

## La sustitución de gasolina y el precio del petróleo en México: 1988-2003

MIGUEL ÁNGEL  
MENDOZA G.\*



Como medida para disminuir la contaminación por consumo de gasolina, Petróleos Mexicanos (Pemex) emprendió un proceso de sustitución de ese carburante a fin de eliminar el plomo, reducir los contaminantes derivados del uso en los vehículos y elevar la eficiencia. En 1991 se inició el reemplazo con la entrada al mercado de la gasolina Magna Sin que sustituyó por completo a la Nova en diciembre de 1997; desde enero de 1998 a la fecha se comercializan aquella gasolina y la Premium. Sin embargo, el acelerado cambio de combustibles generó un problema de abasto que se ha solucionado con importaciones. Por otro lado, la producción de Pemex de esos carburantes depende de la importación del insumo petroquímico eter metil terbutílico, que incrementa los costos.<sup>1</sup> Esta dependencia del exterior ocasiona que el precio y el consumo del carburante sean más sensibles a los movimientos del mercado del petróleo y del tipo de cambio.

El objetivo de este artículo consiste en comprobar que las condiciones de la sustitución de gasolina (Magna Sin por Nova) de 1988 a 2003 provocaron que la demanda de ese producto se volviera más sensible a su precio relativo (elasti-

cidad precio) y en contraposición menos sensible al ingreso (elasticidad ingreso). Asimismo, debido a que la demanda interna de gasolina se satisface con producción nacional que utiliza insumos petroquímicos importados, el precio del carburante depende en mayor medida de la cotización del petróleo y del tipo de cambio por medio de la comercialización (*markup*). Se puede esperar entonces que los movimientos del precio del hidrocarburo y el tipo de cambio se transmitan a la demanda de gasolina mediante su precio relativo.

La siguiente parte del artículo se divide en una revisión teórica sobre la demanda de gasolina y el modelo de *markup* para fijar su precio. En el segundo apartado se analiza la tendencia y el cambio estructural en la demanda de ese combustible en México en el periodo 1988-2003. En la tercera parte se utiliza el análisis de integración y de cointegración para estimar las elasticidades precio e ingreso de la demanda de gasolina y la elasticidad entre los precios del petróleo y de la gasolina por medio de una ecuación de *markup*, durante periodos de no sustitución (1988-1990) y de sustitución de los carburantes (1991-2003).



1. M.A. Mendoza y L. Martínez (coords.), *Evaluación del programa Hoy No Circula*, Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad, UNAM, 1997.

\* Profesor de posgrado de la Facultad de Economía en la UNAM y socio-director del Sistema de Información Regional de México (Sirem). El autor agradece los comentarios de Elizabeth Ramos y Paulina Valladares <mendozag@servidor.unam.mx>.

## TEORÍA DE LA DEMANDA DE LA GASOLINA Y EL MODELO DE MARKUP

Según la teoría del consumidor, la demanda de cualquier bien se determina principalmente por su precio relativo, el de los sustitutos cercanos y el ingreso de los consumidores.<sup>2</sup> Para el caso de la demanda de gasolina no se han encontrado sustitutos cercanos viables, aunque se puede analizar la sustitución entre tipos de gasolina.<sup>3</sup> Por lo común, en la literatura sobre el mercado de ese combustible se determina la demanda por su precio relativo,<sup>4</sup> el ingreso y, en algunas ocasiones, el acervo de automóviles para integrar el efecto de la reducción de la utilización de estos vehículos.<sup>5</sup>

Según una especificación lineal, la demanda de gasolina ( $D^g$ ) se determina por su precio relativo ( $Prg$ )<sup>6</sup> y el ingreso ( $y$ ).

$$D^g = \alpha_0 + \alpha_1 Prg + \alpha_2 y + u_1 \quad [1]$$

$$\frac{\partial D^g}{\partial Prg} = \alpha_1 < 0, \quad \frac{\partial D^g}{\partial y} = \alpha_2 > 0$$

Las derivadas parciales para cada variable representan las elasticidades precio relativo e ingreso de la gasolina, respectivamente.

En el mercado de la gasolina de México el precio no se determina por la oferta y la demanda, sino por el costo de producción, de transportación y de distribución. La producción de la gasolina Magna Sin depende de un producto petroquímico cuyo precio se deriva directamente del precio del petróleo y de los costos de distribución y de transportación. En el modelo donde el precio de la gasolina depende de un producto de importación se genera una dependencia

del exterior por la cual se vuelve más sensible al movimiento del tipo de cambio. Este elemento es importante para el país debido a que se ha observado que la importación de gasolina, que incluye el insumo para producción de gasolina sin plomo (Magna Sin y Premium), se incrementó de manera significativa en el periodo de sustitución.

En un modelo simple de *markup*,<sup>7</sup> el precio de la gasolina ( $Pgd$ ) se determina por el precio del petróleo en dólares ( $Ppd$ ).

$$Pgd = \alpha_3 + \alpha_4 Ppd + u_2 \quad [2]$$

$$\frac{\partial Pgd}{\partial Ppd} = \alpha_4 > 0$$

El *markup* se refleja en el parámetro  $\alpha_3$ , que representa el costo de refinación, mercadeo, transportación y distribución, mientras que el parámetro  $\alpha_4$  muestra la elasticidad que mide el mecanismo de transmisión del mercado de petróleo al de la gasolina. Dado que ésta se comercializa en el mercado nacional en pesos, se puede derivar la relación de su precio con el del petróleo. Aunque éste se expresa en dólares, su valor en pesos puede calcularse con el tipo de cambio ( $e$ ). El precio relativo de la gasolina en pesos ( $Pg$ ) es igual a su precio en dólares multiplicado por el tipo de cambio y dividido por los precios al consumidor, por lo que se determina por los parámetros de la ecuación de *markup*.

$$Prg = (\alpha_3 + \alpha_4 Ppd + u_2) \cdot e / Pc \quad [3]$$

$$\frac{\partial Prg}{\partial Prg} = \alpha_4, \quad \frac{\partial Prg}{\partial Ppd} = \alpha_4 \cdot e / Pc,$$

$$\frac{\partial Prg}{\partial e} = [(\alpha_3 + \alpha_4 Ppd + u_2) / Pc]$$

Si esta ecuación de los precios relativos de la gasolina se sustituye en la ecuación 1, se obtiene el efecto del precio del petróleo y del tipo de cambio en la demanda de gasolina.

$$D^g = \alpha_0 - \alpha_1 [(\alpha_3 + \alpha_4 Ppd + u_2) \cdot e / Pc] + \alpha_2 y + u_1 \quad [4]$$

$$\frac{\partial D^g}{\partial Prg} = -\alpha_1 \cdot \alpha_4, \quad \frac{\partial D^g}{\partial Ppd} = -\alpha_1 \cdot \alpha_4 \cdot e / Pc,$$

$$\frac{\partial D^g}{\partial e} = -\alpha_1 \cdot [(\alpha_3 + \alpha_4 Ppd + u_2) / Pc] = -\alpha_1 (Pgd / Pc)$$

2. H. Varian, *Microeconomía intermedia: un enfoque moderno*, Antoni Bosch, 1994, y Mas-Colell, *Microeconomics Theory*, Oxford University Press, 1995.

3. La electricidad y el gas no representan en la actualidad un sustituto eficiente y barato de la gasolina.

4. Baltagi y Griffin, "Gasoline Demand in the OECD: An Application of Pooling and Testing Procedures", *European Economic Review*, núm. 22, 1983, pp. 117-137; U.C.H. Blum, G. Foos y M.J.I. Gaudry, "Aggregate Time Series Gasoline Demand Models: Review of the Literature and New Evidence for West Germany", *Transportation Research A*, núm. 22, 1988, pp. 75-88; Dalh y Sterner, "The Pricing of and the Demand for Gasoline: A Survey of Models", *Memorandum 132*, Goteberg University, Suecia, 1990, y R. Ramanathan, "Short-and Long-run Elasticities of Gasoline Demand in India: An Empirical Analysis Using Cointegration Techniques", *Energy Economics*, núm. 21, 1999, pp. 321-330.

5. Baltagi y Griffin, "Pooled Estimators vs. Their Heterogeneous Counter Parts in the Context of Dynamic for Gasoline", *Journal of Econometrics*, núm. 77, 1997, pp. 303-327.

6. El precio de la gasolina es igual que el precio de la gasolina entre un precio que funcione como numerario, que en este caso son los precios al consumidor ( $Pc$ ).

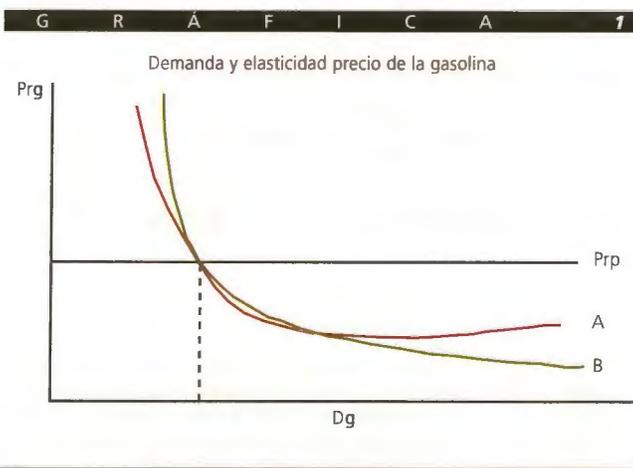
7. Jean Tirole, *The Theory of Industrial Organization*, MIT Press, 1990; N. Balke, S. Brown y M. Yücel, "Crude Oil Gasoline Prices: An Asymmetric Relationship?", *Economic Review*, Federal Reserve Bank of Dallas, 1998, y Borenstein y Shepard, *Sticky Prices, Inventories and Market Power in Wholesale Gasoline Markets*, Working Paper NBER, 1997.

## EL EFECTO DE LOS PRECIOS DEL PETRÓLEO Y DEL TIPO DE CAMBIO EN LA DEMANDA DE GASOLINA

De acuerdo con las ecuaciones descritas se pueden establecer los efectos de los precios del petróleo y del tipo de cambio en la demanda de gasolina. Como se explicó, el consumo de ese combustible se determina por las condiciones de la demanda, esto es, depende del precio relativo de la gasolina y el ingreso de los consumidores. En este caso, los factores determinantes de la demanda de gasolina no tienen influencia alguna en su precio relativo; por ejemplo, un mayor nivel del ingreso debido a un crecimiento económico trae como consecuencia un aumento en el consumo de gasolina, pero no necesariamente trae aparejado un aumento del precio relativo del carburante.

Respecto de los factores determinantes del precio relativo de la gasolina (por el lado de la oferta), éstos tienen un efecto sobre la cantidad demandada. Si el precio relativo de la gasolina aumenta debido al mayor precio del petróleo y a una devaluación paulatina del tipo de cambio, la demanda del combustible tenderá a disminuir como reflejo de lo que sucede en los mercados del petróleo y del tipo de cambio (véase la gráfica 1).

La transmisión de los movimientos de los precios del petróleo y el tipo de cambio al precio relativo y a la demanda de la gasolina depende de los parámetros de la ecuación de *markup* y sobre todo de la elasticidad precio relativo de la demanda de gasolina ( $\alpha_1$ ). Si ésta resulta elástica ( $|\alpha_1| > 1$ ), el aumento del precio del petróleo y una devaluación provocan una caída relevante de la demanda de gasolina; es posible observar esto en la gráfica 1 con la curva de B. Pero si la elasticidad precio es menor a uno ( $|\alpha_1| < 1$ ), entonces el efecto del precio sobre la demanda de gasolina es pequeño; este caso se representa por la curva de demanda del tipo A.



La transmisión de los movimientos del precio del petróleo y del tipo de cambio al precio relativo de la gasolina y con ello a su demanda depende de los parámetros combinados de la elasticidad precio relativo de la demanda de la gasolina y de los parámetros de la ecuación de *markup*. En general, diferentes estudios muestran que el carburante se considera un bien básico (para los automovilistas), por lo que su elasticidad precio relativo es negativa y menor que uno, pero muy pequeña.<sup>8</sup> Si bien el precio de la gasolina en dólares es elástico al precio del petróleo, el efecto de éste último y el movimiento del tipo de cambio se transmite en menor medida a la demanda de gasolina.

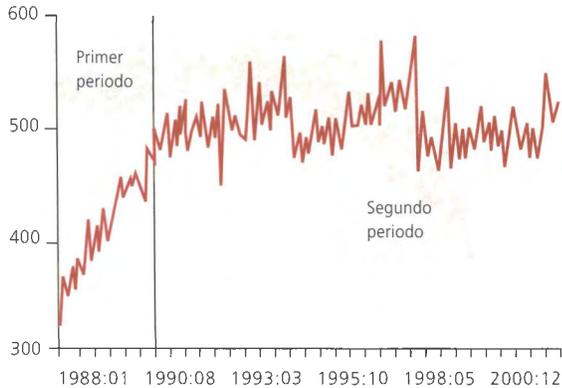
Estos resultados se analizan formalmente con las ecuaciones 3 y 4. Para la ecuación de *markup* la elasticidad del precio relativo de la gasolina respecto al precio relativo del petróleo ( $Prp = Ppd \cdot e / Pc$ ) es la misma en dólares y en pesos ( $\alpha_1$ ); la elasticidad respecto del precio del petróleo en dólares depende de la relación entre el tipo de cambio y los precios al consumidor, y la elasticidad tipo de cambio depende de todos los parámetros de la ecuación, de las innovaciones de la ecuación y de los precios al consumidor.

De la demanda de gasolina que incluye los precios del petróleo en dólares y en pesos relativos (ecuación 4) se deduce que el precio del petróleo en dólares ( $Ppd$ ) suscita una disminución en la demanda de gasolina de acuerdo con la combinación de las elasticidades precio relativo de la gasolina, entre la gasolina y el petróleo en el modelo de *markup*, por la razón tipo de cambio y los precios al consumidor ( $-\alpha_1 \alpha_5 \cdot e / Pc$ ). Un incremento del tipo de cambio suscita un crecimiento de los precios relativos de la gasolina y disminuye la demanda de ésta, ponderado por la elasticidad precio relativo de la gasolina y por la razón del precio de la gasolina en dólares y los precios generales ( $-\alpha_1 \alpha_6 \cdot Pgd / Pc$ ).

En resumen, si se cumple la hipótesis de que el consumo de gasolina se comporta como un bien básico, entonces se espera que la elasticidad precio relativo sea menor que uno, y si además se añade que por regla general en los modelos de *markup* el precio aumenta menos que proporcionalmente a los costos, entonces es claro que los movimientos del precio del petróleo y del tipo de cambio en la demanda de gasolina se transmitan en una escala menor y que sólo cambios drásticos en los precios del hidrocarburo y en la paridad cambiaria puedan generar modificaciones en el patrón de consumo de gasolina.

8. Baltagi y Griffin, "Gasoline Demand...", *op. cit.*, y "Pooled Estimators...", *op. cit.*; H. Kayser, "Gasoline Demand and Car Choice Estimating Gasoline Demand Using Household Information", *Energy Economics*, núm. 22, 2000, pp. 331-348, y S. Puller y L. Greening, "Household Adjustment to Gasoline Price Change and Analysis Using Nine Years of US Survey Data", *Energy Economics*, núm. 21, 1999, pp. 37-52.

**MÉXICO: VENTA DE GASOLINA EN MÉXICO, 1988-2000**  
(MILES DE BARRILES POR DÍA)



Fuente: elaboración propia con información de Pemex.

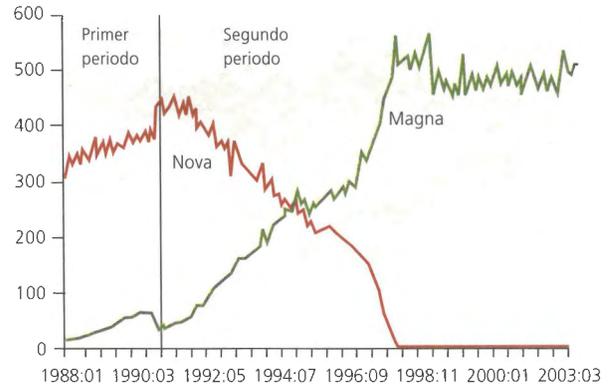
**TENDENCIA Y CAMBIO ESTRUCTURAL DE LA DEMANDA DE GASOLINA**

En esta sección se compara el comportamiento de las ventas de gasolina, el proceso de sustitución de la Magna Sin por la Nova, la elasticidad precio e ingreso y la relación de los precios de la gasolina y del petróleo para dos subperiodos: de enero de 1988 a diciembre de 1990, y de enero de 1991 a abril de 2003, periodo en el que sustituye la gasolina Nova por la Magna Sin.

En la gráfica 3 se presenta el comportamiento de las ventas de Magna Sin y de Nova, de 1988 a 1998. Antes de la sustitución de gasolina, las ventas pasaron de 317 000 a 477 000 barriles diarios de enero de 1988 a diciembre de 1990, lo que significa una tasa crecimiento, respecto al mismo mes del año anterior, de 10.57% en tres años. En contraste de enero de 1991 a abril de 2003, las ventas promedio fueron de 484 000 barriles diarios y la tasa anualizada de crecimiento fue de sólo 0.8 por ciento.

El estancamiento en las ventas de gasolina de 1991 a 1998 se puede explicar, por un lado, por el proceso de sustitución del carburante. En el periodo de enero de 1988 a diciembre de 1990 el crecimiento de las ventas fue más alto, dado que la gasolina que se ofrecía era la Nova, que representaba 92% del total de las ventas. Cuando se inició la sustitución, las ventas de gasolina se estabilizaron y la participación de la gasolina Nova en el total tendió a disminuir; el 1 de enero de 1998 en el país ya no se comercializaba este tipo de combustible. Por otro lado, el estancamiento de las ventas se puede entender de forma parcial por el desempeño económico en

**MÉXICO: VENTA DE GASOLINA POR TIPO, 1988-2000**  
(MILES DE BARRILES POR DÍA)



Fuente: elaboración propia con información de Pemex.

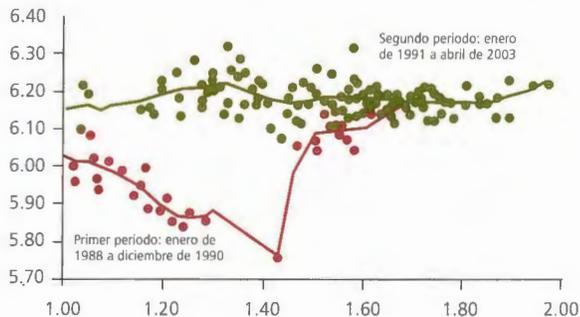
este periodo. De 1988 a 1990 la economía mexicana se encontraba en la parte creciente de su ciclo, con lo cual se explica el aumento acelerado de las ventas de gasolina, pero de 1991 a 1994 transitaba la parte decreciente que culmina con la crisis de 1995; en este periodo, las ventas de gasolina no disminuyeron de forma drástica y en cambio se estabilizaron. De 1996 a 2000 otra vez la economía mexicana entró en una fase de expansión, y de 2001 a 2002, en una de crisis, pero irónicamente las ventas de gasolina continuaron estables en alrededor de 500 000 barriles diarios.

**Sustitución de gasolina y las elasticidades precio e ingreso de la demanda**

Como se analizó, hay una relación entre la sustitución de la gasolina y la estabilización de sus ventas totales durante el periodo del proceso. La inferencia es que la sustitución de gasolina ocasionó un cambio necesario en el consumo y por tanto los factores determinantes de la demanda de gasolina se modificaron. Como ayuda al análisis, en este apartado se utilizan algunos métodos no paramétricos que evalúan y prueban si la elasticidad precio relativo (efecto precio) y la elasticidad ingreso de la gasolina (efecto ingreso) se modificaron. Para el análisis de la elasticidad precio relativo se utilizó el índice ponderado de precios de las gasolinas Nova y Magna Sin, entre el índice de precios al consumidor, tomando como año base 1994.<sup>9</sup>

9. En la tercera parte se explican con mayor detalle las transformaciones de las variables que se utilizaron para el cálculo de los modelos.

## MÉXICO: ELASTICIDAD DEL PRECIO DE LA GASOLINA, 1988-2003



Fuente: elaboración propia con base a datos del INEGI y Pemex.

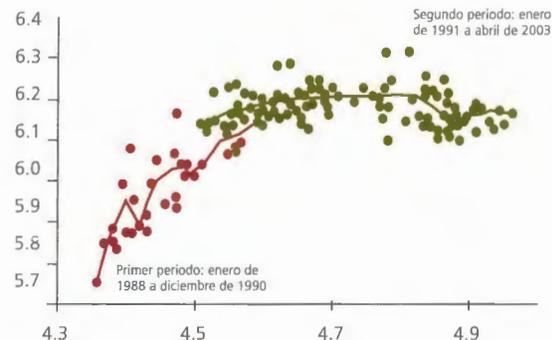
En las gráficas 4 y 5 se presenta la dispersión entre el logaritmo de las ventas de gasolina con su precio relativo y el ingreso. Las curvas que se presentan para los dos periodos son los valores estimados de Kernel Epanechnikov, que por métodos de optimización (no paramétricos) obtienen regresiones de un polinomio local de segundo orden que identifica los puntos vecinos.<sup>10</sup> Lo más interesante de este método es que muestra comportamientos inestables dentro de un conjunto de datos.

Para el periodo sin sustitución de gasolina, la elasticidad precio de la gasolina, medida con la pendiente de la curva, es inestable y resulta difícil concluir que el signo es negativo de acuerdo con la teoría económica. En el caso de la elasticidad ingreso se nota una elasticidad estable y por la inclinación de la curva se puede esperar que esté alrededor de la unidad. Estos dos comportamientos se modifican de manera considerable en el segundo periodo, el de sustitución de gasolina; en primer lugar, la elasticidad precio relativo de la gasolina es mucho más estable y aunque la curva se inclina ligeramente por arriba de la horizontal, en general tiende a mantener un signo negativo. Con este comportamiento se infiere que la elasticidad precio relativo de la gasolina tiende a ser negativa, inelástica y muy cercana a cero en el periodo de sustitución de ésta; mientras que en la elasticidad ingreso se observa un comportamiento distinto, y aunque es positiva tiende a hacerse más horizontal.

En resumen y de acuerdo con el análisis no paramétrico, el proceso de sustitución de gasolina tuvo como consecuencia

10. Jeffrey S. Simonoff, *Smoothing Methods in Statistics*, Springer-Verlag, 1996; Wolfgang Härdle, *Smoothing Techniques with Implementation*, Springer-Verlag, 1991, y J. Fan et al. Gijbels, *Local Polynomial Modelling and Its Applications*, Chapman and Hall, 1996.

## MÉXICO: ELASTICIDAD DEL INGRESO DE LA GASOLINA, 1988-2003



Fuente: elaboración propia con base a datos del INEGI y Pemex.

que el efecto precio relativo del combustible tendiera a ser más estable, un poco más alto en términos absolutos, pero sin modificar el hecho de una demanda inelástica. En el caso del efecto ingreso, la modificación más relevante es que se volvió inelástico, pero por la inclinación de la curva es mayor que la elasticidad precio de la gasolina.

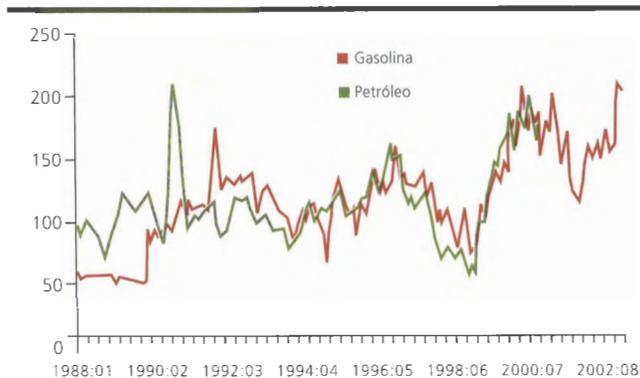
### Tendencia de los precios de gasolina y petróleo

Para el análisis de la relación entre el precio de la gasolina y el petróleo se elaboraron dos tipos de índices de precios. El primero consiste en los índices en dólares para cada variable con base 1994 = 100; el segundo está en pesos con el mismo año base. Para convertir los índices de dólares a pesos se utilizó el índice del tipo de cambio con el mismo año base. En la gráfica 6 se presentan estos indicadores, y lo primero que salta a la vista es que hasta diciembre de 1994, ambos índices se mantenían en el mismo rango y por tanto era indistinto hablar de sus tendencias en dólares o en pesos, pero después de la crisis de 1995 los índices en pesos crecieron muy por encima de los indicadores en dólares.

La gasolina que se consume en México y los precios de petróleo que este país exporta tienen una relación directa sobre todo a partir de 1991,<sup>11</sup> cuando se comienza a sustituir la gasolina Nova. El comportamiento y la tendencia de los

11. Como consecuencia de la guerra del Golfo en 1991, el crecimiento acelerado de la cotización del petróleo provocó un ajuste en el precio de la gasolina en los países consumidores del hidrocarburo. N. Balke, S. Brown y M. Yücel, "Crude Oil Gasoline...", *op. cit.* En el mercado de gasolina de México el episodio bélico no tuvo consecuencias adversas, pero con la guerra de Irak el precio de la gasolina se incrementó al mismo tiempo que aumentaron los precios del petróleo.

MÉXICO: ÍNDICE DE PRECIOS EN DÓLARES DE LA GASOLINA Y EL PETRÓLEO, 1994=100



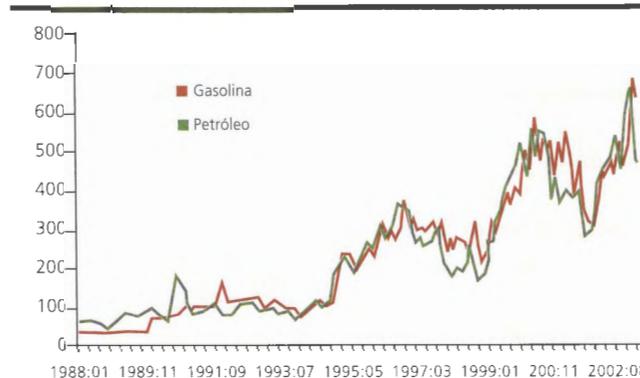
Fuente: elaboración propia con información del INEGI y Pemex.

Índices de precios de gasolina y petróleo son muy diferentes en dólares y pesos; en los nominados en la divisa estadounidense se puede observar cómo su comportamiento es muy estable alrededor de su media (100) en el transcurso del tiempo y cómo a partir de finales de 1997 el precio del petróleo en dólares comenzó una tendencia decreciente que lo llevó a los niveles más bajos de todo el periodo. El comportamiento de los índices en pesos tiene las mismas características que los índices en dólares hasta finales de 1994. De 1995 hasta finales de 1996 los precios del petróleo y de la gasolina en México tuvieron un incremento acelerado como consecuencia de la devaluación del peso respecto al dólar. De 1997 a la fecha el crecimiento de los precios del petróleo y de la gasolina sigue el mismo comportamiento en dólares y en pesos, por lo que la caída de los precios del petróleo se refleja con exactitud si no existe una devaluación. En cambio, si un movimiento en el precio del petróleo se combina con una devaluación, el efecto sobre el precio de la gasolina es más fuerte en pesos que en dólares. Lo anterior se confirma con los coeficientes de correlación entre el precio de gasolina y el del petróleo en dólares y en pesos, para los periodos sin sustitución de gasolina y con ésta. De acuerdo con el cuadro 1, la correlación entre el precio de la gasolina y el petróleo se incrementó de manera notable en el periodo de sustitución.

**CÁLCULO DE LA DEMANDA DE GASOLINA Y DEL MODELO DE MARKUP**

Para probar la hipótesis de cambio estructural en la demanda de gasolina y de su precio en el modelo de *markup* se

MÉXICO: ÍNDICE DE PRECIOS EN PESOS DE LA GASOLINA Y EL PETRÓLEO, 1994=100



Fuente: elaboración propia con información del INEGI y Pemex.

MÉXICO: COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE EL PRECIO DE LA GASOLINA Y EL PETRÓLEO, ENERO DE 1988 A ABRIL DE 2003

Periodos	Correlación en dólares	Correlación en pesos
Periodo sin sustitución (enero de 1988 a diciembre de 1990)	0.52	0.69
Periodo con sustitución (enero de 1991 a abril de 2003)	0.75	0.94

Fuente: elaboración propia con información de Pemex.

utilizó el análisis de integración y de cointegración para dos periodos: el primero va de enero de 1988 a diciembre de 1990 y el segundo, de enero de 1991 a diciembre de 1999. Con el análisis de cointegración se calcularon y compararon las elasticidades precio e ingreso de la demanda de gasolina y de los precios del petróleo y la gasolina en el modelo de *markup*. Con el procedimiento de Johansen y Juselius<sup>12</sup> se prueba si existe una relación de largo plazo (vectores de cointegración) en cada subperiodo y cuáles son las elasticidades que las representan. Por tanto, con esta metodología se puede probar que en el primer periodo no existe un vector de cointegración para la demanda de gasolina y para el modelo de *markup*, o si hay

12. Soren Johansen, "Estimation and Hipotesis Testing of Cointegration Vectors in Gaussian Vector Autoregressive Models", *Econometrica*, núm. 59, 1991, pp. 1551-1580; *Likelihood-based Inference in Cointegrated Vector Autoregressive Models*, Oxford University Press, 1995, y Soren Johansen y Katarina Juselius, "Maximum Likelihood Estimation and Inferences on Cointegration—with Applications to the Demand for Money", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, núm. 52, 1990, pp. 169-210.

un vector de cointegración para cada mercado con los signos correctos de las elasticidades; entonces el resultado esperado consiste en que las elasticidades precio e ingreso de la demanda de gasolina y del modelo de *markup* cambiaron de manera significativa en el segundo periodo.

### Los datos

Para todas las variables se tiene información mensual de enero de 1988 a diciembre de 1999. La demanda de gasolina ( $D^g$ ) se mide por las ventas de gasolina Magna Sin y Nova en miles de barriles por día; el índice del precio relativo de la gasolina (Prg) se construyó con el índice del precio promedio ponderado de los dos tipos de gasolina (Pg) entre el índice de precios al consumidor (Pc), con el año base 1994; el índice de precios de gasolina en dólares (Pgd =  $e \cdot Pg$ ) es igual al índice de precios de la gasolina multiplicado por el índice del tipo de cambio pesos por dólar para solventar deudas (e). El índice de precios del petróleo en dólares (Ppd) se construyó con el precio promedio de los tres tipos de exportación (Maya, Itsmo y Olmeca) base 1994; el índice del precio relativo del precio de petróleo (Prp) es igual a  $Ppd \cdot e / Pc$ . El ingreso (y) se mide por el índice de volumen producción del sector industrial.<sup>13</sup>

### Análisis de integración

La estimación de la función de demanda de gasolina y del modelo de *markup* del precio de la gasolina requiere que las series utilizadas cumplan con el supuesto de estacionalidad.<sup>14</sup> El análisis de integración consiste en identificar el orden de integración de todas las variables involucradas en los modelos. Los estadísticos que se utilizan para el análisis son el Dickey-Fuller aumentado (ADF)<sup>15</sup> y el de Phillips-Perron (PP).<sup>16</sup>

Demanda de gasolina	ADF(PP) <sup>1</sup>	Modelo de markup	ADF(PP) <sup>1</sup>	Valor crítico <sup>2</sup> 95%
$D^g$	1.63 (1.34)	Pgd	1.02 (0.8)	-1.94
$\Delta D^g$	-8.43 (-35.4)	$\Delta Pgd$	-6.55 (-14.55)	
Prg	-1.53 (-1.94)	Ppd	0.21 (0.12)	
$\Delta Prg$	(-13.94)	$\Delta Ppd$	-7.65 (-8.6)	
	-6.62	e	2.28 (2.54)	
y	1.84 (1.49)	$\Delta e$	-5.91 (-10.2)	
$\Delta y$	-6.86 (-26.5)			

1. Las pruebas de Dickey-Fuller aumentada y la de Phillips-Perron; se hicieron sin constante y sin tendencia, y se utilizaron cuatro rezagos. En todos los casos se ocupa el logaritmo de las variables.

2. Valor crítico de Mackinnon.

En el cuadro 2 se presentan los resultados de los estadísticos ADF y PP y el valor crítico de Mackinnon para el logaritmo de las seis variables utilizadas en los modelos. En todos los casos se encontró que las variables en nivel no son estacionarias y tienen un orden de integración.

### Análisis de cointegración

En el cuadro 3 se presentan los resultados de aplicar la prueba de cointegración<sup>17</sup> de Johansen-Juselius<sup>18</sup> a las variables de la demanda de gasolina y al modelo de *markup* en los dos subperiodos. Los resultados de las pruebas de cointegración muestran que en el caso de la demanda de gasolina, las variables están cointegradas y que existen dos vectores de cointegración para el primer periodo y un vector para el segundo periodo, con un nivel de significación de 99% en el primer subperiodo y de 95% para el segundo. Para el modelo de *markup* se encontró también que las variables están cointegradas en los dos subperiodos y con dos vectores de cointegración en el primero y un vector en el segundo.

En el cuadro 4 se presentan las elasticidades precio e ingreso de la demanda de gasolina de acuerdo con el cálculo del vector de cointegración consistente con las pruebas de cointegración del cuadro 3. Para el periodo de no sustitución de gasolina, la elasticidad precio era de -0.04 y la elasticidad ingreso de 2.34; en los dos casos los coeficientes son

13. Las fuentes de estos indicadores son Pemex, *Indicadores Petroleros*; Banco de México, *Indicadores Económicos*, e INEGI, *Indicadores de Sector Industrial*.

14. El supuesto de estacionalidad en el sentido débil se cumple si el proceso estocástico de una variable tiene momentos de primero y segundo órdenes finitos que no varían en función del tiempo. J. Suriñach, M. Artis, E. López y A. Sansó, *Análisis económico regional: nociones básicas de la teoría de la cointegración*, Antonio Bosch, 1995.

15. D. A. Dickey y W. A. Fuller, "Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root", *Journal of the American Statistical Association*, núm. 74, 1979, pp. 427-431.

16. P. C. B. Phillips y P. Perron, "Testing for a Unit Root in Times Series Regresión", *Biometrika*, núm. 75, 1988, pp. 335-346.

17. El sistema de ecuaciones que se analiza no es un sistema simultáneo, por lo que los métodos de cálculo uniecuacionales pueden utilizarse sin provocar estimadores sesgados e ineficientes. M. Intriligator, *Modelos econométricos, técnicas y aplicaciones*, Fondo de Cultura Económica, México, 1991, y Johnston y Dinardo, *Econometric Methods*, McGraw-Hill, 1997.

18. Soren Johansen y Kafarine Juselius, *op. cit.*

**PRUEBA DE COINTEGRACIÓN DE JOHANSEN Y JOSELIUS:  
ENERO DE 1988-ABRIL DE 2003 (DATOS MENSUALES)**

Demanda de gasolina D <sup>g</sup> , Pg/Pc, y	H <sub>0</sub> : rango=p	Razón de verosimilitud	
		Enero de 1988 a diciembre de 1990	Enero de 1991 a abril de 2003
	P=0	54.78*	38.45*
	P<=1	20.49*	16.47
	P<=2	7.08	3.21
<b>Modelo de markup</b> Pgd, Ppd			
	P=0	21.61*	20.97*
	P<=1	6.09*	0.15

Nota: la hipótesis nula se refiere a la cantidad de vectores de cointegración de acuerdo al estadístico de la traza, que se presenta como el estadístico de razón de verosimilitud de la prueba de Johansen y Joselius. Las pruebas se hicieron con constante y sin tendencia en el vector de cointegración y en el VAR y cuatro rezagos en la función de demanda de gasolina; y, sin constante y sin tendencia en el vector de cointegración y en el vector autorregresivo y ocho rezagos en el modelo de markup. a. Rechazo de la H<sub>0</sub> al 95% (99 por ciento).

significativos y con los signos correctos. Mientras que en el periodo de sustitución, las elasticidades precio e ingreso son de -0.47 y 0.07, respectivamente, tienen los signos correctos pero la elasticidad precio es significativa.

En el periodo de no sustitución es notorio el resultado de una elasticidad precio con el signo negativo, pero pequeña, y una elasticidad ingreso muy alta; con ellas se puede inferir que en este periodo la demanda de gasolina dependía en gran medida del comportamiento económico. Para el periodo de sustitución, la demanda del carburante se determina principalmente por su precio y no por el ingreso. Este movimiento de las elasticidades precio e ingreso de la gasolina implica

en el periodo de no sustitución, pero se volvió más sensible en el periodo de sustitución de gasolina.

#### RESUMEN Y CONCLUSIONES

En este artículo se analizaron los efectos del precio del petróleo y el tipo de cambio en el precio de la gasolina de acuerdo con un modelo de *markup* y la transmisión sobre el mercado de gasolina ante un proceso de sustitución del carburante; para ello se estimaron las ecuaciones de *markup* y demanda de gasolina para los periodos de no sustitución y de sustitución de gasolina, por medio del análisis de integración y cointegración. Con el cálculo del modelo de *markup* se encontró que el precio de la gasolina se fija según el precio del petróleo y el tipo de cambio, pero se vuelve más sensible en el periodo de sustitución de gasolina. En el caso de la demanda del combustible se encontró que en el periodo de no sustitución de gasolina, la elasticidad precio es significativa con el signo correcto según la teoría, pero de magnitud menor a la elasticidad ingreso, que en tal periodo era de 1.68. En el periodo de sustitución de gasolina la elasticidad precio es la única significativa, con los signos correctos e inelástica, lo cual implica que la demanda del carburante se hizo más sensible a los determinantes externos del precio de la gasolina (el precio del petróleo y el tipo de cambio) y, en contraposición, menos sensible al ingreso. 

**ESTIMACIONES DE LARGO PLAZO DE LA PRUEBA DE JOHANSEN Y JOSELIUS, ENERO DE 1988 A DICIEMBRE DE 1999 (DATOS MENSUALES)**

**Demanda de gasolina:  $D^g = \alpha_0 + \alpha_1 Prg + \alpha_2 y + u_1$**

Periodos de estimación	$\alpha_0$	$\alpha_1$	$\alpha_2$
Enero de 1988 a diciembre de 1990	1.66 (0.41)	-0.04 (-0.02)	1.68 (0.09)
Enero de 1991 a diciembre de 1999	6.59 (0.51)	-0.47 (-0.10)	0.07 (0.11)

**Modelo de markup:  $Pgd = \alpha_3 + \alpha_4 Ppd + u_2$**

Periodos de estimación	$\alpha_3$	$\alpha_4$
Enero de 1988 a diciembre de 1990		0.91 (0.02)
Enero de 1991 a diciembre de 1999		1.02 (0.01)

Nota: los parámetros corresponden a los vectores de cointegración de la prueba de la tabla 3; entre paréntesis se presenta el error estándar del parámetro.

A unos  
les toma  
toda la vida.

II

LEVEL 0.0  
SLOPE +5  
INTEG 0

A otros una llamada.

EXPORTATEL

Si eres exportador, quieres abrir nuevos mercados, tienes dudas sobre trámites o créditos, posibles clientes, ferias y cursos de capacitación, llama a EXPORTATEL: 01 800 EXPORTA (01800 397 6782).

EXPORTATEL, para que no te cueste toda una vida hacer crecer tu negocio.

Bancomext evoluciona, se perfecciona y trabaja por y para México.

**EXPORTATEL:**  
**01800 EXPORTA (01800 397 6782)**



**BANCOMEXT**  
**TE AYUDA**