



Análisis Económico

ISSN: 0185-3937

analeco@correo.azc.uam.mx

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad

Azcapotzalco

México

Guzmán Plata, María de la Paz; Leyva López, Soraya; Cárdenas Almagro, Antonio  
El futuro del Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores  
Análisis Económico, vol. XXII, núm. 49, primer cuatrimestre, 2007, pp. 53-83  
Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco  
Distrito Federal, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41304904>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

*Análisis Económico*  
Núm. 49, vol. XXII  
Primer cuatrimestre de 2007

# El futuro del Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores

*(Recibido: febrero/06–aprobado: junio/06)*

*María de la Paz Guzmán Plata\**  
*Soraya Leyva López\**  
*Antonio Cárdenas Almagro\**

## **Resumen**

Existen básicamente dos enfoques acerca de los determinantes del mercado bursátil, uno es el eficientista y el otro es el ineficientista. A partir de los planteamientos de ambos enfoques y de la herramienta econométrica se construye un modelo capaz de predecir el comportamiento del Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores para el periodo 2006-2008. Este modelo de pronóstico se compara con un modelo tipo ARIMA con efectos ARCH. La superioridad del modelo basado en los fundamentos es evidente en todo el periodo del pronóstico.

**Palabras clave:** cointegración, predicción, IPC.

**Clasificación JEL:** E13, E17.

\*Profesores-Investigadores de la UAM-Azcapotzalco (mguz@correo.azc.uam.mx), (sl@correo.azc.uam.mx), (acardenas@correo.azc.uam.mx).

## **Introducción**

La problemática económica que ha venido viviendo nuestro país se refleja principalmente en los mercados financieros. Uno de los mercados financieros más importantes lo constituye el mercado bursátil, cuya evolución refleja en la mayoría de los casos la expectativa del acontecer económico. Es por esta razón que estudiar el mercado bursátil con mayor profundidad se vuelve un imperativo, y más aún poder predecir su comportamiento se convierte en un reto. Así, el objetivo de esta investigación es construir un modelo capaz de predecir el comportamiento del Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores (IPC) a través del tiempo. Para cumplir con dicho objetivo, este trabajo se divide en cinco secciones. En la primera sección se estudia el marco teórico y se describen los enfoques más importantes que analizan el mercado bursátil. En la segunda, se hace un recuento de los estudios sobre predictibilidad del mercado bursátil a nivel internacional y para México. En la tercera parte, se plantea el modelo de estimación de largo plazo y el de predicción de corto plazo del IPC mientras que en la cuarta sección se presentan los resultados de la estimación. En la quinta parte se realiza la predicción de los rendimientos del IPC a 36 etapas fuera de la muestra y se compara con el pronóstico que arroja un modelo ARIMA con efectos ARCH. Por último se presentan las conclusiones.

Es importante destacar que, aunque el tema sobre predictibilidad del índice bursátil se dirige recientemente a los modelos con una alta complejidad matemática, la metodología que se utiliza en esta investigación para pronosticar al IPC permite combinar el estudio de los fundamentos del mercado bursátil y los avances en las técnicas de predicción que propone la econometría. Es por esta razón que esta investigación se considera novedosa.

### **1. Marco teórico**

Existen básicamente dos tendencias en la literatura teórica y aplicada sobre las fuerzas que actúan en el mercado bursátil. Una de ellas es la llamada eficientista, la cual pone énfasis en los elementos de cálculo racional de los agentes económicos en el comportamiento del precio de las acciones, con base en el valor presente de los dividendos futuros. La otra escuela es la llamada ineficientista, sustentada principalmente en la teoría de Keynes y en aquellos economistas que se oponen a la hipótesis de eficiencia en los mercados, como es el caso de Robert J. Shiller. Los supuestos sobre los que se basa la corriente eficientista son los siguientes:

- 1) Todos los agentes económicos tienen acceso al mercado de capitales.
- 2) Ningún agente económico tiene poder suficiente para influir en la determinación del precio de las acciones.
- 3) El acceso al mercado es libre y no tiene costo.
- 4) Hay libre negociación de títulos dentro del mercado, es decir no hay fricciones que impidan la libre negociación de títulos.
- 5) La información relevante está ampliamente y libremente disponible.

Dados estos supuestos los efficientistas calculan el precio de las acciones con base en la fórmula de valor presente actual neto,<sup>1</sup> donde los dividendos esperados y la tasa de rentabilidad esperada están presentes. La fórmula más sencilla para calcular el precio de una acción es:

$$P_o = \sum_{t=1}^{\infty} \frac{DIV_t}{(1+r)^t} \quad (1)$$

Esta ecuación expresa que el precio actual de las acciones es igual a la corriente descontada de todos los dividendos futuros que se pagarán por ella.

Existen versiones más elaboradas sobre la determinación del precio de un activo, entre ellos se puede encontrar la de Summers (1986) quien utiliza la probabilidad condicional:

$$P_t = E \left[ \left( \sum_{s=t}^{\infty} \frac{DIV_s}{(1+r)^{s-t}} \right) \middle| I_t \right] \quad (2)$$

Donde:

- $P_t$  es el precio esperado del activo;
- $E$  es la esperanza condicional;
- $DIV_s$  son los dividendos esperados;
- $r$  es la rentabilidad esperada y
- $I_t$  es el conjunto de información disponible.

<sup>1</sup> Para profundizar en el estudio del valor presente neto en las finanzas corporativas véase Brealey y Myers (1993).

La Ecuación 2 tiene la misma interpretación que la 1, sin embargo constituye la pieza central de los eficientistas y su validez ha llevado varias décadas de análisis e investigación. Hay una vasta literatura para probar si el precio de un activo responde a su valor fundamental. Esta literatura trata de la hipótesis de la eficiencia del mercado.<sup>2</sup>

Dentro de los ineficientistas se encuentra Keynes (1977), donde el comportamiento del mercado bursátil responde principalmente a aspectos de la psicología de los negocios y a las expectativas de la evolución de las variables reales de la economía. Aunque para él la demanda de dinero por el motivo especulación es una pieza clave de su teoría monetaria, el análisis de la bolsa de valores ocupa poco espacio en la Teoría General pero proporciona algunos elementos de como este autor concibe su comportamiento.

Keynes introduce el estudio de la bolsa de valores cuando analiza la eficiencia marginal del capital, y propiamente en lo que se refiere a los elementos que influyen en el rendimiento probable de una inversión que es uno de los factores a tomar en cuenta para determinar dicha eficiencia. El rendimiento probable depende de las expectativas, pero no de aquellas que son inciertas sino por hechos que inspiran cierta confianza. Por este motivo “los hechos propios de la situación presente, entran desproporcionadamente en cierto sentido en la formación de las expectativas a largo plazo” (Keynes, 1977: 136). Así dentro del análisis de la situación presente y del estado de la confianza, para Keynes entran la observación real de los mercados, la valuación de los mercados organizados y la psicología de los negocios.

Uno de los mercados más importantes a observar y evaluar lo constituye el mercado accionario, puesto que en él se revalúan muchas inversiones todos los días y estas revaluaciones dan frecuentemente oportunidades a los individuos para revisar sus compromisos. Además, las revaluaciones que se hacen en la bolsa influyen en la tasa de inversión corriente, porque ayudan a determinar si se gasta en un nuevo proyecto de inversión con desembolsos millonarios o se compra la empresa ya existente con ganancias inmediatas.

Para Keynes la bolsa es como un barómetro por el cual el inversionista decide seguir el negocio, retirarse o volver a entrar. Aunque la bolsa de valores es un barómetro, ésta representa un factor que hace más débil la valuación del mercado para la inversión real por varias razones:

<sup>2</sup> Eugene Fama (1970, 1991) define el concepto de eficiencia del mercado, en términos generales un mercado es eficiente si el precio refleja toda la información disponible.

- 1) Con el aumento de inversión en renta variable en manos de la comunidad que no conoce ni dirige los negocios, disminuye el conocimiento real que hay sobre la valuación de las inversiones por quienes las poseen o proyectan comprarlas.
- 2) Las fluctuaciones diarias en la ganancias de los inversionistas existentes que son de carácter efímero y poco importante (como por ejemplo el aumento del precio de las acciones de las compañías manufactureras del hielo en el periodo de verano cuando sus dividendos son estacionalmente elevados en comparación con los de invierno, período en el cual nadie quiere ese producto; o bien el aumento de días festivos que puede elevar la valoración del mercado en el sistema de transporte) influyen de manera excesiva y absurda en el mercado.
- 3) Cuando la valuación del mercado se establece como resultado de la psicología de masas de un gran número de individuos ignorantes estará sujeta a modificaciones violentas debido a cambios bruscos en la opinión como consecuencia de factores no relevantes para el rendimiento probable, ya que no habrá motivos de convicción fuertemente arraigados para mantenerlos con firmeza. En estos casos, el mercado estará sujeto a oleadas de sentimientos optimistas o pesimistas que son legítimos en cierto sentido cuando no hay bases sólidas para un cálculo razonable.
- 4) Otro elemento por el cual la sociedad no estudia realmente el rendimiento probable o hace más débil su estudio, es que las habilidades de los inversionistas profesionales y del especulador no están dedicadas a hacer previsiones a largo plazo respecto a los rendimientos probables de una inversión sino a prever cambios con mayor anticipación que el público en general. Por lo que esos dos personajes, no se ocupan de lo que realmente significa el valor de la inversión para el hombre que lo compra para siempre, sino de cuanto lo estimará el mercado dentro de dos meses o un año bajo la influencia de la psicología de masas.

Finalmente, para Keynes a medida que mejora la organización de los mercados de inversión, el inversionista profesional (aquel que tiene la tarea de prever los rendimientos probables de los bienes por todo el tiempo que dure la inversión) le dedica su inteligencia a anticipar lo que la opinión promedio espera que sea la opinión promedio, función que predominantemente es del especulador (actividad de prever la psicología del mercado).

Dado lo expuesto en los anteriores párrafos se pueden deducir los elementos que para Keynes determinan el comportamiento del mercado accionario:

- 1) Muchas de las fluctuaciones diarias de la bolsa de valores se deben a factores estacionarios.

- 2) La psicología de masas es uno de los elementos más importantes para determinar el comportamiento del mercado bursátil.
- 3) Dentro de la psicología de masas entran todos aquellos eventos que pueden crear conductas optimistas o pesimistas entre la comunidad como el acontecer económico, financiero y político.
- 4) El mercado accionario es un mercado cuya conducta es de corto plazo.
- 5) La bolsa de valores es un mercado que prevé los cambios con mayor anticipación.

Shiller (1984), otro autor catalogado como ineficientista, propone un modelo alternativo de la formación del precio de los activos. En este modelo incorpora a los inversionistas ordinarios, los cuales están guiados por la psicología de masas, ésta influye en los mercados financieros haciendo que los precios de los activos sobrereaccionen ante cambios en la moda, en el acontecer político, en el ciclo económico y en los movimientos sociales.<sup>3</sup>

Además de los inversionistas ordinarios, en los mercados financieros se encuentran los inversionistas profesionales, los cuales reaccionan en forma racional en los mercados, responden rápida y apropiadamente a la información pública disponible. Sin embargo, para Shiller esta clase de inversionistas está limitada por su riqueza mientras que los inversionistas ordinarios son la mayoría aquellos que incluyen, la ecuación fundamental de la formación de precios de los eficientistas. El modelo de la formación de precios que Shiller propone es:

$$P_t = \sum_{K=0}^{\infty} \frac{ED_{t+k} + \varphi EY_{t+k}}{(1+r+\varphi)^{r+1}} \quad (3)$$

Donde:

$P_t$  es el precio real de los activos;

$ED_{t+k}$  son los dividendos esperados de los activos, según los inversionistas profesionales; y

$EY_{t+k}$  son los dividendos esperados de los activos según los inversionistas ordinarios;

$r$  es la tasa de descuento de los dividendos esperados por los inversionistas profesionales; y

$\varphi$  es la tasa de descuento de los dividendos esperados por los inversionistas ordinarios.

<sup>3</sup> Los movimientos sociales pueden generarse por la promulgación de leyes que promuevan el desarrollo de los mercados. Dentro de estos movimientos sociales se puede encontrar la creación del fondo de pensiones en los EUA la cual provocó una mayor entrada de inversionistas al mercado. También la aparición del asesor financiero

Esta ecuación expresa que el precio real de un activo es el valor presente de los dividendos descontados a una tasa  $r + \phi$ . Si  $\phi$  es cero, los inversionistas profesionales tienen total influencia en los mercados financieros, por lo que el precio esperado de los activos se forma de la misma manera de como afirman los eficientistas. Pero en la medida que los inversionistas ordinarios tienen una mayor participación en el mercado de los activos, el precio de estos activos estará más influenciado por la psicología de masas y en consecuencia tanto los rendimientos esperados de los inversionistas ordinarios como el de los inversionistas profesionales se modifican.

## **2. La predictibilidad del mercado bursátil**

En los modelos de predicción de los mercados financieros, se encuentran principalmente aquellos que pronostican a las variables financieras a través de sus fundamentos teóricos. Dentro de ellos aparece el modelo del valor presente neto para el pronóstico del rendimiento de los índices del mercado bursátil así como modelos que incluyen variables macroeconómicas fundamentales. Sin embargo, se han desarrollado modelos de pronóstico que no se sustentan en sus fundamentos, más bien se basan en desarrollos matemáticos como los algoritmos genéticos<sup>4</sup> y los modelos de redes neuronales.<sup>5</sup>

Aunque la literatura sobre la predictibilidad de los mercados financieros es vasta, en este apartado se revisan las investigaciones relevantes de los estudiosos sobre el tema y los resultados de esas investigaciones.

El tema de la predictibilidad en el mercado bursátil es reciente, prácticamente se ha desarrollado en las dos últimas décadas. Los teóricos de la predictibilidad del rendimiento de un activo a través del valor presente neto y de variables macroeconómicas se dividen, al igual que en los determinantes del mercado bursátil, en las corrientes eficientista e ineficientista. La pregunta

---

y el crecimiento de su credibilidad en el círculo de los negocios se puede considerar como un movimiento social que afecta el precio de los activos.

<sup>4</sup> Los algoritmos genéticos son una técnica que se aplica para la solución de problemas de la misma manera como lo hace el proceso evolutivo de las especies. Estos algoritmos reciben como entrada a una población de cromosomas que se combinan y arrojan como salida especímenes más aptos, donde los más débiles se eliminan. Los especímenes más aptos se aparean y generan descendientes, los cuales deben tener mejores características que los anteriores y constituyen las mejores soluciones al problema.

<sup>5</sup> Las redes neuronales son modelos simplificados de redes que forman el cerebro, las cuales aprenden a partir de los datos que se le suministran. Estas redes están formadas por un conjunto de neuronas artificiales interconectadas entre sí. Las neuronas se encuentran distribuidas en diferentes capas, de manera que las de una capa están conectadas con las neuronas de la capa siguiente a las que pueden mandar información. Cada neurona es una unidad de procesamiento de la información y emite el resultado a otra neurona siempre y cuando esta neurona supere un valor umbral; además cada conexión entre neuronas tiene un peso determinado. Así, una neurona dará más importancia a la información que le llegue por una conexión de peso mayor a aquella que tenga un peso menor.

que intentan de resolver ambas corrientes es, cuál es el origen de las variaciones de los dividendos esperados y de la tasa de descuento o bien de los rendimientos esperados de un activo. Los eficientistas sostienen que cualquier variación en los rendimientos esperados es producto del carácter racional de los agentes económicos, y además estos rendimientos revierten a la media en el largo plazo. Los ineficientistas asocian los cambios de los rendimientos esperados a la psicología de masas, argumento que los lleva a concluir que el mercado no se comporta en forma racional, pero al igual que los eficientistas sostienen que los rendimientos esperados de un activo revierten la media.

Así, en ambas escuelas la predictibilidad del rendimiento de un activo es producto de la racionalidad o irracionalidad del mercado, pero con reversión a la media. Por ejemplo, Shiller (1981 y 1984) y Summers (1986), autores catalogados como ineficientistas, sostienen que la predictibilidad de los rendimientos esperados es producto de fenómenos tales como la excesiva volatilidad, modas, burbujas especulativas y sobrerreacciones del mercado, eventos que evidencian el carácter irracional e ineficiente de los mercados. En contraparte, Fama, uno de los máximos teóricos e investigadores de la corriente eficientista, después de hacer una revisión y análisis crítico de los trabajos sobre la eficiencia en el mercado de capitales de 1970 a 1990, concluye que la variación en los rendimientos esperados puede ser predecible y que esta variación responde a los cambios en los gustos y en la tecnología, en consecuencia es racional. Además, sostiene que si la variación en los rendimientos es racional, entonces esta debería estar relacionada con el consumo, la inversión y el ahorro, variables macroeconómicas fundamentales (Fama, 1991).

Dada la aceptación de la predictibilidad de los rendimientos esperados de un activo en esas dos escuelas, independientemente del carácter racional o irracional de los mercados, un recuento de los trabajos empíricos sobre el pronóstico del mercado bursátil muestra que las principales variables que determinan los cambios en los rendimientos de las acciones son las razones financieras, la tasa de interés y las variables macroeconómicas.

Grossman y Shiller (1981) observan que la variabilidad en los precios de los activos responde a los movimientos de la actividad económica. Dentro de las variables que miden la actividad económica, el consumo es el mejor predictor de la variación de los precios de los activos porque esta variable está relacionada con el grado de aversión al riesgo. El consumidor, por ejemplo, elige según su grado de aversión al riesgo si invierte en activos o consume su ingreso en el presente. Si el activo es muy riesgoso su precio presentará una covarianza negativa con la tasa marginal de sustitución del consumo (el consumo presente en relación con el consumo futuro). En consecuencia, la variabilidad en el consumo capta la variación en

el precio de los activos. Pero si se supone un mundo de certidumbre como lo hace la teoría económica, la tasa marginal de sustitución del consumo debe ser igual a la inversa de la tasa real de interés. Dada esta relación entre el consumo y la tasa de interés real, los movimientos en el precio de los activos responde a los cambios en la tasa de interés cuando los dividendos permanecen constantes.

Balvers, Cosimano y McDonald (1990) obtienen la predicción del rendimiento de los activos en un modelo intertemporal<sup>6</sup> de equilibrio general. Estos autores argumentan que el rendimiento de los activos puede ser predecible porque el producto agregado es predecible. El proceso por el cual los rendimientos de los activos pueden ser pronosticables es el siguiente: los inversionistas maximizan su utilidad regulando su consumo a través del ajuste de la tasa requerida de rendimiento sobre los activos; por ejemplo si los inversionistas anticipan que el producto bajará en el siguiente periodo, ellos transfieren su riqueza a este periodo aceptando una baja en la tasa de rendimiento, lo cual aumenta la variación en el consumo. Como resultado de la predictibilidad en el producto y de la relación entre el producto y el rendimiento, este último puede ser predecible. El producto del periodo corriente y sus rezagos, según estos autores, debe medir la parte de la variabilidad intertemporal de los rendimientos. La evidencia que obtienen estos autores es que la relación entre el producto y el rendimiento domina más que la relación entre los dividendos y el rendimiento.

Chen, Roll y Ross (1986) encuentran que la gran cantidad de eventos no anticipados tienen efectos en la variación del precio de los activos. Los eventos no anticipados que tienen más impacto en la variación del precio de los activos son: el diferencial de la tasa de interés, la inflación no esperada, la producción industrial y los precios del petróleo. Cada una de estas variables influyen en la variación de los precios de los activos a través de sus efectos en dos elementos básicos del precio de los activos: dividendos y tasa de descuento. Por ejemplo, los cambios no anticipados en la tasa de interés afectan al precio del activo mediante su influencia en el flujo de efectivo futuro; cambios no anticipados en la tasa de inflación también influyen en el flujo de efectivo al igual que los cambios en la producción real.

Fama (1991) muestra que un elemento adicional que explica la variación en el precio de los activos es su volatilidad.<sup>7</sup> Sin embargo, también destaca el fenó-

<sup>6</sup> Un modelo intertemporal es aquel que abarca varias generaciones o bien es aquel cuyo periodo de estudio tiende a infinito.

<sup>7</sup> El tema de volatilidad es tratado con mayor profundidad en Ludlow (1997).

meno de la estacionalidad como característica del mercado de activos. El efecto enero (hay evidencia que los rendimientos de los activos son más altos en el mes de enero que en cualquier otro mes) se presenta en el mercado de activos de EUA.

Bekaert y Hodgrik (1992) prueban la capacidad predictiva de los dividendos, el rendimiento futuro en el mercado de cambios extranjero y los rendimientos en exceso rezagados sobre los rendimientos en exceso corrientes. Según estos autores, estas tres variables son predictoras del rendimiento en exceso de los activos. Ellos encuentran, utilizando la metodología VAR, que dichas variables tienen un alto poder predictivo sobre el rendimiento en exceso de los activos.

Nelson y Kim (1993) prueban si la actividad económica, medida por el índice de la producción industrial, es un buen predictor de la variación del precio de los activos. Sin embargo, los resultados de dichas pruebas los llevan a concluir que estas variables no tienen poder predictivo sobre el rendimiento de los activos. Además, una contribución importante de su artículo es medir el sesgo que tienen los predictores utilizados más comúnmente para explicar las variaciones de los rendimientos de los activos como los dividendos. Estos autores argumentan que en pequeñas muestras las regresiones de predicción están sujetas a dos clases de sesgo, la primera surge porque las variables utilizadas como predictores son endógenas y esto hace que los coeficientes estén sesgados; la segunda se centra en el error estándar asintótico de los coeficientes de cada una de las variables utilizadas como predictores, el cual está sesgado hacia abajo en períodos de sobrerreacciones. Ambos sesgos hacen que el coeficiente  $t$  sea grande y que las inferencias puedan inducir predictibilidad cuando en realidad no existe, la presencia del sesgo no se limita a las variables financieras utilizadas como predictores sino también a las variables macroeconómicas que se eligieron como predictores; es por ello que la variable índice de la producción industrial tiene un bajo poder predictivo sobre el rendimiento de los activos.

Goetzman y Jorion (1993) reexaminan la capacidad predictiva de los rendimientos para explicar las variaciones de los rendimientos esperados, tomando en cuenta la posibilidad de sesgo en las regresiones comunes de predicción. Para eliminar el sesgo, utilizan la metodología de robustez y crean la pseudo variables dividendos la cual resulta con poder predictivo sobre los rendimientos de los activos.

Kothari y Shanken (1997) evalúa la capacidad predictiva de la razón financiera valor en libros/valor de mercado ( $L/M$ ) y las compara con la de dividendos. Los resultados de su investigación son que ambas variables tienen poder predictivo, ( $L/M$ ) tiene mayor poder predictivo para todo el periodo de la muestra y los dividendos es útil cuando la muestra se subdivide.

Rantiff y Scholl (1998) muestran la capacidad predictiva de L/M y la variable diferencial sobre los rendimientos de los activos. Estos autores argumentan que L/M se utiliza como predictor porque esta variable captura información del flujo de efectivo, además esta variable tiene una relación positiva con los rendimientos futuros, porque con un flujo de efectivo constante un incremento en la tasa de descuento produce un decremento en el valor de mercado y un incremento en L/M que repercute positivamente en el rendimiento. Dentro de la variable diferencial consideran tres tasas de interés: las diferencias en la tasa de interés de corto plazo; la tasa de interés de corto y largo plazo y la diferencia entre la tasa corporativa; y la tasa libre de riesgo. Los resultados de la investigación confirman que L/M tiene un alto poder de pronóstico sobre el rendimiento de los activos comparado con el término diferencial y los mismos dividendos.

Tono y Veronesi (2001) proponen un modelo de equilibrio general para mostrar que la variación en los rendimientos esperados pueden estar generados por los cambios en la importancia relativa de varias fuentes de ingreso, además de las variables financieras fundamentales. La principal variable de ingreso que explicaría la variación en el rendimiento de los activos es la razón ingreso laboral a consumo la cual, subrayan los autores, es una variable macroeconómica pura a diferencia de las variables financiera como la razón precio utilidad. La explicación que se da para incluir al consumo en el modelo, es que los inversionistas además de recibir el pago por los dividendos de sus acciones tienen un salario que se convierte en un flujo de consumo, y como este último varía, genera cambios en el premio al riesgo que los inversionistas requieren para mantener los activos.

Por otro lado, actualmente los modelos matemáticos también están ocupando un porcentaje significativo en el tema de predictibilidad de los rendimientos esperados de los índices bursátiles. Parisi y Guerrero (2003) analizan la capacidad predictiva de los modelos de redes neuronales para pronosticar el signo de las variaciones semanales de los índices bursátiles CAC40 (Francia), Hang Seng (Hong Kong), KLSE (Malasia), STI (Tailandia), Dow Jones de EUA (IDJ), S&P500 (EUA), GDAX (Alemania), Bovespa (Brasil), Nikkei225 (Tokio) y FTSE100 (Gran Bretaña) con datos semanales de 1993 a 2002. Además, esta capacidad predictiva se compara con la de un modelo ARIMA. La conclusión a la que se llega es que la capacidad predictiva de los modelos neuronales superan al modelo ARIMA en los once índices analizados y que esta capacidad cambia a lo largo del tiempo, por lo que es necesario plantear varios modelos neuronales explicativos en vez de uno para captar la evolución de los índices bursátiles.

Finalmente, la evidencia empírica más reciente para México sobre la predictibilidad de los rendimientos esperados se centra en determinar la linealidad

o no linealidad de la media de los rendimientos esperados, en la volatilidad y en la construcción de modelos matemáticos que predigan un cambio de signo en éstos.

Valdés (2002) investiga si la media de los rendimientos diarios del mercado accionario mexicano de 1985 a 2000 son no lineales y la hipótesis del caos de los rendimientos en oposición al de caminata aleatoria. La conclusión es que no se puede rechazar la hipótesis nula de que el índice accionario sigue una caminata aleatoria, ni la linealidad de la media de los rendimientos del IPC.

Salas (2003) analiza si la función de la esperanza condicional de los indicadores bursátiles de 15 países, incluyendo a México, se puede modelar de manera lineal. Para realizar la prueba de linealidad utiliza los estadísticos de Cramer Von Mises y el de Kolmogrov-Simirnov.<sup>8</sup> El resultado al que llega es que los índices bursátiles de la mayoría de los países analizados se pueden modelar en forma lineal.

Johnston y Soriano (2004) estudian la volatilidad de los rendimientos accionarios para 39 países, incluyendo a México, con datos diarios para el periodo 1990-2002. La volatilidad se estima con base en modelos GARCH simétricos y asimétricos. Los resultados para México muestran que el TPC tiene efectos de volatilidad asimétrica tipo TGARCH y EGARCH.<sup>9</sup>

Parisi y Cornejo (2004) analizan la eficiencia de los modelos multivariados dinámicos<sup>10</sup> a partir de algoritmos genéticos recursivos, para predecir el signo de las variaciones de los índices bursátiles IPC, Toronto Stock Exchange (TSE), Nasdaq e IDJ del periodo 1998-2003. La capacidad predictiva de estos modelos fueron comparados con un modelo AR(1) y un modelo multivariado elaborado de manera aleatoria. Como variable exógena de los modelos multivariados se utilizó el índice IDJ, excepto para el propio modelo de esta variable ya que se consideró como un indicador líder de lo que ocurre en otros mercados internacionales. Los resultados de esta investigación fueron que los modelos producidos con el algoritmo genético obtienen un porcentaje de predicción superior para los cuatro índices analizados comparados con los modelos AR(1) y con los modelos dinámicos elaborados de manera aleatoria.

Johnson y Badillo (2005) estudian el comportamiento de índices accionarios de 27 países, incluido el IPC, con el fin de encontrar regularidades entre ellos utilizando modelos de redes neuronales con datos semanales de 1990 a 2004. Las variables de entrada de la red neuronal son los valores rezagados de la variable

<sup>8</sup> La particularidad de estos estadísticos es que utilizan el método *bootstrap* para estimar la distribución asintótica no estándar de las pruebas estadísticas tradicionales.

<sup>9</sup> Estos tipos de volatilidad asimétrica permiten que las noticias malas tengan mayor reacción en el rendimiento del índice bursátil que las noticias buenas.

<sup>10</sup> Los modelos multivariados que utilizan estos autores son de series de tiempo que expresan el comportamiento de una variable en función de sus valores rezagados, de rezagos de las variables exógenas y de rezagos de los residuos del modelo.

dependiente. Para demostrar la superioridad de los modelos de redes neuronales, se comparan las predicciones de estos modelos con un modelo ARIMA. Las conclusiones a las que se llegan son: que los rendimientos en los 27 países analizados no tienen una distribución normal y están sesgados a la izquierda; que los mejores modelos de redes neuronales son los que utilizan cinco rezagos como variables de entrada; que los aciertos de predicción de signo de los rendimientos son mayores en las redes que en el modelo ARIMA.

### 3. El modelo de predicción del mercado bursátil

El modelo que se plantea para predecir el rendimiento esperado de un activo, se basa en la metodología de Engle y Granger (1987). Esta metodología sostiene que la conducta de corto plazo de una serie de tiempo estará determinada por:

- a) Un mecanismo de corrección del error que se obtiene de la ecuación cointegrante (modelo de largo plazo) llamada  $Z_t = \alpha X$ .<sup>11</sup>
- b) Todas las variables que se consideran relevantes en la explicación de la variable dependiente a corto plazo incluyendo las variables de la ecuación cointegrante.
- c) Los rezagos de la variable dependiente.
- d) Un término de error estacionario

De esta forma, el modelo que se propone para la estimación de los rendimientos esperados de un activo es el siguiente

$$\Delta r_t = \beta + \alpha Z_{t-1} + \sum_{i=0}^p \Gamma \Delta X_{t-i} + \sum_{i=1}^q \Pi r_{t-i} + u_t \quad (4)$$

<sup>11</sup> Si se considera al mecanismo de corrección del error como la única variable explicativa de una serie de tiempo su representación será de la siguiente forma:

$$A(B)(1-B)x_t = -\gamma Z_{t-1} + u_t$$

Donde:

- B es un operador de rezago;
- $\gamma$  es una constante diferente de cero;
- $Z_{t-1}$  es el rezago del error hacia el equilibrio de largo plazo; y
- $u_t$  es una variable estacionaria.

Con  $A(0)=I$  la representación del mecanismo de corrección del error de una serie de tiempo estará dada por:

$$\Delta x_t = \alpha Z_{t-1} + u_t$$

Donde:

- $\Delta$  es un operador diferencia;
- $\alpha$  es un ajuste gradual hacia el equilibrio de largo plazo; y
- $u_t$  es una variable estacionaria.

Donde:

$Z_{t-1}$  es el rezago del error de equilibrio;

$\alpha$  mide la velocidad a la que el rendimiento de un activo se ajusta a su valor fundamental;

$X$  es una matriz formada por todas las variables que explican al rendimiento del activo;

$r_{t-i}$  son los rezagos del rendimiento; y

$u_t$  es una variable aleatoria.

La ecuación (4) expresa que el rendimiento de un activo viene determinado por la variable de ajuste al equilibrio, las variables que se consideran importantes en la predicción del rendimiento de un activo y por los rezagos de esta misma variable.

Es importante notar que la metodología propuesta por Granger y Yoo (1987) para explicar los cambios de una variable en el corto plazo es muy flexible desde un punto de vista teórico, empírico y econométrico. A nivel teórico, esta metodología permite introducir variables financieras y macroeconómicas fundamentales que se encuentran presentes en los distintos enfoques económicos, la inclusión de la variable de ajuste al equilibrio como explicativa del modelo implica el cumplimiento de la condición de equilibrio a largo plazo que la teoría económica propone. Desde el punto de vista empírico, esta metodología contempla variables específicas de cada país que inciden en la determinación de los rendimientos de un activo, las cuales se pueden retomar de la revisión de las investigaciones sobre el tema y de la evolución histórica de cada una de las economías a estudiar. Por último, trabajar con un modelo tipo VAR en diferencias garantiza que las series del modelo propuesto sean estacionarias, elemento indispensable en la evaluación econométrica del modelo.

Finalmente, como el modelo propuesto para predecir el rendimiento de un activo contiene a la variable de ajuste al equilibrio, es necesario plantear un modelo de largo plazo y extraer los errores de éste ya que dicha variable es la llamada ajuste al equilibrio, la cual deberá ser incluida en el modelo de corto plazo. Generalmente el modelo de largo plazo es el propuesto por alguno de los distintos enfoques teóricos, en el caso concreto de la estimación de los rendimientos esperados se tiene el modelo de la corriente eficientista y el de la ineficientista. Ambas escuelas determinan que la variable explicativa de los rendimientos esperados de un activo es el flujo de dividendos esperados que se pagaran por él, pero además la corriente ineficientista sostiene, como se anotó en el primer apartado, que los rendimientos también están influidos por variables como las modas, las burbujas especulativas, la volatilidad y las sobrerreacciones del mercado. Sin embargo, dado que se considera que las variables explicativas adicionales al flujo de dividendos des-

contados intervienen en el corto plazo en las variaciones de los rendimientos de un activo, la ecuación que se propone para el largo plazo es:

$$P = \frac{E(c)}{K} \quad (5)$$

Donde:

$P$  es el precio del activo;  
 $c$  son los dividendos; y  
 $K$  es la tasa de descuento.

También se puede expresar esta ecuación en porcentajes, la cual se obtiene al aplicar logaritmos a la ecuación (5):

$$\ln P = \ln E(c) - \ln(k) \quad (6)$$

Dentro de las estimaciones empíricas de esta última ecuación, se encuentra el valor de mercados y las razones financieras como variables proxy a los dividendos, y la tasa de interés se maneja como aquella de largo plazo. Por ejemplo, Fama y French (1988b) muestran antecedentes del poder explicativo de las razones precio/utilidad (P/U) y precio/valor en libros (P/V) sobre el rendimiento de los activos. A su vez, encuentran que el valor de mercado y las tasas de interés son dos variables que tienen un alto poder explicativo en el valor esperado del rendimiento de las acciones (Fama y French, 1989).

Por su parte, la representación econométrica más utilizada para probar si el rendimiento de los activos responde a su valor fundamental ha sido:

$$r_t = \beta_0 + \beta_1 y_t - \beta_2 i_t + e \quad (7)$$

Donde:

$r_t$  es el logaritmo del rendimiento de la acción;  
 $y_t$  es el logaritmo de cualquiera de las razones financieras, el valor de mercado o los dividendos;  
 $i_t$  logaritmo de la tasa de interés; y  
 $e_t$  término de error aleatorio.

La ecuación (7) expresa que el rendimiento del activo en el largo plazo depende de manera positiva de los dividendos o de alguna variable que se utilice como proxy a ellos, y negativamente de la tasa de interés.

#### 4. Estimación y resultados del modelo de largo y de corto plazo

Para estimar los modelos de largo plazo y de corto plazo del IPC, se seleccionaron a las variables más cercanas a su definición teórica. Estas se sometieron a un análisis de integración y cointegración como marca la teoría econométrica. Además, después de estimar los modelos se realizó una revisión minuciosa de los errores con el fin de evaluar los modelos que se utilizan para su uso en el pronóstico.

##### 4.1 La elección de las variables del modelo de largo plazo, el grado integración, la estimación y el análisis de resultados

Como se observa en el planteamiento del modelo teórico de la corriente eficientista para la explicación del mercado bursátil, la variable que determina el rendimiento de un activo es la corriente de dividendos descontados que se pagarán por dicho activo. Si se quiere estudiar el comportamiento global del mercado bursátil se utiliza como variable proxy a los rendimientos de un activo, al índice representativo de cada país, que en el caso de México sería el IPC.<sup>12</sup> Para medir la corriente descontada de dividendos, las variables más utilizadas son el valor de mercado<sup>13</sup> (VM), P/U o P/V, y como variable proxy a la tasa de interés de largo plazo se utilizan los Cetes a 91 días (CETES91).

El IPC se tomó en datos mensuales durante todo el periodo que comprende la muestra (1996-2005). El VM se consideró en dólares, CETES91 en rendimientos anuales mensualizados y las razones financieras (P/U y P/V) en veces.

El grado de integración de esas series se encuentra en el Cuadro 1, donde se puede observar las variables que se consideran en la explicación del IPC en el largo plazo son integradas de primer orden, es decir son estacionarias en primeras diferencias.

**Cuadro 1**  
**Pruebas de integración, 1996-2005**

Variables	Niveles		Primeras Diferencias		Grado de Integración
	DF	PP	DF	PP	
LIPC	0.085434	0.000845	-5.300768	-11.8327	I(1)
LPV	-1.442321	-2.232556	-4.685866	-10.06723	I(1)
LCETES91	-1.350161	-1.631541	-4.562537	-10.74095	I(1)

Valores críticos: al 10%=-2.5799; al 5%=-2.8865; al 1% =-3.4880.

<sup>12</sup> El IPC representa el valor de un conjunto de títulos accionarios que varían en el tiempo. Este índice se construye a partir de series accionarias con base en su representatividad, en el giro de las emisoras (sector a las que pertenecen), bursatilidad (con la que se puede comprar y vender una acción) y el valor de mercado o de capitalización (último precio de la acción por el número de acciones en circulación).

<sup>13</sup> Suma del último precio del total de acciones en circulación.

Por otro lado, previo a la estimación del modelo se realizó la prueba de cointegración de Johansen para determinar si las variables presentaban equilibrio a largo plazo o bien estaban cointegradas. La primera prueba de cointegración se llevó a cabo con el IPC (variable dependiente del modelo de largo plazo), CETES91 y VM; la segunda con las dos primeras variables y P/U; y la tercera con las dos primeras variables y P/V (todas medidas en logaritmo). Estas pruebas muestran que las únicas variables que estuvieron cointegradas fueron el logaritmo del IPC ( $L_{IPC}$ ), el de CETES91 ( $L_{CETES91}$ ) y el de la P/V ( $L_{P/V}$ ). Los resultados de esta prueba se pueden ver en el Cuadro 2, donde además se observa que existe sólo una ecuación cointegrante (vector linealmente independiente) entre estas tres variables a un nivel de significancia de 5.0%.

**Cuadro 2**  
**Pruebas de integración de Johansen, 1996-2005**

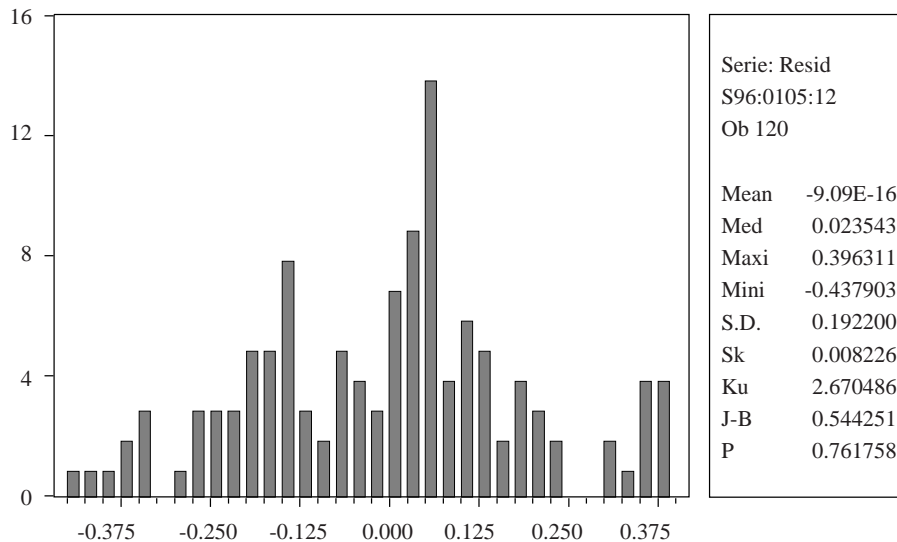
<i>Eigenvalue</i>	<i>Likelihood Ratio</i>	<i>5 Percent Critical Value</i>	<i>1 Percent Critical Value</i>	<i>Hypothesized No. of CE(s)</i>
0.117944	118.3791	129.68	135.65	None *
0.133673	113.9466	115.41	120.04	At most 1
6.81E-03	0.783111	33.76	36.65	At most 2

\* Denota el rechazo de la hipótesis nula de no cointegración al 5.0% y 1.0% de significancia. La prueba de R.L. indica una ecuación cointegrante a un nivel de significancia del 5.0%.

Los resultados de la ecuación cointegrante o del modelo de largo plazo fue los siguientes:

LIPC=	9.392021	+ 0.988004 (LP/V)	-0.511999 (LCETES91)
	0.107084	0.083787	0.0300781
es	87.70673	11.79187	-16.63338
<i>t</i>	0.00000	0.00000	0.0000
<i>p</i>			
R <sup>2</sup> = 80.64 %		R <sup>2</sup> = 80.31 %	F = 2.437985
D.W. = 2.274566		C. Akaike = 0.471892	(0.000000)
Log. Like. = 28.13574		E. S. de la regresión = 0.00194	C. Schwarz = 0.349242
			Sum. res. cuadrados = 0.39596

Los resultados del modelo de largo plazo muestran que  $L_{P/V}$  y  $L_{CETES91}$  son estadísticamente significativos a un nivel de confianza de 95.0%. Además, los signos de los coeficientes de  $L_{P/V}$  y  $L_{CETES91}$  fueron los teóricos esperados, es decir positivo y negativo respectivamente. Mientras que  $R^2$  indica que el 80.64% de las variaciones del  $L_{IPC}$  son explicadas por el modelo. Adicionalmente, dentro de los elementos relevantes de la estimación del modelo de largo plazo se encuentra el cálculo de los errores estimados, ya que éstos constituyen a la variable de ajuste al equilibrio que se introduce como explicativa en el modelo de corto plazo. Dada la importancia de esta variable, se realizó una evaluación econométrica de la misma cuyos resultados se muestran en la Gráfica 1 y en el Cuadro 3. La Gráfica 1 muestra que los errores tienen una distribución normal, mientras que el Cuadro 3 indica que los errores del modelo de largo plazo no están autocorrelacionados, son homoscedásticos y que la forma funcional es la correcta, ya que el valor de la probabilidad de los estadísticos correspondientes (0.57810, 0.43345 y 0.240583) son mayores a 0.05.

**Gráfica 1**

**Cuadro 3**  
**Evaluación econométrica**

<i>Prueba</i>	<i>Autocorrelación</i>	<i>Heteroscedasticidad</i>	<i>Forma Funcional</i>
	<i>Breusch-Godfrey</i>	<i>ARCH</i>	<i>RESET</i>
Estadístico F	1.76236	9.24489	1.442487
Probabilidad	0.57810	0.43345	0.240583

#### 4.2 La elección de las variables del modelo de corto plazo, el grado de integración y los resultados del modelo

Según el planteamiento del modelo de corto plazo, las variables que explican al IPC además de los errores del modelo de corto plazo y de la variable dependiente rezagada son: las variables del modelo de largo plazo, que para el caso de México en el periodo 1996-2005 resultaron ser  $L_{P/V}$  y  $L_{CETES91}$ ; y aquellas variables que se consideran afectan al comportamiento IPC en el corto plazo. Dentro de estas variables destaca el IDJ, ya que históricamente los movimientos a la baja de este índice coinciden con las caídas más severas del IPC.<sup>14</sup> El precio del petróleo es otra variable que en nuestro país incide directamente en las variaciones del IPC, por ejemplo los precios mínimos del petróleo alcanzados en 1996, 1997 y 1999 repercutieron en la reducción de este índice.

La experiencia empírica también muestra que la inflación se encuentra dentro de las variables que afectan a los movimientos del IPC, en la medida que en un entorno económico de alta inflación se crean malas expectativas entre el público inversionista, con la consecuente reducción del índice bursátil. Las reservas internacionales es otra variable que se encuentra relacionada directamente con el IPC, a mayores reservas internacionales se genera una mayor confianza entre los inversionistas financieros y esto hace que el índice bursátil se eleve. La tasa de interés de corto plazo influye inversamente en los movimientos del IPC, en la medida que un aumento en la tasa de interés interna hará que los inversionistas se dirijan al mercado de dinero y no al mercado bursátil. Las remesas internacionales es otra variable que en los últimos años se ha vuelto relevante en la explicación del IPC, se espera que a medida que crezcan la remesas internacionales el índice también lo hará. El tipo de cambio es una variable que teórica e históricamente está relacionado el IPC, la

<sup>14</sup> En octubre de 1987 la baja de IDJ repercutió en la reducción del IPC, al igual que en 1997 y en 1998 frente a las crisis financieras de los países asiáticos y de Brasil.

teoría macroeconómica sostiene que cuando el tipo de cambio fluctúa las empresas con deuda en moneda extranjera están sujetas a riesgos financieros.<sup>15</sup> A nivel macroeconómico, el mercado cambiario y bursátil están relacionados a través de la Balaza de Pagos y de manera específica con las entradas y salidas de inversión extranjera en cartera.<sup>16</sup> Las salidas de capital del mercado accionario reducen el IPC y la divisa aumenta de precio (se deprecia la moneda doméstica); las entradas de capital a la bolsa tienen el efecto contrario: aumentos en el índice accionario y apreciaciones de la moneda doméstica.

No menos importante en la explicación del movimiento del IPC, se encuentra el comportamiento del producto ya que la evolución de esta variable crea buenas o malas expectativas entre el público inversionista para entrar a la bolsa o salirse de ella. El riesgo es otra variable que está íntimamente ligada al comportamiento del mercado bursátil a través de la movilidad de capitales internacionales de unos países a otros. Con el desarrollo del mercado de capitales a nivel internacional, las repercusiones en la variación en el riesgo se dan en forma más rápida, las noticias de las crisis financieras de los países circula en cuestión de segundos elevando el riesgo de permanecer en éstos y por el efecto propagación en los países emergentes.

Las variables que se eligieron para formar parte del modelo de corto plazo del mercado bursátil mexicano se tomaron en forma mensual de enero de 1996 a diciembre de 2005. El IDJ se encuentra medido en puntos. El precio del petróleo seleccionado fue el olmeca (OLMECA). La tasa de interés de corto plazo fue la de Cetes a 28 días (CETES28). Las reservas (REIN) y las remesas internacionales (REMESA), se midieron en miles de dólares. El tipo de cambio seleccionado fue el spot (TCS), medido en pesos por dólar. Como variable proxy al producto se eligió al Índice del Volumen de la Producción Industrial (IVPI). La inflación se obtuvo a través del Índice General de Precios al Consumidor (INPC), la variable riesgo se generó como variable dicotómica<sup>17</sup> y su cualidad se basó en los movimientos de la inversión extranjera en cartera, así la variable riesgo tomó valores de uno cuando el signo de la inversión extranjera en cartera fue negativo en forma

<sup>15</sup> Los riesgos financieros a los que están expuestas las empresas con obligaciones en moneda extranjera son tratados con mayor profundidad en los libros de administración y finanzas.

<sup>16</sup> La inversión extranjera en cartera tiene un alto grado de movilidad: las entradas masivas de capital significan aumento en las reservas internacionales (mayor monto de moneda extranjera en relación a la moneda nacional) y las salidas una disminución de éstas (menor monto de moneda extranjera en relación con la moneda nacional). De esta manera un mayor monto de moneda extranjera, derivado de entradas masivas de capital, abarata su precio con una consecuente apreciación de la moneda doméstica. Las salidas continuas e inesperadas tendrán el efecto contrario.

<sup>17</sup> Este tipo de variables miden cualidades en el análisis de regresión (sexo, raza, color, religión, nacionalidad, factores políticos, etcétera), generalmente la presencia de cualidad toma el valor de uno y la ausencia de ésta de cero.

secuencial y cero en el otro caso. Por último, los datos de las variables se transformaron en logaritmos y después en diferencia de los logaritmos (tasas de crecimiento porcentual).

Los resultados del grado de integración de las variables que se eligieron *a priori* como explicativas del IPC en el corto plazo se muestran en el Cuadro 4, donde se puede observar que a excepción del logaritmo del INPC ( $L_{INPC}$ ), todas las variables son integradas de primer orden; es decir son estacionarias en primeras diferencias, esto se infiere al comparar los valores críticos de dicha prueba con los valores de los estadísticos Dickey-Fuller (DF) y Phillips-Perron (PP) en niveles y en primeras diferencias de las series a un nivel de confianza de 95.0%.

**Cuadro 4**  
**Pruebas de integración, 1996-2005**

Variables	Niveles		Primeras Diferencias		Grado de Integración
	DF	PP	DF	PP	
LCETES28	-1.419486	-1.719416	-4.306873	-10.87507	I(1)
LIDJ	-2.755962	-2.594071	-5.124327	-11.65493	I(1)
LINP	-4.876532	-9.834812			I(0)
LIVPI	-2.61534	-2.917033	-5.626326	-18.07961	I(1)
LOMECA	-0.192501	-0.626629	-5.131695	-12.24882	I(1)
LREMESA	0.023956	-0.655315	-4.888136	-14.17197	I(1)
LTCS	-1.902574	-1.844407	-4.45248	-11.33307	I(1)
LREIN	-1.452794	-1.188803	-4.685866	-10.06723	I(1)

Valores críticos: al 10%=-2.5799; al 5%=-2.8865; al 1% =-3.4880.

Como se mencionó en los párrafos anteriores, el modelo de corto plazo propuesto para estimar al IPC consta de todas las variables que forman parte del modelo de largo plazo; de las variables que se consideran influyen en éste en el corto plazo, con sus respectivos retrasos; de los rezagos del propio IPC; y de la variable de ajuste al equilibrio. Sin embargo, si se introducen el total de estas variables en el modelos se presentan dos problemas. El primero se refiere a la violación del principio de parsimonia (modelo ahorativo en parámetros), y el segundo aparece al querer hacer inferencia con tantas variables y un reducido número de datos ya que ésta es poco confiable. Para superar estos problemas se utiliza el concepto de exogeneidad en las variables explicativas del modelo, el cual se prueba mediante la prueba de causalidad de Granger. Esta prueba se lleva a cabo de forma simple cuando la variable dependiente no está cointegrada con cada una de las variables

consideradas como independientes en el modelo, o con el mecanismo de corrección del error cuando ambas variables resultan cointegradas. Es importante destacar que como el mecanismo de corrección del error se trabaja en un VAR, esta prueba de causalidad también proporciona los rezagos estadísticamente significativo de las variables consideradas como independientes. Dado lo anterior se realizaron pruebas de causalidad simple, o mediante un VAR, al  $L_{IPC}$  con cada una de las mencionadas anteriormente. Los resultados de esta prueba se muestran en el Cuadro 5, donde se observa que  $L_{IPC}$  está cointegrado con  $L_{P/V}$ ,  $L_{IDJ}$  y  $L_{TCS}$ . Además, cuando se utiliza el VAR, resulta que el primer rezago del  $L_{P/V}$ , el primer y segundo retraso del  $L_{IDJ}$  y el primer rezago del  $L_{TCS}$  son estadísticamente significativos en la explicación de las variaciones del  $L_{IPC}$ . Para el resto de las variables que no resultaron estar cointegradas con el  $L_{IPC}$  no se rechazó la prueba simple de causalidad, únicamente para  $L_{CETES91}$ .

**Cuadro 5**  
**Resultados de las pruebas de causalidad, 1996-2005**

Variables	Cointegrada con $L_{IPC}$	Pruebas de Causalidad		Rezagos significativos	
		Causalidad (prueba simple)	Mecanismo corrección del error	1	2
LPV	Sí		Sí	Sí	No
LCETES91	No	Sí			
LCETES28	No	No			
LIDJ	Sí		Sí	Sí	Sí
LINP	No	No			
LIVPI	No	No			
LOMECA	No	No			
LREMESA	No	No			
LTCS	Sí	No		Sí	
LREIN	No	No	No		

A partir de los resultados que arrojó la prueba de causalidad, se estimaron dos modelos de corto plazo del IPC. Los resultados del primer modelo, llamado A, se encuentran en el Cuadro 6, en él se observa que las variables que explican al IPC en el corto plazo son  $P/V$  y su primer rezago,  $IDJ$ ,  $TCS$  y su primer rezago, y el primer rezago del propio IPC, dado que el valor de la probabilidad del estadístico  $t$  fue menor a 0.05. Es importante destacar que los signos de los coeficientes resultaron ser los teóricos esperados e incluso para las variables estadísticamente no significativas a un nivel de confianza de 95.0%.

**Cuadro 6**  
**Resultados del modelo de corto plazo A, 1996-2005**

<i>Variables</i>	<i>Coefficiente</i>	<i>Error estándar</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>
C	0.010802	0.006200	1.742154	0.08440
DLPV	0.366411	0.047800	7.665497	0.00000
DLPV(-1)	0.227013	0.054375	4.174965	0.00010
DL CETES91	-0.063696	0.052368	-1.216326	0.22660
DLIDJ	0.570885	0.117783	4.846938	0.00000
DLIDJ(-1)	0.243094	0.126255	1.925422	0.05690
DLIDJ(-2)	0.096832	0.097339	0.994800	0.32210
DLTCS	-0.601554	0.260197	-2.311918	0.02270
DLTCS(-1)	0.253826	0.230171	1.102771	0.27260
Z(-1)	0.067210	0.026768	2.510858	0.01360
DLIPYC(-1)	-0.270920	0.090123	-3.006120	0.00330
RIESGO	0.001079	0.010365	0.104129	0.91730
R-squared	0.672213	Mean dependent var	0.01502	
Adjusted R-squared	0.637873	S.D. dependent var	0.077652	
S.E. of regresión	0.046729	Akaike info criterion	-3.192005	
Sum squared resid	0.229274	Schwarz criterion	-2.908705	
Log likelihood	198.7323	F-statistic	19.57545	
Durban-Watson stat	2.061637	Prob(F-statistic)	0.000000	

El modelo B, se estimó eliminando las variables estadísticamente no significativas del modelo A a un nivel de significancia de 5.0%. Los resultados de la estimación se pueden observar en el Cuadro 7.

**Cuadro 7**  
**Resultados del modelo de corto plazo B, 1996-2005**

<i>Variables</i>	<i>Coefficiente</i>	<i>Error estándar</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>
C	0.015157	0.004572	3.314916	0.0012
DLPV	0.363202	0.046882	7.74708	0.0000
DLPV(-1)	0.223452	0.053834	4.150772	0.0001
DLIDJ	0.554095	0.115455	4.799226	0.0000
DLTCS	-0.804727	0.216208	-3.72201	0.0003
Z(-1)	0.044856	0.024188	1.85448	0.0663
DLIPYC(-1)	-0.215379	0.071846	-2.997775	0.0034
R-squared	0.650072	Mean dependent var	0.015578	
Adjusted R-squared	0.631157	S.D. dependent var	0.077560	
S.E. of regresión	0.047104	Akaike info criterion	-3.215430	
Sum squared resid	0.246285	Schwarz criterion	-3.051068	
Log likelihood	196.7104	F-statistic	34.36801	
Durban-Watson stat	2.093324	Prob(F-statistic)	0.00000	

## 5. La elección del modelo de predicción y los resultados del pronóstico

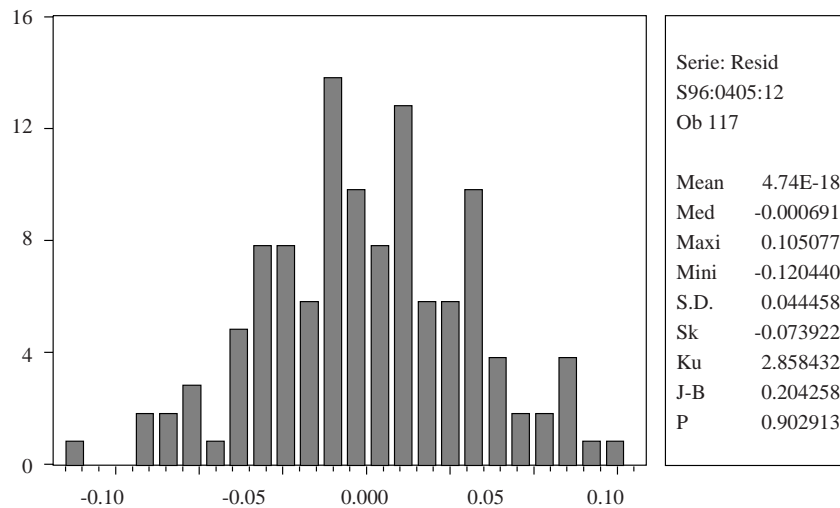
Para elegir el modelo que mejor se ajuste a los datos en el uso del pronóstico, se utilizaron los valores del estadístico de Akaike y de Schwarz dentro de la muestra y a un paso fuera de ésta. En el Cuadro 8 se observa que tanto el valor del criterio de Akaike como el de Schwarz, dentro de la muestra como fuera de ésta, resultaron ser menores en el modelo A comparado con los del modelo B, por lo que el modelo A fue seleccionado para realizar el pronóstico del IPC.

**Cuadro 8**  
**Criterios de Akaike y Schwarz**

Periodo	Modelo A		Modelo B	
	Akaike	Schwarz	Akaike	Schwarz
Muestra	-3.192005	-2.908705	-3.215430	-3.051068
A un paso fuera de la muestra	-3.148588	-2.866824	-3.180685	-3.017207

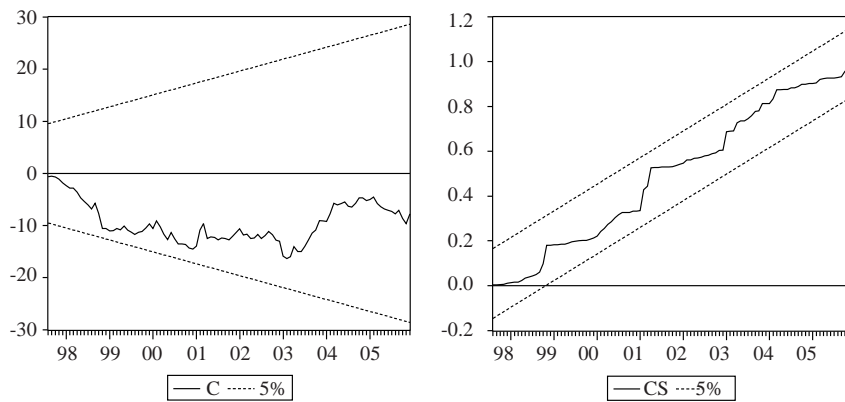
Una vez seleccionado el modelo de pronóstico, se realizó su evaluación a través del análisis de residuos. En la Gráfica 2 se puede observar que los errores del modelo del IPC elegido para su uso en el pronóstico tienen una distribución normal, dado que el valor de la probabilidad del estadístico Jarque-Bera fue de 0.902913, es decir se encuentra dentro de la zona de no rechazo de la hipótesis nula de normalidad.

**Gráfica 2**



En la Gráfica 3, se observa el movimiento del estadístico CUSUM y CUSUMQ a lo largo del periodo de la muestra. Como estos dos estadísticos se encuentran dentro de la banda de 5.0% de significancia del no rechazo de la hipótesis nula de estabilidad en los parámetros, se puede decir que no hubo cambio estructural en el periodo de la muestra.

**Gráfica 3**



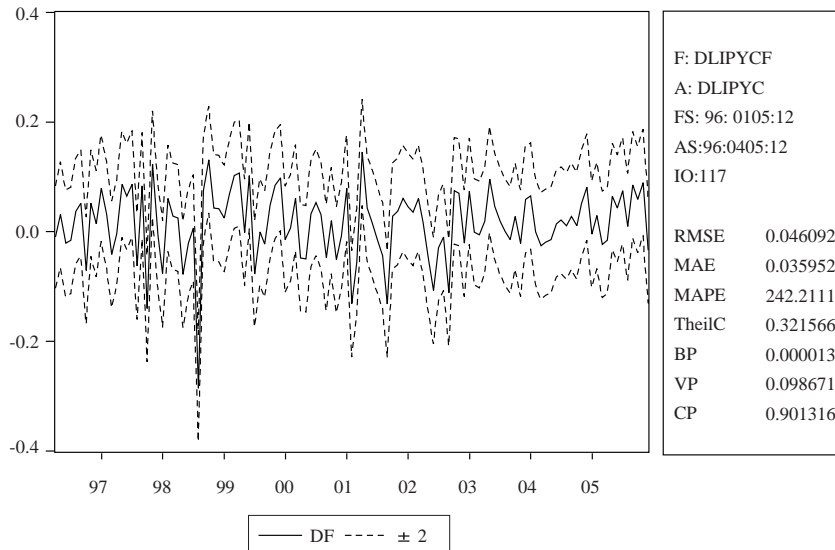
En el Cuadro 9 se muestran los resultados de las pruebas de autocorrelación, heteroscedasticidad y forma funcional del modelo A. Según los valores de la probabilidad del estadístico F para la prueba Breusch-Godfrey (0.281064), ARCH (0.353717) y RESET (0.339886), los errores del modelo elegido para su uso en el pronóstico no están autocorrelacionados, son homoscedásticos y la forma funcional del modelo estimado como diferencias del logaritmo de cada variable es la correcta.

**Cuadro 9**  
**Evaluación econométrica**

<i>Prueba</i>	<i>Autocorrelación Breusch-Godfrey</i>	<i>Heteroscedasticidad</i>	<i>Forma Funcional RESET</i>
Estadístico F	1.284940	0.867138	1.090530
Probabilidad	0.281064	0.353717	0.339886

Después de la evaluación econométrica del modelo, se realizó la evaluación del pronóstico por medio del índice de desigualdad del Theil.<sup>18</sup> En la Gráfica 4 se observan los valores de este índice y aquellos valores de su descomposición (proporción de sesgo, de varianza y de covarianza). El valor de la proporción de sesgo (0.00013) indica que la desviación promedio entre el IPC y el pronóstico por el modelo es casi nula o bien que ambas variables se mueven muy cerca; mientras que el valor de la proporción de la varianza (0.098671), lo cual significa que el IPC pronosticado por el modelo es capaz de replicar las variaciones de sus realizaciones. Además, el valor de la proporción de covarianza (0.901316) indica que el error no sistemático o el error después de haber explicado las variaciones entre el IPC pronosticado por el modelo y sus realizaciones es menor a 10.0%. Como los valores de las proporciones mencionadas se encuentran dentro de los aceptables (de 10.0 a 20.0% para la de sesgo y varianza, y cercana a uno para la proporción de covarianza), se puede decir que el modelo de pronóstico es satisfactorio.

**Gráfica 4**



<sup>18</sup> Otros métodos de evaluación tradicionales son los intervalos de confianza, el error cuadrático promedio, la raíz cuadrada del error de pronóstico, el error cuadrático promedio, la raíz cuadrada del error de pronóstico, el error cuadrático promedio porcentual, el error absoluto promedio y el error absoluto promedio porcentual. La evaluación moderna de los pronósticos parten del concepto de pronóstico óptimo (véase Diebold, 1999).

Una vez realizada la evaluación del pronóstico, se obtuvo la predicción del IPC en puntos y en variaciones para 36 etapas fuera de la muestra (enero de 2006 a diciembre de 2008), los resultados de los rendimientos obtenidos en 2005 y los pronosticados por el modelo se muestran en el Cuadro 10 donde se puede observar la exactitud del pronóstico en 2005, en virtud de que las realizaciones del IPC y su predicción dentro de la muestra sólo difieren por décimas. En el pronóstico fuera de la muestra, se observa que en 2006 el IPC tendrá mayores rendimientos esperados comparados con los que obtendrá en 2007 y 2008. A su vez, los rendimientos en 2006 tendrán mayores fluctuaciones comparadas con las que se observan en los dos años siguientes, pero se prevé que en estos tres años los rendimientos nominales de la bolsa serán positivos. En 2006, las mayores ganancias del índice bursátil se presentarán en el mes de enero y en el mes de agosto con un rendimiento de 11.92 y 13.65% respectivamente, mientras que las mayores pérdidas se registrarán en febrero y abril. Para 2007, los meses con mayores rendimientos serán marzo, mayo y agosto, y aquellos donde habrá pérdidas son febrero, julio, septiembre y noviembre. En 2008, las mayores ganancias se registrarán en enero, febrero y abril, mientras que las pérdidas del serán mínimas en marzo, mayo, octubre y noviembre.

**Cuadro 10**  
**Realizaciones y pronósticos del rendimiento del IPC, 2005.01-2008.12**

<i>Mes</i>	<i>Realizaciones</i>	<i>Pronóstico</i>			
		<i>Dentro de la muestra</i>		<i>Fuera de la muestra</i>	
		<i>2005</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>
Enero	1.387534	1.387689	11.920940	2.776190	2.479228
Febrero	5.286200	5.285810	-5.619501	-1.994737	2.736372
Marzo	-8.068191	-8.067991	3.480370	4.090982	-1.955516
Abril	-2.791771	-2.791219	-4.923256	1.879186	2.941379
Mayo	5.204906	5.204714	3.115788	4.797075	-0.758918
Junio	4.024408	4.024624	-0.626330	0.371501	1.678997
Julio	6.847999	6.847439	9.561748	-2.001077	0.967033
Agosto	-1.155267	-1.154711	13.650080	4.718680	1.213705
Septiembre	13.177460	13.17709	3.802266	-1.521410	1.572811
Octubre	-2.235411	-2.235032	3.582495	1.901847	-0.896324
Noviembre	6.797261	6.796325	4.729216	-0.606601	-0.172170
Diciembre	5.773586	5.772527	3.473089	1.986762	0.832499

Finalmente, el modelo de pronóstico propuesto con base en la metodología de Engle y Granger (1987) se compara con un modelo ARIMA con efectos

ARCH. Los resultados de este modelo se muestran en el Cuadro 11, dentro de la muestra el pronóstico de los rendimientos del IPC difiere en varios puntos porcentuales de sus realizaciones, por lo que se concluye que éste modelo es poco confiable.

**Cuadro 11**  
**Realizaciones y pronósticos del rendimiento del IPC, modelo ARIMA**  
**2005.01-2008.12**

<i>Mes</i>	<i>Realizaciones</i>	<i>Pronóstico</i>			
		<i>Dentro de la muestra</i>		<i>Fuera de la muestra</i>	
		<i>2005</i>	<i>2005</i>	<i>2006</i>	<i>2007</i>
Enero	1.387534	0.637807	2.984647	1.78434	2.54733
Febrero	5.2862	5.503753	0.347547	3.189329	0.916683
Marzo	-8.068191	-4.508094	2.882936	2.206321	2.79318
Abril	-2.791771	5.652717	2.514212	2.222127	-1.195303
Mayo	5.204906	7.039973	4.259801	-0.154394	2.792303
Junio	4.024408	2.822533	1.530388	3.292117	3.374369
Julio	6.847999	4.777547	2.939044	2.387817	1.702889
Agosto	-1.155267	-0.757564	2.356382	1.220428	2.508069
Septiembre	13.17746	10.47202	2.278678	2.559686	0.16924
Octubre	-2.235411	-3.968184	2.373883	3.088621	4.897976
Noviembre	6.797261	7.635247	2.381087	1.970214	-1.318535
Diciembre	5.773586	2.886668	2.939422	1.947607	3.741845

### Conclusiones

En el largo plazo, el IPC está explicado directamente por P/V e inversamente por CETES91, mientras que en el corto plazo lo está por P/V y su primer retraso, TCC, IPC y su primer rezago.

Los resultados de la evaluación econométrica del modelo de largo plazo del IPC indican que los errores tienen una distribución normal, no están autocorrelacionados, son homoscedásticos y que la forma funcional del modelo es la correcta.

El modelo de pronóstico empleando la metodología de Engle y Granger (1987) resultó satisfactorio para su uso en el pronóstico: el valor de la proporción de sesgo varianza y covarianza se encuentra dentro de los límites permitidos.

La predicción de los rendimientos y realizaciones del IPC dentro de la muestra (2005) son muy similares, sólo varían en unas cuantas décimas. Se espera que el rendimiento anual del IPC sea positivo para 2006, 2007 y 2008 con ganancias de 46.15, 16.41 y 10.66%, respectivamente.

Los rendimientos más altos en 2006 se darán en enero y agosto con ganancias nominales de 11.92 y del 13.65%, mientras que los más bajos se registrarán en febrero y abril. En 2007, el IPC tendrá una ganancia máxima de 4.72% en agosto, y la mayor pérdida se registrará en febrero la cual será de casi 2.0%. Para 2008 se prevé que el índice bursátil obtenga un rendimiento nominal máximo de 2.74% en febrero, y la mayor pérdida en marzo la cual ascenderá a 1.95%.

### Referencias bibliográficas

- Armstrong, J.S. y R. Fildes (1995). "On the election of error measures for comparisons among forecasting Methods", *Journal of Forecasting*, núm. 14, pp. 67-71.
- Balvers, Ronald J., Thomas F. Cosimano Bill McDonald (1990). "Predicting Stock Returns in an Efficient Market", *The Journal of Finance*, vol. 45, núm. 4, septiembre, pp. 1109-1128.
- Bekaert, Geert, y Robert Hodgrik (1992). "Characterizin Predictable Components in Excess Returns on Equity and Foreign Exchange Markets", *Journal of Finance*, junio, pp. 467-501.
- Brealey, Richard y Stewart, C. Myers (1993). *Principios de Finanzas Corporativas*, México: McGraw Hill.
- Chen, Nai-fu, Richard Roll y Stephen a Ross (1986). "Economic Forces and the Stock Market", *Journal of Business*, vol.59, núm. 3 pp. 383-403.
- Diebold, Francis (1999). *Elementos de Pronósticos*. México: Thomson Editores, pp. 1-330.
- Fama E. y Kenneth R. French (1988). "Permanent and Temporary Components of Stock Prices", *Journal of Political Economics*, vol. 96, núm. 2 pp. 246-273.
- (1988b). "Dividend Yields and Expected Stock Returns", *Journal of Financial Economics*, núm. 22, pp. 3-25.
- Fama, Eugene (1970). "Efficient Work", *Journal of Finance*, núm. 25, mayo.
- (1989). "Business Conditions and Expected Returns on Stocks and Bonds", *Journal of Financial Economics*, núm. 25, pp. 23-49.
- (1990). "Stock Returns, Expected Returns, and Real Activity", *The Journal of Finance*, vol 45, núm. 4, septiembre, pp. 1089-1108.
- (1991). "Efficient Capital Markets: II", *The Journal of Finance*, vol. 45, núm. 5, diciembre, pp. 1575-1619.
- Engle, Robert y C. W. Granger (1987). "Co-integrations and error correction: representation, estimation, and testing", *Econométrica*, vol. 55, núm. 2, marzo, pp. 251-276.
- Engle, Robert y Byung Sam Yoo (1987). "Forecasting and testing in-cointegrated system", *Journal of Econometrics*, núm. 35, pp. 143-159.

- Goetzman, W. y P. Jorion (1993), "Testing the Predictive Power of Dividend Yields", *Journal of Finance*, núm. 47, pp. 663-679.
- Granger, C. W. (1988). "Some Recent Developments in a Concept of Causality", *Journal of Econometrics*. núm. 39, pp. 199-211.
- Granger, C.W., M. L. King y H. White (1995). "Comments on Testing Economic Theories and the Use of Model Selection Criteria", *Journal of Forecasting*, núm. 67, pp. 173-187.
- Granger, C.W. y R. Ramanathan (1984). "Improved Methods of Forecasting", *Journal of Forecasting*, núm. 3 pp. 1987-204.
- Greene, William (1999). *Análisis Económico*, España: Prentice Hall, pp. 1-952.
- Grossman, Sanford y Robert J. Shiller (1981). "The Determinants of the Variability of Stock Market Prices", *The American Economic Review*, vol. 71. núm. 2, mayo, pp. 222-227.
- Guerrero, Víctor (1991). *Análisis Estadístico de Series de Tiempo Económicas*, México: UAM-Iztapalapa, pp. 1-309.
- Hodrick, Robert (1990). "Volatility in the Foreign Exchange and Stock Markets: Is it Excessive?", *The American Economic Review*, vol. 80, núm. 2, pp. 186-191.
- Johnston, Jack y John Dinordo (1997). *Econometric Methods*, Singapur: McGraw.Hill, pp. 3-520.
- Johnston, Cristian y Fabián A. Soriano (2004). "Volatilidad del Mercado Accionario y la Crisis Asiática. Evidencia internacional de Asimetrías", *El Trimestre Económico*, vol. LXXI, núm. 282, abril-junio, pp. 355-388.
- Johnston, Cristian y Miguel A. Badillo (2005). "Regularidades no lineales en índices accionarios. Una aproximación con redes neuronales", *El Trimestre Económico*, vol. LXXII, núm. 288, octubre-diciembre, pp. 765-822.
- Kandel, D. B. y R. F. Stambaugh (1996). "On the Predictability of Stock Returns: An Asset-Allocation Perspective", *Journal of Finance*, núm. 51. pp. 385-424.
- Keim, Donald y Robrt F. Stambaugh (1986). "Predicting Returns in the Stock and Bond Markets", *Journal of Financial Economics*, núm. 17, pp. 357-390.
- Keynes, John Maynard (1977). *La Teoría General de la Ocupación el Interés y el Dinero*, México: Fondo de Cultura Económica, pp. 9-355.
- (1996). *Breve Tratado Sobre la Reforma Monetaria*, México: Fondo de Cultura Económica, pp. 7-205.
- Kothari, S. P. y Jay A. Shanken (1997). "Book-to-market, dividend yield and expected market returns: A time-series analysis", *Journal of Financial Economics*, núm. 44, pp. 169-203.
- Levich, Richard (2001). *International Financial Markets: Prices and Policies*, EUA: McGraw Hill, pp. 1-697.

- Ludlow, Jorge (1997). *Modelos, pronósticos y volatilidad de las series de tiempo generadas en la bolsa mexicana de valores*, México: UAM-Azcapotzalco, pp. 11-266.
- (1999). *Econometría Modelos y Pronósticos*, México: UAM-Azcapotzalco, pp. 1-588.
- Nelson, C. R. y M. J. Kim (1993). “Predictable Stock Returns: the Role of Small Sample Bias”, *Journal of Finance*, núm. 48, pp. 641-661.
- Parisi, Antonio y Franco y José L. Guerrero (2003). “Modelos predictivos en índices bursátiles”, *El Trimestre Económico*, vol. LXX, núm.280, octubre-diciembre, pp. 721-744.
- Parisi, Antonio y Franco y Edinson Cornejo (2004). “Algoritmos genéticos y modelos multivariados recursivos en la predicción de índices bursátiles de América del Norte”, *El Trimestre Económico*, vol. LXXI, núm.284, octubre-diciembre, pp. 789-809.
- Pindyck, Robert y Daniel L. Rubinfeld (1998). *Econometría, Modelos y Pronósticos*, México: McGraw Hill, pp. 1-760.
- Rantiff Goffey y Lawrence D. Scholl (1998). “Book-to-market ratios as predictors of market-returns”, *Journal of Financial Economics*, núm. 49, pp. 141-160.
- Santos, Tono y Prietro Veronesi (2001). “Labor Income and Predictable Stock Returns”, NBER, Working Paper 8309.
- Shiller, Robert J. (1984). “Stock Prices and Social Dynamics”, *Brookings Papers on Economic Activity*, 2, pp. 457-510.
- Salas, Edgar (2003). “Evidencia de la linealidad en series financieras”, *Gaceta de Economía ITAM*, año 9, núm. 17, otoño, pp. 209-233.
- Summers H., Lawrence (1986). “Does the Stock Market Rationally Reflect Fundamental Values?”, *The Journal of Finance*, vol. XLI, núm. 3, julio.
- Valdés, Arturo L. (2002). “Pruebas de no linealidad de los rendimientos del mercado mexicano accionario: coeficientes de Lyapurov”, *Estudios Económicos*, vol. 17, núm. 2, julio-diciembre, pp. 305-321.