

Dinámica de participación en el mercado petrolero: Un análisis de cadenas de Markov*

Oil market dynamics: A Markow chain analysis

Melanie Parravano y Luis Enrique Pedauga****

Recibido: 08-05-08 / Revisado: 06-05-08 / Aceptado: 13-06-08

Códigos JEL: L71

Resumen

Desde los años setenta la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) ha ejercido un poder monopólico que le ha permitido jugar un papel dominante en el mercado petrolero mundial, aunque con un grado de influencia cambiante en el tiempo. El objetivo de esta investigación es encontrar variables capaces de explicar los cambios en el poder de mercado a lo largo de las tres últimas décadas, analizando el mercado petrolero en su dimensión dinámica, en la que los agentes rivalizan por maximizar su participación. Para lograr esto, estudiamos empíricamente la evolución del porcentaje de participación de los dos principales grupos de países exportadores de petróleo (OPEP y No OPEP), suponiendo que ésta sigue un proceso autorregresivo de Markov de primer orden, en el que las probabilidades de transición varían en el tiempo mediante un proceso de transición logística suave. Los resultados obtenidos sugieren que tanto el nivel del precio real del petróleo, como los ciclos económicos, son variables capaces de explicar los cambios en la dinámica de participación en el mercado.

Palabras clave: Mercado petrolero, poder de mercado, rivalidad, modelos de Markov, procesos de transición suave.

** Banco Central de Venezuela, Oficina de Investigaciones Económicas, e-mails: mparrava@bcv.org.ve, lpedauga@bcv.org.ve.

Abstract

Since the seventies the Organization of Petroleum Exporting Countries (OPEC) has exercised a monopolistic power playing a dominant role in the oil market, but with varying degrees of influence. The aim of this investigation is to determine which variables explain changes in OPEC's market power during the last three decades, based on the assumption that oil market participants compete to maximize their market share in time. In particular, the estimation model assumes that the market participation of the two principal oil exporting country groups (OPEC and Non OPEC) follows an Autoregressive First Order Markov Process, in which transition probabilities vary in time by means of a logistic smooth transition function. Results suggest that the level of real oil prices and economic cycles are relevant variables to explain changes in market share dynamic.

Key words: Oil market, market power, Markov process, logistic smooth transition.

1. Introducción

Si bien la OPEP fue creada en los años sesenta, es a partir del alza de los precios del petróleo en 1973¹ cuando comienza a manifestarse la influencia que sobre el mercado petrolero mundial logra ejercer esta organización. Asimismo, a partir de esta fecha surge un importante número de estudios que intentan explicar la conducta que mejor define a la OPEP.

Estudios empíricos como los de Loderer (1984), Griffin (1985), Gülen (1996), Yang (2004) y Smith (2005), han rechazado la hipótesis de comportamiento competitivo de los países miembros de la OPEP. Estas investigaciones generalmente coinciden en señalar que esta organización ha funcionado casi perfectamente como un cartel que, bien sea operando como una agencia central, imponiendo cuotas a sus miembros, o mediante otros mecanismos de reducción a la producción, ha logrado ejercer su posición dominante en el mercado petrolero mundial. Asimismo, también concuerdan en que esta capacidad para afectar al mercado a su favor ha sido variable, y que se ha alternado entre períodos de mayor y menor poder de mercado.

Como lo señalan Greene, Jones y Leiby (1998), aquellos que han argumentado que en el pasado la OPEP no ha utilizado de manera efectiva su potencial poder de mercado (Bohi y Toman, 1993), también

han notado en sus resultados que prolongados periodos de precios altos, inevitablemente están seguidos por un debilitamiento de su influencia monopólica, caracterizada por la pérdida de la participación del mercado. En tanto que, durante periodos prolongados de precios bajos, esta pérdida del mercado es eventualmente recapturada y la influencia es así restaurada.

El objetivo de esta investigación es determinar cuáles variables son capaces de explicar estos cambios en el poder de mercado a lo largo de las tres últimas décadas. Igualmente, se analizará el mercado petrolero en su dimensión dinámica, suponiendo que su evolución sigue un proceso autorregresivo de Markov de primer orden, en el cual las probabilidades de transición varían en el tiempo mediante un proceso de transición logística suave.

Asimismo, se supone que el poder de mercado y la no competencia están correlacionados con el concepto de lealtad de la demanda usado por Cesari (2000) y por quienes como Vickers (1995) proponen que el poder de mercado se ejerce, en un sentido dinámico, mediante la sucesión del predominio de diferentes agentes en el mercado.

La siguiente sección se dedica a la recopilación de algunas teorías y a la descripción de los hechos estilizados que han caracterizado el mercado petrolero. En la tercera sección se presenta el enfoque econométrico, así como la medida de competencia estimada en esta investigación. La sección 4 sintetiza los principales resultados. Finalmente, se ofrecen algunas conclusiones.

2. Modelos teóricos y hechos estilizados del mercado petrolero mundial

Uno de los primeros trabajos que estudian el comportamiento de la OPEP es el de Kosobud y Stokes (1978) en el cual desarrollan un modelo teórico de regla óptima de participación de mercado para explicar la estabilidad y respuesta de la organización ante choques en el mercado petrolero. Además, analizan empíricamente, mediante la estimación de matrices de Markov, el periodo previo y posterior a la creación de la

OPEP, y encuentran evidencias a favor de que los países miembros de la organización formen un cartel efectivo y que un modelo de participación de mercado (*market-shares model*) logra explicar esta conducta. En este sentido, los resultados de Griffin (1985), Gülen (1996) y recientemente Yang (2004) sostienen también la hipótesis de que la OPEP ha operado como un cartel de participación de mercado desde los años ochenta.

En cuanto a los factores determinantes del poder de mercado de la OPEP, dos variables resultan significativas: la distribución mundial de los yacimientos petrolíferos y la inelasticidad de la oferta y demanda petrolera mundial (Adelman, 1986).

Con relación al primer elemento, son ampliamente conocidas las estimaciones que le otorgan a los países miembros de la OPEP más de tres cuartas partes de las reservas petroleras mundiales (casi 900 mil millones de barriles), de las cuales gran parte se encuentra localizada en países como Arabia Saudita, Irán e Irak, que aportan aproximadamente el 57% del total de reservas de la organización.

En cuanto a las elasticidades, como el otro elemento determinante del poder de mercado, existe un claro consenso en la incapacidad de la demanda y la oferta para responder rápidamente a los choques del mercado. Tanto los primeros trabajos de Brown y Philips (1980) y Huntington (1991), así como las más recientes investigaciones de Cooper (2003), Hunt y Ninomiya (2003) han llegado a la conclusión de que la inelasticidad de la demanda, tanto en el corto como el largo plazo, se ubica en el promedio mundial de éstas en $-0,05$ y $-0,42$, respectivamente. Por su parte, los estudios enfocados a la oferta coinciden en señalar que ésta también es inelástica. Como lo resume Greene (2005), las estimaciones resultan menores a uno, lo que promedia en el corto plazo un $0,03$ para la elasticidad de la oferta de la OPEP, un $0,05$ para el resto de los países, y un $0,45$ la elasticidad promedio en el largo plazo.

Considerando estas características sobre la distribución de los recursos y la inelasticidad del mercado, autores como Adelman (1986), Banks (1986), Greene (1991), entre otros, proponen estudiar la conducta de la OPEP mediante un modelo de cartel monopolístico imperfecto del tipo von Stackelberg.² En este sentido, un cartel, controlando una

importante participación del mercado, puede buscar un precio P que exceda los costos de producción C (incluidos el retorno normal del capital) tal que le permita maximizar sus beneficios. En términos simplificados, esta brecha (*mark-up*) entre el precio y costo marginal podría quedar expresada como:

$$P/C = 1/\{1 + [(1/\alpha) \cdot m \cdot (\mu + 1)]\} \quad (1)$$

Como se puede apreciar, el *mark-up* depende de dos factores: la participación de mercado que posea el cartel ($0 < m < 1$), y la habilidad de los competidores de responder a la reducción en la oferta, donde α es la elasticidad precio de la demanda y μ es definida como los cambios en cantidades de los productores competitivos ante una unidad incrementada en la oferta del monopolista de Von Stackelberg.³

La ecuación (1) resulta ser similar al *mark-up* de un simple monopolista, la cual en tal caso vendría expresada como $P/C = 1/\{1 + (1/\alpha)\}$. La diferencia entre estas expresiones consiste en los términos α y μ los cuales se esperan sean negativos. Resulta interesante destacar además que si μ fuese igual a menos uno, significaría que los países del grupo de la no- OPEP estaría en la capacidad de cubrir barril por barril las reducciones de la producción de la OPEP, al mismo precio y como tal el cartel no tendría poder de mercado, $P/C=1$.

Considerando las evidencias sobre las diferencias entre las elasticidades de corto y largo plazo señaladas con anterioridad, es fácil reconocer que un cartel que opere bajo estas características podría forzar los precios al alza en el corto plazo más allá de los que podría mantener en el largo plazo (Greene, 1991) ya que, con pequeños cambios en su oferta, puede crear enormes choques en los precios en el corto plazo (Greene, Jones y Leiby, 1998). A pesar de que los niveles elevados de precios no pueden ser mantenidos en el largo plazo, sin pérdida de participación de mercado en el corto plazo, esto le confiere al cartel la posibilidad de influir en el mercado a su favor al impulsar los precios al alza, en la medida en que su poder de mercado se lo permita.

3. Enfoque de la investigación

En esta investigación se supone que, dinámicamente, los márgenes entre el precio y el costo marginal no son directamente observables, por lo que centramos nuestra atención en estudiar cómo es el comportamiento de los agentes del mercado.⁴ En este sentido, la competencia será descrita como la rivalidad entre las firmas (individuos, grupos o naciones), competencia que es dada cuando dos o más partes se esfuerzan por algo que no todos pueden obtener (Sitgler, 1987). Por lo tanto, *la competencia en esta investigación será entendida como un proceso dinámico de rivalidad, en el que los grupos de países compiten por maximizar su participación en el mercado petrolero, y donde el poder de mercado será medido mediante la intensidad con que es dada esta rivalidad.*

3.1. Especificación del modelo

El modelo econométrico sigue el diseño de estimación de cadenas de Markov propuesto por Mac Rae (1977) en el caso especial donde las probabilidades de transición cambian en el tiempo (*Time-Varying Markov Proceses*) con el elemento adicional de que estos cambios admiten una transición logística suave (*Logistic Smooth Transition*) similar a la utilizada en los modelos de Lundbergh, Terasvirta y van Dijk (2003).

Un proceso de Markov se refiere a una serie de eventos en el cual la probabilidad de que ocurra un evento depende del evento inmediato anterior, es decir, estos procesos tienen memoria, recuerdan el último evento y condicionan las posibilidades de eventos futuros. Formalmente, un proceso estocástico de Markov de primer orden es aquel en el que las variables se mueven en forma estocástica entre un número finito de estados mutuamente excluyentes, con una función de densidad condicional al estado en el que la variable estuvo localizada en el periodo previo. Este proceso puede ser caracterizado por la siguiente ecuación de probabilidad condicional:

$$P(X_{n+1}=s_{n+1} | X_1=s_1, X_2=s_2, \dots; X_n=s_n) = P(X_{n+1}=s_{n+1} | X_n=s_n) \quad (2)$$

Esta especificación indica que, en el momento n , el modelo de probabilidades debe especificar la probabilidad condicional de que el proceso X se halle en el estado s_{t+1} en el tiempo $t+1$, dado que en los tiempos $1, 2, \dots, t$ el proceso estuvo en los estados s_1, s_2, \dots, s_t ; esta última probabilidad se conoce como probabilidad de transición p_{ij} .

Para lograr esto, se parte de suponer que se observan s países productores de petróleo, mutuamente excluyentes y de número finito, que mediante su producción q_i satisfacen la demanda del mercado petrolero mundial:

$$q = q_1 + q_2 + \dots + q_s \quad (i = 1, 2, \dots, s)$$

de manera tal que la participación relativa del país i en la oferta total en este mercado está dada por:

$$m_i = \frac{q_i}{q}$$

donde m_i es la participación de mercado del país i , que en esta investigación será considerada como la variable que sigue el proceso estocástico de Markov.

En consecuencia, las probabilidades de transición p_{ij} indicarán la probabilidad de que la cuota de mercado cubierta por el país i en el período $t-1$ sea cubierta por el país j en el período t . Si consideramos los s países, la matriz de probabilidades de transición P_{ij} quedaría definida como:

$$P_{ij} = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1s} \\ p_{21} & p_{22} & & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ p_{s1} & \dots & \dots & p_{ss} \end{pmatrix} \quad \text{donde: } \sum_{j=1}^s p_{ij} = 1 \quad \forall i \quad (3)$$

donde los elementos p_{ij} de la matriz de probabilidades describen la competencia por mantener las cuotas de mercado de cada país productor de petróleo.

Si establecemos que $\theta_j(t)$ es la probabilidad de que un país j mantenga una cuota de mercado en el momento t , y conociendo los elementos de la matriz P_{ij} , entonces podemos establecer que las probabilidades de transición están relacionadas en el tiempo mediante:

$$\theta_j(t) = \sum_{i=1}^s P_{ij} \theta_i(t-1) \quad (j = 1, 2, \dots, s) \quad (4)$$

que matricialmente expresado queda como:

$$\theta(t) = P' \theta(t-1) \quad (5)$$

donde $\theta(t)$ es un vector s -dimensional de probabilidades de estado y P es una matriz cuadrada de dimensión s de probabilidades de transición.

En virtud de que los países son mutuamente excluyentes y exhaustivos, los elementos de $\theta(t)$ y las filas de P tienen que sumar 1 en cada periodo:

$$\sum_{j=1}^s \theta_j(t) = 1 \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^s P_{ij} = 1 \quad (7)$$

Como las ecuaciones (6) y (7) implican que una de las ecuaciones del sistema (4) resulta redundante, se omite la última ecuación y el proceso de Markov puede ser representado en un sistema de $s-1$ ecuaciones:

$$\theta_*(t) = P_*' \theta_*(t-1) \quad (8)$$

El vector $\theta_*(t)$ de dimensión $s-1$ está formado por $\theta(t)$ excluyendo el último elemento, y la matriz P_* es la misma que P sin la última columna.

Además, como las probabilidades de transición tienen que ser no negativas y tienen que satisfacer la identidad (7), se usa una especificación logística multinomial:

$$\ln(P_{ij}/P_{is}) = \beta_{ij} \quad (j = 1, \dots, s-1; i = 1, \dots, s) \quad (9)$$

Esta ecuación, junto con la identidad (7), cierra el sistema y ambas comprenden una transformación del espacio de parámetros β_{ij} al espacio de probabilidades de transición, tal que todos los elementos de P_{ij} son no negativos y las filas de P_{ij} suman 1.

Por su parte, como se supone que las probabilidades de transición cambian en el tiempo en respuesta a una variable indicadora que resulta exógena a las variables del modelo, podemos establecer que:

$$P_{ij}(t) = f_{ij}(z(tv_{t-d}), \beta_{ij}) \quad (i, j = 1, 2, \dots, s) \quad (10)$$

donde $z(tv_{t-d})$ es una función indicadora o función logística de transición suave que sigue la siguiente especificación:

$$z(tv_{t-d}) = \{1 + \exp[-\gamma(tv_{t-d} - c) / \sigma_{tv}]\}^{-1}, \quad \gamma > 0 \quad (11)$$

donde tv_{t-d} es una variable de transición o de estado entre regímenes,⁵ σ_{tv} es la desviación estándar de la variable de estado, c es el parámetro de transición y γ es un parámetro de suavización o de ajuste entre regímenes, esto porque esta función indicadora toma sólo valores entre cero y uno, ambos extremos inclusive.

La intención de usar $z(tv_{t-d})$ es que la expresión (9) puede ser reformulada como:

$$\ln(P_{ij}(t) / P_{is}(t)) = F_{ij}(t) = F_{ij}(z(tv_{t-d}), \beta_{ij}, \delta_{ij}) \quad (j = 1, \dots, s-1; i = 1, \dots, s) \quad (12)$$

Esta especificación permite re-expresar cada probabilidad como función de los coeficientes de β_{ij} , δ_{ij} y de las variables de transición tv_{t-d} de la siguiente manera:

$$P_{is}(t) \sum_{j=1}^{s-1} \exp F_{ij}(t) = \sum_{j=1}^{s-1} P_{ij}(t) = 1 - P_{is}(t) \quad (i = 1, 2, \dots, s) \quad (13)$$

y por lo tanto:

$$P_{ij}(t) = \exp F_{ij}(t) / \left(1 + \sum_{j=1}^{s-1} \exp F_{ij}(t) \right) \quad (j = 1, 2, \dots, s - 1) \quad (14)$$

$$P_{is} = 1 / \left(1 + \sum_{j=1}^s \exp F_{ij}(t) \right) \quad (i = 1, 2, \dots, s) \quad (15)$$

Finalmente, utilizando las ecuaciones (4) y (13), y usando las cuotas del mercado de los países en el período t , $m_j(t)$, como aproximación al concepto probabilístico $\theta(t)$, puede aplicarse el método de máxima verosimilitud con información completa al siguiente sistema de $s-1$ ecuaciones no lineales en los parámetros con restricciones entre las ecuaciones:

$$m_j(t) = \sum_{i=1}^n \left\{ m_i(t-1) \left[\exp F_{ij}(t) / \left(1 + \sum_{j=1}^{s-1} \exp F_{ij}(t) \right) \right] \right\} \quad (j = 1, 2, \dots, s - 1) \quad (16)$$

Como puede observarse en la expresión (16), todas las probabilidades de transición en una fila de $P_{ij}(t)$ dependen exactamente del mismo conjunto de parámetros, lo que implica que los parámetros así estimados, junto con las especificaciones (14), (15) y la función logística (10), permiten obtener las probabilidades de transición $p_{ij}(t)$ entre dos regímenes de la economía, según lo defina la variable de transición tv_{t-d} , es decir:

$$P_{ij}(t) = \begin{cases} \exp \beta_{ij} / \left(1 + \sum_{j=1}^{s-1} \exp \beta_{ij} \right), & \text{si } z(tv_{t-d}) = 0 \\ \exp[\beta_{ij} + \delta_{ij}] / \left[1 + \sum_{j=1}^{s-1} \exp(\beta_{ij} + \delta_{ij}) \right], & \text{si } z(tv_{t-d}) = 1 \end{cases} \quad (17)$$

La ventaja de este análisis es que permite encontrar la probabilidad de que un sistema se encuentre en un régimen particular en un momento

dado, esto porque cuando $z(tv_{t-d})$ resulta ser igual a cero (régimen bajo) podemos encontrar una matriz de probabilidades de transición distinta a la que se podemos observar cuando $z(tv_{t-d})$ sea igual a uno (régimen alto).

Además, con esta información se pueden hacer para cada régimen (alto o bajo) las siguientes consideraciones (Rojas, 1997): primero, los elementos de la diagonal; $i=j$ permiten conocer el éxito relativo del país i en mantener su cuota de mercado de un periodo a otro; segundo, los elementos fuera de la diagonal $i \neq j$ indican el éxito relativo del país j en ganar participación en el mercado a expensas de su país rival i ; tercero, utilizando los elementos p_{ij} y p_{ji} , pueden analizarse los resultados de rivalidad bilateral entre el país i y el país j y, por último, la existencia de muchos elementos nulos fuera de la diagonal permite conocer que la rivalidad esté fragmentada y que existan sectores que no están compitiendo entre sí.

4. Medidas de competencia

Siguiendo la propuesta de Cesari (2000) y considerando que el proceso de competencia, en su sentido dinámico, puede ser capturado conociendo la intensidad de la rivalidad entre los agentes que participan en el mercado, suponemos que el poder de mercado y la no-competencia están correlacionados con la fidelidad de los consumidores a sus proveedores (Vickers, 1995).

En este estudio, la fidelidad de los clientes es estimada mediante los valores de la diagonal principal de la matriz de probabilidades de transición. En tal sentido, si el poder de mercado puede ser excluido del lado de la demanda, una alta probabilidad (alta fidelidad) significa que los clientes son “capturados” por los oferentes (productores) y estos últimos pueden así disfrutar de los beneficios extra de un mercado imperfecto.

Por lo tanto, la medida de competencia será definida como el promedio ponderado de la diagonal principal de la matriz de probabilidad de transición. Usando los valores del estado ergódico $\hat{\theta}$ del proceso

de Markov⁶, el índice de fidelidad para los s países quedaría definido como:

$$FI = \sum_{i=1}^s p_{ii} \hat{\theta}_i = \sum_{i=1}^s p(\theta_i(t) | \theta_i(t-1)) p(\theta_i(t)) \quad (18)$$

El índice de fidelidad se ubica entre cero y uno. Si el indicador adquiere un valor igual a cero, encontramos una extrema rivalidad por los países oferentes del mercado por tomar una cuota del mercado y, por su parte, si el índice resulta igual a uno, tenemos que no existen cambios en las cuotas del mercado, por lo que nos encontraríamos en una situación de ausencia de competencia.

Nótese además que si el valor del índice es igual a $1/s$ es porque todas las probabilidades de transición p_{ij} son iguales, es decir, existe una perfecta movilidad entre los oferentes, como tal, ningún poder de mercado es acumulado y, en un sentido probabilístico, resulta en un mercado perfectamente competitivo.

Por otra parte, el índice FI puede identificar correctamente una situación en la cual un número de productores, posiblemente muchos con iguales cuotas de mercado, determine una configuración monopolística, en la cual las probabilidades p_{ii} de este grupo sean cercanas a uno.

Por último, podemos notar que en el caso particular de independencia entre estados tendríamos que $p(\theta_i(t) | \theta_i(t-1)) = p(\theta_i(t))$, lo que significa que la cuota de mercado cubierta por el país i en el momento t es independiente de haber sido cubierta en el momento $t-1$. Este caso, en general poco probable, se reduciría al índice de fidelidad a tan solo la siguiente expresión:

$$HHI = \sum_{i=1}^s \theta_i^2 = \sum_{i=1}^s p(\theta_i(t)) p(\theta_i(t)) \quad (19)$$

La cual resulta ser el caso del índice de Herfindhal-Hirschman, indicador que es comúnmente utilizado para analizar las estructuras de mercado en un sentido estático. Lo relevante de este resultado es que podemos afirmar que la competencia entre los países y la concentración de las

cuotas de mercado son conceptos relacionados ya que con bajos (altos) niveles de concentración podremos encontrar altos (bajos) niveles de competencia.

5. Estimación de la dinámica de competencia

La investigación abarca la estimación de la dinámica de competencia de la producción petrolera mundial entre la OPEP y el grupo de productores independientes (No OPEP) para el periodo 1975-2005.⁷ La estrategia de estimación del proceso autorregresivo de Markov descrito en la ecuación (16) requiere del empleo de ecuaciones no lineales en los parámetros. Por esta razón, se recurrió al método de Máxima Verosimilitud con Información Completa para su estimación. Además, dada la complejidad no lineal del modelo, se siguió un proceso de concentración de verosimilitud (*likelihood concentration*), en el que primero se procede a una búsqueda de malla en dos dimensiones (*two dimensional grid search*), y se mantienen fijos los parámetros de la variable de estado, c , y de suavización, γ , con el interés de encontrar los parámetros iniciales que, en una segunda etapa, permitieran estimar libremente todos los parámetros del modelo (Lindsey, 1996).

Posteriormente, se utilizaron los valores extremos de la función de logística de transición suave $z(tv)$ libremente estimados para obtener las matrices de probabilidades de transición para cada régimen, es decir, una cuando la función de transición resultara igual a cero (régimen bajo) y otra cuando fuese igual a uno (régimen alto). Adicionalmente, a cada una de las matrices de probabilidades de transición estimadas se les calculó el estado estacionario de largo plazo, así como el Índice de Fidelidad como medida de competencia.

Para las funciones de transición se consideraron cuatro variables que pudiesen explicar cambios en la dinámica de participación en el mercado petrolero mundial. Las variables utilizadas fueron el precio real del petróleo, la volatilidad del precio real del petróleo, el ciclo de crecimiento económico mundial y el nivel de incumplimiento de los acuerdos de producción de la OPEP

Para la construcción de la serie del precio real del petróleo (*lrwti*) se utilizó como *proxy* el precio nominal del *West Texas Intermediate (WTI)* entre enero de 1975 y junio del 2005, deflactado por el Índice de Precios al Consumidor de Estados Unidos y se tomó como base el promedio del año 2004. Con relación al cálculo de la volatilidad, se utilizó como medida la desviación estándar de las variaciones relativas de los precios reales del WTI (*vlwti*). Por su parte, la serie del ciclo económico mensual mundial (*ciclo_wld*), fue calculada tomando como base la serie trimestral del Producto Interno Bruto mundial, disponible en el *International Financial Statistics* del Fondo Monetario Internacional; como es lo usual, se recurrió primero al filtro de Hodrick y Prescott (1980, 1999) para obtener el ciclo y posteriormente se utilizó el método de interpolación por promedios constantes (*constant-match average*) para convertir los datos a frecuencia mensual.⁸ Finalmente, para medir el cumplimiento de los acuerdos de producción se aplicó el criterio de Mazraati y Tayyebi Jazayeri (2004), quienes proponen la siguiente fórmula de incumplimiento: $I = ((P - P_a) / P_a) * 100$; donde P es la producción efectiva de los miembros que están sujetos a los acuerdos de producción y P_a es el nivel de producción acordado. La serie se elaboró con base a la información del *US Energy Information Administration* y de la *OPEC Secretariat*.

5.1 Estimación de los parámetros de la función de transición

Como se aprecia en el cuadro 1, dos de las cuatro variables, el precio real del petróleo y el ciclo económico mundial, rezagadas un periodo, resultaron significativas para explicar la dinámica en el comportamiento entre la OPEP y los productores independientes. Asimismo, se aprecia que ambas especificaciones presentan parámetros de suavización relativamente altos, por lo que el uso de estas variables describe una transición rápida entre estados del mercado petrolero, en el que destaca la poca cantidad de observaciones ubicadas durante la transición.

La especificación que utiliza $lrwti_{t-1}$ como variable de estado estima un parámetro de transición igual a 3.918, equivalente a un precio real cercano a US\$ 50 por barril (a precios de 2004), lo cual resulta

relevante al confirmar que existe un umbral de precio que modifica la dinámica en el comportamiento entre los países de la OPEP y los productores no OPEP, dependiendo de si los precios se hallan por debajo o por encima de este nivel.

La figura 1 muestra la evolución entre 1979 y 2005 de la variable de transición, $lrwti_{t-1}$, así como la función de transición $z(lrwti_{t-1})$ con respecto al tiempo y con respecto a la variable de transición. En ésta se observa un intervalo prolongado de tiempo entre julio de 1979 y noviembre de 1984, para el cual el modelo sugiere que el mercado petrolero mundial se encontraba en el régimen de precios altos, lapso que coincide con la adopción de la estrategia de defensa de precios por parte de la OPEP. Por su parte, los periodos pertenecientes al régimen de precios bajos coinciden con la adopción de la estrategia de recuperación de participación de mercado (1986-1998) y gran parte del periodo correspondiente a la estrategia de equilibrio de mercado adoptada desde 1999.

Cuadro 1. Valores óptimos de los parámetros de transición, suavización y porcentaje de observaciones para cada régimen

Variable de estado	Parámetros estimados			Observaciones en cada régimen (%)		
	c	\square	desv std.	Bajo	Transición	Alto
Logaritmo natural del precio real del petróleo (US\$ de 2004)	3.918 [0.00]	100.00 [*]	0.414	78.44%	0.81%	20.75%
Volatilidad del precio real del petróleo	0.056 [0.28]	1208.31 [0.96]	0.010	-	-	-
Ciclo económico Mundial	1.027 [0.00]	88.00 [*]	0.027	81.11%	0.56%	18.33%
Incumplimiento del techo de la OPEP	0.198 [0.00]	100.00 [*]	0.092	83.82%	0.74%	15.44%

Notas: P-valores entre corchete. [*] Corresponde al valor estimado a través de la búsqueda de dos dimensiones (*grid search*).

En lo que respecta al uso del ciclo económico mundial, *ciclo_wld*, como variable de estado, se estima un parámetro de transición igual a 1.027, es decir, existe un umbral sobre 2,7% por encima del promedio del ciclo económico mundial que nos permite definir, en un sentido operativo, un régimen para la parte baja del ciclo económico y otro para la parte

superior del ciclo, por lo que podemos observar que entre 1979 y 2004 los regímenes de ciclos altos observados al final de cada década se destacaron por ser relativamente pocos y de corta duración.

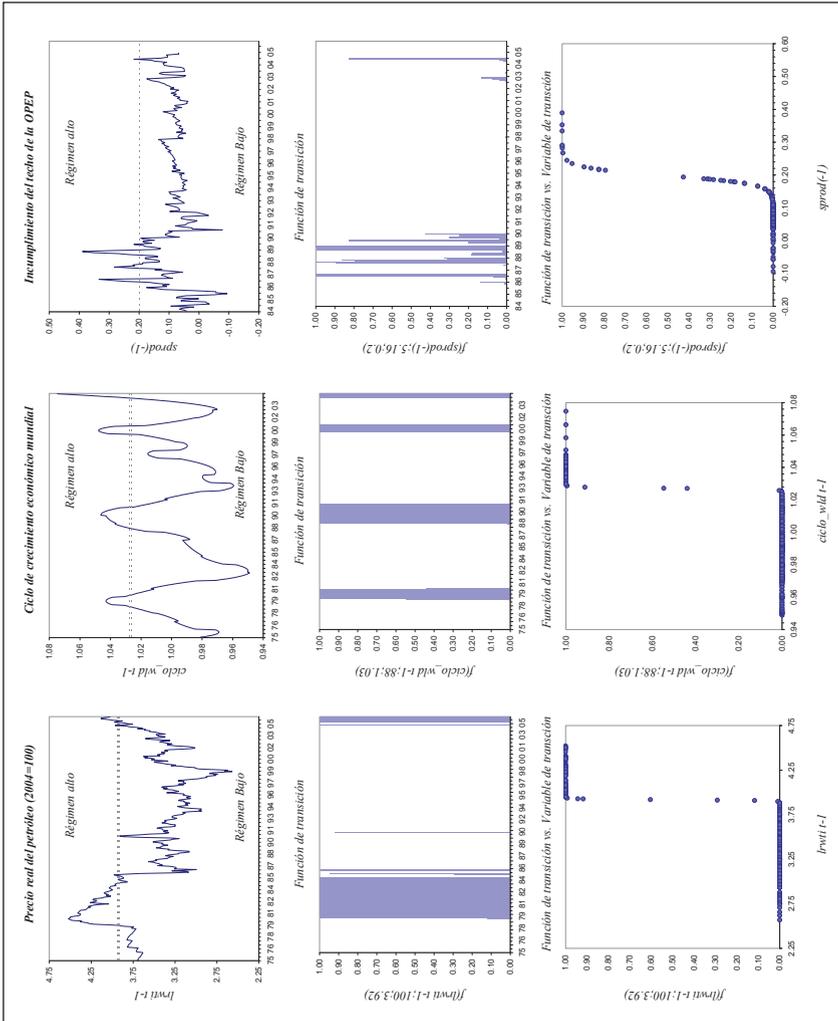


Figura 1. Evolución de las variables de transición y la función de transición. 1979 y 2005

5.2 Dinámica de rivalidad entre los países OPEP y No OPEP

Los resultados de la estimación de los procesos de Markov, usando los precios del petróleo como variable de estado, se presentan en el cuadro 2, donde se aprecia que las probabilidades de transición resultan para ambos regímenes cercanas a uno. Esto evidencia que es poco probable, de un mes para otro, observar cambios en las participaciones en el mercado petrolero, tanto para los países miembros de la OPEP como para los países no OPEP. Este resultado es consistente con las estimaciones de la inelasticidad de la oferta en el corto plazo (cercanas a cero).

Cuadro 2. Matrices de probabilidades de transición. Variable de estado: precio real del petróleo (US\$ de 2004). Muestra: enero 1975 - julio 2005

		<i>tiempo: (t+1)</i>			
		<i>Régimen bajo</i>		<i>Régimen alto</i>	
		OPEP	No OPEP	OPEP	No OPEP
<i>tiempo: (t)</i>	OPEP	0,988 ***	0,012 ***	0,979 ***	0,021
	No OPEP	0,009 ***	0,991 ***	0,009	0,991 ***
Índice de fidelidad:		0,990		0,988	
Estado estacionario:		43,03%	56,97%	28,97%	71,03%

Nota: * Indica que la probabilidad estimada es significativa al 10%, ** al 5% y *** al 1%. Fuente: Elaboración propia.

Al observar el índice de fidelidad para cada régimen, notamos que ambos son cercanos a uno. Sin embargo, el índice para el régimen alto es ligeramente inferior, lo cual resulta lógico en tanto que se espera que en periodos en los cuales los precios se encuentran altos, los compradores busquen alternativas, es decir, sean menos fieles a sus proveedores.

Cuando se examinan los estados estacionarios de largo plazo para cada régimen, sobresale que, en una situación prolongada de precios altos, la participación de la OPEP converja al 29% del total del mercado, lo cual resulta notablemente inferior al 43% observado bajo una situación

de precios bajos. Esto se puede explicar dado que precios altos fomentan las inversiones en exploración y producción en áreas de mayores costos, lo cual en el largo plazo permite un aumento de la producción fuera de la OPEP, mientras que la estrategia dominante de la OPEP en esos periodos es evitar aumentos de producción que podrían desencadenar una erosión de los precios.

Por su parte, una situación prolongada de precios bajos obliga la salida de los productores con mayores costos marginales, mientras que productores con menores costos marginales, y particularmente aquellos pertenecientes a países cuyas finanzas públicas dependen en alto grado de los ingresos petroleros, tienden a aumentar su producción para lograr obtener los ingresos presupuestarios requeridos. Esto está en línea con la teoría de objetivo de ingreso (*Target Revenue Model*) que postula que las decisiones de producción de los países de la OPEP se realizan en función de los requerimientos presupuestarios, por lo que ante una caída de precios expanden su producción y ante aumentos de precios, mantienen o recortan su producción (Alhajii, y Huettner 2000; Ramcharran, 2002).

De modo similar, en el cuadro 3 se aprecian las probabilidades de transición cuando el ciclo económico es la variable de estado, en el que, al igual que el modelo de precios, resulta poco probable un cambio la repartición del mercado de un mes para otro entre los productores de la OPEP y los productores independientes.

Cuadro 3. Matriz de probabilidades de transición. Variable de estado: ciclo económico mundial. Muestra: enero 1975 - diciembre 2004

		<i>tiempo: (t+1)</i>			
		<i>Régimen bajo</i>		<i>Régimen alto</i>	
		OPEP	No OPEP	OPEP	No OPEP
<i>tiempo: (t)</i>	OPEP	0,992 ***	0,008 **	0,984 ***	0,016 ***
	No OPEP	0,005 *	0,995 ***	0,013 **	0,987 ***
Indice de fidelidad:		0,994		0,986	
Estado estacionario:		37,00%	63,00%	46,24%	53,76%

Nota: * Indica que la probabilidad estimada es significativa al 10%, ** al 5% y *** al 1%.

A su vez, los resultados a largo plazo señalan que en los picos del ciclo económico mundial la mayor rivalidad (menor fidelidad) conduce a una mayor participación de la OPEP, ya que ésta alcanza 46%, superior al 37% observado durante el régimen bajo. Esto permite concluir que, ante desplazamientos positivos de la demanda mundial de petróleo, asociados a la actividad económica, los países de la OPEP posean una mayor capacidad de hacerse del mercado petrolero. Esto posiblemente se encuentra relacionado con el estrecho seguimiento que la organización realiza al desempeño de la economía mundial, y de la demanda, para tomar sus decisiones de producción, lo cual, combinado con el manejo de la capacidad ociosa, les permite ganar participación en momentos de expansión y estar dispuestos a sacrificar participación en momentos de recesión.

Este patrón en la historia de los precios del petróleo y la conducta de la OPEP resulta evidente cuando se observa la figura 2, donde se grafica la brecha del precio (*mark-up*) del petróleo *versus* la participación de la OPEP en el mercado mundial. Siguiendo el análisis propuesto por Greene (1991), se han representado tres distintas curvas de oferta: una que representa el precio en un mercado competitivo, otra que muestra el precio de monopolio en el largo plazo y, por último, el precio de monopolio en el corto plazo (Figura 2-a). Estas curvas fueron obtenidas usando las elasticidades promedio en el corto y largo presentes en la literatura con la intención de estudiar en un contexto estático el precio del petróleo como función de las participaciones del mercado de la OPEP.

Adicionalmente, este comportamiento de largo plazo también se puede observar al simular la dinámica del mercado petrolero entre 1978 y 2005, considerando como exógenas la evolución del precio del petróleo y tomando como dadas las matrices de probabilidades de transición previamente estimadas.

Estos resultados se aprecian en la figura 2-b que, al compararlos con los datos reales observados, se aprecia cómo reproducen la conducta de deterioro en la participación de la OPEP durante los periodos de precios altos y la posterior recuperación en periodos de precios bajos. Se destaca que los años 1979 y 1985 están próximos al umbral de precios c de aproximadamente US\$ 50 por barril definido por la función de transición.

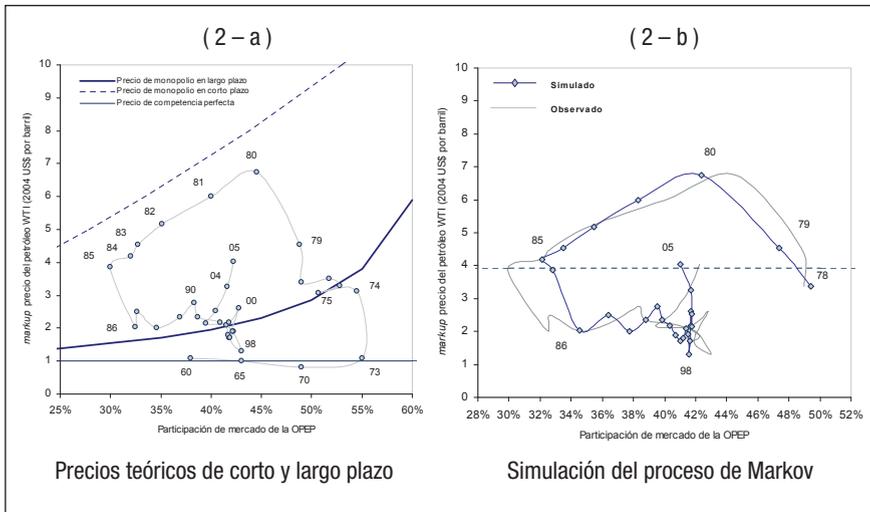


Figura 2. Precios del petróleo y participación de la OPEP. Período: 1960-2005

Fuente: Cálculos actualizados del trabajo de Greene (1991) y cálculos propios.

La trayectoria entre precios y la participación observada entre 1960 y 2005 es lo que Cisneros (2004) ha denominado Ciclos de Comportamiento de la OPEP (*OPEC Cycles of Behavior*), que puede ser descrita mediante las distintas estrategias adoptadas por la organización durante este lapso de tiempo. En este sentido, el primer ciclo en la trayectoria del comportamiento de la OPEP se puede apreciar en el periodo comprendido entre 1960 y 1973, en el que la OPEP siguió un comportamiento competitivo en el mercado mundial, ya que a pesar del constante crecimiento de su participación mundial en la producción petrolera, el *mark-up* en los precios del petróleo se mantuvo cercano a uno, $P/C=1$.

El año 1974 se destaca por el importante aumento en los precios del petróleo que marca el inicio del segundo ciclo de comportamiento de la OPEP, ya que es a partir de este año cuando los países miembros, actuando como cartel, comienzan a ejercer el poder de mercado que les permita maximizar sus beneficios. Como lo señala Greene, Jones y Leiby (1998), las condiciones crecientes de demanda en el mercado mundial permitieron que esta organización mantuviera a lo largo de este ciclo

(1974-1978) los precios del petróleo sobre la curva de largo plazo, sin que esto significara una pérdida en su participación.

El tercer ciclo corresponde a la estrategia de defensa de precios en el tramo de la curva de corto plazo que se inicia cuando dos eventos sacuden nuevamente al mercado mundial, la caída en 1979 del Shah de Irán y el inicio del conflicto bélico entre Irán e Irak en 1980, los cuales, ante las expectativas de cortes en la producción, dispararon el precio del petróleo de US\$ 15 por barril a US\$ 40 barril en sólo tres trimestres. Lo ocurrido posteriormente a lo largo de este ciclo ilustra el fallido intento de los miembros del cartel en sostener los precios a altos. Ya para el año 1985 la OPEP rompe con esta estrategia y cierra este ciclo de comportamiento.

En el año 1986, cuando los países miembros del cartel, especialmente Arabia Saudita, comienzan a expandir su producción, los precios del petróleo caen aproximadamente a los precios de monopolio de largo plazo. Este nuevo ciclo de comportamiento, conocido como la estrategia de recuperación de participación de mercado, fue implementado por la OPEP desde 1986 hasta finales del año 1997 (Cisneros, 2004). Bajo esta estrategia, la organización recuperó parte de la cuota de mercado perdida, la cual pasó de un poco más del 30% a casi 42%, y recuperó así una participación similar a la que poseía en el año 1980. Este periodo de tiempo estuvo acompañado de importantes eventos geopolíticos, como el fin de la guerra entre Irán e Irak (1988), la caída del muro de Berlín (1989), la invasión de Kuwait (1990), el desmoronamiento de la URSS (1990) y la guerra del Golfo (1991). Esta serie de eventos no afectó la dinámica de los precios (durante este ciclo no se alejaron considerablemente de su senda de largo plazo), pero en noviembre de 1997, como consecuencia de la crisis asiática, los precios del petróleo en 1998 cayeron considerablemente, y se situaron en términos reales cercanos a los precios de 1973, por lo que se cierra así la brecha entre el precio y el costo marginal, cercano al nivel de un mercado competitivo.

Esta difícil situación en el mercado petrolero internacional determinó el comienzo de un nuevo ciclo de comportamiento en la OPEP, el cual se ha caracterizado por una estrategia de equilibrio de mercado, en el que la organización ha intentado desde 1999 mantener los precios

dentro de una banda preestablecida. Además en esta ocasión, la OPEP logró por primera vez propiciar acuerdos en la reducción de la producción en forma conjunta entre países productores independientes y los miembros de la OPEP. Por su parte, entre los factores geopolíticos que han acompañado este ciclo sobresale el protagonismo de los Estados Unidos en el mercado petrolero mundial, en virtud de los atentados del 11 de septiembre de 2001 y las subsiguientes acciones bélicas contra Afganistán e Irak. Por último, es importante destacar que este ciclo se ha caracterizado además por el crecimiento en la demanda mundial de petróleo iniciado a partir del año 2000, en respuesta a los mayores requerimientos de países menos industrializados como los de China e India.

5.3 Elasticidad precio de la demanda

Otro elemento destacable al encontrar cambios en la dinámica de competencia es que se pueden encontrar distintas respuestas de los productores independientes (No OPEP) ante cambios en la oferta de los productores de la OPEP. En este sentido, de la ecuación (1) se puede desprender que la elasticidad de la demanda, α , depende de si la economía se halla en niveles por debajo o por encima de un umbral de precios dados, es decir:

$$\alpha = \begin{cases} (\mu^{\text{bajo}} + 1) \cdot m / (C / P - 1), & \text{si } z(tv_{t-d}) = 0 \\ (\mu^{\text{alto}} + 1) \cdot m / (C / P - 1), & \text{si } z(tv_{t-d}) = 1 \end{cases} \quad (19)$$

Donde consideramos que la habilidad de los competidores de responder a cambios en la oferta, μ , en un sentido probabilístico, corresponde a los elementos $P_{1,2}$ de la matriz de probabilidades de transición en un régimen particular en un momento dado.

Cuadro 4. Estimación de la demanda en largo plazo

Autores	Elasticidad de la demanda (α)
Dahl (1993)	-0.20
Cooper (2003)	-0.27
Cooper (2003)	-0.32
Gately & Huntington (2002)	-0.62
Green (2005)	-0.65
Estimación propia	
Régimen de precios bajos	-0.69
Régimen de precios altos	-0.35

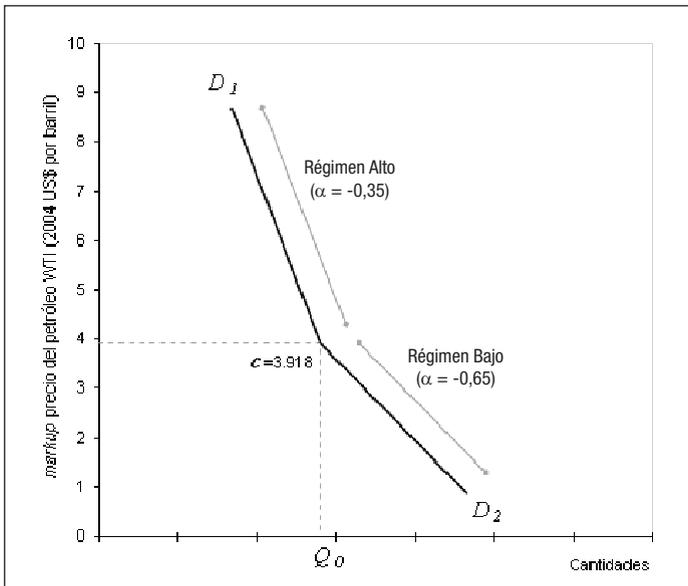


Figura 3. Curva de demanda quebrada de los precios del petróleo

Como se aprecia en el cuadro 4, el aspecto más notable es que los resultados en esta investigación logran conciliar la diversidad de estimaciones encontrada en la literatura. Es así como los resultados reportados por de Dahl (1993) y Cooper (2003) son similares a nuestras estimaciones cuando la economía se halla en el estado de precios bajos, mientras que los resultados de Gately y Huntington (2002) y Green (2005) corresponden a la elasticidad de la demanda en el estado de precios altos.

En la figura 3 se presentan estos resultados en una curva de demanda quebrada de los precios reales de petróleo, donde una menor inelasticidad a los precios (régimen bajo), conduce a que un aumento de éste produce una caída en el consumo que se extiende hasta Q_p , punto donde es muy difícil reducir el consumo de petróleo por que ello atentaría contra las necesidades mínimas de este recurso energético. En la segunda parte de la curva (régimen alto), el consumo es altamente inelástico al precio, y un aumento del mismo no reduce significativamente la demanda.

6. Conclusión

En este trabajo estudiamos la dinámica de la competencia entre los países productores de petróleo (OPEP y no OPEP) en el mercado petrolero mundial, suponiendo que ésta sigue un proceso autorregresivo de Markov de primer orden, en el que las probabilidades de transición cambian en el tiempo, en función de los estados definidos por los precios del petróleo y los ciclos económicos.

Los resultados encontrados en el corto plazo son similares a aquellos que señalan que tanto la oferta como la demanda en el mercado petrolero son elevadamente inelásticas, lo cual se refleja en que un cambio en la estructura de participación en el mercado petrolero resulta poco probable de un mes para otro, tanto para los países miembros de la OPEP como para aquellos países no OPEP, indistintamente del nivel del precio del petróleo y de la ubicación en el ciclo en el que se halle la economía.

En relación a la dinámica de largo plazo, los resultados señalan la existencia de un umbral en el precio del petróleo (US\$/b 50,0 a precios de 2004), que marca un cambio en la conducta entre los países de la OPEP y los productores no OPEP. Así, una situación prolongada de precios por debajo de este umbral viene acompañada de una ganancia de participación de la OPEP, que podría explicarse por la necesidad de estos países de aumentar producción para mejorar sus ingresos petroleros a la vez que los productores fuera de la OPEP, que en general tienen mayores costos marginales, son obligados a salir del mercado. Por su parte, una situación prolongada, de precios altos, está asociada a una pérdida de participación de la OPEP, dado que en estos periodos la organización regula su producción con la finalidad de mantener los precios, en tanto que la oferta de productores independientes crece gracias a las inversiones en áreas de mayores costos de producción.

Encontramos que en la parte alta del ciclo económico, que se asocia a expansiones de demanda, los países miembros de la OPEP poseen una mayor capacidad de ganar participación del mercado petrolero. Estos resultados son consistentes con otros estudios que señalan que las decisiones de producción por parte de la organización, junto con el manejo de su capacidad ociosa, le permiten ganar participación en momentos de expansión y sacrificarla en momentos de recesión.

Finalmente, los resultados nos permitieron estimar dos elasticidades precio de la demanda, correspondientes a cada uno de los regímenes definidos por los precios reales del petróleo. Se destacó que la elasticidad es mayor en regímenes bajos, y menor en los regímenes altos, lo cual concilia los diferentes resultados reseñados en la literatura. Trabajos futuros podrían combinar los resultados aquí encontrados con estudios que intenten pronosticar el precio del petróleo y los ciclos económicos con el interés de simular la dinámica del mercado petrolero.

7. Notas

- * Las ideas y opiniones contenidas en el presente documento de trabajo son de exclusiva responsabilidad de sus autores y no necesariamente representa aquellas del Banco Central de Venezuela.
- 1 El aumento se produce a partir del embargo petrolero durante la guerra entre Egipto e Israel (el precio por barril llegó a doblar su valor en solo un trimestre).
 - 2 La idea de utilizar este tipo de modelos no es nueva, ya que ha sido usada frecuentemente en el contexto de modelos de agotamiento de recursos de Hotelling (1931). Por su parte, en la literatura se adopta el punto de vista de rechazar la hipótesis de agotamiento en el caso específico del mercado petrolero, para analizar en un sentido estático el problema de optimización de precios.
 - 3 Karp y Newbery (1991) y Vegard y Lindholt (2004) no pueden rechazar la hipótesis que el comportamiento de los países no-OPEP sea distinto al de el comportamiento competitivo, por lo que apoya lo establecido en este supuesto.
 - 4 Esta investigación se enmarca dentro del paradigma denominado por Bresnahan (1989) no incluido en las referencias como Nueva Organización Industrial Empírica (NOIE).
 - 5 Es importante destacar la diferencia entre el término transición de la función logística el cual no es el mismo que el de probabilidades de transición del proceso de Markov.
 - 6 En los modelos de cadenas de Markov el estado estacionario o estado ergódico es aquel cuando se alcanza la siguiente condición: $\mathbf{q}(t) = P'\mathbf{q}(t)$
 - 7 La información sobre la producción mensual de ambos grupos fue tomada de la base de datos del *US Government, Energy Information Administration*.
 - 8 En este análisis, adoptamos el enfoque operativo de Lucas (1977) para el cual el ciclo económico está definido como las desviaciones del producto respecto a su tendencia.

8. Referencias

- Adelman, M. (1986). "Scarcity and world oil prices." *Review of Economics and Statistics*, 68, 3, pp. 387-397.
- Alhajji, A.F. & Huettner, D. (2000). "The target revenue model and the world oil market: Empirical evidence from 1971 to 1994." *The Energy Journal*, 2, 2, pp. 121-143.
- Banks, F E (1986). "Economic theory and the price of oil." *OPEC Review*, 10, 3, pp. 321-334.
- Bohi, D R and Toman, M A (1996). *The Economics of Energy Security*. Boston: Kluwer Academic.
- Bresnahan, Timothy F. (1989). *Empirical studies of industries with market power. Handbook of Industrial Organization*, volume II, ed. R. Schmalensee and R.D. Willig. Elsevier Science Publishers.
- Brown, S.P.S. & Philips, K.R. (1980). "Oil demand and prices in the 1990s." *Federal Reserve Bank of Dallas Economic Review*, (January).
- Cesari, R (2000). "A generalized measure of competition." *Applied Economics Letters*, 7 (2000), pp. 479-481.
- Cisneros (2004): "OPEC cycles of behavior: Accord compliance and strategy change." *Korea Energy Economics Institute*.
- Cooper, J.C.B. (2003). "Price elasticity of demand for crude oil: Estimates for 23 countries." *OPEC Review*, (March), pp. 3-8.
- Dahmani, Atmane & Al-Osaimy, Mahmoud H. (2001). "OPEC oil production and market fundamentals: A causality relationship." *OPEC Review*, 25, 4, pp. 315-337.
- Gately, D. and H. G. Huntington (2002). "The asymmetric effects of changes in price and income on energy and oil demand." *The Energy Journal*, 23, 1, pp. 19-56.
- Greene, D.L. (1991). "A note on OPEC market power and oil prices." *Energy Economics*, 13, 2, pp. 123-129.
- Greene, D. L., D. W. Jones and P.N. Leiby. (1998). "The outlook for U.S. oil dependence." *Energy Policy*, 26, 1, 55-69.
- Greene, DL & Ahmad, S. (2005). "Costs of U.S. oil dependence: 2005 update." *Oak Ridge National Laboratory*, (February, 2005), 45.

- Griffin, J M (1985). "OPEC behavior: a test of alternative hypotheses." *American Economic Review*, 75, 5, pp. 954-963.
- Gülen, S G (1996). "Is OPEC a cartel? Evidence from cointegration and causality tests." *The Energy Journal*, 17, 2, pp. 43-57.
- Hodrick, R. J. y E. C. Prescott (1980). "Post-war US business cycles: An empirical investigation." *Discussion Paper 451*, Carnegie Mellon University. Reimpreso y actualizado en (1997), *Journal of Money Credit and Banking*, 29, pp. 1-16.
- Hotelling, H (1931). "The economics of exhaustible resources." *Journal of Political Economy*, 39, 2 (April), pp. 137-175.
- Hunt, L. C. & Ninomiya, Y. (2003). "Modelling underlying energy demand trends," in: Hunt, L. C., (ed.), *Energy in a Competitive Market: Essays in Honour of Colin Robinson*, Edward Elgar.
- Huntington, H. G. (1991). "Inferred demand and supply elasticities from a comparison of world oil models." *Energy Modeling Forum of Stanford University*, (January) WP 11.5.
- Karp, L & Newbery, D.M. (1991). "OPEC and the U.S. oil import tariff." *The Economic Journal*, 101, 405, pp. 303-313.
- Kosobud, R. F. y Stokes, H. H. (1978). "Oil market share dynamics: A Markov chain analysis of consumer and producer adjustments." *Empirical economics*, 3, 4, pp. 253-275.
- Lindsey, J. (1996). *Parametric Statistical Inference*. Oxford: Oxford University Press.
- Loderer (1984). "A Test of the OPEC Cartel Hypothesis: 1974-1983." *The Journal of Finance*, 40, 3, pp. 991-1006.
- Lundbergh S., Terasvirta T. & van Dijk D. (2003). "Time-varying smooth transition autorregresive models." *Journal of Business & Economics Statistics* (American Statistical Association), 21, 1 (January).
- Lucas, Robert (1977). "Understanding business cycles." *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 5, pp. 7-29.
- MacRae, E. C. (1977). "Estimation of time varying Markov process with aggregate data." *Econometrica*, 45.
- Mazraati, M. and Tayyebi Jazayeri, S.M (2004). "Oil price movements and production agreements." *OPEC Review*, 28, 3 (September), pp. 207-226.

- OPEC Secretary (2005). *The Annual Statistical Bulletin*. Organization of the Petroleum Exporting Countries.
- Ramcharan H. (2002). "Oil production responses to price changes: an empirical application of competitive model to OPEC and non-OPEC countries." *Energy Economics*, 24, 2, pp. 97-106.
- Rojas, Mariano, (1997). "Competencia por clientes en la industria bancaria de México." *El Trimestre Económico*, (enero-marzo, 1997).
- Smith, J.L. (2005). "Inscrutable OPEC? Behavioral tests of the cartel hypothesis." *The Energy Journal*, 26, 1.
- Stigler, G.J. (1987). "Competition," in J. Eatwell, M. M. Milgate, and P. Newman (eds.), London: The New Palgrave, MacMillan.
- Vegard, P. & Lindholt, L. (2004). "The market power of OPEC: 1973-2001." *Research Department of Statistics Norway*, Discussion Papers, 385.
- Vickers (1995). Concepts of Competition. *Oxford Economics Papers*, New Series, 47, 1, pp. 1-23.
- Yang B. (2004). *OPEC Behavior*. The Graduate School College of Earth and Mineral Sciences, The Pennsylvania State University.