

LIMITACIONES EN EL USO DE LA REGLA DE HOTELLING ANTE LA SUBA DE PRECIOS DEL PETRÓLEO. LA NECESIDAD DE UNA NUEVA CRÍTICA

Autora: Jimena Segura

Fuente: Revista de Economía Política de Buenos Aires, Año 17 Vol 26 (junio 2023), pp 9-42

Publicado por: Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Buenos Aires.

RESUMEN

En el artículo se presenta una mirada crítica a la teoría económica convencional de los recursos no renovables, mostrando que el concepto de renta por escasez que surge de la misma refleja serias limitaciones explicativas en cuanto a la relación entre precios e inversión en la industria del petróleo. Se analiza la literatura teórica y empírica mediante la exposición de las revisiones modernas de la teoría del agotamiento, y la contraposición del contenido del concepto de renta por escasez expuesto por Lewis Gray -precursor de Hotelling- frente a la teoría clásica de la renta de David Ricardo.

Palabras clave: Recursos no renovables, Precio del Petróleo, Oferta de recursos, Renta por escasez.

Segura, J. (2023). LIMITACIONES EN EL USO DE LA REGLA DE HOTELLING ANTE LA SUBA DE PRECIOS DEL PETRÓLEO. LA NECESIDAD DE UNA NUEVA CRÍTICA. Revista De Economía Política De Buenos Aires, (26) 9-42. Recuperado a partir de: <https://ojs.econ.uba.ar/index.php/REPBA/article/view/2679>



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Attribution-NonCommercialNoDerivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>.

LIMITACIONES EN EL USO DE LA REGLA DE HOTELLING ANTE LA SUBA DE PRECIOS DEL PETRÓLEO. LA NECESIDAD DE UNA NUEVA CRÍTICA

USAGE LIMITATIONS OF THE HOTELLING RULE IN THE FACE OF RISING OIL PRICES. THE NEED FOR A NEW CRITIQUE

Recibido 11/10/2022. Aceptado 3/3/2023

Jimena Segura*

RESUMEN

En el artículo se presenta una mirada crítica a la teoría económica convencional de los recursos no renovables, mostrando que el concepto de renta por escasez que surge de la misma refleja serias limitaciones explicativas en cuanto a la relación entre precios e inversión en la industria del petróleo. Se analiza la literatura teórica y empírica mediante la exposición de las revisiones modernas de la teoría del agotamiento, y la contraposición del contenido del concepto de renta por escasez expuesto por Lewis Gray -precursor de Hotelling- frente a la teoría clásica de la renta de David Ricardo.

Palabras clave: Recursos no renovables, Precio del Petróleo, Oferta de recursos, Renta por escasez.

ABTRACTS

The article presents a critical review to the conventional economic theory of non-renewable resources, proving that the concept of scarcity rent that arises from it reflects serious explanatory limitations regarding the relationship between prices and investment in the oil industry. The theoretical and empirical literature is analyzed through the exposition of the modern revisions of the exhaustion theory, and the contrast of the content of the concept of scarcity rent exposed by Lewis Gray -forerunner of Hotelling- against David Ricardo's classical theory of rent.

Keywords: Non-renewable resources, Oil price, Resources supply, Scarcity rent.

* *Universidad de Buenos Aires Facultad de Ciencias Económicas.*

jimesegu@gmail.com/mariajimena.segura@uba.ar

Códigos JEL: Q300, Q310, Q390

I. Introducción

Muchas veces, la literatura sobre el sector petrolero hace referencia al concepto de “crisis energética” en relación a la noción de escasez progresiva de este recurso (vgr. teoría del Peak Oil). Esta referencia ha sido habitual frente a fenómenos de aumento de precios o de requerimientos de inversiones necesarias para esta industria como se observó particularmente en el período 2003-2008, comparable con el de fines de los años '70 con las llamadas “Crisis Petroleras”.¹ Ante los recientes incrementos de precios de petróleo crudo, y el movimiento cíclico que estos suelen presentar, se hace menester profundizar sobre la teoría que subyace a tal señalamiento.

De esta manera el presente artículo parte de identificar a la teoría económica convencional o llamada Teoría de los Recursos No Renovables, en particular el modelo de Harold Hotelling (1931), como el marco teórico referente en las explicaciones realizadas por parte de los estudios especializados del sector petrolero en relación a dichos fenómenos.

La revisión crítica sobre esta teoría, muestra que el concepto de “renta por escasez” que surge de la misma, refleja serias limitaciones para dar cuenta del comportamiento de los precios del petróleo y para fundamentar una explicación consistente sobre la relación entre precios e inversión en esta industria. Tal es así que la misma es comúnmente adoptada frente a períodos de suba y relegada frente a períodos de baja de precios.

Para ahondar en las limitaciones del modelo de Hotelling se realiza una exploración de la literatura teórica y empírica relevante en dos direcciones:

Por un lado realizamos una exposición de las revisiones modernas de la teoría del agotamiento y del modelo de Hotelling que buscan mejorar su poder predictivo en relación a la evolución empírica de los precios del petróleo, tomando en cuenta que Hotelling en su trabajo no desarrolla en detalle el propio concepto de escasez ni de renta por escasez, entendida ésta desde su formalidad cuantitativa, es decir, como la divergencia entre precio y costo marginal.

1 Una mayor profundización sobre este análisis se encuentra en la Tesis Doctoral de la autora: Desafíos del concepto de renta por escasez a la luz del comportamiento del mercado petrolero en el período 2003-2008. (2022) Tesis de Doctorado. Universidad de Buenos Aires. URL: http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/download/tesis/1501-1318_SeguraBordenaveGassedatMJ.pdf

Por otro lado, se contraponen a modo de debate la noción del contenido de renta por escasez del trabajo de Lewis Cecil Gray -precursor de Hotelling- con la teoría clásica de la renta de David Ricardo. El objetivo es ahondar en este debate en cuanto al contenido de dicho concepto, y por tanto en las conclusiones que cabe o no extraer ante los señalamientos de su incremento.

Como objetivo general, el artículo busca mostrar las limitaciones de la concepción del agotamiento del mineral como explicativo de la suba de precios y la baja inversión, y por tanto de la proyección en la utilización del modelo de Hotelling como marco teórico explicativo ante tales fenómenos.

II. El modelo de Hotelling

El artículo de Harold Hotelling *The Economics of Exhaustible Resources* [Economía de los Recursos Agotables] fue publicado en el período de entre-guerras (1931), momento en el cual frente a un incremento en la explotación de las reservas de crudo norteamericanas, surgió la polémica sobre la relevancia del ritmo de agotamiento de los recursos no renovables y el impacto de las decisiones de los productores individuales sobre el mismo. En su desarrollo, el autor analiza desde el punto de vista económico cuál sería el ritmo al cual debería “agotarse óptimamente” un recurso no renovable finito (ej. minero o petrolero).

El principal aporte del trabajo se condensa en la llamada “Regla de Hotelling” que elabora una condición de equilibrio para la decisión inter-temporal del inversor o productor de este tipo de recursos:

El tipo de equilibrio estático de la teoría económica que actualmente está tan bien desarrollado es claramente inadecuado para una industria en la que el mantenimiento indefinido de una tasa estable de producción es una imposibilidad física, la cual por lo tanto es obligada a descender. (...). Si el propietario de una mina produce demasiado rápido, hará descender el precio, quizá hasta cero. Si produce con demasiada lentitud, sus ganancias, aunque mayores, pueden ser pospuestas en el futuro más allá de lo que garantiza la tasa de interés (Hotelling, 1931, p. 138-139).

La regla de Hotelling implica, entonces, una ecuación de indiferencia, según la cual el productor estará indiferente entre extraer o dejar en el suelo una unidad marginal del recurso siempre que su precio crezca al ritmo de la tasa de interés.

El trabajo concluye:

Los problemas de los recursos agotables involucran el tiempo de una manera distinta además de involucrar el agotamiento y los precios más altos, trayendo información adicional, tanto para la extensión física y condición del recurso como para los fenómenos económicos que se refieren a su extracción y venta (Hotelling, 1931, p. 174).

La regla de equilibrio de Hotelling establece que la diferencia entre el precio y el costo marginal (beneficio neto) crece al ritmo de la tasa de interés, lo que refleja la escasez progresiva del recurso, donde la tasa de extracción cae a medida que el recurso se agota. La extracción depende así de las expectativas del propietario minero sobre los precios futuros del recurso. En función de ello, este beneficio neto que crece al ritmo de la tasa de interés en equilibrio es lo que luego la literatura interpretará como “renta por escasez” al proyectar tal decisión intertemporal del productor individual al conjunto del comportamiento de esta industria.

III. Verificación empírica del modelo de Hotelling

Con la expansión en la incorporación de yacimientos de petróleo en el esquema de producción mundial luego de la Segunda Guerra, la problemática de la escasez quedó relegada por un tiempo en el análisis del sector.

De la observación empírica de la evolución de las variables principales del mercado petrolero mundial, surge que las predicciones del modelo de Hotelling y su regla de equilibrio, no se correspondieron con la dinámica real de las variables de la industria, y en particular con el estancamiento del precio del crudo entre los años '50 y '70 (datos British Petroleum).

En contraste, luego de creada la OPEP y ante los aumentos de precios y las llamadas “crisis del petróleo” de los años '70, esta teoría fue retomada, revisada y criticada, instalando en este contexto la relación entre aumentos

de precios y agotamiento de recursos y dando relevancia al agotamiento físico de los hidrocarburos como un factor potencialmente problemático para el funcionamiento de la economía mundial.

En su reseña sobre las revisiones de este modelo, Slade y Thille (2009) destacan que fue recién en los años '70 que los teóricos comenzaron a tomar en serio el trabajo de Hotelling. Hacia los años '80, autores como Heal y Barrow (1980); Smith (1978) y Miller y Upton (1985) publicaron artículos con testeos empíricos del modelo básico y de algunas de sus variantes. El punto de confluencia de los tests empíricos del modelo de Hotelling, es la no constatación de una tendencia temporal creciente en el precio del petróleo, como se muestra en los hechos estilizados (datos BP), y por ende, la falta de manifestación empírica de la renta por escasez.

Con el posterior estancamiento de precios a partir de los años 80, el interés en este modelo decayó. Hacia los años 2000, la publicación de nuevos artículos y testeos empíricos sobre el mismo se habían reducido al mínimo. Es así que haciéndose eco del resurgimiento de la problemática del agotamiento de los recursos, comienza a manifestarse la necesidad de una nueva reseña sobre testeos del modelo propuesto por Hotelling (Slade y Thille 2009, p.4-6).

Partiendo de su falta de validación empírica, las principales revisiones modernas a las que fue sometido años después de su creación se centraron en las razones por las cuales la renta por escasez no se habría manifestado, y en consecuencia cuál sería a partir de allí la perspectiva de su surgimiento, así como también la revisión a los indicadores de escasez de este tipo de recursos. Si bien ello podría poner en duda el propio concepto de renta por escasez, sin embargo, observamos que las diversas revisiones no involucraron una crítica sustancial, ya que por lo general apuntaron a obtener una mayor aplicabilidad (validación empírica) del mismo modelo manteniendo sus principales concepciones teóricas.

IV. Las revisiones del modelo de Hotelling

Las primeras revisiones a las que fue sometido el modelo de Hotelling se centraron en la crítica empírica, focalizándose en las razones por las cuales el precio del crudo y otros indicadores utilizados como expresión de la

escasez de los recursos, no habrían crecido indefectiblemente en el tiempo. El estudio empírico más renombrado es el de Barnett y Morse (1963) quien construye una serie histórica para el período 1870-1957 del costo marginal de la extracción de recursos naturales -otro indicador utilizado como medida de escasez-, mostrando que éste tiende a caer antes que a aumentar. Posteriormente, Kerry Smith (1979) continúa la serie hasta 1973 encontrando que no existe un patrón estable en el comportamiento de los precios y manteniendo en líneas generales las conclusiones de Barnett y Morse.

Años después, en el contexto de bajos precios de los años '80, el trabajo de Miller y Upton (1985) continúa en esta línea de análisis. Los autores sintetizan la literatura sobre esta temática, presentando la relevancia y el creciente interés en la Regla de Hotelling y su capacidad predictiva a partir de la suba de precios del petróleo y de la mayoría de los minerales industriales a comienzos de los años '70, lo cual se profundizó hacia finales de esa década. Estos autores buscan mostrar la relevancia (relativa) de este modelo, a partir de una regresión aplicada a un corto período que comprende justamente la suba de precios de 1979-1981, sobre una muestra de compañías de gas y petróleo de los EEUU. Esta selectividad extrema será luego criticada por autores como Julian Simon quien señala el dilema filosófico-estadístico sobre cuál es el tamaño apropiado de la serie a utilizar (Simon, 1990, p.7).

Según el survey de Miller y Upton, estos estudios tampoco resultaron en firmes respaldos, ni tampoco en firmes críticas de la Regla de Hotelling, poniendo en duda también la propia calidad de los datos disponibles. Afirman que si bien el modelo de Hotelling no es, por todo lo anterior, lo suficientemente preciso o robusto, no existe un paradigma alternativo viable (Miller y Upton, 1985, p. 24).

Varios de estos estudios fueron luego actualizados. En esta línea James Hamilton (2008) muestra en su trabajo que la inelasticidad de corto plazo de la demanda y la oferta en la industria petrolera, la vulnerabilidad a las interrupciones en la oferta, y el pico petrolero de EEUU en 1968 fueron los principales determinantes del comportamiento de los precios entre 1970 y 1997. El autor señala que si bien el comportamiento de precios en dicho período no refleja las predicciones de la teoría económica tradicional de recursos no renovables, la demanda de los nuevos países industrializados

y el reconocimiento de la finitud de los recursos, pueden explicar los desenvolvimientos más recientes, donde la renta por escasez podría empezar a ser relevante.

En su trabajo, sin embargo, remarca cómo el pico de los precios por renta por escasez no se alcanzaría tan rápidamente ya sea por la existencia de sustitutos, por el aumento en la productividad del trabajo, o debido a las limitaciones de acceso al capital necesario para explotar los recursos. En conclusión, una vez más, no se verifican las predicciones del modelo de Hotelling chocando con hechos tales como la caída del precio del crudo entre los años 1957 y 1967, y entre 1982 y 1986 (Hamilton, 2008, p. 11).

Podríamos agregar que, en vista de la caída de precios posterior a la crisis de 2008, año del trabajo de Hamilton, la renta por escasez tampoco habría comenzado a manifestarse.

Previamente, y en esta misma línea, Simon (1990) también revisa los trabajos dedicados a mostrar las limitaciones empíricas del modelo de Hotelling. Siendo categórico al respecto, el autor remarca que su análisis no tiene poder descriptivo ni predictivo porque se basa en un supuesto contrafáctico: que el precio del recurso agotable crecerá con el paso del tiempo. Señala que la constatación de que el precio de todos los recursos naturales ha caído, en vez de subido, a través de la historia, resulta inconsistente con el modelo en cuestión, en particular con la noción de que el mantenimiento indefinido de una tasa estable de producción es una imposibilidad física. De esta manera, concluye que la argumentación de Hotelling queda fuera de lugar, o incluso sin sentido alguno (Simon, 1990, p. 1).

Simon completa el clásico estudio de Barnett y Morse (1968) que comprende el período 1870-1957, elaborando una serie sobre el precio del crudo más abarcativa (1800-1976) y muestra que los precios de todos los recursos agotables, exceptuando el oro, el diamante y algunos minerales de uso industrial, se mostraron constantes o incluso cayeron en relación al de los bienes de consumo. Desde esta crítica sostenida básicamente desde lo empírico, el autor plantea las limitaciones teóricas del concepto de exhaustividad (Simon, 1990, p. 5).

Por su parte, Jeffrey Krautkraemer (1998), en su análisis sobre las revisiones al modelo de Hotelling, llega a similares conclusiones. Señala que

mayormente el modelo básico y sus predicciones no han sido consistentes con la evidencia empírica de los precios de los recursos no renovables y de su valor *in situ*. Que no se verificó un persistente incremento de los precios de los recursos no renovables en los últimos 125 años, sino más bien que se observaron fluctuaciones sobre tendencias en el tiempo cuya dirección puede depender más bien del periodo seleccionado como referencia (Krautkraemer, 1998, p. 2066).

Este autor muestra que, pese a las modificaciones incorporadas en los modelos empíricos a efectos de actualizar o ajustar el modelo de Hotelling, en definitiva, ninguna versión de dicho modelo pudo corresponderse bien con los datos y hechos estilizados. Las conclusiones del autor sugieren que, en definitiva, la cuestión de la escasez no logró aún ser determinante del comportamiento del mercado petrolero ni de sus principales variables. Un corolario adicional a lo anterior, sería que el modelo de Hotelling no permite predecir el progreso o tendencia del precio del petróleo, ni el comportamiento del inversor: particularmente la relevancia de la exploración y de las inversiones de capital, lo cual altera la propia noción del stock de reservas y el corrimiento del horizonte de agotamiento, y de aquí la imposibilidad de trazar un sendero de equilibrio. El autor concluye que todo esto bien podría generar un trayecto tipo “serrucho” como el planteado por autores como Dasgupta y Heal (1979) o Arrow y Chang (1982) donde la exploración varía con el aumento de los precios y los grandes descubrimientos presionan a su baja (Krautkraemer, 1998, p. 2071).

De aquí que estos autores remarquen la importancia no sólo de la tasa óptima de explotación sino también de inversión, concluyendo que el hecho de que el recurso sea exhaustivo no es base suficiente para fundamentar visiones apocalípticas (Dasgupta y Heal, 1979, p. 4).

Según Krautkraemer (1998), el problema es que tanto el precio, como el costo o la renta por escasez, pueden fallar como indicadores para reflejar la caída en la disponibilidad del recurso en términos físicos. Y destaca que la disponibilidad física en sí misma no es un indicador suficiente de la escasez económica. Los indicadores pueden moverse en direcciones opuestas. Por ejemplo, el costo de extracción puede decrecer mientras que el costo de uso (o renta por escasez) y el precio podrían aumentar por un mayor

agotamiento del recurso. La escasez puede incrementarse en tanto que la demanda aumenta más rápido que la caída del costo de extracción, o el costo de extracción puede aumentar aun con una escasez en caída por el desarrollo de sustitutos. Así, aparece la escasez como relativa a una situación de oferta, demanda, capacidad productiva, y no al agotamiento físico *per se*. Ambos, precio y costo, pueden confundir como indicadores de una tendencia de mayor escasez. El precio puede caer y la escasez aumentar si la tasa de caída de los costos de extracción es suficientemente grande. Y mientras que la caída de los costos de extracción indica que el recurso está disponible en un determinado momento, la disponibilidad de ese recurso en el futuro puede caer por una mayor escala en su explotación. Según este autor, el precio del recurso comenzará a aumentar en algún momento en el futuro, y el costo de extracción indicará este aumento de la escasez antes de que el precio lo haga. Por otro lado, señala, el precio del recurso puede reflejar cambios en las condiciones de mercado como ser el poder de mercado de la OPEP. El autor destaca, finalmente, la necesidad de mirar un conjunto de los indicadores para dar cuenta del agotamiento (Krautkraemer, 1998, p. 2087-2089).

Los precios de los minerales tendieron a crecer en los años '60 y '70, lo cual fue interpretado como el comienzo de la pendiente ascendente de su trayecto en U. Pero al autor advierte que los precios de los recursos no continuaron en ascenso luego de 1980 sino que inclusive declinaron. También las estimaciones del costo de extracción fallaron en encontrar evidencia de un incremento en la escasez del recurso. En definitiva, los indicadores económicos de escasez en los recursos no renovables no brindan evidencia de que éstos sean cada vez más escasos. Por el contrario, sugieren que otros factores en su oferta, particularmente el descubrimiento de nuevos depósitos, el progreso tecnológico en la extracción y el desarrollo de sustitutos, han mitigado el efecto de escasez sobre los depósitos existentes en uso (Krautkraemer, 1998, p. 2087-2088).

A partir de estas observaciones, y como desarrollaremos más adelante, se vislumbra que la principal limitación en el uso de la Regla de Hotelling es que el agotamiento del recurso intenta ser expresado mediante indicadores de índole económica. Por tanto, usualmente se recae en falacias al

identificar tal situación de escasez con una problemática estructural del progresivo agotamiento físico de los recursos, antes que limitarse a identificarla con una toma de decisión del productor minero desde su aspecto microeconómico.

V. La conciliación del modelo de Hotelling con la suba de precios de los años '70

En el contexto de la suba de precios de las llamadas "Crisis Petroleras" de los años '70, varios autores buscaron encontrar posibles soluciones ante la limitación empírica del modelo de Hotelling. Pero ello sucedió sin un cuestionamiento teórico de base. Se afianzó así, desde el *mainstream*, la defensa de la renta por escasez con tendencia creciente frente al inminente agotamiento del recurso, más allá de que su concreta manifestación empírica se verifique o no.

De esta manera, la mayoría de estos modelos consisten en revisiones conciliadoras de la Regla de Hotelling, sin cuestionar el propio concepto de escasez y de renta que de allí brota. Por otra parte, ante el derrumbe de los precios de los años '80, surgen nuevas críticas al modelo, las cuales llevaron a algunos autores a cuestionar finalmente la propia existencia de la renta por escasez.

V.1. El rol de los sustitutos

La incorporación de sustitutos en el modelo fue uno de los cambios necesarios más evidentes luego de que los altos precios y los desarrollos tecnológicos de los años '70 comenzaran a cuestionar una matriz energética basada esencialmente en hidrocarburos, con una creciente tendencia a su reemplazo a través del desarrollo de fuentes de energía alternativa. Los sustitutos pasan a ser incorporados al modelo, siendo referente en este sentido el trabajo de William Nordhaus (1973). Contemporáneo a la que se considera la primera crisis del petróleo a partir de la suba del crudo por el embargo de la OPEP, Nordhaus escribe su reconocido artículo "The Allocation of Energy Resources" [La asignación de recursos energéticos] donde modeliza la Regla de Hotelling incorporando la posibilidad de que surja un sustituto al petróleo crudo, particularmente la energía nuclear,

que imponga un tope al crecimiento de su precio, y por tanto genere incertezas sobre la dinámica de la regalía o renta por escasez.²

Acorde con la visión preponderante en ese momento, el trabajo manifiesta la preocupación y el pesimismo sobre la viabilidad del crecimiento económico en un contexto de decreciente disponibilidad de recursos energéticos. Esta visión pesimista sobre el crecimiento económico, sostiene que el mismo se encuentra limitado por la cantidad finita de recursos naturales esenciales y agotables, y que si se agotaran los recursos energéticos finitos, el nivel medio de vida desciende inevitablemente al del hombre de Neanderthal (Nordhaus, 1973, p. 529).

El trabajo de Nordhaus destaca el carácter relativo de la escasez de los hidrocarburos en términos económicos para su consideración teórica. Incorpora al recurso energético sustituto como posible solución a la finitud de recursos frente a las necesidades ilimitadas en función de sostener indefinidamente el crecimiento económico. El mismo contempla que en tanto y en cuanto se realice una transición a una economía basada totalmente en recursos nucleares, la importancia de la escasez de los recursos desaparece, y llegada esa instancia solo el capital y los costos laborales determinarán los precios (Nordhaus, 1973, p. 532). Sobre esta base, Nordhaus entiende que la renta por escasez como determinante del precio desaparecería en cuanto el sustituto se desarrolle lo suficiente para plantearse como tal.

V.2. Incertidumbre, decisiones de inversión y dinámica de precios

El modelo de Nordhaus introduce la incertidumbre al considerar el horizonte de planificación cortoplacista de los agentes económicos, y la problemática de la inestabilidad de los precios, los recursos alternativos y las nuevas tecnologías a tener en cuenta en sus decisiones. El autor concluye finalmente que como resultado de la interacción de la oferta y la demanda, el componente de la regalía del precio se comporta en definitiva de manera inestable, lo que no da lugar a proyecciones de gran significatividad. Este sería el principal obstáculo para estimar el “precio correcto” dada la dificultad de precisar la renta por escasez sobre los

2 En esta misma línea Lane (1973) intenta modelar el impacto de la suba de precios del petróleo en la industria nuclear.

recursos exhaustivos, componente diferencial respecto de otro tipo de recursos (Nordhaus, 1973, p. 537).

De esta manera el autor muestra la imposibilidad de la proyección empírica de la renta por escasez, si bien afirma su existencia como componente del precio de un recurso no renovable. En definitiva, reafirma la expresión económica de una limitación física, aun cuando paradójicamente esa expresión económica no se manifieste en la práctica.

Posteriormente, Robert Solow (1975) refuerza la concepción sobre la renta por escasez como componente del precio para estos recursos, al señalar que el precio de mercado puede disminuir o permanecer constante mientras aumenta el precio neto si los costes de extracción disminuyen a través del tiempo y si el precio neto o la renta de la escasez no constituyen una proporción demasiado grande del precio de mercado. Eso es lo que habría sucedido hasta el momento con la mayoría de los recursos no renovables, siendo una pena, según el autor, que no existan estudios econométricos que intenten demostrarlo. Finalmente, concluye, a medida que disminuye el coste de extracción y aumenta el precio neto, la renta por escasez debe convertirse en el factor determinante del movimiento del precio de mercado, de modo que éste aumentará a final de cuentas, aunque ello pueda tomar mucho tiempo (Solow, 1975, p. 86).

Solow desplaza el problema de la incertidumbre como específico de estos recursos, y remarca como problemática la cuestión de la estructura concentrada de la producción para esta primera mitad de los '70, y el problema de su agotamiento en un futuro. Con estos términos, Solow defiende el concepto de renta por escasez, advirtiendo que aún no se habría manifestado de manera significativa en lo empírico, pero que tarde o temprano el precio llegará a un nivel tan alto que elimine la demanda por completo, y así el recurso se agotará en el instante en que su precio lo elimine del mercado (Solow, 1975, p. 86).

Esta proyección del aumento de la renta por escasez hacia un futuro, da lugar al surgimiento de las teorías del precio en forma de U:

Robert Pindyck, economista referente en la temática de los recursos no renovables y en el rol de la incertidumbre en la inversión, incorpora la exploración como factor influyente en la cuantía de reservas disponibles. Este

autor desarrolla una re-interpretación del modelo de Hotelling en el marco de una teoría del precio a largo plazo en forma de U, incorporando a la incertidumbre como factor de inestabilidad en las decisiones de inversión.

En medio de las llamadas “Crisis Petroleras”, Pindyck (1978) remarcó la distinción entre inversión en explotación y en exploración, retomando la literatura de la década del '70 basada en modelos de inversión con incertidumbre, y estableciendo que ella sería fundamentalmente la causa de una reducción en la tasa de extracción de petróleo.

En sus trabajos, Pindyck señala que el recurso es extraído más lentamente cuando la base de reservas no se conoce con certeza. En tanto la actividad exploratoria da lugar al crecimiento de las reservas probadas, su aumento implicará no sólo menor incertidumbre sobre las reservas existentes, sino que también conlleva un incremento en la base de recursos explotable y por lo tanto una extensión del horizonte temporal de agotamiento. A partir de ello, el autor propone tratar al petróleo como un recurso “no renovable” antes que “exhaustivo”. El agotamiento, según Pindyck, se manifestaría cuando estas reservas adicionales resultantes de la exploración caigan en tanto aumentan los descubrimientos acumulados (Pindyck, 1978, p. 1-2).

De esta manera, Pindyck toma a la caída de esta “tasa de éxito” como indicador de escasez, lo que en términos económicos se reflejaría en el aumento del costo unitario de extracción, cuando estos costos incluyen la inversión realizada en exploración. Si las reservas son cuantiosas, y por ende los costos de explotación bajos, la exploración será postergada, y a la inversa. Al variar el nivel de reservas con la exploración, Pindyck incorpora este tipo de inversión como determinante indirecto del precio, remarcando la interrelación entre ambas variables. De esta manera, en su modelo, el precio crece a un ritmo menor que si no existiera exploración (Pindyck, 1978, p. 5).

El *trade off* intertemporal de la exploración refiere al balance de las ganancias obtenidas por posponer la inversión en exploración, con el costo de producción actual alto resultante de una base de reservas baja (Pindyck, 1978, p. 7).

Por tanto, se identifican disímiles etapas en la relación reservas-inver-

sión. La dinámica resultante sería la siguiente: en la medida en que inicialmente no se produzcan muchos descubrimientos, las reservas caerán, pero luego lo harán más lentamente en tanto que la exploración aumenta. En determinado momento, luego de que las reservas hayan caído lo suficiente, los costos serán altos y ahí cae la exploración, en ese punto el precio aumentará hasta que la demanda no pueda ser abastecida cuando el beneficio marginal es cero. En este punto el recurso no fue agotado, pero ya no paga para explorar por nuevas reservas. Y es justamente en este punto, señala Pindyck, cuando se manifestaría el agotamiento del recurso y la renta por escasez pasa a ser un importante componente del precio.

Pindyck destaca la importancia de la actividad exploratoria y sus efectos de reducir la tasa de incremento del precio, la cual, a su vez, depende de los niveles iniciales de reserva y el nivel de agotamiento del recurso. El agotamiento o la escasez del recurso sería determinante de la inversión sólo en una senda final de explotación del recurso.

De esta manera, según este autor, la incertidumbre sobre los niveles de reserva y el momento de agotamiento sería la principal causa de alejamiento de las tasas óptimas de exploración y producción. De aquí que el sendero de equilibrio del precio como resultante de la explotación óptima no siga una tendencia unívoca creciente, sino que más bien responderá a altibajos resultantes de la actividad exploratoria y de explotación. Lo que llegado a este punto no expone este autor, es cuál sería las razones de estos altibajos que no se encuentran relacionados con el agotamiento.

Lo interesante de este modelo es que la inversión en exploración no aparece en esta etapa como dependiente de la escasez, sino al revés, lo que expone la dimensión económica de esta última variable, y permite entender su determinación a partir de los requerimientos de acumulación de capital. Sin embargo esta teoría no abandona la dimensión físico-geológica de la escasez, dado que la proyecta hacia un horizonte de largo plazo, en definitiva el autor pospone la problemática, y prevé que la renta por escasez cobrará relevancia en un futuro incierto.

Al remarcar la relatividad del carácter exhaustivo de estos recursos, donde la escasez física aparecería en un horizonte de agotamiento impreciso, en sus trabajos ulteriores Pindyck (1980 y 1988) remarca la teoría de la

trayectoria del precio del petróleo en forma de U desarrollada por él y por otros autores como Slade (1980) y Livernois y Uhler (1987).

En su trabajo, Margaret Slade (1980) postula que los costos caen gracias al desarrollo tecnológico. De esta manera esta relación de costos marginales decrecientes se sostiene, antes de que se tenga conocimiento del horizonte de agotamiento. Dice, en sus comienzos la exploración es altamente productiva, y más adelante, en tanto que la mayoría de los reservorios han sido descubiertos, los costos marginales caen más lentamente. Esto genera una trayectoria del precio con forma de U. Por ello Slade también destaca la relevancia de la exploración como medio de acumulación de conocimiento sobre las reservas, pero aporta una comparación adicional del precio del petróleo con el de otros recursos no renovables (metales), y concluye que aunque los precios relativos de algunos de ellos cayeron durante varios años a fines del siglo XIX, los precios de todos pasaron ya el punto mínimo de la curva en forma de U y comenzaron a crecer (Slade, 1980, p.129). De aquí concluye que si la escasez se mide por los precios relativos, la evidencia indicaría que los commodities de recursos naturales no renovables se estarían volviendo todos ellos escasos (Slade, 1980, p. 136).

Cabe señalar en este punto la diferencia conceptual entre postular el aumento del precio por escasez debido a un aumento de los costos, de explicarlo debido al incremento de renta por escasez o beneficio, es decir de la diferencia entre el precio y el costo. Razón por la cual para el primero de los casos, es común la analogía, criticada más adelante, con lo planteado por el economista clásico David Ricardo (Devarajan y Fisher, 1981, p. 69).

VI. Explicaciones alternativas de la suba del precio vinculadas a la estructura de la oferta

VI.1. Estructura de la oferta y el rol de la OPEP

Luego del derrumbe de precios del petróleo de mediados de los años '80, se desarrollan otras líneas críticas al modelo de Hotelling, que (parcialmente) relegan la escasez o el agotamiento físico como determinante fundamental de la evolución de los precios de los recursos no renovables, haciendo hincapié en la estructura de la oferta de estos recursos.

Ya en Nordhaus (1973) ello es mencionado pero con evidente precau-

ción conforme al contexto histórico en que escribió el trabajo. En base a las proyecciones de su modelo, advierte que el petróleo no se comporta de forma aislada como un material escaso, pero indica que antes de los recortes por el embargo, la mayoría de los precios de los commodities habían crecido incluso más que el petróleo (Nordhaus, 1973, p. 569).

Robert Solow (1973), en cambio en respuesta al trabajo de Nordhaus, retoma el tema de la estructura del mercado petrolero para ponerlo a la cabeza de la problemática de la época. Aunque concuerda con que la tecnología de respaldo provee un límite superior al precio de mercado del recurso natural, remarca que las ineficiencias originadas por un contexto de incertidumbre no se circunscriben al caso de los recursos no renovables. La cuestión, por tanto, que conllevó a precios por encima de los valores considerados eficientes no tuvo que ver con la incertidumbre sino esencialmente con los recortes de la oferta por parte de los países árabes, o sea, dice el autor, con la estructura concentrada de la propiedad sobre estos recursos (Solow, 1973, p. 573).

Así vemos que tanto reconociendo como rechazando el concepto de renta por escasez, surge el enfoque de la cartelización de la OPEP que hace hincapié en esta estructura de mercado como precursora de las crisis energéticas previas, y potencialmente futuras.

Aquí encontramos a Morris Adelman (1986), quien se contrapone a las conciliaciones con Hotelling arriba presentadas. Este autor concluye, a partir de diversos trabajos, que los hidrocarburos no son recursos agotables en el sentido económico, y que por tanto no presentan una renta por escasez persistente y progresiva como la modelizada por Hotelling. Si bien la escasez, según Adelman, se mediría por el propio costo marginal en tanto el aumento en los costos expresa el agotamiento y los rendimientos decrecientes del capital invertido, el autor muestra que ello existiría en cualquier industria en cuanto los niveles de producción se aproximan al límite de la capacidad productiva. Por tanto según el autor, la escasez no explica los cambios de precios a partir de 1973 (Adelman, 1986, p. 388).

Una argumentación básica que utiliza, se sostiene justamente en la desproporcionada relación entre precios y costos para los años críticos. En las áreas de petróleo más barato, dice, cercanas al Golfo Pérsico, se

observaron restricciones a las inversiones, a diferencia de lo ocurrido en países como los EEUU. De esta manera, concluye que el verdadero problema luego de 1973 fue el fuerte y torpe poder de mercado de la mayoría de los exportadores de Medio Oriente cooperando bajo el cartel. Razón por la cual para esos años no se observa un aumento en los costos marginales que haya acompañado la escalada de los precios (Adelman, 2004, p. 16).

Adelman agrega que las advertencias alarmistas norteamericanas del fin del petróleo a fines de los años '70, se contraponen con el aumento de reservas y de la producción a lo largo de esa década y que aun así los avisos de agotamiento inminente persistieron. Debido a la persistencia de los bajos costos marginales de extracción, el petróleo es producido cuando es descubierto, por lo que las reservas se pueden considerar -similar a lo expuesto por Pindyck- como un inventario que disminuye por la explotación y aumenta por los descubrimientos. Evidentemente, dice el autor, algún día se podría llegar a los límites del agotamiento físico del recurso, pero en el caso del petróleo los datos descartan que eso haya sido la influencia sobre las decisiones que los agentes hayan estado tomando hasta ese momento (Adelman, 2004, p. 16 y 17).

De esta manera, a diferencia de las revisiones conciliadoras del modelo de Hotelling, según Adelman, la ausencia de la manifestación empírica de la renta por escasez no se debe tanto a su falta de relevancia económica, sino a su mera inexistencia. El autor explicita que la escasez se revelaría por un aumento de costos que no sucedió, mientras que el aumento del beneficio neto no expresaría en este caso un aumento de lo que se considera renta por escasez *per se*, sino que sería una situación de desfase coyuntural entre la oferta y la demanda agravado por el precio administrado desde los países de la OPEP.

Según la visión de este autor, la reticencia a la inversión es efecto de la concentración de la oferta por parte de la OPEP, lo que repercute en un incremento de la volatilidad y de la especulación en el precio del petróleo, por lo que surge la necesidad de incluir en las estimaciones, no sólo oferta y demanda, sino también las decisiones políticas de la OPEP respecto al establecimiento y cumplimiento de sus cuotas de producción. Es este último factor el que crea una mayor incertidumbre sobre los precios de esta

industria en particular, explica. De esta manera, en determinadas circunstancias, como en 1973, el recorte en la producción no fue en sí mismo lo determinante de la escalada en el precio, sino antes bien el pánico de los compradores que se desató a partir de un incremento de la incertidumbre sobre las disponibilidades futuras del petróleo (Adelman, 2004, p. 20).

Contra esta noción, Alhajji A.F. y Huettner David (2000) en línea con la postura de la OPEP, confrontan tal teoría, al señalar cómo la ausencia de un sistema de cuotas de producción entre 1960 (año de conformación de la OPEP) y 1983 refuta la postura de aquellos que le asignan a la OPEP el estatus de cartel. La implementación del Sistema de Cuotas en 1983 dio lugar a esta caracterización, siendo que muchos analistas sin embargo observan que el mercado de petróleo mundial justamente se hizo a partir de esos años más competitivo (Alhajji A.F. y Huettner David, 2000, p. 1153).

Asimismo, los autores muestran que nunca la OPEP contó con una participación de mercado mayor al 56% e incluso declinó al 30% en 1985, situación que también se encuentra en desventaja frente a las llamadas Siete Hermanas,³ que controlaban más del 87% de la producción mundial en 1953 y cerca del 71% en 1972, doce años después de creada la OPEP. Por otra parte, se trata en estos casos de corporaciones que cuentan con una integración vertical, con la que los miembros de la OPEP no cuentan. Señalan a partir de esto cómo otros carteles de *commodities* cuentan con una participación de mercado de mayor relevancia (Alhajji A.F. y Huettner David, 2000, p. 1158).

El trabajo muestra que los bajos precios del crudo para 1998 y 1999 llevaron a una caída de la inversión en las actividades *upstream* y a la falta de mantenimiento de la capacidad instalada. Consecuentemente, la producción de petróleo cayó y muchos yacimientos sufrieron problemas técnicos que a la larga redujeron la capacidad productiva. Cuando los precios subieron, se generó una mayor presión sobre los pozos existentes que llevó a problemas técnicos adicionales y al decrecimiento de la producción (Alhajji A.F. y Huettner David, 2000, p. 1162).

3 Exxon, Mobil, Chevron, Gulf Oil, Texaco, Shell y British Petroleum

Por su parte también Slade (1980) analiza el comportamiento del precio del petróleo junto con el del resto de las *commodities* y observa que la suba no podría deberse a los precios de la OPEP y su gestión concentrada de oferta, ya que los mínimos de la trayectoria ocurrieron incluso antes de la crisis de 1973 (Slade, 1980, p. 136).

VI.2. La hipótesis del “objetivo de ingreso” de los países productores

La hipótesis del *Target Revenue* [Objetivo de Ingreso], se encuadra en esta polémica en tanto que hace hincapié en el enfoque de las barreras de la inversión antes que en el pico petrolero o agotamiento del recurso, aunque confrontando con la línea de la cartelización (Griffin, 1985). Esta teoría establece que los recortes de los años '70 no fueron un resultado de un comportamiento de colusión de mercado, sino antes bien de cada país exportador enfrentando una caída en su esquema de oferta, lo que llevaría a “objetivos de ingresos” necesarios a nivel nacional para afrontar sus requerimientos de fondos.

Bajo esta visión varios productores de la OPEP fijan su producción de crudo con el objetivo de alcanzar determinados ingresos necesarios para su presupuesto nacional. Si el ingreso por exportaciones supera este nivel objetivo de ingresos deseados, entonces se reduce la producción. Inversamente, si no se recibe el ingreso deseado, entonces aumenta la producción. Cambia de esta manera la pendiente de la curva de oferta típica, la que a su vez es resultante de acciones determinadas a nivel local. Esta teoría intenta explicar el comportamiento de los países suponiendo que los mismos no coordinan sus políticas petroleras. O sea, esta teoría indicaría que el cartel no actuaría efectivamente como tal. También de acuerdo a Alhajji y Huettnner, para los defensores de esta postura la OPEC no es un cartel tal como muestra el accionar de Arabia Saudita que se comporta de manera diferente al resto de los países que integran esa organización.

En línea con el desarrollo histórico, puede observarse que la implementación de cuotas por parte de la OPEP se hizo antes bien como respuesta al desarrollo de la competencia y el ingreso de nuevos yacimientos a la explotación mundial (Yergin 1992), lo que por su parte deterioró los llamados “términos de intercambio” de los balances de estos países exporta-

dores de petróleo (Urquidi y Troeller 1977). Con el tiempo, según algunos autores esta organización en base a las nacionalizaciones de sus recursos logró rearmarse de nuevos objetivos tales como la deducción de regalías, la eliminación de los descuentos de mercado, la regulación de la producción y la participación estatal, en definitiva, un mayor control interno de la industria petrolera (Zakariya en Urquidi y Troeller, 1977, p. 212).

Las teorías sobre la estructura de la oferta adquieren relevancia luego de la crisis del petróleo de 1974. Pero luego del derrumbe del precio a mediados de los años '80, y teniendo en cuenta los pocos efectos en el precio que lograron los recortes de producción de la OPEP en los años '90 junto a las disidencias internas reflejadas en el accionar de sus miembros, la noción de "cártel petrolero" fue cada vez más cuestionada, aun cuando hayan influido, como señala Adelman, en una mayor volatilidad e incertidumbre del mercado.

VI.3. Cartelización y agotamiento: nuevo enfoque del Peak Oil

Hacia fines de los años '90, y a comienzos del nuevo milenio, la cuestión de la OPEP y su comportamiento colusivo pasó a plantearse como un factor a tener en cuenta particularmente en relación a la capacidad excedente⁴ o de reserva y las inversiones requeridas, lo que por su parte confluye con la postura de los organismos internacionales ante la suba de precios 2003-2008 y también durante las llamadas "crisis petroleras" (IEA 2005; WEC 2007; CFTC 2008; EIA 2008).

Es por esta razón que también en estos años aparecen visiones donde el agotamiento y la centralización de la OPEP serían parte de una unidad, y donde la caída de la capacidad excedente es tomada como indicador del agotamiento físico del petróleo.

4 Capacidad Excedente de producción de crudo de los países de la OPEP definido por la U.S. Energy Information Administration como el volumen de producción extra que puede realizarse dentro de los 30 días y mantenerse por 90 días al menos. Refleja los materiales, el personal y el equipo que no está trabajando al máximo de su capacidad y es requerida frente a fluctuaciones en la demanda o deficiencias en la oferta. Se trata de un indicador que muestra la capacidad de fuelle del sector frente a impredecibles aumentos en la demanda (EIA, 2010). Normalmente se utiliza la capacidad excedente de los países de la OPEP como factor determinante en el movimiento de los precios del petróleo en tanto que es efectivamente la capacidad excedente mundial dado que el resto de los productores se considera que operan al tope de su capacidad productiva.

La mayor relevancia de la capacidad excedente de producción como categoría a tener en cuenta en la evolución del precio -que incluso es utilizada como proxy del precio futuro (Hvozdyk L. Y Mercer-Blackman 2010)-, se relaciona con el desarrollo del mercado de futuros del petróleo y encuentra por ello un mayor protagonismo en el enfoque más reciente del Peak Oil que tiene como referente a Colin Campbell.

Esta teoría contemporánea del Peak Oil, retoma algunas cuestiones de la originalmente planteada por el geólogo King Hubbert en los años '50. Para esos años, con el objetivo de calcular el pico de producción de petróleo en los EEUU y en el mundo, Hubbert da cuenta de las leyes físico naturales que implican un mayor consumo del recurso en relación con su reposición por parte de la naturaleza haciendo uso de las leyes de entropía. El reflejo de este progresivo agotamiento en categorías económicas es impreciso en el trabajo de este autor, si bien plantea que la extracción de hidrocarburos continuará hasta que la energía requerida para la explotación iguale a la energía extraída, dando lugar a la categoría de "energía neta" (Hubbert, 1956 y 1982; Campbell 2000).

Tanto en la postura original como en la contemporánea, la cuestión del pico de producción se concentra en la problemática de la contabilidad de los recursos y la propia definición de las categorías a medir para dar cuenta del agotamiento. En lo que concierne al trabajo de Campbell, el autor remarca que las decisiones de inversión de la OPEP y su impacto en su capacidad excedente, que muestra una caída, serían señal del agotamiento del petróleo, y por tanto la razón de un inevitable aumento de precios del petróleo crudo frente al aumento de la demanda y el crecimiento demográfico (Campbell, 2002, p.193-196).

Al observar los hechos estilizados, tanto en 1974 como en 1978, los recortes mensuales en la producción por parte de los países de la OPEP no resultaron finalmente en una caída anual de la producción mundial. Antes bien, su efecto fue el de incorporar nuevos yacimientos al esquema mundial de competencia en su oferta. Por el lado de los precios, a diferencia de la suba de 1974, los valores alcanzados en 1979 y 1980 no se sostuvieron en el corto plazo, sino por el contrario cayeron para ser superados transitoriamente recién hacia el año 2007 a precios corrientes (y alcanzados durante

algunos meses de ese mismo año a precios constantes). Sin embargo, si bien el año 1973 fue el de mayor participación histórica de la OPEP en la producción mundial del crudo, a partir de ese año comienza a disminuir esta relación, presentando su mayor caída hacia 1979. Es decir, el derrumbe del precio se da junto a la caída de la participación de la OPEP en la producción mundial justamente por el aumento de producción a nivel global (datos BP; Yergin 1992).

De esta manera, las visiones recorridas en esta sección que enmarcan las subas (y las bajas) de los precios en la estructura de mercado planteada desde la oferta, distan de realizar un enfoque pleno y consistente sobre el comportamiento del precio del petróleo, lo que lleva a contradecirse según la etapa en la que se encuentre el mercado.⁵

Como vimos, el enfoque sobre la cartelización bien puede asimilar el concepto de renta por escasez o rechazarlo. Y para el primer caso, en pocas ocasiones aparece en este enfoque la especificidad histórica de restringir la oferta por parte de un cartel. Esta necesidad de mayor apropiación de la renta petrolera sí aparece desde la propia postura de la OPEP y autores afines que remarcan la necesidad de mantener el valor de los ingresos permanentes de estos países afectados por la inflación de los países industrializados. Y aun presentando la dimensión económica como determinante en las decisiones de inversión (OPEP 2008), la cuestión del agotamiento bien puede reaparecer como base de tal justificación como en la famosa Declaración de Argelia de 1975 (OPEP 2009).

De aquí que al modelo conservacionista se lo identifique, como en su momento lo hizo Hotelling, con los intereses de una oferta cartelizada. Identificación que fue reforzada por los intereses norteamericanos de petróleo barato, hasta que en los años '70 EEUU reforzó su capacidad de oferta petrolera con el descubrimiento del Gigante Negro en Texas y cambió su rol en el mercado como consumidor/productor de petróleo (Yergin 1992). Cuestión que se manifiesta en el escenario del nuevo milenio donde

5 Es interesante en este punto remarcar que luego de la crisis de 2008, entre los años 2008-2010 aumenta la capacidad excedente de producción de la OPEP, y si bien luego vuelve a caer, no alcanza los bajos niveles alcanzados en el año 2002. Esta observación, en línea con lo presentado en cuanto a los indicadores de escasez, muestra la limitación de tal variable para manifestar el agotamiento del recurso.

la visión contemporánea del Peak Oil retoma una línea donde conjuntamente aparece la posición conservacionista junto a la acusación del cartel de la OPEP como una problemática a considerar.

VII. El debate teórico de fondo: Lewis Cecil Gray (1914) y David Ricardo (1817)

Ante las limitaciones señaladas más arriba de las críticas al modelo de Hotelling que hacen énfasis en su invalidación empírica, a las que se suman aquellas visiones que se circunscriben a la cartelización de la oferta de crudo, entendemos que se requiere de la revisión teórica del debate conceptual de la renta por escasez. El modelo de Hotelling no profundiza sobre el contenido teórico-conceptual de esta categoría, lo que lleva a remitirnos al trabajo de Lewis Gray, precursor de la modelización realizada por Hotelling, que plantea un debate con la noción del economista clásico David Ricardo de la renta minera, cuestión que señalamos como clave a la hora de profundizar en la comprensión de la renta por escasez y sus limitaciones.

El artículo de Lewis Cecil Gray publicado en 1914 “Rent under the Assumption of Exhaustibility” marcó historia en la teoría sobre los recursos no renovables, y es aquí donde entendemos que aparece el desarrollo conceptual de fondo de la renta por escasez. En el trabajo define su relación con la teoría de la renta diferencial de David Ricardo, para quien por el contrario, la escasez no entra como determinación del valor o de la renta agrícola y minera. Esta contraposición presenta un contenido disímil en la conformación del excedente apropiado por el propietario del yacimiento minero, y por tanto de las expectativas sobre el comportamiento del valor o precio del mineral.

En su artículo, Gray retoma la siguiente definición de renta de Ricardo:

La renta es aquella parte del producto de la tierra que se paga al terrateniente por el uso de las energías originarias e *indestructibles* del suelo. Se confunde a menudo con el interés y la utilidad del capital y, en lenguaje popular, dicho término se aplica a cualquier suma anualmente pagada por el agricultor a su terrateniente. (Ricardo, 1985, p. 51) [cursivas añadidas].

Gray pretende aclarar que esta cuestión podría desestimarse en tanto pueda ser demostrado que la *indestructibilidad* no es necesariamente la característica que separa a la renta de otras formas de ingreso, dando como corolario el supuesto de la *exhaustividad*.

No obstante, el término *indestructible* ha sido empleado por Ricardo en el sentido de que el uso por el cual la renta se paga, no causa la afección física de la base de la renta, sin por ello considerar esa base como un creador de valor en sí mismo (separando así la cuestión cualitativa con la cuantitativa en la determinación y apropiación de esa renta).

Gray continúa diciendo que en el caso de la agricultura es posible aislar el ingreso atribuido a las propiedades consideradas indestructibles de las que no lo son. Cuando los elementos que se agotan son económicamente reemplazables, el gasto de reposición determina el valor de los elementos agotables, y el resto del excedente puede entonces ser considerado propio de las propiedades inagotables. Pero en muchos casos, advierte, sería imposible realizar esta diferenciación. Estos casos de difícil diferenciación entre ambos aspectos, para Gray, serían por ejemplo los que corresponden a la producción minera, donde la reserva física del recurso y su valor se destruye de forma más evidente con su uso. Tratándose de minas, señala Gray, es imposible diferenciar el valor de las propiedades agotadas del valor de las inagotables, porque el valor del capital de la mina de carbón no es más que el valor presente del ingreso excedente de una mina durante un periodo de tiempo, o sea, el valor presente de la renta total que generará; y esa renta constaría de dos elementos indistinguibles: el retorno por el carbón agotado y el retorno proveniente del valor del suelo del carbón (Gray, 1914, p. 468).

Es decir que según este autor, contamos con una base original e indestructible (valor del suelo) y otra que sí lo es (valor del carbón). Para Gray la renta, en tanto que se refiere al conjunto de estos "excedentes", estaría compuesta por la capitalización de ambos componentes.

Gray concluye que bajo la definición de Ricardo la renta entonces puede referirse sólo a una pequeña parte de los bienes naturales, mientras que para los recursos exhaustivos sería imposible distinguir de la renta, el ingreso -considerado por Gray como el servicio o utilidad brindado- de los elementos destruibles.

Para el caso de los recursos exhaustivos, señala Gray que, si por alguna razón, el dueño de un valuado depósito de carbón puede obtener menos beneficio con la inmediata extracción y venta del carbón antes que esperar para hacerlo en algún tiempo futuro, será beneficioso posponer la utilización. La base de ello sería la expectativa de una alteración en el precio del carbón. Si el precio está aumentando y se espera que esta tendencia continúe, el dueño de la mina preferirá sacar poco carbón en el presente. Y esto es así, dice, porque los recursos a su disposición son limitados. Esto no sucedería si la base de su ingreso fuese perpetua. Asimismo, una baja del precio de aquellos factores que entran en los gastos de producción, hará más beneficioso la postergación de la extracción. Por el contrario, una caída en los precios del producto o un incremento en los costos generan una rápida utilización del recurso (Gray, 1914, p. 470-471).

Consiguientemente Gray presenta una tabla que muestra el método para determinar la tasa de utilización como resultante de dos factores que generan fuerzas antagónicas en las decisiones de extracción: la caída de la productividad tomada de los rendimientos decrecientes presentados por Ricardo, y el descuento sobre los ingresos de la extracción futura. Este desarrollo encarado por Gray y la senda de equilibrio que surge de este comparativo basado en el supuesto conocimiento de los recursos disponibles de un yacimiento y la proyección de su agotamiento en un horizonte de tiempo determinado, donde estos recursos se supone que se valorizan en base a su progresiva escasez, y siendo el ritmo de esta progresión en el equilibrio determinado por la tasa de interés, será la argumentación del modelo que formalizará años después Harold Hotelling y que determina la evolución creciente en el tiempo de la llamada renta por escasez.

Luego de presentada la cuestión sobre la decisión intertemporal típica de este tipo de recursos, Gray pasa a discutir el concepto de regalía minera [royalty], considerada como el canon o derecho que cubre el valor del mineral extraído (Gray, 1914, p. 481), criticando que ella sea considerada como un concepto aparte de la renta propiamente dicha correspondiente a la dimensión no agotable de la renta minera, lo que sería la renta sobre la propiedad del suelo.

De aquí la posterior diferenciación con Ricardo, dado que para el autor

clásico, la imposibilidad de existencia de dos tasas de utilidades del capital agrícola o minero implementado, es lo que desemboca en el pago de renta en las tierras más fértiles (o yacimientos) en concepto de renta adicional que surge de la diferencia natural de fertilidades. Éstas serían entonces las fuerzas originarias e indestructibles de la tierra en tanto persistan como tal, y sobre las cuales pueda aplicarse su apropiación. Ricardo desarrolla así el concepto de “renta diferencial” como única forma de renta. De aquí su expresión: “Dicho cereal no se encarece porque hay que pagar una renta, sino que debe pagarse una renta porque el cereal es caro” (Ricardo, 1985, p.56).

Al concluir Ricardo que la renta no determina el valor relativo de los productos del suelo, reafirma su tesis en cuanto a la irrelevancia de la escasez como determinante del valor de cambio en términos de las leyes que rigen este tipo de recursos en tanto que pueden ser multiplicables por el trabajo.

Para Ricardo, las posibles variaciones de los precios respecto de sus niveles “naturales” tienen corta vida por la tendencia a la igualación de las tasas de utilidades. Así, la escasez aparece en el análisis de Ricardo como una categoría relativa a la necesidad social expresada en la demanda, y por tanto coyuntural, ya que la escasez es subsanada por la asignación de capital y trabajo a la producción. No relaciona a partir de ello el ingreso adicional bajo la forma de ganancia que implica el precio por encima del natural con la renta propiamente dicha, como sí ocurre en el caso del concepto de renta por escasez, donde según sus seguidores no se trataría de una cuestión coyuntural entre la oferta y la demanda sino más bien de un fenómeno estructural por el inevitable agotamiento de los recursos exhaustivos.

Sobre esta base, podemos concluir ante el acontecimiento de este milenio en cuanto a la suba de precios del petróleo crudo respecto de los costos, que contiene un beneficio o ganancia por encima de la usual o normal. Esta interpretación se diferencia del concepto de renta por escasez, que interpreta a esa suba de precios respecto de los costos como la expresión del agotamiento del recurso, lo que a su vez debiera corresponderse al horizonte final de la disponibilidad física del mismo.

Para Ricardo, lo que se encuentre por encima de ese valor o precio natural, podrá ser apropiado por el terrateniente bajo la forma de renta, pero

no es ella en esencia. Así concluimos que lo que puede ser entendido como renta por escasez comprende a un ingreso asociado a un excedente o sobreganancia por sobre el nivel normal, como bien puede suceder en el conjunto de los bienes económicos que se encuentran ante una relativa irreproducibilidad desde su oferta producto de una desinversión, y no de su agotamiento físico. Es decir, la renta por escasez no es tal, ni siquiera desde el ángulo teórico. En este sentido asociamos la suba de precios del 2003-2008 al resultado de dicha escasez coyuntural del mercado, antes que como producto del aumento de la renta por escasez resultante del agotamiento progresivo asociado al carácter no renovable de este tipo de recursos.

Presentar la contraposición teórica del concepto, donde por un lado aparece un precio por sobre los costos acrecentándose por el agotamiento físico, y por el otro este mismo excedente tratado como una sobreganancia coyuntural del capital minero aplicado, desenmascara la diferencia sustancial sobre el concepto de escasez. Por un lado, ésta es considerada en términos físicos y absolutos, y recae en un círculo explicativo a la hora de ser determinante en el origen del valor del mineral, y por el otro lado la escasez es considerada en términos específicos de la coyuntura económica, y relativa por tanto a la capacidad de acrecentamiento de su oferta en relación a una demanda. Es este caso, el que sostenemos se evidencia a través de lo empírico e histórico y demuestra consistencia teórica, donde por tanto no sería el agotamiento en sí, sino el comportamiento de las inversiones lo que desemboca en un problema de escasez relativa de recursos (considerada a partir de las categorías económicas resultantes). De aquí que entendemos que la base de la teoría ricardiana no es ajena a los recursos no renovables, en tanto se comprenda que su escasez o limitación física no se refleja en su precio en la medida en que el capital sea capaz de reproducirlo en vistas a una demanda existente.

Por ello si bien algunos autores revisores del modelo de Hotelling recalcan sus similitudes con autores clásicos como David Ricardo, intentando mostrar cómo en la historia de la teoría económica la finitud de los recursos no renovables estuvo presente como potencial obstáculo del crecimiento económico, concluimos que esta concepción clásica se diferencia radicalmente de la concebida por la Teoría de los Recursos No Renovables.

VIII. Digresión sobre la transición a una nueva matriz energética

El reciente incremento del precio junto con la creciente preocupación medioambiental, nuevamente pone en debate las posibilidades de transición a una matriz energética que sustituya los hidrocarburos. Sin embargo destacar el carácter productivo e histórico de la problemática de los recursos naturales en lugar de limitarlo a una cuestión puramente geológico-natural, implica considerar la forma en que estos son explotados por el actual modo de producción, lo que conlleva, en base a lo aquí desarrollado, que sean las determinaciones de precios y costos -y su impacto en la tasa de ganancia- las señales de mercado que efectivamente planteen nuevos desafíos en camino a esta transición.

Es en esta línea que destacamos anteriormente los trabajos de Nordhaus o Lane, a modo de ejemplo, al incorporar a la perspectiva del desarrollo de un sustituto el vínculo con la dinámica de tales señales. Ya en el año 2000 en la cumbre II de Caracas, la OPEP demostró su inquietud en realizar un fondo de impacto para la prevención de la caída de la renta por la eficiencia tecnológica o el avance en la sustitución del petróleo. En 2007, esta organización remarcó un escenario de caída de crecimiento de la demanda hacia el 2030 de entre el 3% y el 13% tanto por motivos tecnológicos como de política medioambiental, es decir, por cuestiones vinculadas no tanto al agotamiento del recurso como a la noción de Peak Oil del lado de la demanda que predomina el actual debate sobre los hidrocarburos (Dale y Fattouh, 2018). Desde esta perspectiva, la OPEP justificó la reticencia a una fuerte expansión en la inversión a fines de evitar una caída de los precios que perjudique a los países miembro (OPEC, 2007).

Si bien el impacto ambiental se adicionaba según la OPEP como un nuevo factor de costos a considerar, por un lado es aún cuestionable que tales costos sean efectivamente asumidos por las empresas vinculadas a la industria hidrocarburos, y por el otro, nuevamente en base a lo aquí señalado, la temática será abordada en tanto cuestione el ritmo de acumulación mundial antes que a partir de un planteo que brote de las necesidades de reproducción del metabolismo humano ajeno al sistema productivo en que éste se desarrolla. Tal es así que en reiteradas ocasiones las manifestaciones ideo-

lógicas de estas crisis apelan al agotamiento de los recursos naturales como principal problemática, o a su contraparte: el “exceso de población”.

IX. Conclusiones

La evidencia empírica del mercado petrolero dista de reflejar una tendencia creciente en el precio de modo sostenido como contrapartida del incremento progresivo de la explotación de hidrocarburos como predice la teoría convencional de los recursos no renovables que toma como referencia al modelo de Hotelling de los años '30. Con la caída y estancamiento del precio observada posteriormente a los años de dicho trabajo (años '50 y '60), y ante la suba de precios de los años '70, el concepto de renta por escasez fue retomado por numerosos autores que buscaron conciliar este modelo con la evidencia empírica, incorporando otros aspectos de la explotación petrolera.

En el presente artículo se plantea que estas revisiones mostraron sus limitaciones frente al derrumbe de precios de los años '80, a causa de centrarse en el aspecto empírico sin llegar a cuestionar el contenido teórico de la renta por escasez, encontrando por tanto en la teoría de los precios en forma de U, la posibilidad de diferir la aparición no comprobada del sendero creciente de precios hacia un horizonte de agotamiento futuro.

Si bien estas revisiones consiguen avanzar en la inserción de cuestiones relevantes para el comportamiento del mercado petrolero, tales como la inversión en exploración, y la relativización de la escasez del recurso como aspecto económico determinante del precio, no logran superar la conclusión esencial del agotamiento como determinante de esta industria al punto que dicho marco teórico es retomado ante períodos de suba de precios sin dar cuenta de las limitaciones previas presentadas. Por ello concluimos que las revisiones del modelo de Hotelling tampoco aportan a la comprensión del fenómeno de suba de precios del nuevo milenio.

A partir de lo expuesto entendemos que la preconcepción de la escasez como una variable ligada a variables físicas (stock del recurso en términos absolutos), o sea desligada de su aspecto económico (escasez relativa en términos de oferta y demanda del mercado y las determinaciones de esta co-

yuntura) no sólo lleva a la debilidad empírica del modelo de Hotelling sino que también refleja la debilidad del propio concepto de renta por escasez.

Asimismo en el artículo se analizan las explicaciones alternativas al agotamiento donde se identifica el aumento de precios en relación con los costos como un indefectible mayor poder de mercado por parte de la OPEP. Señalamos aquí también la limitación empírica e histórica de estas visiones que hacen hincapié en la manipulación de la oferta por parte de esta organización como el principal determinante de las históricas subas de precios del crudo.

Entendemos que el agotamiento de los recursos naturales, o la llamada escasez que reflejaría el agotamiento como un problema de insatisfacción de necesidades en abstracto, se vincula, por el contrario, a las inversiones y a los niveles de consumo corrientes, es decir a los requerimientos de acumulación del capital. De esta forma, la noción de escasez se refleja únicamente en términos relativos a la forma y cantidad en que esos recursos son explotados y consumidos en el período en cuestión.

De aquí que la revisión del propio concepto de escasez es importante para completar la crítica a la Teoría de los Recursos No Renovables, donde encontramos relevante el debate que plantea la contraposición de la teoría de Lewis Gray con la de David Ricardo. Siendo que Gray no toma al valor del carbón como un valor generado por la propia producción del mineral, sino como el valor presente de la capitalización de un excedente respecto de los costos, surge la determinación del mismo por un fondo de depreciación dada la existencia limitada de los servicios o intereses que provee el mineral y que pueden ser explotados de manera óptima bajo la consideración intertemporal tomada en base al horizonte de su agotamiento.

Esta decisión intertemporal, es considerada por Gray como un resultante del carácter exhaustivo del carbón, donde aparecería este valor presente y la regalía como componente de la renta por el servicio o compensación brindado durante un lapso determinado de tiempo, lo que se contrapone a la concepción de renta de Ricardo donde la renta es un excedente de valor por sobre la tasa usual de beneficio del capital incorporado. Sobre esta base planteada por el autor clásico, todo excedente por sobre ese valor, y que se encuentre determinado como resultado de las condiciones de

oferta y demanda coyunturales, no sería renta sino una mayor apropiación de ganancia de un capital por sobre el resto de los capitales sobre los que recae este incremento del precio.

Concluimos en que la determinación de la renta planteada por la teoría clásica es la más adecuada a ser aplicada, en tanto que el carbón -y para nuestro caso el petróleo- en cuanto entra en su valorización no se manifiesta como un bien escaso, sino capaz de ser incrementada su producción frente a los requerimientos de la demanda. Desde este razonamiento es que puede ser también entendida la sobreproducción de petróleo crudo observada para los años posteriores a la crisis de 2008/9 y la consecuente caída de su precio, incluso frente a un incremento de su agotamiento físico en términos absolutos, lo que anula la manifestación y existencia de una renta por escasez y las limitaciones evidenciadas por la teoría convencional de los recursos no renovables a la hora de ser utilizada como marco explicativo del comportamiento de esta industria.

Sin ánimos de subestimar la problemática social que puede conllevar la forma en la que se producen o consumen los hidrocarburos (v.gr. la cuestión medioambiental) y sus posibilidades de agotamiento físico, la crítica se circunscribe al hecho de que ello se encuentre manifestado a través de indicadores económicos de carácter histórico. Se concluye, entonces, que frente a los incrementos de precios del petróleo suelen verse supuestas crisis de índole energética, interpretadas como tales desde un aspecto físico natural, cuando lo que reflejan es antes bien un fenómeno de índole económica, y la manifestación de una problemática en relación a los requerimientos de capacidad de producción de la principal fuente energética mundial.

Referencias

- Adelman M.A. (1986). "Scarcity and World Oil Prices". *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 68 (Nro. 3) , pp. 387-397. USA: The MIT Press.
- Adelman M.A. (2004), "The real oil problem". *Rev. Regulation* Vol. 27 (Nro. 1) , pp. 16-21. USA: The MIT Press.
- Alhajji A.F., Huettner David (2000). "OPEC and other commodity cartels: a comparison". *Energy Policy* N°28, p. 1151-1164.
- Arrow K., Chang S. (1978). "Optimal pricing, use and exploration of uncertain natural resource stock". Technical Report Nro. 31. USA: Department of Economics, Harvard University.
- Barnett, Harold J., Morse Chandler. (1963). "Scarcity and Growth: The Economy of Natural Resource Availability". Johns Hopkins University Press for Resources for the Future, Baltimore, USA.
- Birol F. (2005), "World Energy Prospects and Challenges". International Energy Agency. París, Francia. Recuperado de <https://www.iea.org/publications/free-publications/publication/birol.pdf>.
- British Petroleum (2007). *Statistical Review of World Energy* June 2007. Recuperado de <http://www.bp.com/statisticalreview>.
- Campbell C. J. (Marzo 2000). "Myth of Spare Capacity Setting the Stage for Another Oil Shock". *Oil and Gas Journal*, Vol. 98 (Nro. 12), p.p. 20-21. USA.
- Campbell C. J. (Noviembre 2002). "Petroleum and People". *Population and Environment*, Vol. 24, No. 2. Londres, RU: Oil Depletion Analysis Centre.
- Commodity Futures Trading Commission, (Julio 2008). "Interim Report on crude oil". Interagency Task Force. Recuperado de <https://www.cftc.gov/sites/default/files/idc/groups/public/@newsroom/documents/file/itfinterimreportoncrudeoil0708.pdf>.
- Dale S., Fattouh B. (Enero 2018). "Peak oil demand and long-run prices". *British Petroleum*. Recuperado de <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/spencer-dale-group-chief-economist/peak-oil-demand-and-long-run-oil-prices.html>
- Dasgupta P., Heal G. (1974). "The Optimal Depletion of Exhaustible Resource", *The Review of Economic Studies*, Volume 41, Issue 5, Pages 3–28.
- Devarajan S., Fisher A. C. (1981). "Hotelling's Economics of Exhaustible Resources: Fifty Years Later". *Journal of Economic Literature*, Vol. 19 (Nro. 1), pp. 65-73. USA: American Economic Association.
- Devarajan S., Fisher A. C. (1982). "Exploration and Scarcity". *The Journal of Political Economy*, Vol. 90 (Nro. 6), pp. 1279-1290. USA: The University of Chicago Press.
- Energy Information Administration US Department of Energy (Junio 2008). "Short-Term Energy Outlook". Recuperado de <https://www.eia.gov/outlooks/steo/>
- Energy Information Administration US Department of Energy (2010), "What Drives Crude Oil Prices?". Recuperado de <https://www.eia.gov/finance/markets/crudeoil/>
-

-
- Gray L.C. (1914). "Rent Under the Assumption of Exhaustibility". *The Quarterly Journal of Economics* Vol. 28 (Nro. 3), pp. 466-489. RU: Oxford University Press.
- Griffin J. M. (1985). "OPEC Behavior: A Test of Alternative", *The American Economic Review*, Vol. 75 (Nro. 5), pp. 954-963. USA: American Economic Association.
- Hamilton J. (2008). "Understanding Crude oil prices". USA: Department of Economics, University of California.
- Heal G, Barrow M. (1980). "The relationship between interest rates and metal-price movements". *Review of Economic Studies*, Nro. 47.
- Hotelling H. (1931). "The Economics of Exhaustible Resources". *The Journal of Political Economy*, Vol. 39 (Nro. 2), p.p. 137-175. USA: University of Chicago Press. Traducción: Alvarez; Diaz Serna y Olaya Recuperado de www.eumed.net/cursecon/textos/.
- Hubbert K. (1956). "Nuclear Energy and the Fossil Fuels". *Drilling and Production Practice*, Nro. 95. Houston, USA: American Petroleum Institute.
- Hubbert K. (1982). "Oil and gas supply modeling". NBS special publication, Nro. 631. USA: U.S. Department of Commerce/National Bureau of Standards.
- Hvozdyk L., Mercer-Blackman V. (2010), "What Determines Investment in the Oil Sector? A New Era for National and International Oil Companies", USA: Cambridge University and Inter-American Development Bank. Recuperado en <https://publications.iadb.org/en/publication/what-determines-investment-oil-sector-new-era-national-and-international-oil-companies>
- International Monetary Fund (Octubre 2008). "World Economic Outlook". USA: World Economic and Financial Surveys.
- International Energy Agency (2005). "Monthly Oil Market Report". París, Francia: IEA. Recuperado de www.iea.org.
- Jevons S. (1866). *The Coal Question; An Inquiry concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of our Coal-mines*. London, Macmillan and Co., 2nd edition, revised. Recuperado de The Online Library of Liberty.
- Krautkraemer J. (1998). "Nonrenewable Resource Scarcity". *Journal of Economic Literature*, Vol. 36 (Nro. 4), pp. 2065-2107. USA: American Economic Association.
- Lane J. (1973). "The Impact of Oil Price Increases on the Market for Nuclear Power in Developing Countries". IAEA. Recuperado de www.iaea.org/sites/default/files/161_204006671.pdf.
- Livernois J. R., Uhler R. S. (Febrero 1987). "Extraction Costs and the Economics of Nonrenewable Resources". *Journal of Political Economy*, Vol. 95 (Nro. 1) pp. 195-203, USA: The University of Chicago Press.
- Miller M., Upton C. (1985). "A Test of the Hotelling Valuation Principle". *Journal of Political Economy*, Vol. 93 (Nro. 1), pp. 1-25. Chicago, USA: The University of Chicago Press.
- Nordhaus W.D., Houthakker H., Solow R. (1973). "The Allocation of Energy Resources". *Brookings Papers on Economic Activity* Vol. 1973 (Nro. 3), pp. 529-576. USA: The Brookings Institution.
-

- Organization of the Petroleum Exporting Countries (2008). "World Oil Outlook". Recuperado de www.opec.org
- Organization of the Petroleum Exporting Countries (2009). "OPEC Solemn Declarations". Viena, Austria. Recuperado de https://www.opec.org/opec_web/static_files_project/media/downloads/publications/Solemn_Declaration_I-III.pdf
- Pindyck R. (1978). "Optimal exploration and production of nonrenewable resources". USA: Massachusetts Institute of Technology.
- Pindyck R. (Diciembre 1980). "Uncertainty and Exhaustible Resource Markets". *The Journal of Political Economy*, Vol. 88 (Nro. 6), pp. 1203-1225. USA: The University of Chicago Press.
- Pindyck R. (1998). "The long-run evolution of energy price". USA: Massachusetts Institute of Technology.
- Ricardo, D. (Ed. 1985) (1816). Principios de economía Política y Tributación. México: Fondo de Cultura Económica.
- Simon J. (1990). "Hotelling's Law: is it useful or wasteful?" Recuperado de <http://www.juliansimon.com/>
- Slade M. (1980). "Trends in Natural-Resource Commodity Prices: An Analysis of the Time Domain". *Journal of Environmental Economics and Management* Nro. 9, p. 122-137.
- Slade M., Thille H. (2009). "Whither Hotelling: Tests of the Theory of Exhaustible Resources". *Annual Review of Resource Economics*, Vol.1, p.p.:1-694. USA.
- Smith K. V. (1978). "Measuring Natural Resource Scarcity: Theory and Practice". *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 5 (Nro. 2). p.p. 150-171. USA.
- Solow R. (abril-junio 1975). "La economía de los recursos o los recursos de la economía". *El trimestre económico*, Vol. XLII (Nro. 166).
- Urquidi, V., Troeller R. (1976). "El petróleo, la OPEP y la perspectiva internacional". XXX Congreso de Ciencias Humanas en Asia y Africa del norte. Informe del Seminario sobre consecuencias y alternativas de la nueva situación energética. México: Fondo de Cultura Económica.
- World Energy Council (2007). "Survey of energy resources". Londres, RU. Recuperado de <https://www.worldenergy.org/publications>
- Yergin, D. (1992). Historia del Petróleo. Buenos Aires, Argentina: Ed. Vergara.
-