resulta casi inevitable, al menos para contener futuras presiones inflacionistas (BCE, 2004).

Otra interpretación similar en cuanto a los efectos que se producen en la economía han sido descritos por Romer (2000), de la siguiente manera: cuando la producción desciende y la inflación aumenta, los bancos centrales tienden a subir el tipo de interés en respuesta al incremento de la inflación. Por lo tanto, el efecto que ésta produce en términos de política monetaria implica que la elección del tipo de interés debe contrarrestar no solamente dicha inflación, sino también evitar un posible descenso de la producción.

Si los bancos centrales logran mantener un determinado nivel de inflación, anticipando de esta manera las consecuencias negativas que una posible subida de la misma puede provocar en la actividad económica, contarán con un margen de actuación importante respecto a futuros movimientos. Para conseguirlo, mantendrán invariables los tipos de interés o los irán

incrementando de manera progresiva. Si a ello se le añade la confianza de los agentes económicos en que no se produzcan subidas en los precios, los futuros salarios serán negociados sin presionar al alza, lo cual favorecerá el control de la inflación por las autoridades monetarias.

Resumiendo y en términos generales, la subida del precio del petróleo provoca importantes efectos negativos en la economía, siendo los más representativos los siguientes:

- Incremento de la inflación.
- Recorte de la actividad y disminución de la producción.
- Reducción de márgenes empresariales, salvo principalmente de las compañías energéticas (petrolíferas) y otras afines.
- Expectativas futuras de inflación elevadas.

Respecto a los aspectos positivos, el más importante y recurrente radica en que las subidas en el precio del petróleo favorecen a las economías de los países productores, lógicamente por un gran volumen de las exportaciones y una entrada de divisas. Ello genera no solamente un aumento de la riqueza interior, sino probablemente un superávit de sus respectivas balanzas comerciales.

4.1.2 Reglas vs. Discrecionalidad en la política monetaria

La economía monetaria estudia las interrelaciones entre los tipos de interés, la inflación y la cantidad de dinero (Walsh, 2003), lo cual establece la base de actuación de la política monetaria, cuyo principal objetivo es la estabilidad de los precios a través de los mecanismos a corto plazo de que dispone.

En términos generales y en función de las condiciones económicas existentes, la política monetaria puede ser contractiva o expansiva. Por medio de una política contractiva, la oferta de dinero se verá reducida mediante una subida del tipo de interés para contener la inflación. Mediante una política expansiva, se pretende por el contrario contrarrestar los descensos de la actividad económica y los aumentos del desempleo con una bajada de los tipos de forma que se incremente el dinero en circulación.

El elevado grado de autonomía o independencia que han ido adquiriendo los bancos centrales de los principales países desarrollados y la identificación de la estabilidad de precios como un fin primordial de la política monetaria, son los dos elementos básicos que perfilan el marco de actuación de la autoridad monetaria en la actualidad.

La elección del objetivo de la estabilidad de precios se justifica en el reconocimiento de los costes de la inflación sobre la actividad económica. La contrastación de aquellos costes por una abundante literatura empírica desde los años 70 ha servido de soporte para la instauración de una cultura de relativa estabilidad (puesta a prueba en los últimos tiempos), que hoy domina los países desarrollados. Precisamente, la promoción de esa cultura cuenta, como uno de sus instrumentos de apoyo principales, con el seguimiento de políticas sistemáticas o sometidas a reglas más o menos rígidas para el establecimiento de los códigos de conducta de las autoridades monetarias.

El debate Reglas vs. Discrecionalidad fue ampliamente estudiado por la teoría económica a través de la teoría monetaria, con el objeto de comprobar la posible indiferencia o superioridad de una forma de actuación respecto a la otra. Razones de inconsistencia temporal entre otras y que son propias de períodos pasados, caracterizados por la notable volatilidad e incertidumbre en la evolución de las variables económicas relevantes, otorgaban una relativa ventaja a la actuación bajo determinadas reglas frente a la absoluta discrecionalidad de las autoridades monetarias.

Como decimos, el enfoque de la política monetaria ha cambiado de forma importante durante los últimos años. No ya solo para la zona Euro a raíz de la creación del BCE como autoridad monetaria única, sino también a nivel mundial, debido al significativo grado de autonomía e independencia que globalmente han ido adquiriendo otros bancos centrales, también con el objetivo principal de la estabilidad de los precios.

En la consecución de este objetivo, el seguimiento sistemático de una política monetaria sometida a reglas predeterminadas se ha convertido en la norma generalizada de actuación. En este sentido, el debate Reglas vs. Discrecionalidad parece finalmente apoyar la conveniencia de establecer determinadas reglas de actuación a la hora de aplicar la política monetaria, en detrimento de una absoluta discrecionalidad por parte de las autoridades.

Esta afirmación sin embargo no es óbice para que los bancos centrales actúen con discrecionalidad en momentos puntuales, bien por la gravedad de la situación o bien porque los problemas surjan de forma imprevista. Según Mishkin (2007), los siete principios básicos a seguir por los bancos centrales en la elaboración de la política monetaria y que a su vez les facilitan la consecución de los objetivos establecidos, son los siguientes:

- La estabilidad en los precios genera importantes beneficios.
- La política fiscal debe estar alineada con la política monetaria.
- La inconsistencia temporal es un grave problema a evitar.
- La política monetaria debe ser *forward-looking* o hacia adelante.
- La responsabilidad es un principio básico de democracia.
- La política monetaria debe considerar no solamente los incrementos de la inflación, sino también la ralentización de la actividad económica, si bien incidiendo en que el objetivo principal es la estabilidad de los precios.
- Los episodios más graves de recesión están asociados con la inestabilidad financiera.

Blinder (2006), argumenta a su vez dos razones a favor de la transparencia en la labor de los bancos centrales. La primera de corte económico, es que la transparencia incrementaría la efectividad de la política monetaria al establecer lazos fuertes entre las acciones del banco central y las expectativas de los mercados⁷⁰, enfatizando que las políticas de transparencia se están implantando actualmente entre los bancos centrales a nivel mundial.

⁷⁰ La segunda razón es la de rendición de cuentas compatible con un sistema democrático.

El cumplimiento de todos estos principios es clave para el éxito de los bancos centrales en la conducción de la política monetaria y en la correcta utilización de los mecanismos de transmisión monetaria de que dispone. En este sentido, Taylor (1995) analiza de forma clara y sencilla el mecanismo de transmisión monetaria es decir, el proceso a través del cual, las decisiones en materia de tipos de interés modifican la tasa de inflación y la producción en términos reales.

Otro elemento importante es que los agentes económicos es decir, las familias y las empresas, formulan y revisan constantemente sus expectativas respecto al futuro de la economía. En este sentido, puede surgir una limitación en el ámbito de la política monetaria si la aplicación de las decisiones se produce de manera sistemática, ya que resultaría más predecible y por lo tanto perdería el efecto deseado.

Al hilo de lo anterior, la teoría de las expectativas racionales originaria de Lucas (1972), afirma que las expectativas de inflación futuras influyen en la disyuntiva a corto plazo entre los niveles de inflación y paro y que el coste de una determinada política destinada a reducir la inflación es precisamente su credibilidad. A su vez, Sargent y Wallace (1975) mediante la aplicación de fundamentos microeconómicos concluyen que estas

expectativas racionales deben ser tenidas muy en serio de cara a la toma de decisiones.

Otra de las ventajas de la aplicación de reglas es que las autoridades ganan en transparencia, evitando al mismo tiempo el que puedan manipular los instrumentos monetarios para lograr sus propios objetivos, lo cual ocasionaría problemas de inconsistencia temporal.

En este sentido, la teoría de la inconsistencia temporal fue originalmente establecida por Kydland y Prescott (1977) y posteriormente por Barro y Gordon (1983), en cuyos trabajos se promulga la utilización de reglas con el fin de otorgar credibilidad a las propias decisiones. El argumento se basa en que el establecimiento de reglas compromete al banco central a alcanzar un determinado nivel de inflación⁷¹. Por ello, en la medida en que los agentes privados asimilan que efectivamente el banco central sigue dicha regla, el nivel esperado de inflación será finalmente el

⁷¹ Como decimos, este enfoque ha tenido una gran influencia en la teoría y la política macroeconómicas y se encuentra en la base de diversos desarrollos posteriores. Así, por ejemplo, un resultado basado en esta literatura sería la conveniencia de nombrar gobernadores de los bancos centrales que fueran conservadores, en el sentido de mostrar una gran aversión a la inflación (Rogoff, 1985).

que se haya comprometido a fijar. Es decir, cualquiera que fuera el nivel de inflación esperado por los agentes, éste y no otro será el nivel óptimo que debe elegir la autoridad monetaria como objetivo a cumplir.

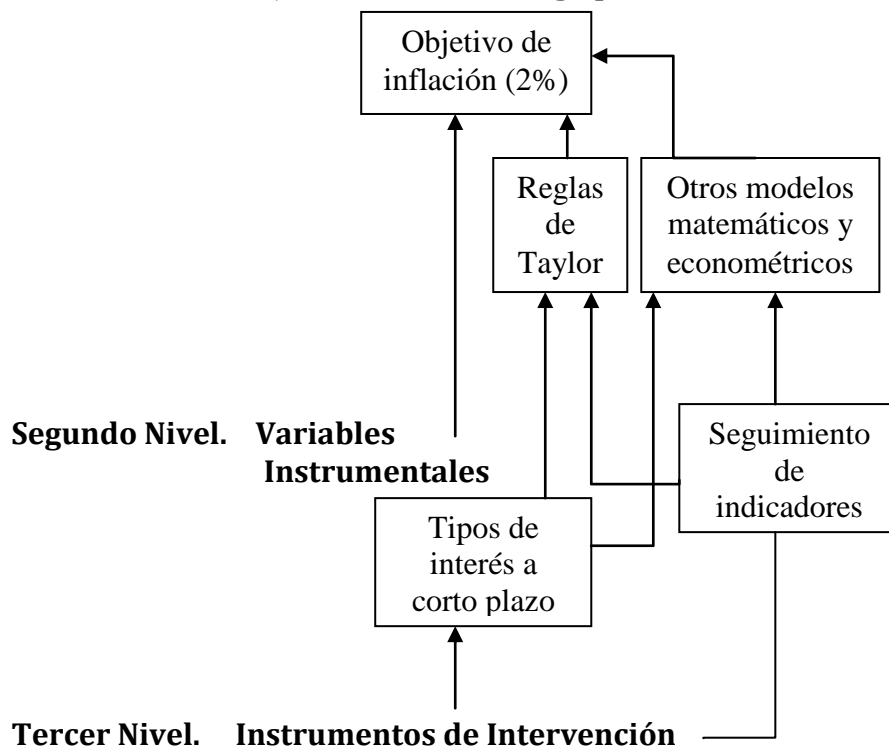
Estos dos trabajos también comparan los resultados que se obtienen siguiendo una política monetaria discrecional con los que se alcanzan siguiendo una política basada en reglas. La conclusión es que ésta última es óptima, ya que si bien para ambas la tasa de paro recupera su tasa natural, el nivel de inflación final es más alto con la política discrecional.

Un argumento más a favor de la aplicación de reglas es que si se actuara con una excesiva discrecionalidad, se estaría incumpliendo el supuesto fundamental de la política *forward-looking*. Es decir, la política discrecional busca las posibles soluciones cuando la perturbación ya ha ocurrido y no con anterioridad a su ocurrencia. Por lo tanto, una visión hacia adelante de la política utilizando las reglas al efecto, facilita la toma de decisiones de los agentes económicos, ya que éstos pueden planificarlas más fácilmente facilitándoles a su vez una eficiente asignación de sus recursos.

Más aún, el hecho de que las reglas proporcionen una protección contra la falta de conocimiento en el funcionamiento de la economía, permite eliminar previamente los factores desestabilizadores que surgen como consecuencia de actuaciones discrecionales. Conforme a la estrategia de política monetaria de los bancos centrales, la figura 3 describe también el papel que desempeña la regla de Taylor en la toma de decisiones de carácter monetario.

Figura 3. Estrategia actual de política monetaria

Primer Nivel. Objetivos finales a largo plazo



Fuente: elaboración propia

La regla de Taylor es por lo tanto, uno de los máximos exponentes en la utilización de modelos basados en reglas por los bancos centrales, cuyo poder de predicción ha sido además tenido en cuenta durante los últimos años para la toma de decisiones.

4.2 Las reglas de Taylor de política monetaria

La política monetaria persigue alcanzar objetivos no siempre compatibles, como un crecimiento económico real elevado y estable, una baja tasa de desempleo y la estabilidad del nivel de precios. Para tal fin, intenta influir sobre las condiciones financieras de la economía a través de varios instrumentos, entre los cuales se encuentra el tipo de interés. Es precisamente el nivel de los tipos de interés que fija el banco central la variable más conocida y usada para evaluar la actuación de los distintos bancos centrales, siendo uno de los problemas más recurrentes, encontrar una posible regla de política monetaria que fijara el nivel óptimo del tipo de interés nominal.

Una regla de política monetaria se puede definir, de acuerdo con Clarida *et al.* (1998), como una función que especifica desde un punto de vista positivo o normativo, la respuesta de un banco central a los cambios que se producen en la economía. En este sentido, una regla de Taylor de tipos de interés es una función de

reacción de la autoridad monetaria, según la cual el tipo de interés nominal de referencia se ajusta en respuesta a las desviaciones de la inflación y a las desviaciones bien de la producción respecto de su tasa de crecimiento potencial, bien de la tasa de desempleo respecto de su tasa natural, según sea el caso. En términos más precisos, la regla de Taylor establece que el tipo de interés nominal (de intervención) deberá ser incrementado cuando la inflación se desvíe de la inflación objetivo de tal manera que resulte afectado convenientemente el tipo de interés real.

La regla de Taylor permite evaluar como una determinada política monetaria se diseña e instrumenta en función de sus objetivos fundamentales, como son la estabilidad en los precios y el crecimiento sostenido de la producción en términos reales. Para ello, se calcula el tipo de interés nominal a corto plazo en función de la desviación que experimenta la tasa de inflación efectiva respecto de su objetivo y en función de las desviaciones del nivel de producción real con respecto a su nivel potencial o *output gap* (Díaz Roldán y Soler, 2001).

Los diferentes modelos diseñados a raíz de la original regla de Taylor son utilizados para proveer de válidas recomendaciones a los bancos centrales con el fin de establecer un nuevo nivel en el tipo de interés nominal cuando las condiciones económicas

cambian, intentando de esta manera mantener los objetivos de estabilización de la economía a largo plazo y de contención de la inflación a corto.

Asimismo, se ha convertido en uno de los modelos más relevantes y tenidos en consideración por las autoridades monetarias en la elaboración de sus decisiones. Ofrece una medida ajustada de como se debe estabilizar una determinada economía a través de la manipulación del tipo de interés en respuesta a la inflación.

Por lo tanto, su poder de predicción ayuda a los bancos centrales en el momento de reaccionar ante subidas de la inflación o cuando la producción se desvía de su nivel potencial o de pleno empleo.

Como ya se ha mencionado anteriormente, por una parte, cuando la tasa de inflación se eleva por encima de su objetivo, el banco central subirá el tipo de interés de intervención con el fin de ralentizar el ritmo de crecimiento del dinero.

Por otra, cuando la producción caiga por debajo de su nivel de pleno empleo, el banco central bajará el tipo de interés con el propósito de reactivar la actividad y así poder recuperar el nivel de pleno empleo.

Cabe indicar que esta regla es solamente eso, una herramienta útil y a tener en cuenta, pero no obligatoria, si bien describe de manera acertada la forma en que debe gestionarse la política monetaria a lo largo del tiempo⁷². Un ejemplo del éxito en la conducción de la política monetaria a través de sus recomendaciones, está en el control que la Reserva Federal logró de la inflación bajo en las décadas de los 80 y principalmente de los 90, tal y como menciona Hetzel (2000).

Esta regla fue propuesta en 1993 por John B. Taylor⁷³. La expresión algebraica originaria fue la siguiente:

$$i = p + 0,5y + 0,5(p - p^*) + r \quad (4.1)$$

donde i era el *federal funds rate*, p era la tasa de inflación correspondiente a la media móvil de los cuatro trimestres anteriores, p^* la tasa de inflación objetivo, r era el tipo de interés real de equilibrio e y la desviación porcentual (tasa de variación)

⁷² En este sentido, si bien el Banco Central Europeo, la Reserva Federal norteamericana o el Banco de Inglaterra entre otros, no siguen de forma estricta sus recomendaciones, éstas son seriamente tenidas en cuenta a la hora de establecer nuevas decisiones.

⁷³ "Discretion versus Policy Rules in Practice," *Carnegie-Rochester Series on Public Policy*, n^o39, p. 195-214, North-Holland.

del PIB en términos reales respecto a su objetivo potencial de pleno empleo, es decir,

$$y = 100 \left(\frac{Y - Y^*}{Y^*} \right)$$

donde Y e Y^* hacían referencia respectivamente, al producto real y al producto real correspondiente al pleno empleo.

Taylor propuso a las autoridades monetarias norteamericanas una regla de política que les ayudaría a estabilizar la producción real alrededor de un objetivo y a controlar la inflación. Por ello, la regla de Taylor alcanzó enorme popularidad desde su aparición gracias a que era relativamente sencilla y permitía hacer previsiones de los tipos de interés con unas pocas variables⁷⁴. En este sentido, se comprobó además que otros bancos centrales parecían ajustar *ex-post* su política monetaria al dictado de la regla de Taylor.

Su regla de política monetaria se fundamenta en una tasa de interés nominal tal que, cuando la producción real y la tasa de inflación exceden su objetivo, se incrementa para generar un

⁷⁴ Taylor calibró su regla de política monetaria con datos de la economía estadounidense desde 1984 a 1992 y en aquel periodo el ajuste resultó significativo.

aumento de la tasa de interés real y así reducir la demanda agregada. De forma inversa, si la inflación y la producción en términos reales disminuyen por debajo del objetivo, recomienda una disminución del tipo de interés nominal para aumentar la demanda agregada por la vía de una disminución del tipo de interés real. De esta forma, la tasa de interés nominal de corto plazo debería ser una función creciente de la tasa de inflación y de la producción real para objetivos dados en ambas variables⁷⁵. Es decir, el signo de las variaciones es compatible con el mecanismo de transmisión monetaria, a través del tipo de interés cuando las modificaciones del tipo de interés nominal suponen una variación en el mismo sentido del tipo de interés real. Es decir, a diferencia

⁷⁵ Este pie de página introduce la ecuación de Fisher. Dicha ecuación calcula las relaciones entre los tipos de interés real y nominal, considerando el nivel de inflación. Sea r el tipo de interés real; i el tipo de interés nominal y π la tasa de inflación, la relación es la siguiente: $i = r + \pi$. En cualquier caso no es más que una aproximación a la relación $(1 + r) = (1 + i)/(1 + \pi)$, la cual es razonablemente exacta siempre que los valores de r , i y π sean relativamente bajos (inferiores al 20%). A su vez si π es la inflación futura efectiva y π^e las expectativas de inflación futura, entonces el tipo de interés real *ex-ante* será $i - \pi^e$ y el tipo de interés real *ex post* $i - \pi$. Por lo tanto, los dos tipos de interés reales serán diferentes siempre y cuando la inflación efectiva π , sea distinta de la esperada π^e .

del enfoque tradicional basado en reglas de tipo monetario, las alteraciones de la oferta de dinero se producen de forma automática en respuesta a la evolución de la tasa de inflación y el nivel de actividad, con el fin de alcanzar un determinado tipo de interés en función de la regla de Taylor.

Desde el punto de vista formal, la regla de Taylor es una simple ecuación que determina el tipo de interés de referencia del banco central en función de unos parámetros económicos, a saber:

- Primero, del tipo de interés real de equilibrio, que es compatible con el crecimiento a largo plazo.
- Segundo, de la tasa de inflación del periodo anterior.
- Tercero, de la desviación de la inflación pasada respecto al objetivo del banco central.
- Cuarto, de la brecha de producción (*output-gap*) o desviación porcentual de la producción en términos reales del periodo anterior respecto a su senda potencial⁷⁶.
- Y las desviaciones en la tasa de inflación y en la producción están ponderadas por sendos factores.

⁷⁶ O de la desviación de la tasa de desempleo respecto de la tasa natural para las versiones de la regla de Taylor que se estiman con estas variables.

Desde el punto de vista práctico ningún banco central (incluidos el BCE y la Reserva Federal de los Estados Unidos) reconoce explícitamente seguir la regla de Taylor ni ninguna otra regla de política monetaria. Como voces disonantes, algunos economistas argumentan que las reglas monetarias no recogen otras variables relevantes para la gestión de la política monetaria y de los tipos de interés, tales como indicadores o encuestas de confianza, la evolución de las finanzas públicas, del mercado de trabajo, el rendimiento de la deuda pública, el precio de otros activos financieros, el crédito interno y el tipo de cambio, entre otras.

Otros inciden en que no se puede confiar demasiado en reglas basadas en conceptos o indicadores susceptibles de errores de medición, como el PIB potencial. Ello sin embargo, no quiere decir que los bancos centrales no presten atención al seguimiento de alguna regla de política monetaria⁷⁷, siendo su utilidad una cuestión que está fuera de toda duda. En los dos siguientes subepígrafes se expone la casuística propia de diferentes reglas de Taylor e estimar.

⁷⁷ Por ejemplo, la Reserva Federal de St. Louis hace un seguimiento mensual de las tasas de fondos federales implícitas en una simple regla de Taylor en su publicación *Monetary Trends*.

4.2.1 Reglas de Taylor medidas por la producción

La regla de Taylor presenta como ventajas más importantes la de la simplicidad en su cálculo al ser enunciada de manera aritmética, al mismo tiempo que permite aumentar la transparencia en la actuación de los bancos centrales. Su validez ha sido contrastada desde el punto de vista empírico tanto para Europa como principalmente para Estados Unidos, aunque es necesario volver a incidir en el hecho de que su utilidad radica en ser una herramienta válida pero complementaria junto con otras⁷⁸ a la hora de que las autoridades evalúen la situación económica y tomen decisiones en el ámbito de la política monetaria⁷⁹.

78 Véase la figura 3, pág. 202.

79 Son también especialmente relevantes la utilización de modelos de equilibrio general dinámico estocástico (DSGE), los cuales son una clase de modelos económicos de equilibrio general aplicado. Los modelos DSGE originalmente intentan explicar fenómenos económicos agregados como el crecimiento económico, los ciclos económicos (*Real Business Cycles*), así como la evaluación de los efectos macroeconómicos de la política fiscal y principalmente de la política monetaria. Una de las principales ventajas de estos modelos es que evitan los problemas señalados por Robert Lucas en su seminal crítica de Lucas (1983), en donde argumenta que los modelos macroeconómicos existentes no pueden utilizarse para elaborar diversas políticas económicas, ya que aunque reconocen que las expectativas de los agentes influyen en el comportamiento, no las consideraban explícitamente.

Desde el punto de vista normativo, la regla es consistente con los principales objetivos de la política monetaria. Propone un ajuste gradual de la inflación hasta alcanzar de nuevo su nivel objetivo mediante un ajuste de la tasa nominal en una proporción mayor a uno. En cuanto a la tasa de crecimiento de la producción, la regla de Taylor responde de forma anticíclica a la desviación de la producción real respecto de su nivel potencial, sin que dicha relación se vea excesivamente alterada.

Desde el punto de vista positivo, Taylor demostró que con unos valores acertados para los parámetros de ajuste γ_π, γ_x los resultados de la aplicación de la regla ofrecieron una buena descripción del comportamiento del tipo de interés a lo largo del período objeto de estudio, (Clarida *et al.*, 1999). La versión *backward-looking* viene dada por:

$$i_t^* = \alpha + \gamma_\pi(\pi_t - \bar{\pi}) + \gamma_x(x_t - \bar{x}_t) \quad (4.2)$$

en donde: $\alpha = \bar{r} + \bar{\pi}$

$$\gamma_\pi > 1, \gamma_x > 0$$

siendo i_t^* es el tipo de interés nominal a corto plazo, α el objetivo establecido para el tipo de interés real a largo plazo y para la tasa de inflación, $\bar{\pi}$ el objetivo de inflación también a largo plazo, π_t la

tasa de inflación medida por el promedio de los cuatro últimos trimestres, $(x_t - \bar{x}_t)$ la desviación de la producción en términos reales respecto a su tasa de crecimiento para un determinado período y por último, γ_π, γ_x los valores de los parámetros que ponderan el efecto del tipo de interés en la inflación y la producción, respectivamente.

Como decimos, \bar{x}_t es el objetivo marcado para la tasa de crecimiento de la producción, el cual se asemeja a su vez al nivel potencial de pleno empleo o tasa natural de desempleo para una determinada economía. Viene medido por el promedio de las tasas de crecimiento para cada uno de los períodos de que consta la muestra. La versión *forward-looking* (Clarida *et al.*, 1999), se representa de la siguiente forma:

$$i_t^* = \alpha + \gamma_\pi (E_t \pi_{t+1} - \bar{\pi}) + \gamma_x (x_t - \bar{x}_t) \quad (4.3)$$

en donde $E_t \pi_{t+1}$ mide las expectativas de inflación para el período $t+1$ realizadas en el período t (períodos trimestrales), por lo que la inflación actúa como una función que relaciona la inflación previa existente respecto a la esperada.

Los valores objetivos tanto de la tasa de inflación como del tipo de interés real a largo plazo vienen dados por $\bar{\pi}, \bar{r}$, respectivamente.

Para el caso de $\bar{\pi}$, este valor es el establecido por el BCE como objetivo a cumplir en toda la zona Euro. Asimismo, los valores de los parámetros de ajuste utilizados han sido, 1,5 para γ_{π} (condición que exige la estabilidad de la demanda agregada) y 0,5 para γ_x , lo cual ofrece una medida acertada de la sensibilidad de la inflación y de la tasa de crecimiento de la producción respecto el tipo de interés (valores elegidos por afinidad al trabajo original y en concordancia con los estimados originalmente por Taylor, 1993). En la literatura más reciente, existen trabajos que realizan interesantes comparativas de los diferentes resultados que se pueden obtener al aplicar la regla de Taylor con distintos valores para estos parámetros (Taylor, 1998; Batini y Haldane, 1998; Clarida *et al.*, 1998; Pateiro y Pedreira, 2003; Orphanides, 2007).

Taylor estableció esta regla de tal forma que se reaccionara de forma contundente en respuesta a un incremento de la inflación, sugiriendo que dicho incremento fuera en una proporción mayor que la unidad, es decir $\gamma_{\pi} > 1$. En realidad, lo importante para las variables consumo y gasto es el tipo de interés real. Cuando aumenta la inflación, si el banco central pretende contrarrestarla disminuyendo a su vez la producción, debe subir el tipo de interés real, por lo que el tipo de interés nominal aumentará en mayor proporción al aumento de la inflación.

En sentido contrario, si la producción se ralentiza, la reacción del tipo de interés para recuperar su nivel potencial de pleno empleo debería ser mayor que cero, tal que $\gamma_x > 0$. Según King (2000), la regla recomienda por tanto endurecer la política monetaria con tipos de interés proporcionalmente más altos cuando la inflación es superior al objetivo establecido y suavizarla en caso contrario.

En cualquier caso, el papel de las ponderaciones de las desviaciones de la producción (o de la tasa de desempleo en el siguiente apartado) y de la inflación respecto al tipo de interés es importante ya que establece una medida de la aversión del banco central a la inflación. Dentro de la problemática que representa la no observación del tipo de interés real de equilibrio, resulta útil probar un parámetro de respuesta menor que uno.

En este sentido, si el tipo de interés real de equilibrio es superior al implícito en la regla del banco central y éste reacciona a las desviaciones de la inflación con una ponderación menor a uno, la tasa de inflación crecerá más que el tipo de interés de equilibrio⁸⁰.

⁸⁰ Con esto se pretende incidir en las consecuencias que respecto de la inflación puede tener una falta de precisión del banco central en la estimación del tipo de interés real de equilibrio, más si cabe si éste no es conocido *ex ante*.

4.2.2 Reglas de Taylor medidas por la tasa de desempleo

La tasa natural de desempleo denominada NAIRU y cuyas siglas hacen referencia a la tasa de desempleo teórica que no acelera la inflación, es un concepto económico algo controvertido pues delimita aquella tasa de desempleo por la cual la economía encuentra un objetivo de equilibrio.

El término es ciertamente discutible desde un punto de vista social⁸¹. Por ejemplo, las estimaciones de la NAIRU española han resultado ser casi siempre superiores a las del resto de las economías internacionales. Durante los años anteriores a la crisis económica y financiera que comenzó en 2008, el PIB español crecía a un ritmo aproximado del 3,5% anual y la tasa de desempleo española se mantuvo en el entorno del 8%-9%, mientras que el IPC apuntaba por encima del 3%.

Recordando que la principal responsabilidad del BCE es la estabilidad de los precios en la zona euro y que los objetivos de inflación que maneja están situados en un rango situado entre el

⁸¹ Imaginemos una NAIRU de un 30%. Con este nivel se podría intuir una determinada economía cuya tasa de desempleo no puede reducirse por debajo de la misma si se quiere evitar un incremento en los precios.

2% y el 3%, puede decirse entonces que la NAIRU española en aquel momento se encontraba por encima del 10%⁸². De 2008 en adelante, la tasa de desempleo en España se ha incrementado espectacularmente y la tasa de crecimiento del PIB se ha desacelerado.

Los últimos datos sitúan el desempleo en España en torno al 26% sin previsión de fuerte mejora en el corto plazo. Ello significaría que la NAIRU española se ha posicionado en un entorno peligrosamente elevado y que provocaría un proceso inflacionista de gran magnitud si el crecimiento económico no se fundamenta a corto plazo en una mejora de las tasas de empleo. Tras esta breve reflexión, se describen las reglas de Taylor a aplicar para posteriormente detallar el procedimiento seguido para el cálculo de la tasa natural de desempleo. La versión *backward-looking* viene dada por:

$$i_t^* = \alpha + \gamma_\pi(\pi_t - \bar{\pi}) - \gamma_u(u_t - u_n) \quad (4.4)$$

mientras que la versión *forward-looking* será,

$$i_t^* = \alpha + \gamma_\pi(E\pi_{t+1} - \bar{\pi}) - \gamma_u(u_t - u_n) \quad (4.5)$$

⁸² Datos INE y Encuesta de Población Activa (EPA).

para, $\gamma_\pi > 1, \gamma_u > 0$

$$\gamma_\pi > 1, \gamma_u > 0$$

en donde i_t^* es el tipo de interés nominal a corto plazo, α es el objetivo establecido para el tipo de interés real a largo plazo y para la tasa de inflación, $\bar{\pi}$ es el objetivo de inflación también a largo plazo, π_t es la tasa de inflación medida por el promedio de los cuatro últimos períodos trimestrales, $(u_t - u_n)$ es la desviación de la tasa de desempleo respecto de la tasa natural para un determinado período y por último, γ_π, γ_u son los valores de los parámetros que ponderan el efecto del tipo de interés en la inflación y la tasa de desempleo, respectivamente. Finalmente, $E_t \pi_{t+1}$ mide las expectativas de inflación para el período $t+1$ realizadas en el período (períodos trimestrales) t .

Al igual que se describe en el apartado 3.1 en los cálculos realizados para ambas versiones, se ha establecido el 2% como los valores objetivos tanto de la tasa de inflación como del tipo de interés real a largo plazo, $\bar{\pi}, \bar{r}$, tal y como tiene establecido el BCE como objetivos a cumplir en toda la zona Euro.

Los valores de los parámetros de ajuste utilizados han sido, 1,5 para γ_π (condición que exige la estabilidad de la demanda agregada) y 0,5 para γ_u , lo cual ofrece una medida acertada de la

sensibilidad de la inflación y de la tasa de desempleo respecto el tipo de interés. La relación entre las variables se puede resumir de la siguiente manera:

- Si $\pi = \bar{\pi}$ y $u_t = u_n$ entonces el BCE establece que $\alpha = i_t^*$. De esta manera, la economía puede permanecer en la misma senda con una inflación igual al objetivo y una tasa de desempleo similar a la tasa natural.
- Si $\pi > \bar{\pi}$ y $u_t = u_n$ entonces el BCE establece que $\alpha < i_t^*$, lo que aumentaría el desempleo para reducir la inflación. En este sentido, para aumentar el tipo de interés real y reducir el consumo, el tipo de interés nominal tiene que aumentar más que la inflación.
- Si $u_t > u_n$ entonces el BCE debe disminuir i_t^* , por lo que aumentaría la producción y por ende se produciría una disminución de la tasa de desempleo.

4.2.2.1 Cálculo de la tasa natural de desempleo

Para estimar la tasa natural de desempleo, se ha empleado el filtro HP como técnica estadística de estimación de tendencias para series temporales.

Inicialmente, este método⁸³ se basa en el análisis exclusivo de la serie de datos para el desempleo observada utilizando técnicas univariantes, descomponiendo la tasa de desempleo en un componente estocástico y otro determinista. Este último es interpretado como la tasa de desempleo de equilibrio y el estocástico es su evolución cíclica. La consistencia del modelo requiere que el componente estructural de la tasa de desempleo no esté correlacionado con la inflación.

La especificación más sencilla asume que la tasa de desempleo puede ser representada como un proceso estacionario, cuya esperanza, que es constante en el tiempo, es la tasa natural de desempleo:

$$E(u_t) = \bar{u}$$

$$E(u_t - u_{t-1}) = 0$$

83 También se pueden utilizar para su cálculo modelos de formación de salarios y precios o una curva de Phillips aumentada por expectativas. Sin embargo, la técnica empleada de series temporales se ajusta en mayor medida a la aplicación de la regla de Taylor, el estar basada precisamente en datos históricos.

Este modelo supone que no se presentan cambios en los factores estructurales del mercado laboral, lo cual implica que la tasa de desempleo de equilibrio es constante en el tiempo.

Sin embargo, el mercado de trabajo generalmente presenta cambios en sus factores estructurales, por ejemplo aumentos permanentes en la tasa de empleo de la mujer, aumentos en la productividad laboral y la aparición de una legislación laboral más flexible en el ámbito de la contratación. Así, su equilibrio temporal también se modifica.

Teniendo en cuenta lo anterior, Harvey (1989) profundiza en esta técnica, proponiendo un modelo estructural de series temporales que no supone un comportamiento estacionario de la tasa de desempleo y construye una estimación del componente estocástico de la misma. El modelo asume que la tasa natural de desempleo puede ser representada por un proceso estocástico flexible de la siguiente manera:

$$u_t = u_n + uc_t + \epsilon \quad (4.6)$$

en donde u_t es la tasa de desempleo observada, u_n representa la tendencia que puede ser interpretada como la tasa natural de desempleo, uc_t es la tasa de desempleo cíclica que sigue un

movimiento estocástico y ϵ es una perturbación aleatoria de ruido blanco.

Todo lo cual, de entre los métodos más conocidos de descomposición de series temporales para un modelo estructural se encuentra el filtro HP de Hodrick y Prescott (1981), que descompone una serie en sus componentes permanente y temporal. Esta metodología es usada con frecuencia como aproximación al desempleo cíclico y al estructural.

La aproximación con el filtro de HP, si bien no permite determinar un valor o intervalo único sobre el cual el mercado laboral tiende a equilibrarse en el largo plazo, sí da una idea del ciclo, es decir, los períodos en los cuales la tasa de desempleo observada se encuentra por encima o por debajo de la tasa natural. El filtro de HP calcula un componente de tendencia de la serie, en nuestro caso para la tasa de desempleo y minimizando la siguiente función:

$$\min \sum_{t=1}^T \left[(u_t - u_n)^2 + \lambda ((u_{t+1} - u_n) - (u_n - u_{n-1}))^2 \right] \quad (4.7)$$

También se ha utilizado el filtro HP para el cálculo del producto potencial para las reglas de Taylor con el componente de la producción, obteniéndose de esta manera una estimación del

producto tendencial a partir de la media móvil ponderada de la serie del PIB⁸⁴.

4.3 Especificaciones en la regla de Taylor

Es importante destacar, que en el momento de especificar las reglas de Taylor se ha tenido en cuenta la condición necesaria de que la demanda agregada será estable si la ponderación de la inflación en la regla del tipo de interés es mayor que uno, $\gamma_\pi > 1$. Es decir, cuando la inflación aumenta, el tipo de interés nominal deberá aumentar en mayor proporción para que el tipo de interés real produzca efectos restrictivos sobre los componentes de la demanda agregada sensibles al mismo, como por ejemplo, la inversión y el consumo.

En líneas generales, esta especificación pretende analizar el grado en que las condiciones económicas reales son tenidas en cuenta por el BCE a la hora de establecer el proceso de formación de precios y que constituye la regla para el tipo de interés objetivo.

⁸⁴ Para el caso de la producción, la función a minimizar será:

$$\min \sum_{t=1}^T \left[(x_t - \bar{x}_t)^2 + \lambda ((x_{t+1} - \bar{x}_t) - (\bar{x}_t - \bar{x}_{t-1}))^2 \right]$$

De manera similar a lo que hizo originalmente Taylor, la adaptación de la regla proporciona una ponderación de la tasa de inflación de 1,5, condición que exige la estabilidad de la demanda agregada. Para el cálculo de la desviación de la inflación respecto de la inflación objetivo ($\pi_t - \bar{\pi}$), dicho autor utilizó la diferencia entre la tasa de inflación actual y un objetivo de inflación constante establecido⁸⁵.

Otro componente de la originaria regla de Taylor, fue el tipo de interés real a corto plazo de equilibrio con una ponderación unitaria. Sin embargo, ante los problemas de determinación de dicho tipo de interés, que vienen a demostrar que esta fijación es realmente una prueba empírica o aplicada en el sentido de buscar un algoritmo, asumió una tasa del 2% anual que consideró aproximadamente igual a la tasa de crecimiento potencial de la

⁸⁵ Al considerarse también el 2% como el objetivo de inflación del BCE, el cual permanece inamovible desde su creación, se ha ignorado incluir una cierta variabilidad del objetivo de inflación. No se establece por lo tanto una ponderación sobre las desviaciones de la inflación actual respecto a la inflación objetivo y que en cada momento pudiera ir publicando oficialmente la autoridad monetaria. En ese sentido, la determinación del tipo de interés en nuestra regla está afectada por la variación únicamente de la inflación actual y no del objetivo de inflación.

producción compatible con la senda de crecimiento potencial a largo plazo.

El tercer componente que atiende a las condiciones de la economía real, son las desviaciones del nivel de producción real con respecto a su nivel potencial ($x_t - \bar{x}_t$) es decir, el *output-gap*. En nuestro caso, la ponderación que establecemos en la regla es similar a la utilizada por Taylor, es decir, 0,5⁸⁶. En este sentido, el producto potencial y la brecha de la producción pueden ser utilizados como indicadores de las presiones inflacionistas a corto y medio plazo.

Otro de los factores importantes radica en que la autoridad monetaria se puede reservar un cierto grado de discrecionalidad, de manera que resulte difícil precisar su actuación sobre el tipo tipos de interés en cada momento. Además, la autoridad monetaria frecuentemente adopta un comportamiento gradualista o *interest rate smoothing* que la regla de Taylor, en su versión original no contemplaba.

⁸⁶ Sin embargo, es justo reconocer que el cálculo de esta variable resulta extremadamente complejo, hasta tal punto que todos los métodos utilizados conducen a resultados realmente dispares y la revisión de las propias series temporales representativas de esta variable es también considerable.

Este gradualismo tiene como motivo fundamental el imponer una actuación *suavizadora* sobre el tipo de interés. A su vez, puede explicarse por motivos tales como la consideración de expectativas racionales por parte de los agentes económicos o la necesidad de revisión de los datos después de su divulgación inicial. Pero, el motivo fundamental que impone a la autoridad monetaria una actuación suavizadora sobre el tipo de interés no es otro que el de evitar reacciones adversas de los mercados financieros cuando el tipo de interés es modificado.

Por todo ello, las autoridades monetarias cuando aplican la regla de Taylor proceden a ajustar gradualmente el tipo de interés real objetivo en respuesta a la inflación y al output gap (Smets y Wouters, 2007). De esta forma se capturaría la correlación serial que puede existir en los datos reales y se incluiría la dinámica a corto plazo del tipo de interés, de tal forma que si el banco central es reacio a cambios fuertes en el tipo de interés, esto se explicaría por los valores retardados de la propia variable y por el determinado por la regla en las proporciones ρ y $(1-\rho)$, respectivamente.

Si bien esta técnica se ha empleado especialmente con la reserva Federal, también se puede aplicar a otros bancos centrales y en nuestro caso al BCE (Ulrich, 2003).

Por lo tanto, teniendo en cuenta que la original regla de Taylor no mencionaba esta técnica y considerando que la persistencia en una determinada política monetaria evidencia un comportamiento gradualista (Brüggemann y Thornton, 2002), se estiman las reglas de Taylor añadiendo un mecanismo de ajuste parcial para el tipo de interés observado de la forma:

$$i_t^* = (1 - \rho)\bar{i}_t + \rho i_{t-1}^* \quad (4.8)$$

en donde,

$$i_t = (1 - \rho)[\alpha + \gamma_\pi (\pi_t - \bar{\pi}) + \gamma_x (x_t - \bar{x}_t)] + \rho i_{t-1} \quad (4.9)$$

$$i_t = (1 - \rho)[\alpha + \gamma_\pi (\pi_t - \bar{\pi}) + \gamma_x (u_t - u_n)] + \rho i_{t-1} \quad (4.10)$$

identificándose (4.10) como la variante para la tasa de desempleo. Así, \bar{i}_t es el tipo de interés objetivo determinado por la regla de Taylor y ρ es el coeficiente de ajuste suavizador, *interest rate smoothing*, tal que $\rho \in [0,1]$. Es decir, el tipo de interés nominal se explicaría por los valores retardados de la propia variable y por el determinado por la regla de Taylor en las proporciones ρ y $(1 - \rho)$, respectivamente.

En este sentido, cuanto mayor sea ρ , en menor medida seguirá la autoridad monetaria el tipo de interés resultante de la aplicación de la regla de Taylor, lo que sugiere un lento ajuste en la práctica.

Por ejemplo, si el banco central aún siguiendo una regla de Taylor reacciona lentamente a variaciones en la tasa de inflación, entonces tiende a suavizar sus decisiones en materia de tipos de interés. Por todo ello, es por lo que se introduce un componente sistemático representativo de la discrecionalidad de la autoridad monetaria.

Las estimaciones para datos trimestrales suelen comprenderse en el intervalo (no estricto) entre 0,8 y 0,9, lo cual vuelve a incidir en un lento ajuste del tipo de interés. Esta situación depende únicamente de las autoridades monetarias y la posible discrecionalidad en la que se ven involucradas a la hora de decidir cuándo dicho ajuste debe o no ser puesto en práctica (Clarida *et al.*, 1999). Conforme a las estimaciones realizadas, los valores del parámetro ρ obtenidos en la tabla 14, son los siguientes:

Tabla 14. Estimaciones parámetro ρ

	Backward-looking	Forward-looking
Regla de Taylor con	0,86	0,79
producción	(0,038)	(0,051)
Regla de Taylor con	0,86	0,84
tasa desempleo	(0,037)	(0,046)

Elaboración propia. Las desviaciones típicas aparecen entre paréntesis

Todo lo cual, se va a emplear el valor 0,86 en las estimaciones *backward-looking* y el valor 0,79 en las estimaciones *forward-looking*, para caracterizar en mayor medida la lentitud que a priori se puede observar en el ajuste gradual del tipo de interés. En cualquier caso, a efectos de la comparativa realizada en los gráficos 10, 11 y 12 de la página 238, se incluirá únicamente los suavizados obtenidos para las estimaciones *forward-looking*.

4.4 La aplicación de la regla de Taylor para España

A continuación, se van a estimar cuatro versiones de la regla de Taylor de política monetaria para España, con el fin de realizar una comparativa entre sus predicciones y la evolución que ha tenido el tipo de interés a lo largo del período objeto de estudio.

Estos cuatro modelos diferentes son:

- Un modelo *backward-looking* en donde el comportamiento del tipo de interés se establece en función de los valores pasados de la tasa de inflación y la producción.
- Un modelo *forward-looking* en donde para estimar la regla se tienen en cuenta en esta ocasión las expectativas futuras de la tasa de inflación.
- La regla de Taylor medida por la tasa natural y la tasa observada de desempleo en lugar de la producción y para ambas versiones, *backward-looking* y *forward-looking*.

Estos cuatro modelos presentan la siguiente formulación:

$$i_t^* = \alpha + \gamma_\pi(\pi_t - \bar{\pi}) + \gamma_x(x_t - \bar{x}_t) \quad (4.11)$$

$$i_t^* = \alpha + \gamma_\pi(\pi_t - \bar{\pi}) - \gamma_u(u_t - u_n) \quad (4.12)$$

para las versiones *backward-looking*, mientras que:

$$i_t^* = \alpha + \gamma_\pi(E\pi_{t+1} - \bar{\pi}) + \gamma_x(x_t - \bar{x}_t) \quad (4.13)$$

$$i_t^* = \alpha + \gamma_\pi(E\pi_{t+1} - \bar{\pi}) - \gamma_u(u_t - u_n) \quad (4.14)$$

son las versiones *forward-looking* de la regla de Taylor en donde,

$$\alpha = \bar{r} + \bar{\pi}$$

$$\gamma_{\pi} > 1, \gamma_x > 0$$

$$\gamma_{\pi} > 1, \gamma_u > 0$$

aplicando asimismo la técnica del *interest rate smoothing*,

$$i_t^* = (1 - \rho)\bar{i}_t + \rho i_{t-1}^* \quad (4.15)$$

Tal y como se ha mencionado anteriormente, la diferencia principal entre ambas reglas radica en que mientras que en el modelo *forward-looking* el objetivo de la tasa de inflación efectiva se compara con respecto a las expectativas para el período $t+1$, en el *backward-looking* la desviación en la inflación se calcula en función de sus valores pasados. Asimismo, el tipo de interés nominal objetivo a corto plazo i_t^* depende de:

- Los objetivos potenciales establecidos por las autoridades monetarias respecto al tipo de interés real de equilibrio \bar{r} y la tasa de inflación $\bar{\pi}$.
- De la desviación de la tasa de inflación respecto a su objetivo, bien $(\pi_t - \bar{\pi})$ ó $(E\pi_{t+1} - \bar{\pi})$.
- De la desviación de la producción en términos reales respecto a su nivel potencial para un período de tiempo determinado

$(x_t - \bar{x}_t)$, o de la desviación de la tasa de desempleo respecto de su tasa natural $(u_t - u_n)$, según corresponda.

- De los parámetros $\gamma_\pi, \gamma_x, \gamma_u$ los cuales ponderan las desviaciones de la inflación, la producción y la tasa de desempleo respecto a sus objetivos, respectivamente. Sus valores son establecidos con anterioridad a las estimaciones, dando una medida de la sensibilidad de cada uno de en las desviaciones respecto a los cambios en el tipo de interés.

Por último, para evaluar si los modelos se ajustan coherentemente a los datos, se realiza una calibración de los mismos⁸⁷ (Kydland y Prescott, 1982). Otra de las técnicas a emplear para identificar la validez de un determinado modelo económico sería el empleo de estimaciones econométricas de los parámetros. Pero en el caso específico que nos concierne, se identificará si dichos parámetros

⁸⁷ Al calibrar un modelo económico se eligen las formas funcionales y los parámetros que configuran los problemas de decisión, en este caso en materia de política monetaria, de tal forma que la economía simulada imite las dimensiones relevantes del comportamiento de la economía real que nos interese. La calibración de un modelo también nos permite determinar si su diseño es adecuado. En el diseño de un modelo se eligen los aspectos de la realidad que se van a modelizar explícitamente y en su calibración se comprueba si esos aspectos son suficientes para imitar las propiedades que nos interesan de la economía real.

están o no correctamente calibrados mediante su observación, siendo éste el método originariamente utilizado por Taylor.

4.4.1 Resultados

En el tratamiento previo de los datos para realizar las predicciones de las diferentes reglas de Taylor, cabe destacar lo siguiente:

- La serie trimestral para el tipo de interés es la misma que la utilizada previamente en el análisis de cointegración. Se le ha realizado la técnica del *interest rate smoothing* o suavizado para detectar el nivel de ajuste de la variable.
- A diferencia de lo empleado en el tercer capítulo de esta memoria de Tesis Doctoral, en este caso se utiliza la tasa de variación de la inflación, cuya serie trimestral es la correspondiente al INE.
- En los casos de las dos versiones *forward-looking*, las expectativas de inflación se han calculado de forma predictiva estimando una regresión de la tasa de inflación para el período $t+1$, en función de sus valores pasados.
- Los datos de la tasa de crecimiento trimestral de la producción medidos por el PIB en términos reales también se han obtenido

del INE, cuya serie temporal en este caso está directamente corregida y ajustada de estacionalidad⁸⁸.

- El nivel de producción potencial \bar{x}_t , se ha obtenido al aplicar el filtro HP a la serie del PIB para cada trimestre entre 1984:1-2013:2.

- Para α , el valor objetivo de la tasa de inflación $\bar{\pi}$ es del 2% tal y como estableció el BCE tras la entrada en vigor del euro como objetivos a cumplir a largo plazo en toda la zona Euro. El valor objetivo del tipo de interés real \bar{r} se establece también en el 2%⁸⁹.

- Los valores de los parámetros de sensibilidad al tipo de interés son del 1,5 para la tasa de inflación γ_π y del 0,5 para los parámetros γ_x, γ_u correspondientes a las desviaciones del producto y de la tasa de desempleo respecto de sus niveles potenciales, respectivamente.

⁸⁸ En caso contrario, la serie sin corregir estacionalmente proporcionaría una extraña evolución del tipo de interés ya que presentaría una volatilidad tan grande en su comportamiento que éste no estaría ajustado a la realidad.

⁸⁹ Este nivel no es estricto, en el sentido de que el BCE no lo explicita como objetivo básico a cumplir, sino que más bien una orientación. Si bien en algunos momentos desde la entrada en vigor del euro \bar{r} no ha sido del 2% (aunque sí similar), éste es el valor utilizado por simplicidad para realizar las estimaciones correspondientes en la presente memoria de Tesis Doctoral, sin que los resultados dejen de ser significativos.

- La serie temporal correspondiente a la tasa de desempleo se ha obtenido de los datos trimestrales de la EPA, para el periodo muestral considerado.
- La tasa natural de desempleo u_n , resulta de aplicar el filtro HP a los datos de la EPA para cada trimestre entre 1984:1-2013:2.

Con toda esta información se han obtenido tres gráficos (página 238) en los cuales aparecen detalladas las evoluciones de las cuatro reglas de Taylor y la evolución del tipo de interés de intervención (o de referencia) junto a su suavizado. En este sentido, se puede observar lo siguiente:

- El primer gráfico relaciona el comportamiento del tipo de interés y su suavizado (*forward-looking*), con los de las versiones *backward-looking* y *forward-looking* de los modelos con la variable producción.
- En el segundo gráfico se realiza idéntico ejercicio, pero en este caso de los modelos con la variable tasa de desempleo.
- En el tercer y último gráfico se comparan únicamente las dos versiones *forward-looking* para la producción y para la tasa de desempleo, con respecto al tipo de interés y su suavizado (*forward-looking*).

Como aspecto general cabe indicar que todos los modelos están correctamente calibrados. Las estimaciones *backward-looking* y *forward-looking* de la regla de Taylor realizan un buen trabajo a la hora de describir el comportamiento del tipo de interés.

Sin embargo, hay que matizar esta afirmación respecto a las dos versiones *backward-looking*, ya que parecen rechazar en ciertos momentos la evolución del tipo de interés, principalmente a partir de los años 1998-1999 en adelante⁹⁰, en donde las predicciones resultan ser opuestas a la propia del tipo de intervención. Incluso para la versión *backward-looking* con la variable producción, se determina un tipo de interés de intervención negativo para la primera parte del año 2009⁹¹.

⁹⁰ En este sentido, Clarida *et al.* (1999), comparan para el caso americano la habilidad que ambas reglas tienen a la hora de explicar, en su caso, la etapa pre-Volcker (1960:1-1979:2) y la etapa Volcker-Greenspan (1979:3-1996:4), en donde encontraron una clara tendencia por parte de los datos utilizados a rechazar parcialmente la regla *backward-looking* en favor de la *forward-looking*, precisamente por su capacidad de predicción en función de las expectativas de los agentes económicos.

⁹¹ Aquí cabe una reflexión en el sentido de si es posible desarrollar un modelo en el que sea compatible una regla de Taylor con tasas de interés negativas fijadas por el banco central.

Por lo tanto, en las dos versiones *backward-looking* efectivamente aparecen divergencias más o menos acentuadas en momentos puntuales con respecto a la evolución del tipo de interés.

Por el contrario, las dos versiones *forward-looking* presentan en general un mayor poder explicativo, ya que al incorporar las expectativas futuras de inflación pueden actuar como un indicador adelantado de la política monetaria. En este sentido, se ha decidido realizar la comparativa de estas dos versiones en un gráfico independiente, el tercero, con el fin de que el análisis de sus evoluciones respecto a la del tipo de interés sea más esclarecedor.

En los gráficos 10, 11 y 12 de la página siguiente (ampliados en el anexo 3), a primera vista se puede observar la existencia de dos partes bien diferenciadas en todas las tendencias. Estas dos partes presentan como punto de inflexión o ruptura el primer trimestre de 1999, correspondiente a la entrada en vigor de la moneda única y a la centralización de la toma de decisiones de política monetaria por parte del BCE para toda la zona Euro. A partir de esta apreciación, se analizan en función de cada una de estas dos evoluciones históricas diferentes.

Gráfico 10

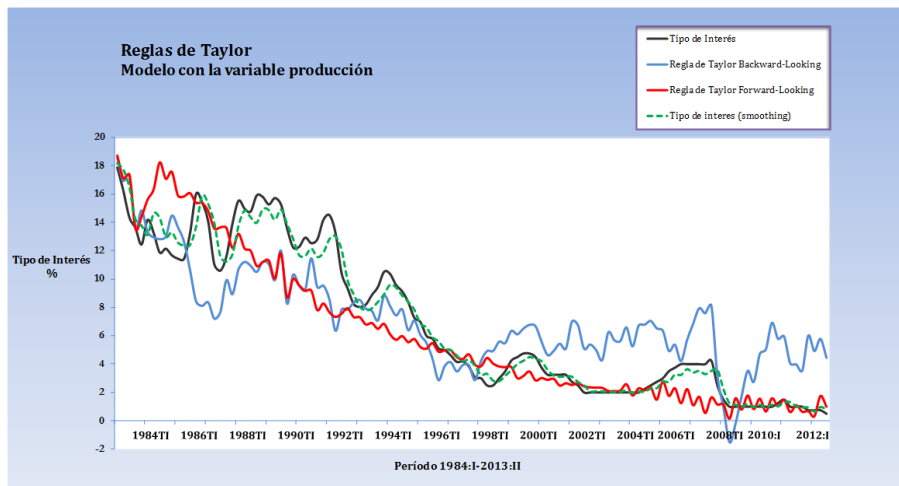


Gráfico 11

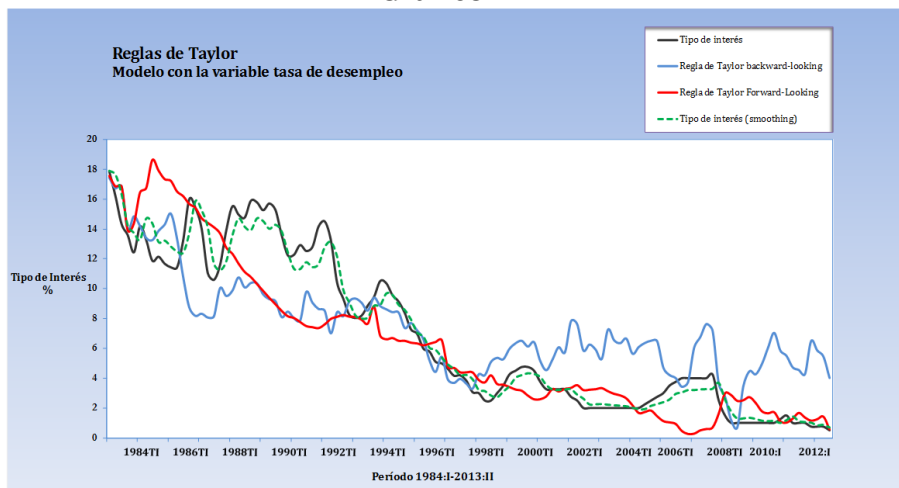
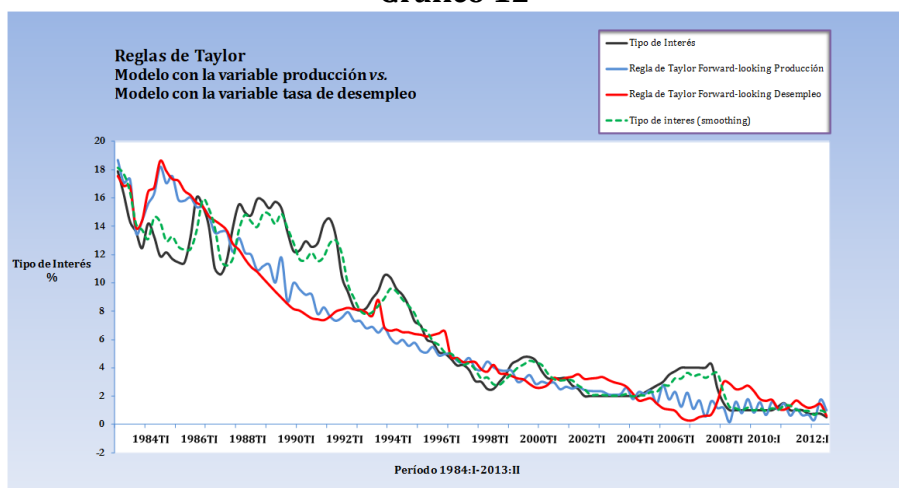


Gráfico 12



En cualquier caso, es necesario mencionar como para la primera parte de los gráficos el tipo de interés describe una senda con altibajos, lo que implica que la efectividad en el seguimiento de las reglas de Taylor es menor que con respecto a la segunda parte.

Y es precisamente unos años antes de 1999, cuando la evolución del tipo de interés nominal a corto plazo puede describirse con mayor precisión por dichas reglas (principalmente por las versiones *forward-looking*), ya que como ahora se adelanta, el Banco de España concedió un mayor peso al objetivo de control de la inflación que al de estabilización del nivel de actividad o al de control de los agregados monetarios. Se pretendía de esta forma consolidar las bases de la nueva política monetaria única.

Puede afirmarse además, que este esfuerzo en controlar la tasa de inflación fue incluso mayor que en otros países europeos, debido a la extraordinaria convergencia que España realizó de cara a entrar desde el inicio en la moneda única⁹².

⁹² Pampillón Olmedo (2000), realiza una interesante y concisa exposición de las principales características por las cuales la zona euro (Eurosistema) se rige desde entonces y hasta el momento presente.

4.4.1.1 Primer período entre 1984 y 1998

Durante este período, el Banco de España era el organismo competente en la conducción de la política monetaria. Por aquellas fechas, el sistema financiero español estaba altamente regulado y la política monetaria era más bien pasiva y con instrumentos de intervención no tan dinámicos como los actuales. En este sentido, la instrumentación de la política monetaria hasta 1994 se basaba fundamentalmente en la evolución de los agregados monetarios y la demanda de dinero.

A partir de aquí, el Banco de España se convierte en una institución totalmente independiente de otros organismos del Estado, al aprobarse su Ley de Autonomía⁹³.

Obtenida pues la plena autonomía, el Banco de España estableció una nueva instrumentación de la política monetaria orientada principalmente a la estabilidad de precios vía tipo de interés, lo cual motivó que la institución modificara su estrategia básica

93 El período comprendido entre 1984 y 1989 corresponde a los años en los que en la ejecución de la política monetaria predominan las características de una *economía cerrada* (Ayuso y Escrivá, 1997) y entre 1989 y 1998 las de una *economía abierta*, sujeta principalmente a los compromisos cambiarios derivados de la incorporación de la peseta al euro.

relegando a un papel secundario a los agregados monetarios M1, M2 y M3.

Ya con esta nueva estrategia operativa, a comienzos de 1995 hubo un repunte en la tasa de inflación que provocó una respuesta rápida, por la que se incrementó el tipo de interés de intervención en casi dos puntos, propiciando que se neutralizara la desviación inflacionista y permitiendo ganar credibilidad con la nueva forma de actuación⁹⁴.

Pero volviendo a comienzos del periodo, uno de los aspectos destacados fue es la gran volatilidad en el comportamiento del tipo de interés durante el período 1984-1994. Fue una etapa en la que el tipo de intervención del mercado interbancario se mantenía en niveles cercanos en media al 15%, lo cual da una idea acerca de la situación, en donde los niveles de inflación eran por regla general muy superiores a existentes en la actualidad.

94 Básicamente, la estrategia de control de la inflación es parecida a la del control de la cantidad de dinero, pero con una diferencia importante que es la elección del objetivo intermedio. Las previsiones de la tasa de inflación lo son en el primer caso mientras que la oferta monetaria es el objetivo intermedio en el segundo, pretendiendo en ambos casos el control de la tasa de inflación como objetivo final. Por ello, las predicciones y expectativas de los niveles de inflación cobran especial importancia desde 1994.

Concretamente y salvo en 1987, en donde la tasa de inflación anual descendió por debajo del 5%, el nivel general de precios hasta 1992 oscilaba entre el 6% y el 9% por término medio, con tasas que incluso a principios de 1984 superaron el 10% anual. El elevado tipo de interés también provocaba que el crecimiento de la producción medida por el PIB, aunque constante, no fuera excesivamente llamativa y salvo para trimestres puntuales (donde observando las series de datos aparecen incrementos superiores al 2%), su crecimiento oscilara entre el 1% y el 2%. Con respecto a la tasa de desempleo, ésta se situó en niveles altos, del orden del 19%-20%.

Uno de los factores condicionantes de esta situación fue el precio del petróleo. El precio del barril de crudo Brent se mantenía relativamente elevado, principalmente en 1984 cuando rondaba los 30\$, lo que efectivamente no ayudaba a contener la inflación en aquel momento. Por lo tanto, no era de extrañar el elevado tipo de interés en un período en el que el precio del petróleo era comparativamente alto en términos reales, la tasa de inflación considerablemente alta, la tasa de paro preocupante y el ritmo de crecimiento de la actividad económica contenido.

Sin embargo, a partir de los años 1985 y 1986 se observa que las predicciones de las reglas de Taylor se desvían de los tipos de

interés vigentes, los cuales continuaban en niveles superiores al 15%. Estas reglas predicen que el tipo de interés del mercado interbancario debía haberse suavizado en mayor medida de lo que realmente lo hizo (relevante es la tendencia a la baja que presenta la versión *forward-looking* con tasa de desempleo), ya que si bien la tasa de inflación se mantenía en niveles cercanos al 6%, la tasa de desempleo rondaba el 21% y el ritmo de crecimiento del PIB seguía disminuyendo. Eso sí, el precio del barril de crudo Brent se mantuvo durante prácticamente una década (la comprendida entre 1986 y 1998), en niveles que oscilaban entre los 15\$ y los 23\$, salvo en contadas excepciones.

Es por lo tanto una etapa en la que el precio del petróleo no presiona excesivamente al alza, con lo que no se convierte en un factor clave a la hora de explicar los aumentos en el nivel general de precios. Y como consecuencia de ello, este efecto favorable en el precio del petróleo provocó un cambio a su vez en las expectativas de los agentes económicos, de modo que la economía española se adentró en los años posteriores, en una fase expansiva intensa que entre otros, trajo consigo un aumento de las inversiones extranjeras.

Asimismo, se observa positivamente como la tasa de paro se redujo hasta aproximadamente el 15% entre 1989 y 1991 (las

reglas de Taylor predicen incluso una mayor bajada del tipo de interés de la que realmente se produjo y que probablemente hubiera reducido en mayor medida la tasa), momento en el cual, la política monetaria se contrajo un poco motivada por las presiones inflacionistas que surgieron por otro tipo de factores distintos al precio del petróleo. Esta subida del tipo de interés consiguió reducir la tasa de inflación (incluso a pesar de la fuerte demanda), a niveles del 5% en los años 1987 y 1988.

Sin embargo, la economía española tuvo también que enfrentarse a dificultades relacionadas con el sector exterior. La política monetaria de signo restrictivo incluso en un ambiente de expansión, incrementó el tipo de interés provocando entradas de capital a corto plazo atraídas por el diferencial de intereses. Ello motivó una apreciación de la peseta (principalmente en el año 1985 y en menor medida en 1986), lo cual incrementó el déficit de la balanza de pagos por cuenta corriente debido a la fuerte demanda interna existente.

De esta forma, se entró en una situación complicada en la que para evitar la una mayor apreciación de la peseta, el Banco de España debía restringir en mayor medida la política monetaria mediante incrementos del tipo de interés. Como consecuencia, el Banco de España hubo de aceptar desviaciones significativas en el ritmo

efectivo de crecimiento de la cantidad de dinero respecto de sus objetivos, principalmente en 1988.

Volviendo con el análisis histórico, la tendencia real del tipo de interés y las correspondientes a las reglas de Taylor comienzan a converger paulatinamente hasta coincidir en 1995. Si bien las dos versiones *backward-looking* y *forward-looking* con la variable producción continúan por debajo de la correspondiente al tipo de interés, en la *versión forward-looking* con la tasa de desempleo se detecta una tendencia contraria, ya que señala una subida del tipo de interés en su lugar. En cualquier caso, esta tendencia se corrige poco después para continuar la senda bajista de convergencia con el fin de alcanzar el nivel objetivo del 3%, marcado por el BCE para todos los países de la zona Euro a comienzos de 1999.

Anteriormente, España entra en recesión económica en 1993, presentando un ritmo de crecimiento en la actividad negativo, una tasa de desempleo que aumenta desde el 19% a finales de 1992 hasta el 24% a mediados de 1994 y en donde se observa que la tasa de inflación interanual se sitúa de nuevo por debajo del 5%. El precio del barril de crudo se mantiene en los niveles anteriormente mencionados, lo cual alivia en parte la mala situación en que se encontraba la economía en nuestro país.

A partir de ese momento, la tasa de inflación se mantuvo en una senda descendente que la situó incluso por debajo del 2% en 1997 y que permitió cumplir con el criterio de convergencia en materia de estabilidad de precios. A su vez, el comportamiento de los precios permitió al mismo tiempo, relajar progresivamente la política monetaria de modo que el tipo de interés de intervención descendiera gradualmente hasta alcanzar el 3% al comienzo de la Unión Monetaria en 1999.

En estos años posteriores hasta la entrada en circulación del euro, se observa que el ritmo de crecimiento de la actividad aumenta una vez terminado el período de recesión que comenzó en 1993. Asimismo, la tasa de desempleo se reduce desde el mencionado 24% hasta el 15% a finales de 1998 y la tasa de inflación no vuelve a superar el 5%, disminuyendo progresivamente y oscilando en niveles comprendidos entre el 2 y el 4%. El tipo de interés por su parte continúa su convergencia como se ha mencionado, disminuyendo paulatinamente y quedando finalmente establecido en el 3%.

Se intuye en el análisis desarrollado hasta el momento, que cuando el Banco de España llevaba a cabo una política monetaria contractiva mediante aumentos (en algunos casos no predecibles) del tipo de interés, el efecto negativo que sobre la tasa de

crecimiento de la producción o sobre la tasa de desempleo se producían eran mayores proporcionalmente a los ocasionados si se realizaba una política expansiva con una reducción de los tipos de interés en la misma magnitud.

Esto implicaría que los ajustes en el tipo de interés para contrarrestar un incremento de la inflación eran mayores ante una recesión o un repunte de la inflación.

Asimismo, las reglas de Taylor a través de los gráficos predicen que el tipo de interés debía haber disminuido para fortalecer un mayor ritmo de crecimiento de la producción y una disminución de la tasa de desempleo. En este sentido, se intuye que en las decisiones de la autoridad monetaria primó el objetivo de estabilización de los precios a cualquier otro, principalmente a partir de 1994.

4.4.1.2 Segundo período entre 1999 y 2013

En la segunda parte del gráfico (desde 1999 hasta 2008) y una vez conseguida la convergencia con respecto a Europa, la situación cambia de forma drástica. En este sentido las dos reglas de Taylor *forward-looking* presentan unas predicciones interesantes con respecto al tipo de interés fijado por el BCE.

Comencemos sin embargo con la cotización del barril de crudo Brent. Es a partir de 1999 cuando comienzan a producirse frecuentes *shocks* en su precio, con fuertes incrementos como consecuencia del aumento de la demanda mundial. En el año 2000 por ejemplo, el precio del barril de crudo supera de nuevo los 30\$, oscilando alrededor de dicho precio hasta 2004, en donde supera por primera vez los 40\$ y a partir de ahí llega a cotizar a más de 60\$ en 2005, e incluso a 70\$ durante 2006, finalizando el año 2007 por encima de los 90\$ y con una evolución durante el tercer trimestre de 2008 dramática, llegando en determinados momentos a superar la barrera de los 130\$. Tras ese período, su cotización se suaviza disminuyendo hasta los 40\$ con motivo de los primeros síntomas de crisis económica y financiera.

Esta bajada sería solamente un espejismo, ya que desde aquel momento hasta la actualidad, el crudo ha experimentado una subida en el precio ininterrumpida hasta llegar a los 108\$ en el año 2013. Como consecuencia de todo ello, la inflación en España se vio constantemente afectada de forma negativa, con repuntes importantes durante estos últimos esos años y oscilando entre el 2,5% y el 4% (salvo en 2009 en donde la variación interanual indica que hubo deflación).

Si bien, como se ha analizado anteriormente durante el primer período, el Banco de España concedió un gran peso al objetivo de control de la tasa de inflación por la extraordinaria convergencia que se realizó de cara a entrar desde el inicio en la moneda única (consiguiendo dicho objetivo), parte del éxito radica en la contención de la cotización del barril de crudo Brent en aquellos años. Parece por tanto que estos *shocks* posteriores han afectado de forma directa e indirecta a la tasa de inflación, presionándola al alza incluso entre 2010 y 2013, en donde España se encuentra inmersa en la crisis económica que conocemos.

Bien es verdad que durante la etapa comprendida entre los años 2002-2006, la tasa de crecimiento de la economía española se estabiliza en torno al 2,5-3% anual, lo cual explicaría en parte el hecho de que, junto con una inflación moderada aunque de nuevo creciente, el BCE no decidiera subir los tipos y mantenerlos en el 2% hasta precisamente el cuarto trimestre de 2005, en donde el precio del petróleo incrementa aún más su tendencia alcista y las tasas de inflación, no solamente en España sino del resto de la zona Euro, comienzan a elevarse como consecuencia de su precio.

En cualquier caso, no hay que olvidar que la decisión respecto a los tipos de interés no solamente está en función de cómo un *shock* en el precio del petróleo se traslada al nivel general de

precios, sino que lógicamente es consecuencia de un conjunto de factores más amplio. Incluso si los precios de la energía presionan al alza a la tasa de inflación, ésta se contrarresta si el gasto en consumo interno de una economía se deprime, situación que está atravesando España desde el año 2009. Es en este sentido en el que las reglas de Taylor también se pueden interpretar como un indicador de alerta para las autoridades monetarias.

Debido a esta situación respecto al precio del petróleo, las reglas de Taylor deberían predecir subidas en el tipo de interés y sin embargo, en su lugar las predicciones están en sintonía con la evolución del tipo de interés (más la versión *forward-looking* con producción que la versión con desempleo, aunque similares ambas). Como se ha analizado en el párrafo anterior, esto es debido a la recesión económica y a la consideración de las tasas de crecimiento negativas en la producción, así como a la subida imparable de la tasa de desempleo en España que presentan las series de datos.

Sin embargo, respecto a esta aparente sintonía, cabe una reflexión. El BCE elevó el tipo de interés de intervención de nuevo entre el 2006 y el 2008 hasta alcanzar el 4%-4,25% y sin embargo las dos versiones *forward-looking* predicen justo lo contrario es decir, tipos de interés a la baja hasta llegar al 1%.

Si el tipo de interés se hubiera mantenido durante los años anteriores, entre el 2003 y el 2006, en unos niveles superiores al 2% (como predicen en este caso, las dos versiones *backward-looking* al unísono⁹⁵), tal vez no se hubiera llegado a la actual situación de crisis y recesión económica. En esta afirmación hay una referencia implícita al enorme incremento en la concesión de créditos a empresas e hipotecas a familias para la compra de viviendas en la zona Euro (principalmente en los Países PIIGS⁹⁶), lo cual se generó en un entorno en el que el precio del dinero era muy bajo.

Este incremento en el endeudamiento de los agentes económicos, provocó que con la subida del tipo de interés hasta el 4%, se incrementara la ratio de morosidad (gran parte de las deudas contraídas vía hipotecas dejaron de ser afrontadas, con el consiguiente incremento de los impagos y de los problemas en balance y liquidez en las entidades financieras), provocando increíbles riesgos desde el punto de vista financiero. Por este motivo, el sector bancario también en crisis, redujo la liquidez y el crédito a familias y principalmente a empresas, lo cual ha derivado en una disminución de la actividad económica con la

⁹⁵ Si bien sus predicciones para estos años son exageradas, se la da validez principalmente a la tendencia alcista que presentan.

⁹⁶ Referencia a Portugal, Irlanda, Italia, Grecia y España.

aparición de tasas negativas en el crecimiento de la producción, así como en una espectacular escalada de la tasa de desempleo en España hasta alcanzar niveles del 25%-26%. Es por ello por lo que el BCE tuvo que rectificar, aliviando el tipo de interés de forma paulatina situándolo desde el 4,25%, hasta el 0,5% en vigor actualmente.

Indicar además, que la recesión económica en España también está provocando un importante problema de paro de tipo estructural, debido al enorme peso que los sectores cíclicos, principalmente el de la Construcción, tienen en nuestra economía y que son los primeros en verse afectados negativamente.

Pero volviendo al precio del petróleo, los *shocks* son uno de los factores clave en este entorno y los continuos incrementos en el precio que se han ido produciendo hasta la primera parte de 2008 han provocado un alza no deseada de la tasa de inflación en España. Esto a su vez, se ha trasladado de forma negativa a la actividad económica y por lo que respecta al BCE, se ha visto obligado de nuevo a bajar el tipo de interés para neutralizar los síntomas de recesión y reactivar las economías de la zona Euro, tal y como se ha explicado anteriormente.

En este sentido, se observa como las dos versiones *forward-looking* de la regla de Taylor anticipan en su último tramo el significativo descenso en el tipo de interés que efectivamente se ha producido y en donde el BCE lo ha rebajado hasta dejarlo en el 1% primero y finalmente en el 0,5%⁹⁷.

Este importante descenso da una idea de la grave situación económica, en donde el BCE ha recortado el precio del dinero más de tres puntos porcentuales desde el año 2008, rompiendo con su tradicional comportamiento conservador basado en no alterar el tipo de interés o hacerlo solo mediante pequeños movimientos al alza o a la baja.

Indicar también que en las últimas fechas, el precio del barril de crudo Brent ha vuelto a cotizar por encima de los 100\$. La fuerte demanda de crudo en los mercados internacionales motivada por la presión de los países emergentes, parece no ayudar al viejo continente y es de esperar alguna tensión inflacionista, que en el caso de España sería lógicamente perjudicial.

⁹⁷ En el tercer trimestre de 2011, el BCE subió el tipo de interés del 1% al 1,25% y finalmente al 1,50%. Dicho movimiento alcista fue rectificado rápidamente hasta situarlo de nuevo en el 1% ese mismo año.

Para finalizar, la última bajada del tipo de interés por parte del BCE se interpreta como un nuevo esfuerzo, el de intentar por enésima vez impulsar la actividad económica, con un precio del dinero barato que haga fluir el crédito, para que la tasa de crecimiento de la producción aumente y por consiguiente disminuya la tasa de desempleo, lo cual reactivaría el gasto en consumo interno.

4.5 Conclusiones del capítulo: reacción de la política monetaria mediante reglas de Taylor a un *shock* del precio del petróleo Brent

Este cuarto capítulo, ha estudiado principalmente la reacción de las autoridades monetarias en materia de tipos de interés para neutralizar los efectos inflacionistas que provocan tanto los *shocks* en el precio del petróleo, como la relación que existe también con respecto a la tasa de crecimiento de la producción y la tasa de desempleo.

La regla de Taylor de política monetaria, cuya utilización tras el debate Reglas vs. Discrecionalidad se ha extendido para facilitar la toma de decisiones, proporciona a los bancos centrales de útiles predicciones en materia de tipo de interés.

En los tres gráficos obtenidos se puede observar la existencia de dos partes bien diferenciadas. Una primera parte bajo la autoridad del Banco de España y una segunda bajo la del BCE. Estas dos partes presentan como punto de inflexión o ruptura el primer trimestre de 1999, correspondiente a la entrada en vigor de la moneda única y a la centralización de la toma de decisiones de política monetaria como decimos, por parte del BCE para toda la zona Euro. A partir de esta apreciación, las estimaciones *backward-looking* y *forward-looking* de la regla de Taylor realizan un buen trabajo a la hora de describir el comportamiento del tipo de interés, si bien la versión *forward-looking* presenta un mayor poder explicativo ya que al incorporar las expectativas futuras de inflación, puede actuar como un indicador adelantado de la política monetaria. En este sentido, parece que han sido tenidas en consideración por el BCE en mayor medida.

Centrándonos en la evolución de la segunda parte de los gráficos, resulta relevante la predicción de bajada del tipo de interés para el momento actual y que efectivamente ha llevado a cabo el BCE con el propósito de reconducir la recesión económica existente en la zona Euro. La representación gráfica de las reglas de Taylor y el tipo de interés, muestran ciertas divergencias con respecto al comportamiento del precio del petróleo en los años posteriores a la entrada en vigor del euro.

Y es que los frecuentes *shocks* ocurridos a partir de 1999, no fueron respondidos con un endurecimiento de la política monetaria por parte del BCE (tal y como recomiendan las reglas de Taylor), que mantuvo el tipo de interés en niveles del 2% de forma prolongada, hasta que en 2005 rompió esta tendencia, al tener que subirlo finalmente por las evidentes presiones inflacionistas del precio del crudo. Cabe preguntarse qué hubiera ocurrido si el tipo de interés hubiera estado a un nivel más alto durante los años 2002-2005. Es decir, si el BCE hubiera endurecido su política monetaria, sería de esperar que los síntomas actuales de recesión económica fueran menos evidentes, o simplemente no se habrían producido.

El extraordinario nivel de endeudamiento que ocasionó en las familias a través principalmente de préstamos hipotecarios y de las empresas vía créditos a la explotación, incrementaron enormemente el nivel de morosidad en la sociedad. Todo ello resulta clave a la hora de analizar el momento presente de crisis económica. Como consecuencia, el BCE ha ido rebajando paulatinamente el tipo de interés hasta situarlo primero en el 1% y finalmente en el 0,5%⁹⁸ actual.

⁹⁸ En el tercer trimestre de 2011, el BCE subió el tipo de interés del 1% al 1,25% y finalmente al 1,50%. Dicho movimiento alcista fue rectificado rápidamente hasta situarlo de nuevo en el 1% ese mismo año.

Este importante descenso da una idea de la grave situación económica, en donde el BCE ha recortado el precio del dinero más de tres puntos porcentuales desde el año 2008, rompiendo con su tradicional comportamiento conservador basado en no alterar el tipo de interés o hacerlo solo mediante pequeños movimientos al alza o a la baja.

Es de esperar en el medio plazo que la demanda de petróleo a nivel mundial continúe aumentando, esta vez en mayor medida cuando remitan los síntomas de recesión económica en España y en el resto de países industrializados, lo que seguramente provoque nuevos aumentos de su precio. Todo lo cual, dada nuestra gran dependencia en el crudo y nuestra condición de país importador neto, volverán a ser malas noticias para la economía española.

5. Conclusiones

Cuanto mayor es la dependencia energética de un determinado país, mayor impacto tiene un *shock* del precio de cualquier materia prima en su economía. En este sentido, la dependencia de la economía española en el petróleo es prácticamente total y es que resulta innegable el hecho de que uno de los factores más importantes en el progreso económico es precisamente, la energía. Este aspecto, hay que contextualizarlo a su vez dentro de la complicada situación económica en la que nos estamos desarrollando desde el año 2008 y que ha originado una crisis económica y financiera global de gran magnitud. Todo ello describe un marco difícil para cualquier economía que pretenda conseguir un crecimiento económico sostenido.

En este sentido, el **segundo capítulo** de esta memoria de Tesis Doctoral se ha dedicado a describir los aspectos más relevantes del petróleo y su papel tanto en el entorno económico mundial, como particularmente a nivel nacional. El petróleo es una materia prima que presenta signos de escasez, lo cual unido a un aumento de su demanda por parte los países emergentes, genera complicaciones en cuanto se produce una perturbación importante en su precio. Y es que al igual que la mayor parte de los países industrializados, España no es una excepción en la utilización del petróleo y sus derivados como fuente de energía

primaria principal. El petróleo representa más del 50% del consumo total de energía en nuestro país, lo que da una clara señal de nuestra alta dependencia en el crudo.

El progresivo agotamiento de los yacimientos petrolíferos está provocando la búsqueda de vías alternativas de extracción de crudo, básicamente mediante el *fracking* o fracturación hidráulica, que supone una oportunidad de futuro muy importante en términos económicos y de rentabilidad de inversiones. En España, esta oportunidad sería única y supondría aliviar su enorme déficit de crudo. Como país, no es ajeno al enorme potencial de los yacimientos de hidrocarburos no convencionales es decir, *shale oil* y *shale gas*.

La posibilidad de que el territorio español albergue recursos de este tipo ha propiciado un aumento de las solicitudes de exploración por parte de empresas públicas y privadas desde el año 2011. De cualquier forma, los expertos creen sin embargo que el potencial para España en la materia es limitado aunque existente, tal y como determina el estudio realizado en 2012, *Gas no convencional en España, una oportunidad de futuro* por el Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas.

En otro orden de cosas, una de las funciones más importantes de los mercados abiertos de petróleo (epígrafes 2.4 y 2.5) es la información sobre las condiciones del mercado de compra y venta y sobre las expectativas que se transmiten a través de los precios, organizándose todos ellos de forma muy similar. Estos precios sirven de referencia para todos los participantes en el sector, usen o no el mercado abierto, con tal de que sean suficientemente representativos de la situación general en el comercio del producto. Pero la cotización de los productos derivados en estos mercados no tiene por qué coincidir con el precio del petróleo, ya que a los carburantes hay que añadirles otros costes de gran relevancia. Es decir, dichos precios no suelen reflejarse de forma inmediata en los precios finales al existir un retraso en su transmisión. La formación del precio también depende del coste de la materia prima, de varios costes y márgenes y de los impuestos, impuestos que representan por término medio el 50% del precio que paga el consumidor final en España.

El crudo como tal, no se comercializa tras la extracción en el yacimiento. Tal y como se describe en el subepígrafe 2.7.1, se debe transportar a las refinerías en donde se procesa para su transformación final en los productos derivados. Durante el proceso de refino, el barril de crudo se descompone en diferentes elementos tales como GLPs, querosenos, fuelóleo, naftas y

gasolinas, gasóleos, asfaltos y lubricantes. Una vez refinados, estos carburantes se ponen a la venta en el mercado al por mayor. En España, los mercados de referencia son el MED y el NWE, los cuales y aparte de la cotización del crudo, están influidos por la oferta y la demanda del momento, el coste de producción y el tipo de cambio €/\\$.

He aquí que la cotización de los carburantes en estos mercados no tiene por qué coincidir, como se acaba de mencionar, con el precio del petróleo. Las diferencias de precio de los carburantes en los diversos países se explican principalmente por las cargas fiscales, ya que el coste de la materia prima y el refino son similares.

En este sentido, la imposición indirecta que recae sobre los productos derivados del petróleo es un referente a la hora de analizar el impacto de los precios del petróleo. En concreto, la mayor parte de estos productos soportan una elevada carga impositiva que, al adoptar la forma mayoritaria de unitarios, provoca que para un aumento dado del precio antes de impuestos, la variación de su precio después de impuestos sea menor cuanto mayor es el nivel de los mismos. En cualquier caso, si bien la imposición es alta en España, todavía está lejos de la aplicada actualmente en los principales países de la Eurozona.

Para entender como toda esta casuística afecta desde la óptica macroeconómica a España, en el **tercer capítulo** se ha realizado el análisis econométrico de cointegración para las variables precio del petróleo Brent, tipo de interés nominal a corto plazo, tipo de cambio €/\$, IPC español, PIB español y agregado monetario M3. El propósito no ha sido otro que el de demostrar cómo los fuertes incrementos del precio del petróleo afectan a las principales variables macroeconómicas en España, estableciéndose los canales de transmisión por los cuales sube la inflación y el ritmo de crecimiento del PIB se ralentiza.

Ha sido necesario estudiar previamente si las variables son estacionarias o no estacionarias, ya que ello resulta clave de cara al análisis posterior. Cabe indicar además, que el concepto de estacionariedad se ha utilizado en sentido débil es decir, se ha considerado que una serie temporal será estacionaria si se presenta como un proceso estocástico en el que solamente los momentos de primer y segundo orden no son función del tiempo.

Tras el tratamiento de las series temporales y de la aplicación de los diferentes contrastes estadísticos necesarios para descartar comportamientos anómalos primero en los datos y después en los residuos (subepígrafes 3.3.4 y 3.4.1), los resultados obtenidos en el análisis de cointegración a través de las estimaciones de los

diferentes VAR y VECM, muestran signos evidentes del efecto negativo que los incrementos del precio del petróleo generan en la economía española (epígrafe 3.4.2).

El análisis de cointegración se ha aplicado de dos maneras diferenciadas. Por una parte, se han realizado análisis bivariantes entre cada una de las variables con respecto al precio del petróleo. Por otra parte, el análisis de cointegración conjunto de todas las variables.

Con los análisis bivariantes se ha pretendido reafirmar los resultados del análisis conjunto, lo cual y tras los resultados obtenidos en las respectivas estimaciones, se ha conseguido en su práctica totalidad.

Por partes, el análisis de cointegración bivariante ha anticipado dos relaciones de cointegración, entre el precio del petróleo y el IPC y también entre el precio del petróleo y el agregado monetario M3. En cuanto a las relaciones entre el precio del petróleo y el tipo de interés, el tipo de cambio y el PIB, sus comportamientos predicen procesos aleatorios independientes.

Tras estos resultados, se ha optado por emplear modelos VAR tradicionales para las relaciones individuales entre el tipo de

interés y el precio del petróleo, el tipo de cambio y el precio del petróleo y entre el PIB y el precio del petróleo. Por el contrario, al existir relaciones de cointegración, se han aplicado modelos VECM para las relaciones entre el IPC y el precio del petróleo, así como entre el agregado monetario M3 y el precio del petróleo.

Respecto al análisis conjunto de todas las variables se ha obtenido una relación de cointegración, procediéndose a estimar un modelo VECM utilizando un sistema de seis ecuaciones simultáneas correspondientes a cada una de las variables.

La secuencia general que provoca un *shock* del precio del petróleo, se describe con un incremento inmediato del IPC y del tipo de interés con el fin de contrarrestar el efecto del *shock* en la inflación. El tipo de cambio €/ \$ USA se aprecia ligeramente, aliviando en parte los efectos de dicho *shock*. Por su parte, el PIB comienza a presentar síntomas de debilidad, en primer lugar como consecuencia de la subida del precio del petróleo y más tarde por el incremento del tipo de interés, mientras que el comportamiento del agregado monetario M3 está ligado de forma inversa a la reacción del tipo de interés, disminuyendo por la acción de drenaje de la oferta monetaria vía mercado interbancario. Por lo tanto, los efectos no solamente se trasladan de forma directa a la economía, sino también de manera indirecta

por el proceso de ajuste que comporta el *shock*, el cual se evidencia en mayor medida en los sectores de la actividad económica que son más dependientes del petróleo, como son los casos del Transporte o la Construcción.

Conforme a estas pautas de comportamiento en las variables macroeconómicas, toda vez que los síntomas de debilidad económica remitan y la demanda de petróleo aumente, sería de esperar subidas del precio del petróleo de mayor magnitud. Dado que la economía española sigue siendo importadora neta de crudo, ello supondría nuevos retos coyunturales a afrontar y nuevas situaciones difíciles que superar.

Los resultados del análisis de cointegración permiten profundizar en las actuaciones de las autoridades correspondientes desde un punto de vista normativo. En este sentido, el **cuarto capítulo** desarrolla la aplicación de reglas de política monetaria para analizar la reacción de dichas autoridades en el ámbito monetario. Las decisiones persiguen como fin principal contrarrestar en primer lugar, los efectos inflacionistas que provoca un *shock* en el precio del petróleo y en segundo lugar, la posterior disminución de la tasa de crecimiento de la producción y el consecuente aumento de la tasa de desempleo.

Como marco previo, en el subepígrafe 4.1.1 se detallan los canales de transmisión del *shock* al conjunto de la economía, diferenciándose los efectos directos e indirectos para una primera fase y los posteriores para una segunda fase. La tasa de inflación se ve afectada inicialmente y de forma directa por el importante peso que el petróleo tiene en la cesta de bienes de consumo de las familias.

Los efectos indirectos en una primera fase se generan a través de un incremento en los costes de producción de las empresas, las cuales con el fin de mantener sus márgenes de beneficios, trasladan dicho incremento al precio de los bienes finales. El principal riesgo en este sentido es la posible ubicuidad de dichos efectos, por lo que la implantación de diferentes mecanismos para su aislamiento sería de crucial importancia.

El efecto posterior en una segunda fase, viene motivado por unas expectativas de inflación mayores por parte de los agentes económicos, así como por la presión al alza que ejercen los salarios debido a la disminución en los saldos reales de las familias. Estos efectos suelen ser más prolongados en el tiempo, generándose la percepción de una inflación elevada de forma permanente.

En cualquier caso, el conocimiento más preciso de los mecanismos de transmisión de las perturbaciones en la oferta por parte de los bancos centrales en general, la creciente independencia de éstos y el firme compromiso con la estabilidad de precios, han contribuido hasta el momento a no aumentar excesivamente las expectativas de inflación de los agentes, lo que ha ayudado a reducir el efecto de las variaciones del precio del petróleo. Además, la apreciación continuada del euro frente al dólar USA durante los últimos años ha propiciado un menor impacto de su encarecimiento para las economías europeas.

La aplicación de reglas de política monetaria tales como las reglas de Taylor, cuya utilización tras el debate Reglas vs. Discrecionalidad (subepígrafe 4.1.2) se ha extendido para facilitar la toma de decisiones de política monetaria, proporciona a los bancos centrales de útiles predicciones para sus decisiones en materia de tipo de interés. El elevado grado de autonomía o independencia que han ido adquiriendo, así como la identificación de la estabilidad de precios como un fin de la política monetaria, son los dos elementos básicos que perfilan el marco de actuación de la autoridad monetaria en la actualidad.

Las reglas de Taylor (epígrafe 4.2), permiten evaluar como una determinada política monetaria se diseña e instrumenta en

función de sus objetivos fundamentales, como son la estabilidad en los precios y el crecimiento sostenido de la producción en términos reales (o los niveles de desempleo, en su caso). Para ello, se calcula el tipo de interés nominal a corto plazo en función de la desviación que experimenta la tasa de inflación efectiva respecto de su objetivo y en función de las desviaciones del nivel de producción real con respecto a su nivel potencial o *output gap* (o en función de las desviaciones de la tasa de desempleo con respecto a la tasa natural, NAIRU). Para el análisis pertinente, se han estimado cuatro versiones de la regla de Taylor de política monetaria para España, realizándose una comparativa entre sus predicciones y la evolución que ha tenido el tipo de interés a lo largo del período objeto de estudio. En primer lugar, se han empleado dos modelos *backward-looking* en donde el comportamiento del tipo de interés se ha establecido en función de los valores pasados de la tasa de inflación y la producción por una parte y la tasa de desempleo por otra. En segundo lugar, dos modelos *forward-looking* para la tasa de inflación y la producción y para la tasa de inflación y la tasa de desempleo, en donde para estimar la regla se ha tenido en cuenta las expectativas futuras de la tasa de inflación. Asimismo, se han incluido suavizados del tipo de interés o *interest rate smoothing*.

En los tres gráficos obtenidos (página 238 y anexo 3) se puede observar la existencia de dos partes bien diferenciadas. Una primera parte bajo la autoridad del Banco de España (subepígrafe 4.4.1.1) y una segunda, bajo la del BCE (subepígrafe 4.4.1.2). Estas dos partes presentan como punto de inflexión o ruptura el primer trimestre de 1999, correspondiente a la entrada en vigor de la moneda única y a la centralización de la toma de decisiones de política monetaria, como decimos, por parte del BCE para toda la zona Euro.

A partir de esta apreciación, las estimaciones *backward-looking* y *forward-looking* de la regla de Taylor realizan un buen trabajo a la hora de describir el comportamiento del tipo de interés, si bien la versión *forward-looking* presenta un mayor poder explicativo ya que al incorporar las expectativas futuras de inflación, puede actuar como un indicador adelantado de la política monetaria. En este sentido, parece que han sido tenidas en consideración por el BCE en mayor medida. Al hilo de lo anterior, resulta relevante su predicción de bajada del tipo de interés para el momento actual y que efectivamente ha llevado a cabo el BCE con el propósito de reconducir la recesión económica existente en la Eurozona. Pero la representación gráfica de las reglas de Taylor y el tipo de interés también muestran ciertas divergencias con respecto al comportamiento del precio del petróleo en los años posteriores a

la entrada en vigor del euro. Y es que los frecuentes *shocks* ocurridos a partir de 1999, no fueron respondidos con un endurecimiento de la política monetaria por parte del BCE (tal y como recomiendan las reglas), que mantuvo el tipo de interés en niveles del 2% de forma prolongada, hasta que en 2005 rompió esta tendencia, al tener que subirlo finalmente por las evidentes presiones inflacionistas del precio del crudo.

Cabe preguntarse qué hubiera ocurrido si el tipo de interés hubiera estado a un nivel más alto durante el período 2002-2005. Es decir, si el BCE hubiera endurecido su política monetaria, sería de esperar que los síntomas actuales de recesión económica fueran menos explosivos. Otros factores, mas importantes si cabe como el elevado nivel de endeudamiento de las familias a través principalmente de préstamos hipotecarios y de las empresas vía créditos a la explotación, incrementaron enormemente el nivel de morosidad en la sociedad.

Como consecuencia, el BCE ha ido rebajando paulatinamente el tipo de interés hasta situarlo primero en el 1% y finalmente en el 0,5%⁹⁹ actual. Este importante descenso da una idea de la grave

⁹⁹ En el tercer trimestre de 2011, el BCE subió el tipo de interés del 1% al 1,25% y finalmente al 1,50%. Dicho movimiento alcista fue rectificado rápidamente hasta situarlo de nuevo en el 1% ese mismo año.

situación económica, en donde ha recortado el precio del dinero más de tres puntos porcentuales desde el año 2008, rompiendo con su tradicional comportamiento conservador basado en no alterar el tipo de interés o hacerlo solo mediante pequeños movimientos al alza o a la baja.

En cualquier caso, de estas conclusiones pueden extraerse una serie de preguntas respecto al futuro. La coyuntura económica es cambiante y dependiendo del entorno, los efectos en la macroeconomía y su comportamiento son variables. Si por ejemplo, se esperara un incremento de la demanda de crudo a nivel mundial en el medio plazo, los efectos serán distintos dependiendo de si la oferta también aumenta o por el contrario dicha demanda no se ve correspondida, todo lo cual provocaría potenciales nuevos *shocks* del precio del crudo.

A su vez y como reflexión final, se establecen una serie de preguntas que incluyen aspectos geoestratégicos y económicos y que pueden abrir nuevas vías de investigación en materia de energía. Algunas de estas cuestiones, que podrían afectar a España en el futuro, son las siguientes:

- El posible éxito en la explotación de yacimientos *shale oil* y *shale gas* podrían generar un nuevo contexto energético a nivel

mundial, lo cual modificaría como decimos los entornos económico y geoestratégico.

- Un mayor desarrollo de este tipo de explotaciones podrían convertir a Estados Unidos en país en exportador crudo en el medio-largo plazo.

- Asimismo, es predecible que Rusia encuentre mayores recursos de gas y petróleo (*shale*) en territorios vírgenes de Siberia. Dado que la capacidad productiva convencional del país se encuentra en niveles máximos, ello podría redundar en un mayor potencial ruso desde una óptica estratégica.

- Desde el punto de vista energético, habría que medir el potencial impacto en los países del sur de Europa de los conflictos políticos en los países de África del norte (Libia y Argelia), así como de la delicada situación en Oriente Próximo (Siria y el entorno geográfico).

- El comportamiento de la demanda de crudo seguirá dependiendo de las posibles presiones por parte de los países con mayor potencial en su desarrollo económico, tales como China, India o Brasil, entre otros.

6. Bibliografía

Agencia Internacional de la Energía (2012): *World Energy outlook*.

- *Medium-Term Oil Market Report*, varios años.

Ayuso, J. y Escrivá, J.L. (1983): "La evolución de la estrategia de control monetario en España", *La política monetaria y la inflación en España*, Alianza Ed., Madrid.

Banco Central Europeo (2004): "Oil Prices and the Euro Area Economy", *Monthly Bulletin*, p. 51-63, November.

Barro, R.J. y Gordon, D.B. (1983): "A Positive Theory of Monetary Policy in a Natural Rate Model", *Journal of Political Economy*, Vol. 91, n^o4, p. 589-610, August.

Batini, N. y Baldane, A.G. (1999): "Forward-looking rules for monetary policy", *NBER Working Paper 6543*, May.

Becker Zuazua, F. (2012): "Superar la crisis desde Europa", *Política Exterior*, Vol.26, N^o 147.

- (2011): "Una visión prospectiva de las energías alternativas", *Economía Exterior: Estudios de la revista Política Exterior sobre la internacionalización de la economía española*, nº 58.

Bernanke, B.S., Gertler, M. y Watson, M.W. (2004): "Reply: Oil Shocks and Aggregate Macroeconomic Behavior: The Role of Monetary Policy", *Journal of Money, Credit and Banking*, Vol. 36, nº2, p. 287-291, April.

- (1997): "Systematic Monetary Policy and the Effects of Oil Price Shocks", *Brookings Papers on Economic Activity*, Vol. 1997, nº1, p. 91-157.

Blinder, A. (2006): "Monetary Policy Today: Sixteen Questions and about Twelve Answers", *CEPS Working Paper*, 129, July.

Breusch, T.S. (1979): "Testing for Autocorrelation in Dynamic Linear Models", *Australian Economic Papers*, 17, 334-355.

British Petroleum, Co. (2013): *BP Statistical Review of World Energy*.

Brüggemann, I. y Thornton, D.L. (2002): "Interest Rate Smoothing and the Specification of the Taylor Rule", *Working Paper*.

Canova, F. y Ciccarelli, M. (2006): "Estimating Multi-Country VAR models", *ECB Working Paper Series, n°603*, April.

Canova, F. (2006): "You can use VARs for structural analyses. A comment to VARs and the Great Moderation", unpublished paper.

Carlstrom, C.T. y Fuerst, T.S. (2005): "Oil prices, Monetary Policy and the Macroeconomy", *Federal Reserve Bank of Cleveland Policy Discussion Papers, n°10*, April.

Clarida, R., Galí, J. y Gertler, M. (1999): "The Science of Monetary Policy: A New Keynesian Perspective", *Journal of Economic Literature, Vol. XXXVII, p. 1661-1707*, December.

- (1998): "Monetary policy rules in practice: Some international evidence", *NBER Working Paper 6254*, November.

Comisión Nacional de Energía (2012, 2011): *Información Básica y Anexos de los Sectores de la Energía*.

Cogni, A. y Manera, M. (2008): "Oil prices, inflation and interest rates in a structural cointegrated VAR model for the G-7 countries", *Energy Economics*, 30, p. 856-888.

Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas (2013): *Gas no convencional en España, Una Oportunidad de Futuro*.

CORES (2013): *Boletín Estadístico de Hidrocarburos*, Ministerio de Industria, Energía y Turismo, julio.

Díaz Roldán, C. y Montero Soler, A. (2001): "Las reglas de política monetaria en la actuación del Banco de España: 1978-1998", *Documentos de Trabajo*, Departamento de Economía, Universidad Pública de Navarra, abril.

Dickey, D.A. y Fuller, W.A. (1981): "Likelihood Ratio Statistics for Autorregresive Time Series with a Unit Root", *Econometrica*, Vol. 49/4, p. 1057-1072, June.

Durbin, J. y Watson, G.S. (1950): "Testing for Serial Correlation in Least Squares Regression, I", *Econometrica*, 37 (3-4): 409-428.

Engle, R.F. y Granger, C.W.J. (1987): “Co-integration and error correction: representation, estimation and testing”, *Econometrica*, Vol. 55/2, p. 251-276.

Escribano Francés, G. (2011): “Geopolítica de la energía: identificación de algunas variables”, *Revista de Estadística y Sociedad*, nº 46.

Espasa, A. y Albacete, R. (2007): “Econometric modelling for short-term inflation forecasting in the euro area”, *Journal of Forecasting*, Vol. 26, nº5, p. 303-316.

Estrada, A. y Hernández de Cos, P. (2008): “El precio del petróleo y su efecto sobre el producto potencial de la economía”, *Boletín Económico del Banco de España*, octubre.

Fernández-Corugedo, E. (2003): “Exercise on unit-roots (including structural-breaks) estimating a VECM and the implications of the VECM”, *Center for Central Banking Studies, Bank of England*, Mimeo, October.

French, M.W. (2001): "Estimating changes in trend growth of total factor productivity: Kalman and H-P filters versus Markov-switching framework", *Board of Governors of the Federal Reserve System*, September.

García-Verdugo Sales, J. (2000): *Los mercados de futuros petrolíferos: una revolución silenciosa en el sector energético*, Editorial UNED, Madrid.

Godfrey, L.G. (1978): "Testing Against General Autoregressive and Moving Average Error Models when the Regressors Include Lagged Dependent Variables", *Econometrica*, 46, 1293–1302.

Granger, C.W.J. (1969): "Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods", *Econometrica*, Vol. 37, No. 3, pp. 424-438, August.

Greene, W.H. (1999): *Análisis Econométrico*, 3ª ed., Prentice Hall.

Hamilton, J.D. y Herrera, A.M. (2004): "Oil Shocks and Aggregate Macroeconomic Behavior: The Role of Monetary Policy", *Journal of Money, Credit and Banking*, Vol. 36/2, p. 265-286.

Hamilton, J.D. (2000): "What is an Oil Shock?", *NBER Working Paper 7755*, June.

- (1983): "Oil and the Macroeconomy since World War II", *Journal of Political Economy*, Vol. 91, pp. 228-248, April.

Harvey, A. C. (1989): *Forecasting Structural Time Series Models and the Kalman Filter*. Cambridge University Press, Cambridge.

Hayashi, F. (2000): *Econometrics*, Princeton University Press.

Herrera, A.M. y Pesavento, E. (2009): "Oil Price Shocks, Systematic Monetary Policy and the 'Great Moderation'", *Macroeconomic Dynamics*, Cambridge University Press, Vol. 13(01), p. 107-137, February.

Hetzl, R.L. (2000): "The Taylor Rule: Is It a Useful Guide to Understanding Monetary Policy?", Federal Reserve Bank of Richmond, *Economic Quarterly*, Vol. 86/2, Spring.

Hodrick, R.J. y Prescott, E.C. (1981): "Post-War U.S. Business Cycles: An Empirical Investigation", Northwestern University, *Discussion Paper 451*, May.

Isbell, P. (2005): "Los precios del petróleo: la situación actual y perspectivas futuras", *ARI n°98/2005*, Real Instituto Elcano.

Jiménez, N. y Torres, X. (2005): "La dependencia del petróleo de la economía española y de la UEM", *Boletín Económico del Banco de España*, enero.

Johansen, S. (1991): "Estimation and Hypothesis testing of cointegration vectors in Gaussian vector autorregresive models", *Econometrica*, Vol. 59, p. 1551-1580.

King, R.G. (2000): "The New IS-LM Model: Language, Logic and Limits", Federal Reserve Bank of Richmond, *Economic Quarterly*, Vol. 86/3, Summer.

Kydland, F.E. y Prescott, E.C. (1982): "Time to build and aggregate fluctuations", *Econometrica*, Vol. 50, Issue 6, p. 1345-1370, November.

- (1977): "Rules Rather than Discretion: The Inconsistency of Optimal Plans", *The Journal of Political Economy*, Vol. 85/3, p. 473-492, June.

Lorca Corrons, A. y González de Castejón, G. (2011): "Geopolítica del mercado euro-asiático de la energía", *Afkar Ideas: Revista Trimestral para el Diálogo entre el Magreb, España y Europa*, nº 30.

Lorca Corrons, A. (1996): *Tres Poderes, Tres Mares, Dos Ríos*. Colección Oikos Nomos, Ediciones Encuentro.

Lucas, R.E. Jr. (1983): "Econometric Policy Evaluation: A Critique", *Papers from the Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, Elsevier Science, North Holland.

- (1972): "Expectations and the Neutrality of Money", *Journal of Economic Theory*, Vol. 4, p. 103-124, April.

Marín Quemada, J.M., Velasco Murviedro, C., García-Verdugo Sales, J., Escribano Francés, G., San Martín Gonzalez, E., Rodríguez Fernández, L. y Muñoz Delgado, B. (2010): *Política energética en el ámbito de la UE y su proyección en España*, Consejo Económico y Social (CES), Madrid.

Marín Quemada, J.M., Velasco Murviedro, C., García-Verdugo Sales, J., Escribano francés, G. y San Martín Gonzalez, E. (2005): Políticas Microeconómicas I y II. En *Política Económica. Elaboración, Objetivos e Instrumentos*, McGraw-Hill, 3ª Edición, p. 405-465, Madrid.

Marín Quemada J.M. y García-Verdugo Sales, J. (2009): *Informe sobre el crudo y los productos refinados en España con referencia al marco internacional y de la UE*, Grupo de Investigación en Economía Internacional y Energía, UNED.

Marín Quemada J.M. y San Martín Gonzalez, E. (2011): “El futuro de los combustibles fósiles”, *Economía Exterior: Estudios de la revista Política Exterior sobre la internacionalización de la economía española*, nº 58.

Medina, J.P. y Soto, C. (2005): “Oil Shocks and Monetary Policy in an Estimated DSGE Model for a Small Open Economy”, *Central Bank of Chile Working Papers*, 353.

Miras Salamanca, P. (2012): “Los mercados de productos petrolíferos: Una panorámica”, Comisión Nacional de Energía.

Mishkin, F.S. (2007): *Monetary Policy Strategy*, The MIT Press.

- (1999): "International experiences with different monetary policy regimes", *NBER Working Paper 7044*, March.

Novales, A. (1993): *Econometría*, 2ª Edición, McGraw-Hill.

Orphanides, A. (2007): "Taylor Rules", *Finance and Economics Discussion Series*, Federal Reserve Board.

Pateiro, C. y Pedreira Freire, L.E. (2003): "Adaptación de los tipos de interés de intervención a la regla de Taylor", *Revista Investigación Operacional*, Vol. 24, 1, Universidad de La Habana.

Pampillón Olmedo, R. (2000): "La política monetaria única en la Unión Europea", *Documentos de Trabajo del Instituto de Estudios Europeos*, nº 1.

- (1999): *Análisis económico de países: Teoría y casos de Política económica*, McGraw-Hill de management, 2ª Edición.

Phillips, P.C.B. y Perron, P. (1988): "Testing for a unit root in time series regression", *Biometrika*, Vol. 75/2, p. 335-346.

Rogoff, K. (1985): "The optimal degree of commitment to an intermediate monetary target", *The Quarterly Journal of Economics*, November.

Rojo Duque, L.A. (2005): "El largo camino de la política monetaria española hacia el euro", *75 años de política económica española, ICE, 826*, noviembre.

Romer, D. (2002): "Short-Run Fluctuations", *University of California-Berkeley*, August.

Ruiz, J.M. (2008): "¿Es realmente responsable la especulación financiera del incremento reciente del precio del petróleo?", *ARI n° 85/2008*, Real Instituto Elcano.

Sánchez, M. (2008): "Oil Shocks and Endogenous Markups: Results from an Estimated Euro Area DSGE Model", *ECB Working Paper Series, n°860*, January.

Sargent, T.J. y Wallace, N. (1975): "'Rational' Expectations, the Optimal Monetary Instrument, and the Optimal Money Supply Rule", *The Journal of Political Economy*, Vol. 83, 2.

Sims, C. A. y Zha, T. (1996): "Does Monetary Policy Generate Recessions?" unpublished manuscript, Princeton University.

Sims, C. A. (1980): "Macroeconomics and Reality", *Econometrica*, Vol. 48/1, p. 1-48.

Smets, F. y Wouters, R. (2007): "Shocks and frictions in US business cycles: A bayesian DSGE approach", *ECB Working Paper Series*, 722, February.

Stock, J. H. y Watson, M.W. (2003): "Understanding Changes in International Business Cycle Dynamics", *NBER Working Paper* 6543, July.

- (2001): "Vector Autoregressions", *Journal of Economic Perspectives* Vol.15, nº4, p. 101-115, Fall.

Taylor, J.B. (1998): "Introductory Remarks on Monetary Policy Rules", *NBER Research Volume Monetary Policy Rules*, May.

- (1995): "The Monetary Transmission Mechanism: An Empirical Framework", *Journal of Economic Perspectives* Vol. 9, nº4, p.11-26, Fall.

- (1993): "Discretion versus Policy Rules in Practice," *Carnegie-Rochester Series on Public Policy*, n^o39, p. 195-214, North-Holland.

Ulrich, K (2003): "A comparison between the Fed and the ECB: Taylor Rules", *Center for European Economic Research, Discussion Paper*, 19.

Walsh, C.E. (2003): *Monetary Theory and Policy*, 2^a ed., The MIT Press.

7. Fuentes Estadísticas

Agencia Internacional de la Energía: www.iea.org

Asociación española de operadores de productos petrolíferos: www.aop.es

Banco Central Europeo: European Central Bank Statistics, www.ecb.int

Banco de España: Estadísticas, www.bde.es

Eurostat: Statistics, ec.europa.eu/eurostat

Instituto Nacional de Estadística: INEbase, www.ine.es

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico:
OECD Statistics, www.oecd.org

U.S. Energy Information Administration: www.eia.doe.gov

Anexo 1. Prueba de Causalidad de Granger

Su fin es comprobar si el comportamiento actual de una variable x_t es explicada no solamente por sus propios retardos, sino también por los de la otra variable y_t . En este sentido, x_t es causada en sentido Granger por y_t si ésta última ayuda a predecir x_t , lo que equivale a decir que los retardos temporales de y_t también son significativos.

La prueba es doble, es decir, la causalidad se prueba para las dos variables consideradas. Cabe decir sin embargo, que el hecho de que una variable cause en sentido Granger a la otra no significa explícitamente que sea el resultado directo de ella. Lo relevante es que la información pasada ayuda a predecir, pero no produce un efecto directo.

En la prueba de causalidad de Granger se estiman dos regresiones bivariantes con la siguiente estructura:

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1} + \dots + \alpha_l y_{t-l} + \beta_1 x_{t-1} + \dots + \beta_l x_{t-l} + \epsilon_t \quad (\text{A2.1})$$

$$x_t = \alpha_0 + \alpha_1 x_{t-1} + \dots + \alpha_l x_{t-l} + \beta_1 y_{t-1} + \dots + \beta_l y_{t-l} + u_t \quad (\text{A2.2})$$

para todos los pares (x, y) de sus respectivas series. El estadístico F es el estadístico de Wald de la hipótesis conjunta:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = 0$$

para cada ecuación. La hipótesis nula H_0 nos dice que x no causa en sentido Granger a y para la primera regresión, mientras que y no causa en sentido Granger a x lo es para la segunda. Es decir, los valores retardados de x_t no causan en sentido Granger a y_t y viceversa. La elección del número de retardos es también importante, aconsejándose escoger el mayor número de ellos para los cuales la información pasada sea lo más significativa posible.

Las pruebas para los pares de variables tipo de interés nominal a corto plazo e IPC español con respecto al precio del petróleo Brent, han sido realizadas para cuatro retardos temporales, mientras que las correspondientes a las relaciones entre el tipo de cambio €/\$, el agregado monetario M3 y el PIB español con respecto del precio del petróleo Brent, así como la prueba para el análisis conjunto de todas las variables se ha realizado para dos retardos temporales.

En las relaciones individuales, los resultados indican que los retardos del precio del petróleo ayudan a predecir el comportamiento del IPC y del PIB, aunque de éste en menor medida (relaciones éstas que son importantes), lo que muestra el

carácter exógeno de la variable. Asimismo, el tipo de cambio, el agregado monetario M3, el PIB y el IPC presentan relación de causalidad ésta vez en sentido contrario con respecto al precio del petróleo, rechazándose sus respectivas hipótesis nulas, ya que los valores reportados por el estadístico F son significativos¹⁰⁰.

En cuanto al análisis conjunto, los resultados nos muestran que los retardos del precio del petróleo Brent ayudan a predecir el comportamiento del resto de variables, lo cual viene a ratificar su exogeneidad. A su vez, el IPC español presenta relación causal con respecto al tipo de interés (relación bidireccional). Otras relaciones bidireccionales de causalidad representativas son las del IPC con respecto al PIB y la propia del PIB con respecto al agregado monetario M3. Todas las relaciones de causalidad se muestran en las siguientes tablas:

¹⁰⁰ Lo cual es predecible en los casos en que existe relación de cointegración, ya que o bien una de las variables o bien ambas, deben causarse en sentido Granger.

**Cuadro 4. Causalidad de Granger en las variables
Análisis Bivariantes (A)**

Criterio de Causalidad de Granger			
Muestra: 1984:1 2013:2			
Observaciones Incluidas: 114 para cuatro retardos temporales y 116 para dos retardos temporales después de ajustes			
Hipótesis Nula	4 retardos temporales	Estadístico F	Probabilidad
El Tipo de Interés (<i>IR</i>) no causa en sentido Granger al Precio del Petróleo (<i>LN_OIL</i>)		1,84877	0,12502
El Precio del Petróleo (<i>LN_OIL</i>) no causa en sentido Granger al Tipo de Interés(<i>IR</i>)		0,85257	0,49515
Hipótesis Nula	4 retardos temporales	Estadístico F	Probabilidad
El IPC (<i>IPC</i>) no causa en sentido Granger al Precio del Petróleo (<i>LN_OIL</i>)		2,49688	0,04714
El Precio del Petróleo (<i>LN_OIL</i>) no causa en sentido Granger al IPC (<i>IPC</i>)		2,64050	0,03784
Hipótesis Nula	2 retardos temporales	Estadístico F	Probabilidad
El Tipo de Cambio (<i>LN_TC</i>) no causa en sentido Granger al Precio del Petróleo (<i>LN_OIL</i>)		4,72265	0,01075
El Precio del Petróleo (<i>LN_OIL</i>) no causa en sentido Granger al Tipo de Cambio (<i>LN_TC</i>)		0,41009	0,66459
Hipótesis Nula	2 retardos temporales	Estadístico F	Probabilidad
El agregado M3 (<i>LN_M3</i>) no causa en sentido Granger al Precio del Petróleo (<i>LN_OIL</i>)		6,97024	0,00141
El Precio del Petróleo (<i>LN_M3</i>) no causa en sentido Granger al agregado M3 (<i>LN_OIL</i>)		0,56273	0,57127
Hipótesis Nula	2 retardos temporales	Estadístico F	Probabilidad
El PIB (<i>PIB</i>) no causa en sentido Granger al Precio del Petróleo (<i>LN_OIL</i>)		6,79202	0,00165
El Precio del Petróleo (<i>LN_OIL</i>) no causa en sentido Granger al PIB (<i>PIB</i>)		2,93676	0,05717

Análisis Conjunto (B)

Criterio de Causalidad de Granger			
Muestra: 1984:1 2013:2			
Observaciones Incluidas: 116 después de ajustes			
Hipótesis Nula	2 retardos temporales	Estadístico F	Probabilidad
El Tipo de Interés (<i>IR</i>) no causa en sentido Granger al Precio del Petróleo (<i>LN_OIL</i>)		3,42040	0,03618
El Precio del Petróleo (<i>LN_OIL</i>) no causa en sentido Granger al Tipo de Interés(<i>IR</i>)		2,10873	0,12623
El IPC (<i>IPC</i>) no causa en sentido Granger al Precio del Petróleo (<i>LN_OIL</i>)		4,70350	0,01075
El Precio del Petróleo (<i>LN_OIL</i>) no causa en sentido Granger al IPC (<i>IPC</i>)		6,12792	0,00299
El PIB (<i>PIB</i>) no causa en sentido Granger al Precio del Petróleo (<i>LN_OIL</i>)		6,79202	0,00165
El Precio del Petróleo (<i>LN_OIL</i>) no causa en sentido Granger al PIB (<i>PIB</i>)		2,93676	0,05717
El Tipo de Cambio (<i>LN_TC</i>) no causa en sentido Granger al Precio del Petróleo (<i>LN_OIL</i>)		4,72265	0,01075
El Precio del Petróleo (<i>LN_OIL</i>) no causa en sentido Granger al Tipo de Cambio (<i>LN_TC</i>)		0,41009	0,66459
El agregado M3 (<i>LN_M3</i>) no causa en sentido Granger al Precio del Petróleo (<i>LN_OIL</i>)		6,97024	0,00141
El Precio del Petróleo (<i>LN_M3</i>) no causa en sentido Granger al agregado M3 (<i>LN_M3</i>)		0,56273	0,57127
El agregado M3 (<i>LN_M3</i>) no causa en sentido Granger al Tipo de Interés (<i>IR</i>)		2,78199	0,06624
El Tipo de Interés (<i>IR</i>) no causa en sentido Granger al agregado M3 (<i>LN_M3</i>)		1,62175	0,20220
El agregado M3 (<i>LN_M3</i>) no causa en sentido Granger al Tipo de cambio (<i>LN_TC</i>)		2,60421	0,07848
El Tipo de cambio (<i>LN_TC</i>) no causa en sentido Granger al agregado M3 (<i>LN_M3</i>)		0,49453	0,61120
El agregado M3 (<i>LN_M3</i>) no causa en sentido Granger al PIB (<i>PIB</i>)		8,53101	0,00036
El PIB (<i>PIB</i>) no causa en sentido Granger al agregado M3 (<i>LN_M3</i>)		12,7884	1,0E-05
El agregado M3 (<i>LN_M3</i>) no causa en sentido Granger al IPC (<i>IPC</i>)		0,81483	0,44534
El IPC (<i>IPC</i>) no causa en sentido Granger al agregado M3 (<i>LN_M3</i>)		0,23560	0,79049
El IPC (<i>IPC</i>) no causa en sentido Granger al Tipo de Interés (<i>IR</i>)		6,02161	0,00329
El Tipo de Interés (<i>IR</i>) no causa en sentido Granger al IPC (<i>IPC</i>)		0,81566	0,44498
El IPC (<i>IPC</i>) no causa en sentido Granger al Tipo de Cambio (<i>LN_TC</i>)		3,04657	0,05151
El Tipo de Cambio (<i>LN_TC</i>) no causa en sentido Granger al IPC (<i>IPC</i>)		0,03886	0,96190
El Tipo de Interés (<i>IR</i>) no causa en sentido Granger al Tipo de Cambio (<i>LN_TC</i>)		0,51160	0,60094
El Tipo de Cambio (<i>LN_TC</i>) no causa en sentido Granger al Tipo de Interés (<i>IR</i>)		3,94827	0,02206
El PIB (<i>PIB</i>) no causa en sentido Granger al Tipo de Cambio (<i>LN_TC</i>)		3,40240	0,03680
El Tipo de Cambio (<i>LN_TC</i>) no causa en sentido Granger al PIB (<i>PIB</i>)		0,06019	0,94162
El PIB (<i>PIB</i>) no causa en sentido Granger al Tipo de Interés (<i>IR</i>)		2,20874	0,11464
El Tipo de Interés (<i>IR</i>) no causa en sentido Granger al PIB (<i>PIB</i>)		5,19761	0,00695
El PIB (<i>PIB</i>) no causa en sentido Granger al IPC (<i>IPC</i>)		9,70482	0,00013
El IPC (<i>IPC</i>) no causa en sentido Granger al PIB (<i>PIB</i>)		42,2603	2,3E-14

Anexo 2. Variables estacionales

El análisis de variables con muestras trimestrales suele dificultarse cuando las observaciones están dominadas por una marcada estacionalidad.

Dicha estacionalidad obedece a un comportamiento o patrón en las cifras que se repite cada año o con cierta regularidad, pero que también puede evolucionar y que es causado generalmente por variables no económicas de tipo exógeno.

Por lo tanto, surge la necesidad de utilizar variables ficticias o variables *Dummy* para ajuste estacional, las cuales asumen valores discretos, generalmente 0 y 1. Sean d_1, d_2, d_3, d_4 las variables *Dummy* para cada uno de los trimestres de un año natural, se ejemplifica su representación para 2 años (extrapolable a n) como:

$$d_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad d_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad d_3 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ \vdots \end{bmatrix} \quad d_4 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ \vdots \end{bmatrix}$$

en donde la inclusión de los coeficientes de estas variables junto a la constante en un modelo de regresión, produciría una matriz bianual X :

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix}$$

Sin embargo, surge un problema ya que las columnas correspondientes a las variables estacionales darían lugar a una combinación lineal exacta con la constante, lo cual supone que el determinante de la matriz $X'X$ sería igual a cero, generándose una matriz singular (no invertible) e imposibilitando la estimación de los coeficientes del modelo de regresión. Para evitar este inconveniente, deben utilizarse únicamente tres de las cuatro variables *Dummy* junto con la constante.

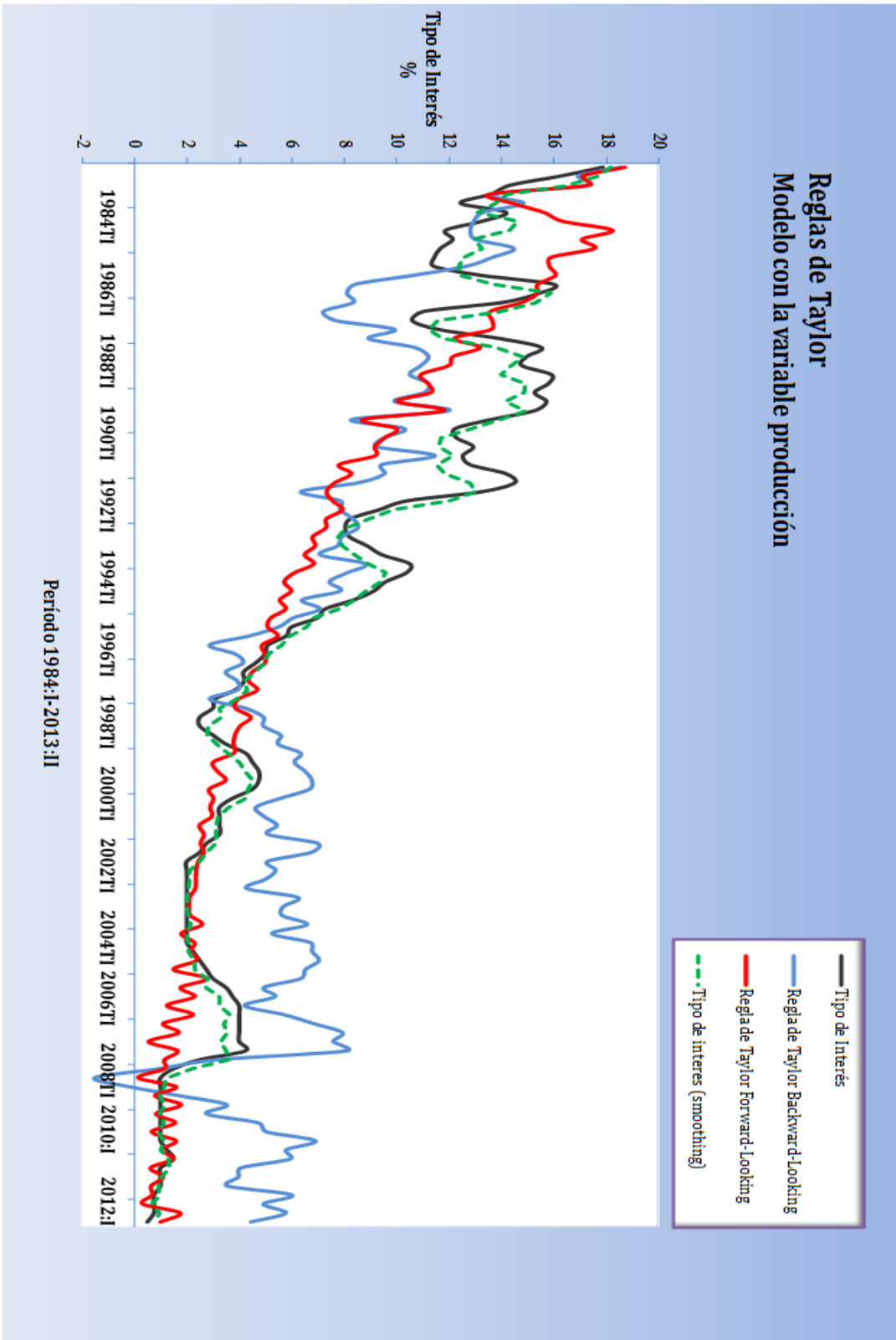
Así por ejemplo, al excluir d_4 de la matriz X , ella quedaría implícitamente recogida dentro de la columna de la constante.

Por lo tanto, los cuatro trimestres quedarían recogidos con las tres variables *Dummy*, d_1, d_2, d_3 y la constante, obteniéndose la matriz

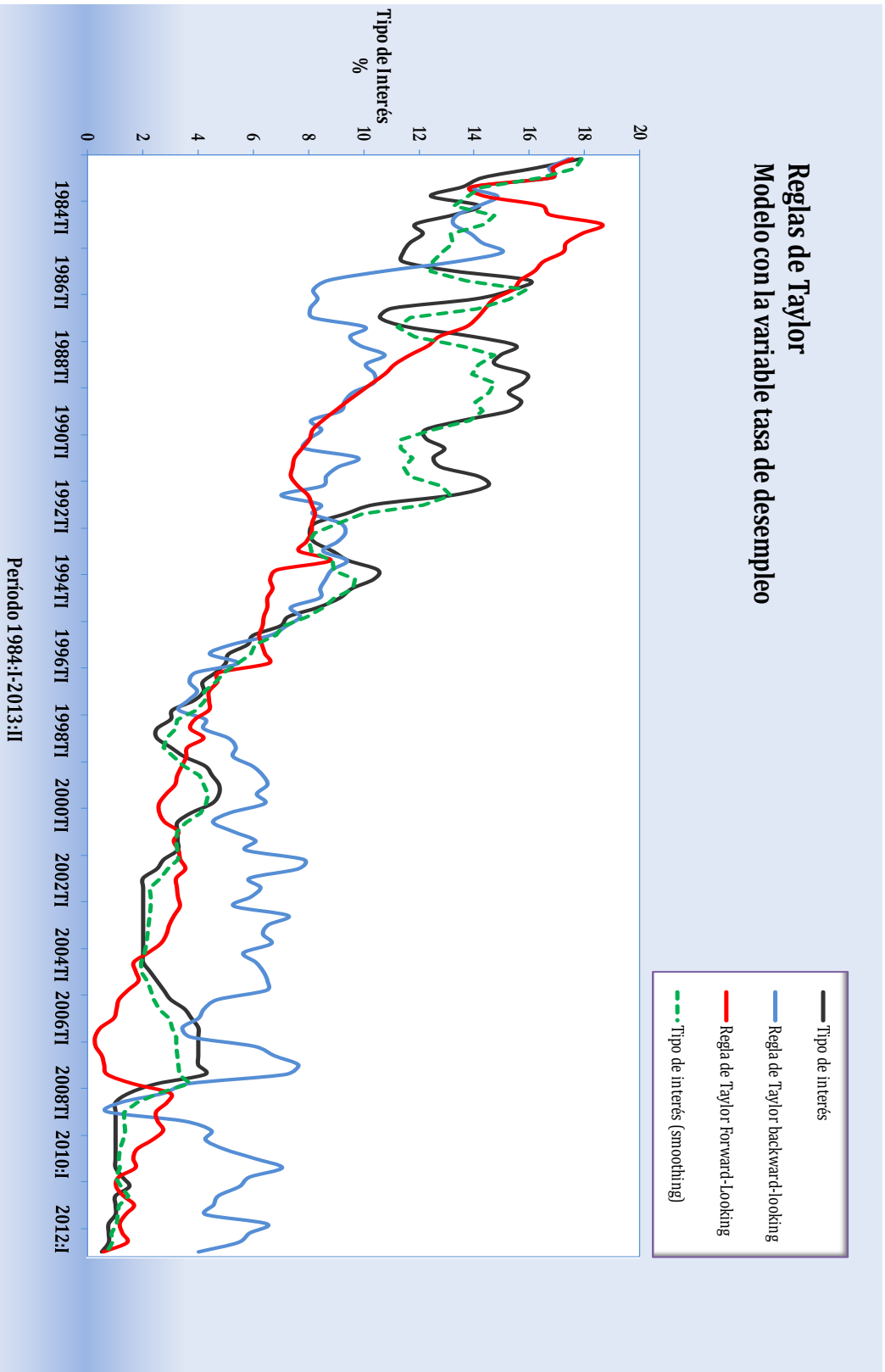
X definitiva:

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{bmatrix}$$

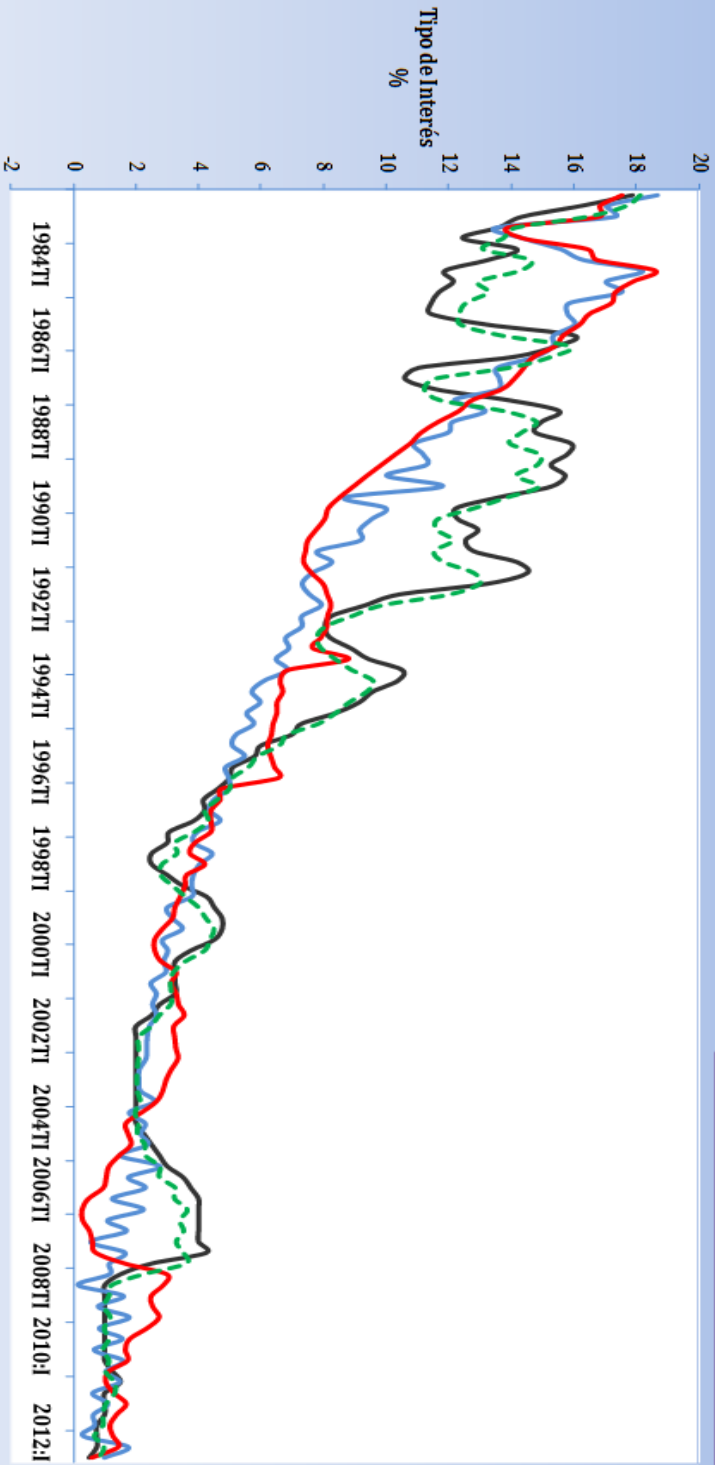
Anexo 3. Gráficos de las reglas de Taylor



Reglas de Taylor Modelo con la variable tasa de desempleo



Reglas de Taylor
Modelo con la variable producción vs.
Modelo con la variable tasa de desempleo



Período 1984:I-2013:II