



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ECONOMÍA

**DETERMINANTES DE LA PRODUCCIÓN DE
PETRÓLEO EN MÉXICO 1980- 2010:
UN ANÁLISIS ESTRUCTURAL**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN ECONOMÍA
PRESENTA:

DAVID AVILÉS EUSEBIO



Asesor: Mtro. Javier Galán Figueroa

Diciembre 2012
Cd. Universitaria, D.F.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

Capítulo I

páginas

EL PETRÓLEO Y SUS DETERMINANTES

- | | |
|---|----|
| A. Bajo el enfoque de la oferta y demanda | 6 |
| B. El mercado de cobertura y el petróleo cómo activo financiero | 20 |
| C. Naturaleza e importancia económica del petróleo | 33 |

Capítulo II

ANÁLISIS DE LOS DETERMINANTES DEL PETRÓLEO

- | | |
|---|----|
| A. Descripción de la variable de estudio | 43 |
| B. Análisis de Componentes Principales | 53 |
| C. Hechos Estilizados y Verificación de Estacionariedad | 61 |

Capítulo III

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE CORTO Y LARGO PLAZO

- | | |
|------------------------------|----|
| A. Metodología VAR-SVAR | 69 |
| B. Metodología VEC-SVEC | 73 |
| C. Estimación de Modelo SVAR | 75 |
| D. Estimación de Modelo SVEC | 78 |

CONCLUSIONES 84

BIBLIOGRAFÍA 87

INTRODUCCIÓN

Estudiar economía nos da cabida a ser observadores de los fenómenos sociales y económicos que ocurren. Cuando se hace alguna indagación sobre el comportamiento de los fenómenos es importante el método de la observación, partiendo de la forma general a lo particular. Una herramienta importante para los economistas es la construcción de modelos como una representación simplificada de la realidad. Dentro del modelo existen propiamente variables exógenas que son aquellas en la cual el comportamiento de las variables es predeterminado por factores que no se analizan en el modelo, asimismo, existen variables endógenas que son determinadas por fuerzas que se describen en el modelo.

A través de la estimación de modelos econométricos se pueden obtener métodos de predicción como: el análisis de series de tiempo, el cual es utilizado para predecir el comportamiento de una variable a partir de la información generada en el pasado de esa variable (univariada) o de variables en función de otras (multivariado). Dichos modelos pueden ser de manera cualitativa y/o cuantitativa los cuáles son de gran utilidad para la toma de decisiones y que explican el comportamiento de las variables analizadas.

El petróleo ha sido un producto de gran relevancia para nuestra economía, por sus usos y derivados, ya que implica la toma de importantes decisiones por parte de los agentes económicos que repercuten en los intereses de carácter económico y político. México al tener en su espacio geográfico importantes yacimientos de petróleo le ha permitido desarrollar una industria en la cual ha detonado externalidades positivas para la economía, uno de los principales beneficios ha sido financiar gran parte del presupuesto gubernamental. Cabe señalar, que también ha generado externalidades negativas como el pago de una tributación excesiva de la industria, y postergar un reforma hacendaria.

El petróleo y sus derivados aportan el 36% en el consumo mundial de energía. La generación de energía a nivel mundial proveniente de hidrocarburos oscila entre el 26%. Para las economías es un combustible vital para la extracción y obtención de otras fuentes de energía como el carbón y gas. Existe un constante incremento en la demanda de energéticos, por sus usos y derivados, como el caso de medios de transportes y economías que demandan más electricidad por base tecnológica que hace la necesidad de tener mecanismos para controlarla.

En la actualidad el petróleo es la segunda entrada de divisas para la economía mexicana. Representa un alrededor del 32% del presupuesto del gobierno federal, lo que denota su alta importancia y concentración para las finanzas gubernamentales. Sin embargo, después del 2004, año en el que se ha observado la mayor producción de petróleo, ha existido una declinación natural, misma que ha afectado las finanzas públicas al depender de los ingresos de dicha variable, es difícil que a largo plazo se tomen decisiones con mayor certeza, por lo que la presente investigación plantea el siguiente problema de estudio ¿Qué variables explican y generan un efecto positivo para una mayor producción de petróleo siendo un recurso no renovable?

Para dar respuesta a la cuestión anterior se plantean la siguientes subpreguntas: ¿Cuáles son los determinantes de oferta y demanda para explicar el comportamiento de la producción? ¿El análisis de componentes principales será capaz de reducir las variables propuestas? ¿Qué otros enfoques de metodología econométrica pueden explicar este tipo de variables?

El objetivo general de la presente investigación consiste en demostrar que la producción del petróleo está en función en mayor medida por su oferta y en menor por su demanda, asimismo encontrar el sistema de ecuaciones que expliquen este mercado para el caso mexicano.

Para lograr el anterior objetivo general se plantean los siguientes objetivos particulares:

1. Indagar en la literatura económica, cuáles son los determinantes del equilibrio del mercado de petróleo.
2. Mediante un análisis de componentes principales validar aquellas variables que determinen el comportamiento de ese mercado con el fin de obtener un modelo estructural ad-hoc.
3. Una vez alcanzado el objetivo anterior se utilizará la metodología SVAR y SVEC para ver cómo influyen los choques estocásticos sobre el equilibrio del mercado petrolero. Se estimará a través de un Modelo SVAR y SVEC aquellas variables que generen un efecto positivo y una mayor producción. Para estimar a través del tiempo cuando sufre choques aleatorios o estocásticos.

Para alcanzar los objetivos general y particular la investigación se va a sustentar en el siguiente marco analítico.

A nivel mundial la oferta de petróleo que se produce es la que se consume diariamente. Energy Information Agency (US EIA, 2010). Producción 86.790 millones de barriles diario, mbd. Consumo 86.962 mbd. Dicha producción es ofertada por aquellos países con los recursos, lo que ha propiciado competencia entre las mismas naciones petroleras, casos como la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP¹), logrando el 40% de la producción a nivel mundial para el año 2010.

Estadísticamente el 74% de las reservas probables en México se encuentran en aguas profundas y sub explotadas por falta de nuevas tecnologías, recursos financieros así como un adecuado marco normativo. El reto más grande que tiene la industria petrolera nacional es la incorporación de nuevas reservas petroleras. Aparentemente, hay un enorme territorio sin explorar. El territorio nacional, incluyendo la plataforma continental y aguas profundas, tiene un área de 2,753,766 kilómetros cuadrados (km²). De esa área, se considera que 1,054,568 km² tiene potencial petrolero. Sin embargo, al año 2004 sólo en 174,400 km², es decir, 17 % del total se había realizado una evaluación del potencial. (Memorias Laborales PEMEX, varios años).

Asumiendo el equilibrio de oferta y demanda del modelo básico en una economía, se recurre a los trabajos de la OPEP ya que el organismo presenta trabajos de análisis, investigación bajo una concepción clara de cómo es el mercado a petróleo mundial. En la actualidad existen una variedad de trabajos de investigación econométricos sobre el tema del petróleo particularmente en el pronóstico del precio del energético, Kaufmann (1995), Pindyck (1999), Chernenko (2004). Sin embargo, pocos son los que indagan en la producción misma y en diversas metodologías que técnicamente validen los argumentos de una declinación de la plataforma petrolera para el caso mexicano.

¹ Los integrantes de la Organización de Países Exportadores de Petróleo a 2010: Arabia Saudita, Argelia, Angola, Ecuador, Emiratos Árabes Unidos, Irán, Iraq, Kuwait, Libia, Nigeria, Qatar, Venezuela.

Este trabajo propone una aplicación de los modelos estructurales propuestos por Blanchard y Quah (1989) donde utilizan las restricciones de corto y largo plazo, para definir los determinantes de la producción del petróleo y que éstos sean los que expliquen el comportamiento.

Los resultados que se obtengan pueden ser considerados para llevar a cabo acciones de política económica. En los modelos SVAR y SVEC se observan los choques que afectan a las variables a corto y largo plazo. Variables que se encuentran en estado de equilibrio, y que los choques no son esperados por el mercado. Tal es el caso de crisis financieras en particular la europea donde los precios volátiles de los energéticos determinan en gran medida las cuotas de producción.

Una vez planteado el marco analítico, la presente investigación busca aceptar o rechazar la siguiente hipótesis: Considerando que el mercado petrolero funciona a través de los determinantes propuestos, y qué es afectado por choques no esperados. La Hipótesis consiste en que la producción de petróleo se explica más por el lado de sus determinantes de oferta que de demanda. Asimismo los factores tecnológicos en el largo plazo inciden más que los factores económicos en el corto plazo. Al ser una industria con un alto nivel de inversión y costos incurridos, los efectos para tener una mayor producción no son de manera inmediata, se validará el tiempo en que tenderían a estabilizarse los choques externos para aumentar la producción de petróleo.

Para contrastar la hipótesis, la investigación se divide en dos secciones: teórica y empírica. La teoría se encargará de describir determinantes del mercado. Mientras en la empírica se hará un estudio econométrico sustentado en la metodología estructural como SVAR y SVEC. Por último se presentan algunas conclusiones y sugerencias del tipo general. Por último, se presentan algunas conclusiones y sugerencias de tipo general.

CAPÍTULO I

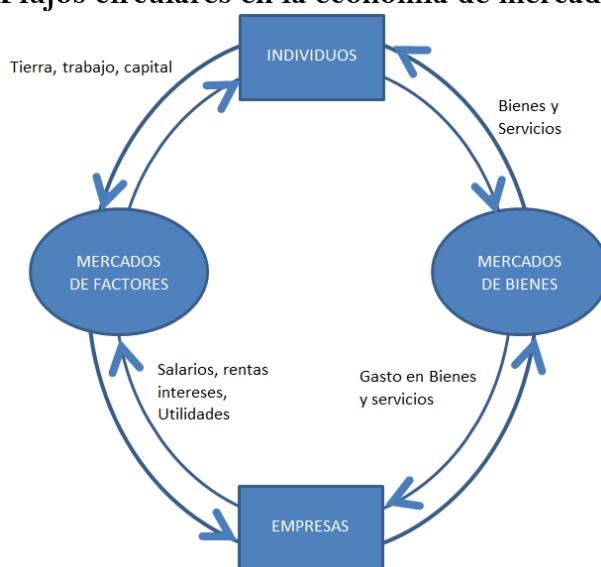
EL PETRÓLEO Y SUS DETERMINANTES

A. BAJO EL ENFOQUE DE LA OFERTA Y DEMANDA

Para explicar los posibles determinantes de la oferta y demanda del petróleo primeramente, éstos se definen a partir del concepto de mercado el cuál es explicado por los modelos estándar de la microeconomía y de esa forma explicar cómo opera según su estructura. Entonces, de acuerdo a la microeconomía mercado se define como el espacio geográfico en donde existen oferentes y demandantes de bienes y servicios que a través de mecanismos de asignación determinan el precio de equilibrio de un bien Pindyck (2001).

De acuerdo a Ross (2000) un mercado es una forma de conjuntar compradores y vendedores que permite el intercambio de bienes y servicios. Los compradores y vendedores hacen elecciones económicas y los mercados coordinan las decisiones mediante ajustes de precios, esto se observa a través del flujo circular de economía que se representan en el siguiente gráfico, en donde se establecen las cantidades y precios de los factores de producción y los costos de mano de obra.

Gráfico 1
Flujos circulares en la economía de mercado



Fuente: Elaboración propia con base en Parkin (2010).

De acuerdo al gráfico 1 se representa el flujo circular de la economía en donde surgen de las elecciones hechas por los agentes económicos. Los agentes eligen las cantidades de tierra, trabajo y capital que venderán o rentarán a las empresas a cambio de salarios, rentas, intereses y utilidades. Las empresas eligen las cantidades de factores de producción que contratarán, así como las cantidades de los bienes y servicios que producirán. Estos flujos (en sentido opuesto a las manecillas del reloj) pasan a través de los mercados de factores. Los agentes eligen cómo gastarán sus ingresos entre los diversos tipos de bienes y servicios disponibles. Los mercados de bienes y los factores coordinan estas elecciones de los individuos y las empresas. Estos flujos pasan a través de los mercados de bienes (Parkin, 2010).

De acuerdo a Varian (2001) para explicar el mercado se necesita un modelo de análisis basados con los siguientes principios: Optimización.- Los agentes tratan de elegir las mejores pautas de consumo que están a su alcance. Equilibrio.- Los precios se ajustan hasta que la cantidad que demandan los agentes de un bien es igual al que se ofrece. Para clarificar estos principios a continuación se presentan los términos económicos de demanda, oferta conforme los mejores patrones de consumo de optimización y equilibrio de mercado.

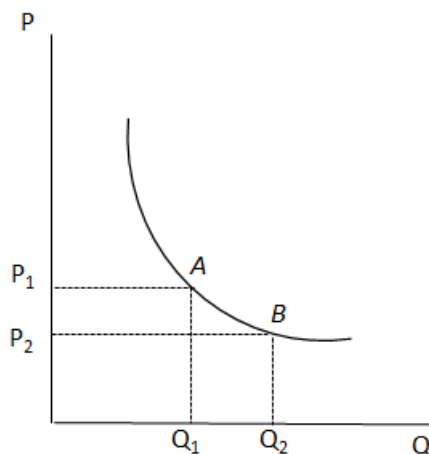
Demanda

La demanda (Rossetti, 2001) dirigida a determinado producto se puede definir como las diferentes cantidades que los consumidores estarán dispuestos y en condiciones de adquirir, en función de los diferentes niveles de precios posibles, en determinado tiempo.

Muchos son los factores que influyen en los planes de compra, y uno de ellos es el precio. La ley de la demanda establece que: Si los demás factores permanecen constantes, cuanto más alto sea el precio de un bien menor será la cantidad demanda de dicho bien, y cuanto más bajo sea el precio de un bien mayor será la cantidad demanda del mismo (Parkin, 2010).

La curva de demanda ilustra la relación entre la demanda de un bien y el precio del mismo cuando los demás factores que influyen en los planes de compra de los consumidores permanecen constantes (Parkin, 2010). La cantidad máxima que una determinada persona está dispuesta a pagar se le denomina precio de reserva (Varian, 2001). El precio de reserva es aquel al que le da exactamente igual comprar una cosa que no comprarla.

Gráfico 2
Curva de Demanda



Fuente: Elaboración propia con base en Varian (2001).

La representación gráfica de la demanda consiste en una curva donde la demanda del bien se ubica en el eje de las x y el precio en el eje de las y . Los puntos A y B representan la cantidad del bien al precio determinado. En donde a mayor precio será menor la demandada punto A , y a menor precio será mayor la demandada punto B .

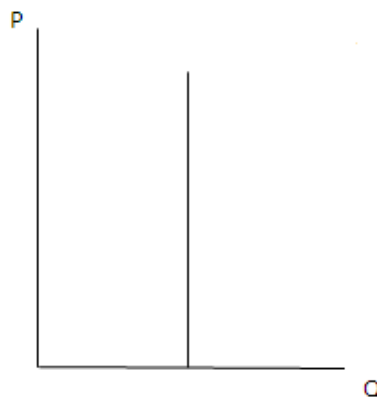
Oferta

La oferta de un determinado artículo (Rossetti, 2001) puede ser definida como las diferentes cantidades que los productores estarán dispuestos y aptos a ofrecer en el mercado en función de los distintos niveles de precios posibles, en un determinado tiempo.

Una oferta implica más que sólo contar con los recursos y la tecnología para producir algo. Es posible producir varios tipos de bienes, pero éstas no serán fabricadas a menos que represente una utilidad o tasa de ganancia para el productor, por lo que la ley de la oferta establece que si los demás factores permanecen constantes, cuanto más alto sea el precio de un bien, mayor será la cantidad ofrecida de éste, y cuanto más bajo sea el precio de un bien, menor será la cantidad ofrecida del mismo (Parkin, 2010).

De acuerdo a Varian (2001) en el siguiente gráfico se muestra una curva de oferta bajo el supuesto de competencia perfecta, en donde los precios son flexibles, en este sentido la curva de oferta es vertical y es representada en el gráfico 3. Dado que el equilibrio no se determina sólo por las decisiones de los productores, ni por la curva de oferta, es necesario incorporar las decisiones de los consumidores a través de la curva de demanda.

Gráfico 3
Curva de Oferta a corto plazo



Fuente: Elaboración propia con base en Varian (2001).

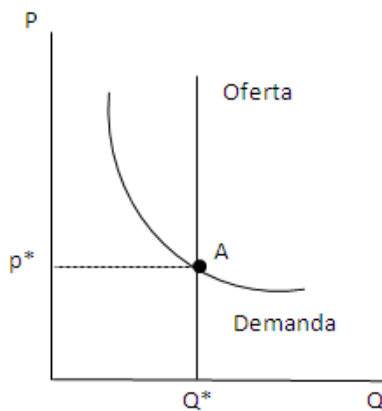
El equilibrio de mercado

El equilibrio se puede definir de varias maneras. Como un conjunto de variables seleccionadas e interrelacionadas, tan ajustadas entre sí que ninguna tendencia inherente a cambiar prevalece en el modelo que constituyen (Machlup, 1963). Equilibrio en un modelo específico es una situación caracterizada por la falta de una tendencia a cambiar y se denomina estático (Chiang, 2007).

Las fuerzas y los mecanismos del mercado conducen, a través de las leyes de la oferta y de la demanda a la fijación de un precio capaz de armonizar el permanente conflicto de intereses entre los productores y los consumidores. Partiendo que el mercado está en una situación de competencia perfecta, el precio de equilibrio será determinado por la libre manifestación de las fuerzas de la oferta y de la demanda (Rossetti, 2001).

El precio de un bien regula las cantidades demandadas y ofrecidas del mismo. Hay un precio al que la cantidad demandada iguala a la cantidad ofrecida (Parkin, 2010). En el equilibrio de mercado el precio de equilibrio se encuentra en la intersección de las curvas de oferta y de demanda. En este sentido el equilibrio de mercado va a ser el punto o lugar geométrico donde equidistan las curvas de oferta y demanda. Este lugar geométrico produce tanto un precio y nivel de producción de equilibrio, el cual los agentes lo tendrán como referencia (Varian, 2001). En el gráfico 4, se tiene el equilibrio de mercado con precios flexibles, bajo el supuesto de competencia perfecta y que ésta puede variar según la estructura del mercado.

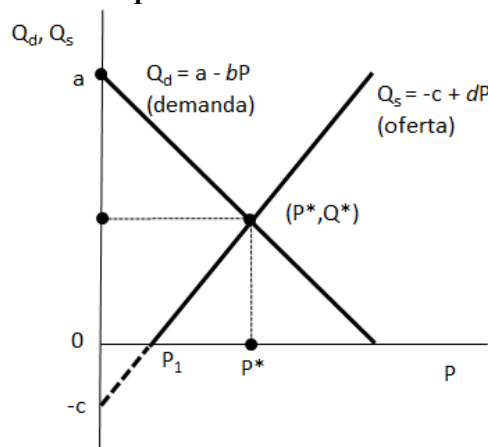
Gráfico 4
Equilibrio de Mercado



Fuente: Elaboración propia con base en el Varian (2001).

Cabe hacer mención que la condición de equilibrio es algo indispensable en un modelo. La suposición estándar es que el equilibrio ocurra en el mercado si y sólo si la demanda excedente es cero ($Q_d - Q_s = 0$). La cuestión es cómo determinar en equilibrio la cantidad demandada y ofrecida, para responder lo anterior con base en (Chiang, 2007) a continuación se expresa el modelo de equilibrio estático del petróleo, en el que se incluyen tres variables en el modelo: la cantidad demandada del petróleo (Q_d), la cantidad ofrecida del petróleo (Q_s) y su precio (P).

Gráfico 5
Modelo de Equilibrio Estático del Petróleo



Fuente: Elaboración propia con base en Chiang (2007).

Traducido en expresiones matemáticas, el modelo se puede escribir como

$$\begin{aligned} Q_d &= Q_s \\ Q_d &= a - bP \quad (a, b > 0) \\ Q_s &= -c + dP \quad (c, d > 0) \end{aligned} \quad (1.1)$$

En dónde hay dos funciones lineales y cuatro parámetros a , b , c y d , en el que todos se especifican como positivos. Cuando se grafica la función de demanda de petróleo, como en el gráfico 5 su intersección vertical está en a y su pendiente es $-b$. La función de oferta del petróleo tiene pendiente positiva d , pero su intersección vertical es negativa en $-c$. Con el modelo así construido, lo que procede es resolverlo, obteniendo los valores de solución, Q_d , Q_s y P . Una forma de hallar la solución de este sistema de ecuaciones es mediante la eliminación de variables y ecuaciones por sustitución.

En (1.1), el modelo contiene tres ecuaciones con tres variables. Se sabe que Q_d y Q_s es una igualdad en condición de equilibrio por lo que el modelo se puede reescribir como:

$$\begin{aligned} Q &= a - bP \\ Q &= -c + dP \end{aligned} \quad (1.2)$$

De este modo se reduce el modelo a dos ecuaciones con dos variables. Al sustituir la ecuación (1.1) en (1.2), el modelo se reduce a una sola ecuación con una variable:

$$a - bP = -c + dP$$

O bien, después de restar $(a + dP)$ de ambos lados de la ecuación y multiplicar por -1 ,

$$(b + d)P = a + c \quad (1.3)$$

Puesto que $b + d \neq 0$, es válido dividir ambos lados de (1.3) entre $(b + d)$. El resultado obtenido es el precio en equilibrio de petróleo (P):

$$P^* = \frac{a + c}{b + d} \quad (1.4)$$

Para hallar la cantidad de equilibrio de petróleo Q^* ($= Q^*_d = Q^*_s$) que corresponde al valor P^* , se sustituye (1.4), en cualquier ecuación de (1.2), y luego se soluciona la ecuación resultante. Al sustituir (1.4) en la función de demanda, por ejemplo, se obtiene:

$$Q^* = a - \frac{b(a + c)}{b + d} = \frac{a(b + d) - b(a + c)}{b + d} = \frac{ad - bc}{b + d} \quad (1.5)$$

Por otro lado, en la teoría organizacional industrial el concepto de mercado se define y varía de acuerdo a su estructura y para ello se consideran las variables siguientes con base en el autor Tirole (1991).

- Distribución de tamaño de las empresas o concentración
- Condiciones técnicas
- Diversidad
- Diferenciación de productos

De acuerdo a Tirole (1991) la Teoría de la Organización Industrial, 1.- ha permitido clasificar a los mercados y 2.- cada estructura se define de acuerdo a ciertos supuestos. Los mercados varían según el grado de la competencia que enfrentan compradores y vendedores (Parkin 2010). Como es el caso del oligopolio y la competencia oligopólica, las cuales se consideran a su vez mercados imperfectos. Esto se debe a que no todos los oferentes y demandantes se comportan de la misma manera en producir o consumir determinados productos.

De acuerdo a Tirole (1991) las principales estructuras de mercado que estudia la Teoría de la Organización Industrial las cuáles están clasificadas de la siguiente manera:

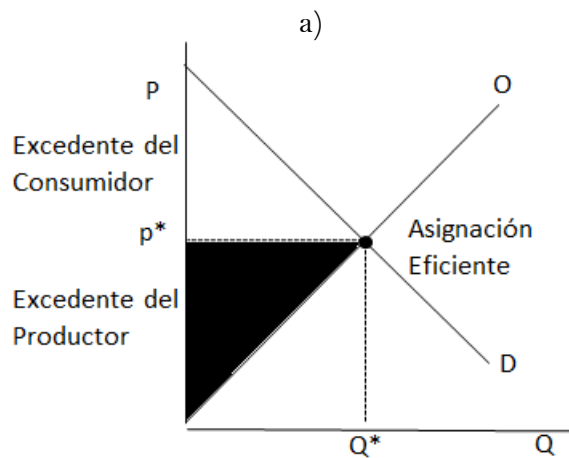
- Competencia Perfecta
- Monopolio
- Competencia Monopolística
- Mercados Oligopólicos

Competencia Perfecta

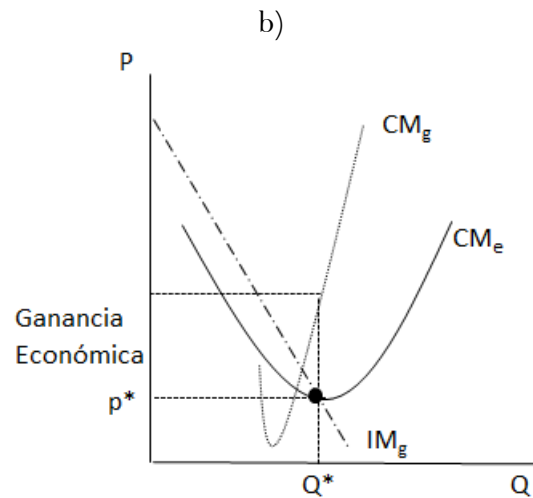
Se caracteriza por que sólo existe un precio al cual las empresas en la industria no tendrán utilidades extraordinarias y ese precio es el de equilibrio. Asimismo, no hay diferenciación de los bienes ofrecidos, las empresas en este mercado no pueden tener utilidades extraordinarias con respecto a otras empresas por lo que no se sentirán atraídas a entrar a la industria. Una estructura de mercado en competencia perfecta debe cumplir los siguientes requisitos:

- Un número elevado de empresas productoras y de compradores actuando independientemente de tal manera que ninguno pueda modificar los patrones y niveles de la oferta y demanda
- Que no exista diferencia alguna entre los artículos ofrecidos por los fabricantes
- Que no existan barreras de entrada ni de salida
- Ninguna empresa fuera del mercado tenga incentivo alguno para entrar al mismo

Gráfico 6 Competencia Perfecta



Fuente: Elaboración propia con base en Parkin (2010).



Fuente: Elaboración propia con base en Parkin (2010).

Lo que una empresa busca es maximizar sus ganancias económicas, es decir, tener el mayor ingreso total menos el costo total incurrido. En el gráfico 6 panel a) y b) se observa que ninguna empresa tiene el suficiente poder de mercado para determinar el precio. El ingreso total es igual al precio multiplicado por la cantidad vendida. El ingreso marginal (IM_g) es el cambio en el ingreso total como resultado del aumento en una unidad de la cantidad vendida. El costo total es igual al costo fijo más el costo variable. El costo marginal (CM_g) es el cambio en el costo total como resultado del aumento en una unidad de la cantidad vendida.

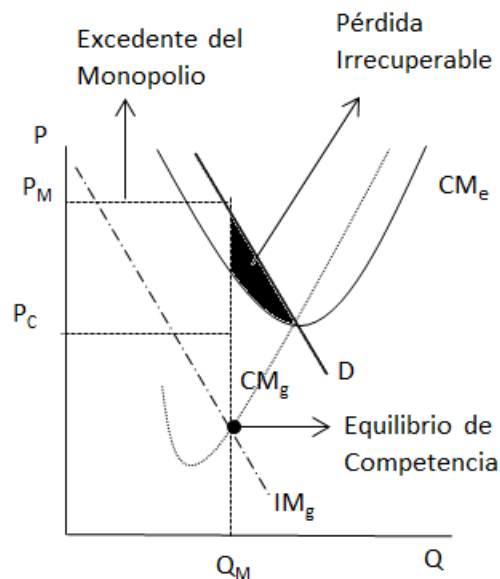
Otra manera de encontrar la producción que maximice las ganancias es usar el análisis marginal y comparar el (IM_g) con el (CM_g). Si el ingreso marginal excede el costo marginal de la empresa ($IM_g > CM_g$), el ingreso por vender una unidad más excede el costo en que se incurre producirla. Si el ingreso marginal es menor que el costo marginal ($IM_g < CM_g$), el ingreso por vender una unidad adicional es menor que el costo en que se incurre por producirla. Si el ingreso marginal es igual al costo marginal ($IM_g = CM_g$), el ingreso por vender una unidad adicional es igual al costo en que se incurre por producirla, por lo tanto, la ganancia se maximiza.

Monopolio

Aquella industria que presenta una sola empresa y que además produce un bien o servicio para el cual no existen sustitutos, que está protegida con barreras de entrada para evitar que otras empresas vendan dicho bien o servicio se le denomina mercado en monopolio el cuál presenta las siguientes características:

- Curva de demanda inelástica
- Discriminación de precios
- Existencia de sólo una empresa, dominando la oferta del sector
- Inexistencia de productos sustitutos
- Inexistencia de competidores inmediatos, por las barreras de entrada y de salida

Gráfico 7
Monopolio



Fuente: Elaboración propia con base en Varian (2001).

En el gráfico 7 se observa una situación en la que el mercado no es de competencia. Ya que si lo fuera los ingresos marginales se igualarían a los Costos Marginales, $IM_g = CM_g$ en dónde se maximizan utilidades y existe un equilibrio en el mercado de competencia. En el caso del mercado de petróleo se observa cómo se comporta como un monopolio, se produce menos, a un precio de monopolio (P_M) superior al precio de competencia (P_C) en este espacio geométrico se conoce como el Excedente del Monopolio. En donde el productor acapara el excedente el consumidor si se estuviera en un mercado de competencia. Como se observa en condiciones de este mercado se está produciendo menos contra una mayor demanda en este espacio geométrico se le denomina pérdida irrecuperable. En situación de un mercado de competencia se observa como los costos medios (CM_e) se igualan a los Costos Marginales en el punto mínimo en dónde indican el inicio de la oferta por parte del productor, en el monopolio existe un acaparamiento al aumentar el precio de monopolio hasta dónde le alcance la función de demanda.

Competencia monopolística

Un mercado monopólicamente competitivo es similar a un mercado perfectamente competitivo en cuanto a que hay muchas empresas y a que no está restringido el ingreso de empresas nuevas. Difiere de la competencia perfecta en que el producto es diferenciado todas las empresas venden una marca o una versión del producto que difiere en calidad, apariencia o reputación, y cada empresa es la única fabricante de su propia marca, de tal forma que se crea un segmento propio de mercado que dominará y procurará mantener. La cantidad de poder de monopolio que tiene la empresa depende de su éxito en la diferenciación de su producto de los de las otras empresas.

Las características principales de esta estructura son:

- Existencia de muchas empresas relativamente iguales en cuanto a poder competitivo
- Diferenciación de los productos
- Capacidad de control de precios la cual dependerá del grado de diferenciación del bien

Dentro de esta estructura en determinado momento las empresas pueden decidir actuar en conjunto para evitar la competencia y beneficiarse del precio, a estos mercados se les llama CÁRTEL, en donde un grupo de empresas se coluden coordinan sus precios y niveles de producción para maximizar sus utilidades conjuntas. Cabe hacer mención que un cártel se diferencia de un monopolio en dos aspectos importantes: Primero.- Se debe considerar la forma en la que las decisiones que tomen de precios afectarán a los niveles de producción de las empresas que no pertenecen al cártel. Segundo.- Los miembros de un cártel no son parte de una firma grandes y pueden verse tentados a engañar a sus socios al reducir sus precios y así obtener una mayor porción del mercado. (Fuente, OPEP).

En el gráfico 7 se observa la estructura del mercado en competencia monopolística. En el panel a) se muestra el costo/ingreso, con base en Chiang (2007) la función de costos se expresa:

$$f(C) = CF + CV * q \quad (1.6)$$

En donde CF son los Costos Fijos, CV son los Costos Variables por cada unidad producida de q

La función de ingreso está expresada en términos cuadráticos:

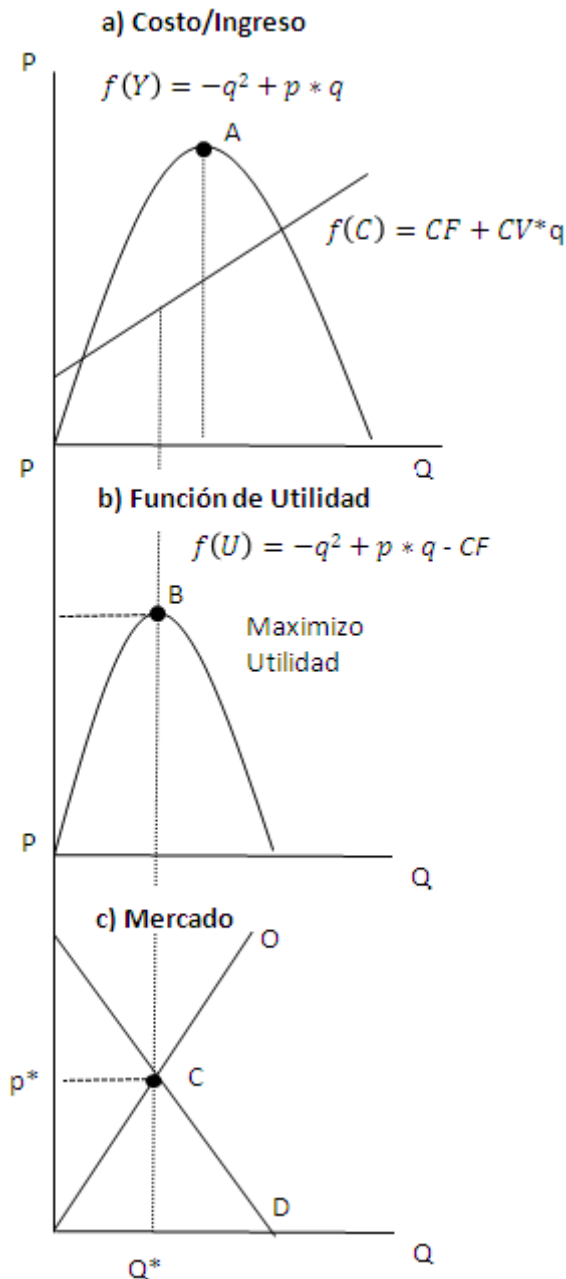
$$f(Y) = -q^2 + p * q \quad (1.7)$$

En donde q es la cantidad producida y p el precio

La función de utilidad no es más la resta de los ingresos menos los costos, haciendo la operación de las ecuaciones (1) menos (2) queda:

$$f(U) = -q^2 + p * q - CF \quad (1.8)$$

Gráfico 8 Competencia Monopolística



Fuente: Elaboración propia con base en Chiang (2007).

En el punto A se muestra el punto máximo de producción con los mayores costos, sin embargo no es ahí en dónde se maximizan las utilidades, en la gráfica b) se observa el punto B en donde se maximizan las ganancias. La gráfica c) muestra el mercado de demanda y oferta bajo las condiciones de competencia perfecta (punto C). Sin embargo, la función de oferta y demanda podrían variar dependiendo de la diferenciación de los productos que las empresas logren con respecto a su competencia.

Mercados oligopólicos

Es una estructura de mercado en el que las empresas podrían fabricar un producto idéntico y competir sólo en el precio, o bien fabricar un producto diferenciado y competir en precio, calidad de los productos. Las ganancias en las industrias oligopólicas dependen en parte de la forma en la que interactúan las empresas. Si la interacción tiende a ser más cooperativa que competitiva, las empresas podrían cobrar precios bastante por encima del costo marginal y obtener grandes utilidades. En algunas industrias oligopólicas, las empresas cooperan, pero en otras, las empresas compiten en forma agresiva.

En los mercados oligopólicos las decisiones sobre precios, producción, publicidad e inversión implican importantes consideraciones estratégicas. Debido a que compiten unas cuantas empresas, cada una de ellas debe considerar en forma cuidadosa la manera en la que sus acciones podrían afectar a sus rivales y la forma en la que es probable que reaccionen éstas. Una empresa fija el precio y la producción con base o parcialmente, en consideraciones estratégicas con respecto a las actitudes de sus competidores. Las decisiones de los competidores dependen de la decisión de la empresa.

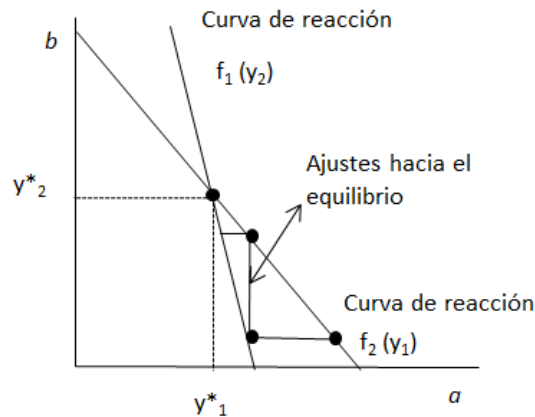
La manera en que se logra el equilibrio depende cuando las empresas toman decisiones que explícitamente toman en consideración las actitudes de unas y otras. Se menciona como se logra el equilibrio en los mercados competitivos y monopolísticos lo cual sirve como base para encontrar el equilibrio en el mercado oligopólico. De acuerdo a Gibbons (2003) cuando un mercado está en equilibrio, las empresas están haciendo las cosas de la mejor manera que pueden y no tienen razón para cambiar su precio o producción. El concepto lo explicó con claridad el matemático John Nash. Cada empresa hace lo mejor que puede dado lo que sus competidores están haciendo. La fijación de los precios en los mercados oligopólicos se estudia a través de distintos modelos como el de Cournot, Stackelberg, Bertrand.

Modelo de Cournot

Se comienza con un modelo simple de duopolio en donde dos empresas que compiten entre sí. Se parte del supuesto de que las empresas fabrican un bien homogéneo y que conocen la curva de la demanda del mercado. Cada empresa decide cuánto producir y lo hacen de manera simultánea. La esencia del modelo de Cournot es que cada empresa considera que el nivel de producción de su competidor es fijo y decide en consecuencia cuánto producir. Para decidir el nivel de producción cada empresa debe considerar la curva de reacción de su rival.

En el gráfico siguiente se observan las curvas de reacción y el equilibrio de Cournot (y^*_1, y^*_2). La curva de reacción de la empresa *a* muestra cuánto fabricaría como función de cuánto piensa que va a fabricar la empresa *b*. La curva de reacción de la empresa *b* muestra su producción como función de cuánto piensa que va a fabricar la empresa *a*. En el equilibrio de Cournot, cada empresa supone en forma correcta cuánto va a fabricar el competidor.

Gráfico 9
Curvas de reacción del Modelo de Cournot

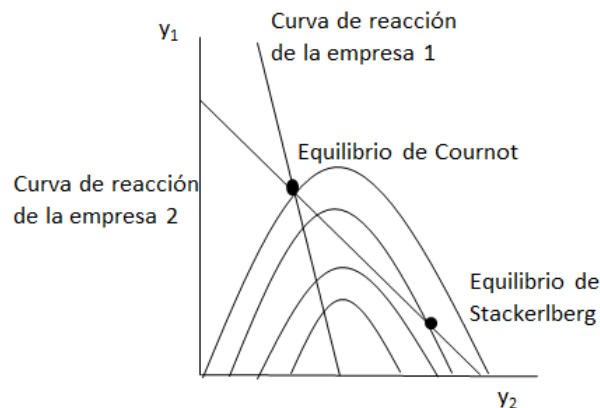


Fuente: Elaboración propia con base en Varian (2001).

Modelo Stackelberg

Este modelo prácticamente observa lo que suceda si una de las empresas puede establecer primero su nivel de producción. Esa empresa tiene una ventaja estratégica y obtiene mayores utilidades, Sabe que puede elegir una producción grandes y sus competidores tienen que escoger producciones reducidas su desean maximizar utilidades. En el gráfico 10 se representa el modelo en dónde la empresa 1, la líder, elige el punto de la curva de reacción de la 2 que toca la curva isobeneficio² más baja posible de la 1, obteniendo así los mayores beneficios posibles.

Gráfico 10
Curvas de reacción del Modelo de Stackelberg



Fuente: Elaboración propia con base en Varian (2001).

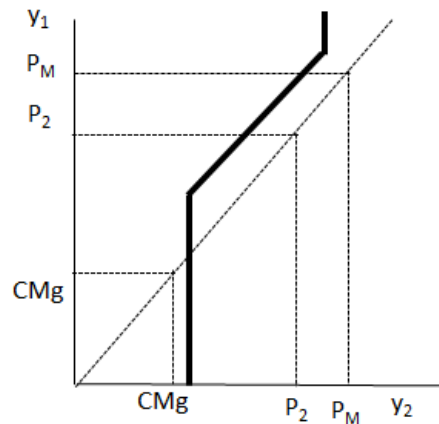
Modelo de Bertrand

Al igual que el modelo de Cournot, las empresas fabrican un bien homogéneo. Sin embargo, ahora eligen precios en lugar de cantidades, son eficientes en costos y las empresas compiten en precio. Las características del modelo son: Ambas empresas presentan función de costos, los productos son idénticos, la variable estratégica será el precio.

² Las líneas isobeneficio representan la combinación de ambas empresas que generan un nivel constante de beneficio a la empresa.

Las empresas obtendrían mayores utilidades si se acordaran en colusión aumentar los precios, pero por lo general, las leyes antimonopolio prohíben esto. Podrían todas ellas fijar un precio elevado sin coludirse, y esperar que sus competidores hicieran lo mismo pero se encuentran en el dilema de los prisioneros, que hacer que esto resulte poco probable. Cada empresa tiene incentivos para engañar al reducir sus precios y capturar ventas de sus competidores.

Gráfico 11
Modelo de Bertrand



Fuente: Elaboración propia con base en Varian (2001).

En el gráfico 11 se observa que si la empresa y_1 cree que la empresa y_2 va a fijar un precio de monopolio (P_M) captará todo el mercado y recibirá toda la ganancia monopólica, por lo que la estrategia para la empresa y_2 es establecer un precio menor (P_2) al precio del monopolio. De esta forma obtendrá utilidades menores a las del monopolio. Por otro lado, la empresa y_1 aplicará la misma estrategia si cree que la empresa y_2 establecerá un precio menor al del monopolio, pero mayor al costo marginal.

La industria del petróleo puede considerarse en una estructura de mercado oligopólico y de CÁRTEL en el sentido de que los productores acaparan y se coluden. Los países productores de petróleo que forman parte de la OPEP pueden coludirse para fijar cuotas de producción, esto suele suceder por las variaciones en los precios de los energéticos. Sin embargo, la estructura de este mercado puede verse como un monopolio a su vez.

El argumento de que si el mercado de petróleo es monopolio, se fundamenta si una industria es competitiva o monopolística. En el mercado petrolero es una industria con grandes barreras de entrada. Un factor que influye en la producción es la determinación del precio del petróleo, en dónde el mercado financiero particularmente el de futuros incide en gran medida, los productores al observar los precios en el mercado pueden contrarrestar ese factor volátil a través de aumentar o disminuir sus cuotas de producción.

DETERMINANTES DE OFERTA Y DEMANDA

Una vez explicado el mercado a través de los conceptos de la teoría económica y organizacional, se mencionan los posibles determinantes bajo el enfoque de la teoría económica y conforme al modelo del petróleo de acuerdo a la OPEP (Organización de Países Exportadores de Petróleo).

BAJO EL ENFOQUE DE LA TEORÍA ECONÓMICA

Determinantes de la demanda

- Población
- Gustos y Preferencias
- Ingreso de consumidores
- Precio del bien
- Precios futuros esperados

Determinantes de la oferta

- Precio del producto en el mercado
- Los costos de los factores necesarios para tal producción
- Número de oferentes o competencia
- Tecnología

BAJO EL ENFOQUE DE LA OPEP

La demanda y oferta del petróleo se estructura con base en las regiones geopolíticas que integran la economía y los sectores que influyen en su determinación.

Determinantes de la demanda

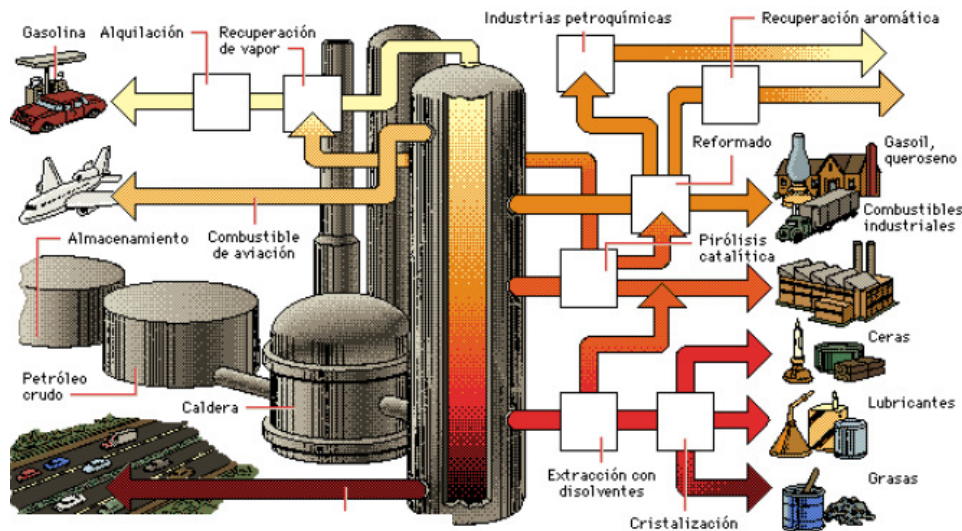
- Transporte
- Industria
- Generación de Electricidad
- Derivados del petróleo
- Hogares, comercio y agricultura

Determinantes de la oferta

- Mercados Financieros
- Factores Geopolíticos
- Factores Tecnológicos

La principal fuente de energía a nivel mundial proviene del petróleo, como se muestra en el gráfico 12 donde se muestra la existencia de toda una industria entorno a este producto, lo que hace que existan medios de interconexiones en la industria para llevar a cabo el comercio de este producto.

Gráfico 12
La industria del Petróleo



Fuente: Microsoft Corporation.

B. EL MERCADO DE COBERTURA Y EL PETRÓLEO COMO ACTIVO FINANCIERO

De acuerdo a Ross (2000) un mercado financiero es solamente una forma de conjuntar compradores y vendedores. En los mercados financieros, son las deudas y los valores de capital lo que se compran y se venden. En el gráfico 13 se tiene que para el año 2010 el mercado global financiero y en particular el de derivados es aquel que presenta el mayor volumen de operaciones medidas a partir de su valor monetario.

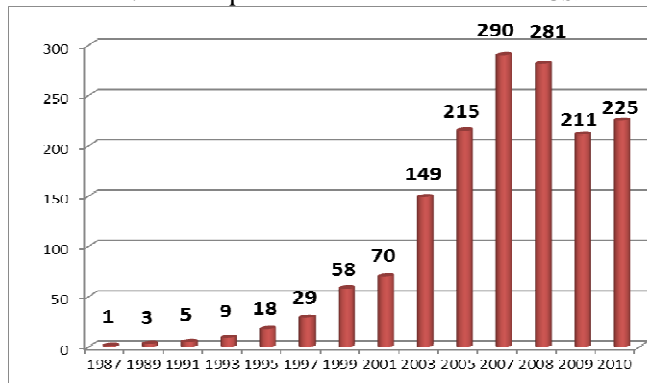
Gráfico 13
Mercado Global Financiero 2010
Valores Expresados en miles de millones de USD



Fuente: Elaboración propia con Datos del Banco Internacional de Pagos.

En este sentido la evolución del mercado de derivados a nivel global ha sido de manera exponencial, como se muestra en el gráfico 14 donde se observa que desde el año de 1987 hasta 2010 el valor nocional (contratos abiertos) de los derivados pasó de 1 trillón de USD a 225 trillones de USD. Sin embargo, desde el año 2007 en el que se tiene registro de su mayor volumen, el valor nocional ha disminuido ocasionado por la crisis *subprime*.

Gráfico 14
Evolución del mercado global de derivados
Valores Expresados en miles de millones de USD



Fuente: Elaboración propia con Datos del Banco Internacional de Pagos.

Por citar algunas casos de empresas o instituciones que han utilizado estos instrumentos; en 1994 Procter & Gamble, American Greetings, adquirieron instrumentos derivados sin que los propios CEOs conocieran las incidencias o implicaciones que podrían generar dichos instrumentos³. Instituciones educativas como Harvard University fueron atraídas por estos mercados y perdieron en 2008 su flujo en caja por la posición de un SWAP IRS contratado. En 2009 empresas mexicanas como: Cemex, Vitro, Gruma, Comercial Mexicana reportaron posiciones con instrumentos financieros derivados sin haber dado previo aviso a las autoridades, lo que provocaron cuantiosas pérdidas financieras en sus resultados.

No obstante, ha habido casos con situaciones favorables por el uso de estos instrumentos, en 1994 cuando se fundó el fondo de inversión Long-Term Capital⁴ tuvo rendimientos por encima del 40% hasta 1997. Para el caso de México fue en 2008 cuando la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) adquirió posiciones de opciones tipo “put”⁵ de petróleo al vencimiento de la cobertura para el año de 2009 logró obtener más de 5,000 millones de USD.

Se ha catalogado al mercado de derivados como un abismo de pérdidas financieras, o que solamente ganan los que tienen información privilegiada, en 2009 durante la crisis *subprime* Warren Buffet calificó a los derivados como “armas financieras de destrucción masiva”. Cuando en realidad no debe verse así, sino que en la actualidad los agentes económicos e intermediarios financieros requieren de información oportuna de precios de subyacentes y derivados, así como conocer las implicaciones de entrar al mercado de derivados para cubrirse ante posibles exposiciones o riesgos de mercado a fin de administrar eventos con contingencias financieras. Por lo que a continuación se menciona una breve reseña de la definición de este mercado.

De acuerdo a Hull (2009) el mercado de derivados es aquel que otorga las herramientas necesarias para administrar el riesgo financiero implícito que afecta el balance de cualquier empresa o el patrimonio de cualquier persona física. Mediante este mercado, las personas morales y físicas tienen la posibilidad de transferir los riesgos financieros a aquel que esté dispuesto a tomarlos. Por lo general las personas dispuestas a tomar estos riesgos son los conocido como especuladores y las personas que transfieren estos riesgos se les llama HEDGERS.

De acuerdo a Hull (2009) un producto derivado es aquel que no tiene valor por sí mismo y que por lo tanto su valor depende o se deriva de otro producto, activo u operación financiera ya existente. Es decir, que es instrumento cuyo precio depende de los valores de otras variables subyacentes básicas⁶. A los productos derivados más simples se les llama en el argot financiero *plain vanilla* y son: Los contratos de Forwards, Futuros, Swaps y Opciones. A partir de estos productos se han innovado y desarrollado nuevos productos de cobertura ante las exposiciones de los agentes económicos a diferentes tipos de riesgos. Su función principal es reducir y cubrir los riesgos que se presentan debido a movimientos inesperados en el precio del producto o en las principales variables económicas, como el tipo de cambio o las tasas de interés.

³ Kelley Holland (1995)..

⁴ Sin embargo, a partir de 1998 con la crisis de los países asiáticos y la devaluación del rublo por tener posiciones mal valuadas en cobertura de bonos soberanos el fondo cayó en bancarrota.

⁵ Una Opción *Put* es aquella que da al tenedor el derecho vender el subyacente a un precio y en una fecha determinada.

⁶ Un activo o bien subyacente es aquel producto, operación o activo financiero ya existente sobre el cual se realiza el producto derivado, y del valor de este activo subyacente se deriva el valor del producto derivado.

De acuerdo a Hull (2009) los usos más frecuentes de los productos derivados son:

- Cobertura de riesgos.
- Especulación
- Como referencia del precio futuro del bien subyacente.
- Para amarrar una utilidad con arbitrajes
- Para cambiar la naturaleza de una obligación
- Para cambiar la naturaleza de una inversión sin incurrir en costos de compra y venta.

Por ejemplo, un empresario que adquiere compromisos en dólares por la compra de algún equipo puede asegurar un tipo de cambio hoy y programar la compra de esa moneda acudiendo al mercado de contrato de futuros o al mercado de contratos de forward, para fijar el tipo de cambio peso/dólar. Esto lo protegerá de alguna posible devaluación de la moneda con respecto al dólar, es decir, disminuirá el riesgo cambiario.

Los productos derivados financieros se negocian en dos tipos de mercados

- Mercados Estandarizados u Organizados.
- Mercados fuera de Bolsa de mostrador u *Over The Counter* (OTC)

Los mercados estandarizados proporcionan toda la infraestructura necesaria para que se celebren las operaciones de contratos de futuros y opciones. En estos mercados se realizan operaciones de instrumentos financieros derivados a través de una Bolsa. De acuerdo a Vénegas (2008) en los mercados estandarizados se permiten a los agentes económicos administrar el riesgo de mercado con costos bajos de transacción. El riesgo crédito de estos instrumentos es mínimo debido a la asociación de la bolsa de futuros con una cámara de compensación y liquidación. La cual a cambio de una comisión actúa como contra parte de todas las partes y administra el riesgo de incumplimiento de las obligaciones generadas en los contratos.

Dentro de los objetivos de los mercados estandarizados están en: Brindar mayor seguridad a los participantes, estandarizar las características de los contratos, eliminar el riesgo de incumplimiento de la contraparte instrumentando una cámara de compensación, establecer cobertura en posiciones de riesgo ante las posibles variaciones de precios, proporcionar otras alternativas de inversión a los especuladores, proporcionar liquidez a los participantes y realizar operaciones de arbitraje

De acuerdo a (Geman, 2005) el mercado de derivados estandarizado inició operaciones con la Bolsa New York Cotton Exchange (NTCE) 1842 y en el Chicago Board of Trade 1848, donde los productos que se negociaban eran esencialmente granos. A partir de 1972 la bolsa de Chicago empezaba a tomar lugar predominante a nivel mundial, se negociaron los primeros contratos de futuros sobre divisas y a partir de 1976 los futuros sobre algunos activos financieros, sobre todo los bonos del Tesoro. Pero no fue sino a mediados de 1981, cuando se comenzaron las operaciones de futuros sobre índices accionarios cuando se incorporó al mercado la liquidación por diferenciales y no en especie como se venía haciendo. Actualmente el mercado de derivados estandarizado más importante es el Chicago Mercantile Group, entidad creada en 2006 con la fusión de las plataformas del Chicago Mercantile Exchange especializado en opciones y el Chicago Board of Trade especializado en commodities.

De acuerdo a (Venégas, 2008) se conocen como mercados sobre mostrador, también llamados mercados OTC (por las iniciales en inglés de *Over-The-Counter markets*). En donde, los tipos de acuerdos que se llevan en este mercado son usualmente entre dos instituciones financieras o entre una institución financiera y alguno de sus clientes corporativos.

Las características de los contratos que se negocian no son estandarizadas. Las operaciones son pactadas directamente por los participantes. Existe el riesgo de incumplimiento de los participantes. Los instrumentos que se negocian en este tipo de mercados son acuerdos hechos a la medida en cuanto a necesidades específicas de las partes: tipo de subyacente, tamaño del contrato, fecha de vencimiento, lugar y condicione de entrega.

Actualmente el uso de los mercados estandarizados y OTC radica en las necesidades de las partes. Los mercados estandarizados limitan para los agentes el uso o tamaño de sus requerimientos, en los mercados OTC el tamaño de los contratos son hechos a la medida. Sin embargo, el tamaño considerable que han alcanzado los mercados de estandarizados se debe a gran medida a la flexibilidad de los usuarios para entrar o salir rápidamente del mercado, (Venégas, 2008), además proporcionan un alto grado de liquidez, es decir, un vendedor casi siempre encuentra un comprador y viceversa, así como un alto nivel de apalancamiento, esto es, la inversión inicial es pequeña comparada con la de otros instrumentos disponibles en el mercado.

Cuadro 1
Características de los contratos

Características	OTC	Organizados
Términos de los contratos	Ajustado a necesidades de ambas partes	Estandarizados en cuanto tamaño, volumen, vencimiento y liquidación
Lugar donde se negocian	Cualquiera	Mercado Específico
Fijación de precios	Negociación de las partes	Cotización de mercados
Relación entre comprador y vendedor	Directa	A través de la Cámara
Aportaciones	No usual	Siempre
Calidad de cobertura	A la medida	Aproximada
Riesgo de contraparte	Lo asumen los participantes	Lo asume la cámara
Cancelación de la obligación	Al vencimiento o solo por acuerdo de las partes	En cualquier momento mediante la operación contraria
Liquidación de pérdidas y ganancias.	Al vencer el plazo	Diariamente

Fuente: Elaboración propia con base en Hull (2009).

La intencionalidad básica de los instrumentos financieros derivados son la cobertura y la especulación. Dentro de la cobertura, permiten realizar una adecuada planeación financiera, cubren un riesgo, no generan utilidades ni pérdidas, debido a que las utilidades en el papel se compensan con los costos adicionales en la compra del insumo y viceversa, generan certidumbre de precios, las compras y ventas de los instrumentos de cobertura se generan en base a necesidades.

Dentro de la especulación, no cubren ningún riesgo, los flujos de efectivo son inciertos, generan utilidades y pérdidas por la diferencia entre los precios de compra y venta en el papel (instrumento financiero), no generan certidumbre de precios, las compras y ventas se generan en base a una visión de mercado normalmente de corto plazo.

Los productos derivados pueden ser sobre los siguientes productos:

Financieros

- Tasas
- Divisas
- Bonos
- Acciones
- Índices

No Financieros

- *Commodities*
- Energéticos
- Cualquier bien comerciable

Los tipos de contrato por su forma de entrega son: *DELIVERY*.- Es cuando se hace la entrega física del bien subyacente. *NON DELIVERY*.-Se toma un precio de referencia y se liquida únicamente la diferencia entre dicho precio y el pactado. El interés abierto de un contrato de futuros es el número total de contratos abiertos que hay negociados en el mercado al final de cada día. El interés abierto entonces será la suma de todas las posiciones largas (compras), o la suma de todas las posiciones cortas (ventas).

La principal función de los derivados es servir de cobertura ante fluctuaciones de precio de los subyacentes, por lo que se aplican preferentemente a:

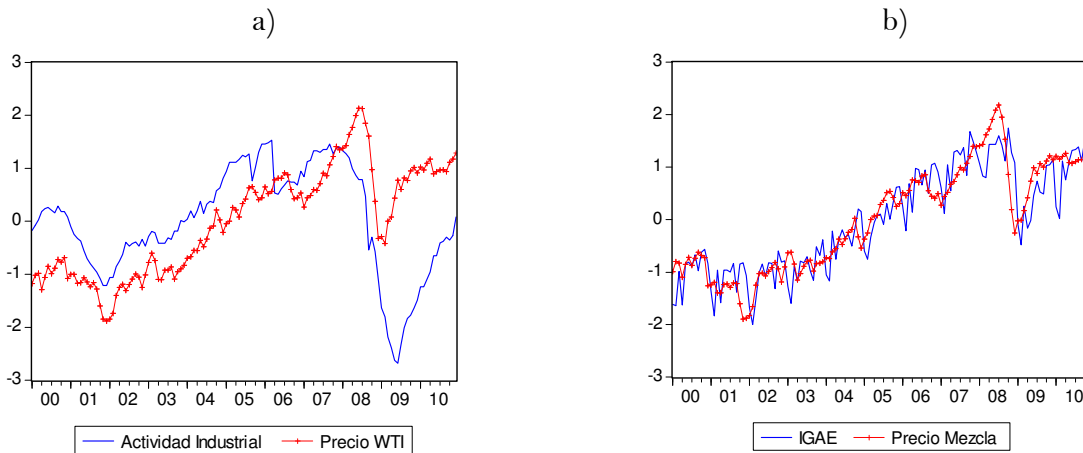
- Portafolios accionarios.
- Obligaciones contraídas a tasa variable.
- Pagos o cobranzas en moneda extranjera a un determinado plazo.
- Planeación de flujos de efectivo, entre otros.

Los beneficios de los productos derivados, son especialmente aplicables en los casos de:

- Importadores que requieran dar cobertura a sus compromisos de pago en divisas.
- Tesoreros de empresas
- Inversionistas que requieran proteger sus portafolios de acciones
- Inversionistas experimentados que pretendan obtener rendimientos
- Empresas no financieras que quieran apalancar utilidades.
- Deudores a tasa flotante que busquen protegerse de variaciones adversas en la tasa de interés, entre otros.

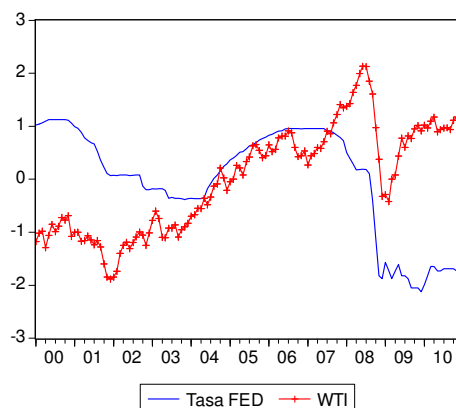
El mercado de energéticos es uno de los más importantes a nivel mundial. Este mercado es altamente riesgoso debido a diferentes factores naturales y geopolíticos. La demanda de petróleo está ligada al crecimiento global. En periodos donde hay gran actividad, la demanda de crudo sube al igual que su precio. Por el contrario, menor crecimiento esperado, recesiones, han provocado una baja expectativa para la demanda. El precio de referencia internacional del petróleo ha sido el West Texas Intermediate. (US Energy Information Administration)

Gráfico 15
EU y México: Indicadores Económicos Relevantes 1980-2010
 - datos normalizados-



Con datos normalizados y obtenidos del US Bureau of Labor Statistics y el INEGI para los años de estudio se muestra el gráfico 15 en donde se observa para el caso de EUA (panel a) y México (panel b) una correlación positiva de su comportamiento en la actividad industrial, el IGAE, el precio del barril WTI y la mezcla mexicana. En el gráfico 16 se valida que la demanda de petróleo (reflejada por su precio) la cual está ligada al crecimiento global mediante la política monetaria aplicada. Cabe hacer mención que a raíz de la crisis *subprime* ha existido un proceso de desaceleración económica que se ha visto reflejado en las acciones llevadas a cabo por parte de los principales bancos centrales asumiendo una política monetaria altamente expansiva.

Gráfico 16
EU: Tasa de interés vs. Precio WTI 1980-2010
 - datos normalizados -



La metodología de la causalidad de Granger se utiliza con el objetivo de identificar la dirección de la causalidad entre las variables (Loría, 2007). En el cuadro 2, usando los datos del gráfico 16 se realizó la prueba de Causalidad de Granger, en la cual se aplicaron 5 rezagos y se valida a la variable endógena, que es el precio WTI, es decir, que las acciones de la política monetaria a través de la tasa de referencia FED explican el comportamiento de la demanda (mediante el precio del petróleo). Lo cual es un resultado esperado y se corrobora que la demanda del petróleo a nivel mundial está ligada al crecimiento económico global.

Cuadro 2
Causalidad de Granger

Rezagos		Estadístico-F	Probalidad
5	LFED NGC* LWTI	5.620	0.000
4	LFED NGC* LWTI	6.319	0.000
3	LFED NGC* LWTI	8.057	0.000
2	LFED NGC* LWTI	13.161	0.000

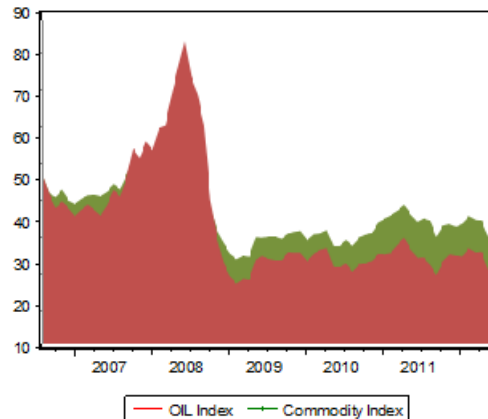
* NGC = No hay Granger Causalidad

Por otro lado, se asume que el precio del petróleo es una variable sensible a factores exógenos como tecnológicos, políticos, económicos y especulativos, esto ha permitido que esta variable llegue a estar y sea dentro del mercado de *commodities* el activo más negociado en el mundo. (Chicago Mercantile Exchange, 2010). En el mercado de activos se considera un activo subyacente para contratos en mercados organizados y de mostrador por sus siglas en inglés *Over-The-Counter (OTC)*.

Dentro de ese mercado se encuentran no sólo participantes que demandan el producto final, sino también a inversionistas institucionales como bancos de inversión, fondos de inversión, fondos de pensión, fondos de cobertura. Dado la participación de varios agentes en el mercado, el margen de intermediación de los contratos para el consumidor final suele elevarse por los movimientos financieros. Asimismo, las empresas que manejan coberturas son las mismas productoras o dueñas de activos petrolíferos, al ser cártel una forma de producción afecta al mercado de cobertura.

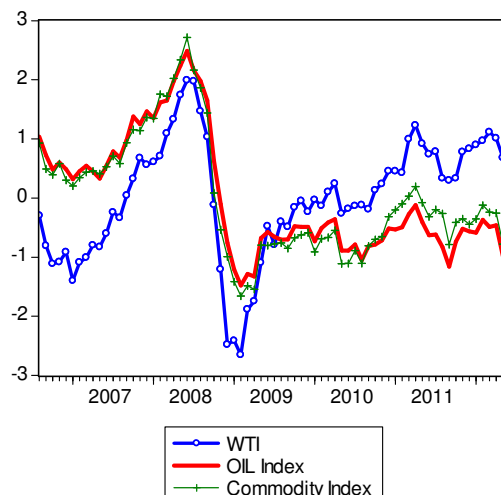
En el siguiente gráfico se observan los índices que replican a los contratos de futuros del petróleo (iPath S&P GSCI Crude Oil TR Index) y al conjunto de *commodities* (iShares S&P GSCI Commodity-Indexed Trust). En donde en los años de 2007 a 2009 la cobertura del petróleo tuvo mayor bursatilidad que el de *commodities* en su conjunto. Los inversionistas buscaban en dónde colocar su capital y cubrirlo, aunado a esto también afectado por las bajas expectativas de crecimiento. Posteriormente, se observa durante el 2009 debido a la crisis *subprime*, la negociación de los instrumentos se vio disminuida en su volumen.

Gráfico 17
Oil Index vs. Commodity Index 2006-2012



Con datos normalizados en el gráfico 18, se observa una correlación positiva del precio de WTI del petróleo, con respecto a los índices de contratos de cobertura de futuros del petróleo y de los *commodities* en su conjunto. Lo que se valida que al ser un contrato muy bursátil, a su vez es un referente no sólo para los precios del sector de energía, sino también, para otros activos subyacentes como el precio del oro, que sirven de referencia para la toma de decisiones de los agentes económicos, es decir, productores y consumidores.

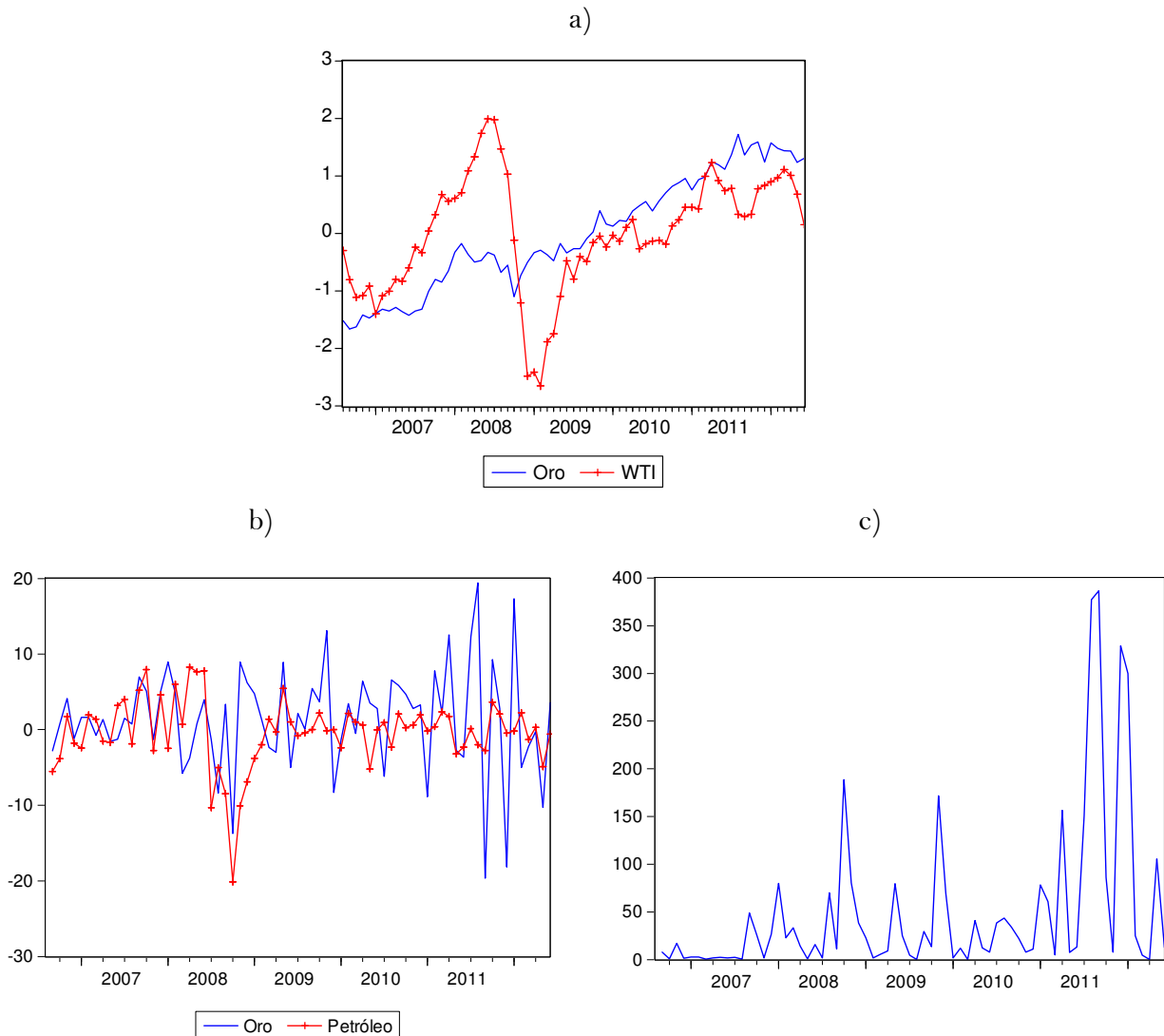
Gráfico 18
Precio WTI vs. Índices de Cobertura 2006-2012
- datos normalizados-



En el gráfico 19 en el panel a) se muestra con datos normalizados que antes de la crisis *subprime* el contrato de futuros era más negociado que el oro⁷ con la misma correlación. A partir del 2009 el oro se convirtió en un activo de refugio para grandes inversionistas, lo que ocasionó una escalada de precios en sus cotizaciones, cabe mencionar que el precio de los futuros de petróleo disminuyen de forma súbita durante la crisis sin que las cotizaciones del oro caigan estrepitosamente. Posterior a la crisis, ambas cotizaciones mantienen el mismo comportamiento.

En el panel b) las series están en primera diferencia lo que se revela la estacionariedad, aunque a raíz de la crisis la cobertura del oro ha venido teniendo mayor volatilidad con respecto al petróleo. La cobertura del petróleo antes de la crisis *subprime* era mayor, posterior a la crisis el refugio de los inversiones hacia los *commoditties* fue el oro como se aprecia en el panel c) su volatilidad en el precio venía aumentando y se aceleró posterior al año 2009.

Gráfico 19
Índice Cobertura Petróleo vs. Oro 2006-2012



⁷ SPDR Gold Shares replica el comportamiento del precio de los futuros del oro

En el cuadro 3, utilizando los datos del precio del WTI vs. el índice de cobertura se realizó la prueba de Causalidad de Granger se aplicaron 4 rezagos. Un hecho relevante en la presente investigación es a partir del 4º rezago en adelante la variable del precio WTI no puede considerarse como la variable exógena, es decir, el índice de cobertura explica al precio del petróleo WTI. Lo cual es un resultado no esperado y se puede explicar a las decisiones de los agentes económicos debido a la representatividad y la ponderación de las coberturas sobre los precios del activo subyacente.

Cuadro 3
Causalidad de Granger

Rezagos		Estadístico-F	Probalidad
4	LOIL_Index NGC* LWTI	4.806	0.002
4	LWTI NGC* LOIL_Index	2.618	0.044
3	LOIL_Index NGC* LWTI	6.455	0.001
3	LWTI NGC* LOIL_Index	3.338	0.025
2	LOIL_Index NGC* LWTI	13.349	0.000
2	LWTI NGC* LOIL_Index	4.053	0.022

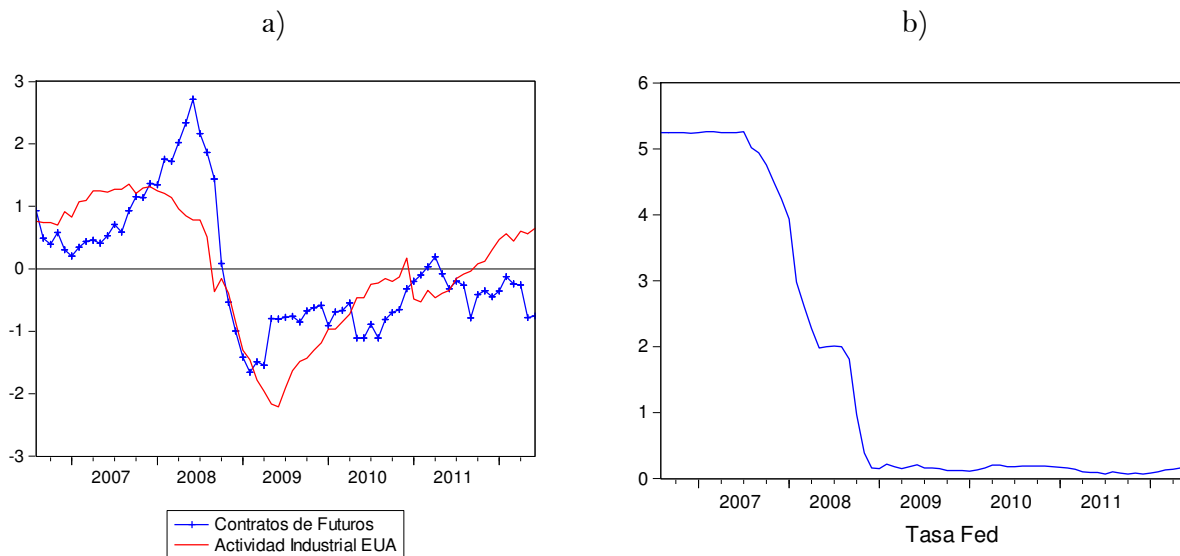
* NGC = No hay Granger Causalidad

Con base en Dornbusch (2005) la teoría económica sugiere que, en una economía que presenta signos de recesión, una de las herramientas que se puede utilizar es precisamente la disminución de las tasas de interés a fin de estimular los distintos componentes de la demanda agregada, principalmente al consumo y a la inversión.

Aunque la mayor parte de los países del mundo, desarrollados y emergentes, han tratado de estimular el crecimiento económico a través de recortes sucesivos en las tasas de interés, hay que hacer notar que algunas economías han llegado al extremo de ubicarlas en niveles prácticamente de cero por ciento, como se observan los datos en el panel a) del gráfico 20.

Ante el escaso dinamismo logrado en aquellos países en donde la tasa de interés nominal es extremadamente baja, surge el cuestionamiento sobre ¿Qué tan efectiva resulta la política monetaria con niveles de tasas tan bajas?⁸ En relación a lo anterior, se observa en el panel a) del gráfico 20, la política monetaria llevada a cabo por EUA con respecto a la actividad industrial y al índice de cobertura del petróleo en el panel b) con datos normalizados. En dónde existe una correlación positiva.

Gráfico 20
Indicadores Económicos vs. Índice Cobertura de Petróleo
2006-2012



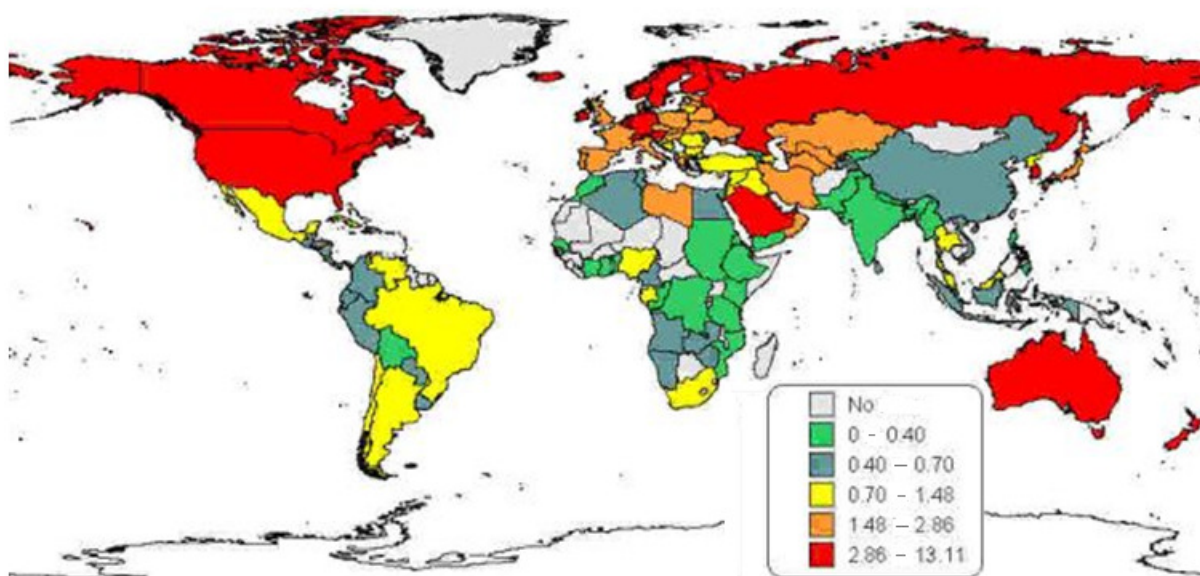
No cabe duda que existen los ciclos en las economías y las fluctuaciones en los mercados financieros que en ciertos periodos de tiempo han generado un entorno de mayor incertidumbre, en el que está inminentemente el factor de riesgo, siendo éste una la probabilidad de que puedan sufrir un daño o pérdida el patrimonio de los agentes económicos debido a las decisiones financieras en el futuro debido a eventos que son impredecibles.

⁸ La respuesta a esta pregunta no es tema de la tesis pero despierta el interés del estudio a la teoría económica sobre tener tasas de cero por ciento y no crecer, situación conocida como trampa de la liquidez.

Como se observa en el Gráfico 21 existe un mercado con un alto consumo de petróleo a nivel mundial, lo que hace que existan medios de interconexiones en la industria para llevar a cabo el comercio, existen grandes centros de producción petrolera que no coinciden con los de consumo, y los países más consumidores son los menos poblados del planeta, generándose rivalidades, conflictos, vulnerabilidades y temores muy graves que pueden desembocar en la intervención militar a fin de asegurar el abastecimiento de crudo. Guerra del Golfo Pérsico (1990), Intervención de Irak por parte de EUA (2003), Crisis Política Interna por petróleo en Nigeria y Angola (2007).

Lo anterior se asocia a riesgos financieros, operativos que ante la globalización económica y la competencia de los participantes ha derivado en fluctuaciones e incertidumbre. Por lo que, en este sentido la administración de riesgos toma un papel preponderante para los agentes económicos, cuya importancia radica en la confección de modelos para protegerse de los riesgos financieros a través de la cobertura de productos financieros con instrumentos derivados.

Gráfico 21
Consumo per cápita del Petróleo - 2002



Fuente: Energy Information Administration, 2010.

COBERTURA DEL PETRÓLEO PARA EL CASO MEXICANO

La Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) hizo el anuncio de la cobertura petrolera el 13 de noviembre de 2008, su titular, Agustín Carstens, informó que, si en 2009 el precio del crudo mexicano se ubicaba en 40 dólares por barril, el gobierno de México recibiría una compensación de 9 mil 547 millones de dólares. El monto total cubierto fue de 335 millones de barriles, equivalente al volumen de exportaciones netas de productos petrolíferos previsto en el Paquete Económico 2009, cubriéndose así casi un millón de barriles al día de los entre 1.3 a 1.5 millones de barriles que se vendieron diariamente.

Las operaciones de la cobertura consistieron en compra de opciones tipo put sobre el precio promedio de la mezcla mexicana de exportación con los siguientes datos:

- Monto del activo subyacente, 335 millones de barriles
- Precio del ejercicio 70 dólares por barril
- Fecha de vencimiento, 31 de diciembre de 2009
- Prima pagada por 1,500 millones de USD

En el cuadro 4 se observa en el panel a) la posición de la cobertura con base en los precios observados dado el precio promedio de la mezcla en el año 2009 fue de 57.40 dólares por barril⁹, estos contratos le dieron el derecho a vender a la SCHP a un precio de 70 dólares por barril.

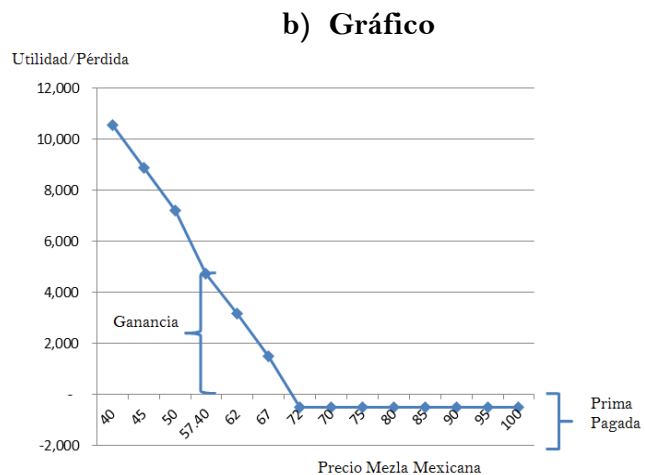
Lo que se concluye que fue una estrategia de cobertura para el gobierno mexicano favorable ante las fluctuaciones de los precios internacionales del petróleo en situaciones volátiles ya que se obtuvo una ganancia de más de 5,000 millones de USD. En el panel b) se muestra gráficamente la posición de la opción de compra en donde se hubiera perdido únicamente la prima pagada si el nivel del precio promedio de la mezcla hubiera sido de 70 USD en adelante.

Cuadro 4
Cobertura de Petróleo Mezcla Mexicana 2008
Opción de Compra Put

a) Mark to Market

Precio Observado	Precio de Ejercicio	Prima	Utilidad/pérdida	Millones USD
40	70	-1.5	31.5	10,553
45	70	-1.5	26.5	8,878
50	70	-1.5	21.5	7,203
57.40	70	-1.5	14.099	4,723
62	70	-1.5	9.5	3,183
67	70	-1.5	4.5	1,508
72	70	-1.5	-1.5	503
70	70	-1.5	-1.5	503
75	70	-1.5	-1.5	503
80	70	-1.5	-1.5	503
85	70	-1.5	-1.5	503
90	70	-1.5	-1.5	503
95	70	-1.5	-1.5	503
100	70	-1.5	-1.5	503

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia

⁹ Fuente obtenida en el Sistema de Información Energética (SIE)

C. NATURALEZA E IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL PETRÓLEO

El Petróleo es un aceite mineral, constituido por una mezcla natural de hidrocarburos y compuestos orgánicos, es un producto de gran relevancia para la humanidad que ha llegado a convertirse en una industria estratégica, y ha forjado las bases para desarrollos tecnológicos, y económicos de los países. Aporta el 36% en el consumo mundial de energía (World Energy, Technology & Climate Policy Outlook, 2010). La generación de energía a nivel mundial proveniente de hidrocarburos oscila entre el 26% (Informe Estadístico 2010 International Energy Agency).

Es un combustible vital para la extracción y obtención de otras fuentes de energía como el carbón y gas. Por sus usos y derivados que se obtienen, implica toma de decisiones por parte de los agentes económicos, países productores y consumidores. Prácticamente la oferta de petróleo que se produce es la que se consume diariamente (US EIA, 2010). Producción 86.790 mbd Consumo 86.962 mbd. Dicha producción es ofertada por aquellos países con los recursos, lo que ha propiciado competencia entre las mismas naciones petroleras, casos como la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEC), logrando el 40% de la producción a nivel mundial para el año 2010.

México es un país rico en recursos naturales que cuenta en su espacio geográfico importantes yacimientos de petróleo lo que le ha permitido ser un productor y exportador neto. Forma parte de la megacuenca del Golfo de México, la tercera en importancia petrolera, superada por el Golfo Pérsico, y la Cuenca de Siberia Occidental.

El petróleo ha sido un producto estratégico para México. Ha sido una fuente importante de entrada de divisas para nuestra economía, finanzas públicas, industria, desarrollo tecnológico, balanza comercial, y sus relaciones con el exterior. Con datos del Sistema de Información Energética al año 2009, el consumo final de energía en México que depende de los hidrocarburos es del 62%. Y en el balance nacional de energía primaria el 90% de lo que se consume proviene de los hidrocarburos.

Desde 1938 año en el que el Presidente Lázaro Cárdenas del Río expropió las compañías petroleras que operaban en México, entonces propiedad de extranjeros, las leyes y regulaciones federales mexicanas han confiado a Petróleos Mexicanos la planeación y administración central de la industria petrolera de México.

Petróleos Mexicanos es un organismo descentralizado de la Administración Pública Federal con personalidad jurídica y patrimonio propio. Los ingresos petroleros han permitido financiar gran parte del presupuesto gubernamental. En la actualidad el petróleo representa alrededor del 32% del presupuesto del gobierno federal y es la segunda entrada de divisas para la economía. Lo que denota una alta importancia y concentración del tema para las finanzas gubernamentales.

Los ingresos de la renta petrolera han permitido la expansión del gasto gubernamental en muchas ocasiones de manera independiente a la recaudación fiscal (Gurvich et al, 2009). Lo cual hace estratégico para el gobierno seguir obteniendo recursos públicos fiscales mediante esta vía, ya sea aumentando la producción petrolera o por la venta del producto con altos precios internacionales, sin embargo deja nuestra economía expuesta ante la volatilidad y fluctuaciones de los mercados energéticos.

Dado la importancia estratégica para las finanzas públicas de este recurso natural no renovable, es difícil que a largo plazo se tomen decisiones con mayor certeza, por lo que la presente investigación tiene como objetivo validar la reacción esperada de la producción petrolera ante 2 variables de impacto sugeridas; la inversión en exploración y las reservas probadas. Ambas variables son propuestas por la manera en el que el gobierno logra aumentar la producción de petróleo vía inversión en exploración y el comportamiento de las reservas probadas esperadas.

La industria petrolera en nuestro país ha presentado diversos momentos en la historia, los primeros descubrimientos de petróleo en EU se reflejaron rápidamente en México en 1864, Maximiliano otorga las primeras concesiones para explotar petróleo. En 1901 se inició en forma organizada la exploración petrolera en México.

En 1911 se inició la capacidad exportadora del petróleo mexicano. En los años de la primera guerra mundial la producción petrolera mexicana se volvió una importante abastecedora del mercado mundial. La bonanza exportadora se mantuvo durante los años de 1918 a 1921; México aportaba 3% de la producción mundial (Uthoff 2008).

La producción comercial de petróleo a gran escala se inició en México a principios del siglo XX. Para 1920 existieron 80 compañías petroleras productoras y 17 exportadoras. La segunda década del siglo fue de gran actividad petrolera. La producción de crudo llegó a poco más de 193 mbd, lo cual situó a México como el segundo productor mundial.

Para la década de 1930 hubo un aumento del mercado interno del petróleo y este energético se había vuelto indispensable para el funcionamiento y desarrollo de la economía nacional varias petroleras extranjeras se establecieron en nuestro país para colocar su producción.

Las condiciones económicas cuando se expropió a la industria en el año de 1938 fueron para el desarrollo nacional, se aceleró el proceso de sustitución de importaciones se presentó un importante repunte de la industria nacional que se vincula con el desarrollo económico en el proceso de industrialización y urbanización.

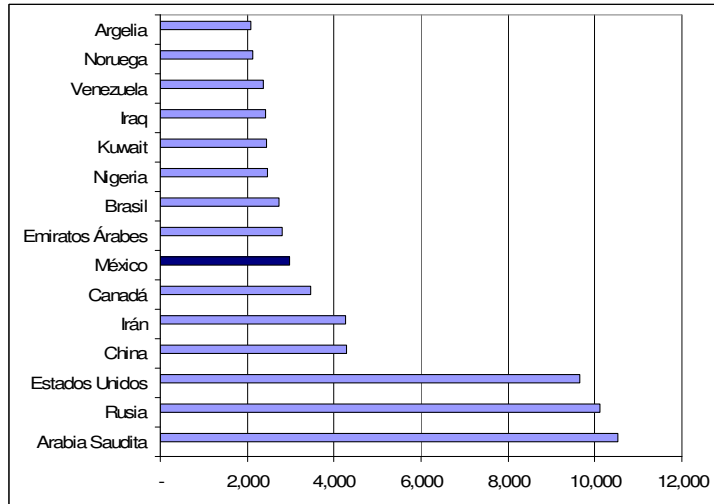
A partir de la creación de Petróleos Mexicanos (PEMEX) se inicia el amplio desarrollo de la industria que comprende, desde la exploración y la producción de petróleo y el gas, hasta la refinación y la petroquímica. PEMEX se desarrolló como una empresa pública altamente integrada para la satisfacción del consumo interno y posteriormente para la exportación.

A mediados de los años setenta existió una gran liquidez internacional, México fue un gran receptor de grandes recursos provenientes del petróleo. El recurso originó un fortalecimiento al Estado como protagonista del desarrollo nacional y al petróleo propiedad del Estado.

Después de la nacionalización. PEMEX aumentó considerablemente su producción con ayuda externa. A principios de los años 70's se hicieron grandes descubrimientos de petróleo. Estos descubrimientos en el sur y sureste del país al igual que las drásticas alzas en los precios del petróleo en 1973 y 1979, dieron a México un nuevo impulso para realizar ambiciosos programas de industrialización. Administrar la abundancia. (Tello, 2006)

El siguiente gráfico 22 muestra la producción mundial del petróleo crudo, en el cual se observa que México es uno de los principales productores, proveyendo poco más de 3% del total mundial de este hidrocarburo lo que sin duda, refleja el lugar preponderante de nuestro país de la producción y el consumo del petróleo.

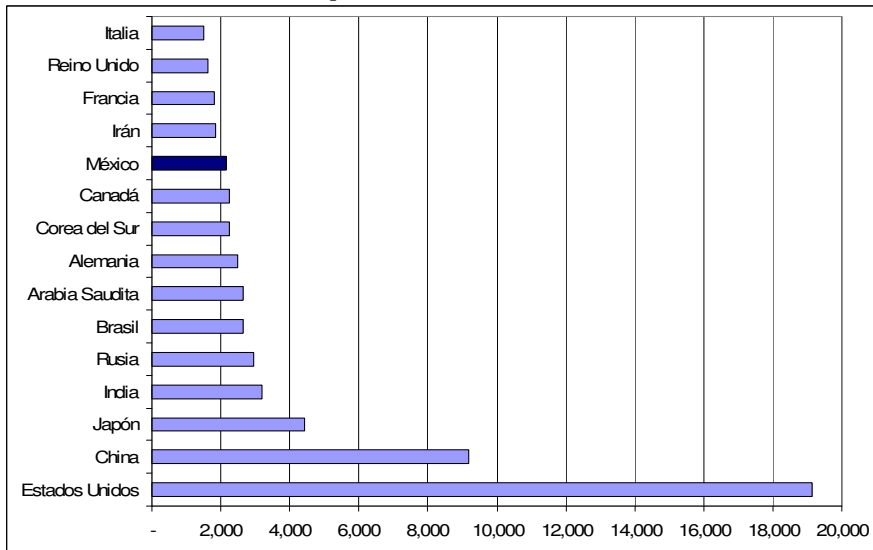
Gráfico 22
Principales Productores A Nivel Mundial
 Valores Expresados en miles de barriles diario



Fuente: Energy Information Administration, 2010.

Asimismo, surgen nuevos actores en los últimos años que han generado no solo competencia entre todos los productores, mientras dichas naciones encuentran yacimientos e incrementan sus reservas, nuestro país ha venido perdiendo posicionamiento como país principal productor. En la actualidad, el mundo consume alrededor de 87 millones de barriles diarios de petróleo en sus diferentes modalidades (Gráfico 23) fundamentalmente gasolinas. El consumo local del energético se cubre con la producción local.

Gráfico 23
Principales Consumidores de Petróleo
 Valores Expresados en miles de barriles diario

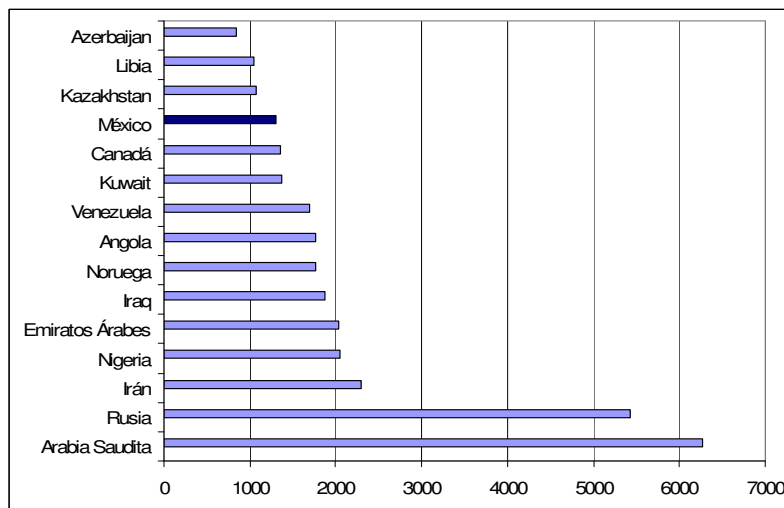


Fuente: Energy Information Administration, 2010.

Con estas perspectivas, es claro que el alto nivel de la demanda de petróleo de los Estados Unidos, que asciende aproximadamente 20 millones de barriles de petróleo al día, de la cual México suministra 1.3 millones de barriles de petróleo al día, la cual con llevan a una creciente presión sobre nuestro país, por parte de nuestros vecinos para efectuar mayores esfuerzos en la exploración e incorporación de nuevas reservas.

A partir de 1997 desde que PEMEX está organizada en un corporativo con cuatro grandes filiales: PEMEX Exploración y Producción; PEMEX Refinación; PEMEX Gas y Petroquímica Básica, y PEMEX Petroquímica aproximadamente el 80% de las exportaciones de crudo se destinan a los Estados Unidos que fue durante el sexenio de Carlos Salinas de Gortari en el año de 1995 en donde se le dotó de un corporativo y creación de cinco subsidiarias. Cabe recordar que en ese año nuestro país sufrió una severa crisis económica que para evitar incumplimientos de índole financiera, los recursos provenientes de la renta petrolera sirvieron como prenda del gobierno ante sus deudores. Las exportaciones de hidrocarburos llegaron a su nivel máximo en 2004.

Gráfico 24
Exportadores Netos de Petróleo a Nivel Mundial
 Valores Expresados en miles de barriles diario

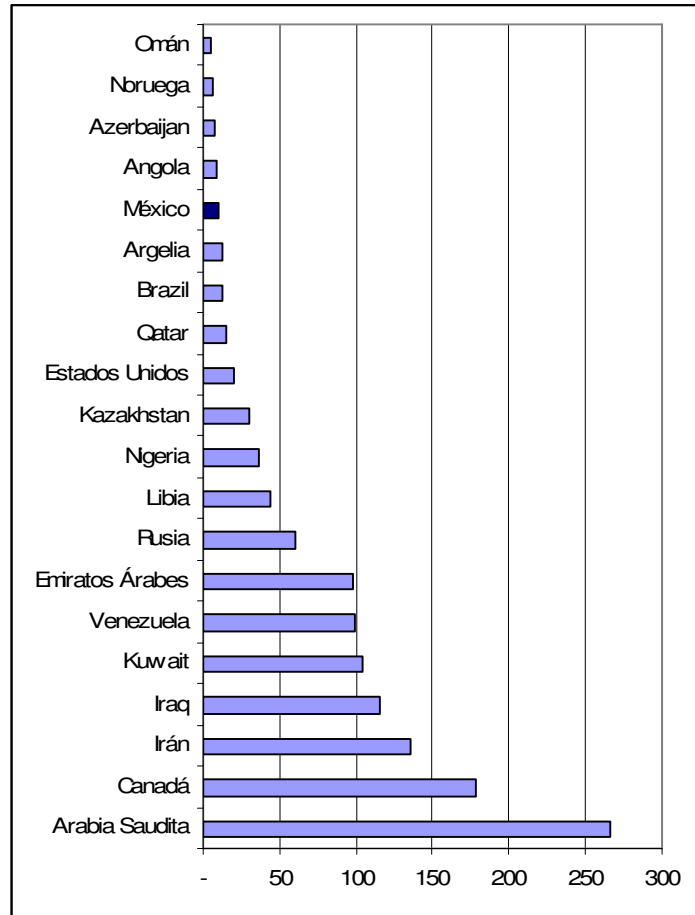


Fuente: Energy Information Administration, 2010.

Al final del año 2009, las reservas totales probadas de petróleo en el mundo ascendieron a 1,341.57 miles de millones de barriles de petróleo. México cuenta con 10.5 miles de millones de barriles, 0.78% de la existencia mundial. Son las terceras reservas en Norteamérica, frente a las 20.68 miles de millones de barriles de los Estados Unidos y 178.09 miles de millones de barriles de Canadá. Son también inferiores en América Latina, a las de Brasil que alcanzan los 12.62 mil millones de barriles y Venezuela que alcanzan 99.38 mil millones de barriles.

En el mundo destacan por su importancia las reservas de Arabia Saudita que alcanzan 266.71 miles de millones de barriles; en segundo término, las de Irán con 136.15; Irak con 115.0 y Kuwait con 104. Estos cuatro países poseen, en 2009, 46 % del total mundial. El siguiente gráfico muestra la distribución de reservas y la posición de México a nivel mundial.

Gráfico 25
Reservas Probadas Mundiales por país
 Valores Expresados en miles de millones de barriles



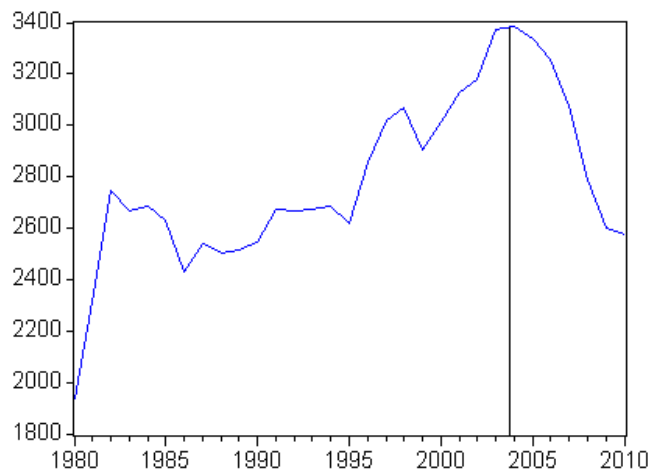
Fuente: Energy Information Administration, 2010.

La información estadística que proporciona el Sistema de Información Energética la relación de reservas-producción para reservas probadas se redujo de 21.4 a menos de 10 años. Las reservas probadas de petróleo crudo al 31 de diciembre de 2009 ascendieron a 10.5 miles de millones de barriles. Las reservas probadas cayeron 63% en el periodo 2000 - 2009. Con las reservas probadas de crudo actuales la vida promedio es menos de 9 años. La tendencia parece irreversible. Éste es uno de los resultados de haber utilizado durante décadas la renta petrolera para financiar el gasto público, sin haber efectuado las inversiones necesarias para el pleno desarrollo de la actividad de la industria petrolera.

A raíz del descubrimiento del campo de Cantarell (año 1971) y de cara a la profunda crisis fiscal del Estado mexicano, la gran producción petrolera y el elevado volumen de las exportaciones de crudo se destinan a la recaudación de ingresos fiscales para el gobierno federal. La dependencia excesiva de los ingresos petroleros por parte del fisco hace vulnerables los ingresos fiscales gubernamentales ante la caída de los niveles de producción.

En la siguiente gráfica se observa en los años de estudio la tendencia de la producción petrolera. En el que en 2004 alcanzó su máximo de producción con más de 3.3 millones de barriles diario (mdb). Posteriormente a partir del año 2007 se observa una caída en la producción, esto se debe principalmente a la declinación natural del principal yacimiento del país Cantarell.

Gráfico 26
Producción de Petróleo Crudo mdb 1980-2010



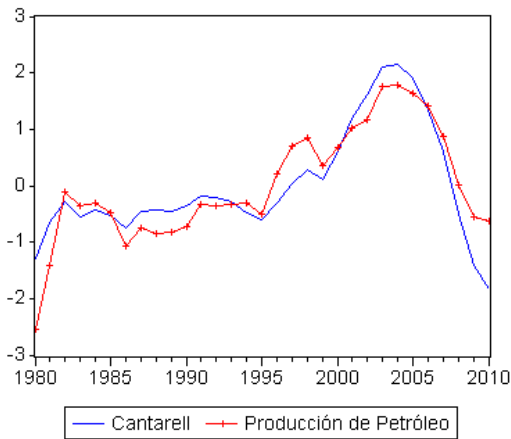
Fuente: Memorias de Labores PEMEX.

En el gráfico 27 con datos normalizados, se compara la tendencia de la producción de petróleo con respecto al yacimiento de Cantarell lo que refleja la importancia y el peso que ha tenido este enorme yacimiento para la producción total. En los últimos 30 años, el campo petrolero de Cantarell definió el perfil de la producción de petróleo. En 2005 todavía representó 60% de la producción nacional. En 2006 la producción fue de 1.8 mdb (millones de barriles diarios). Su máxima producción fue de 2.2 mdb en 2004. La declinación natural empieza en 2007, a 1.6 mdb y se espera una mayor declinación para los años siguientes.

Esta disminución se explica en buena medida por el agotamiento del mayor yacimiento con que se cuenta actualmente: Cantarell. En marzo de 2007, Cantarell contribuyó con 50% de la producción total del crudo en México. Aunque sigue siendo la fuente más importante, su rendimiento ha caído en más de 26% en sólo dos años.

En febrero de 2005, este yacimiento aportaba más de 64% de la producción nacional de crudo (2.15 millones de barriles diarios). Para marzo de 2007, su plataforma disminuyó en 568 mil barriles diarios y se espera que la producción para este año, promedie alrededor de 1.53 mdb. Para el 2008, bajó hasta 1.37 millones de barriles diario, lo que representa una disminución mayor a 10% en tan sólo un año.

Gráfico 27
Producción de Petróleo vs. Cantarell 1980-2010
 - datos normalizados -
 Valores Expresados en %



En siguiente gráfico de dispersión se muestra la gran correlación y la tendencia positiva que existe entre la producción de petróleo del país vs. la producción del yacimiento de Cantarell para los años del periodo de estudio.

Estadísticamente se valida con el coeficiente de Pearson 0.84 (0.039).

Gráfico 28
Producción de Petróleo vs. Cantarell 1980-2010
 Valores Expresados en miles de barriles diario

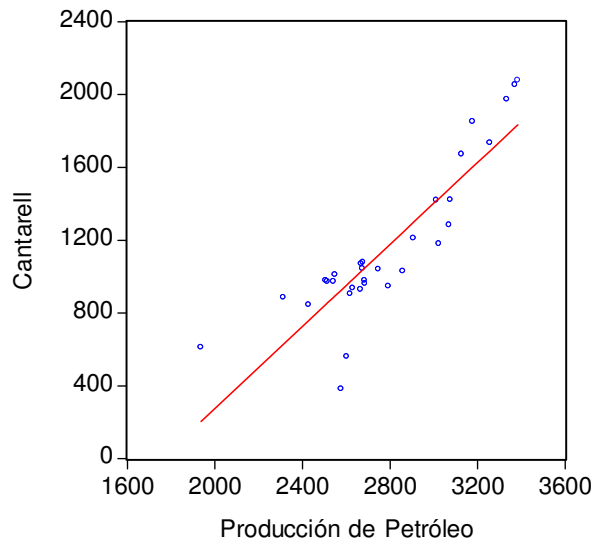


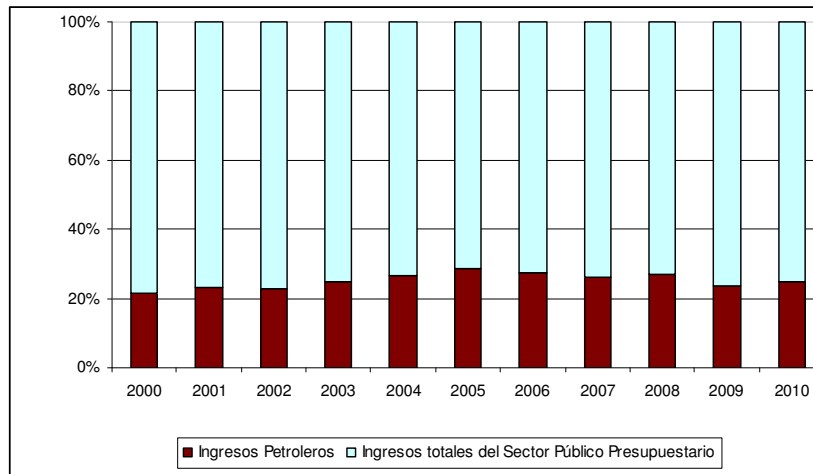
Tabla 1. Coeficiente de Correlación de Pearson

	Valor	Probabilidad
Pearson X ²	0.84	0.039

El entorno para los países productores pareciera alentador, por la gran entrada de divisas provenientes de la venta del producto al exterior. Sin embargo el petróleo ha hecho al sector público dependiente de los recursos que proveía la industria, particularmente con el régimen fiscal a PEMEX.

Desde mediados de la década de los años 70, México ha sido cada vez más dependiente de los ingresos generados por la industria petrolera para el financiamiento del sector público. En el Gráfico 29 se observa que los ingresos petroleros han aumentado en porcentaje con respecto a los ingresos del sector público. En la actualidad el petróleo representa la segunda entrada de divisas para la economía mexicana.

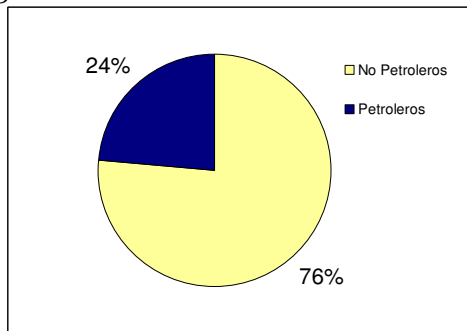
Gráfico 29
Ingresos Petroleros en el sector público presupuestario



Fuente: Informe sobre la situación económica, las finanzas públicas y la deuda pública de 2000 a 2010.

Con datos al primer trimestre del año 2011 representa 24% del presupuesto del gobierno federal, (Gráfico 30) lo que muestra una alta importancia del tema para las finanzas gubernamentales. Sin embargo, las finanzas públicas al depender del ingreso de esta variable altamente volátil, es difícil que a largo plazo se tomen decisiones con certeza, por lo que la presente investigación plantea el siguiente problema de estudio. La reacción esperada de la producción petrolera ante la inversión en exploración y el comportamiento de las reservas probadas.

Gráfico 30
Ingresos Tributarios Enero-Marzo 2011



Fuente: Centro de Estudios de Finanzas Públicas (CEFP) Primer Trimestre de 2011.

Hacer una proyección de los ingresos petroleros y calcular de una manera precisa la disponibilidad de recursos para el presupuesto es un tema estratégico para el gobierno. Los ingresos petroleros son sumamente volátiles debido al mercado energético y la disponibilidad de las reservas probadas (Gurvich *et al*, 2009). Como se ha observado en años de estudio la volatilidad de los ingresos ha provocado épocas de gran bonanza en las arcas gubernamentales, situación que en los últimos años ha hecho que el gasto gubernamental sea superior al autorizado por la Cámara de Diputados.

Las condiciones del mercado rigen tanto la demanda como la oferta y los precios a pagar del producto, sin embargo, en la última década se han presentado altos precios internacionales (cuadro 5), una demanda que permanece constante y la oferta cubierta por los países productores. La oferta del petróleo nacional ha disminuido sin poder tener altas tasas de reposición en las reservas habiendo obtenido altos recursos por la renta petrolera. El gobierno no necesita ser el agente financiero que proporcione la inversión necesaria para este desarrollo, pero sí requiere ser el facilitador, el regulador y el promotor de la inversión para la nueva política energética nacional.

Cuando los recursos petroleros son menores a los estimados, el gasto se recorta, lo que muestra a nuestra economía expuesta a la volatilidad y fluctuaciones de los mercados energéticos. En los últimos años se han obtenido ingresos excedentes provenientes de la renta petrolera como se puede validar en el Cuadro 5, y esto se explica principalmente a que el precio internacional de la mezcla mexicana del petróleo se ha cotizado muy por encima del precio proyectado anualmente de lo estimado y no por el aumento en la producción de petróleo.

Cuadro 5
Precio de referencia vs. precio promedio observado de la mezcla mexicana

<i>Año</i>	<i>Precio de Referencia</i>	<i>Precio Observado *</i>	<i>Variación %</i>
2000	16	24.79	55%
2001	18	18.61	3%
2002	15.5	21.52	39%
2003	18.35	24.78	35%
2004	20	31.05	55%
2005	27	42.71	58%
2006	36.5	53.04	45%
2007	42.5	61.64	45%
2008	46.6	84.38	81%
2009	80.3	57.40	-29%
2010	53.9	72.33	34%

* Promedio Anual Mezcla Mexicana

Fuente: Criterios Generales de Política Económica, varios años.

De acuerdo a la cuadro 5, el precio referencia, exceptuando en 2001, estuvo muy por debajo del precio que se observó en los mercados petroleros. Esto se debió a que la Secretaría de Hacienda subestimó el precio de la mezcla mexicana del petróleo al momento de elaborar la Ley Federal de Ingresos y el Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF), ya que resulta más fácil distribuir los recursos adicionales durante el ejercicio fiscal que recortar el gasto por debajo de las metas presupuestarias previstas en el PEF.

El resultado directo de esta forma de estimar los ingresos petroleros fue que todo el excedente obtenido, que no estaba etiquetado en el presupuesto, fue distribuido de forma discrecional por el Ejecutivo. La Cámara de Diputados no fungió como contraparte en cuanto a la decisión sobre el destino final de los recursos, los vacíos que presentaba la LPCGP se intentaron cubrir con el Decreto del Presupuesto de Egresos de la Federación, ya que éste incorporaba los lineamientos de distribución de los ingresos excedentes. Sin embargo, su validez temporal restringió la capacidad de planeación en un marco económico de mediano plazo, lo cual ocasionó que el ejercicio del gasto en los años subsecuentes fuera incierto.

Antes de abril del año 2006, estaba en vigor la Ley de presupuesto, contabilidad y gasto público (LPCGP), la cual señalaba que el Ejecutivo tenía la facultad de distribuir los recursos excedentes en los programas que considerara convenientes, es decir, que se le otorgaba facultades discrecionales. Sin embargo, existieron vacíos como mecanismos de transparencia y rendición de cuentas para el ejercicio y distribución de los recursos adicionales. Por lo que en abril de 2006 se aprobó la Ley de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria (LPRH), en la cual se tiene una mayor certeza en cuanto al destino final de los ingresos excedentes.

CAPÍTULO II

ANÁLISIS DE LOS DETERMINANTES DEL PETRÓLEO

A. DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE DE ESTUDIO

Para explicar el comportamiento del petróleo con base en los determinantes bajo el enfoque de la teoría económica y de la OPEP se lleva a cabo un análisis desde la perspectiva determinística de las series de tiempo. En el análisis clásico de una serie de tiempo la sucesión de sus elementos de 1 hasta n periodos, y puede ser expresado como una suma o un producto de cuatro componentes (Pepió Viñals, 2001). Este enfoque consiste en descomponer la serie en sus principales componentes que son:

- Tendencia, o movimiento regular de la serie a largo plazo.
- Ciclos, que son fluctuaciones a medio plazo en torno a la tendencia, cuyo periodo y amplitud presentan cierta regularidad.
- Componente estacional, u oscilaciones a corto plazo de periodo regular, inferior o igual a un año, y amplitud regular.
- Componente Irregular, que es la parte residual de la serie cuando se eliminan las componentes anteriores.

De acuerdo a Otero(1993) el análisis de una serie de tiempo se puede revisar a través de tres modelos básicos para descomponer una serie, facilitando con ello su análisis e interpretación a nivel estadístico como económico. En este sentido, se presentan a continuación los tres modelos:

1. Bajo el modelo aditivo:

$$Y_t = T_t + C_t + E_t + I_t \quad (2.1)$$

2. Bajo el modelo multiplicativo:

$$Y_t = T_t \cdot C_t \cdot E_t \cdot I_t \quad (2.2)$$

3. Bajo el modelo mixto:

$$Y_t = T_t(1 + C_t)(1 + E_t) + I_t \quad (2.3)$$

Sea:

Y_t = Serie Temporal
 T_t = Tendencia
 C_t = Ciclo
 E_t = Componente Estacional
 I_t = Irregularidades

Para construir un modelo, teniendo la relación causal se deberá especificar la forma en que existe la relación y si está se sustenta en alguna teoría (Pepió Viñals, 2001). Aplicando diversas metodologías econométricas se obtendrán el grado en que la variable estudiada es afectada por otras que están relacionadas. Para realizar este tipo de análisis existen diferentes escuelas y técnicas en econometría.

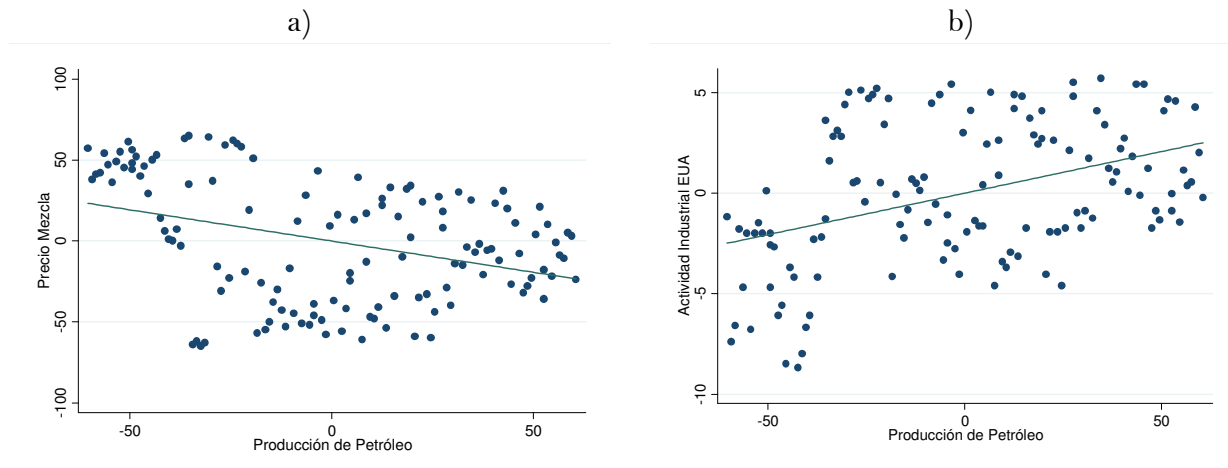
Una de las escuelas es la London School, la cual crea modelos por medio de causa y efecto parte de un modelo general a uno particular. La escuela de Chicago por su parte crea los modelos basándose en la teoría económica y parte de un modelo particular a uno general. (Loría, 2007)

Para llevar a cabo lo anterior, los posibles determinantes propuestos en dicha investigación por el lado de la demanda de la producción de petróleo con el signo esperado en el modelo funcional son:

DETERMINANTES DE LA DEMANDA	
Variable	Correlación
Producción de petróleo crudo	(+)
Exportación mezcla mexicana	(+)
Consumo EUA	(+)
West Texas Intermediate	(-)
Precio Mezcla Mexicana	(-)
Tasa Fondo Fed	(+)
Actividad Industrial EUA	(+)
IGAE	(+)

La correlación se obtiene de acuerdo a la teoría económica. En el gráfico 31 panel a) se muestra la relación entre la producción de petróleo y el precio de la mezcla, se valida el signo esperado en el que es negativa la correlación, se entiende entre más alto el precio habría menor demanda. Por otro lado, en el panel b) se muestra cómo la actividad industrial incide de manera positiva la producción de petróleo. Lo que se validan los signos esperados con la teoría.

Gráfico 31

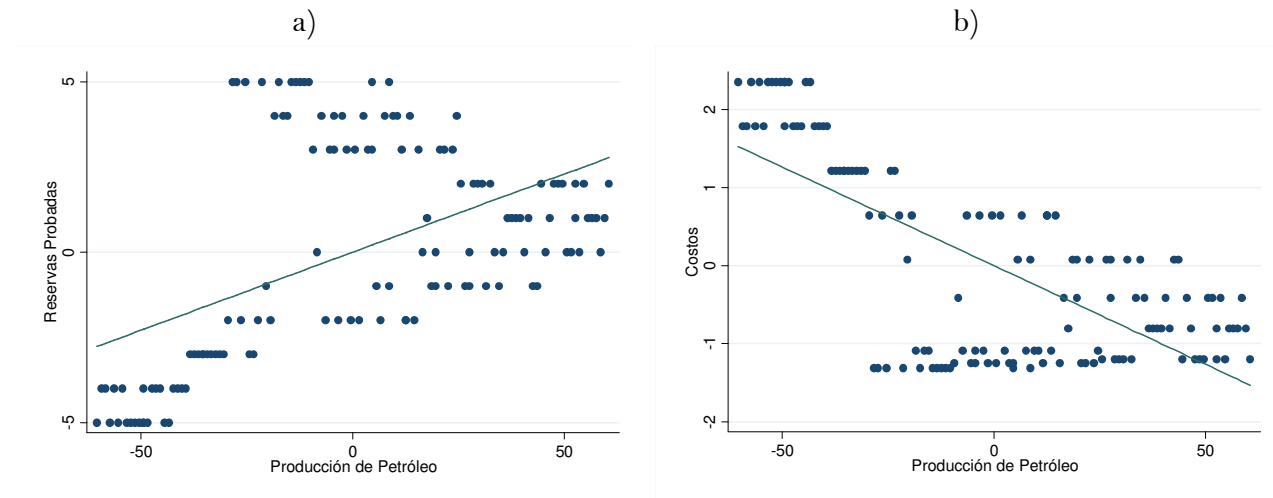


Por el lado de la oferta, los determinantes propuestas en la investigación, con sus respectivos signos esperados en el modelo funcional son:

DETERMINANTES OFERTA	
Variable	Correlación
Producción de petróleo crudo	(+)
Inversión Exploración y Producción	(+)
Pozos productores	(+)
Reservas probadas	(+)
Reservas probables	(+)
Reservas posibles	(+)
Costo de transporte	(-)
Costo de descubrimiento y desarrollo	(-)
Costo de producción	(-)

En el gráfico 32 panel a) se muestran la correlación de la producción de petróleo *vs.* las reservas probadas la cual valida la teoría, entre más reservas se dispongan, mayor sería la oferta de producción de petróleo. Por otro lado, en el panel b) muestra entre mayores costos incurridos la oferta de producción de petróleo tendría que disminuir. Lo cual se validan los signos esperados con la teoría.

Gráfico 32



La base del trabajo está presentada con información obtenida en el Sistema de Información Energética (SIE). Estadísticas de Memoria Laborales de PEMEX. En el sitio de U.S. Energy Information Administration y la Agencia Internacional de energía, se obtuvieron el Precio de referencia de petróleo crudo West Texas y el precio del petróleo de la mezcla mexicana. La tasa de fondeo de la reserva federal de los Estados Unidos (FED) y el Producto Interno Bruto de EUA en el sitio US Bureau of Labor Statistics. El Indicador Global de la Actividad Económica del INEGI.

En el cuadro 6 se muestran los estadísticos descriptivos de los posibles determinantes de la demanda de las variables seleccionadas para el presente trabajo. En donde se observa que el máximo de la variable de estudio es de 3.445 millones de barriles diario, en el año 2004. El mínimo de 2,519 lo alcanzó en el año 2010. De acuerdo a la prueba de Jarque-Bera aquellas variables que presentan una distribución normal son: Actividad Industrial de EUA, Consumo de EU de petróleo, Exportación a EU.

Cuadro 6
Análisis estadísticos descriptivos determinantes de demanda

	Actividad Industrial EUA	Precio Mezcla Mexicana	TASA Fed	IGAE	Producción Petróleo	Consumo EUA Petróleo	Precio West Texas	Exportación a EUA
Media	95.21	43.99	2.76	107.19	3,076.05	19,959.72	52.95	1,304.07
Mediana	95.16	38.43	2.01	106.00	3,151.00	19,943.00	48.46	1,329.00
Máximo	100.91	120.25	6.54	122.60	3,455.00	21,666.00	133.93	1,736.00
Mínimo	86.50	14.29	0.11	91.90	2,519.00	17,839.00	19.33	847.00
Desv. Est	3.56	23.38	2.06	8.09	282.88	782.23	25.76	173.52
Sesgo	(0.28)	0.93	0.34	0.16	(0.55)	(0.28)	0.91	(0.21)
Kurtosis	2.36	3.38	1.73	1.80	2.04	2.50	3.50	2.47
Jarque-Bera	3.81	19.52	11.10	8.22	11.57	2.97	19.15	2.43
Probabilidad	0.15	0.00	0.00	0.02	0.00	0.23	0.00	0.30
Suma	12,282	5,674	356	13,828	396,811	2,574,804	6,831	168,225

Fuente: Elaboración Propia

En el cuadro 7 se presentan los estadísticos descriptivos de los posibles determinantes de la oferta. Las únicas variables que muestran una distribución normal de acuerdo al estadístico Jarque-Bera son: costo de descubrimiento y los pozos de producción.

Cuadro 7
Análisis estadísticos descriptivos determinantes de oferta

	Costo Descubrimiento	Costo Producción	Costo Transporte	Pozos de Producción	Reservas Probadas	Reservas Probables	Reservas Posibles	Inversión en Exploración
Media	6.95	4.26	4.94	107.26	18,475.68	17,065.81	13,243.77	117,537.50
Mediana	8.07	4.25	4.58	110.00	17,649.80	15,836.10	13,428.20	150,763.00
Máximo	11.81	6.04	7.35	184.00	25,070.40	21,285.20	14,846.00	236,495.00
Mínimo	3.16	3.16	3.69	38.00	13,992.10	14,236.60	10,251.04	20,000.00
Desv. Est	2.65	0.80	1.22	40.38	3,667.33	2,605.68	1,470.71	91,027.75
Sesgo	(0.19)	0.71	0.64	(0.06)	0.44	0.77	(0.69)	0.07
Kurtosis	2.28	2.69	2.00	2.18	1.87	1.88	2.30	1.25
Jarque-Bera	3.53	11.44	14.05	3.68	11.06	19.53	13.04	16.60
Probabilidad	0.17	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00
Suma	896	549	637	13,837	2,383,363	2,201,490	1,708,447	15,162,332

Fuente: Elaboración Propia

A continuación se presentan las correlaciones entre los determinantes sugeridos en la presente investigación en donde se validan los signos propuestos en el modelo. Se muestran datos interesantes para saber que tanto podrían explicar las variables seleccionadas a la producción petrolera mediante su correlación.

PPETRO	Producción de Petróleo
AIUSD	Actividad Industrial de EUA
CAMMIX	Precio de la Mezcla Mexicana
FED	Tasa Fed
IGAE	IGAE
PUSAC	Consumo de petróleo de EUA
WTXI	West Texas Intermediate
XPROD	Exportación mezcla mexicana
COSTD	Costo de descubrimiento y desarrollo
COSTP	Costo de producción
COSTT	Costo de transporte
EPERF	Pozos productores
IPEP	Inversión Exploración y Producción
RP1	Reservas probadas
RP2	Reservas probables
RP3	Reservas posibles

En primer lugar los precios tanto del West Texas como el de la mezcla mexicana, tienen una correlación negativa que valida la teoría económica y los signos del modelo propuesto. Las variables con más alta correlación en la producción de petróleo son las exportaciones a EUA (0.83), y el consumo de los EUA del petróleo. El dato del IGAE es la única variable que no valida el signo con el modelo propuesto.

Tabla 2. Matriz de Correlación Determinantes de la Demanda

	PPETRO	AIUS	CAMMIX	FED	IGAE	PUSAC	WTXI	XPROD
PPETRO	1.00	0.47	(0.55)	0.28	(0.45)	0.70	(0.47)	0.83

En cuanto a la correlación de la producción de petróleo con los determinantes de la oferta. Los costos tienen el signo de acuerdo a la teoría económica y al modelo propuesto. Para el caso de los pozos en producción y la inversión en exploración y producción no coinciden con la teoría económica, esto se puede explicar principalmente a la validación de que ambas variables no están siendo significativas estadísticamente.

Tabla 3. Matriz de Correlación Determinantes de la Oferta

	PPETRO	COSTD	COSTP	COSTT	EPERF	IPEP	RP1	RP2	RP3
PPETRO	1.00	0.05	(0.69)	(0.77)	(0.40)	(0.64)	0.44	0.28	(0.43)

A continuación se muestra la descomposición de las series en niveles de 5 variables seleccionadas. En donde se observan que no son estacionarias, todas presentan varianza con respecto a su media, y dependencia en el tiempo.

Gráfico 33 Producción de Petróleo

La producción de petróleo siendo la variable a explicar en el modelo, muestra una serie con tendencia a la baja a partir de los años seleccionados. Lo cual valida una declinación natural siendo un recurso no renovable. A pesar de haber tenido su mayor producción en el año 2004, a partir de ese año la declinación ha sido acelerada sin lograr revertir una tendencia a la alza.

En el panel b) se observa la estacionalidad mensual. Los primeros 5 meses del año la producción muestra una tendencia lateral, pero a partir del segundo semestre del año se muestran movimientos abruptos, en el que las alzas coinciden justamente en los trimestres en el que vencen los contratos de futuros, cabe hacer mención que los contratos de futuros tienen un vencimiento de 3 meses, siendo septiembre el que muestra la mayor alza, lo cual puede explicarse por los pedidos anticipados al cierre del año.

En el panel c) se obtuvieron con los datos desde que tiene registro el Sistema de Información Energética (SIE) si acotamos a 5 años los ciclos en el periodo de 1990 a 2010, se observan los ciclos estacionales, en donde el mayor boom de producción se obtuvo de los años 2000 al 2005, pero a partir del 2006 al 2010 se ha tenido la mayor declinación en el ciclo. Finalmente en el panel c) se observan las irregularidades de la variable, en dónde las irregularidades a la baja son las más frecuentes, particularmente en el año 2001(ataque a las torres gemelas), 2005 (año posterior a la máxima producción) y 2007 (comienzo de crisis *subprime*).

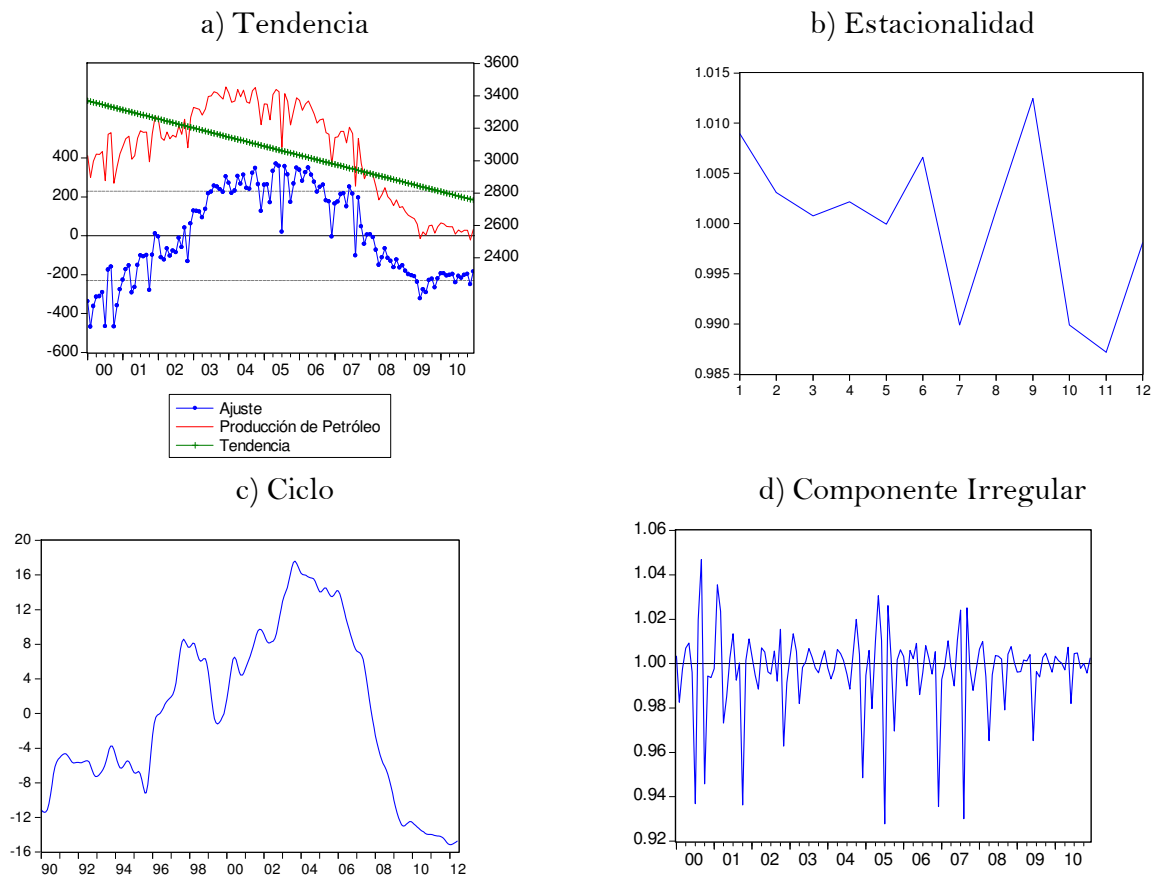


Gráfico 34 Consumo de Petróleo en EUA

En el panel a) el consumo de petróleo en EUA muestra una tendencia muy suavizada a la baja. Y si se observa en el panel c) el ciclo muestra movimientos de alza y baja abruptos, por lo que dichos movimientos se asocian a los ciclos económicos del país. El consumo de petróleo es indispensable para la transformación y generación de otras energías y productos. De año 2003 al 2007 muestra una tendencia alcista con movimientos laterales, explicado por la guerra en países como Irak y Afganistán, a partir del año 2007 el consumo se vio disminuido explicado por la recesión en el que EUA estuvo por 3 meses por la crisis *subprime*. A finales de 2009 se revierte la tendencia a la alza esto se explica por los estímulos monetarios que realizó la FED.

En el panel b) se muestra gráficamente el índice estacional del consumo en donde los primeros 5 meses muestran movimientos laterales e inclusive a la baja. Pero a partir del segundo semestre particularmente en los meses de junio, agosto y diciembre aumenta el consumo. Estos meses coinciden con el vencimiento de los contratos de futuros.

En el panel c) se muestran las irregularidades de la variable, habiendo más irregularidades hacia la alza, a la baja se observa para el año 2008 un punto aberrante explicado por la crisis *subprime*.

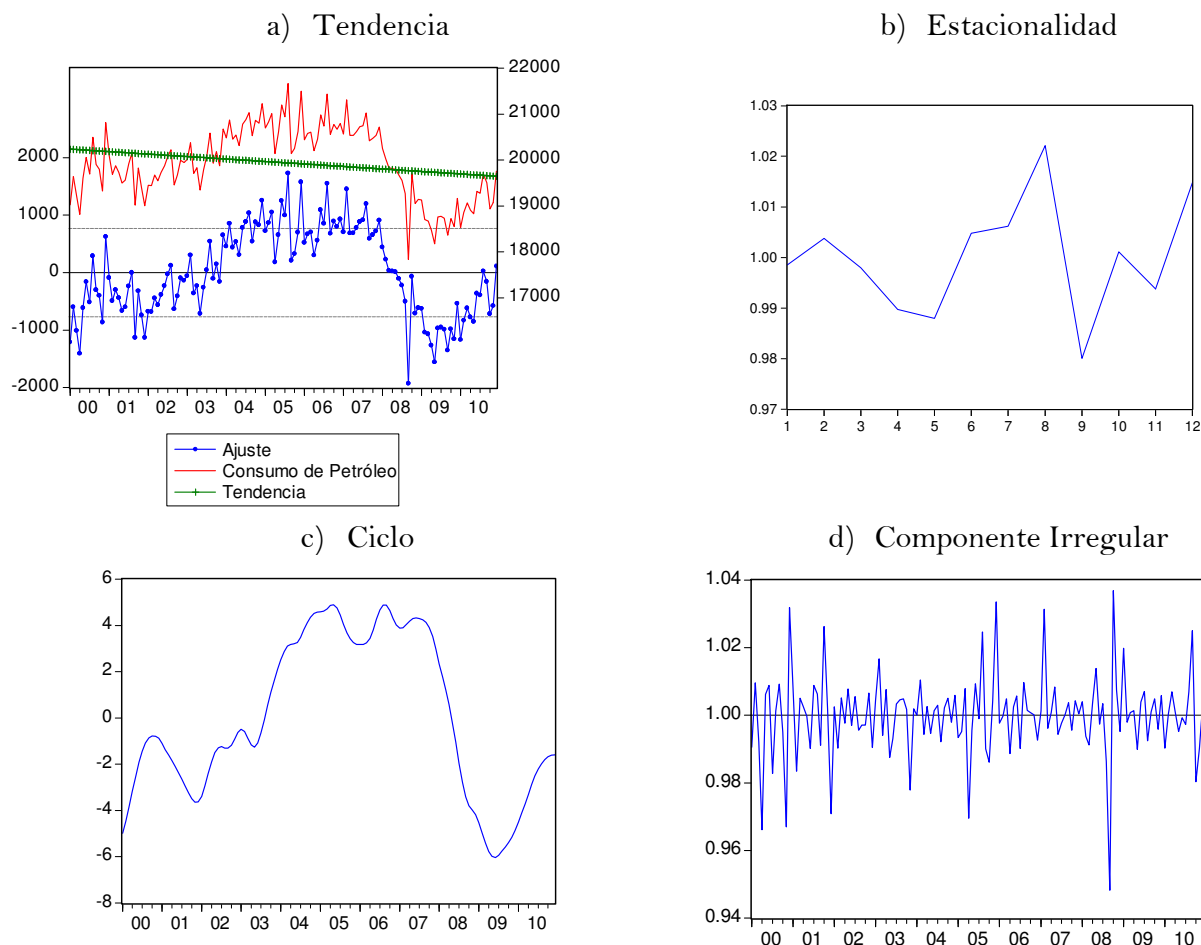


Gráfico 35

Precio Mezcla Mexicana

El precio de la mezcla mexicana es una serie de tiempo muy volátil, pero con una clara tendencia alcista. En el panel a) se observa como a partir del año 2007 se detonó su tendencia a la alza, siendo en el año 2008 su precio máximo, año en el que estando en crisis los agentes económicos se refugiaron en activos como el petróleo, oro. Pero a partir del año 2009 el precio baja explicado por los factores económicos que afectaron el consumo del petróleo.

En el panel b) el índice estacional podría explicarse a través de una función cuadrática, en el que se explica que en los meses de julio y agosto se tiene un máximo cuando los agentes ajustan sus posiciones de consumo y comercia para el resto del año. En el panel c) el ciclo es muy marcado en periodos de auge y recesión económica, a partir de inicios del año 2001 en donde el ciclo económico se vio afectado por los ataques del 11 de septiembre el consumo y por ende el precio fueron a la baja. Pero a partir de 2004 al 2007 en donde la política monetaria aplicada por EUA fue laxa el ciclo tiende a la alza.

En el panel c) las irregularidades en los precios son marcadas por las decisiones de los agentes conforme a los ciclos económicos, en el año 2004 que fue la mayor producción de petróleo en México a su vez alcanzó el mayor precio, a partir del año 2009 el precio se ajustó a la baja derivado de la crisis *subprime* reflejado en la gráfica de las irregularidades.

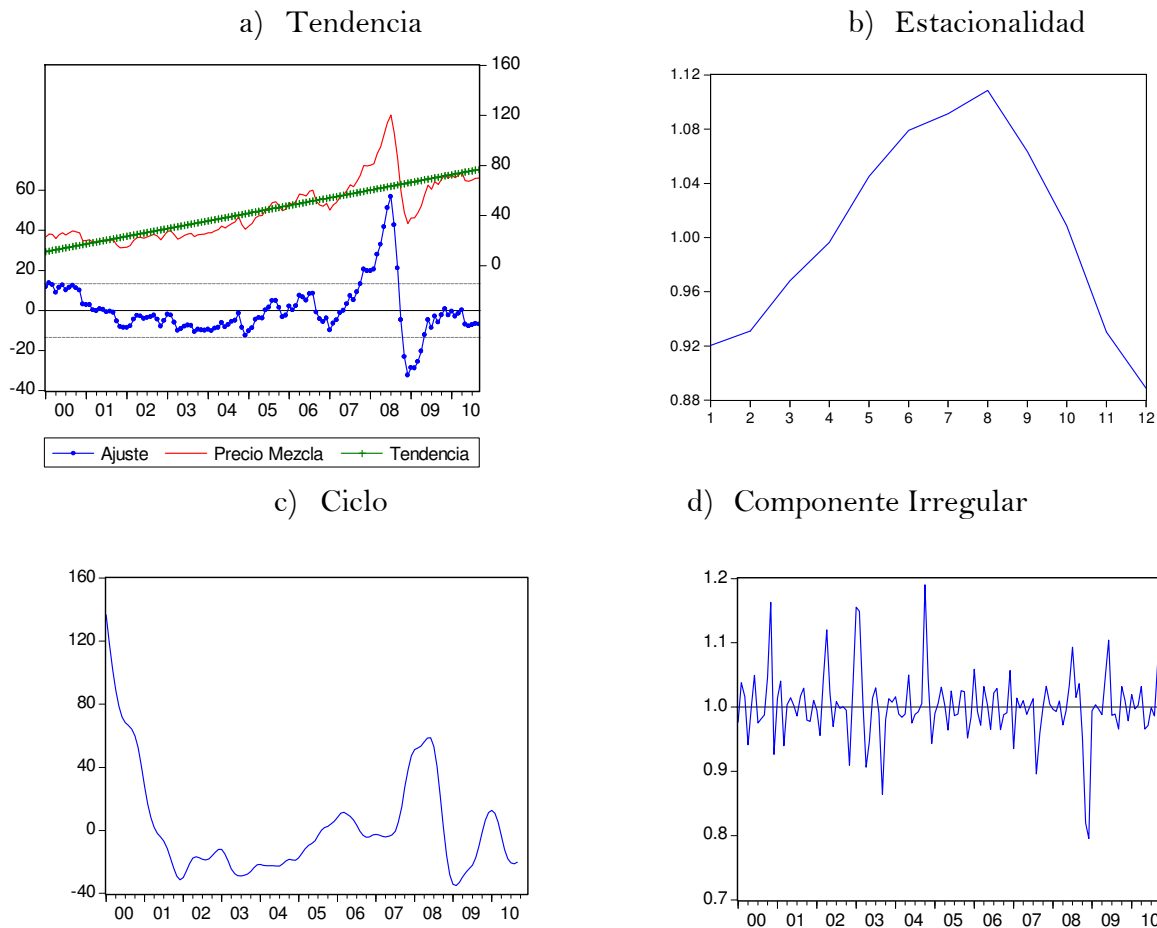


Gráfico 36

Actividad Industrial EUA

La variable de la actividad industrial de EUA en el panel a) presenta una tendencia suavizada a la baja, pero en el panel c) se compara con un ciclo marcado por el comportamiento de la economía de EUA. En el año 2000 se venía de un superávit comercial posterior en el 2001 baja la actividad industrial, revirtiendo la tendencia desde los años 2003 al 2007, (años en el que se estuvo la invasión a Irak y Afganistán), posterior en 2009 derivado de la crisis *subprime* la tendencia es a la baja.

En el panel b) se muestra el índice estacional, en dónde cada trimestre se acelera la actividad industrial. En el panel c) las irregularidades reflejan los puntos aberrantes en el ciclo económico por ejemplo a finales del año 2008 se muestra a la baja la actividad industrial derivado de la crisis *subprime*.

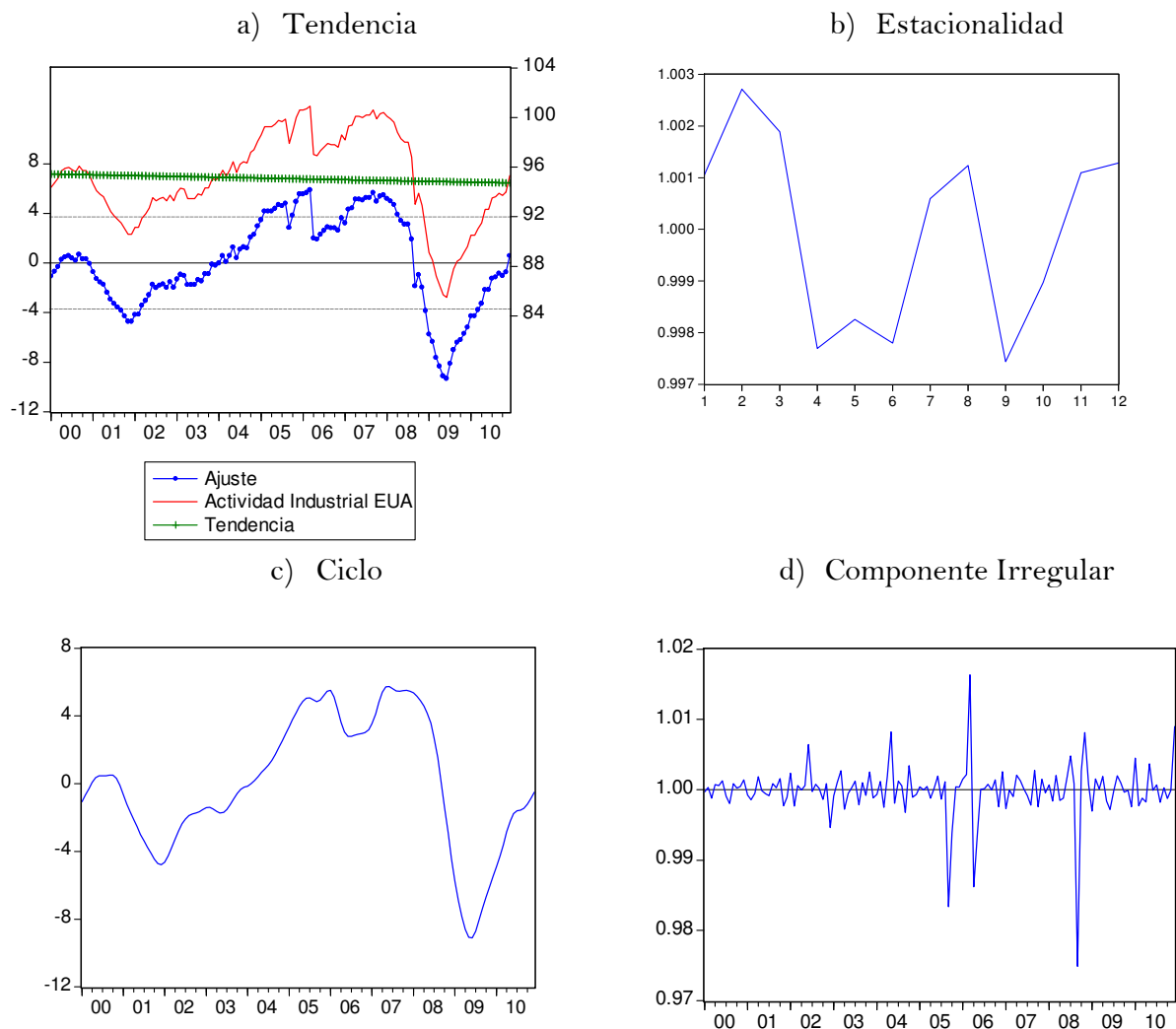
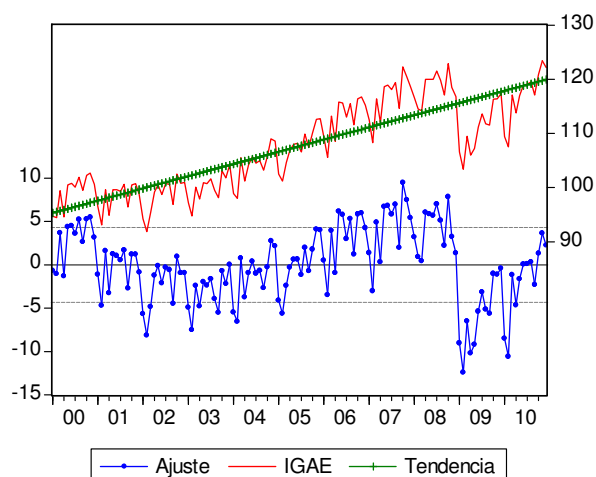


Gráfico 37

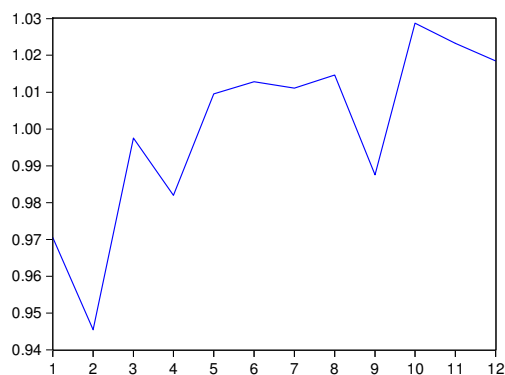
IGAE

La variable del IGAE se muestra con frecuencia mensual y replica el comportamiento del PIB de nuestro país. En el panel a) la tendencia es a la alza. Pero marcada por momentos estacionales como gráficamente se muestra en el panel b) en donde en los meses de los trimestres hay mayor actividad económica. El ciclo económico mostrado en el panel c) podría interpretarse oscilatorio cada 5 – 6 años, validado gráficamente en el panel d) por las irregularidades, lo cual también muestra que por cada irregularidad abrupta hacia la baja de la variable el ajuste hacia la alza es inmediato.

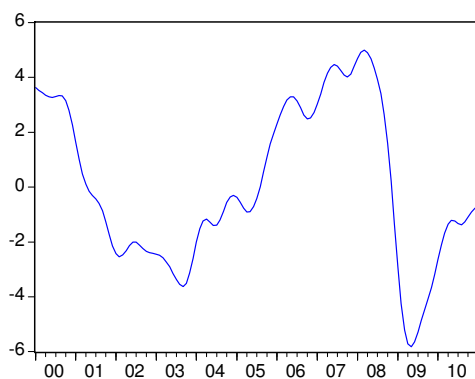
a) Tendencia



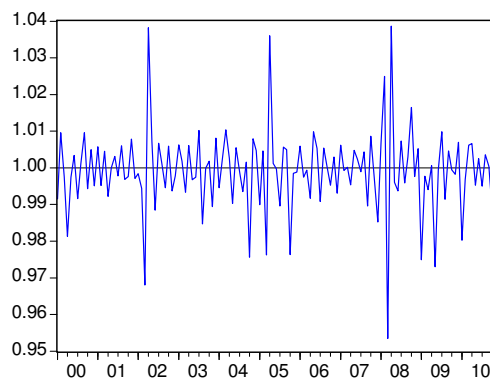
b) Estacionalidad



c) Ciclo



d) Componente Irregular



B. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

Con base en el autor Dallas (2008) la técnica de análisis de componentes principales puede ser revisada a partir del análisis multivariado el cuál comprende a un conjunto de métodos estadísticos cuya finalidad es analizar simultáneamente diversas variables medidas para cada individuo u objeto estudiado. Los datos multivariados se generan cuándo a un mismo individuo se le mide más de una característica de interés.

El objetivo de las técnicas de estadística multivariada es simplificar o relacionar la información. La simplificación es interpretar y visualizar conjuntos grandes de datos, tanto de individuos como en variables a partir de su simplificación o reducción. La relación es encontrar relaciones entre variables, entre individuos o ambos.

De acuerdo a Dallas (2008) existen diversas técnicas de análisis multivariado como: análisis de conglomerados, análisis de correspondencias, escalamiento multidimensional, análisis de componentes principales, análisis discriminantes, análisis factorial, análisis de conglomerados, etcétera. En dichas técnicas se analizan a las variables simultáneamente, en las que no hay distinción entre variables dependientes o independientes.

El análisis de componentes principales es una técnica estadística de síntesis de la información, o reducción de la dimensión. El objetivo es reducir o tomar en cuenta a un menor número de variables que serán una combinación lineal de todas las variables originales, independientes entre sí y se buscará perder la menor cantidad de información posible.

Tiene sentido con altas correlaciones entre las variables, esto indica que existe información redundante. La importancia de este análisis radica en la interpretación de los factores obtenidos mediante la reducción de la dimensión y serán deducidos y contrastados mediante análisis con las variables originales.

La selección de los factores se realiza de tal manera que el primer componente recoja la mayor proporción posible de la variable original; el segundo factor recoge la máxima variabilidad posible no recogida por el primer factor y así sucesivamente. De tal forma, que se elegirán aquellos que capturen la mayor varianza.

Cuando se seleccionan los componentes principales, se presentan en forma de matriz. En donde cada elemento representa los coeficientes factoriales de las variables.

Para que un factor sea fácilmente interpretado debe tener las siguientes características:

- Los coeficientes factoriales deben ser próximos a 1
- Una variable debe tener coeficientes elevados sólo con un factor
- No deben existir factores con coeficientes similares

Cuando se quiere estudiar un fenómeno se trata de medir el mayor número de variables relacionadas con este fenómeno. Al hacer esto, se obtiene información redundante, contenida en varias variables, por lo que se encontrarán variables correlacionadas y se caerá en el problema de multicolinealidad. Es difícil trabajar con modelos que contengan muchas variables, se recomienda trabajar modelos con el menor número de variables posibles (parsimonia).

Dicha técnica se aplica cuando se tiene el problema de multicolinealidad, es decir, si dos o más variables están correlacionadas linealmente, si las variables no están relacionadas no tiene sentido aplicar el análisis. En el área de econometría se utiliza para encontrar variables difíciles de medir a partir de aquellas que describe la teoría económica.

Metodología

Se tienen: x_1, x_2, \dots, x_p mediciones (variables originales) sobre n individuos, el análisis de componentes principales consiste en crear y_1, y_2, \dots, y_p nuevas variables (componentes principales) con las siguientes características:

Cada componente principal es una combinación lineal de las variables originales, que contendrá información de todas las variables originales. Estarán ordenadas de manera descendente de menor a mayor en cuanto a la variabilidad contenida de la muestra. La primera componente contendrá la máxima varianza, la segunda tendrá la máxima varianza y así sucesivamente. Las componentes no están correlacionadas entre sí, al obtener obtienen la matriz de correlaciones de estas componentes se tendrá la matriz identidad de orden (p) el número de componentes principales.

Con base en Dallas(2008) expresándolo matemáticamente en ecuaciones:

$$y_i = a_{j1}x_1 + a_{j2}x_2 + \dots + a_{jp}x_p \quad (2.9)$$

Matricialmente:

$$y = Ax \Rightarrow \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{12} & \dots & a_{1p} \\ a_{21} & \dots & a_{22} & \dots & a_{2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{p1} & \dots & a_{p2} & \dots & a_{pp} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_p \end{bmatrix} \quad (2.10)$$

Esta matriz con elementos a_{jp} , son interpretados como correlaciones o pesos de las variables que van a tener en la formación de las Componentes, el rango de estos elementos está entre -1 y 1 , que se interpretan si a_i es cercano a 1 tiene mucho peso a la variable asociada, por el contrario si a_p es cercano a -1 tiene mucho peso a la formación de las componentes principales.

La varianza de la primera componente debe ser la mayor de todas y la correlación de cualquier par de componentes principales es cero.

$$Var(y_1) \geq Var(y_2) \geq \dots \geq Var(y_p) \quad (2.11)$$

$$Corr(y_i, y_j) = 0, i \neq j \quad (2.12)$$

La matriz de varianzas y covarianzas de las componentes va a ser una matriz diagonal. En la diagonal se tendrán las varianzas de las componentes y las covarianzas serán cero, no están relacionadas. Al obtener la matriz de correlaciones se obtendrá una matriz de identidad.

$$\Lambda = \begin{bmatrix} \lambda_1 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & \lambda_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & \dots & \dots & \lambda_p \end{bmatrix} \quad (2.13)$$

Se cumple que la sumatoria de las componentes va a ser igual a la sumatoria de lambda, igual a la sumatoria de la muestra, es decir de nuestras variables originales, no se pierde información si se consideran a todas las componentes.

$$\sum_{i=1}^p Var(y_i) = \sum_{i=1}^p \lambda_i = \sum_{i=1}^p Var(x_i) \quad (2.14)$$

Con el análisis de componentes principales se identificará a partir de un conjunto de p variables, otro conjunto de k ($k < p$) variables, tal que:

- K sea un número pequeño
- Se pierda la menor cantidad posible de información
- La solución obtenida sea interpretable

Una de las soluciones cuando se tienen el problema de multicolinealidad y no eliminar variables, es aplicar la metodología de análisis de componentes principales y tomar en cuenta aquellas componentes que contengan las máximas varianzas de la muestra, con esto se evitará el problema de multicolinealidad. Cabe señalar que se deben tener en cuenta la consideración de las componentes principales en la interpretación.

Con la finalidad de escoger las variables óptimas para estimar los modelos estructurales y poder reducir la dimensión del uso de las variables propuestas en la investigación se utilizará dicha metodología en la cual se podrá observar aquellas variables que influyen de manera directa a la producción petrolera. De acuerdo a Geman (2005) las metodologías econométricas que se aplican al análisis en los mercados financieros tales como análisis de componentes principales, o aquellas que tienen procesos estocásticos son muy bien aplicadas en el mercado financiero como aquellas variables fundamentales, para el petróleo y los metales preciosos. Y en nuestro caso para encontrar las determinantes de la producción petrolera

Se procede a utilizar la base del trabajo que está presentada en frecuencia anual de Enero 2000 hasta Diciembre 2010 de las 16 variables propuestas inicialmente (Determinantes de Oferta y Demanda) Todos los cálculos fueron elaborados con ayuda del programa *STATA* versión 12.

Determinantes de la Demanda

- | | |
|--|--------|
| • Producción de petróleo crudo en miles de barriles diario ¹⁰ | Ppetro |
| • Exportación barriles de petróleo a EUA | Xprod |
| • Consumo de petróleo de los Estados Unidos | Pusac |
| • Precio del barril West Texas Intermediate | WTXI |
| • Precio de la mezcla mexicana ¹¹ | Cammix |
| • Tasa de la FED | Fed |
| • Actividad Industrial EUA | AIUS |
| • IGAE | IGAE |

Determinantes de la Oferta

- | | |
|---|-------|
| • Pozos de producción de petróleo | eperf |
| • Inversión en Exploración y Producción a PEMEX | IPEP |
| • Reservas Probadas | RP1 |
| • Reservas Probables | RP2 |
| • Reservas Posibles | RP3 |
| • Costo de Transporte | CostT |
| • Costo de Descubrimiento y Desarrollo | CostD |
| • Costo de Producción | CostP |

¹⁰ Un Barril de petróleo contiene 42 galones, 159 litros

¹¹ Compuesta por crudo pesado (Maya y Altamira), ligero (Istmo) y superligero (Olmeca)

A continuación de las 16 variables seleccionados se analizan si estén relacionadas, aplicando la prueba de multicolinealidad. Con el comando Collin en stata, el criterio es fijarnos en los valores de VIF (VARIANCE INFLATION FACTOR) mayor o igual a 5, esas variables son una combinación lineal de otras variables. En el Cuadro 8 se observan en VIF 14 variables mayor a 5 por lo que valida que se tiene multicolinealidad en nuestras 16 variables de estudio. Por lo que una vez comprobado la teoría con la empiria se valida la aplicación del análisis de componentes principales en nuestra investigación. Cabe señalar que otro parámetro que apoya para identificar multicolinealidad es en la matriz de correlaciones (mostrado en el anexo), en donde variables con correlaciones muy altas es indicio de que existe multicolinealidad.

Cuadro 8
Prueba de Multicolinealidad

Variable	VIF	SQRT VIF	Tolerance	R- Squared
pprod	9.42	3.07	0.1061	0.8939
xprod	2.13	1.46	0.4696	0.5304
pusac	4.35	2.08	0.2300	0.7700
wtxi	7.63	2.76	0.1310	0.8690
cammix	3.98	1.99	0.2513	0.7487
fed	14.98	3.87	0.0668	0.9332
aius	8.94	2.99	0.1119	0.8881
igae	7.72	2.78	0.1295	0.8705
ipep	6.16	2.48	0.1624	0.8376
eperf	10.69	3.27	0.0935	0.9065
rp1	153.96	12.41	0.0065	0.9935
rp2	110.63	10.52	0.0090	0.9910
rp3	62.76	7.92	0.0159	0.9841
costt	177.07	13.31	0.0056	0.9944
costd	10.93	3.31	0.0915	0.9085
costp	55.51	7.45	0.0180	0.9820
Mean VIF	40.43			

Fuente: Elaboración Propia.

Aplicamos el análisis de componentes principales para obtener otras variables que no están correlacionadas.

Cuadro 9
Componentes Principales

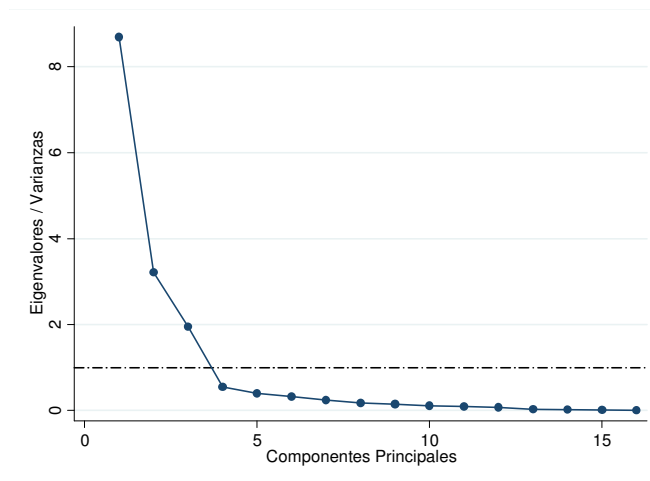
Component	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
Comp1	8.69061	5.48217	0.5432	0.5432
Comp2	3.20844	1.25711	0.2005	0.7437
Comp3	1.95133	1.40693	0.1220	0.8656
Comp4	.544401	.148991	0.0340	0.8997
Comp5	.39541	.0681854	0.0247	0.9244
Comp6	.327224	.0908502	0.0205	0.9448
Comp7	.236374	.0600589	0.0148	0.9596
Comp8	.176315	.0298536	0.0110	0.9706
Comp9	.146462	.0347231	0.0092	0.9798
Comp10	.111739	.0205154	0.0070	0.9868
Comp11	.0912232	.0223538	0.0057	0.9925
Comp12	.0688694	.0429402	0.0043	0.9968
Comp13	.0259292	.00888534	0.0016	0.9984
Comp14	.0170438	.0117336	0.0011	0.9995
Comp15	.00531025	.00199664	0.0003	0.9998
Comp16	.00331361	.	0.0002	1.0000

Fuente: Elaboración Propia.

Los eigenvalores¹² de las componentes principales muestran 16 varianzas ordenadas de mayor a menor. Se observa en la columna de la proporción la varianza total de la muestra contenida en esa componente principal. En donde en la primer componente tiene la máxima varianza en este caso 8.69 que es el 54.34% del total de la muestra, enseguida la componente 2, tiene la segunda máxima varianza con 3.20 que es el 20.05% del total de la muestra y así sucesivamente.

Los criterios de cuantas componentes principales se deben elegir o trabajar, depende del investigador. Se puede seleccionar aquellas solamente cuando la varianza es mayor a 1 o en la proporción acumulativa considerar un porcentaje representativo de la muestra. A continuación se muestra el gráfico de sedimentación en donde para efectos de esta investigación se seleccionarán aquellas componentes con varianza mayor a 1, que son las tres primeras componentes que representan el 86.56% de la varianza total de la muestra,

Gráfico 38
Eigenvalores Componentes Principales



Fuente: Elaboración Propia.

¹² En álgebra lineal, los eigenvectores de un escalar son los vectores no nulos que, cuando son transformados por el operador, dan lugar a un múltiplo escalar de sí mismos, con lo que no cambian su dirección. En el Análisis de Componentes Principales es el *i-ésimo* factor en la matriz diagonal.

En el siguiente cuadro se observan los valores de los elementos a_{jp} que están entre -1 y 1, y están correlacionados con los valores originales y el de componentes. La variable que tiene la mayor varianza en términos absolutos podrá nombrar a la componente principal. Se muestran los resultados de las 16 componentes a través de la matriz de varianzas y componentes.

Cuadro 10
Componentes Principales Matriz de Varianzas

Variable	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp6	Comp7	Comp8	Comp9
pprod	-0.1983	0.2966	0.3792	0.0022	-0.0208	-0.1935	0.0715	-0.4172	0.0255
xprod	-0.0985	0.3054	0.3712	-0.6936	0.3443	0.2813	0.0462	0.2460	0.0287
pusac	-0.0755	0.4816	0.1070	0.2369	-0.2812	0.0357	-0.6178	0.3434	-0.0643
wtxi	0.2742	0.2680	-0.1923	0.1615	0.3585	0.0074	0.0973	-0.1706	-0.0490
casamix	0.2676	0.1722	-0.0819	-0.2369	-0.3534	0.4399	0.1531	-0.4296	-0.2743
fed	-0.1634	0.2667	-0.4680	0.0000	-0.1519	0.1658	0.4287	0.4332	0.1675
zius	-0.0252	0.5114	-0.1535	0.2313	0.2132	0.0930	0.0573	-0.3243	0.2718
igae	0.2835	0.1838	-0.1780	0.0755	0.2516	0.1125	-0.1900	0.0894	-0.5752
ipep	0.1533	-0.2716	0.3977	0.4006	0.3081	0.6740	0.0263	0.0990	0.1441
eperf	0.2853	0.0329	0.2850	0.0430	-0.0493	-0.3558	0.3534	0.2435	-0.4001
rp1	-0.3337	-0.0435	-0.0173	0.0892	-0.0056	0.0761	0.1151	-0.0101	-0.1000
rp2	-0.1783	-0.0049	0.0030	0.0532	-0.0043	0.0428	-0.0271	0.0058	-0.0945
rp3	0.3296	0.0602	-0.0536	-0.0453	-0.0878	-0.0504	-0.1308	0.1450	0.2643
costt	0.3289	-0.0585	-0.1073	-0.1225	-0.0095	0.0222	-0.0984	0.1316	0.2154
costd	0.2091	0.2697	0.3668	0.2770	-0.1561	-0.1483	0.2993	0.1138	0.1962
costp	0.3205	-0.0580	-0.0193	-0.2329	-0.0468	-0.1622	-0.3147	-0.1119	0.3598

Variable	Comp10	Comp11	Comp12	Comp13	Comp14	Comp15	Comp16	Unexplained
pprod	0.5364	0.4379	0.1074	0.0984	-0.0002	0.0420	0.0935	0
xprod	-0.0884	-0.0861	-0.0040	-0.0320	0.0238	-0.0106	-0.0003	0
pusac	-0.2101	0.2075	0.1226	-0.0196	0.0876	0.0172	0.0120	0
wtxi	-0.3032	0.2928	0.3384	-0.1104	0.0211	-0.0104	0.0128	0
casamix	-0.1783	0.0049	-0.1346	0.0118	-0.0054	0.0368	-0.0087	0
fed	0.2256	0.2461	0.0901	0.1343	-0.2380	-0.1944	-0.0310	0
zius	-0.1985	-0.1845	-0.5483	0.2168	0.0172	0.0546	-0.0042	0
igae	0.5359	-0.2966	-0.0534	0.1223	-0.0012	-0.0674	0.0063	0
ipep	0.0872	0.1833	-0.0694	0.1660	-0.0334	-0.1022	-0.0422	0
eperf	-0.3003	0.2481	-0.2621	0.3715	-0.0589	-0.0468	0.0131	0
rp1	-0.0992	-0.1995	0.1952	0.2834	0.4472	-0.2548	0.6453	0
rp2	-0.0806	-0.1905	0.3241	0.5528	-0.0262	0.5121	-0.3962	0
rp3	0.1923	0.0332	0.0147	0.0040	0.7993	0.1372	-0.2617	0
costt	0.0918	0.0996	-0.0305	0.1438	-0.1663	0.6186	0.5810	0
costd	0.0532	-0.5483	0.3177	-0.1861	-0.2037	0.0150	0.0643	0
costp	0.0198	-0.0809	0.1871	0.5383	-0.1554	-0.4578	-0.0657	0

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo al criterio de seleccionar aquellas componentes con varianza mayor a 1 en la matriz de correlación, mostrada en el gráfico 31 de sedimentación, para efectos de esta investigación se tienen las 3 primeras componentes. Para nombrarlas se observa que en la componente 1 tienen la mayor varianza en términos absolutos las reservas probadas con 0.3337, junto con las demás reservas, precios y costos, En la componente 2 la actividad industria de EUA, el consumo de petróleo de EUA son las variables con mayor varianza con 0.5114 y 0.4816, en la componente 3 si bien la tasa de FED es la variable con mayor varianza, le siguen las siguientes variables inversión en exploración, la producción de petróleo con 0.3977 y 0.3792.

La cual podrían nombrarse como:

- Componente 1.- Reservar Probadas
- Componente 2.- Actividad Económica EUA
- Componente 3.- Producción e Inversión en Exploración

Una vez seleccionadas las componentes, haberlas nombrado e identificado aquellas variables reducidas que servirán para la estimación de los modelos estructurales, con base en este análisis y dado que nuestra hipótesis es comprobar que la producción está influenciada más por el lado de la oferta se prescindirá el uso de las variables del componente 2, por lo que se utilizarán las siguientes variables en los modelos estructurales: producción de petróleo, inversión en exploración y reservas probadas.

En el cuadro 11 se confirma la teoría de que los valores de las componentes se forman a través de combinaciones lineales de todas las variables originales. En la diagonal se tendrán las varianzas de las componentes y las covarianzas serán aproximados a cero, no están relacionadas.

Cuadro 11
Matriz de varianzas y covarianzas

	cp1	cp2	cp3	cp4	cp5	cp6	cp7	cp8	cp9	cp10
cp1	8.69061									
cp2	-5.6e-09	3.20844								
cp3	-1.0e-08	-4.1e-09	1.95133							
cp4	-2.9e-09	-9.4e-10	8.2e-11	.544401						
cp5	2.6e-09	1.2e-09	-2.4e-09	-2.0e-09	.39541					
cp6	1.2e-09	2.0e-11	-2.6e-09	-4.2e-10	-1.5e-09	.327224				
cp7	9.3e-09	2.0e-10	-1.6e-09	-9.1e-10	-5.0e-11	7.0e-10	.236374			
cp8	-5.8e-10	1.6e-09	-2.8e-09	-7.2e-10	-2.8e-10	-2.8e-10	-5.0e-10	.176315		
cp9	-2.1e-09	-2.0e-09	-3.6e-10	1.5e-09	2.8e-10	3.4e-10	6.0e-10	-7.0e-10	.146462	
cp10	-2.5e-10	-9.1e-11	9.6e-10	7.0e-10	-9.7e-11	8.6e-10	4.9e-10	2.7e-11	-2.7e-10	.111739
cp11	-4.4e-09	-1.3e-09	-5.1e-10	-1.3e-10	-2.4e-11	-1.7e-10	9.0e-10	-7.1e-11	-2.8e-12	4.2e-11
cp12	-3.7e-09	4.7e-10	-1.8e-10	-6.6e-10	5.9e-12	7.9e-10	7.3e-10	-1.1e-10	5.3e-11	-4.4e-10
cp13	1.2e-10	3.3e-10	-1.8e-10	-6.4e-11	6.8e-11	-2.2e-10	-3.5e-10	-1.7e-10	2.0e-10	-1.0e-10
cp14	-2.4e-10	-1.1e-10	3.6e-10	-8.1e-11	-3.1e-11	-1.1e-10	1.8e-10	3.9e-11	1.6e-10	-1.1e-10
cp15	-8.7e-10	6.4e-11	2.6e-10	3.9e-11	-4.9e-11	-3.3e-11	2.1e-12	-7.5e-11	1.6e-11	4.7e-11
cp16	2.8e-10	-1.4e-10	3.6e-10	-1.9e-11	2.8e-11	1.1e-10	1.2e-10	1.3e-11	-4.9e-11	1.1e-10

Fuente: Elaboración Propia.

La matriz de coeficientes de correlación debe ser una matriz de identidad, se corrobora en el cuadro 12.

Cuadro 12
Componentes Principales Matriz de Identidad

	cp1	cp2	cp3	cp4	cp5	cp6	cp7	cp8	cp9	cp10
cp1	1.0000									
cp2	-0.0000	1.0000								
cp3	-0.0000	-0.0000	1.0000							
cp4	-0.0000	-0.0000	0.0000	1.0000						
cp5	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	1.0000					
cp6	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	1.0000				
cp7	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	1.0000			
cp8	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	1.0000		
cp9	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	1.0000	
cp10	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	1.0000
cp11	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000
cp12	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000
cp13	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000
cp14	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000
cp15	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000
cp16	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000

Fuente: Elaboración Propia.

Aplicando dicha técnica se llega a una importante observación, la producción del petróleo no se ve inicialmente influenciada por sus determinantes de la demanda, sino por los determinantes del lado de oferta. En Suma, la componente 1 captura a RP1 que son las reservas probadas lo cual muestran que tienen la mayor incidencia en la producción de petróleo, posteriormente los costos y precios. En la componente 2, están los factores económicos de EUA las variables de mayor incidencia son primordialmente el consumo de petróleo y la actividad Industrial por parte de Estados Unidos. Finalmente en el tercer componente se captura a la tasa de la FED como la variable con mayor varianza lo que indica la influencia de la política económica en la producción de petróleo, lo que conlleva a que la producción y la inversión en exploración sean las siguientes variables con mayor varianza.

C. HECHOS ESTILIZADOS Y VERIFICACIÓN DE ESTACIONARIEDAD

Habiendo obtenido aquellas variables para las estimaciones de los modelos estructurales, mediante el Análisis de Componentes Principales. Se procede con la estimación la cual se realizó para el periodo anual de 1980-2010.

La Producción de Petróleo está en millones de barriles diario (mdb) (PPETRO_t)
La Inversión en la Exploración se encuentra en millones de pesos (IPEP_t)
Las Reservas Probadas están en millones de barriles diario (mdb) (RPROBADAS_t).

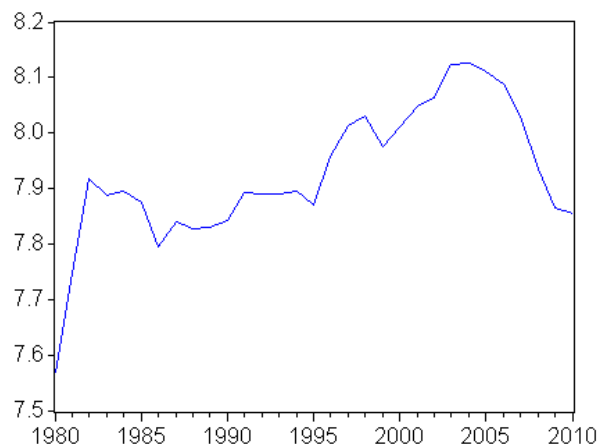
Las reservas totales están compuestas por la suma de las reservas probadas, posibles y probables. Para efectos del presente trabajo se utilizará la variable de reservas probadas, con base en el análisis de componentes principales, aunado a esto se debe a que dichas reservas se toman de campos ya conocidos recuperados y explotados. En cambio dada la definición de reservas posibles y probables son campos aún no perforados ni explotados.

En la forma funcional del modelo se trabajará con logaritmos, antepuesto por un prefijo “L” para cada variable. La base de datos se obtuvo de las Memorias de Labores de PEMEX en los años de estudio

De los gráficos 39 al 44 se representan las variables de estudio, visualmente se puede señalar que las variables a utilizar en el modelo presentan tendencia y existe presencia de raíces unitarias

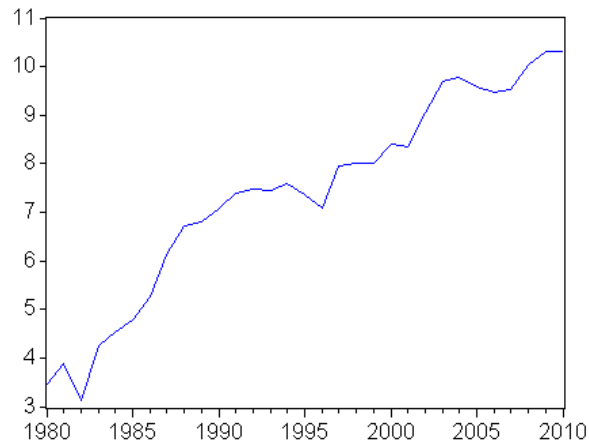
El comportamiento de la producción petrolera a partir de los años setenta aumentó considerable por el endeudamiento del sector (Tello, 2006). Se observa una tendencia alcista desde el inicio del periodo de estudio para lograr el máximo de producción en el año 2004. A partir de este año se nota una tendencia bajista irreversible

Gráfico 39
Comportamiento de la Producción Petrolera 1980–2010



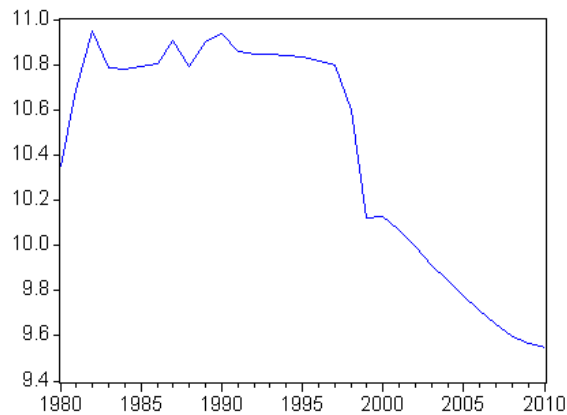
Se ha hablado de la importancia en los niveles de inversión en exploración. Esta variable de estudio demuestra una tendencia alcista sobre los recursos destinados a la producción. Lo que supondría que con más recursos se tendría una mayor producción reflejada en la reposición de las reservas probadas.

Gráfico 40
Comportamiento de la Inversión en Exploración 1980–2010



El siguiente gráfico muestra un hecho visual que pareciera contradictorio al anterior, mientras aumentan los recursos de inversión en exploración. Las reservas probadas muestran una declinación.

Gráfico 41
Comportamiento de las Reservas Probadas 1980–2010



En el periodo de estudio 1980-2010 con datos normalizados, gráficamente las 3 variables muestran una tendencia positiva. Tal como se observa en el panel b) del gráfico 42, la línea de tendencia es positiva aunque existen puntos distantes sobre la recta. En la Tabla 4 se valida con la matriz de correlación la cual muestra signos diferentes a lo que visualmente se observa en la gráfica de dispersión.

Lo que se sugiere acotar el periodo de estudio en dos momentos. En donde tanto la tendencia como los datos de la matriz de correlación coincidan en los signos. De tal manera, el primer periodo de estudio se mostrará de los años 1980 – 1999. Y el segundo periodo de 2000 – 2010.

Gráfico 42

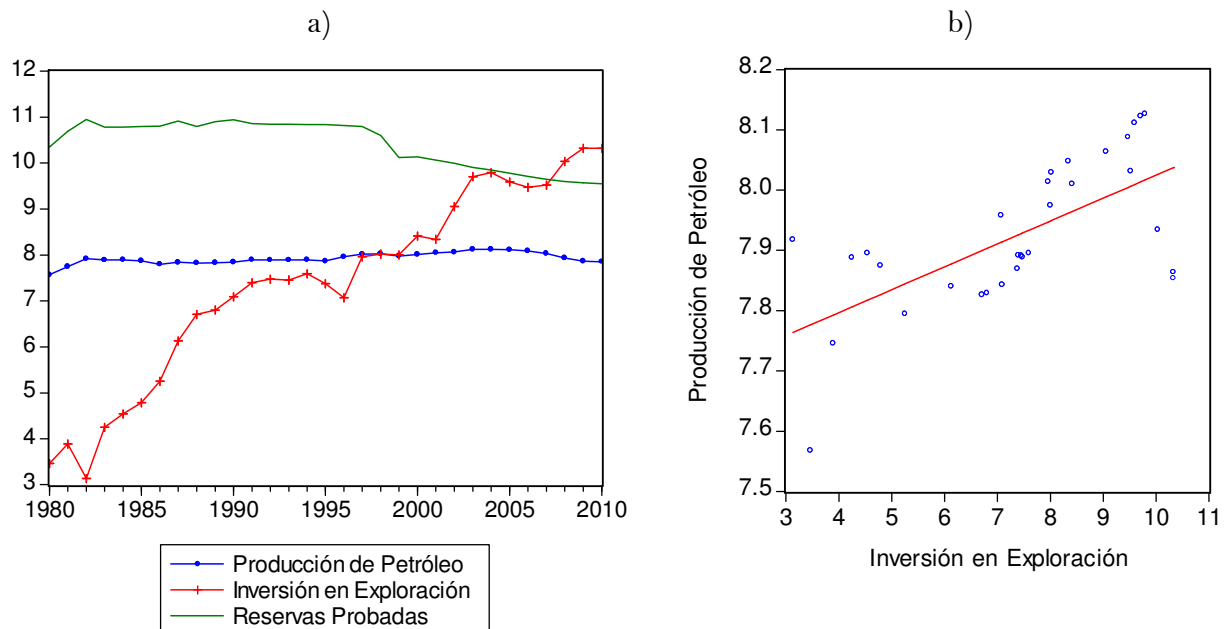


Tabla 4. Matriz de Correlación

Inversión	Producción	0.65
Reservas	Producción	-0.47
Reservas	Inversión	-0.74

En el periodo de estudio 1980-1999 con datos normalizados, gráficamente las 3 variables muestran una tendencia positiva. En el panel a) del gráfico 43 tanto las reservas probadas como la producción de petróleo muestran una tendencia muy similar. La inversión en exploración es la variable que visualmente muestra un mayor crecimiento con respecto a las anteriores.

En panel b) del gráfico 43 la línea de tendencia es positiva. Se valida con la matriz de correlación (Tabla 5) la cual muestra mismos signos a lo que visualmente se observa en la gráfica de dispersión.

En los años 80's México abre su economía nacional, y partir del boom petrolero, se endeuda para poder realizar inversiones en la industria petrolera. Se observa en dicho periodo como la producción y reservas llevan la misma trayectoria.

Gráfico 43

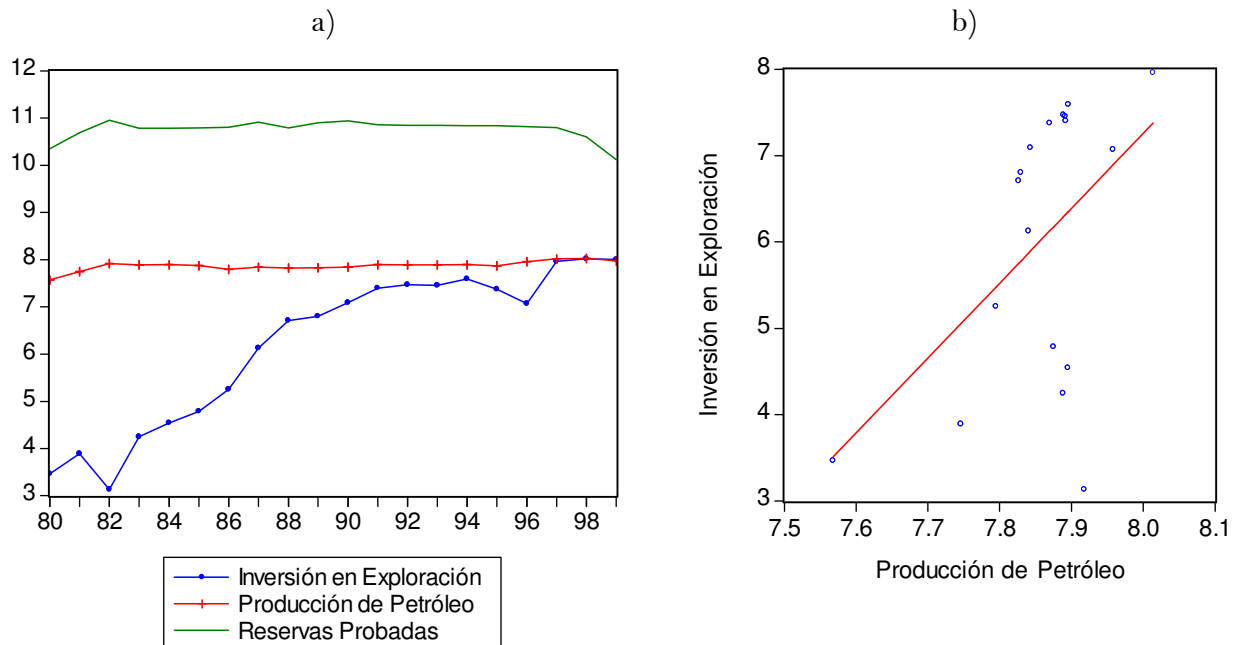


Tabla 5. Matriz de Correlación

Inversión	Producción	0.58
Reservas	Producción	0.13
Reservas	Inversión	0.00

Con datos normalizados el segundo periodo de estudio sugerido es de 2000-2010, ya que a partir de estos años gráficamente las 3 variables muestran una tendencia negativa. (Gráfico 44). En la Tabla 6 se valida con la matriz de correlación la cual muestra diferentes signos.

A partir del año 2000 en México hubo una transición de partido político en el gobierno. En dichos años los precios internacionales aumentaron y se logró en el año de 2004 el máximo de la producción de petróleo (Tello, 2006). Sin embargo las reservas probadas muestran una tendencia a la baja. A partir del año 2005 una declinación en la producción de petróleo a pesar de que la inversión en exploración ha aumentado consecuentemente.

Gráfico 44

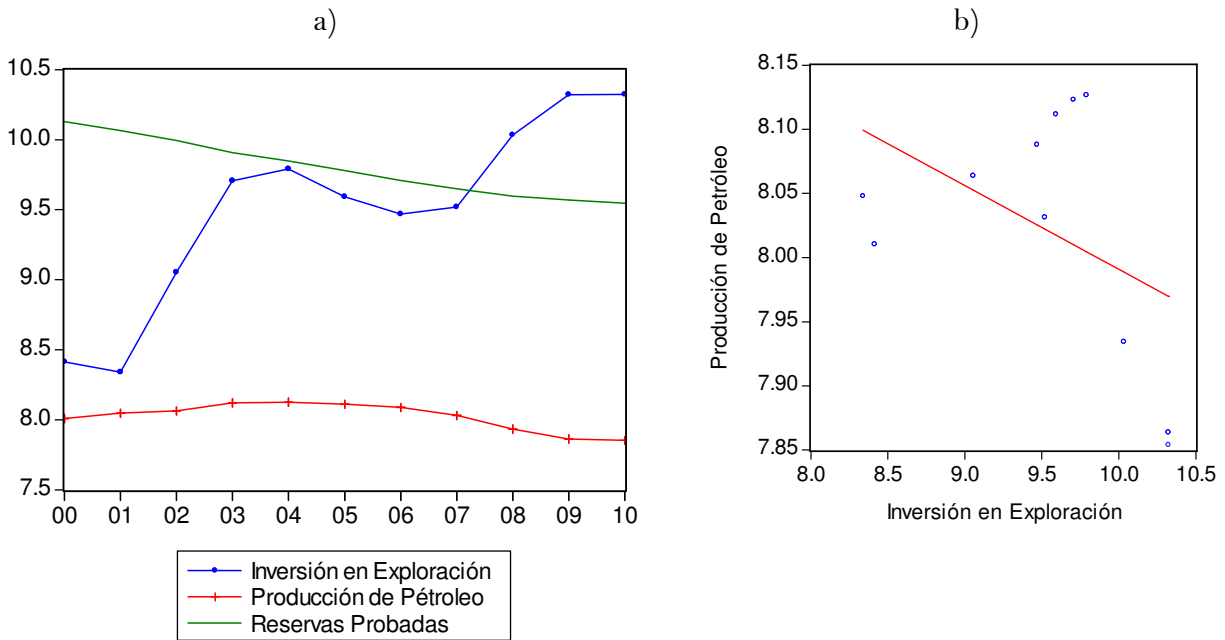


Tabla 6. Matriz de Correlación

Inversión	Producción	-0.44
Reservas	Producción	0.57
Reservas	Inversión	-0.89

En el cuadro 13, se valida mediante la prueba de raíces unitarias el orden de integración, de las variables de producción de petróleo, inversión en exploración y reservas probadas. Se aplicaron 4 pruebas de raíces unitarias utilizando el criterio de Akaike modificado, ¹ Sin constante ni tendencia; ² constante; ³ constante y tendencia. Las pruebas se hicieron en logaritmos y en primera diferencia de logaritmo, en el que se concluye que las variables en diferencia tienen orden de Integración (0,) y en logaritmo tienen orden de Integración (I) por lo que resulta apropiado la aplicación de las variables tanto en un modelo VAR como VEC que se usarán para las estimaciones econométricas con las restricciones a corto y largo plazo planteadas.

Cuadro 13
Estadísticas básicas de variables y pruebas de raíces unitarias
en niveles y primeras diferencias 1980-2010

Estadísticas Descriptivas						
	Log Producción Petróleo	Δ Log Producción Petróleo	Log Inversión Exploración	Δ Log Inversión Exploración	Log Reservas Probadas	Δ Log Reservas Probadas
Media	7.926	0.010	7.386	0.229	10.421	(0.027)
Mediana	7.895	0.003	7.470	0.191	10.779	(0.021)
Máximo	8.126	0.178	10.322	1.113	10.951	0.342
Mínimo	7.568	(0.097)	3.135	(0.756)	9.546	(0.473)
Des Estándar	0.122	0.062	2.102	0.396	0.509	0.136
Sesgo	(0.430)	0.994	(0.478)	0.074	(0.550)	(0.274)
Kurtosis	3.725	4.466	2.253	3.212	1.626	6.977
Normalidad - Chi ⁽²⁾	1.635	7.625	1.902	0.083	4.004	20.149
Probabilidad	0.442	0.022	0.386	0.959	0.135	0.000
Suma	245.692	0.286	228.958	6.856	323.038	(0.804)
Suma de Raíces	0.447	0.111	132.522	4.559	7.763	0.536
Observaciones	31	30	31	30	31	30
Pruebas de Raíz Unitaria						
ADF	-2.015 (1) ²	-4.380 (0) ¹	-2.119 (10) ²	-3.512 (8) ²	-2.115 (1) ³	-4.519 (0) ¹
DF-GLS	-2.186 (1) ³	0.798 (11) ²	-2.108 (0) ³	-6.006 (0) ²	-0.411 (1) ²	-2.861 (0) ²
PP	-3.198 (1) ²	-4.380 (0) ¹	-2.133 (0) ³	-5.996 (0) ²	-0.042 (1) ²	-4.519 (0) ¹
KPSS	0.220 (1) ³	0.790 (0) ²	0.801 (0) ³	0.117 (0) ²	3.395 (0) ³	0.889 (0) ²

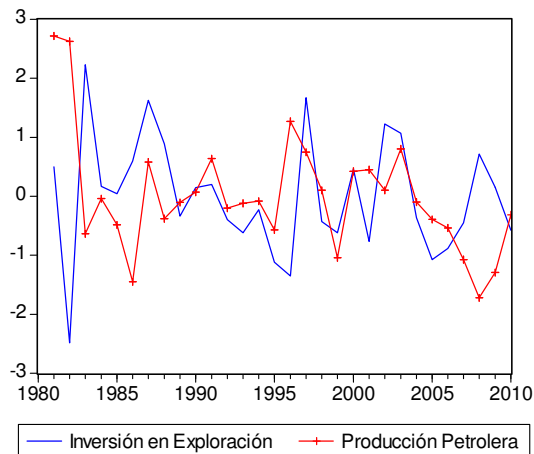
Notas: ¹ Sin constante ni tendencia; ² constante; ³ constante y tendencia; número de rezagos entre paréntesis; todas las pruebas son válidas al 95% de confianza

En negritas prueba que no rechazan la hipótesis de raíz unitaria

A continuación se muestran las representaciones gráficas de las variables de estudio en tasas de crecimiento (primeras diferencias del logaritmo natural de la serie) lo que permite confirmar los resultados presentados en el cuadro 13 que señala que las variables para la investigación tienen el correcto orden de integración.

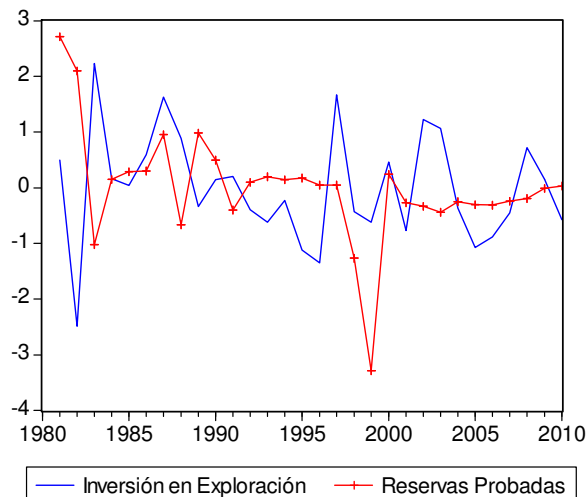
En el gráfico 45 con datos normalizados se compara la tendencia de las tasas de crecimiento de la producción petrolera y la inversión destinada a la exploración y producción de petróleo. Para los primeros años del periodo de estudio se observa una correlación en el mismo sentido. Sin embargo, a partir del año 2001 dicha correlación va en sentido opuesto. Mostrando valles y picos en los datos, lo que se sugiere que los recursos no cumplieron con el fin de aumentar la producción.

Gráfico 45
Producción Petrolera vs. Inversión en Exploración 1980–2010
 - datos normalizados -



En el gráfico 46 con datos normalizados se compara la tendencia de las tasas de crecimiento de las reservas probadas y la inversión destinada a la exploración y producción de petróleo. En dicho gráfico con más claridad se demuestra un correlación negativa siendo más notorio los valles y picos en los datos, lo que se sugiere que los recursos no cumplieron con el fin de obtener tasas de reposición en las reservas probadas.

Gráfico 46
Reservas Probadas vs. Inversión en Exploración 1980–2010
 - datos normalizados -



CAPÍTULO III

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE CORTO Y LARGO PLAZO

Una vez que se han obtenido en el capítulo anterior mediante la técnica de componentes principales, las variables que serán utilizadas para determinar la demanda del petróleo y cómo está sujeta a choques estructurales, en este apartado se especificará un modelo de vectores autorregresivo estructural para encontrar la dinámica de la demanda del petróleo en el corto y largo plazo.

Cabe mencionar que los modelos estructurales tienen como finalidad determinar cómo las decisiones de política económica o aquellos choques aleatorios, que en su mejor de los casos son estructurales, influyen tanto en la dinámica de las variables como su equilibrio en el corto y largo plazo. El uso de los Modelos VAR han estado orientados para estimar un conjunto de sistema de ecuaciones que mantienen una relación de equilibrio competitivo tipo walrasiano (Equilibrio General). Mientras los SVAR son utilizados para estimar modelos sustentados en el Equilibrio General Dinámico Estocástico.

En este sentido, existen un extenso número de trabajos de investigación que se han utilizado como herramienta a los SVAR para estimar los modelos de equilibrio general dinámico estocástico: Para el caso monetario – financiero se tienen autores como (Clarida, Gali, Gertler, 2002), Para el caso de la Economía Blanchard – Quah, (1989), Bernanke (1997) y los trabajos pioneros de Robert Lucas y Thomas Sargent.

En consecuencia, en este apartado se estimará un SVEC para encontrar la dinámica estructural de corto plazo y un SVAR para encontrar la dinámica estructural de largo plazo de las variables que determinan el comportamiento de la demanda del petróleo en México, se considera la metodología econométrica de los modelos VAR y de corrección de error vectorial estructural, los cuáles consideran las propiedades de corto y largo plazo de las series. El orden de integración para los SVAR debe ser $I(0)$ o series estacionarias, mientras que en el caso de los modelos de SVEC se requiere que las series sean cointegrables.

La idea central de esta metodología es la utilización de la representación de tendencias comunes que se deriva del mecanismo de corrección de errores, proveniente de las relaciones de largo plazo de un sistema de variables al que se le han incorporado una serie de restricciones estructurales. Las restricciones de cointegración implican descomponer los residuales en los componentes que presentan efectos permanentes sobre los niveles de las variables y los componentes que tienen efectos transitorios. Es decir, la existencia de cointegración entre las variables podría sugerir que uno o más de los choques estructurales tienen sólo efectos transitorios sobre todas las otras variables. Esta información puede utilizarse para identificar los choques estructurales permanentes, transitorios y con relaciones de simultaneidad.

El presente trabajo propone un modelo SVAR y SVEC (Lutkepohl, 2005) que distinga aquellas variables que generen un efecto positivo para obtener así una mayor producción petrolera.

A. METODOLOGÍA ECONÓMÉTRICA MODELOS VAR

Los modelos de Vectores Autorregresivos (VAR) que fueran propuestos por Sims (1980) consisten en la modelación de un conjunto de ecuaciones que no incorporan ninguna relación teórica que provenga de la teoría económica, es decir, el modelo es ateórico.

En este sentido, las relaciones existentes se construyen con la condición de causalidad y de exogeneidad. Sin embargo, este no indica en que tiempo las variables se afectan y dejan de serlo. De ahí que la principal herramienta de los VAR sea el análisis del impulso respuesta (Multiplicadores de Impacto) y la descomposición de la varianza.

Entre las propiedades del VAR, depende del tipo de análisis económico que se quiere llevar a cabo. Ejemplo, si el investigador o el hacedor de política pretende analizar la consistencia de su política a través del tiempo y como las variables se mantienen, en este caso se utiliza el VAR para encontrar un vector de cointegración el cuál es estimado por el método de Máxima Verosimilitud o por el método de Johanssen de forma paralela este VAR permite también encontrar el Vector de Corrección, y así conocer la dinámica de corto y largo plazo.

Por otra parte, si se quiere analizar mediante los residuales de las ecuaciones como afectan a sus trayectorias, se utiliza el análisis impulso respuesta y la descomposición de varianza Donde la diferencia entre un Var que se utiliza para cointegración o Mecanismo de Corrección de Error y otro para encontrar las trayectorias de ajuste dinámica están en el que el primer VAR las variables deben tener el mismo orden de integración o que los residuales sean $I(0)$, mientras que el segundo VAR las variables deben ser estacionarias o no presentan raíz unitaria, en este sentido un VAR (p) sin restricciones se obtiene de la siguiente manera:

Partiendo de la forma general de un modelo VAR irrestricto de Johansen (Lütkepohl 2004)

$$y_t = A_1 y_{t-1} + \dots + A_p y_{t-p} + \mu_t \quad (3.1)$$

Y a la forma reducida:

$$Z_t = \sum_{i=1}^k A_i Z_{t-i} + \mu_t \quad (3.2)$$

Donde Z_t es el vector de las variables endógenas, A_i es la matriz de coeficientes de las variables endógenas y μ_t es el vector de las innovaciones. Con base en los trabajos de Sims (1986), Blanchard (1986) desarrollaron una extensión de los VAR. Los cuales tienen la característica de introducir restricciones provenientes de la teoría económica, llamados los VAR Estructurales (SVAR por sus siglas en inglés) Lo cual dicha metodología fue propuesta para validar empíricamente aportes de la teoría económica aplicados en dichos modelos.

En su forma estándar el VAR se expresa:

$$\beta X_t = \Gamma_0 + \Gamma_1 X_{t-1} + e_t \quad (3.3)$$

En donde:

$$A_0 = B^{-1}\Gamma_0 ; A_1 = B^{-1}\Gamma_1 ; e_t = B^{-1}\mathcal{E}$$

B^{-1} Es la inversa de la matriz que contiene los efectos contemporáneos

Γ_0 Vector del término constante

Γ_1 Vector variables rezagadas

e_t Son residuales que se obtienen al premultiplicar la B^{-1} con el vector que perturban la variable y son ruido blanco de los choques estocásticos (\mathcal{E}).

Asimismo, se busca que los estimadores de la serie cumplan las propiedades de:

- Insesgamiento
- Consistencia
- Eficiencia
- Suficiencia
- Robustez

Para cumplir con lo anterior la serie debe ser estacionaria, es decir que tenga media 0, varianza mínima y que no depende del tiempo. Para convertir una serie no estacionaria en otra, se recurre a la diferenciación. $\Delta = 1 - L$

Para identificar un modelo VAR:

- Debe cumplir supuesto parsimonioso
- Usa la metodología Box-Jenkins
- Saber que el objetivo del VAR es la trayectoria de variables que están en vector X_t cuando sufren choques (contemporáneos o rezagados)

Un modelo VAR debe tener una buena consistencia en rezagos por lo que hay que identificarlos antes que nada para evaluar los supuestos de especificación, existen 5 métodos para seleccionar los criterios de rezago:

- 1.- Error de predicción Final
- 2.- Estadístico LR
- 3.- Criterio Aikake
- 4.- Criterio Schwarz
- 5.- Criterio HQ (Hannan-Quinn)

Cabe hacer mención, que si se aplican más rezagos del óptimo se tiene una sobreparametrización del modelo. Si se aplican menos rezagos del óptimo está subparametrizado. Si se cae en cualquier problema de lo anterior existiría inconsistencia de estimación (Lütkepohl 2004)

El modelo VAR debe cumplir con la condición de estabilidad, es decir, que la serie sea estacionaria, y esto sucede cuando las raíces del polinomio característicos son menores a 1, o no tienen raíz, es decir, z el determinante de la matriz es ≤ 1

$$\det(I_K - A_1 X - \dots - A_p X^p) \neq 0 \text{ para } |z| \leq 1 \quad (3.4)$$

Para validar si una serie es estacionaria o no, se aplican las pruebas de raíces unitarias: Dickey-Fuller, Dickey-Fuller Aumentada, Phillips-Perron, GSS en donde el estadístico calculado en términos absolutos deber ser mayor a los estadísticos mostrados con niveles de confianza del 99%, 95% y 90%. Así como cumplir con los supuestos de especificación, normalidad, autocorrelación, homocedasticidad,

En el análisis de Impulso-Respuesta se observan cómo responden las variables dependientes con respecto a ellas mismas rezagadas y variables exógenas. Para ver la trayectoria que siguen y en cuanto tiempo tardan en estabilizarse, identificar si el modelo es o no explosivo y el valor de equilibrio a Largo Plazo. La descomposición de varianza es un complemento al de Impulso-Respuesta en el que se observan cómo reaccionan las variables en porcentaje, es decir, que tanto por ciento la variable exógena explica a la independiente (endógena), lo que se busca es hasta qué punto la variable tarde en estabilizarse

MODELO SVAR

Los modelos SVAR desarrollados por Sims (1981, 1986), Bernanke (1986) Shapiro & Watson(1988) se diferencia de los VAR en el sentido que reconocen la existencia de efectos contemporáneos entre las variables y que a través de las innovaciones que se simulan a partir de los errores de las ecuaciones de los modelos se interpretan como choques estructurales. Entre sus principales usos ha sido el análisis de las fuentes del ciclo económico y el estudio de los mecanismos de transmisión de las políticas monetarias. En los modelos SVAR existen restricciones a corto y a largo plazo.

Las restricciones de corto plazo, implican que alguna de las variables no es capaz de responder instantáneamente a los cambios o choques que se producen en otras variables. Las restricciones de largo plazo para identificar la estructura económica de forma reducida, estos modelos tienen la característica de ser consistentes en el largo plazo imponiéndoles restricciones teóricas para identificar los parámetros del modelo, permitiendo con ello volver especificar modelos econométricos estructurales.

El objetivo de la estimación de los modelos VAR estructurales es obtener una ortogonalización no recursiva de los términos de error para el análisis de impulso-respuesta. A diferencia de la ortogonalización recursiva de Cholesky estas propuestas requieren imponer restricciones al modelo con el fin de identificar los componentes estructurales ortogonales, es decir, que no estén correlacionados entre sí de los términos de error. (Sargent 1978), (Sims 1980).

Una manera de identificar los choques es a través de la formulación de ecuaciones estructurales de los errores. En muchos casos la teoría sugiere que los efectos de los choques son nulos en el largo plazo, y tienen efectos transitorios con respecto a las variables (Lütkepohl 2004). Por otro lado, los modelos SVAR se diferencian de las ecuaciones simultáneas a través de la imposición de restricciones necesarias para identificar el sistema que mejor modele.

El modelo SVAR tendría la siguiente representación:

$$A\Delta Y_t = \Pi^* Y_{t-1} + \Gamma^*_1 \Delta Y_{t-1} + \dots + \Gamma^*_{p-1} \Delta Y_{t-p+1} + C^* D_t + B^* z_t + v_t \quad (3.5)$$

donde $Y_t = (Y_{1t}, \dots, Y_{kt})'$ es un vector (kx1) de variables endógenas; z_t s un vector de variables exógenas o estocásticas; D_t contiene los términos determinístico; Π^*, Γ^*_j ($j = 1, \dots, p-1$), C^* y B^* son los parámetros estructurales en las matrices, y v_t es un vector de errores (kx1) con media cero y proceso de ruido blanco. La matriz invertible A (kxk) permite modelar las relaciones entre las variables de Y_t .

Cómo se observa lo choques estructurales son la parte medular de los modelos SVAR. Estos choques son impredecibles con respecto a las variables pasadas. Son asociados con un sentido económicos o impuestas conforme se ajusten al modelo, tal es el caso de oferta-demanda del petróleo, tasas de interés, políticas monetarias. Cabe señalar, para identificar los parámetros estructurales, se deben colocar las restricciones en las matrices C^* y B^* .

B. METODOLOGÍA ECONÓMÉTRICA MODELOS VEC

Los modelos de mecanismo de corrección de error se obtienen a partir de los modelos rezagados distribuidos (Davidson, Henry, Srba, y Yeo (1978) se basan en encontrar una solución de valor convergente, es decir cómo se va a ajustar el valor de la variable observada de acuerdo a sus movimientos y si la trayectoria se representa de manera explosiva.

$$Y_t = \alpha + (\beta_0 X_t + \beta_1 X_{t-1}) + \beta_2 X_{t-2} + \dots + \mu_t \quad (3.6)$$

En donde:

α = Vector de variables endógenas

β = Vector de variables exógenas

X_t = Valor de equilibrio a corto plazo

X_{t-1} = Velocidad de impacto

Partiendo de la forma general de un modelo VEC irrestricto de Johansen (Lütkepohl, 2004)

$$\Gamma_0 \Delta Y_t = \alpha(\beta Y_{t-1} + \beta^d d_t) + \Gamma \Delta Y_{t-1} + B X_t + C d_t + \mu_t \quad (3.7)$$

Y la forma reducida:

$$\Delta Y_t = \alpha \beta Y_{t-1} + \Gamma \Delta Y_{t-1} + B X_t + C d_t + \mu_t \quad (3.8)$$

Donde Y_t indica el vector de variables endógenas, d_t el de las variables determinísticas y X_t de las exógenas, El parámetro de β representa las relaciones de cointegración, y α el parámetro de ajuste, C, B, Γ , β^d representan matrices de coeficientes, y μ_t el término de error):

El modelo SVEC tendría la siguiente representación:

$$\Psi_0 \Delta Y_t = \alpha \beta Y_{t-1} + \Gamma \Delta Y_{t-1} + B X_t + C d_t + \mu_t \quad (3.9)$$

La forma estructural del VEC se establece al definir su forma reducida e imponer restricciones en los términos de corrección de errores a los parámetros de la matriz de coeficientes estructurales Ψ_0 de tamaño k x k.

Las restricciones transforman a la matriz de términos de corrección de error a en α :

$$\Psi_0^{-1} \alpha \beta = \alpha \beta \quad (3.10)$$

De esta forma, el modelo SVEC podría utilizarse para identificar los choques en el análisis de impulso-respuesta, al imponer restricciones sobre la matriz de efectos de largo plazo y sobre la matriz de efectos contemporáneos de los choques (matriz B).

El modelo SVEC trata de distinguir los choques externos de los internos, así como de establecer contribuciones de los choques reales y nominales en las fluctuaciones de algunas variables macroeconómicas. Las restricciones impuestas al SVEC establecen que los choques de variable exógena no afectan a la variable endógena en el largo plazo.

Una vez realizadas las restricciones en la matriz de corto y largo plazo se procede a realizar las pruebas de raíz unitaria para determinar si las series son no estacionarias en niveles (logaritmos), y las pruebas de Johansen (Traza) y Máx Eigen para verificar que estén cointegradas. Posteriormente se estiman los modelos SVEC a través del método de máxima verosimilitud con las variables en niveles (logaritmo), lo que permite obtener las funciones de impulso-respuesta y el análisis de descomposición de la varianza del error de predicción.

Los modelos SVEC permiten estimar las funciones de impulso-respuesta que indican los comportamientos de las variables endógenas frente a un choque estructural inicial en alguna de ellas. Las funciones de impulso-respuesta miden el comportamiento dinámico de las variables a partir de un choque estructural, el análisis de descomposición de la varianza considera la importancia relativa de cada innovación aleatoria en las fluctuaciones de las variables, de manera que la suma de estos porcentajes alcance el cien por ciento.

C. ESTIMACIÓN MODELO SVAR

El análisis se realiza utilizando un vector autorregresivo (VAR) en el cual se determinan conjuntamente con las variables propuestas en la investigación, siendo la variable dependiente la producción de petróleo, y las variables de choque inversión en exploración y reservas probadas.

El periodo de estudio comprende de los años 1980 – 2010. Las variables deben ser orden de integración I(0), dado en niveles no son estacionarias, se diferenciarán las series. Este modelo permitirá analizar los choques de las variables que pudieran afectar a la producción de petróleo. Los efectos se calcularán utilizando el impulso respuesta acumulados.

La representación del modelo en forma reducida sería la siguiente:

$$Y_t = \Pi^* Y_{t-1} + \Gamma^*_1 \Delta Y_{t-1} + \dots + \Gamma^*_{p-1} \Delta Y_{t-p+1} + C^* D_t + B^* z_t + v_t \quad (3.11)$$

Dónde:

Y_t = Es el vector de variables endógenas

z_t = Es el vector de variables exógenas

C = Son los parámetros estructurales

μ_t = Vector de errores

Π^*, Γ^*_j ($j = 1, \dots, p-1$) son matrices de polinomios en el operador de rezago L .

El objetivo de este modelo es obtener evidencia acerca de la respuesta dinámica de la producción de petróleo ante choques en la inversión en exploración y las reservas probadas. Con base en los trabajos de Blanchard y Quah (1989) se utilizarán restricciones a largo plazo. El ordenamiento utilizado en el SVAR es el siguiente que implica los choques de las variables de inversión en exploración, reservas probadas que afectan a la producción de petróleo.

En el cuadro 14 se muestran los resultados econométricos, en donde se obtiene un número de rezago. De acuerdo a la teoría un modelo VAR es estable si las raíces del polinomio característico son <1 , en este caso el modelo cumple con la condición de estabilidad. Ninguna raíz está afuera del círculo unitario.

El supuesto de exogeneidad implica que en este VAR las variables de inversión en exploración y reservas probadas afectan y explican a la producción de petróleo. Con el análisis de componentes principales se valida dicho supuesto por lo que para efectos de la investigación se da por hecho que la probabilidad para el modelo es >0.05 .

Finalmente, se valida los efectos a largo plazo que tienen las variables de las reservas probadas y la inversión en exploración sobre la producción de petróleo. El efecto a corto plazo se validará mediante la estimación del modelo SVEC.

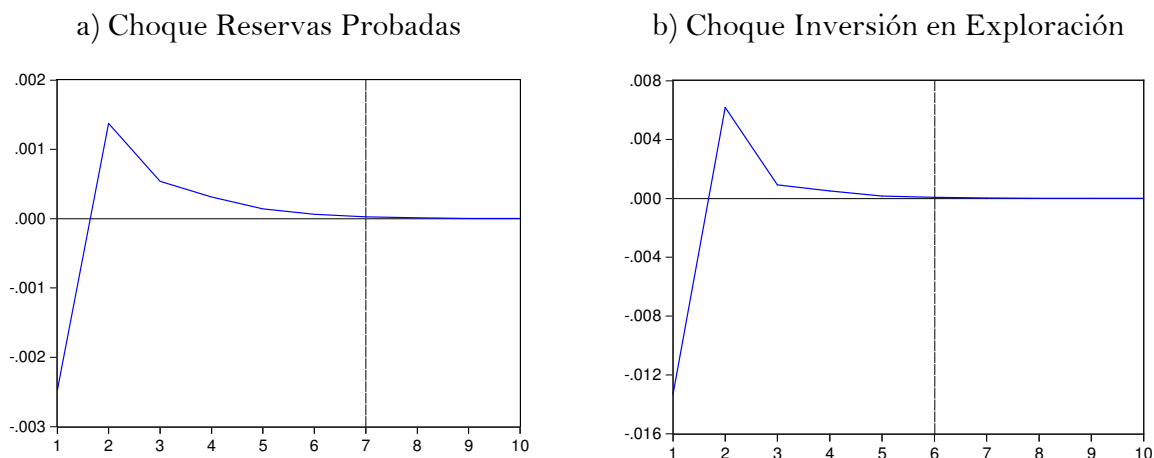
Cuadro 14
Resultados Económicos SVAR

Modelo SVAR	
Periodo de Estimación	1980-2010
Frecuencia	Anual
Forma funcional	$DLPETRO = \beta_0 + \beta_1 DLIPEP + \beta_2 DLRPROBADAS + U_t$
$\beta_0 =$	0.078
$\beta_1 =$	0.1597
$\beta_2 =$	-0.005
$U_t =$	0-3663
LARGO PLAZO	
Número de Rezagos	1
Raíz Polinomio Característico	0.369156 - 0.058698i
Módulo	0.373794
URZUA	24.20 (0.5077)
LM (12)	12.39 (0.1919)
White N.C	70.76 (0.05)
White C	90.54 (0.14)
Restricción	NA 0.00 NA
Matriz C	0.00 NA 0.00 0.00 0.00 NA
Variable de ajuste	D(LOG((IPEP))
Chi-Cuadrada	1.34 (0.5117)

IMPULSO – RESPUESTA

En el análisis del Impulso – Respuesta se observa gráficamente que a largo plazo el efecto de un incremento en las reservas probadas tarda en estabilizarse 7 años, un choque dada la inversión en exploración tarda en estabilizarse aproximadamente en 6 años, lo que se infiere que la respuesta en la estabilización a largo plazo sobre estos choques en la producción de petróleo tienen sentido mediante el efecto en la industria.

Gráfico 47



DESCOMPOSICIÓN DE VARIANZA

Complementando el análisis de impulso respuesta se muestra sobre el modelo estructural los periodos que tardan en reaccionar las variables en porcentaje sobre la variable dependiente (producción petrolera). Se validan las gráficas anteriores con los resultados presentados en la tabla 7.

Tabla 7

Periodo	Reservas Probadas	Inversión en Exploración
1	-0.002471	-0.013317
2	0.001376	0.006189
3	0.000539	0.000929
4	0.000310	0.000518
5	0.000140	0.000164
6	6.20E-05	6.01E-05
7	2.59E-05	2.00E-05
8	1.05E-05	6.56E-06
9	4.14E-06	2.02E-06
10	1.59E-06	5.80E-07

D. ESTIMACIÓN MODELO SVEC

Para hacer el modelo de vector de corrección del error se toma de base a la metodología de Johansen (1992) en el que parte de un modelo VAR no restringido formado por series $I(1)$ y busca la existencia de una combinación lineal de esas series en el modelo VAR en primeras diferencias. El propósito de la prueba de cointegración es determinar si un grupo de series no-estacionarias están cointegradas o no. La presencia de una relación de cointegración forma la base de la especificación del modelo de vector de corrección del error.

Se define como series cointegradas a un grupo de series de tiempo no estacionarias, si la combinación lineal de ellas es estacionaria, es decir, que las innovaciones son estacionarias o integrados de orden cero $I(0)$. La cointegración de series económicas indica que existe una relación entre ellas, lo cual se puede interpretar como la relación de equilibrio de largo Plazo.

Se define equilibrio como una relación que es observable entre las variables de interés lo cual ha sido mantenida por ellas durante un periodo largo (Engle y Granger, 1987). Este equilibrio, desde el punto de vista de la teoría de la cointegración, es un punto estacionario que puede ser determinado a través de un modelo de cointegración.

La representación de tendencias comunes permite descomponer las variables en una tendencia estocástica no estacionaria y captura el efecto de choques permanentes (largo plazo) y un elemento transitorio estacionario (corto plazo)

Un Modelo de vector de corrección del error (VEC) es un modelo VAR restringido que tiene restricciones de cointegración incluidas en su especificación, por lo que se diseña para ser utilizada con series que no son estacionarias pero de las que se sabe que son cointegradas.

El vector de perturbaciones de esa forma reducida se asocia con el de choques estructurales, identificados de acuerdo con la hipótesis sugeridas por la introducción del presente trabajo, alguno de ellos con efectos permanentes(largo plazo) y otros con efectos transitorios(corto plazo) sobre el sistema original de variables.

COINTEGRACIÓN

Lo primero que se debe obtener en la metodología de cointegración de Johansen es determinar la existencia de relaciones a largo plazo dentro de las variables en el modelo. El análisis de cointegración se lleva a cabo mediante la metodología de Johansen (1992) sobre las variables que no son estacionarias en niveles y que presentan el mismo orden de integración.

La Producción de Petróleo está en millones de barriles diario (mdb)	(PPETRO _t)
La Inversión en la Exploración se encuentra en millones de pesos	(IPEP _t)
Las Reservas Probadas están en millones de barriles diario (mdb)	(RPROBADAS _t).

En el cuadro 15 se muestran los resultados econométricos, el análisis considera la existencia de posibles tendencias comunes con 2 rezagos, y un vector de cointegración con intercepto y sin tendencia. La prueba de la traza de Johansen y máxima raíz se aplican para examinar el número de vectores de cointegración, sin aplicar restricciones los resultados muestran la existencia de un vector de cointegración. El hecho de que existe cointegración entre series I(1) sólo indica asociaciones de Largo Plazo entre ellas pero no refiere a nada de causalidad (Loría, p 317).

PARÁMETROS ESTRUCTURALES

Para el uso de la metodología del modelo SVEC es necesario identificar aquellas variables endógenas, aplicar y resolver mediante la imposición de restricciones al sentido económico. Se combinan dichas restricciones para las ecuaciones de corto y largo plazo. Blanchard y Quah (1989).

Dado los resultado en el análisis de componentes principales se valida que la variable endógena es la producción de petróleo y las variables exógenas las reservas probadas y la inversión en exploración.

El modelo SVEC a utilizar es:

$$LPETRO = \beta_0 + \beta_1 LIPEP + \beta_2 LRPROBADAS \quad (3.12)$$

En donde la producción de petróleo es la variable dependiente, y el tiempo va de 1980 a 2010 frecuencia anual.

En el modelo de tendencias comunes la presencia de una relación de cointegración entre las tres variables que conforman el modelo implica la existencia de choques, cuyos efectos se interpretan como permanentes o transitorios. Los choques transitorios se identifican por medio de supuestos sobre su impacto contemporáneo en las variables endógenas

En el modelo se ortogonaliza la variable endógena lo cual se impone una restricción de largo plazo, la cuál será la matriz C del modelo SVAR la cual valida la independencia de la producción de petróleo.

$$B(1,1)=1$$

Para robustecer el modelo se imponen 2 restricciones a corto plazo, tanto a la inversión en exploración como a las reservas probadas, las variables que resultaron no significativas en la ecuación. Dichas restricciones denotadas:

$$A(2,1)=0$$

$$A(3,1)=0$$

En su conjunto resultan estadísticamente significativas con $-3.15(-0.1589)$ lo cual indica el uso correcto de las restricciones

Una vez aceptado y verificado el vector de cointegración, con las restricciones propuestas se llevan a cabo las pruebas de correcta especificación sobre el comportamiento de las innovaciones. En el cuadro 15 de los resultados econométricos obtenidos se muestran que existe ruido blanco asociado en las innovaciones. Lo cual permite concluir que el modelo se encuentra correctamente especificado.

Se utiliza una propuesta de SVEC modelo de corrección de error estructural que incluye : Producción de petróleo, Reservas Probadas, Inversión en Exploración. Se plantea el supuesto de restricciones en el que los choques de inversión en exploración y las reservas probadas son en el corto plazo

Los resultados de las estimaciones del modelo muestran que los choques a corto plazo tanto en las reservas probadas como en la inversión en exploración para los periodos de estudio muestran una respuesta positiva en la producción de petróleo. De tal manera, que los efectos potenciales sobre la producción destaca en el hecho de aumentar las reservas probadas contra el solo aumento de la inversión en exploración

A partir de la libre imposición de restricciones (mediante heurística y no un enfoque o teoría económica) en la matriz de coeficientes de ajuste, se determinó la endogeneidad del modelo siendo la variable de producción de petróleo y la existencia de un vector de cointegración.

La identificación de la matriz α se hizo a partir de imponer restricciones sobre sus vectores, sin ninguna teoría o concepto a priori.

Cuadro 15
Resultados Económicos SVEC

Modelo SVEC	
Periodo de Estimación	1980-2010
Frecuencia	Anual
Vectores de Cointegración	1
Forma funcional	$LPETRO = \beta_0 + \beta_1 LIPEP + \beta_2 LRPROBADAS$
$\beta_0 =$	3.42
$\beta_1 =$	0.115
$\beta_2 =$	0.342
Número de Rezagos	2
Eigenvalor	0.649
Traza	42.01
Valor Crítico	35.19
Prob.	0.0079
Max Eigen	29.37
Valor Crítico	22.29
CORTO PLAZO	
URZUA	23.71 (0.5359)
LM (12)	14.14, (0.1171)
White N.C	95.18,(0.19)
White C	ND
MECANISMO DE CORRECCIÓN DE ERROR	
Restricción	
A (2,1) = 0	
A (3,1)= 0	21.47 (0.0000)
Valor T	-3.15(-0.1518)

En la siguiente ecuación se presenta la especificación del modelo SVEC

$$LPPETRO : 3.42 + 0.115LIPEP + 0.341LRPROBADAS \quad (3.13)$$

El resultado en el modelo SVEC muestra los signos observados, son los esperados para las variables de la presente investigación. Los coeficientes t (en paréntesis) resultan significativos únicamente para la variable de inversión en exploración.

La presencia de la tendencia en el vector de cointegración es necesaria para capturar la pendiente positiva de la inversión en exploración. Se interpreta el valor de los coeficientes de la siguiente manera: por cada unidad porcentual de variación en las reservas probadas la producción del petróleo aumentaría en 0.34%, por cada unidad porcentual en inversión en exploración la producción lo haría en 0.32%

Dichas interpretaciones confirman que la producción del petróleo no se puede explicar estadísticamente por hechos económicos, sino tecnológicos, si bien las 3 variables propuestas en el modelo cointegran en el largo plazo siendo las reservas probadas la variable endógena, en el corto plazo las variables de producción en petróleo y reservas no son afectadas por la inversión en exploración.

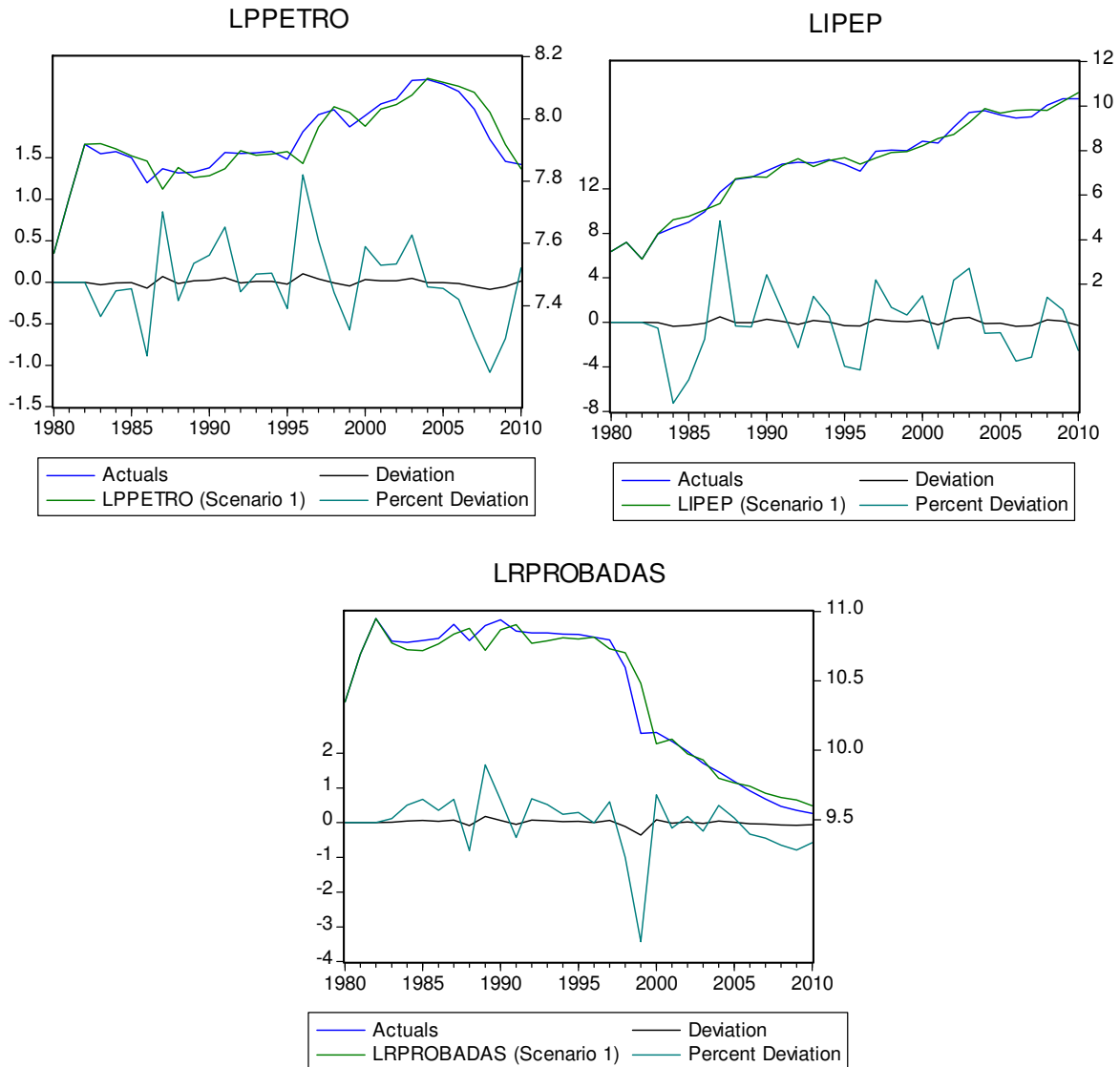
Un choque en la inversión de exploración afecta de manera transitoria a la producción de petróleo y su efecto a largo plazo tarda en estabilizarse hasta 7 años aproximadamente, aunque en el corto puede ser significativo choque transitorio con un sentido de política económica. La producción de petróleo tiende a aumentar conforme aumenten las reservas.

Las restricciones impuestas al modelo SVEC permiten que los choques de oferta afecten a la producción de petróleo de manera marginal en el corto plazo, es decir, se observa que los choques en inversión en exploración inducen un efecto transitorio en el corto plazo a la producción y en el largo plazo tarda en estabilizarse aproximadamente en 6 años, mientras que los choques en las reservas afectan de igual manera en forma positiva y permanente a la producción de petróleo, resultan significativos en el corto plazo y en el largo plazo tienden a estabilizarse en aproximadamente 6 años.

Esto se explica por los factores asociados a la industria petróleo como son costos hundidos, como la tecnología, innovación, maquinaria, equipo, mantenimiento del mismo. Y las inversiones ocurridas en la industria que sus efectos se observan a largo plazo por la cantidad de cadenas productivas asociadas para la producción del petróleo.

Se simula el SVEC, con el algoritmo Gauss-Seidel, se puede observar la capacidad de reproducción del sistema restringido para el periodo de análisis.

Gráfico 49
Simulación Histórica del SVEC 1980 - 2010



CONCLUSIONES

El objetivo de la presente investigación fue obtener los posibles determinantes del petróleo para el caso mexicano delimitando el periodo en los años de 1980-2010 y demostrar que la producción está en mayor medida por su función de oferta y en menor medida por su función de demanda. Se propuso un análisis de determinantes y una reducción de los mismos a través de la metodología de componentes principales, para estimar a través de modelos estructurales con restricciones de corto y largo plazos las variables que inciden en los efectos de una mayor producción, se propusieron variables bajo el enfoque de demanda y oferta.

Por un lado, con el método de análisis por componentes se redujo el número de 16 variables inicialmente propuestas como determinantes de oferta y demanda de la producción de petróleo para obtener aquellas que generen un mayor impacto y efecto positivo en la producción. Los resultados dieron la reducción a 3 componentes en donde la mayor varianza en términos absolutos se observaron en la producción de petróleo, la inversión en exploración y las reservas probadas. Que son variables por el lado de la oferta, lo cual valida la hipótesis central de este trabajo de que la producción de petróleo se explica más por el lado de la función de oferta.

Por otro lado, se hizo la estimación del modelo con restricciones a largo plazo aplicando un modelo SVAR, y los efectos a corto plazo mediante la metodología de corrección de errores estructurales SVEC. Los resultados econométricos de ambas estimaciones corroboran a su vez la hipótesis planteada, en donde se muestran que las fluctuaciones de la producción petrolera obedecen a choques de oferta agregada (progreso tecnológico, reformas que mejoren la competitividad e incremento de reservas).

De acuerdo al periodo de estudio con el análisis de impulso y respuesta el modelo estructural converge en un tiempo aproximado de 6 años, lo cual significa que tarda ese tiempo en aumentar la producción conforme el aumento de reservas probadas, se observa que la inversión en exploración muestra una correlación positiva con la producción del petróleo, y un impacto transitorio a corto plazo para el aumento de la producción en petróleo, el modelo tarda en estabilizarse en un tiempo aproximado de 7 años, lo cual significa que los efectos de invertir en exploración y obtener un barril de petróleo es a partir de 7 años.

El modelo planteado es:

$$PPETRO_t = \beta_0 + \beta_1 LIPEP + \beta_2 RPROBADAS$$

Donde:

PPETRO _t	Producción de petróleo
IPEP _t	Inversión en la exploración
RPROBADAS _t)	Reservas probadas

Utilizando la metodología de Johansen (1992) se encontró una relación de cointegración entre la producción de petróleo, las reservas probadas y la inversión en exploración. Al incorporar las relaciones de cointegración dentro de un sistema de variables se logra un modelo correctamente especificado mediante restricciones de largo y corto plazos y con los signos esperados de cada variable en el modelo funcional.

El modelo SVAR a utilizar es:

$$DLPPETRO = \beta_0 + \beta_1 DLIPEP + \beta_2 DLRPROBADAS + Ut$$

$$DLPPETRO = -27.42 - .90 - .2.677$$

El modelo SVEC a utilizar es:

$$LPPETRO = \beta_0 + \beta_1 LIPEP + \beta_2 LRPROBADAS$$

$$LPPETRO : 3.42 + 0.115LIPEP + 0.342RPROBADAS$$

Los signos observados, son los esperados para las reservas, y a la reacción esperada de la inversión en exploración sobre la producción. Los coeficientes del modelo son elasticidades que explican que por cada unidad porcentual de variación en las reservas probadas la producción de petróleo aumenta en 0.342%, el signo de la inversión en exploración muestra que por cada unidad porcentual en inversión en exploración la producción aumenta en 0.115%

Uno de los resultados más relevante de la investigación es la determinación de las restricciones en el corto y largo plazo, a través de la heurística. Se imponen restricciones que validen la hipótesis planteada en la investigación.

Con base en los resultados obtenidos se puede mencionar que la producción del petróleo no se puede explicar estadísticamente por factores económicos, sino mediante factores tecnológicos, que apoyen el incremento de las reservas probadas para poder aumentar la producción del petróleo. Las 3 variables propuestas en el modelo cointegran en el corto plazo, existen efectos transitorios en la producción en petróleo por los choques de más reservas y más inversión en exploración. Es en el largo plazo cuando se ven los efectos en el momento en que se estabilizan los modelos.

En el modelo SVAR los resultados muestran que a largo plazo los efectos por la inversión en exploración tienden a verse en obtener un barril de petróleo hasta 7 años después, y para las reservas probadas tienden a reponerse y lograr aumentar la producción en 6 años. Mediante el modelo SVEC se validaron las restricciones a corto plazo, en el que para ambas variables los choques son transitorios y con nulo efecto a corto plazo. Por lo que se sugiere para aumentar la producción del petróleo con resultados a largo plazo se debe detonar y seguir con la inversión en exploración y reponer las reservas probadas.

Mediante el análisis cruzado con los hechos estilizados se sugieren 2 subperiodos de análisis con respecto al planteando inicialmente en que el gráficamente se muestra una tendencia positiva con respecto a las variables, sin embargo el coeficiente de correlación mostró signos diferentes. Del año 1980 a 1999 la tendencia es positiva para las tres variables, es decir, mientras aumenta la inversión en exploración, aumenta la producción de petróleo y las reservas probadas.

Lo que la historia demuestra y basado en (Gurvich ,2009), el petróleo para los países productores es esencial para sus presupuestos gubernamentales. Se observa como del periodo 1980 a 1999 mientras se aumentaba la inversión en exploración, lo hacía en el mismo sentido la producción y las reservas. Pero a partir del año 2000, la situación se volvió completamente diferente. Lo que se demuestra que la inversión en exploración si puede detonar el aumento de la producción como de las reservas.

La demanda internacional por el hidrocarburo actualmente es esencial y el petróleo seguirá siendo el energético primordial mientras no exista otra alternativa como fuente de energía de mayor consumo. En los últimos años, México ha vivido la coyuntura internacional favorable que haya registrado la historia moderna del país, derivado fundamentalmente de los altos precios que ha alcanzado el petróleo. Dichos ingresos como porcentaje del presupuesto federal han representado la tercera parte. Un alto grado de dependencia para las finanzas públicas del país.

En la industria petrolera mundial prevalece generalmente el criterio de que un país productor debe exportar petróleo crudo sólo si cuenta con reservas suficientes que garanticen su autosuficiencia en el largo plazo, si la incorporación de nuevas reservas es suficiente para reponer el petróleo extraído y si el ritmo de explotación se sujeta a criterios técnicos rigurosos que maximicen los volúmenes extraídos en el largo plazo. Ninguna de esas condiciones se presenta en México. Somos un país exportador fuerte de energía primaria, petróleo crudo principalmente y al mismo tiempo un importador neto de energía para usos finales.

Tal situación agudiza al presupuesto federal de las próximas generaciones. Para que el Estado siga contando con la participación de estos recursos en las arcas gubernamentales, se tendría que seguir produciendo petróleo o aumentando los precios del energético. Pero con los resultados obtenidos en el trabajo se tendría incidencia en poder producir más petróleo mediante la inversión en exploración y la reposición de reservas probadas.

Las condiciones actuales son muy distintas en el contexto histórico desde el surgimiento de PEMEX como una empresa estatal, la expropiación petrolera en 1938 se dio en un periodo de construcción global, en el periodo de entre las guerras mundiales, en el que el estado benefactor fue motor y promotor del beneficio nacional en los países del mundo occidental.

PEMEX es actualmente un organismo descentralizado de la Administración Pública Federal. No es un organismo con autonomía como tal. La industria petrolera no puede estar completamente desligada del Estado, pero tampoco puede estar con un régimen fiscal confiscatorio elevado sobre las ventas y no las utilidades.

Los resultados del presente trabajo muestran que los determinantes por el lado de oferta son primordiales para el aumento de la producción de petróleo. Tanto el reposicionamiento de las reservas probadas como la inversión en exploración. Para lograr dicho reposicionamiento se debe continuar con los proyectos de exploración en los campos actuales, campos maduros, aguas someras y en algún futuro aguas profundas. La historia ha demostrado que empresas petroleras estatales abiertas al capital privado en exploración sin transferir al 100% las actividades a particulares. Los resultados han sido el aumento en sus reservas. Tal es el caso de la empresa estatal de Noruega Statoil y la de Brasil, Petrobras.

BIBLIOGRAFÍA

1. Baltagi, B. (2008). *Econometrics* 4ª Ed. Springer, Alemania pp. 355-375.
2. Blanchard, O. & Quah, D. (1988). "The dynamic effects of aggregate demand and supply disturbance". *American Economic Review*, núm 2737, octubre 1988.
3. Box, George E.P., y M. Jenkins (1976). *Time series analysis: forecasting and control*. San Francisco, California, EUA.
4. Calzada Falcón, Fernando (2005). *Nuevo régimen fiscal de PEMEX. Dilemas de una reforma necesaria* Universidad de la Chontalpa, Tabasco, México.
5. Chernenko, Sergey V. (2004). "The information content of forward and futures prices: market expectations and the price of risk". *International Finance Discussion Papers* 808, Board of Governors of the Federal Reserve System (U.S.).
6. Chiang, A. y K. Wainwright (2007). *Métodos fundamentales de economía matemática* 4ª Ed. Mc Graw-Hill, México.
7. Commandeur, J. y S. Koopman (2007). *An Introduction to State Space Time Series Analysis*. Oxford University Press, Reino Unido pp. 120-134.
8. Dallas E. Johnson (2000). *Métodos multivariados aplicados al análisis de datos*. Editorial Thompson Editores.
9. Machlup, Fritz (1958). "Equilibrium and Disequilibrium: Misplaced Concreteness and Diguised Politics". *Economic journal*, marzo de 1958, p.9.
10. Geman, Hélyette (2005). *Commodities and Commodity Derivatives. Modeling and Pricing for Agriculturals, Metals and Energy*, John Wiley & Sons, Ltd, pp. 201-224.
11. Gibbons, Robert (2003). *Un primer curso de teoría de juegos*. Editorial Antoni Bosch, Barcelona pp-2-45.
12. Guerrero, V. Manuel (2009). *Análisis estadístico y pronóstico de series de tiempo económicas*. Editorial. Jit Press.
13. Gurvich E., E. Vakulenko, & P. Krivenko (2009). "Cyclicity of Fiscal Policy in Oil Producing Countries". *Problems of Economic Transition* vol. 52, no. 1, May, pp. 24-53.
14. Greene William H. (1999). *Análisis econométrico*, Prentice-Hall, España.
15. Hull, John (2009). *Introducción a los mercados de futuros y opciones* 6ª Ed. Editorial Prentice Hall. México.

-
-
16. Kaufmann, Robert K., (1995). "A model of the world oil market for project, Integrating economics, geology and politics", *Economic Modelling*, , vol. 12(2), pages 165-178, April.
 17. Kelley Holland (1995). "Derivatives: Alive, But Oh So Boring". *BusinessWeek*.
 18. Kirchgässner, G. y J. Wolters (2007). *Introduction to Modern Time Series Analysis*. Springer, Alemania.
 19. Krusex, D. (2003). "The effects of fiscal policy on output in a structural VEC model framework: The case of four EMU and or non-EMU OECD countries". *European University Institute*. November 2003.
 20. Loría, E. (2007). *Econometría con aplicaciones*, Editorial. Pearson Prentice-Hall, México.
 21. Lütkepohl, H. (2004). *Applied Time Series Econometrics*, Cambridge University Press.
 22. Lynne Pepall (2006). *Organización industrial*, Cengage Learning, México.
 23. Maddala G.S. (2001). *Introduction to Econometrics* 3ª Ed. Prentice Hall pp. 513-569.
 24. Maté, JJ. y C. Pérez (2007). *Microeconomía avanzada*. Ed. Pearson Prentice-Hall.
 25. Morales, O. y A. Balankin (2007). "Análisis de Fluctuaciones Financieras a partir de series de tiempo". *IMEF Ejecutivos de Finanzas* No. 17. 2007.
 26. Ortiz, Francisco (2010). *Avances recientes en valuación de activos y administración de riesgos*. Universidad Panamericana, México pp.1-15.
 27. Otero, José María (1993) *Econometría series temporales y predicción*. Editorial AC.
 28. Parkin, M. y E. Loría (2010). *Microeconomía*. 9ª Ed. Editorial Pearson, México.
 29. Pepió Viñals, Monserrat (2001). *Series temporales* 2ª Ed. Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona.
 30. Pindyck, R. y D. Rubenfield (2009). *Microeconomía* Editorial. Pearson Prentice-Hall.
 31. Pindyck, R. (1999). "The Long-Run Evolutions of Energy Prices," *The Energy Journal, International Association for Energy Economics*, vol. 20(2), pp. 1-28.
 32. Rossetti, José Paschol (2001). *Introducción a la Economía*, Oxford University Press, México.
 33. Ross, Stephen (2000). *Fundamentos de finanzas corporativas* 5ª Ed. Editorial Mc Graw-Hill. pp 18-19.
 34. Semmler, W. (2006). *Asset Prices, Booms and Recessions* 2ª Ed. Springer, Alemania pp. 27-88.

-
-
35. Tello, Carlos (2006) *Estado y desarrollo económico: México 1920-2006*. Facultad de Economía UNAM, México, pp. 451 – 466.
 36. Tirole, Jean (1990). *La teoría de la organización industrial*. Editorial Ariel.
 37. Uhthoff, María (2008). *La industria del petróleo en México, 1911 – 1938*. Universidad Nacional Autónoma de México.
 38. Varian Hal R. (2001). *Un enfoque actual microeconomía intermedia* Editorial Antoni Bosch, España.
 39. Venégas Martínez, F (2008). *Riesgos financieros y económicos. Productos derivados y decisiones económicas bajo incertidumbre*. Cengage Learning, México.