

La evolución del precio del petróleo durante la Gran Recesión

Antonio José Garzón Gordón

Universidad de Sevilla

RESUMEN: En este trabajo analizamos el precio del crudo en un periodo que abarca desde agosto de 2007 hasta septiembre de 2015, con datos de periodicidad mensual, con el fin de explicar el precio del petróleo durante la crisis económica. En el modelo introducimos variables fundamentales que definen las condiciones del mercado y variables adicionales representativas de las condiciones financieras y de los shocks producidos por el crack financiero de 2008 y las distintas guerras que han podido afectar al mercado en el periodo analizado. Así mismo, como novedad introducimos una variable referente a la producción de USA para captar la incidencia que ha podido tener la explotación mediante fracking en dicho país. Los principales resultados que encontramos son, en primer lugar, que la introducción de la producción de USA mejora la estimación del precio del petróleo y capta el efecto del fracking y que los países de la OPEP siguen teniendo capacidad de influir sobre los precios, aunque ha disminuido en los últimos años. En segundo lugar, la crisis económica incide en el precio del petróleo de forma pareja a como lo hace en los bonos de bajo riesgo y el crack bursátil de 2008 produjo una fuerte reducción del mismo. Por último, durante la guerra de Ucrania, los precios fueron superiores a los precios determinados por las variables fundamentales, a pesar de coincidir con una gran caída.

Palabras claves: Precio del petróleo, guerras, crisis, fracking

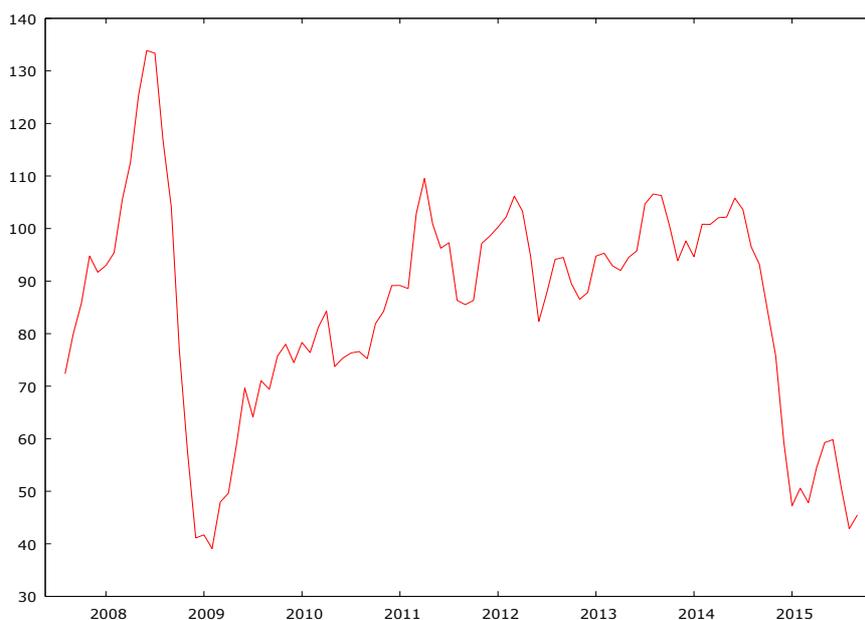
JEL: C51, Q41, Q43

1. Introducción

El petróleo es una de las materias primas más importantes para la economía mundial. El petróleo y sus derivados son factores productivos de la industria, por lo que las variaciones en los precios van a afectar a la producción, y por tanto, a los precios finales de los productos. Además el precio del petróleo tiene incidencia en el consumo privado, ya que el gasto en transporte es una parte importante del gasto de las familias. El resultado es que el precio del petróleo puede afectar a aspectos como el crecimiento económico de un país, la inflación... lo que le confiere una gran relevancia económica que propicia una amplia investigación acerca de cómo se forma dicho precio.

Durante la crisis económica, que se inició en el sector financiero en agosto de 2007 y que tuvo su transformación en la crisis económica mundial con la el crack bursátil de septiembre de 2008, provocado por la caída de Lehman Brothers, han tenido lugar un proceso de subida especulativa y dos caídas bruscas del precio del petróleo, con un periodo intermedio de estabilidad entre una y otra en torno a los 90 dólares por barril. La figura 1 incluye la evolución del precio del petróleo durante dicho período.

Figura 1. Evolución del precio del petróleo (dólares/barril)



Fuente: Banco Mundial

En dicho período, además de la crisis económica, se han producido otros hechos relevantes para el precio del petróleo: han estallado tres guerras en las que se han visto implicados territorios o países relevantes en el mercado mundial de petróleo, Libia, Siria y Ucrania, y se ha producido un avance técnico-productivo como es el “fracking” que ha alterado la composición del mercado del crudo, sobre todo en USA.

El objetivo de nuestro trabajo es determinar la incidencia en el precio del petróleo de este cúmulo de factores, ya que no existen trabajos previos que lo hagan. De hecho sólo existen dos precedentes parciales, un trabajo de Kaufmann y Ullman (2009) que pretende explicar el incremento del precio al inicio de la crisis financiera, la fase especulativa, y un trabajo descriptivo y no econométrico de Arezki y Blanchard (2014), que trata la importante caída del precio del crudo que se produjo durante 2014, cuestión que se aborda en este trabajo. El mismo se centra en los factores de oferta y demanda, entre los que destaca el comportamiento del líder de la OPEP, Arabia Saudí, que incrementó su producción en lugar de reducirla y en las implicaciones financieras de la caída del precio, especialmente, sobre las posiciones de estos países productores en los mercados financieros y las políticas económicas que deberán llevar a cabo los distintos países para tratar de contrarrestar los efectos de la bajada.

En nuestro estudio, por una parte, incluimos una serie de variables que hacen referencia a los comportamientos de la oferta y la demanda en el mercado y que denominaremos “variables fundamentales”. A través de estas variables modelizamos la evolución del precio en circunstancias normales en el mercado, lo que nos va a permitir observar cómo reacciona el precio del crudo ante los factores analizados, y con qué intensidad lo hace. Dentro de estas variables, incluimos tanto factores que actúan en el mercado del petróleo directamente, como factores ajenos que tienen incidencia en el precio del crudo.

Además de la variable fundamental usada para explicar el precio del mercado, la variación de las existencias en los países de la OCDE, incorporamos una variable representativa de la producción de la OPEP para captar su poder de mercado y la capacidad de estos países para controlar el precio del crudo y, de forma novedosa, una variable representativa de las necesidades de importación de crudo de USA, para captar la incidencia que ha tenido el aumento de la producción de USA en el precio del petróleo por la explotación vía fracking.

Además, incluimos variables representativas de los shocks que producen las guerras de Siria, Libia y Ucrania, que son las guerras más importantes que han tenido lugar durante el periodo aquí analizado. Y finalmente, para completar el análisis de la incidencia de la crisis, introducimos otra variable tipo shock relativa al crack bursátil de septiembre de 2008, ya que supuso una gran caída de los precios de las materias primas, entre ellos el petróleo, sin que las condiciones reales del mercado cambiasen de forma drástica.

Dado que incorporamos una variable adicional, no usada habitualmente en los estudios de este tipo, en el trabajo aparecen dos escenarios diferentes: uno primero en el que introducimos las variables fundamentales utilizadas en otros trabajos anteriormente, siendo la principal variable el stock de petróleo de los países de la OCDE; y un segundo escenario, que incorpora la variable que mide la proporción entre la producción y el consumo de petróleo de Estados Unidos, con objeto de estimar si el aumento de la producción en este país ha tenido impacto en la caída del precio. Estimamos ambos modelos por Mínimos Cuadrados Ordinarios, utilizando datos mensuales de las distintas variables incluidas, para un periodo que abarca desde agosto de 2007 hasta septiembre de 2015, última fecha para la que disponemos de datos para todas las variables.

Los principales resultados que encontramos en nuestro trabajo son, en primer lugar, que metodológicamente, la introducción de la producción de USA mejora la capacidad explicativa del modelo de estimación del precio del petróleo, por lo que sería aconsejable su uso en estudios posteriores. Ya en lo referido a la explicación del precio, se observa que los países de la OPEP siguen teniendo capacidad de influir sobre los precios, aunque la misma haya podido disminuir en los últimos años. En cuanto a la crisis económica, las variables que intentan captar su efecto lo hacen y manifiestan que el petróleo ha mantenido una relación positiva con el coste de financiación de los bonos de bajo riesgo. Finalmente en cuanto a las guerras, no han sido muy relevantes las asociadas a la primavera árabe, aunque sí ha afectado el shock que supuso la guerra de Ucrania.

La estructura del trabajo es la siguiente: en el apartado segundo incluimos una revisión de la literatura sobre los trabajos realizados acerca del mercado del petróleo y los shocks provocados por las guerras. El tercer apartado describe la metodología utilizada y las fuentes de donde se obtienen los datos utilizados en el modelo. Los resultados son expuestos en el apartado cuarto. Mientras que el apartado cinco recoge las conclusiones a las que llegamos con los resultados obtenidos.

2. Revisión de la literatura

Son múltiples los factores que tradicionalmente se han considerado a la hora de analizar el precio del petróleo. Uno de los principales es el papel de los países de la OPEP en la formación del precio. Los investigadores tratan de analizar si realmente llevan a cabo un control del precio a través de políticas relacionadas con la producción, con objeto de mantener alto el nivel de precios.

Kaufmann (1995) en un estudio inicial, realiza un análisis del precio del petróleo a través de un modelo basado en los cambios en las condiciones de mercado y en el comportamiento de los países de la OPEP, obteniendo como resultado que la OPEP puede influir, a través de su política de control de producción, en los precios del crudo a medio y largo plazo, si bien a corto plazo los precios escaparían a su control mediante dicha política. Más adelante, Kaufmann, Dees, Karadeloglou y Sánchez (2004) desarrollan un modelo econométrico en el que analizan la relación existente entre el precio del crudo y diferentes aspectos relacionados con la política de precios de la OPEP, como son su capacidad de producción, sus cuotas de producción, el grado en que exceden esas cuotas y por otra parte, el stock de petróleo de la OCDE. Los resultados muestran que existe una importante relación entre el precio del petróleo y la política de producción de la OPEP.

En esa misma línea Chevillon y Riffart (2009) corroboran a través de un modelo de corrección de equilibrio que los cambios en el precio del crudo están relacionados, por un lado, con el manejo de la cuota de producción que llevan a cabo los países pertenecientes a la OPEP para controlar sus precios y mantener sus márgenes de beneficio y por otro, con la gestión de las reservas de crudo para atender la demanda de petróleo futura esperada en los países consumidores. Igualmente Dees, Karadeloglou, Kaufmann y Sánchez (2007) desarrollan un modelo del mercado mundial de petróleo, donde se analiza el desarrollo del mercado y sus factores. Llegan al resultado de que el precio del petróleo viene determinado por una fórmula que incluye las condiciones de mercado y el comportamiento de la OPEP y concluyen que las decisiones de la OPEP sobre la producción tienen una importante influencia en los precios del crudo.

Ya iniciada la crisis financiera, Kaufmann et Ullman (2009) analizan las causas del fuerte crecimiento de los precios del petróleo en los años 2007 y 2008, bajo la

hipótesis de que dicho crecimiento podría deberse a cambios en los fundamentales pero también a presiones especulativas. Según los autores, en esas fechas confluyeron un incremento de la demanda, debido al crecimiento de China, con una parada en el crecimiento de la producción de los países no pertenecientes a la OPEP, que hasta ese momento habían incrementado notablemente su producción, haciendo que la capacidad de influencia de los países de la OPEP disminuyera. Pero además ambos factores coincidieron con un aumento de las presiones especulativas. Los resultados del trabajo muestran que durante el periodo analizado se produjo una pérdida de influencia de los factores fundamentales a favor de la especulación, que fue la principal causante del crecimiento del precio del crudo.

Como hemos visto más arriba, además del comportamiento de la OPEP y su capacidad de influir en el precio, las investigaciones en este campo también se han centrado en analizar el papel de las existencias de los países consumidores, como variable representativa de los cambios en los factores de oferta y demanda del mercado, y por tanto como variable que determina el precio del petróleo y sus variaciones. Ye, Zyren y Shore (2002) presentan un modelo predictivo del precio del crudo West Texas Intermediate a corto plazo, utilizando como variable explicativa los niveles de existencia de petróleo en la OCDE. Analizando el periodo posterior a la guerra del Golfo, desde 1982 hasta 2001, los resultados del modelo muestran que existe una relación directa entre el precio del crudo y las existencias de petróleo que mantiene la OCDE.

Fattouth (2009) estudia el comportamiento dinámico de los precios spot del petróleo, analizando la relación existente entre el precio y las variaciones del stock de petróleo, así como la incidencia que tiene el comportamiento de los países de la OPEP sobre dichas variables. La estimación, llevada a cabo a través de un modelo de regímenes de Markov, muestra que existe relación entre las variaciones en el stock y los precios, de forma que las variaciones de precio provocadas por el stock son mayores cuando los niveles de stock son bajos. Además obtienen que un nivel de stock alto aumenta la probabilidad de pasar de un estado de estabilidad a mayor volatilidad del precio del crudo.

Por su parte, Kilian y Murphy (2011) aplican un modelo VAR estructural representativo del mercado mundial de petróleo para analizar las variaciones del precio. En el mismo se analizan tanto los shocks de demanda especulativa, representados por las variaciones de las existencias de petróleo, como los shocks de demanda y de oferta real. A través del modelo se analizan distintos momentos

importantes en el mercado del petróleo, como son las crisis o guerras relevantes, así como el periodo de 2003 a 2008 caracterizado por un crecimiento extraordinario del precio. El trabajo concluye que en la mayor parte de los shocks analizados juega un importante papel la demanda especulativa y que el periodo de 2003-2008 se caracteriza por una caída inesperada de la oferta y por un aumento de la especulación.

Además del comportamiento de la OPEP y las variaciones de existencias, existen otras variables que influyen en el precio del petróleo. Yousefi y Wirijanto (2004) analizan la reacción de los países de la OPEP ante variaciones en el tipo de cambio del dólar. En cuanto al tipo de cambio, se observa una relación negativa entre el precio y éste. Un dólar débil provoca un aumento del poder adquisitivo relativo de los países importadores, incrementando la demanda de petróleo, a la vez que disminuye el ingreso de los países exportadores contrayendo la oferta de crudo. La consecuencia, por tanto, es que la disminución del tipo de cambio del dólar aumente el precio del petróleo.

He, Wang y Lai (2010) estudian la cointegración existente entre el precio del petróleo y la actividad económica y el tipo de cambio. Para ello, utilizan el índice de Kilian (2008) de la actividad económica global mensual¹ y un índice ponderado del tipo de cambio del dólar con las principales monedas. Los autores concluyen que el precio del petróleo está cointegrado con la actividad económica y con el tipo de cambio del dólar. En particular señalan que hay una influencia del índice de Kilian sobre los precios en el equilibrio a largo plazo, pero que además influye a corto plazo.²

Además de estos factores fundamentales, existen otros que impactan sobre el precio y cambian las condiciones del mercado del petróleo. Ese es el caso, por

¹ El índice se obtiene calculando mediante interpolación el PIB mundial mensual. El motivo para construirlo es poder analizar la incidencia del precio del petróleo en la actividad económica en el corto plazo.

² Un trabajo interesante para valorar la diferencia que se produce en el corto y el largo plazo es el de Narayan y Narayan (2007). En el mismo se examina la volatilidad del mercado, a través del estudio temporal del precio del crudo y sus variaciones, utilizando datos del periodo que transcurre desde 1991 a 2006. Para modelizar el precio del crudo y su volatilidad, utilizan un modelo EGARCH para series temporales, con el objetivo de observar si los shocks tienen o no un efecto permanente y asimétrico sobre el precio del petróleo. Para el estudio utilizan diferentes subperiodos con el fin de observar la robustez de los resultados y obtienen que no hay evidencias de asimetría y persistencia de los shocks sobre los precios. No obstante, tomando el periodo completo se observa que los shocks tienen un efecto permanente y asimétrico en la volatilidad de los precios, siendo los shocks negativos sobre el precio más intensos que los positivos, de forma que las subidas de precios no son totalmente compensadas por las caídas. Esto podría indicar que el comportamiento de los precios cambia en cortos periodos.

ejemplo, de las guerras en zonas con reservas de petróleo o donde están involucrados países con un elevado peso en dicho mercado. Existen diversos trabajos que estudian el impacto de estos shocks sobre el mercado y el precio del petróleo. Kilian y Park (2009) analizan el precio del crudo considerando tres elementos que lo determinan en el corto plazo: los shocks sobre la oferta de petróleo, los shocks sobre la demanda agregada de materias primas y los shocks sobre la propia demanda de crudo; considerando que las guerras forman parte de los shocks sobre la oferta y que los eventos políticos en Oriente Medio afectan a la demanda preventiva por miedo a cambios en la oferta. Los resultados del trabajo sugieren que los shocks sobre la oferta tienen una importancia menor en las variaciones del precio que los shocks provocados por la demanda o los provocados por cambios en ésta por miedo a cambios futuros en la oferta. Además, los shocks originados desde el lado de la producción, donde entrarían las guerras, elevan el precio a corto plazo, mientras que los de demanda tienen un efecto más duradero y persistente en el precio.

Zhang, Yu, Wang y Lai (2009) realizan un análisis del impacto que tienen los grandes eventos sobre la volatilidad del precio del petróleo. Para ello, los autores llevan a cabo una estimación a través del método EMD-based event analizando la Guerra del Golfo Pérsico en 1991 y la Guerra de Iraq en 2003. Los resultados del trabajo muestran que la volatilidad de los precios creció debido a la inestabilidad que provoca una guerra en el mercado, que los precios crecieron al inicio de las guerras, que posteriormente fueron calmándose a medida que la situación se estabilizó, y que finalmente volvieron a su situación anterior a la guerra cuando se aclaró el resultado de la misma. Ambas guerras causaron una elevación del nivel de precios en el equilibrio a largo plazo. Eso sí, a pesar de estas características comunes, el trabajo muestra que la Guerra del Golfo tuvo un impacto más importante que la de Iraq.

Por su parte Coleman (2012) utiliza para su estudio del precio del petróleo variables que recogen factores de oferta y demanda de petróleo y factores financieros y políticos. Introduce los shocks sobre el precio que han tenido lugar en el periodo que va desde 1984 a 2007 como: el abandono del rol como líder de Arabia Saudí durante el periodo de febrero y marzo de 1986; la crisis financiera asiática desde enero de 1998 a junio de 1999; el corte de la producción de la OPEP desde agosto a octubre de 1990; la invasión de Kuwait por Iraq desde agosto a noviembre de 1990; los ataques terroristas de septiembre de 2001 a USA; los disturbios en Venezuela desde febrero a abril de 2002; la invasión de Iraq en los meses de marzo y abril de 2003; los efectos del huracán Ivan sobre el golfo de México en septiembre-octubre de 2004; el huracán

Dennis que fue seguido por el Katrina, cubriendo ambos el periodo de julio a octubre de 2005; y por último, los ataques a las instalaciones petroleras en Nigeria durante abril y mayo de 2006. Los resultados que obtienen indican que las guerras como la invasión de Kuwait o los ataques a las instalaciones petroleras en Nigeria tienen un efecto significativo, elevando los precios. De la misma forma afectan los desastres naturales como los huracanes o los problemas políticos, como el caso de Venezuela. Curiosamente, durante la guerra de Iraq los precios caen de forma significativa, presentando resultados contrarios a los esperados.

En el trabajo de Kilian (2014) podemos encontrar un resumen de los mecanismos a través de los cuales se transmiten los shocks al precio del petróleo. En dicho trabajo revisa la literatura existente sobre los shocks, analizando las causas y sus consecuencias sobre el precio, así como sobre otras magnitudes macroeconómicas como la inflación o el crecimiento. En lo que refiere a los shocks provocados por guerras o acontecimientos políticos, deduce de la literatura que, aunque una parte importante de las variaciones del precio son explicadas por estos shocks, parte de esas variaciones pueden tener un origen indirecto y deberse a que las variables endógenas reaccionan al shock.

En definitiva, los antecedentes ponen de manifiesto que los factores de oferta y demanda, junto a las guerras y otros eventos políticos tienen gran relevancia en el precio del petróleo, de ahí que cualquier trabajo que pretenda dar explicación al mismo deba recoger dichos factores.

En nuestro caso el objetivo es analizar los factores determinantes del precio del petróleo durante la crisis económica, ya que no existen trabajos previos que lo hagan. De hecho sólo existen dos precedentes parciales, el trabajo ya citado de Kaufmann y Ullman (2009) que pretenden explicar el incremento del precio al inicio de la crisis financiera y un trabajo descriptivo de Arezki y Blanchard (2014), que trata, sin aplicación econométrica, la importante caída del precio del crudo que se produjo durante 2014, cuestión que se aborda en este trabajo. El mismo se centra en los factores de oferta y demanda, entre los que destaca el comportamiento del líder de la OPEP, Arabia Saudí, que incrementó su producción en lugar de reducirla y en las implicaciones financieras de la caída del precio, especialmente, sobre las posiciones de estos países productores en los mercados financieros y las políticas económicas que deberán llevar a cabo los distintos países para tratar de contrarrestar los efectos de la bajada

3. Metodología y fuentes de datos

a. Especificación econométrica

Para nuestro trabajo tomamos como referencia el artículo de Coleman (2012), en el que analiza las variables fundamentales que determinan el precio del petróleo a lo largo del tiempo y su evolución, así como los shocks que pueden provocar alteraciones en la evolución del precio y aplicamos una estimación por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO).

La expresión analítica de la estimación es la siguiente:

$$Precio_t = \alpha + \sum_{n=1}^k \beta_n Variable_{n,t} + \sum_{m=1}^l \mu_m Dummy_{m,t} + \varepsilon_t$$

Donde el precio del petróleo es la variable dependiente, los coeficientes, tanto de las variables fundamentales como de los shocks, β y μ respectivamente, muestran la relación existente entre las variables estudiadas y el precio del petróleo, expresando la dirección de esa relación así como la intensidad de ésta, α es el término constante del modelo y ε es el término de error y muestra la desviación del precio estimado en el modelo frente al precio real debido a la omisión de variables con influencia en la determinación del precio y a errores en la estimación del modelo.

La variable dependiente del modelo va a ser el precio real del petróleo. Denominada como *PrecioWTIreal*, se define como el precio spot del petróleo West Texas Intermediate, deflactado por el índice de inflación mensual de USA. La elección del precio WTI está motivada porque, al tener que deflactar la serie para eliminar los cambios en el precio ocasionados por la inflación, necesitamos disponer de un índice de inflación con periodicidad mensual. Así, si tomamos WTI podemos utilizar como deflactor la inflación de USA. Si bien la selección de este precio implica pérdida de cierta información, es necesario apuntar que las variaciones y el nivel de precio WTI y Brent siguen una trayectoria similar, siendo la diferencia entre ambos bastante reducida, de forma que la elección del tipo de petróleo cuyo precio introduciremos en el modelo no va a cambiar sustancialmente los resultados de éste.

Además del precio, variable dependiente, en el modelo aparecen dos grupos de variables explicativas: por un lado están las variables denominadas “fundamentales”, que son aquellas que determinan el precio del crudo en función de

las condiciones del mercado y económicas y que permiten modelizar la evolución del precio a largo plazo; y por otro lado se encuentran los que podemos denominar “shocks”, donde incluiremos aquellos aspectos de naturaleza excepcional fundamentalmente no económica, como son las guerras, que pueden provocar variaciones en el precio a corto plazo.

b. Variables fundamentales

Dentro del primer grupo de variables, las fundamentales, la mayor parte de la literatura referente al tema ha utilizado como variable explicativa de los movimientos en el precio del petróleo el stock de existencias de petróleo en los países consumidores, especialmente de la OCDE. A través de esta variable, captan los aumentos o caídas de la demanda o de la oferta trabajos como el de Ye et al (2002), que utiliza los inventarios de stock de crudo de los países de la OCDE observando una relación inversa entre estos y el precio, o los de Dees et al (2007) y Wu y Zhang (2014). Este último obtiene como resultado que dicha variable determina el precio del petróleo en el largo plazo.

A igual que los trabajos citados, nosotros vamos a utilizar como variable representativa de la conjunción de la oferta y la demanda en el mercado de petróleo el stock de petróleo en los países de la OCDE. Denominamos la variable como *OCDEStocks* y está representada por la proporción que existe entre las reservas o stock de petróleo existentes en los países de la OCDE y el consumo de petróleo en estos países (ambos en miles de barriles por día). La relación entre el stock y el precio del crudo debe de resultar negativa. Es decir, un aumento del stock significa que la oferta crece más que la demanda, lo que conlleva una reducción del precio, y una caída del stock implica una subida del precio, ya que la demanda de petróleo crece por encima de la producción. Esta variable se utiliza en trabajos como los de Kaufmann, Dees, Karadeloglou y Sánchez (2004), Coleman (2012), Ye, Zyren y Shore (2002) o Fattouth (2009).

Esta variable, que es un buen instrumento para explicar las variaciones en el precio del petróleo en los últimos años, pierde capacidad explicativa cuando las reservas están muy cercanas a su máxima capacidad, ya que estas no pueden seguir aumentando a pesar del crecimiento de la oferta, con lo que pierden capacidad de traslación del comportamiento del mercado. Así, la ralentización de la demanda y sobretudo el fuerte incremento de la oferta que se ha producido en los últimos años

habrían llevado a los stocks de existencias a niveles máximos limitando así su capacidad explicativa.

Esta situación de aumento sistemático de la producción no ha sido habitual y tiene su origen en la nueva forma de producción vía fracking y su uso extensivo en USA en los últimos años. En efecto, este país es el mayor consumidor de petróleo del mundo y su déficit de producción ha sido un factor tradicional de presión sobre los precios. Esta situación ha cambiado desde 2014, cuando USA se ha convertido en el principal productor de petróleo, superando a Arabia Saudí. USA ha pasado de producir 7,8 millones de barriles por día en 2011 a 12,7 millones de barriles por día en el año 2015 (BP, 2016). El resultado ha sido la cobertura completa de su consumo interno y la generación de un excedente, que ha llevado a que USA haya levantado en 2015 la prohibición legal de exportar petróleo que se encontraba vigente desde los años 70.

Para mejorar la capacidad explicativa del modelo vamos a introducir una variable adicional, referente a la producción de USA, que intente captar este gran incremento de la producción de petróleo en USA (vía fracking) y el reajuste producido por esta nueva situación en el mercado en los últimos años. En concreto, vamos a introducir la variable *USAprod/consumo* que incluye la relación entre la producción de petróleo estadounidense y el consumo de petróleo por parte de este mismo país (ambos en miles de barriles por día). La relación esperada entre esta variable y el precio de petróleo debe ser negativa, lo que significaría que el aumento del peso de la producción de petróleo de USA con respecto a su demanda en los últimos años habría provocado la caída de los precios.

Ahora bien, si bien hay que tener en cuenta este incremento de la producción de USA, también hay que tener en consideración el poder de mercado que aún mantienen los países que conforman la OPEP, pues si bien en 2015, según BP (2016), han producido solamente el 41,4% del petróleo mundial, dichos países poseen el 71,4% de las reservas probadas de todo el mundo y su influencia en los movimientos del mercado del petróleo sigue siendo importante.

Como apunta Kaufmann et al (2004) la OPEP ha llevado a cabo históricamente un control de los precios a través de las cuotas de producción. El objetivo de este control ha sido mantener la producción en niveles por debajo de la capacidad de utilización de sus reservas, con objeto de mantener unos precios ciertamente elevados y obtener una mayor rentabilidad. Arabia Saudí, principal productor de la OPEP, ha sido históricamente el encargado de liderar y guiar la actuación de los países de esta

organización. No obstante, en los últimos años, la OPEP no ha llevado a cabo o no ha podido ejercer de una forma tan clara estos mecanismos de control de precio, a pesar de la gran caída que ha experimentado éste desde 2014. Arabia Saudí y el resto de países de la OPEP no han conseguido ponerse de acuerdo para aplicar una limitación de la producción que contrarreste el aumento de producción de USA y con ello elevar los bajos precios del crudo.³

A pesar de que esta capacidad de control haya mermado en los últimos tiempos, la realidad es que una parte de la misma aún se mantiene y que es necesario seguir incluyendo en los modelos una variable que identifique el poder de influir en el precio de la OPEP. En nuestro caso introducimos una variable que denominamos *CuotaOPEP*, que se define como la proporción entre la producción de petróleo de la OPEP (en millones de barriles por día) y el consumo mundial de petróleo (también en millones de barriles por día). Dado que esta variable lo que pretende reflejar es el poder de mercado de los países de la OPEP en cada momento, su coeficiente debe presentar un valor positivo, de forma que a mayor peso de la producción de la OPEP, dada su tendencia al control monopolístico, mayor el precio del crudo.

Además de los factores inherentes al propio mercado del petróleo, el precio de éste se ve afectado por otros factores de naturaleza económica. Como hemos señalado en nuestra revisión de los antecedentes, existen trabajos que relacionan el precio del petróleo con la actividad económica general, los tipos de cambio, los movimientos especulativos financieros, ... Para no agrandar en el exceso el número de variables y con objeto de captar los cambios económicos generales, y en especial los de naturaleza financiera que son los que más trascendencia han tenido durante el periodo considerado, incorporamos en el modelo una variable representativa de la situación de los mercados financieros que se denomina *AaaBondYield* y que viene dada por la rentabilidad de los bonos calificados Aaa por la agencia Moody (en porcentaje).

El uso de esta variable se debe a que las empresas petroleras se caracterizan por ser intensivas en capital y sus bonos tienen una alta calificación crediticia. Al ser intensivas en capital, una parte importante de los costes de producción están vinculados al coste de obtener financiación para sus proyectos y las incidencias en los mercados financieros se trasladan a los costes de producción (Coleman, 2012).

³ Uno de los países más activos en la defensa de la reducción de la producción ha sido Venezuela, país claramente perjudicado por los bajos precios dado que sus costes de extracción son mayores que los de Arabia Saudí y otros miembros del cartel.

El resultado esperado es que exista una relación positiva entre *AaaBondYield* y el precio del crudo, ello implicaría que la crisis financiera se habría traducido en los primeros años en un aumento del precio del petróleo como consecuencia de la contracción del crédito y más tarde en una disminución del mismo como efecto de las políticas monetarias expansivas aplicadas por los Bancos Centrales. Además, una significativa relación positiva entre ambas variables podría indicar falta de competencia en el mercado del petróleo y capacidad de las petroleras para trasladar sus incrementos de costes a los precios.

c. Shocks

Las variables fundamentales que hemos seleccionado intentan captar las variaciones que se producen en las condiciones de compra y venta en el mercado de petróleo, tanto de forma directa como indirecta. Dichas variables explican el precio del petróleo continuamente, es decir, siguen una relación a través del tiempo que determina el precio a medio y largo plazo, permitiéndonos predecir la tendencia que éste va a seguir.

Sin embargo, en el corto plazo hay variaciones del precio del crudo que se escapan a la influencia de estas variables. Dichas variaciones se deben a hechos que, al producirse provocan cambios en las expectativas de los agentes, dando lugar a variaciones en los precios sin que se haya producido un cambio real en la oferta o demanda. Estos hechos son los denominados “shocks” y hacen referencia a hechos puntuales exógenos al mercado que se producen de forma inesperada o impredecible, provocando cambios que afectan de forma temporal a la variable en cuestión. En algunos casos, si el shock es lo suficientemente fuerte e importante para el desarrollo del mercado, pueden producir cambios en el medio plazo.

En nuestro campo de estudio la mayor parte de los shocks se producen en variables exógenas que afectan a la oferta. Pueden ser guerras, ataques terroristas o situaciones de inestabilidad política, que afectan o ponen en riesgo la oferta de petróleo, ya sea por la destrucción de yacimientos, por cortes en la producción o suministro... Los shocks también pueden ser de índole no política, como los desastres naturales, y también pueden afectar a la demanda como una repentina caída de la

economía provocada, por ejemplo, por un crack bursátil como el ocurrido en 2008. Estos shocks afectan de forma muy importante al precio del petróleo a corto plazo.⁴

Una gran parte de los shocks que afectan al mercado del petróleo se deben a las guerras que se producen en países con yacimientos de petróleo o países con gran importancia en el mercado del crudo. La mayor parte de las reservas de petróleo se encuentran en los países de la OPEP, concentrándose una parte importante de ellos en Oriente Medio y África, regiones que se caracterizan por una elevada conflictividad política y bélica. Esto hace que la oferta de petróleo esté altamente expuesta a los shocks, por la posibilidad de destrucción de yacimientos o el corte del suministro.

Dado el período considerado, es necesario tener en cuenta los shocks producidos por al menos tres guerras que han tenido lugar en el periodo analizado, que han afectado a países con reservas o con importancia en el mercado de crudo y que en consecuencia, podrían haber afectado al precio del petróleo.

Así, por una parte, vamos a considerar la incidencia de las dos principales guerras que han tenido lugar en el contexto de la “Primavera Árabe”. Por un lado, está la guerra civil en Libia, que comenzó a principios de 2011 como consecuencia de un levantamiento contra el gobierno y que tiene una importancia mundial debido a que este país, perteneciente a la OPEP, posee importantes reservas de petróleo, las cuales podían estar en peligro durante la guerra. De hecho, el conflicto dio lugar a una intervención militar de países aliados, liderados por la OTAN, con objeto de derrocar al gobierno, poner fin a la guerra y preservar las reservas de petróleo.

La segunda guerra a tener en cuenta es la guerra de Siria. Esta es la guerra de más repercusión de todas las derivadas de la “Primavera Árabe”, debido a que en ella, además del gobierno sirio y la oposición, se han visto implicados una gran cantidad de países. Durante dicha guerra ha aparecido el denominado “Estado Islámico”, una facción ultraslamista promotora del terrorismo internacional, que se ha hecho con importantes territorios que poseen reservas de petróleo. Fruto de ello USA y Rusia se han implicado en la guerra dando apoyo armamentístico a los rebeldes y al gobierno sirio respectivamente, e interviniendo militarmente contra el Estado Islámico.

⁴ En el trabajo de Kilian (2014) se presenta un interesante estudio sobre el origen de dichos shocks, así como las consecuencias que tienen éstos sobre el precio del crudo, y consecuentemente sobre la economía, en aspectos como la inflación, el crecimiento, etc. Además, enumera los distintos shocks que se han producido en los últimos tiempos y que han tenido una incidencia significativa en el mercado del petróleo.

Pues bien, para incluir ambos shocks en nuestro modelo, hemos creado dos variables dummy que hemos llamado *Libia* y *Siria*. Dichas variables pretenden extraer el impacto sobre los precios a corto plazo de la incertidumbre que crean estos conflictos. Para las guerras más largas, hemos optado por captar su efecto en los tres primeros meses, tiempo más o menos necesario para disipar la mayor parte de la incertidumbre en cuanto a la extensión que va a tener el conflicto y para conocer la reacción de la comunidad internacional. La variable *Libia* representa el estallido de la guerra civil de Libia a comienzos de 2011, tomando valor 1 los meses de febrero, marzo y abril. Por su parte, la variable *Siria* va a tomar valor 1 para el periodo de comienzos del año 2012, desde enero hasta marzo.

Una tercera guerra que vamos a incluir es la guerra de Ucrania. En este caso se trata de una guerra con características muy diferentes a las anteriores. Se inicia tras el derrocamiento del gobierno ucraniano y la instauración de un nuevo gobierno formado por europeístas y nacionalistas ucranianos, y adquiere importancia internacional debido al levantamiento que se produce en las regiones del este del país pobladas por rusohablantes que declaran, en unos casos la anexión a Rusia, como es el caso de Crimea, y en otros la independencia con el fin último de anexionarse a Rusia. La importancia de este conflicto sobre el precio del petróleo no se debe a las reservas que tenga Ucrania de esta materia prima, pues estas son insignificantes, si no de la participación rusa en el conflicto, país que sí tiene importantes reservas.

Desde prácticamente el inicio del conflicto, Rusia ha estado interviniendo en él. Esta circunstancia se ha traducido en una oposición frontal de USA y la Unión Europea, que ha dado lugar a la imposición de sanciones por la intervención, lo que ha elevado la tensión internacional entre las grandes potencias nucleares. Entre estas sanciones, destaca una que afecta directamente al sector petrolífero ruso y que consiste en la prohibición de exportar a Rusia equipamiento de exploración y extracción de gas o petróleo.

En este contexto, con sanciones que afectan a un importante productor de petróleo y un clima de tensión entre países que son importantes operadores en el mercado mundial de crudo, la evolución normal del precio, manteniendo el resto de variables constantes, debería ser de subida. En este caso dado que existe una fecha de alto el fuego hemos optado por extender la variable a todo el periodo del conflicto, definiendo la variable *Ucrania*, como una variable dummy que toma valor uno para el periodo que abarca la guerra de Ucrania y las tensiones entre Rusia y USA, desde su

estallido en marzo de 2014 hasta septiembre del mismo año, cuando se firma el alto al fuego con el Protocolo de Minsk.

Además de las guerras y dado el shock que supuso el crack financiero asociado a la caída de Lehman Brothers, introducimos la variable *Crisis*, una variable *dummy* de septiembre de 2008, mes del crack bursátil, a diciembre, mes en que se reúne el G20 en la Cumbre de Washington para abordar las medidas de urgencia para salir de la crisis y se pacta la política fiscal expansiva coordinada. Con ella tratamos de captar la caída del precio asociada al shock de demanda que supuso la crisis financiera.

d. Fuentes

Las series temporales con valores mensuales que vamos a utilizar en nuestro modelo están recogidas en la tabla 1.

El precio spot West Texas Intermediate se obtiene de las bases de datos del Banco Mundial, procedente de su informe mensual Global Economic Monitor Commodities, donde se incluyen datos mensuales de precios e índices de las diferentes materias primas. Este precio ha sido deflactado por el CPI (índice de inflación) de USA, que ha sido obtenido del Federal Reserve Economic Data del Federal Reserve Bank of St. Louis.

Tabla 1. Variables del modelo

Nombre de la variable	Descripción	Fuente
PrecioWTIreal	Precio real WTI	WorldBank
OCDEStocks	Stock OCDE dividido por consumo OCDE	EIA
USAProd/consumo	Producción USA dividido por consumo petróleo USA	EIA
OPEPcuota	Producción OPEP dividido por consumo OCDE	EIA
AaaBondyield	Rentabilidad de los bonos Aaa	Federal Reserve Bank of St. Louis
Libia	Inicio de la guerra civil en Libia, en el periodo de febrero a abril de 2011	Elaboración propia
Siria	Inicio de la guerra civil en Siria, en el periodo de enero a marzo de 2012	Elaboración propia
Ucrania	Transcurso de la guerra civil en Ucrania, en el periodo de marzo a septiembre de 2014	Elaboración propia
Crisis	Estallido de la crisis económica, abarcando el periodo de septiembre a diciembre de 2008	Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

Por su parte, la cuota de mercado de la OPEP se calcula a partir de los datos procedentes de la International Energy Statistics de la Energy Information Administration (EIA).

Los datos referentes al stock de petróleo de la OCDE han sido obtenidos de la International Energy Statistics de la Energy Information Administration (EIA), al igual que los datos referentes a la producción y al consumo de USA.

Los datos referentes a la rentabilidad de los bonos calificados por la agencia Moody's como Aaa han sido obtenidos del Federal Reserve Economic Data del Federal Reserve Bank of St. Louis.

El periodo de tiempo que abarca el trabajo va de agosto de 2007, fecha de comienzo de la crisis financiera internacional, hasta septiembre de 2015, último mes del que están disponibles los datos.

4. Resultados

Antes de estimar el modelo es necesario analizar las series temporales con objeto de conocer si son estacionarias o integradas con raíz unitaria. Para que nuestro modelo estimado por MCO sea válido es necesario que las variables, al menos la dependiente, siga un proceso estacionario, y por tanto, no presente una raíz unitaria. Para analizarlo llevamos a cabo los test de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) y Kwiatkowsky, Phillips, Schmidt y Shin (KPSS).

Ambos test tiene por objeto analizar la existencia o no de raíz unitaria en las series temporales. Sin embargo, las hipótesis que se establecen en cada uno son diferentes. En el test de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) la hipótesis nula es la existencia de raíz unitaria, mientras que la hipótesis alternativa es la estacionariedad de la serie. Por tanto, en esta prueba buscamos rechazar la hipótesis nula de no estacionariedad. Por el contrario, en el test de KPSS, la hipótesis nula establece que la serie es estacionaria, mientras que la hipótesis alternativa es la no existencia de estacionariedad. Por consiguiente, en esta prueba, tratamos de obtener un estadístico con el que no se pueda rechazar la hipótesis nula

Tabla 2. Pruebas de raíz unitaria

Variable	ADF	P-valor ADF	KPSS
PrecioWTIreal	-3,144530	0,02346**	0,242320
OCDEStocks	-2,683880	0,07679*	0,990998***
CuotaOPEP	-2,481670	0,12000	1,61797***
USAProd/OPEP	0,163076	0,9688	2,14723***
USAProd/consumo	-1,61133	0,4767	1,4608***
AaaBondYield	-1,491240	0,538300	1,75769***

Nota:*** El coeficiente de la variable es significativo al 1%, ** El coeficiente de la variable es significativo al 5%, * El coeficiente de la variable es significativo al 10%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2 se recogen los resultados de ambas pruebas. La variable *PrecioWTIreal* resulta ser estacionaria teniendo en cuenta ambos test. A través del ADF rechazamos la hipótesis de no estacionariedad hasta un nivel de significatividad del 5%. Por su parte, a través de KPSS también obtenemos que es estacionaria, ya que no podemos rechazar a ningún nivel de significatividad la hipótesis nula, que en este caso es la existencia de una serie estacionaria.

Así mismo, el resto de variables no presentan estacionariedad según ambas pruebas. Únicamente la variable *OCDEStocks* plantea alguna duda por la contradicción de resultados de ambos test, aunque el nivel de significatividad nos hace mantenerla.

La principal novedad, en nuestro intento de explicar la evolución del precio del petróleo durante la crisis económica, es la introducción de la variable referente a la relación entre la producción y el consumo de USA, para contrastar la mejora explicativa que supone la misma vamos a presentar dos escenarios. En el primer escenario no incluimos dicha variable, y en segundo lugar sí lo hacemos. La diferencia entre los resultados de ambos escenarios nos permitirá observar la incidencia que tiene esta variable en el modelo, aumentando la representatividad del trabajo en conjunto y de algunas variables referentes a las guerras.

En el primer escenario, como se apuntaba anteriormente, vamos a estimar nuestro modelo sin incluir la variable *USAProd/consumo*, por tanto, llevaremos a cabo la estimación utilizando únicamente las variables tradicionalmente usadas por los modelos sobre el precio del petróleo, estas son: el stock de petróleo de la OCDE, la cuota de producción de los países de la OPEP y la rentabilidad de los bonos calificados como Aaa. Además, introduciremos todas las variables referentes a las

guerras de Libia, Siria y Ucrania, así como la que representa al estallido de la crisis en 2008.

El modelo a estimar a través de Mínimos Cuadrados Ordinarios en este primer escenario es el siguiente:

$$\text{PrecioWTIreal}_t = \alpha + \beta_1 \text{OCDEStocks}_t + \beta_2 \text{CuotaOPEP}_t + \beta_3 \text{AaaBondYield}_t + \mu_1 \text{Libia}_t + \mu_2 \text{Siria}_t + \mu_3 \text{Ucrania}_t + \mu_4 \text{Crisis}_t + \varepsilon_t$$

Antes de analizar los resultados obtenidos del modelo, es necesario realizar una serie de test a éste con objeto de comprobar su validez. Se trata de una serie de pruebas sobre los residuos del modelo, para comprobar que cumplen las hipótesis iniciales que validan el estimador MCO. Estos son las pruebas de heterocedasticidad, normalidad de los residuos y autocorrelación.

En primer lugar, realizamos el contraste de White para comprobar si el modelo es homocedástico, o por el contrario, presenta heterocedasticidad. Para ello, el test supone que la hipótesis nula a contrastar es la no existencia de heterocedasticidad, es decir, que los residuos son homocedásticos. Los resultados del test nos muestran un p-valor que no nos permite rechazar la hipótesis nula a un nivel de significatividad ligeramente inferior al 5%.

El siguiente aspecto a analizar es la normalidad de los residuos. Para ello, utilizaremos dos pruebas que tratan de analizar si los residuos siguen una distribución normal. Estas pruebas son la de Jarque-Bera y la de Doornik-Hansen. En ambas pruebas la hipótesis nula es la normalidad de los residuos del modelo, siendo la hipótesis alternativa el caso contrario. Tanto en Jarque-Bera como en Doornik-Hansen, los resultados no permiten rechazar esta hipótesis nula a ningún nivel de significatividad. Esto significa que el error sigue una distribución normal.

Por otro lado, examinamos la existencia de autocorrelación en el modelo. Para ello vamos a llevar el cabo el test de Breush-Godfrey. En este caso, la hipótesis nula es la ausencia de autocorrelación en los residuos del modelo. Los resultados de este test nos indican que se rechaza la hipótesis nula, por tanto, los residuos presentan autocorrelación. No obstante, este resultado no es extraño, ya que estamos analizando series temporales, por lo que es habitual que los valores de una variable dependan de los valores tomados por la variable en periodos anteriores, y por tanto, que los residuos en un momento también dependa de los valores anteriores, es decir, no sigan una evolución aleatoria.

Finalmente, aplicamos el test de raíz unitaria de Dickey-Fuller Aumentado a los residuos del modelo, con objeto de obtener si los residuos son estacionarios. Los resultados del test nos permiten rechazar la hipótesis nula de raíz unitaria al 1%, por tanto, los residuos del modelo son estacionarios, lo que significa que las variables del modelo están cointegradas, como ya comprobamos con el test de Jarque-Bera y de Doornik-Hansen al obtener que los residuos siguen una distribución normal.

Los resultados obtenidos a través del modelo estimado están recogidos en la columna 2 de la tabla 3.

En el segundo escenario introducimos entre las variables del modelo a la variable *USAprod/consumo* que incluye la proporción entre la producción de petróleo y el consumo de petróleo por parte de USA. La evolución de esta variable representa la evolución de la oferta y la demanda de este país y por tanto, nos permitirá analizar si el aumento de la producción que se ha producido en USA, con una producción que ha aumentado a un nivel superior al de la demanda, ha influido en la caída de precios que se ha producido en los mercados de petróleo mundiales.

Por tanto, el modelo a estimar recogería todas las variables utilizadas anteriormente en el primer escenario, añadiendo esta última variable y quedando representado de la siguiente forma:

$$PrecioWTI_{real_t} = \alpha + \beta_1 OCDEStocks_t + \beta_2 USAprod/consumo_t + \beta_3 CuotaOPEP_t + \beta_4 aAaaBondYield_t + \mu_1 Libia_t + \mu_2 Siria_t + \mu_3 Ucrania_t + \mu_4 Crisis_t + \varepsilon_t$$

Antes de obtener los resultados del modelo realizamos de nuevo el conjunto de test para validar el modelo. Como observamos en la tabla, el contraste de White de heterocedasticidad no nos permite rechazar la hipótesis nula al 5% de significatividad, por tanto podemos decir que los residuos del modelo siguen una estructura homocedástica. En cuanto a la normalidad de los residuos, tanto el contraste de Jarque-Bera como el de Doornik-Hansen no nos permiten rechazar la hipótesis nula de normalidad de los residuos a ningún nivel, por tanto podemos decir que los residuos del modelo siguen una distribución normal.

En cuanto al contraste de autocorrelación de Breush-Godfrey, se rechaza la hipótesis de no autocorrelación, al igual que en el primer escenario, por tanto tenemos unos residuos que presentan autocorrelación. Como indicábamos anteriormente, estos resultados no son extraños ya que estamos tratando con datos de series temporales.

Por último, el contraste ADF para los residuos nos permite rechazar a todos los niveles la hipótesis de no estacionariedad, por tanto, los residuos del modelo son estacionarios, lo que significa que las variables del modelo están cointegradas.

Estimando este modelo a través de Mínimos Cuadrados Ordinarios, al igual que hacíamos en el escenario anterior, obtenemos los resultados que están recogidos en la columna 3 tabla 3.

Tabla 3. Factores determinantes del precio del petróleo durante la Gran Recesión (08/2007-09/2015)

Variable	Escenario 1	Escenario 2
OCDEStocks	-6,47422*** (4,24e-022)	-6,0163*** (6,37e-021)
USApord/consumo		-92,6442*** (0,0005)
CuotaOPEP	934,657*** (1,54e-019)	947,446*** (2,61e-021)
AaaBondYield	23,3664*** (3,53e-013)	17,7200*** (6,57e-08)
Crisis	-42,0685*** (1,62e-08)	-42,3432*** (2,19e-09)
Libia	1,28089 (0,8598)	-0,2671 (0,9687)
Siria	-6,66739 (0,3302)	-11,5184* (0,0810)
Ucrania	15,2892*** (0,0045)	21,9194*** (6,97e-05)
R-cuadrado	0,7117	0,7491
R-cuadrado corr	0,6893	0,7266
F-estadístico	31,7493***	33.22462***
White	37,2308**	40,8903*
Breush-Godfrey	4,8583***	4,1221***
Doornik-Hansen	0,325	0,556
Jarque-Bera	0,4897	0,6981
ADF	-4,6721***	-5,095***

*Nota:**** El coeficiente de la variable es significativo al 1%, ** El coeficiente de la variable es significativo al 5%, * El coeficiente de la variable es significativo al 10%

Fuente: Elaboración propia

Como se observa la estimación del escenario 1 presenta un R-cuadrado corregido de 0,6893, lo que significa que el 68,93% de las variaciones del precio del petróleo en el periodo analizado están explicadas por las variables introducidas en el modelo. Por su parte, el estadístico F, que contrasta la significatividad conjunta de las

variables en el modelo, permite rechazar la hipótesis nula de no significatividad al 1%, por lo que podemos verificar que las variables en su conjunto son significativas.

Para el segundo escenario, observamos un R-cuadrado corregido de 0,7266, lo que significa que de los cambios del precio del petróleo en el periodo, un 72,66% viene explicado por las variables utilizadas en la estimación. Podemos observar que, la introducción de la variable referente a la proporción entre la producción y el consumo de petróleo de USA ha mejorado la bondad de ajuste del modelo y su representatividad conjunta en 4 puntos porcentuales. Por su parte, el estadístico F, que contrasta la significatividad conjunta de las variables en el modelo, permite rechazar la hipótesis nula de no significatividad al 1%, por lo que podemos verificar que las variables en su conjunto son significativas. Además, la introducción de esta variable en el segundo escenario ha aumentado la significatividad de algunas variables referentes a las guerras, como son la de Siria o Ucrania.

Analizando las variables individualmente, en primer lugar observamos que existe una relación negativa muy significativa entre el stock de la OCDE y el precio del crudo. Esta variable es definida en el modelo con la proporción entre el stock de la OCDE y el consumo en la OCDE. Además, como indicamos en el apartado anterior, esta variable es usada como un indicador de la oferta y la demanda del mercado. Por tanto, un incremento del stock supone que la oferta ha crecido por encima de la demanda, provocando que los precios caigan. Por contra, una caída del stock significa que la demanda de petróleo crece por encima de lo oferta, presionando los precios hacia arriba. Comparando ambos escenarios, podemos observar que en ambos la variable presenta un coeficiente muy similar, aunque pierde algo de incidencia en el escenario 2.

En cuanto a la variable *USAp_{prod}/consumo*, que se define como la proporción entre la producción de petróleo de USA y su consumo de petróleo, obtenemos una relación negativa y significativa con el precio del crudo. Esto significa, que el aumento de la producción que ha experimentado USA, por encima de la demanda propia, ha provocado un desequilibrio en el mercado que ha favorecido la importante caída de precios que se ha producido en el mercado mundial de crudo desde mediados de 2014.

En tercer lugar, analizamos la variable *CuotaOPEP*, que se define como la proporción entre la producción de petróleo de los países de la OPEP y el consumo de petróleo de los países de la OCDE, bloque donde se concentra una gran parte del

consumo mundial. La hipótesis que se establece es que cuanto mayor sea el poder de mercado de la OPEP sobre los países consumidores, mayor será el precio. Esto significa que cuanto más se acerque la producción de la OPEP al consumo de la OCDE, nos encontraremos con mayores precios y viceversa. Los resultados del modelo nos muestran una relación positiva y bastante significativa entre el precio del crudo y la cuota de mercado de la OPEP. Por tanto, se verifica la hipótesis, es decir, la OPEP, al ser el conjunto de países que concentra la mayor parte de las reservas de petróleo y una gran parte de la producción, tiene cierto poder de mercado para controlar el precio del crudo. No obstante, este poder se ha visto reducido en los últimos años, debido a que otros países no pertenecientes a la OPEP han aumentado su producción, especialmente USA, reduciendo la capacidad de esta organización para mantener los precios altos. En esta variable, al contrario que sucedía con el stock de petróleo de la OCDE, aumenta su significatividad en el segundo escenario, al introducir la variable referente a la producción de USA.

Por último, la variable *AaaBondYield* presenta también una relación positiva con el precio del crudo. Esta variable se define como la rentabilidad en porcentaje de los bonos de alta calidad crediticia calificados Aaa por la agencia Moody. Con indicamos en el apartado anterior, las empresas petroleras son intensivas en capital, por ello el coste de éste en el mercado financiero puede afectarles de forma importante, provocando un efecto sobre el precio del crudo. Además, dado el poder de mercado de estas empresas, tienen capacidad para incluir en el precio estos costes, de forma que mantengan su beneficio. El resultado obtenido del modelo confirma esta hipótesis, de forma que podemos establecer que el precio del petróleo también se ha visto afectado por los mercados financieros, no solamente por las condiciones de su mercado. Comparando en ambos escenarios observamos que esta variable tiene una pérdida de peso en el segundo escenario con respecto al primero.

En cuanto a las variables representativas de los shocks, observamos que la guerra de Libia no tiene ninguna incidencia en las variaciones del precio que se producen en ese periodo de tiempo, teniendo una significatividad casi nula en los dos escenarios analizados. Por su parte, la guerra de Siria presenta una nula significatividad en el primer escenario, sin embargo, la introducción de la variable *USAprud/consumo* en el segundo escenario hace que aumente su significatividad, aunque solo a un nivel de 10%, con una relación negativa con el precio, un resultado contrario al esperado en el modelo. Esta baja significatividad de estas variables puede

deberse a que los efectos de dichos shocks fueran de corta duración (durante pocos días).

En cuanto a la guerra civil de Ucrania los resultados del modelo nos muestran que esta variable presenta en ambos escenarios una relación positiva y bastante significativa con el precio del crudo. Esto significa que durante el periodo que comprende la guerra de Ucrania, a pesar de la bajada de precios, éstos han sido mayores de los que vendrían determinados por las variables del modelo. Aunque en ambos escenarios la significatividad de la variable es alta, la introducción de la variable *USAprod/consumo* aumenta de forma importante la significatividad de la variable en el modelo, representada esta significatividad por su p-valor. Por tanto, el modelo nos permite descartar cualquier posible uso o manipulación del precio del petróleo para disminuir la capacidad financiera de Rusia, ya que los resultados nos muestran que el efecto ha sido el esperado y los precios han sido superiores a los que vendrían determinados por las condiciones del mercado.

Por último, los resultados nos muestran que el estallido de la crisis económica también tuvo influencia en la caída de los precios que se produjo a partir de mediados de 2008. Según nuestras estimaciones la caída del precio en ese periodo no está completamente explicada por las condiciones del mercado en ese momento. Por el contrario, el precio cae muy por debajo del nivel marcado por las variables fundamentales. En este caso la variable tiene un coeficiente prácticamente idéntico en ambos escenarios, lo cual es coherente puesto que el aumento de la producción en USA se inicia posteriormente.

Análisis de robustez

El objetivo del análisis de robustez es comprobar si hemos definido correctamente la variable y si una definición alternativa modificaría los resultados obtenidos en cuanto a los signos de los coeficientes y la significatividad de las variables. Para ello, vamos a volver a estimar el modelo sustituyendo la variable *USAprod/consumo* por una variable que recoge la proporción de la producción de USA respecto a la producción de la OPEP (*USAprod/OPEP*) y que mediría el poder relativo de la producción de USA en el mercado.

En la tabla 4 incluimos los resultados de estimar el siguiente modelo:

$$\text{PrecioWTIreal}_t = \alpha + \beta_1 \text{OCDEStocks}_t + \beta_2 \text{USAprod/OPEP}_t + \beta_3 \text{CuotaOPEP}_t + \beta_4 \text{AaaBondYield}_t + \mu_1 \text{Libia}_t + \mu_2 \text{Siria}_t + \mu_3 \text{Ucrania}_t + \mu_4 \text{Crisis}_t + \varepsilon_t$$

Como observamos, el modelo presenta unos resultados similares a los obtenidos en el escenario dos. La representatividad del modelo, R-cuadrado corregido, es de 0,7263, ligeramente inferior al 0,7266 del modelo estimado anteriormente. Todas las variables presentan el mismo signo, siendo todas ligeramente más significativas en el escenario dos, salvo el caso del stock de petróleo de la OCDE. Además, observamos como la variable *USAProd/consumo* y *USAProd/OPEP* presentan el mismo signo de la relación, con un nivel de significatividad igual en ambas estimaciones. Esto significa que los incrementos de producción de USA son significativos con independencia de la forma en que los relativicemos y que por tanto la incorporación de nuestra variable para elevar la capacidad explicativa y mejorar la estimación es correcta.

Tabla 4. Prueba de robustez

Variable	Modelo 3
OCDEStocks	-5,9958*** (9,54e-021)
USAProd/OPEP	-166,359*** (0,0005)
CuotaOPEP	917,732*** (1,70e-020)
AaaBondYield	18,2136*** (1,79e-08)
Crisis	-43,0064*** (1,42e-09)
Libia	-0,4208 (0,9508)
Siria	-12,0854 (0,0690)
Ucrania	22,2633*** (6,13e-05)
R-Cuadrado	0,7489
R-Cuadrado corr	0,7263
F-Estadístico	33,179***
White	41,6994*
Breush-Godfrey	4,1121***
Doornik-Hansen	0,6535
Jarque-Bera	0,7471
ADF	-5,0902***

*Nota:**** El coeficiente de la variable es significativo al 1%, ** El coeficiente de la variable es significativo al 5%, * El coeficiente de la variable es significativo al 10%

Fuente: Elaboración propia

En definitiva, estos resultados nos muestran que el modelo, con la inclusión de la variable referente a la producción y el consumo de petróleo de USA, es robusto y que la relación entre el aumento de la producción respecto al consumo de USA y la caída del precio es consistente.

5. Conclusiones

Resumiendo los resultados, antes de entrar en las conclusiones, obtenemos que el precio del crudo ha seguido manteniendo durante la Gran Recesión una relación positiva con la cuota de mercado de la OPEP y con la rentabilidad de los bonos de alta calidad crediticia, mientras que existe una relación inversa entre el precio del petróleo y el stock de crudo de los países de la OCDE y con la producción de petróleo de USA. Por otra parte, dentro de las variables representativas de los shocks, las dos variables que hacen referencia a la llamada “primavera árabe” resultan no tener apenas incidencia en la formación del precio del petróleo, mientras que la variable referente a la guerra de Ucrania sí influye, elevando el precio del petróleo de forma adicional a las condiciones del mercado. Finalmente el crack bursátil de septiembre de 2008 supuso una gran caída de los precios del petróleo.

Metodológicamente, la introducción de la variable *USAProd/consumo* mejora, por una parte, la representatividad conjunta del modelo, y por otra parte, incrementa la significatividad de la mayor parte de las variables del modelo, a excepción del stock de petróleo de la OCDE, resultado lógico, ya que la variable que introducimos viene a complementar, y en parte, a sustituir a esta variable del stock, que como indicamos, pierde capacidad de captación de los efectos de los incrementos de producción por el fracking en USA.

Una vez realizado este resumen, pasamos a describir las distintas ideas que se desprenden de los resultados del modelo estimado.

En primer lugar, el modelo nos muestra que el stock de petróleo sigue siendo una variable explicativa de la evolución del precio del petróleo, ya que es un indicador que articula la oferta y la demanda en el mercado del petróleo. Sin embargo, con la caída del precio del petróleo a partir de 2014 hay que buscar variables adicionales que corrijan la merma de capacidad explicativa de las variaciones de reservas cuando éstas están en su límite y los crecimientos de producción se mantienen. La

introducción de la variable referente a la producción de USA nos ha permitido aumentar la capacidad explicativa del modelo.

En cuanto al poder de la OPEP, como muestran los resultados, estos países siguen disponiendo de capacidad para mantener elevados los precios, de forma que cuanto mayor es este poder mayores son los precios del petróleo. La crisis no ha supuesto un cambio significativo en este aspecto y los países de la OPEP siguen contando con una importante capacidad de influir en los precios. Eso sí, esta capacidad se ha visto mermada en los últimos años con el incremento de la oferta por parte de USA, haciendo que la cuota de mercado de los países de la OPEP sea menor.

También podemos observar que el precio del petróleo está expuesto a los mercados financieros y por tanto, a la crisis económica, como se demuestra en el modelo con su relación con la rentabilidad de los bonos de las empresas petroleras. Esta exposición del precio a los mercados financieros puede incidir en una mayor volatilidad de los precios, especialmente en la situación actual con unos precios bajos prolongados y con un futuro incierto. En cuanto a las guerras de la primavera árabe no han incidido sensiblemente aunque sí lo ha hecho la guerra de Ucrania en la que está implicada Rusia.

En futuros trabajos será conveniente estudiar la evolución del precio, con objeto de observar si los precios recuperarán niveles similares a los anteriores a la caída de 2014, o si por el contrario se mantienen en niveles similares a los actuales. Ello dependerá de cómo continúe evolucionando la oferta, si mantiene este crecimiento, o si, debido a los precios bajos, se reduce hasta llegar a un equilibrio con precios más elevados.

También es interesante estudiar la evolución del comportamiento de los países de la OPEP, cuyo poder sobre el precio se ha visto mermado debido al aumento de la oferta externa a la OPEP. Será interesante observar si continuará manteniendo sus niveles de producción, con el fin de no perder su mercado, o si llevará a cabo finalmente restricciones en su producción para compensar los incrementos de USA. De esta política dependerá también, en buena parte, la evolución futura del precio del petróleo en los próximos años.

BIBLIOGRAFÍA

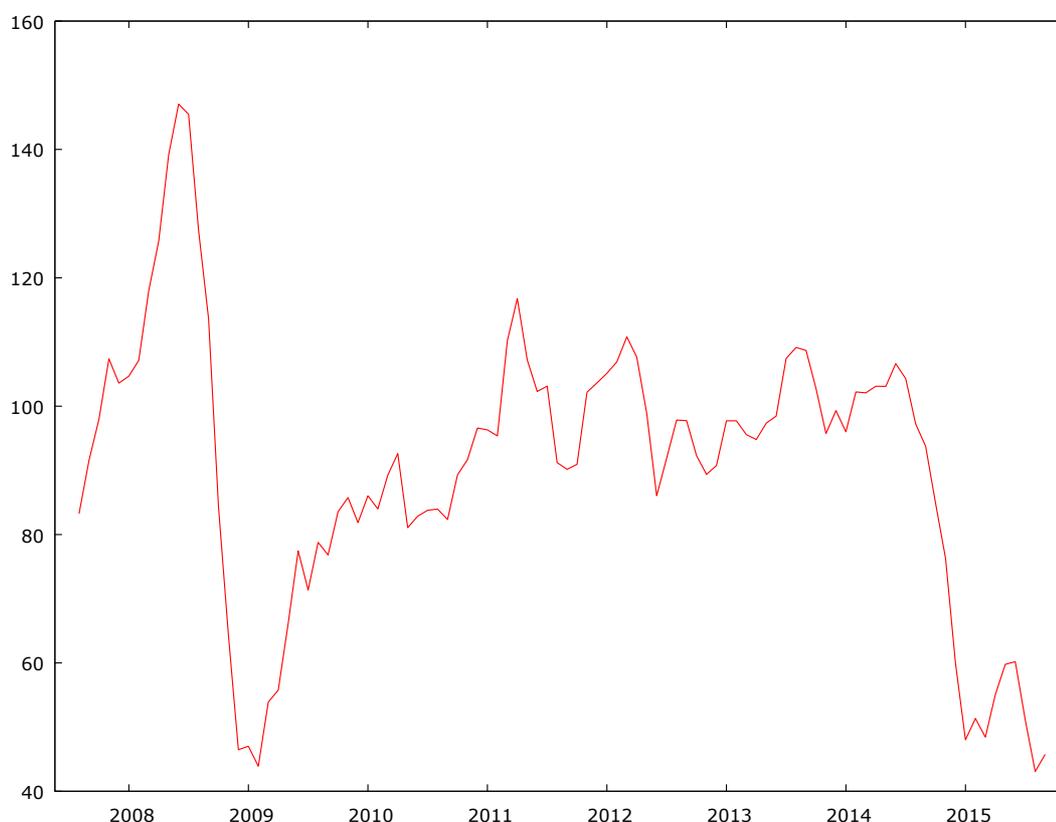
- Arezki, R., & Blanchard, O. (2014). Seven Questions about the Recent Oil Price Slump. *IMF Direct Blog*: <http://blog-imfdirect.imf.org/2014/12/22/seven-questions-about-the-recent-oil-priceslump>.
- British Petroleum (2015). Statal Review of World Energy 2015. (20/05/2015). Recuperado de <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/statistical-review-2015/bp-statistical-review-of-world-energy-2015-full-report.pdf>
- British Petroleum (2016). Statal Review of World Energy 2015. (20/05/2015). Recuperado de <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-2016/bp-statistical-review-of-world-energy-2016-full-report.pdf>
- Chevillon, G., & Riffart, C. (2009). Physical market determinants of the price of crude oil and the market premium. *Energy Economics*, 31(4), 537-549.
- Coleman, L. (2012). Explaining crude oil prices using fundamental measures. *Energy Policy*, 40, 318-324.
- Dees, S., Karadeloglou, P., Kaufmann, R. K., & Sanchez, M. (2007). Modelling the world oil market: Assessment of a quarterly econometric model. *Energy Policy*, 35(1), 178-191.
- Fattouh, B. (2009). Basis Variation and the Role of Inventories: Evidence from the Crude Oil Market. *Oxford Institute for Energy Studies*.
- Federal Reserve Bank of Sant Louis (2015). Federal Reserve Economic Data
- He, Y., Wang, S., & Lai, K. K. (2010). Global economic activity and crude oil prices: A cointegration analysis. *Energy Economics*, 32(4), 868-876.
- IAE (2016). International Energy Statistics. Energy Information Asociation, (US), Washington DC.
- Kaufmann, R. K. (1995). A model of the world oil market for project LINK Integrating economics, geology and politics. *Economic Modelling*, 12(2), 165-178.
- Kaufmann, R. K., & Ullman, B. (2009). Oil prices, speculation, and fundamentals: Interpreting causal relations among spot and futures prices. *Energy Economics*, 31(4), 550-558.
- Kaufmann, R. K., Dees, S., Karadeloglou, P., & Sanchez, M. (2004). Does OPEC matter? An econometric analysis of oil prices. *The Energy Journal*, 67-90.

- Kilian, L. (2008). The Economic Effects of Energy Price Shocks. *Journal of Economic Literature*, 46(4), 871-909.
- Kilian, L. (2014). Oil Price Shocks: Causes and Consequences. *Resource*, 6.
- Kilian, L., & Murphy, D. P. (2014). The role of inventories and speculative trading in the global market for crude oil. *Journal of Applied Econometrics*, 29(3), 454-478.
- Kilian, L., & Park, C. (2009). The impact of oil price shocks on the us stock market*. *International Economic Review*, 50(4), 1267-1287.
- Narayan, P. K., & Narayan, S. (2007). Modelling oil price volatility. *Energy Policy*, 35(12), 6549-6553.
- World Bank (2016). Global Economic Monitor Commodities. Monthly report.
- Wu, G., & Zhang, Y. J. (2014). Does China factor matter? An econometric analysis of international crude oil prices. *Energy Policy*, 72, 78-86.
- Ye, M., Zyren, J., & Shore, J. (2002). Forecasting crude oil spot price using OECD petroleum inventory levels. *International Advances in Economic Research*, 8(4), 324-333.
- Yousefi, A., & Wirjanto, T. S. (2004). The empirical role of the exchange rate on the crude-oil price formation. *Energy Economics*, 26(5), 783-799.
- Zhang, X., Yu, L., Wang, S., & Lai, K. K. (2009). Estimating the impact of extreme events on crude oil price: An EMD-based event analysis method. *Energy Economics*, 31(5), 768-778.

ANEXO.

Valores observados de las variables en el período considerado

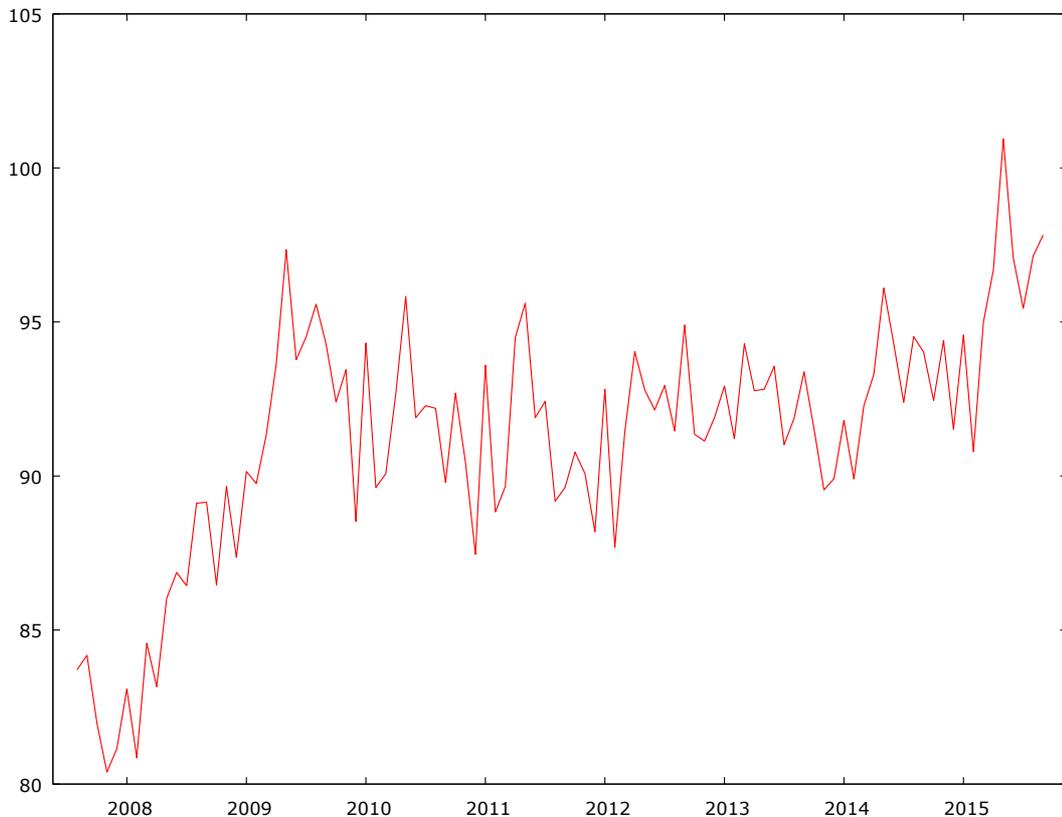
Precio WTI real



La evolución del precio del crudo (expresado en dólares) se ha caracterizado por la inestabilidad y la volatilidad. En el gráfico podemos observar el fin del periodo anterior a la crisis, donde la principal característica es un constante incremento del precio, hasta alcanzar septiembre de 2008. Esta subida pudo estar impulsada por las presiones especulativas en los mercados financieros. A partir de septiembre de 2008, con el estallido de la crisis económica mundial, el precio cae de forma drástica, hasta alcanzar precios inferiores a 40 dólares/barril en el inicio de 2009. A partir de ese momento, caracterizado por el shock inicial provocado por la crisis, los precios comienzan a recuperarse, alcanzando niveles similares a los anteriores a la crisis económica, aunque con una mayor volatilidad. A partir de 2011, esta volatilidad aumenta aún más, posiblemente auspiciada por los conflictos surgidos en la llamada “primavera árabe”. La situación cambia completamente en junio de 2014, momento partir del cual comienza a caer drástica y continuamente el precio, hasta alcanzar niveles similares a los alcanzados durante el inicio de la crisis. Unos precios bajos que se han mantenido durante el resto del 2014 y buena

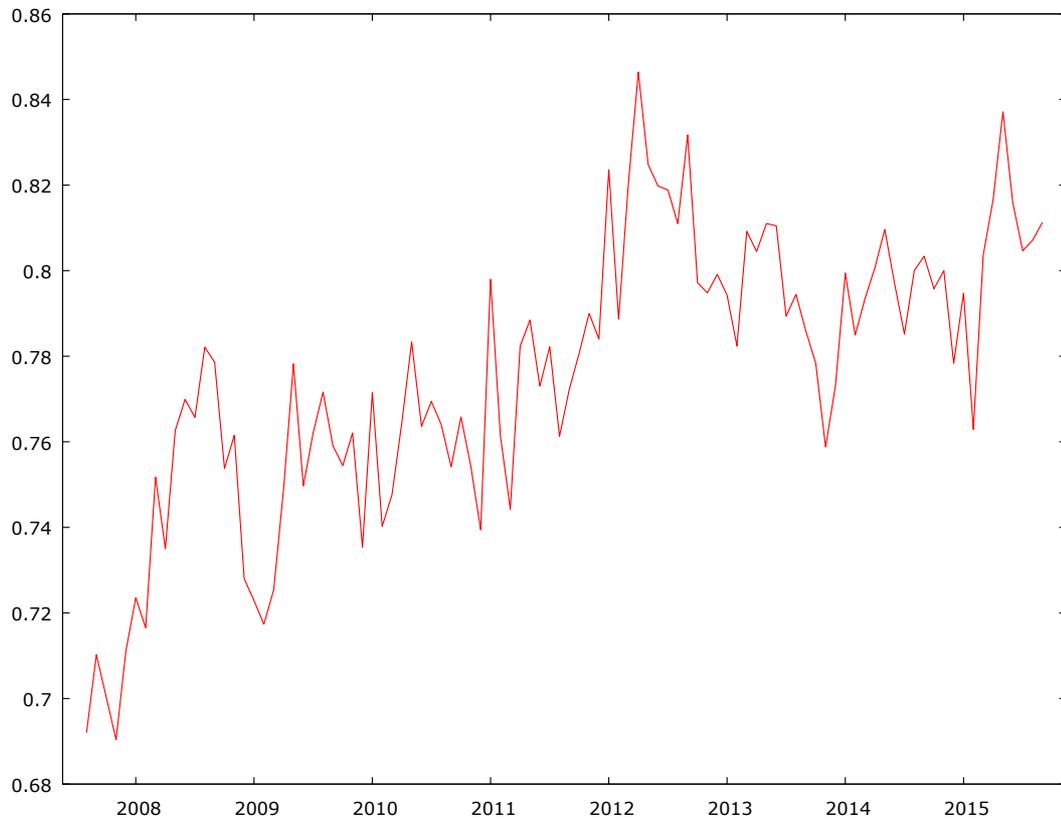
parte de 2015, si bien ha experimentado algunas ligeras subidas, pero sin llegar a alcanzar los precios anteriores a esta gran caída.

OCDEStocks



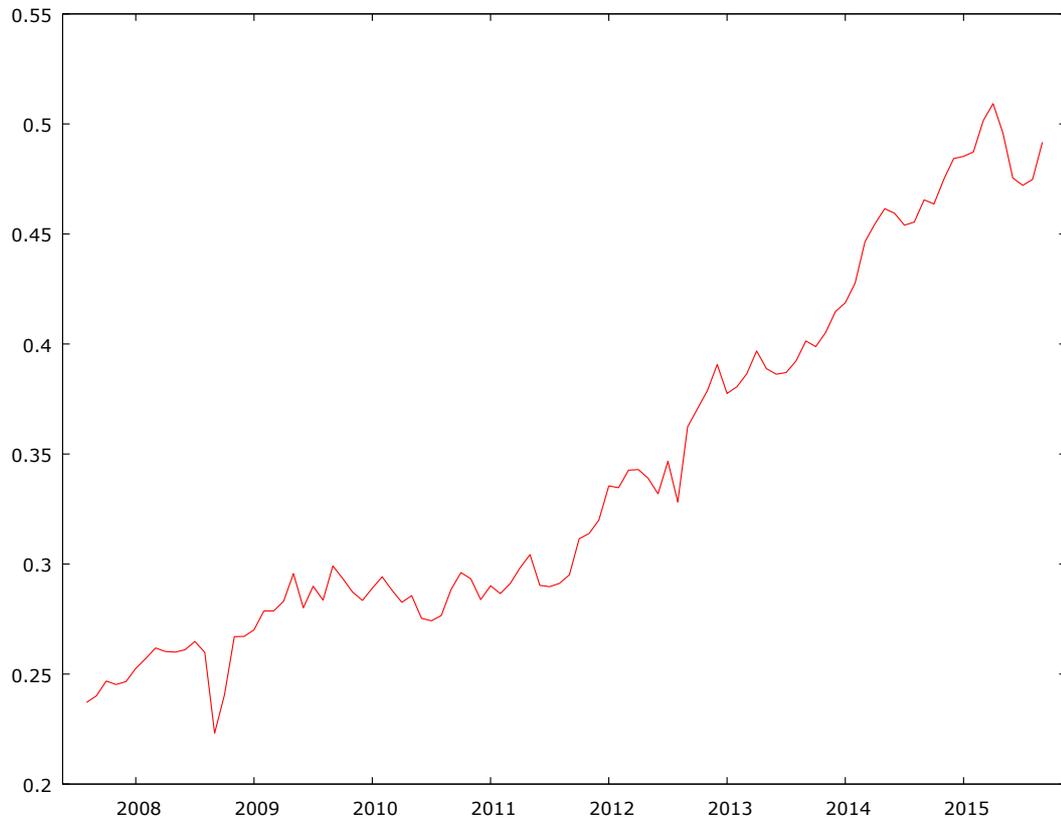
Los niveles de stock de los países de la OCDE se encontraban en sus niveles más bajo al inicio del periodo analizado, debido a que el consumo aumentaba más que la oferta de petróleo. Sin embargo, a partir del crack bursátil, vemos como aumentan las existencias de petróleo, posiblemente propiciadas por una caída de la demanda. A partir de 2009, observamos una gran volatilidad en el stock de petróleo, pero manteniendo una tendencia constante hasta 2014. En el inicio de la caída del precio del petróleo, cae ligeramente el stock, provocado por un aumento del consumo auspiciado por unos menores precios. Pero a partir de 2015, la presión de la oferta, constantemente en crecimiento, lleva al stock a aumentar, aunque el aumento nos es tan notable debido a que estos se encuentran cercanos a su máxima capacidad.

Cuota OPEP



Esta variable representa la proporción entre la producción de los países de la OPEP y el consumo de los países de la OCDE. Observamos como a inicios de 2008 experimenta una importante subida, que se ve frenada con el estallido de la crisis. A partir de ahí hasta inicios de 2009, se produce una caída de esta cuota, posiblemente debido a una reducción de la producción de la OPEP. Tras este momento, comienza a incrementarse esta cuota, experimentando una importante volatilidad, posiblemente más ligada al consumo que a la producción de la OPEP. A partir de alcanzar un pico en 2012, observamos cómo esta cuota comienza a experimentar un descenso, debido al incremento de la producción de otros países externos a la OPEP, si bien a partir de 2015 ha comenzado a aumentar de nuevo.

USAprod/consumo



En este gráfico observamos la evolución de la variable que hace referencia a la proporción entre la producción de petróleo de Estados Unidos y su consumo de petróleo. La tendencia es claramente a crecer, principalmente por el aumento de la producción de petróleo de Estados Unidos. El ritmo de crecimiento de esta variable aumenta a partir de 2012, alcanzando unos máximos a finales de 2014. Este gran crecimiento de la producción americana viene provocado por la introducción del fracking, una técnica novedosa para extraer petróleo del subsuelo a través de la fracturación hidráulica, y que ha permitido a Estados Unidos convertirse en 2014 en el mayor productor de petróleo del mundo.

AaaBondYield



En este gráfico vemos la evolución del tipo de interés calificado Aaa por la agencia Moody. Como observamos, tras un nivel alto anterior al estallido de la burbuja, experimenta una importante caída en septiembre de 2008, de la que se recupera levemente a inicios de 2009. A partir de ese momento, la tendencia seguida por la variable es caer, aunque experimenta periodos de repunte, como sucede a inicios de 2011. A partir de mediados de 2012, comienza a crecer de nuevo, aunque esta recuperación se ve truncada a inicios de 2014, donde comienza a caer de nuevo hasta 2015, observándose en este año una mejora de este tipo de interés.