

EL MODELO DE RAMSEY APLICADO A LAS RESERVAS PETROLERAS MEXICANAS

Jessica Lorena Escobar Delgadillo

Jesús Salvador Jiménez Rivera

Egresados de la Maestría en Economía de los Recursos Naturales y el Desarrollo Sustentable. FES-Aragón

La sustentabilidad proporciona lo suficiente para las necesidades actuales sin sacrificar las necesidades de las generaciones futuras. Los métodos de sustentabilidad requieren que nosotros evaluemos como afectarán nuestras decisiones a la sociedad, al medio ambiente y a la economía del futuro. (Park, Sagei, 2007)

INTRODUCCIÓN

En este ensayo pretendemos desarrollar un vínculo entre la sustentabilidad económica, como aparece en los modelos de crecimiento económico de Ramsey y Solow, desarrollando un ejemplo práctico sobre el primero, aplicado a las reservas petroleras mexicanas, resaltando la importancia de la extracción óptima de los recursos naturales y la disyuntiva ética del consumo presente o la preservación del recurso para que futuras generaciones puedan tener acceso a estos recursos.

La peculiaridad que ofrece para este análisis la utilización de las reservas de hidrocarburos es el contexto actual del petróleo descrito por la teoría del pico de Hubbert y por la búsqueda de fuentes alternativas a los hidrocarburos no sólo por su agotamiento, sino por las externalidades negativas que su uso ocasiona en la sociedad.

El crecimiento económico es el punto de partida para alcanzar el desarrollo de una sociedad desde una perspectiva económica, social y ecológica, sin embargo dicho crecimiento puede verse limitado por la disponibilidad de los recursos naturales, dado que nuestros patrones de consumo y producción causan, contaminación, agotamiento de los recursos naturales y enfermedades es decir externalidades negativas que pudieran hacer que el crecimiento económico se detenga o bien que se dificulte la meta de alcanzar el desarrollo. La extracción de los recursos naturales debe obedecer a criterios de optimización que permitan la conservación del capital natural, en el caso de que éste sea renovable y para el caso de los que no tienen esa cualidad debería, planificarse con equidad intergeneracional, para disminuir externalidades negativas sobre las futuras generaciones, con la utilización actual, por ejemplo, de hidrocarburos y a su vez debe permitir que estas nuevas generaciones disfruten de un recurso del que nosotros hemos abusado y en el cual hemos basado nuestra forma de vida.

Dado que la utilización de un recurso natural puede sustituirse por un recurso menos costoso gracias al avance de la tecnología, esto nos ha hecho pensar que los recursos naturales son intrascendentales y que podemos continuar con nuestros patrones de consumo y producción sin preocuparnos por el agotamiento de un recurso.

Planteamiento del problema

El problema que se aborda en este ensayo es conciliar, el legítimo interés de nuestra sociedad en continuar con un patrón de consumo y producción que de sostén al crecimiento económico, el cual a su vez posibilite el desarrollo social y humano de nuestra población, sin embargo este crecimiento económico debe estar en concordancia con una óptima utilización de los recursos naturales, es decir con la sustentabilidad ambiental, la cual servirá como apoyo a la sustentabilidad económica.

Tomaremos como ejemplo práctico el caso de las reservas petroleras mexicanas y veremos si es posible que la sostenibilidad en el crecimiento económico, basada en la utilización de hidrocarburos, pueda ser compatible con la sustentabilidad ambiental, expresada en el consumo de este recurso natural no renovable, para el cual haremos una serie de supuestos que nos lleven a analizar las reservas petroleras como si éstas fueran renovables.

Modelo de Ramsey-Cass-Koopmans

Este modelo también es conocido como de crecimiento óptimo, es una variación al modelo de Solow-Swan (Barberá R. y Doncel L., 2003), con el cual comparte una serie de supuestos como los que se describen a continuación:

Existencia de pleno empleo

Mercados perfectamente competitivos

Un único sector productivo

Este modelo se enmarca dentro de lo que Solow denomina la segunda rama de la teoría del crecimiento, el cual emplea la optimización dinámica, cuya principal peculiaridad es el analizar el comportamiento general de la economía, como si se tratase de un solo individuo con vida infinita, y que realiza una planificación óptima de la asignación de recursos de dicha economía.

En esta economía, dada la ausencia de externalidades y otros fallos como imperfecciones o mercados incompletos, la solución al problema de asignación intertemporal de recursos derivada de un equilibrio competitivo equivalente a la solución que obtendría un planificador central. El problema de optimización del planificador central consiste en elegir en cada momento del tiempo las tres variables de control: la tasa de utilización del capital, la tasa de inversión y la tasa de depreciación (Aznar J. y Ruíz R., 2006).

Se asume para esta economía centralizada o planificada que existe un dictador benevolente perfectamente informado que desea el mayor bienestar posible para todos los agentes económicos que integran la sociedad, dado que supone que todos los individuos son iguales, el planificador central resuelve el problema de la asignación de recursos con la utilización de un agente representativo, empleando una función de utilidad como la que se expresa a continuación.

$$U(0) = \int_0^{\infty} e^{-rt} u(c_t) dt = \int_0^{\infty} e^{-rt} \frac{c_t^{1-\theta} - 1}{1-\theta} dt \dots \dots \dots (1)$$

Esta función de utilidad representa la sumatoria del valor descontado de la utilidad obtenida por el individuo en cada periodo $u(c_t)$, la cual también puede denominarse función de felicidad, descontadas a la tasa r , entre el periodo 0 en infinito.

La tasa de descuento r , representa el hecho de que los individuos, aunque altruistas con respecto a sus descendientes, prefieren el consumo propio más que el de los hijos, es decir esta tasa de descuento representa la aversión a posponer el consumo.

Ramsey se había planteado la elección óptima desde el punto de vista del Estado; por eso consideraba que la introducción de una tasa de descuento era éticamente indefendible, ya que, mediante este artificio, el Estado estaba ponderando en mayor medida a las generaciones presentes que a las generaciones futuras (Sala I. M, 1999)

La solución del problema de asignación óptima de recursos, en el modelo de Ramsey, descrita en la ecuación (1) se muestra a continuación según el método de la ecuación Euler:

$$-\frac{u''}{u'} c' = i - r \dots \dots \dots (2)$$

$$i = r \dots \dots \dots (3)$$

Donde i , representa la tasa de interés otorgada al ahorro, es decir el premio por posponer el consumo y r , la tasa que indica el aumento en la utilidad por consumir hoy y no en el futuro (no debemos olvidar que el individuo otorga mayor utilidad al consumo presente que al futuro).

Recordemos que la formulación del control óptimo en la optimización dinámica se basa en la utilización de variables de control que permiten maximizar una función objetivo sujeta a restricciones, las cuales son utilizadas como instrumento en la optimización y se buscará encontrar sus sendas óptimas. Una vez halladas se obtendrá la trayectoria óptima de las variables de estado a partir de la relación que las une, en la ecuación de movimiento (Calcagno J., Licari J., Pellegrini S, 2006).

Para poder determinar cuál de las variables que intervienen en un problema será de control, deben considerarse sólo aquellas que afectarán a las de estado en su curso a través del tiempo. Ésto se encuentra relacionado en la ecuación de movimiento (1), una ecuación diferencial en que expresa el efecto de la variable de control sobre el curso de la variable de estado.

Por último, tenemos que resaltar que una de las grandes virtudes de este modelo ha sido el incluir el ahorro a diferencia del modelo de Solow-Swan que asume la tasa de ahorro como exógena, el modelo de Ramsey supera estas limitaciones explicando al ahorro como resultado de una porción del producto nacional en el tiempo "t" que debe dirigirse hacia el consumo o hacia el proceso ahorro-inversión, considerando una maximización de la utilidad corriente y futura de las familias y el beneficio de las empresas y el gobierno. (Calcagno J., et al., 2006)

En el modelo de Ramsey, se plasma claramente una idea de equidad intergeneracional que tiene que ver no solo con el uso de recursos económicos como normalmente los conocemos, ya que esto se presta para plantearnos una equidad intergeneracional en el uso de los recursos naturales, lo cual da paso al siguiente punto que es una breve revisión al concepto de desarrollo sustentable.

El Desarrollo sustentable

Mediante el estudio y comprensión del concepto “Desarrollo Sustentable” podemos entender porque el desarrollo económico no puede exceder los límites impuestos por el medio ambiente y que el desarrollo presente no debiera comprometer el futuro.

El concepto de desarrollo sustentable ha formado parte del discurso de todos los ámbitos académicos, gubernamentales, privados, multilaterales y de la sociedad civil, ocupados de temas relacionados con el medio ambiente. Desde que fue acuñado en la década de los ochenta por el llamado Informe Brundtland, ha permitido integrar consideraciones sociales, económicas, institucionales y ambientales, constituyéndose en una referencia obligada para toda iniciativa de política.

El momento de crisis en que nace el concepto de desarrollo sustentable posee características que son fácilmente identificables: deterioro del medio ambiente natural, del cual dependemos completamente, contaminación atmosférica, del agua y de los alimentos; deterioro del medio social, resultando en desnutrición, hambre, violencia; deterioro de la economía que se refleja en procesos de inflación sin control, desempleo y distribución de renta y de riquezas extremadamente desiguales (Negrão, 2000).

La Comisión Brundtland, creada por la ONU, en 1987, después de 4 años de trabajo publicó la información generada en dicho tiempo bajo el nombre de “Nuestro Futuro Común”, en el cual propusieron la siguiente definición:

El Desarrollo Sustentable es un proceso de cambio en el que la explotación de los recursos, la dirección de las inversiones, la orientación del cambio tecnológico e institucional, están todos en armonía, aumentando el potencial actual y futuro para atender las necesidades y las aspiraciones humanas; todo esto significa que el desarrollo del ser humano debe hacerse de manera compatible con los procesos ecológicos que sustentan el funcionamiento de la biosfera (Enkerlin, 1997).

La sustentabilidad, es un proceso más que un conjunto de metas bien específicas. Implica la modificación de un proceso en la naturaleza, la economía y la sociedad, “se pone más de moda conforme la gente descubre que el crecimiento de la producción o aún de la riqueza nacional no garantiza la mejora de los niveles y la calidad de vida; pero los retos de la protección ambiental son quizá la fuerza más inmediata que hace tan importante la discusión” (Barkin, 1998).

La Comisión Brundtland recomendó iniciar una nueva perspectiva de adaptar un crecimiento económico justo, desde el punto de vista ecológico, declarando que el desarrollo sustentable debe ser aplicado, tanto a la administración de la economía como al desarrollo de tecnología y al manejo de los recursos naturales, acompañado, congruentemente, de una renovación en los propósitos de la sociedad, orientado a un cambio de actitud de mayor respeto hacia los ecosistemas, la biodiversidad, el medio ambiente y los recursos naturales.

En 2002 en la declaración de Johannesburgo sobre el Desarrollo Sustentable se plantea: “Asumimos la responsabilidad colectiva de promover y fortalecer, en los planos local, nacional, regional y mundial, el desarrollo económico, desarrollo social y la protección ambiental, pilares interdependientes y sinérgicos del desarrollo sustentable (UNDESA, 2003).

Existen muchas definiciones de desarrollo sustentable, sin embargo su significado es casi intuitivo. Conlleva valorizar, mantener y reconstruir bienes públicos y recursos comunes ambientales de carácter estratégico, lo que requiere un cuidadoso balance entre la economía de mercado, la regulación, promoción del Estado, la participación empresarial, social y comunitaria.

La visión general entre los autores que han abordado el tema tiene que ver con la compatibilidad del desarrollo económico y el desarrollo sustentable. Es evidente que el objetivo a alcanzar es que la técnica de los procesos productivos sea cada vez más respetuosa del ecosistema y se asuman los costos que tiene la contaminación, comúnmente denominadas externalidades, como un costo más de la producción.

Al analizar a la contaminación de esta manera entraremos en la lógica de buscar su reducción como ocurre con todos los costos, dado que la teoría económica siempre busca maximizar el beneficio y minimizar los costos, cosa que no ocurre actualmente con las externalidades contaminantes puesto que no son debidamente contabilizadas y cobradas a quien ensucia el ambiente y obtiene beneficios por ello.

Existe algunas definiciones de desarrollo sustentable que dan luz sobre la vinculación económica con el medio ambiente tales como:

“Un proceso o condición de sustentabilidad es el que se puede mantener indefinidamente sin la disminución progresiva de las cualidades de valor dentro o fuera del sistema donde opera el proceso o prevalecen las condiciones” (Jardon, 1995: 28).

“La cuestión de la sustentabilidad queda determinada a un estado estacionario¹ como una forma de alcanzar las necesidades presente sin afectar las futuras” (Jardon, 1995: 32).

El desarrollo sustentable desde el punto de vista económico se hará compatible con el crecimiento y desarrollo económico sólo si sus costos no exceden a sus beneficios y aquí la única solución es la innovación tecnológica que permite hacer más eficiente a los procesos y reducir costos. Ello demanda una nueva visión de los objetivos de progreso económico y social de la nación y un balance apropiado entre éstos y la necesidad de proteger el patrimonio natural. Es preciso consolidar lo que se ha logrado en materia ambiental, aunque también modificar y ajustar las políticas, los instrumentos, las instituciones y los acuerdos requeridos para enfrentar los retos ambientales y de sustentabilidad que plantea el siglo XXI.

Los mercados promueven la eficiencia y la creatividad en el uso de recursos, y favorecen capacidades de adaptación e innovación tecnológica. Por su lado, la actuación del Estado es esencial para corregir, mediante una regulación eficaz, las consecuencias negativas (externalidades) de distintas decisiones económicas y, para asegurar la creación y protección de bienes públicos ambientales.

Una economía dinámica es condición necesaria para la protección ambiental y la apertura del camino hacia la sustentabilidad. El desarrollo económico significa mayores recursos que pueden ser orientados hacia la conservación de la biodiversidad, hacia la inversión en infraestructura de protección ecológica y hacia cambios tecnológicos y procesos de producción más limpios. Supone también lograr ingresos más elevados que otorgan un mayor peso al medio ambiente en las preferencias sociales, tal como lo demuestra la experiencia en países desarrollados.

El desarrollo sustentable significa conservar el capital ecológico de la nación, así como los bienes públicos y servicios ambientales estratégicos que éste ofrece: estabilidad climática, biodiversidad, recursos naturales, disponibilidad de agua, calidad del aire, equilibrio hidrológico, y, en general, factores de los cuales depende el bienestar de ciudadanos, comunidades y regiones. Sólo una política ambiental eficaz podrá impulsar el desarrollo de nuestro país por cauces de sustentabilidad, en el contexto de una economía dinámica que eleve los niveles de ingreso, acelere la transición demográfica, incremente los niveles y la calidad de vida y reduzca la pobreza.

¹ Es interesante que esta concepción de sustentabilidad se relacione con la estacionalidad, por que eso nos permite analizarla como un proceso tipo Solow, lo cual facilita su análisis desde el punto de vista formal.

La protección y mejoramiento del medio ambiente en todos sus alcances interrelacionados, el imperativo del desarrollo sustentable en sus muchas dimensiones, imponen a la sociedad un conjunto de acciones congruentes no sólo de carácter económico para producir y distribuir bienes y servicios, sino además, la incorporación de todos los demás elementos vistos no como costo sino como inversión socialmente redituable.

Economía Ecológica, Krutilla y Reweny

En este ensayo tomaremos como marco de referencia el paper de (Krutilla K. y Reuveny R., 2004). Dicho trabajo se encuentra inscrito dentro de la corriente de la economía ecológica y tiene como elemento fundamental proponer una solución analítica para un modelo de crecimiento basado en el modelo de Ramsey, el cual es simplificado en términos de su estructura y supuestos funcionales para aislar la dinámica económica que se presenta de la utilización de un recurso natural con costos crecientes.

La gran cuestión para los autores es demostrar que la dinámica no lineal se puede presentar en este tipo de sistemas con la interacción de la acumulación del recurso y de los procesos bien comportados de extracción, en lugar de ser originado en el sistema a través de no-convexidades en uno o más de estos componentes. Si es así, se deduciría que la dinámica no lineal es una posibilidad inherente en un crecimiento económico que el modelo asocia al medio ambiente a través de especificar una función de utilización del recurso de una manera realista que involucre costos de extracción crecientes del recurso.

Esto reforzaría las preocupaciones plasmadas en la literatura de elasticidad del ecosistema por los riesgos al bienestar asociados de la dependencia económica a los sistemas naturales. En particular, sugeriría que la complejidad dinámica dentro del componente económico del sistema mismo podría aumentar la diversidad dinámica originada en el sistema natural, aumentando la posibilidad de pérdida de estabilidad, cambios discontinuos a partir de un estado constante a otro, y fallas del sistema frente a las sacudidas.

Los supuestos del modelo se describen a continuación:

Utiliza una ecuación estándar de acumulación de capital Ramsey para representar crecimiento del recurso natural, con un recurso renovable jugando el papel de capital.

El supuesto de concavidad para el proceso de acumulación de capital en la literatura estándar Ramsey se mantiene.

La modelo tiene en cuenta insumos productivos para aumentar la productividad del recurso, al mantener las propiedades cualitativas de la formulación logística ampliamente usada para representar el crecimiento renovable de un recurso.

Una función estándar de utilización del recurso (cóncavo) se agrega también al modelo, en la cual la extracción del recurso depende del insumo trabajo y el stock de capital natural.

Al igual que en el modelo original de Ramsey en este trabajo, un agente representativo deriva la utilidad del consumo directo del recurso.

El agente sectorial decide entre el aumento del recurso y su extracción en cada instante para maximizar la suma del excedente descontado de las utilidades en un horizonte infinito.

El modelo primeramente se soluciona, asumiendo que la tecnología es constante, y luego se resuelve bajo la suposición de un progreso tecnológico exógeno, que aumenta la productividad de trabajo.

El cambio relativamente simple en la formulación estándar de Ramsey tiene implicaciones profundas para la solución dinámica del modelo. La solución en el modelo con una tecnología constante están indefinidas para el caso general, y las condiciones estables múltiples son posibles, los puntos de silla de montar, apuntan, a nodos estables e inestables, y focos estables e inestables.

Los efectos de estática comparativa en el consumo per cápita y stock del recurso son a menudo ambiguos para cambios paramétricos usuales, es decir, cambios en el índice del crecimiento de la población, de la depreciación del recurso, y de la tasa de descuento. Para una economía con aumento del trabajo, el progreso tecnológico, el consumo per cápita y la utilidad pueden aumentar en una tasa inferior que la tasa de progreso tecnológico, a merced de los parámetros y la forma funcional del proceso de producción. Esto contrasta con el modelo estándar de Ramsey en el cual la tasa de crecimiento estable de estas variables igualan la tasa de progreso tecnológico.

Las principales conclusiones del modelo se describen a continuación:

En una economía basada en recursos renovables, con un modelo de Ramsey en el cual la extracción del recurso impone un costo económico. Esta modificación modeladora induce una dinámica no lineal en la solución analítica, insinuando que la dinámica no lineal es una inherente propiedad teórica de crecimiento económico relacionado con el medio ambiente a través de una función de extracción del recurso con costos crecientes.

Las intervenciones de política, los cambios paramétricos, y las sacudidas exógenas pueden afectar la dinámica del sistema en formas imprevistas en un sistema dinámicamente complicado.

En un modelo con progreso tecnológico, el consumo per cápita a largo plazo aumenta en una tasa que depende de la función de extracción del recurso, en el caso de una función Cobb-Douglas, el consumo per cápita de largo plazo aumentará en menos que la tasa de progreso a lo largo de un sendero de crecimiento equilibrado, además, el stock de capital natural y el consumo pueden declinar en el corto plazo con un incremento en la tasa de avance tecnológico, las consecuencias benéficas del progreso tecnológico en el crecimiento económico pueden presentarse en una economía asociada al medio ambiente con un proceso costoso de extracción del recurso, es decir el incremento en los costos de extracción de un recurso puede ayudar a buscar alternativas y por tanto a la preservación de dicho recurso.

Otro rasgo notable de los resultados es la posibilidad de caminos múltiples de crecimiento equilibrado en presencia del progreso tecnológico, caracterizado por niveles diferentes de desarrollo económico. Esta realidad tiene implicaciones para el desarrollo sustentable, en primer lugar, en contraste con los modelos con una sola condición de estabilidad, diferentes condiciones iniciales, reflejan fuerzas como son, los factores institucionales o los accidentes históricos, podrían incidir en diferentes formas en el bienestar de largo plazo, a pesar de la disponibilidad de libre mercado y progreso tecnológico global.

La posibilidad de trayectorias de crecimiento múltiples añade otra dimensión para el argumento que asocia una trayectoria del bienestar poco declinante en el tiempo con el desarrollo sustentable, pues no es suficiente una política con criterios de mercado. En este modelo en donde es cada vez más costosa la extracción de un recurso, se logra tener un número de trayectorias con niveles diferentes, poco declinantes de bienestar entre naciones con los mismos parámetros estructurales.

Modelo de Ramsey aplicado a la reservas petroleras mexicanas

Los modelos del desarrollo económico sin factores ambientales no utilizan explícitamente el término del desarrollo sostenible. En esta literatura, la sustentabilidad implica un consumo o una utilidad que no declina, es decir constante. El Estado debe asegurarse de que la actividad económica no haga que los ecosistemas se sitúen por debajo de cierto umbral, desestabilizando el sistema.

Es necesario guardar cierto stock de capital natural para asegurar que las generaciones futuras mantengan por lo menos el nivel de bienestar actual, por lo tanto, la "sustentabilidad" requiere que el bienestar no decline, y para esto es necesario mantener un stock natural crítico, sobre un cierto umbral que asegura diversidad del ecosistema. (Krutilla K. y Reuveny R., 2000).

Sin embargo, la pregunta es: ¿cómo identificar tal stock crítico? Algunos autores distinguen entre los recursos naturales y los hechos por el hombre y argumentan que la substitución entre los dos es limitada, los recursos naturales que proporcionan servicios no sustituibles a la economía, se denominan recursos críticos, a estos recursos se les asigna un valor monetario, por las consecuencias que tiene su utilización al medio ambiente y discuten que el desarrollo sostenible requiere que los beneficios ambientales sean más grandes que sus costos en cada punto del tiempo, sobre el cual se toma la decisión de su extracción y consumo. (Krutilla K. y Reuveny R., 2000).

En este apartado hemos planteado una adaptación del modelo de Ramsey aplicado a los recursos naturales renovables con una variación, dado que los hidrocarburos no tienen una tasa de regeneración natural pretendemos usar como variable de control la tasa de consumo y como variable de estado la tasa de reservas probadas la cual incluye los descubrimientos que suplen en el stock de capital natural del recurso, su utilización en el tiempo.

Antes de plantear el modelo como tal es importante resaltar el contexto en el que se encuentra hoy el mercado de hidrocarburos y el porqué de la vigencia de un análisis sobre la utilización óptima de un recurso no renovable, que experimenta expectativas importantes de incremento en la demanda en el precio y con una dependencia gigantesca de la economía en su conjunto a su utilización, sin hoy tener alternativas realmente viables para sustituir dicho consumo, aunado esto a los costos ambientales que genera su utilización por el llamado calentamiento global.

La teoría del pico de Hubbert, avisa desde su creación en 1956 dónde se encuentra el punto temporal a partir del cual las compañías petrolíferas no conseguirán suplir las reservas de crudo que se agotan con el hallazgo de otras nuevas o lo que es lo mismo, el momento en el que la producción de crudo comenzará a decaer.

Actualmente existe todo un debate al respecto y las cifras más pesimistas apuntan al 2010-2020 como el año en el que se alcanzara el pico de la producción, las opiniones más optimistas apuntan al lapso de 2030-2040, sin embargo: el punto crucial del debate no es que se acabe el petróleo por que alcanzar el pico de la producción no implica el agotamiento del recurso pero si una nueva era en la que el petróleo barato se terminara, es decir una vez alcanzado el pico mundial de producción solo podemos esperar un descenso en su producción y un aumento en sus costos de extracción y refinamiento (Rifkin, 2002).

El descenso en el número de nuevos descubrimientos y el agotamiento de las reservas probadas adquieren todavía más gravedad a la luz del aumento esperado de la demanda de petróleo para las próximas dos décadas, "se espera que la población mundial pasara de 6,200 a 7,500 millones de personas para el año 2020, por lo que la presión sobre las reservas de petróleo no haría más que intensificarse" (Rifkin, 2002). El aumento de la población traerá consigo una aceleración del proceso de urbanización, eso significa más petróleo para el transporte, la calefacción, la electricidad y la producción agrícola e industrial. Las necesidades energéticas de una población en pleno proceso expansivo impondrán una presión sin precedentes sobre las reservas de crudo restantes.

Resulta difícil siquiera pensar que la población de los países en vías de desarrollo pueda tener acceso algún día a la cantidad de petróleo per-cápita del que ha disfrutado Estados Unidos durante la edad de oro del petróleo, "si países como China e India se limitaran a incrementar su consumo de energía hasta

el nivel per-cápita de Corea del Sur sólo estos dos países necesitarían un total de 119 millones de barriles de petróleo al día, lo cual representa casi un 50% más del total de la demanda mundial del año 2000” (Rifkin, 2002).

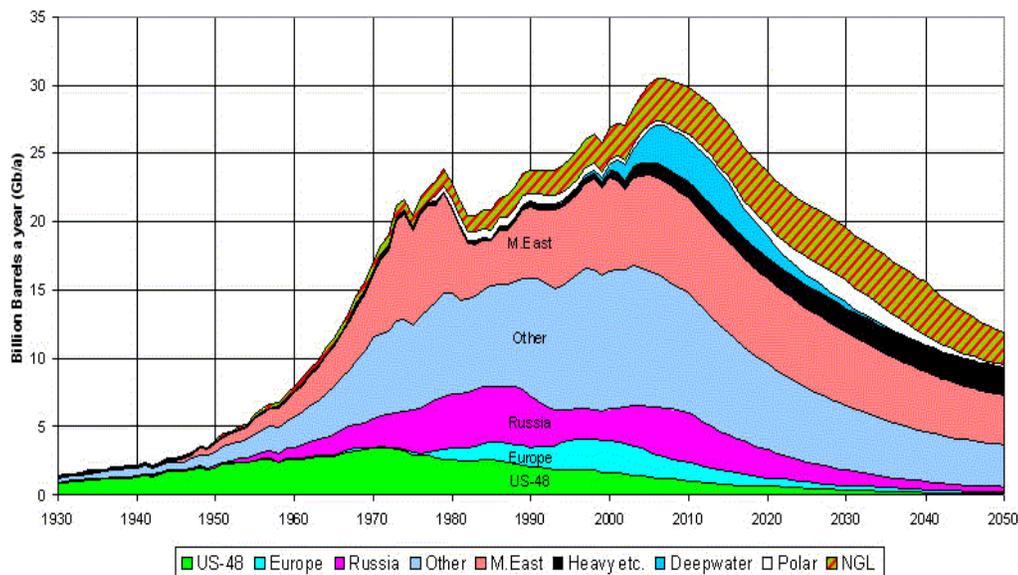
La llegada del pico de producción petrolero provocaría una escasez de dicho recurso, pero esta escasez sería diferente a todas las sucedidas en el pasado ya que sus causas serían muy distintas, los anteriores períodos de escasez tuvieron más que ver con “razones políticas” que con problemas reales en la extracción de los recursos.

Los escenarios futuros van desde un probable colapso de la sociedad industrializada hasta los que afirman, no sin cierta fe en ello, que la economía de mercado o las nuevas tecnologías resolverán el problema, nosotros nos contamos dentro de los segundos y creemos que la tecnología capaz de crear nuevas fuentes de energía baratas será la respuesta.

De acuerdo con Jeremy Rifki, en la actualidad, hay alrededor de 1,500 yacimientos grandes y gigantes en el mundo. En suma estos yacimientos contienen el 94% de todo el petróleo crudo conocido, los 400 yacimientos más importantes contienen entre el 60 y 70% del total, Rifki destaca que desde 1980 sólo se han descubierto 41 de estos yacimientos, el punto culminante en el descubrimiento de yacimientos se alcanzó en 1960 y desde entonces ha declinado de manera constante. A continuación presentamos una gráfica sobre tendencias de demanda mundial de energéticos:

Este incremento en la demanda tendrá efectos directos sobre los costos, las grandes petroleras invierten cada vez más dinero y obtienen menos crudo esto es un reflejo claro del agotamiento y madurez de los yacimientos, “la mayor participación estatal en los países productores llevó a las petroleras a invertir más que antes para obtener menos volúmenes de hidrocarburos, aun así, existe una situación paradójica: por el alto precio del petróleo, sus resultados económicos nunca gozaron de tan buena salud” (ASPO, 2006).

Gráfica 1. PROYECCIONES DE PRODUCCIÓN MUNDIAL DE PETRÓLEO- ASPO



Fuente: (Lepic, 2006)

“Descubrimientos pequeños y complicados, esa es la agenda que tienen en mente los barones del petróleo a nivel internacional, como la norteamericana Exxon-Mobil, la Anglo-holandesa Royal Dutch-Shell Group, la inglesa British Petroleum y la francesa Total” (Fernández, 2006).

“Si tenemos en cuenta que la demanda mundial de petróleo crudo se sitúa para el año 2002 en 24,000 millones de barriles por año y sigue aumentando, mientras que sólo descubrimos menos de 12,000 millones de barriles de petróleo recuperable en nuevos yacimientos en el mismo periodo, e incluso se prevé que esta cifra descenderá de año en año, en otras palabras estamos consumiendo casi dos barriles de petróleo crudo convencional por cada nuevo barril que descubrimos” (Rifkin, 2002)

Ramsey aplicado a las reservas petroleras mexicanas

En el anexo puede consultarse la tabla sobre la evolución histórica de las reservas probadas de petróleo en nuestro país y se puede observar como se han reducido nuestras reservas de hidrocarburos a la mitad de lo que teníamos en 1980, lo cual nos indica que estamos consumiendo el recurso más allá de la capacidad de incorporación de nuevas reservas, resultando en una descapitalización del recurso.

Dado que la decisión de extraer y consumir una unidad de hidrocarburos reduce la cantidad disponible para consumo futuro, la economía de recursos naturales nos dice que la tasa de extracción óptima es aquella en donde el crecimiento de los precios es igual a la tasa social de descuento y a la tasa de interés de mercado, que es la relevante para el productor.

El problema principal de este planteamiento radica en que el petróleo es un bien no renovable, sin embargo existe el descubrimiento de nuevos yacimientos, lo cual permite resarcir el consumo en las reservas probadas de hidrocarburos, dichas reservas están medidas en años de reserva con base al consumo anual proyectado por PEMEX y la Secretaría de Energía.

Planteamiento del modelo

Datos principales:

Tasa de explotación promedio de 1980-2002: 25.70%

Tasa de relación reservas/producción 1980-2006: -19.70%

Años de reservas probadas en 1980: 58

Años de reservas probadas en 2006: 29

$$\int_0^T e^{-\alpha t} u(c) dt \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

1. $-\alpha$ representa la aversión al riesgo de posponer el consumo

$$m = u(c)$$

2. $m' = \frac{\partial m}{\partial C} > 0$

$$m'' = \frac{\partial^2 m}{\partial C^2} < 0$$

Función de utilidad

$$u(C) = c + k \dots\dots\dots(2)$$

Donde:

k' = variación de formación de capital (reservas probadas de petróleo)

$K(0) = k_0$ = Reservas probadas en el año 1980 (58 años)

$K(T) = k_T$ = Reservas probadas en el año 2006 (29 años)

c = variable de control (consumo de petróleo)

K = variable de estado (reservas probadas)

Ecuación Euler:

De la ecuación (1) aplicamos la ecuación Euler

$$F_K = F_{K'}t + F_{K'K}K' + F_{K''}K'' \dots\dots\dots(3)$$

$$F_{K'}t = \frac{\partial F_{K'}}{\partial t} = e^{-t} m - e^{-t} \frac{m}{\partial C} \frac{\partial C}{\partial t} = e^{-t} m - e^{-t} m' C' \dots\dots\dots(4)$$

$$F_{K'}K = \frac{\partial K'}{\partial K} = 0 \dots\dots\dots(5)$$

$$F_{K''}K' = \frac{\partial K'}{\partial K'} = 0 \dots\dots\dots(6)$$

Sustituyendo las ecuaciones (3), (4), (5), (6) en la forma generalizada de la ecuación de Euler obtenemos:

$$e^{-t} m i = e^{-t} m - e^{-t} m' C' \dots\dots\dots(7)$$

Multiplicando (7) por (e^{-t}) obtenemos:

$$(e^{-t} m i = e^{-t} m - e^{-t} m' C') \{ e^{-t} \}$$

$$m i = r m - m' C'$$

$$i = r - \frac{m'}{m} C'$$

$$-\frac{m'}{m} C' = i - r$$

$$-\frac{m'}{m} C' = i - r \dots\dots\dots(8)$$

Donde:

i = Tasa de explotación promedio de 1980-2002: 25.70%

r = Tasa de relación reservas/producción 1980-2006: -19.70%

$K_{(0)}$ = Reservas probadas en el año 1980 (58 años)

$K_{(T)}$ = Reservas probadas en el año 2006 (29 años)

A partir de los resultados de la ecuación (8) podemos plantear los siguientes escenarios:

$$i > r \rightarrow c' > 0$$

$$i < r \rightarrow c' < 0$$

$$r \Delta \rightarrow c' < 0$$

$$r \nabla \rightarrow c' > 0$$

Escenarios:

$i > r \rightarrow c' > 0$, donde la tasa de explotación de petróleo > tasa de crecimiento de las reservas de petróleo, esto implica que el consumo aumenta, lo cual tiene como resultado una disminución en el stock del recurso y por tanto una disminución del consumo futuro.

$i < r \rightarrow c' < 0$, donde la tasa de explotación de petróleo < tasa de crecimiento de las reservas de petróleo, esto implica que el consumo disminuye.

$r\Delta \rightarrow c' < 0$, si la tasa de crecimiento de las reservas de petróleo crece esto implica que el consumo de petróleo disminuye por tanto se aumenta el stock de petróleo.

$r\bar{\nabla} \rightarrow c' > 0$, si la tasa de crecimiento de las reservas de petróleo disminuye esto implica que el consumo de petróleo aumenta por tanto se disminuye el stock de petróleo.

Conclusiones

A manera de conclusión al respecto de este modelo podemos plantear que el escenario a) en el cual nos encontramos situados tiene consecuencias negativas sobre las reservas de petróleo y por tanto sobre la posibilidad de utilización del mismo de futuras generación.

Aquí debemos considerar el momento óptimo de la extracción del recurso pues es inevitable que su precio crezca de acuerdo con la demanda y la disminución de la oferta lo que no parece seguro es que México cuente con recursos en el momento en el que los precios alcancen sus toques máximos, antes de ser sustituidos por nuevas tecnologías como el hidrógeno que en el momento en el que sea competitivo servirá como freno al alza de precios de los hidrocarburos.

BIBLIOGRAFIA

Association for the Study or Peak Oil&Gas ASPO. (2006), World oil production may have peaked-executive. Obtenida el 16 de julio de 2006, de <http://www.peakoil.net>

Aznar J. y Ruíz R. (2006), Crecimiento endógeno, utilización del capital y depreciación, Cuadernos Económicos de ICE No. 72, obtenida el 10 de abril de 2007 de <http://www.revistasice.info>

Barberá R. y Doncel L., (2003), La moderna economía del crecimiento, Edt. Síntesis ,Madrid España.

Barkin D.. (1998), Riqueza, pobreza y desarrollo sustentable, Edt. Jus y Centro de Ecología y Desarrollo, México

Calcagno J., Licari J., Pellegrini S, (2006), Notas sobre control óptimo, Aplicaciones a la Teoría del Crecimiento Económico, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Córdoba, obtenida el 10 de abril de 2007 de <http://www.eco.unc.edu.ar>

Enkerlin. (1997). Definiciones Comunes "Comisión Brundtland (1987). Obtenida el 16 de julio de 2006 <http://www.zaragoza.unam.mx/desarrollose.htm>

Fernández B. P. (2006). "Tendencia mundial: petroleras invierten más, pero obtienen menos crudo", Revista, Petroquímica, Petróleo Gas & Química, Edición 216. Obtenida el 16 de julio de 2006, de www.petroquimica.com.ar

Jardon U. J.. (1995), Energía y Medio Ambiente una perspectiva económica y social, Edt. UNAM, México

Jeremy Rifkin, (2002), La economía del hidrógeno. La creación de la red energética mundial y la redistribución del poder en la tierra, Edt. Paidós, Barcelona España.

Krutilla K. y Reuveny R., (2000), Sustainable Development: A Dynamic Systems Perspective, obtenido el 10 de abril de 2007 de <http://dlc.dlib.indiana.edu>

Krutilla K. y Reuveny R., (2004), A Renewable Resource-based Ramsey Model with Costly Resource Extraction, Printed in the Netherlands, Edt. Kluwer Academic Publishers.

Lepic, A, (2006), La Guerra por recursos energéticos ya comenzó el poder del petróleo en el siglo XX, Edt. Red Voltaire. Obtenida el 16 de julio de 2006, de www.voltairenet.org

Negrão C. R. (Edt. UNESCO). (2000) Desarrollo Sustentable. Obtenida el 16 de julio de 2006, de <http://www.unesco.org.uy>

Park, Sage, 2007, Breve Guía sobre Sustentabilidad, Washington Satate, Department of Ecology, <http://www.ecy.wa.gov/biblio/0307017es.html>

Sala I. M, (1999), Apuntes de crecimiento económico, Edt. Antoni Bosch, Segunda Edición, Madrid España.

Secretaria de Energía, (2007), Las reservas de Hidrocarburos de México, Pemex Exploración y Producción y Anuario Estadístico Pemex, varios años, obtenido el 1 de abril de 2007 de www.sener.gob.mx

UNDESA, (2003), Department of economic and social affairs,, Department of economic and social affaire, Obtenida el 16 de julio de 2006 http://www.un.org/WSSDsp_PD.html

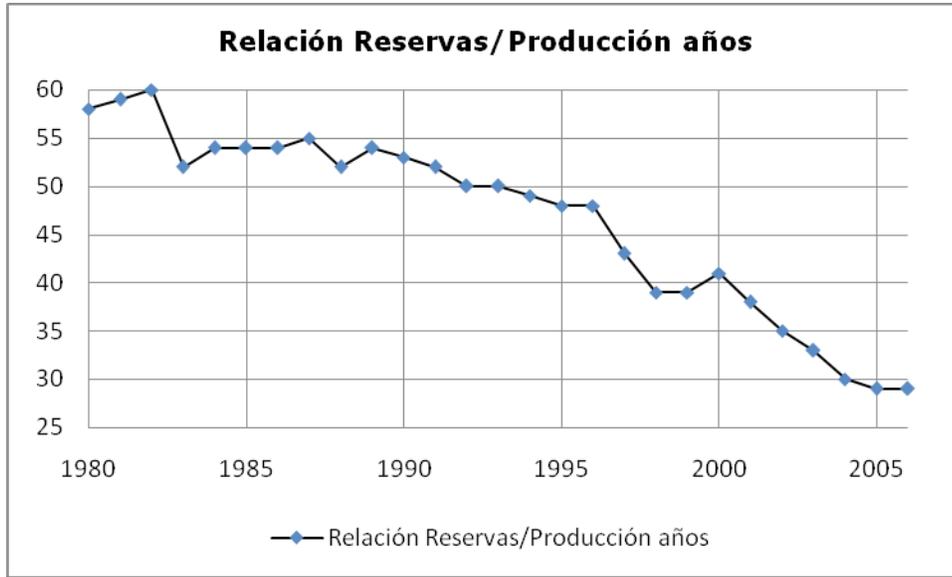
16 -xx

– ANEXO –

Reservas totales de hidrocarburos

Periodo	Total	mmbpce	Petróleo mmb	Crudo	C o n d e n s a d o s mmb	Gas mmbpce	Seco	Relación años	Reservas/Producción
1980	45,803		30,616		2,944	12,243		58	
1981	60,126		44,161		3,063	12,902		59	
1982	72,008		48,084		8,914	15,010		60	
1983	72,008		48,084		8,914	15,010		52	
1984	72,500		49,911		7,185	15,404		54	
1985	71,750		49,260		7,150	15,340		54	
1986	70,900		48,612		6,981	15,307		54	
1987	70,000		48,041		6,839	15,120		55	
1988	69,000		47,176		6,934	14,890		52	
1989	67,600		46,191		6,821	14,588		54	
1990	66,450		45,250		6,733	14,467		53	
1991	65,500		44,560		6,738	14,202		52	
1992	65,000		44,292		6,633	14,075		50	
1993	65,050		44,439		6,786	13,825		50	
1994	64,516		44,043		6,733	13,740		49	
1995	63,220		43,127		6,648	13,445		48	
1996	62,058		42,146		6,650	13,262		48	
1997	60,900		42,072		6,400	12,428		43	
1998	56,505		39,841		5,966	10,698		39	
1999	57,741		41,064		5,875	10,803		39	
2000	58,204		41,495		6,036	10,673		41	
2001	56,154		39,918		5,574	10,662		38	
2002	52,951		38,286		4,927	9,738		35	
2003	50,032		36,266		4,384	9,382		33	
2004	48,041		34,389		4,229	9,423		30	
2005	46,914		33,312		4,248	9,354		29	
2006	46,418		33,093		4,342	8,982		29	

Fuente: Las reservas de Hidrocarburos de México, Pemex Exploración y Producción y Anuario Estadístico Pemex, varios años, www.sener.gob.mx



Fuente: Elaboración propia con datos de la tabla anterior