Documento No. 33

Una Aplicación del Análisis de Intervención a Series de Tiempo de la Economía Mexicana

por

Víctor M. Guerrero y Gabriel Vera Ferrer

Marzo, 1981.

Las ideas contenidas en el presente ensayo son responsabilidad exclusiva de los autores y no reflejan la posición del Banco de México, S.A.

UNA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE INTERVENCIÓN A SERIES DE TIEMPO DE LA ECONOMÍA MEXICANA

por

Víctor M. Guerrero y Gabriel Vera Ferrer.*

Banco de México

I. Introducción

El objetivo fundamental de este trabajo es cuantificar y estudiar los efectos que algunas decisiones gubernamentales han tenido sobre ciertos sectores de la economía nacional. En particular existía la necesidad de analizar las repercusiones que tuvieron: (1) la devaluación de la moneda (anunciada durante el informe presidencial del 1º de septiembre de 1976); (2) las declaraciones, dadas a la luz pública durante el segundo trimestre de 1978, de que las reservas petrolíferas del país habían aumentado notablemente debido a nuevos descubrimientos de mantos de petróleo y (3) el establecimiento del impuesto sobre el valor agregado (IVA) a partir del 1º de enero de 1980. Un segundo objetivo del trabajo es construir modelos de pronóstico para cada una de las variables de interés.

Como actualmente se recopila información sobre una gran cantidad de variables de carácter económico, se seleccionaron únicamente cinco de ellas para ser estudiadas. La selección se llevó a cabo con el criterio de que dichas variables fuesen representativas de alguno de los siguientes sectores de información económica que maneja el Banco de México, S. A.: sector precios, sector financiero y sector producción. De esta manera, las variables seleccionadas y a las que se hará referencia de aquí en adelante son:

1. Índice general de precios al consumidor a nivel nacional (IPC).
2. Índice general de precios al mayoreo en la ciudad de México (IPM).
3. Medio circulante (M1)
4. Financiamiento otorgado por el sistema bancario a través de la Banca Privada y Mixta (FPM).
5. Índice del volumen de la producción manufacturera (IVPM).

---

* Se desea agradecer a la Act. Odette Barrón su valiosa participación, principalmente en el desarrollo de la parte computacional de este trabajo. También se agradece a Ana María Gutiérrez su empeño para realizar el mecanografiado del documento.

Cabe hacer notar que el Banco obtiene la información sobre cada una de estas variables a través de sus diversas oficinas y la pone a disposición de los usuarios en forma de series mensuales a través del Sistema de Información (SIE) operado por la Subdirección de Investigación Económica y Bancaria. En términos del SIE, las series por estudiar vienen a ser, respectivamente, S00001, S00911, S009010, S09430 y S02270; las dos primeras pertenecen al sector precios, las dos siguientes al sector financiero y la última al sector producción.

Es importante advertir que los efectos causados directamente por la intervención de fenómenos externos al comportamiento histórico de las variables pueden ser de naturaleza muy variada. En particular, si se piensa que una serie de tiempo está constituida por dos partes, una determinística y otra estocástica o aleatoria, se pueden distinguir tres tipos de efectos: (i) aquellos que se dejan sentir de manera inmediata y que desaparecen sin influir sobre observaciones futuras ni sobre el comportamiento estocástico de la serie; (ii) los que pueden o no sentirse de manera inmediata, pero que sí ejercen influencia sobre la parte determinística de la serie, aunque su comportamiento estocástico permanezca igual que antes de la intervención (es decir, se podrá observar algún cambio de tendencia o de nivel de la serie, pero la parte aleatoria no alterará su estructura básica); y (iii) los efectos que, sí alteran la estructura de la parte aleatoria. Las intervenciones que causan los efectos del tipo (i) y (ii) son las que, de manera ortodoxa, pueden estudiarse mediante la técnica de “análisis de intervención” descrita en la sección siguiente. Si alguna intervención de las aquí estudiadas llega a causar un efecto del tipo (iii) sobre alguna serie, esto implicará un análisis de intervención un tanto *ad hoc* para la serie correspondiente.

En provecho de aquellos lectores interesados en aspectos técnico-estadísticos, la sección II de este trabajo presenta algunos detalles de la metodología utilizada en la construcción de modelos para las series en estudio. Por el contrario, los lectores que no consideren importante el enterarse de estos aspectos podrán pasar directamente en la sección II de este trabajo presenta algunos detalles de la metodología utilizada en la construcción de modelos para las series en estudio. Por el contrario, los lectores que no consideren importante el enterarse de estos aspectos podrán pasar directamente a la sección III, en donde se realiza, tocante a cada una de las series, un análisis de los resultados obtenidos con base en su modelo correspondiente. La última sección contiene algunas conclusiones básicas de los efectos inducidos por las intervenciones con respecto a los sectores de información económica considerados.

II. Metodología

Al mencionar que las observaciones de las variables se presentan como series mensuales, se pretende subrayar el hecho de que la información corresponde a lo que se ha dado en llamar series de tiempo; por tanto, el análisis presentado más adelante se basa en la metodología más eficiente que se conoce para construir modelos de series de tiempo, esto es, la de Box y Jenkins (1970). Además, la técnica de tiempo, es, la de Box y Tiao (1975) se utilizará, para realizar análisis de intervención —en donde el término ‘intervención’ se refiere, en el caso presente, al hecho de que el gobierno introdujo políticas o mecanismos que influyen de manera exógena sobre la economía y por tanto sobre las series aquí estudiadas—.

El método de Box-Jenkins es en realidad un proceso iterativo de construcción de modelos para series de tiempo; consta de las siguientes etapas: identificación del modelo, estimación de los parámetros involucrados y verificación de los supuestos en que se fundamenta el modelo. Por su parte, la técnica de análisis de intervención consiste primero en determinar el momento en el que se introdujo algún mecanismo o alguna política que, según se piensa, pudo influir de manera exógena sobre el comportamiento de la variable en estudio; luego se construye un modelo, mediante el método de Box-Jenkins, para representar a la serie durante el período que comprenda la observación considerada como inicial y la observación inmediata anterior a la intervención; posteriormente se procede a postular una función, del tipo propuesto por Box y Tiao, para representar el efecto de la intervención; acto seguido se estima el modelo completo, es decir, se estiman simultáneamente tanto los parámetros que aparezcan en la función de intervención como los que se satisfagan los supuestos del modelo completo.

Dentro de la primera etapa del método de Box-Jenkins, importa notar que se supone que la serie es estacionaria; esto implica en particular que la serie fluctúa aleatoriamente alrededor de un nivel medio, el cual permanece constante en el tiempo, y que la variación con respecto a este valor medio tampoco se modifica con el transcurso del tiempo. Para garantizar varianza aproximadamente constante de una serie $\{Z_t\}$, se utilizó el procedimiento de Bartlett (véase Vera y Guerrero, 1980), el cual permite determinar una transformación de los datos del tipo

$$T(Z_t) = \begin{cases} Z_t^{1-\delta}, & \text{si } \delta \neq 1 \\ \log(Z_t), & \text{si } \delta = 1 \end{cases} \quad (2.1)$$

de tal manera que la serie transformada $\{T(Z_t)\}$ muestre variación aproximadamente constante alrededor de su valor medio. Debido a que el procedimiento produjo una transformación diferente para cada una de las series en estudio y como esto podía tornar muy complicada la interpretación de los resultados, se optó por establecer un punto medio entre rigor estadístico e interpretabilidad. A este respecto, se observó que las transformaciones sugeridas por el método tenían un valor estimado para el parámetro δ (véase 2.1) que variaba alrededor de 2 (lo cual indica que se emplee una transformación recíproca), como se aprecia en el cuadro 1; por otro lado, se supuso que la máxima interpretabilidad se podía lograr con $\delta = 0$, es decir con la serie original; por tanto se decidió trabajar con $\delta = 1$, lo cual implica utilizar el logaritmo de las variables (de esta manera se esperó lograr una varianza más constante que en la escala original, sin temor de que hubiese mucha pérdida en lo que correspondía a interpretación).

Cuadro 1

Valores Estimados de δ para las Series en Estudio

SERIE	IPC	IPM	M1	FPM	VPM
δ estimada	1.50	3.25	1.35	1.55	1.90

Para satisfacer el requisito de nivel medio constante, se siguió la sugerencia de Box y Jenkins de observar las autocorrelaciones de las diferencias de las series para determinar en qué diferencia era estacionaria la serie.

Como resultado de este paso y del procedimiento de estabilización de varianza, se concluyó que las series por analizar debían ser las mostradas en el cuadro 2, en donde el operador diferencia ∇_s es tal que

$$\nabla_s^k Z_t = \sum_{j=0}^k \frac{k!}{j!(k-j)!} (-1)^j Z_{t-j/s} \quad \text{para } K = 0, 1, \dots, \quad S = 1, \dots, \text{ y } t = k - S, k - S + 1, \dots$$

Cuadro 2

Series Estacionarias por Analizar

Serie original (Z_t)	IPC_t	IPM_t	$M1_t$	FPM_t	VPM_t
Serie estacionaria (W_t)	$\nabla_1^2 \log(IPC_t)$	$\nabla_1^2 \log(IPM_t)$	$\nabla_1 \nabla_{12} \log(M1_t)$	$\nabla_1^2 \log(FPM_t)$	$\nabla_1 \log(VPM_t)$

En las figuras 1.a, 1.b, 1.c, 1.d y 1.e se muestran las gráficas en las series originales y las series estacionarias respectivas. Una vez determinadas las series estacionarias, se procedió a identificar y a estimar modelos que proporcionasen ajustes razonables a cada una de ellas durante el período que va desde el mes inicial hasta el mes de agosto de 1976; para esto se utilizaron las funciones de autocorrelación que aparecen en el apéndice 1. Los modelos estimados, así como los intervalos de confianza para los parámetros y otra información útil para juzgar la bondad del ajuste obtenido se presentan en el cuadro 3. En este cuadro, el modelo aparece descrito en términos de polinomios de retraso, con las letras griegas ϕ o ϕ que denotan parámetros autorregresivos, y las letras θ o θ , parámetros de promedios móviles; el término a_t corresponde al error aleatorio que se considera como ruido blanco; es decir, $a_0, a_1, a_2, \dots$ representan variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas conforme a una distribución normal con media cero y varianza constante σ_a^2 ; por último, B representa al operador de retraso que cumple con

$$B^k Z_t = Z_{t-k} \quad \text{para } k = 0, 1, 2, \dots \quad \text{y} \quad t = k, K + 1, \dots$$

Gráfica 1a
Índice General de Precios al Consumidor a Nivel Nacional

Gráfica 1b
Indice General de Precios al Mayoreo en la Ciudad de México
(Ene 1960 – Nov 1980)

Gráfica 1c
Medio Circulante
(Ene 1960 – Dic 1979)

Gráfica 1d
Financiamiento Otorgado Por el Sistema Bancario a Través de la Banca Privada y Mixta
(Ene 1960 – Dic 1979)

Gráfica 1e
Índice del Volumen de la Producción Manufacturera
(Ene 1967 – Oct 1980)

Cuadro 3

Resultados de la Estimación de Modelos para el Período Previo a la Devaluación

Serie w_t	Período (Mes, Año)	M o d e l o	Parámetros estimados	Intervalo del 95% de confianza	$\hat{\sigma}_a$	Estadística ^{1/} Q, grados de libertad
$\nabla_1^2 \log(IPC_t)$	De 01, '69 a 08, '76	$W_t = (1 - \theta B) a_t$	$\hat{\theta} = 0.66$	(0.49, 0.83)	0.0058	16.81, 23
$\nabla_1^2 \log(IPM_t)$	01, '60 08, '76	$(1 - \phi B)W_t = (1 - \theta_1 B^2 - \theta_2 B^3) a_t$	$\hat{\phi} = -0.58$ $\hat{\theta}_1 = 0.48$ $\hat{\theta}_2 = 0.17$	(-0.73, -0.43) (0.33, 0.63) (0.04, 0.31)	0.0074	18.64, 21
$\nabla_1 \nabla_{12} \log(M1_5)$	01, '60 08, '76	$(1 - \phi B) W_t = (1 - \theta B^{12}) a_t$	$\hat{\phi} = -0.19$ $\hat{\theta} = 0.51$	(-0.34, -0.04) (0.38, 0.64)	0.0128	22.68, 22
$\nabla_1^2 \log(FPM_t)$	01, '60 08, '76	$(1 - \Phi B^{12})W_t = (1 - \theta_1 B^2 - \theta_2 B^{11}) a_t$	$\hat{\phi} = -0.17$ $\hat{\theta} = 0.93$ $\hat{\theta}_1 = -0.25$ $\hat{\theta}_2 = -0.23$	(0.02, 0.32) (0.87, 0.98) (-0.40, -0.10) (-0.38, -0.08)	0.0082	15.25, 20
$\nabla_1 \log(VPM_t)$	01, '67 08, '76	$(1 - \theta B)(1 - \Phi B^{12}) W_t = (1 - \theta B)(1 - \theta_1 B^{70} - \theta_2 B^{12}) a_t$	$\hat{\phi} = -0.25$ $\hat{\phi} = 0.91$ $\hat{\theta} = 0.73$ $\hat{\theta}_1 = 0.23$ $\hat{\theta}_2 = 0.65$	(-0.49, -0.01) (0.85, 0.97) (0.55, 0.90) (0.08, 0.38) (0.50, 0.80)	0.0409	8.98, 19

^{1/} El valor de Q debe compararse con valores de tablas de una Ji-cuadrada con los respectivos grados de libertad

Después de verificar, mediante inspección visual de las gráficas correspondientes, que los residuales para cada uno de los modelos cumplían aproximadamente con los supuestos del error aleatorio a_t , y después de observar que los parámetros eran significativamente diferentes de 0 (y de 1 en algunos casos)^{1/}, se consideró que los modelos eran representaciones adecuadas y se estuvo en condiciones de pasar a identificar las funciones de intervención asociadas a la devaluación. Para llevar a cabo la identificación de tales funciones, se hicieron pronósticos doce meses hacia delante, a partir de agosto de 1976. La gráfica de la discrepancia entre valor real y el pronóstico con el modelo del cuadro 3, proporcionó la indicación acerca del tipo de función que debía emplearse para cada serie; las gráficas respectivas se muestran en el apéndice 2. Por ejemplo, en la gráfica correspondiente a IPC se puede observar que los errores de pronóstico son significativamente distintos de cero; además pueden apreciarse dos aparentes tendencias lineales, una bastante pronunciada que parte del origen y termina en el tercer pronóstico y otra, menos pronunciada, que va del tercer pronóstico en adelante; este hecho

^{1/} De no ser así, la estructura del modelo cambiaría.

condujo a postular la siguiente función de intervención para log (IPC_t): $[(\omega_0 - \omega_1 B^3) / \nabla_1^2] P_t^I$, en donde P_t^I es una función indicadora tal que

$$P_t^I = \begin{cases} 1 & \text{si } t = I \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

El supraíndice I denota el mes en que ocurrió la primera intervención, o sea, septiembre de 1976.

Mediante el procedimiento anterior, se postularon modelos que fuesen válidos hasta el mes previo al segundo trimestre de 1978 (que es cuando se esperaba ver el efecto producido por los descubrimientos del petróleo). Los resultados de la estimación de esta fase se muestran en el cuadro 4, en el cual puede apreciarse que para la serie VPM no se requiere de ninguna función de intervención para explicar el fenómeno de la devaluación; esto se debe primordialmente a las fuertes variaciones que sufre esta variable durante el transcurso del año y que la vuelven un tanto insensible a alteraciones externas como la causada por la devaluación.

Cuadro 4
Resultados de la Estimación de Modelos con Intervención I

Serie T(Z _t)	Período (Mes, año)	M o d e l o	Parámetros estimados	Intervalo del 95% de confianza	$\hat{\sigma}_a$	Estadística Q, grados de libertad
Log(IPC _t)	01, '69 03, '78	$T(Z_t) = \{(\omega_0 - \omega_1 B^3) / \nabla_1^2\} P_t^I + N_t$ $\nabla_1^2 N_t = (1 - \theta B) a_t$	$\hat{\theta} = 0.69$ $\hat{\omega}_0 = 0.035$ $\hat{\omega}_1 = 0.022$	(0.55, 0.83) (0.026, 0.044) (0.013, 0.032)	0.0061	18.40, 21
Log(IPM _t)	01, '60 03, '78	$T(Z_t) = \{(\omega_0 - \omega_1 B^3) / \nabla_1^2\} P_t^I + N_t$ $(1 - \phi B) \nabla_1^2 N_t = (1 - \theta_1 B^2 - \theta_2 B^3) a_t$	$\hat{\phi} = -0.55$ $\hat{\theta}_1 = 0.48$ $\hat{\theta}_2 = 0.16$ $\hat{\omega}_0 = 0.060$ $\hat{\omega}_1 = 0.045$	(-0.69, -0.41) (0.34, 0.62) (0.04, 0.29) (0.047, 0.073) (0.033, 0.058)	0.0079	16.28, 19
Log(M1 _t)	01, '60 03, '78	$T(Z_t) = (\omega_0 / \nabla_1) P_t^I + N_t$ $(1 - \phi B) \nabla_1 \nabla_{12} N_t = (1 - \theta B^{12}) a_t$	$\hat{\phi} = -0.17$ $\hat{\theta} = 0.53$ $\hat{\omega}_0 = 0.058$	(-0.31, -0.03) (0.40, 0.66) (0.034, 0.082)	0.0135	21.58, 21
Log(FPM _t)	01, '60 03, '78	$T(Z_t) = (\omega_0 / \nabla_1) P_t^I + N_t$ $(1 - \Phi B^{12}) \nabla_1^2 N_t = (1 - \theta B)(1 - \theta B^{11}) a_t$	$\hat{\phi} = 0.20$ $\hat{\theta} = 0.85$ $\hat{\theta} = -0.17$ $\hat{\omega}_0 = 0.023$	(0.05, 0.35) (0.77, 0.93) (-0.33, -0.02) (0.006, 0.041)	0.0135	22.76, 20
Log(VPM _t)	01, '67 03, '78	$(1 - \phi B)(1 - \Phi B^{12}) \nabla_1 T(Z_t) = (1 - \theta B)$ $(1 - \theta_1 B^7 - \theta_2 B^{12}) a_t$	$\hat{\phi} = 0.24$ $\hat{\Phi} = 0.91$ $\hat{\theta} = 0.70$ $\hat{\theta}_1 = 0.25$ $\hat{\theta}_2 = 0.64$	(-0.46, -0.01) (0.85, 0.97) (0.53, 0.86) (0.11, 0.40) (0.50, 0.79)	0.0400	11.27, 19

Así como se determinaron funciones de intervención para tener en cuenta la devaluación de la moneda, se postularon posibles funciones correspondientes al descubrimiento de petróleo; para ello se hicieron las gráficas de la diferencia entre valores reales y valores pronosticados, las cuales aparecen también en el apéndice 2. En el cuadro 5 se presentan los resultados de la estimación de modelos en los que ya se consideró el efecto de la devaluación (intervención I) y del descubrimiento del petróleo (intervención II); adviértase que en ningún modelo aparece explícitamente el efecto de la intervención II (aun cuando se intentó ajustar, sin éxito, diversas funciones de intervención para hacer explícito este fenómeno); esto es atribuible a que su influencia sobre las series en estudio fue prácticamente nula o al menos no significativa, estadísticamente hablando.

El mismo proceso seguido anteriormente para las intervenciones I y II se siguió con la intervención III (el establecimiento del IVA); las gráficas de la discrepancia entre valores reales y pronosticados también se pueden ver en el apéndice 2. Al momento de realizar este estudio, las series M1 y FPM se encontraban actualizadas hasta el mes de diciembre de 1979 y por tal motivo no pudo efectuarse el análisis de intervención correspondiente con ellas. En lo que respecta a las series IPC, IPM y VPM, los resultados de la estimación se muestran en el cuadro 6, donde se puede apreciar que el establecimiento el IVA tampoco alteró significativamente el comportamiento de la serie VPM.

Cuadro 5
Resultados de la Estimación de Modelos con Intervenciones I y II

Serie T(Z _t)	Período (Mes, año)	Modelo	Parámetros estimados	Intervalo del 95% de confianza	$\hat{\sigma}_a$	Estadística Q, grados de libertad
Log(IPC _t)	01, '69 12, '79	$T(Z_t) = \{(\omega_0 - \omega_B^3 / \nabla_1^2)\} P_t^I + N_t$ $\nabla_1^2 N_t = (1 - \theta B) a_t$	$\hat{\theta} = 0.74$ $\hat{\omega}_0 = 0.035$ $\hat{\omega}_1 = 0.023$	(0.63, 0.86) (0.026, 0.044) (0.014, 0.032)	0.0061	22.44, 21
Log(IPM _t)	01, '60 12, '79	$T(Z_t) = \{\omega_0 - \omega_1 B^3\} / \nabla_1^2 \} P_t^I + N_t$ $(1 - \phi B) \nabla_1^2 N_t = (1 - \theta_1 B^2 - \theta_2 B^3) a_t$	$\hat{\phi} = -0.57$ $\hat{\theta}_1 = 0.51$ $\hat{\theta}_2 = 0.17$ $\hat{\omega}_0 = 0.060$ $\hat{\omega}_1 = 0.047$	(-0.70, -0.44) (0.39, 0.64) (0.05, 0.07) (0.047, 0.073) (0.034, 0.059)	0.0080	24.27, 19
Log(M1 _t)	01, '60 12, '79	$T(Z_t) = (\omega_0 / \nabla_1) P_t^I + N_t$ $(1 - \theta B) \nabla_1 \nabla_{12} N_t = (1 - \theta B^{12}) a_t$	$\hat{\phi} = -0.14$ $\hat{\theta} = 0.55$ $\hat{\omega}_0 = 0.059$	(-0.28, -0.01) (0.43, 0.66) (0.035, 0.083)	0.0136	25.07, 21
Log(FPM _t)	01, '60 12, '79	$T(Z_t) = (\omega_0 / \nabla_1) P_t^I - N_t$ $(1 - \phi B) (1 - \phi B^{12}) \nabla_1^2 N_t = (1 - \theta B) (1 - \theta_1 B^3 - \theta_2 B^7 - \theta_3 B^8) a$	$\hat{\phi} = 0.21$ $\hat{\Phi} = 0.25$ $\hat{\theta} = 0.89$ $\hat{\theta}_1 = -0.18$ $\hat{\theta}_2 = -0.15$ $\hat{\theta}_3 = 0.23$ $\hat{\omega}_0 = 0.033$	(-0.35, -0.07) (0.10, 0.40) (0.82, 0.97) (-0.33, -0.03) (-0.29, -0.01) (0.10, 0.37) (0.015, 0.052)	0.0106	20.76, 17
Log(VPM _t)	01, '67 12, '79	$(1 - \theta B) \nabla_1 \nabla_{12} T(Z_t) = (1 - \theta B)$ $(1 - \theta_1 B^7 - \theta_2 B^{12}) a_t$	$\hat{\phi} = 0.26$ $\hat{\phi} = 0.62$ $\hat{\theta}_1 = 0.18$ $\hat{\theta}_2 = 0.70$	(-0.47, -0.04) (0.44, 0.79) (0.06, 0.30) (0.58, 0.81)	0.0396	16.41, 20

Cuadro 6
Resultados de la Estimación de Modelos con Intervenciones I, II y III

Serie $T(Z_t)$	Período (Mes, año)	Modelo	Parámetros estimados	Intervalo del 95% de confianza	$\hat{\sigma}_a$	Estadística Q, grados de libertad
Log(IPC _t)	01, '69 11, '80	$T(Z_t) = \left\{ (\omega_0 - \omega_1 B^3) / \nabla_1^2 \right\} P_t^I + (\omega_2 / \nabla_1)$ $P_t^{III} + N_t \nabla_1^2 N_t = (1 - \theta B) a_t$	$\hat{\theta} = 0.74$ $\hat{\omega}_0 = 0.035$ $\hat{\omega}_1 = 0.023$ $\hat{\omega}_2 = 0.030$	(0.63, 0.85) (0.026, 0.044) (0.014, 0.032) (0.019, 0.042)	0.0060	26.65, 20
Log(IPM _t)	01, '60 11, '80	$T(Z_t) = \left\{ (\omega_0 - \omega_1 B^3) / \nabla_1^2 \right\} P_t^I + (\omega_2 / \nabla_1^2)$ $P_t^{III} + N_t (1 - \phi B) \nabla_1^2 N_t = (1 - \theta_1 B^2 - \theta_2 B^3) a_t$	$\hat{\phi} = -0.56$ $\hat{\theta}_1 = 0.53$ $\hat{\theta}_2 = 0.16$ $\hat{\omega}_0 = 0.060$ $\hat{\omega}_1 = 0.047$ $\hat{\omega}_2 = 0.013$	(-0.69, -0.43) (0.40, 0.66) (0.05, 0.28) (0.047, 0.073) (0.034, 0.060) (0.002, 0.025)	0.0084	23.17, 18
Log(VPM _t)	01, '67 10, '80	$(1 - \phi B) \nabla_1 \nabla_{12} T(Z_t) = (1 - \theta B)(1 - \theta_1 B^7 - \theta_2 B^{12}) a_t$	$\hat{\phi} = 0.24$ $\hat{\theta} = 0.62$ $\hat{\theta}_1 = 0.18$ $\hat{\theta}_2 = 0.69$	(-0.45, -0.02) (0.45, 0.79) (0.06, 0.30) (0.58, 0.81)	0.0388	17.67, 20

Una vez determinado el efecto de la intervención III, para las series en las que es factible hacerlo, se tiene ya un modelo válido para todo el período de observación y, por tanto, es posible realizar un análisis de la información contenida en las series con base en las características de los modelos respectivos, lo cual se hará a continuación.

III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A) Índice de precios al consumidor.

La primera serie por considerar será la de IPC. El período de observación va de enero de 1969 a noviembre de 1980 y abarca todos los datos mensuales almacenados dentro del SIE hasta la fecha de elaboración de este trabajo. De acuerdo con el cuadro 6, un modelo que representa satisfactoriamente el comportamiento de la serie es

$$\log(IPC_t) = \left(\frac{0.035 - 0.023B^3}{\nabla_1^2} \right) P_t^I + \left(\frac{0.030}{\nabla_1} \right) P_t^{III} + \left(\frac{1 - 0.74B}{\nabla_1^2} \right) a_t, \hat{\sigma}_a = 0.006 \quad (3.1)$$

el cual puede escribirse también como (véase el apéndice 3)

$$\log(\text{IPC}_t) = \hat{\varepsilon}_{I,t} + \hat{\varepsilon}_{III,t} + N_t$$

en donde

$$\hat{\varepsilon}_{I,t} = \begin{cases} 0, & \text{si } t < I \\ 0.035(t - I + 1), & \text{si } t = I, I + 1, I + 2 \quad (I = 09, '76) \\ 0.069 + 0.012(t - I + 1), & \text{si } t \geq I + 3 \end{cases}$$

$$\hat{\varepsilon}_{III,t} = \begin{cases} 0, & \text{si } t < III \\ 0.030, & \text{si } t \geq III \end{cases} \quad (III = 01, '80)$$

$$\text{y } N_t = (1 - 0.74B)\nabla_1^2$$

Ahora bien, con fines interpretativos utilizaremos la siguiente aproximación

$$\log(\text{IPC}_t) - \log(\text{IPC}_{t-1}) = \log\left(\frac{\text{IPC}_t}{\text{IPC}_{t-1}}\right) = \log(1 + r_t^{IPC}) = r_t^{IPC}$$

en la cual r_t^{IPC} representa el incremento relativo del índice de precios en el mes t respecto al índice observado en el mes $t-1$, es decir, r_t^{IPC} es una tasa mensual de crecimiento. De (3.1) se obtiene

$$r_t^{IPC} \cong \nabla_1 \log(\text{IPC}_t) = \left(\frac{0.035 - 0.023B^3}{\nabla_1}\right) P_t^I + 0.030 P_t^{III} + \left(\frac{1 - 0.74B}{\nabla_1}\right) a_t \quad (3.2)$$

lo cual implica

$$r_t^{IPC} \cong \begin{cases} N_t', & \text{si } t < I \\ N_t' + 0.035, & \text{si } t = I, I + 1, I \\ N_t' + 0.012, & \text{si } I + 3 \leq t < III \\ N_t' + 0.042, & \text{si } t = III \end{cases} \quad (3.3)$$

$$\text{con } N'_t = \left(\frac{1 - 1.74B}{\nabla_1} \right) a_t$$

En (3.3) se pueden observar claramente los efectos de las intervenciones; en particular se puede advertir lo siguiente:

- (i) De no haber existido intervención alguna, se tendría $r_t^{IPC} \cong N'_t$ como modelo para la serie de tasas de crecimiento del IPC.
- (ii) La devaluación alteró el comportamiento histórico del IPC mediante un incremento mensual de la tasa de crecimiento estimado en tres puntos y medio para los meses de septiembre, octubre y noviembre de 1976; dicho incremento se redujo a partir de diciembre de 1976 a 1.2 puntos aproximadamente y permanece constante a partir de entonces (posiblemente el cambio en la administración pública tuvo como consecuencia esta reducción en el incremento mensual de la tasa de crecimiento).
- (iii) El petróleo no provocó ningún cambio en el comportamiento del IPC.
- (iv) La entrada en vigor del IVA indujo un incremento instantáneo de alrededor de tres puntos sobre la tasa de crecimiento del IPC durante enero de 1981, pero de ahí en adelante las tasas de crecimiento mantienen su tendencia anterior, es decir, se incrementan mensualmente en 1.2 puntos.

Además de los resultados anteriores, evidentes en el modelo (3.3), pueden obtenerse pronósticos para IPC, con sus respectivos límites de confianza. Es natural pensar que mediante una aplicación del antilogaritmo a los valores pronosticados de $\log(\text{IPC})$ se obtendría un pronóstico de IPC; desafortunadamente se puede demostrar que el pronóstico de IPC; desafortunadamente se puede demostrar que el pronóstico obtenido de esta manera contiene sesgo; sin embargo, dicho sesgo se puede corregir aproximadamente, como se sugiere en apéndice 4. Una aplicación del procedimiento sugerido en el apéndice produjo los resultados que se muestran en el cuadro 7.

La utilidad práctica de estos pronósticos se refleja inmediatamente en que se puede pronosticar la inflación de los precios para meses futuros, en el supuesto de que las condiciones económicas que rigen actualmente se mantienen para el período de pronóstico. Así, debido a que en diciembre de 1979 el IPC fue de 127.554 y como para diciembre de 1980 será, según se estima, de 165.205, la inflación pronosticada para 1980 viene a ser de 28.73% con límites del 95% de confianza aproximados de 27.23% y 30.26%. De manera similar se puede pronosticar la inflación a diciembre de 1981 relativa a diciembre de 1980; la cifra alcanzada es en esta ocasión de 23.21%, pero desafortunadamente la precisión de este pronóstico de inflación es mínima (de manera un tanto burda, se pueden comparar los extremos de los intervalos para los pronósticos de IPC involucrados y obtener así un intervalo de aproximadamente 90% de confianza que cubra los valores entre 8.38% y 40.06%).

B) Índice de precios al mayoreo

Aun cuando los datos almacenados en el SIE para esta serie cubren el período de enero de 1957 a noviembre de 1980, para fines de este trabajo únicamente se consideró el período enero 1960-noviembre 1980. El modelo que proporciona una representación adecuada al comportamiento de esta serie es el que aparece en el cuadro 6, o sea

$$\log(IPM_t) = \left(\frac{0.060 - 0.047B^3}{\nabla_1^2} \right) P_t' + \left(\frac{0.013}{\nabla_1^2} \right) P_t''' + \left\{ \frac{1 - 0.53B^2}{(1 + 0.56B)\nabla_1^2} \right\} a_t, \quad (3.4)$$

$$\hat{\sigma}_a = 0.0084$$

el cual tiene como expresión alternativa (véase el apéndice 3).

$$\text{Log}(IPM_t) = \hat{\varepsilon}_{I,t} + \hat{\varepsilon}_{III,t} + N_t$$

Con:

$$\hat{\varepsilon}_{I,t} = \begin{cases} 0, & \text{si } t < I \\ 0.060(t - I + 1), & \text{si } t = I, I + 1, I + 2 \\ 0.14 + 0.013(t - I + 1), & \text{si } t \geq I + 3 \end{cases}$$

$$\hat{\varepsilon}_{III,t} = \begin{cases} 0, & \text{si } t < III \\ 0.013(t - III + 1), & \text{si } t \geq III \end{cases}$$

y

$$N_t = \left[\frac{1 - 0.53B^2}{(1 + 0.56B)\nabla_1^2} \right] a_t$$

El argumento utilizado con IPC para justificar la interpretación del modelo en términos de tasas de crecimiento, es también válido aquí y permite obtener.

$$r_t^{ipm} \cong \nabla_1 \log(IPM_t) = \left(\frac{0.060 - 0.047B^3}{\nabla_1} \right) P_t^I + \left(\frac{0.013}{\nabla_1} \right) P_t^{III} + \left[\frac{1 - 0.53B^2 - 0.16B^3}{(1 + 0.56B)\nabla_1} \right] a_t \quad (3.5)$$

en donde r_t^{IPM} es la tasa mensual de crecimiento del IPM. Por lo tanto, se sigue que

$$r_t^{IPM} = \begin{cases} N_t', & si \ t < I \\ N_t' + 0.060, & si \ t = I, I + 1, I + 2 \\ N_t' + 0.013, & si \ I + 3 \leq t < III \\ N_t' + 0.026, & si \ t \geq III \end{cases} \quad (3.6)$$

$$\text{con } N_t' = \left[\frac{1 - 0.53B^2 - 0.16B^3}{(1 + 0.56B)\nabla_1} \right]$$

Una vez obtenida la expresión (3.6) es factible obtener conclusiones de una manera bastante sencilla. En lo que se refiere a las intervenciones que nos ocupan podemos decir que:

- i) El modelo $r_t^{IPC} \cong N_t'$ será adecuado de no haber existido influencia externa sobre el comportamiento histórico de la serie;
- ii) El efecto de la devaluación fue el de incrementar la tasa de crecimiento del IPM en alrededor de seis puntos durante los tres primeros meses y en 1.3 puntos de diciembre en adelante;
- iii) El petróleo no parece haber inducido cambio alguno en la serie;

- iv) El IVA provocó un mayor incremento sobre las tasas de crecimiento, elevando dicho incremento mensual a 2.6 puntos.

Como inferencia basada en el modelo para IPM se obtuvieron los pronósticos (insesgados, de acuerdo con el apéndice 4) que aparecen en el cuadro 7.

Cuadro 7
Valores Pronosticados e Intervalos del 95% de Confianza para IPC e IPM

Mes	Pronóstico de IPC	Intervalo de confianza	Pronóstico de IPM	Intervalo de confianza
Dic. '80	164.20	(162.28, 166.15)	159.10	(156.49, 161.74)
Ene. '81	167.07	(163.93, 170.26)	161.81	(157.19, 166.57)
Feb	169.98	(165.60, 174.47)	164.61	(158.17, 171.32)
Mar	172.95	(167.25, 178.83)	167.44	(159.23, 176.08)
Abr	175.97	(168.86, 183.37)	170.34	(160.32, 180.99)
May	179.05	(170.43, 188.10)	173.28	(161.39, 186.06)
Jun	182.18	(171.95, 193.03)	176.29	(162.44, 191.32)
Jul	185.38	(173.42, 198.17)	179.35	(163.46, 196.78)
Ago	188.64	(174.84, 203.52)	182.48	(164.46, 202.47)
Sep	191.96	(176.22, 209.10)	185.66	(165.41, 208.39)
Oct	195.34	(177.55, 214.92)	188.91	(166.33, 214.55)
Nov	198.79	(178.84, 220.98)	192.23	(167.22, 220.98)
Dic	202.31	(180.08, 227.29)	195.61	(168.06, 227.67)

C) Medio circulante

El período de observación considerado para esta serie va de enero de 1960 a diciembre de 1979 y un modelo razonable para representarla es

$$\log(M1_t) = \left(\frac{0.59}{\nabla_1} \right) P_t^I + \left[\frac{1 - 0.55B^{12}}{(1 + 0.14B)\nabla_1 \nabla_{12}} \right] a_t, \hat{\sigma}_a = 0.0136 \quad (3.7)$$

en el cual, el hecho de que aparezcan B^{12} y ∇_{12} indica que el modelo considera la fuerte estacionalidad de la serie (véase gráfica 1.c.). Aquí también es factible expresar los resultados en términos de tasas de crecimiento, ya que se tiene

$$r_t^{M1} \cong \nabla_1 \log(M1_t) = 0.059P_t' + \left[\frac{1 - 0.55B^{12}}{(1 + (0.14B)\nabla_{12})} \right] a_t \quad (3.8)$$

De la expresión (3.8), se observa de inmediato que, de no haber ocurrido la devaluación de la moneda, un modelo para la tasa de crecimiento mensual de M1 sería

$$(1 + 0.14)\nabla_{12}r_t^{M1} \cong (1 - 0.55B^{12}) a_t$$

Asimismo, se tiene que la devaluación no afectó mayormente a esta serie, excepto en el mes de septiembre de 1976 en el cual se incrementó la tasa de crecimiento en 5.9 puntos. Por su parte, el descubrimiento del petróleo no causó alteración notable sobre el comportamiento de M1.

Ya que a la fecha no se dispone de la información para el año de 1980, no es posible estudiar las repercusiones que pudo tener el IVA sobre M1 por esta misma razón, los pronósticos que aparecen en el cuadro 8 deben considerarse con reservas, porque pueden guardar discrepancias significativas con respecto a los valores reales.

D) Financiamiento otorgado a través de la Banca Privada y Mixta

Esta serie también se estudió durante el período de observación de enero de 1960 a diciembre de 1979. Para el período completo se obtuvo el siguiente modelo (véase el cuadro 5).

$$\log(FPM_t) = \left(\frac{0.033}{\nabla_1} \right) P_t' + \left[\frac{(1 - 0.89B)(1 + 0.18B^3 + 0.15B^7 - 0.23B^8)}{(1 + 0.21B)(1 - 0.25B^{12})\nabla_1^2} \right] a_t, \quad (3.9)$$

$\hat{\sigma}_a = 0.0106$

mientras que, para los períodos enero 1960-marzo 1978 y enero 1960-agosto 1976 se consideraron apropiados, respectivamente, los modelos (véanse los cuadros 3 y 4)

$$\log(FPM_t) = \left(\frac{0.023}{\nabla_1} \right) P_t^I + \left[\frac{(1 - 0.85B)(1 + 0.17B^{11})}{(1 - 0.20B^{12})\nabla_1^2} \right] a_t, \hat{\sigma}_a = 0.0094 \quad (3.10)$$

$$\text{y } \log(FPM_t) = \left[\frac{(1 - 0.93B)(1 + 0.25B^2 + 0.23B^{11})}{(1 - 0.17B^{12})\nabla_1^2} \right] a_t, \hat{\sigma}_a = 0.0082 \quad (3.11)$$

Nótese cómo la forma de la función de intervención es la misma, pero los modelos en sí son diferentes. Con los resultados que aquí se han presentado, no es posible atribuir a las intervenciones el hecho de que el modelo cambie de un período a otro y, por el contrario, se podría pensar que el modelo en realidad no cambia, sino que son los parámetros los que, en lugar de ser constantes, tienden a cambiar de valor conforme pasa el tiempo. Dicho de otra manera, se podría postular un modelo general del tipo

$$\log(FPM_t) = \left(\frac{\omega_0}{\nabla_1} \right) P_t^I + \left[\frac{(1 - \theta B)(1 - \theta_1 B^2 - \theta_2 B^3 - \theta_3 B^7 - \theta_4 B^8 - \theta_5 B^{11})}{(1 - \phi B)(1 - \Phi B^{12})\nabla_1^2} \right] a_t \quad (3.12)$$

que daría, como casos especiales, cada uno de los modelos (3.9), (3.10) y (3.11) dependiendo de los valores específicos que tomaran los parámetros. Esta posibilidad debe, desde luego, estudiarse con más detenimiento porque podrían existir otras posibles explicaciones para el fenómeno ocurrido; por ejemplo, un cambio en la varianza de la serie. De cualquier modo, debe estudiarse más profundamente esta serie, para dilucidar las causas de su comportamiento; no obstante, para los fines de este trabajo basta con haber determinado un modelo que represente razonablemente bien a la serie durante el período de observación, así como haber encontrado una función de intervención satisfactoria para la devaluación y saber que el descubrimiento del petróleo no afectó significativamente al comportamiento del FPM.

Así pues, del modelo (3.9) se obtiene que la tasa de crecimiento mensual del FPM, se puede expresar como:

$$r_t^{FPM} \cong \nabla_1 \log(FPM_t) = 0.033 P_t^I + \left[\frac{(1 - 0.85B)(1 + 0.18B^3 + 0.15B^7 - 0.23B^8)}{(1 - 0.21B)(1 - 0.25B^{12})\nabla_1^2} \right] a_t \quad (3.13)$$

de tal manera que el efecto de la devaluación consistió en elevar la tasa de crecimiento mensual en alrededor de 3.3 puntos durante el mes de septiembre de 1976.

Los pronósticos del FPM que se muestran en el cuadro 8 fueron obtenidos a partir del modelo (3.9) y deben considerarse con cautela debido, principalmente, a que el modelo no toma en cuenta el establecimiento del IVA y, en segundo término, porque podría resultar que los parámetros sí dependieran del tiempo.

E) Índice del volumen de la producción manufacturera

La información disponible en el SIE para esta serie cubre el período de enero de 1967 a octubre de 1980. El modelo que se construyó para representar razonablemente a la serie durante este período de observación es, de acuerdo con el cuadro 6.

$$(1 + 0.24B)\nabla_1\nabla_2 \log(VPM) = (1 - 0.62B)(1 - 0.18B^7 - 0.69B^{12})a_t, \hat{\sigma}_a = 0.0388 \quad (3.14)$$

Nótese que en este modelo aparecen los factores ∇_{12} y B^{12} , los cuales indican estacionalidad en la serie.

En lo que respecta al análisis de intervención efectuado con VPM, se puede decir que la devaluación no produjo cambio significativo en la serie. Tocante al petróleo, parece que este fenómeno sí alteró a la estacionalidad, ya que hasta antes del petróleo ésta se manifiesta mediante un parámetro autorregresivo estacional (véanse cuadros 3 y 4) y en cambio después de la intervención del petróleo dicha estacionalidad se vuelve evidente en la diferencia estacional que aparece en los modelos de los cuadros 5 y 6- Quizá convendría hacer un análisis un poco más profundo de este fenómeno, para conocer sus consecuencias o tan sólo para corroborar la hipótesis de cambio en la estacionalidad (posiblemente se podría utilizar la técnica de lo que se ha dado en llamar en inglés “switching time series”).

Cuadro 8

Valores Pronosticados e Intervalos del 95% de Confianza para M1 y FPM

Mes	Pronóstico de M1	Intervalo de confianza	Pronóstico de FPM	Intervalo de confianza
Ene. '80	326 015	(317 554, 334 702)	448 422	(439 235, 457 800)
Feb	328 139	(316 971, 339 700)	456 983	(444 465, 469 854)
Mar	334 356	(320 729, 348 561)	471 332	(445 155, 488 084)
Abr	338 680	(322 956, 355 169)	475 632	(455 231, 496 947)
May	344 317	(326 605, 362 990)	492 271	(467 329, 518 544)
Jun	348 910	(329 380, 369 599)	501 673	(472 388, 532 773)
Jul	350 107	(329 051, 372 510)	515 014	(481 018, 551 414)
Ago	352 758	(330 177, 376 883)	532 105	(492 212, 575 231)
Sep	353 883	(329 946, 379 557)	540 938	(496 746, 589 061)
Oct	366 442	(340 400, 394 477)	558 386	(508 733, 612 884)
Nov	387 648	(358 839, 418 771)	569 969	(515 175, 630 592)
Dic	450 093	(415 248, 487 861)	584 416	(523 961, 651 845)

El efecto del descubrimiento de petróleo sobre esta serie es un ejemplo del efecto tipo (iii) mencionado en la introducción de este trabajo. Por otro lado, en referencia a la intervención III, no se evidenciaron cambios significativos en el VPM debido al establecimiento del IVA.

En el cuadro 9 se presentan los pronósticos del VPM obtenidos a partir del modelo 3.14.

Cuadro 9
Valores Pronosticados e Intervalos del 95% de Confianza para VPM

Mes	Pronóstico	Intervalo de confianza
Nov. '80	192.02	(178.09, 207.04)
Dic. '80	178.26	(165.20, 192.35)
Ene. '80	188.00	(173.47, 203.76)
Feb	185.42	(170.55, 201.58)
Mar	201.01	(184.30, 219.23)
Abr	193.90	(177.24, 212.12)
May	208.18	(187.00, 225.12)
Jun	199.57	(181.80, 219.09)
Jul	202.99	(184.47, 223.38)
Ago	202.31	(183.52, 223.02)
Sep	191.09	(190.04, 232.65)
Oct	210.26	
Nov	206.82	(185.36, 230.76)
Dic	191.20	(170.97, 213.82)

IV. Conclusiones

Una de las primeras conclusiones de este trabajo se refiere a la similitud de comportamiento de las series dentro de cada sector de información económica considerado: ambas series del sector precios presentan estacionaridad en la segunda diferencia del logaritmo, lo cual se puede traducir en que los incrementos mensuales de las tasas de crecimiento de los índices de precios presentan las condiciones adecuadas de equilibrio estocástico para ser modeladas mediante la técnica de Box-Jenkins; las series del sector financiero, así como la serie del sector producción, muestran efectos estacionales que se hacen evidentes en sus modelos respectivos, ya sea mediante diferencias estacionales o a través de la inclusión de parámetros asociados con retrasos de orden 12.

Con respecto al efecto de la devaluación sobre cada una de las series, es notorio que el mismo tipo de función de intervención sea requerido por los índices de precios para tener en cuenta tal efecto; es decir, la devaluación afectó de igual manera al IPC y al IPM, aunque con distinta intensidad.

Similarmente, el efecto mostrado por ambas series del sector financiero debido a la devaluación es básicamente de la misma naturaleza. La serie del indicador VPM, al pertenecer a otro sector, presenta características distintas a las series anteriores y la devaluación no parece afectarla en absoluto.

El hecho de que el gobierno haya dado a conocer el descubrimiento de petróleo no causó alteración alguna en las series estudiadas del sector precios, ni en las del sector financiero, pero si parece haber modificado el efecto estacional en la serie del sector producción.

El establecimiento del IVA pudo estudiarse únicamente en las series IPC, IPM y VPM. Respecto al IPC se observó una elevación en el nivel de la tasa de crecimiento; tocante al IPM, el cambio fue registrado como un mayor pronunciamiento en la tendencia de la tasa de crecimiento; el índice VPM por su parte no fue alterado por el IVA.

En lo que toca al aspecto metodológico del análisis de intervención, se propone una manera gráfica de identificación de funciones de intervención que, al menos en los casos aquí estudiados, parece dar buenos resultados. También se presenta una manera para corregir por sesgo los pronósticos obtenidos a través de los programas de computadora, cuando se ha utilizado la transformación logarítmica.

REFERENCIAS

1. Box, G.E.P. y Jenkins, G.M. (1970) The Series Analysis, Forecasting and Control; Holden Day.
2. Box, G.E.P. y Tiao, G.C. (1975) “Intervention Analysis with Applications to Economic and Environmental Problems”; Journal of the American Statistical Association 70, 70-79.
3. Vera, F.G. y Guerrero G.V.M. (1980) “Ajuste estacional de una serie de tiempo mediante el uso complementario de métodos tradicionales y la técnica de Box-Jenkins”; Documento No. 22-Series Documentos de Investigación, Subdirección de Investigación Económica.

APENDICES

APÉNDICE 1

Cuadro A.1

Funciones de Autocorrelación de las Series Estacionarias¹

Serie	$\nabla_1^2 \log(\text{IPC})$		$\nabla_1^2 \log(\text{IPM})$		$\nabla_1^2 \log(\text{M1})$		$\nabla_1^2 \log(\text{FPM})$		$\nabla_1^2 \log(\text{VPM})$	
Retraso No.	AC	De	AC	De	AC	De	AC	De	AC	De
1	-.28	.11	-.35	.07	-.21	.07	-.55	.07	-.57	.09
2	-.17	.11	-.01	.08	.00	.07	.13	.09	.08	.12
3	-.00	.12	-.22	.08	.14	.07	-.03	.09	.15	.12
4	-.11	.12	.12	.08	.01	.08	-.05	.09	-.25	.12
5	.09	.12	.02	.08	-.03	.08	-.05	.09	.16	.13
6	-0.3	.12	-.01	.08	.14	.08	.14	.09	-.05	.13
7	0.5	.12	.04	.08	.11	.08	-.14	.09	.00	.13
8	-.06	.12	-.06	.08	-.03	.08	.08	.09	-.17	.13
9	.03	.12	.01	.08	.01	.08	-.12	.09	.19	.13
10	.05	.12	-.03	.08	.05	.08	.09	.09	-.10	.13
11	.06	.12	-.03	.08	.06	.08	-.01	.10	-.03	.13
12	-.11	.12	.08	.08	-.37	.08	.14	.10	.25	.13
13	.01	.12	-.04	.08	.13	.09	-.12	.10	-.23	.14
14	-.14	.12	.05	.08	-.02	.09	-.01	.10	.11	.14
15	.08	.12	-.03	.08	-.04	.09	.11	.10	.08	.14
16	.07	.12	-.03	.08	-.05	.09	-.11	.10	-.24	.14
17	-.06	.12	.08	.08	.05	.09	-.03	.10	.30	.14
18	.10	.12	-.04	.09	-.16	.09	.08	.10	-.26	.15
19	-.09	.12	-.08	.09	-.04	.09	-.13	.10	.11	.15
20	-.02	.12	-.04	.09	.08	.09	.10	.10	-.04	.15
21	-.00	.12	.04	.09	-.06	.09	.03	.10	-.05	.15
22	-.03	.12	.01	.09	-.05	.09	-.09	.10	.06	.15
23	-.03	.12	-.01	.09	-.01	.09	.04	.10	-.12	.15
24	.03	.12	.05	.09	.00	.09	.08	.10	.24	.14

APÉNDICE 2

Gráficas de la Diferencia entre Valores Reales y Valores Pronosticados para Identificar Funciones de Intervención

La idea de hacer gráficas de los errores de pronóstico para identificar posibles funciones de intervención surge del siguiente argumento: si el modelo construido para representar a la serie desde su observación inicial hasta la observación previa a la intervención es adecuado, los pronósticos que de él se obtengan serán “razonablemente buenos”, en el sentido de que no divergirán significativamente de los valores reales. En consecuencia, los errores de pronóstico que difieran significativamente de los valores reales. En consecuencia, los errores de pronóstico que difieran significativamente de cero demostrarán que ocurrió algún fenómeno extraño al comportamiento histórico de la serie, y como se sabe que a partir del primer pronóstico podría observarse el efecto de la intervención en estudio, es lógico entonces atribuir a tal intervención la divergencia de cero del error de pronóstico.

Así pues, lo único necesario, además de graficar las diferencias entre los valores reales y los pronosticados, es dar una indicación de si dichas diferencias son o no significativamente distintas de cero. Para esto se utiliza el hecho de que el error del pronóstico ℓ , a partir del origen t , definido como

$$e_t(\ell) = \log(Z_{t+\ell}) - \hat{\log}(Z_t)(\ell)$$

sigue una distribución normal con media cero y varianza $\left(1 + \sum_{i=1}^{\ell-1} \psi_i^2\right) \sigma_a^2$; por lo tanto, límites de aproximadamente 95% de confianza para $e_t(\ell)$ estarán dados por

$$\pm 2\hat{\sigma}_e \pm 2\sqrt{1 + \sum_{i=1}^{\ell-1} \hat{\psi}_i^2} \hat{\sigma}_a$$

en donde las ponderaciones $\hat{\psi}_1, \hat{\psi}_2, \dots, \hat{\psi}_{\ell-1}$ y $\hat{\sigma}_a^2$ se obtienen de los listados de computadora producidos por el programa de estimación de modelos de Box-Jenkins que contiene el SIE.

En las gráficas expuestas a continuación, la línea continua corresponde al error de pronóstico $e_t(\ell)$, mientras que las líneas discontinuas muestran los límites $\pm 2\hat{\sigma}_e$. De esta manera, los errores de pronóstico que se encuentren fuera de $\pm 2\hat{\sigma}_e$ serán significativos y proporcionarán evidencia para

postular la forma funcional que podría describir a la intervención. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que los errores de pronóstico, para pronósticos hechos a partir del mismo origen, están positivamente correlacionados, por lo cual podría parecer que siguen cierto patrón, cuando en realidad no lo hacen. Así, la función sugerida por la gráfica no es necesariamente la definitiva y debe tenerse presente la idea de construcción de modelos como un proceso iterativo, de tal suerte que un primer intento de ajustar la función de intervención puede conducir a intentos posteriores quizá más fructíferos.

Gráfica IPC

Gráfica IPM

Gráfica MI

GRAFICA FPM

GRAFICA VPM

APÉNDICE 3

Funciones de Intervención para los Índices de Precios

En este apéndice se pretende mostrar explícitamente la forma adquirida por las funciones de intervención utilizadas en los índices de precios.

Para la serie de IPC se ajustaron las funciones de intervención

$$\varepsilon_{I,t} = \left(\frac{\omega_0 - \omega_1 B^3}{\nabla_1^2} \right) P_t^I \quad \text{y} \quad \varepsilon_{III,t} = \left(\frac{\omega_2}{\nabla_1} \right) P_t^{III}$$

en donde, para alguna T fija

$$P_T^t = \begin{cases} 1 & \text{si } t = T \\ 0 & \text{si } t \neq T \end{cases}$$

Dichas funciones pueden expresarse alternativamente como las ecuaciones en diferencia

$$\nabla_1^2 \varepsilon_{I,t} = \omega_0 P_t^I - \omega_1 P_t^{I+3} \quad \text{y} \quad \nabla_1 \varepsilon_{III,t} = \omega_2 P_t^{III}$$

las cuales, aunadas a la condición inicial de que $\varepsilon_{I,t} = 0$ para $t < I$ y $\varepsilon_{III,t} = 0$ para $t < III$, implican

$$\varepsilon_{I,t} = \begin{cases} 0, & \text{si } t < I \\ (t - I + 1)\omega_0, & \text{si } t = I, I + 1, I + 2 \\ 3\omega_1 + (t - I + 1)(\omega_0 - \omega_1), & \text{si } t \geq I + 3 \end{cases}$$

$$\varepsilon_{III,t} = \begin{cases} 0, & \text{si } t < III \\ \omega_2, & \text{si } t \geq III \end{cases}$$

Por lo tanto, debido a que el procedimiento de estimación produjo $\hat{\omega}_0=0.035$, $\hat{\omega}_1=0.023$ y $\hat{\omega}_2=0.030$, se obtienen las funciones de intervención mencionadas en el texto, cuyas gráficas se muestran más adelante.

Las funciones de intervención correspondientes a la serie de IPM fueron

$$\varepsilon_{I,t} = \left(\frac{\omega_0 - \omega_1 B^3}{\nabla_1^2} \right) P_t^I \quad \text{y} \quad \varepsilon_{III,t} = \left(\frac{\omega_2}{\nabla_1^2} \right) P_t^{III}$$

con los siguientes parámetros estimados: $\hat{\omega}_0=0.060$, $\hat{\omega}_1=0.047$ y $\hat{\omega}_2=0.013$. Como solución a las ecuaciones en diferencia respectivas, se obtienen las estimaciones

$$\varepsilon_{I,t} = \begin{cases} 0, & \text{si } t < I \\ (t - I + 1) 0.060, & \text{si } t = I, I + 1, I + 2 \\ 3(0.047) + (t - I + 1)(0.060 - 0.047), & \text{si } t \geq I + 3 \end{cases}$$

$$\varepsilon_{III,t} = \begin{cases} 0, & \text{si } t < III \\ (t - III + 1) 0.013, & \text{si } t \geq III \end{cases}$$

cuyas gráficas también se muestran a continuación.

Una vez construidas estas gráficas, puede ser útil compararlas con las gráficas respectivas del apéndice 2; en especial, se puede juzgar así la utilidad de construir gráficas, como se sugirió en ese apéndice para postular funciones de intervención.

GRAFICA IPC

GRAFICA IPM

APÉNDICE 4

Procedimiento para Corregir (Aproximadamente) el Sesgo de los Pronósticos para las Series Originales

De acuerdo con las propiedades de los modelos Box-Jenkins (Véase Box y Jenkins, 1970, capítulo 5), la observación de la serie $\log(Z)$ en el mes $t + \ell$ se puede expresar como una combinación lineal de los errores aleatorios $a_{t+\ell}$, $a_{t+\ell-1}$, $a_{t+\ell-2}$, ... es decir

$$\log(Z_{t+\ell}) = a_{t+\ell} + \psi_1 a_{t+\ell-1} + \psi_2 a_{t+\ell-2} + \dots,$$

en donde la variable ‘a’ sigue una distribución normal, de tal forma que $\log(Z_{t+\ell})$ tiene también una distribución normal. Además, se sabe que la media y la varianza de $\log(Z_{t+\ell})$ condicionadas en el conocimiento de todas las observaciones hasta el tiempo t , son $\hat{\log}(Z_t)(\ell)$ y $\left(1 + \sum_{i=1}^{\ell-1} \psi_i^2\right) \sigma_a^2$, respectivamente, en donde las ponderaciones $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_{\ell-1}$ guardan una relación estrecha con los parámetros del modelo para $\log(Z)$.

Con base en lo anterior, se utilizará el hecho de que $\exp\{\log(Z_{t+\ell})\}$ sigue una distribución lognormal; por tanto su valor esperado condicional es

$E(Z_{t+\ell}) = E[\exp\{\log(Z_{t+\ell})\}] = \exp\left\{\hat{\log}(Z_t)(\ell) + \frac{1}{2}\left(1 + \sum_{i=1}^{\ell-1} \psi_i^2\right) \sigma_a^2\right\}$, para deducir que un pronóstico aproximadamente insesgado de $Z_{T+\ell}$ (a partir de t) se obtiene como

$$\tilde{Z}_t(\ell) = \exp\{\hat{\log}(Z_t)(\ell)\} \bullet \exp\left\{\frac{1}{2}\left(1 + \sum_{i=1}^{\ell-1} \hat{\psi}_i^2\right) \hat{\sigma}_a^2\right\}$$

Multiplicando por el factor de corrección $\exp\left\{\frac{1}{2}\left(1 + \sum_{i=1}^{\ell-1} \hat{\psi}_i^2\right) \hat{\sigma}_a^2\right\}$, es posible también corregir el sesgo en los límites de confianza para el pronóstico “natural” $\exp\{\hat{\log}(Z_t)(\ell)\}$.

A manera de ilustración, se presenta en seguida una aplicación del procedimiento anterior para obtener los pronósticos de IPC. Como primer paso, del listado de resultados obtenido por computadora, se obtienen los pronósticos $\exp\{\text{l}\hat{\text{o}}\text{g}(IPC_t)(\ell)\}$ junto con los intervalos de confianza correspondientes y las ponderaciones $\hat{\psi}_1, \hat{\psi}_2, \dots, \hat{\psi}_{\ell-1}$ que se muestran en el cuadro A.2. Entonces se procede a calcular los factores de corrección que aparecen en el mismo cuadro y de ahí se obtienen los pronósticos corregidos que se muestran en el cuadro 7 del texto. Nótese que conforme ℓ crece, la varianza estimada del pronóstico, que es $\left(1 + \sum_{i=1}^{\ell-1} \hat{\psi}_i^2\right) \hat{\sigma}_a^2$, aumenta y por lo tanto el factor de corrección también tiende a ser mayor; es decir, mientras más alejado sea el pronóstico, mayor será el sesto que contenga si no se aplica la corrección.

Cuadro A.2

Calculo de Pronósticos Insesgados para IPC (a partir de noviembre de 1980).

ℓ	Pronóstico $\exp\{\text{l}\hat{\text{o}}\text{g}(IPC_t)(\ell)\}$	Intervalo del 95% de confianza	Ponderación $\hat{\psi}_{\ell-1}$	Factor de corrección $\exp\left\{\frac{1}{2}\left(1 + \sum_{i=1}^{\ell-1} \hat{\psi}_i^2\right) \hat{\sigma}_a^2\right\}$
1	164.2017	(162.2795, 166.1466)	1	1.000018
2	167.0581	(163.9227, 170.2534)	1.2605	1.000047
3	169.9642	(165.5902, 174.4538)	1.5210	1.000088
4	172.9209	(167.2300, 178.8053)	1.7815	1.000146
5	175.9290	(168.8268, 183.3299)	2.0420	1.000221
6	178.9894	(170.3747, 188.0397)	2.3025	1.000317
7	182.1031	(171.8713, 192.9439)	2.5630	1.000435
8	185.2709	(173.3158, 198.0506)	2.8235	1.000579
9	188.4938	(174.7081, 203.3673)	3.0840	1.000751
10	191.7728	(176.0484, 208.9017)	3.3445	1.000953
11	195.1089	(177.3371, 214.6616)	3.6050	1.001188
12	198.5029	(178.5746, 220.6552)	3.8655	1.001458
13	201.9561	(179.7614, 226.8911)	4.1260	1.001766

BANCO DE MÉXICO, S.A.
SUBDIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN ECONÓMICA
Serie de Documentos de Investigación

1. ESTRUCTURA FINANCIERA Y EXPERIENCIA CAMBIARIA: MÉXICO 1954-1977. Guillermo Ortiz. Octubre, 1978.
2. EL FINANCIAMIENTO DEL GASTO PÚBLICO EN UNA ECONOMÍA EN CRECIMIENTO: EL CASO DE MÉXICO. Alain Ize. Noviembre, 1978.
3. ALGUNOS ASPECTOS DEL ENDEUDAMIENTO PÚBLICO EXTERNO EN MÉXICO. Ernesto Zedillo. Diciembre, 1978.
4. UNA APLICACIÓN DEL MODELO BAYESIANO DE DECISIÓN EN EL ANÁLISIS DE FUNCIONES DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA. Héctor E. González Méndez. Diciembre, 1978.
5. POLÍTICA MACROECONÓMICA EN EL CORTO PLAZO: UNA RESEÑA. Alain Ize. Marzo, 1979.
6. ESTUDIOS DE MONEDA Y BANCA Y POLÍTICA MONETARIA SOBRE MÉXICO: SELECCIÓN BIBLIOGRÁFICA DE 1943 A 1978. Abril, 1979.
7. COMERCIO EXTERIOR MÉXICO-ESTADOS UNIDOS: PROBLEMAS DE COMPARABILIDAD ESTADÍSTICA. Jorge Carriles Rubio. Mayo, 1979.
8. EXPLOTACIÓN ÓPTIMA DE RESERVAS PETROLERAS EN UN CONTEXTO MACROECONÓMICO. José Córdoba. Mayo, 1979.
9. ASPECTOS DEFLACIONARIOS DE LA DEVALUACIÓN DEL PESO MEXICANO de 1976. José Córdoba y Guillermo Ortiz. Mayo, 1979.
10. EXTRACCIÓN ÓPTIMA DE PETRÓLEO Y ENDEUDAMIENTO EXTERNO: EL CASO DE MÉXICO. Ernesto Zedillo. Junio, 1979.
11. IMPUESTOS DIRECTOS: PROGRESIVIDAD ÓPTIMA. Jesús Seade. Septiembre, 1979.
12. OPCIONES DE POLÍTICA ECONÓMICA 1979-1982. Sócrates Rizzo y Leopoldo Solís. Septiembre, 1979.
13. INTERMEDIARIOS FINANCIEROS Y MERCADOS IMPERFECTOS DE CAPITAL. Guillermo Ortiz. Septiembre, 1979.
14. ESTIMACIONES DE EQUILIBRIO GENERAL DE LOS EFECTOS DE LAS DISTORSIONES EN LOS MERCADOS DE FACTORES: EL CASO DE MÉXICO. José J. Sidaoui y Richard H. Sines. Octubre, 1979.
15. UN ANÁLISIS DE LA INFLACIÓN EN MÉXICO. Alain Ize. Octubre, 1979.

16. ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DEL CAMBIO EXTRUCTURAL CON UN MODELO DE EQUILIBRIO GENERAL, 1970-75. José J. Sidaoui y Richard H. Sines. Enero, 1980.
17. TIPOS DE CAMBIO FLOTANTES Y DESLIZ CAMBIARIO: LAS EXPERIENCIAS DE ALGUNOS PAÍSES EN DESARROLLO. Guillermo Ortíz y Leopoldo Solís. Enero, 1980.
18. UN MODELO DE INFLACIÓN Y CRECIMIENTO EN UNA ECONOMÍA CAPITALISTA EN DESARROLLO. Alain Ize. Enero, 1980.
19. CRECIMIENTO E INFLACIÓN: ALTERNATIVAS CAMBIARIAS PARA MÉXICO. Guillermo Ortíz y Leopoldo Solís. Febrero, 1980.
20. COMPORTAMIENTO D ELLA CAPTACIÓN BANCARIA EN MÉXICO. Héctor E. González Méndez. Mayo, 1980.
21. LA ENCUESTA DE TURISMO RECEPTIVO. REPORTE METODOLÓGICO. Alberto Vargas Aguayo. Junio, 1980.
22. AJUSTE ESTACIONAL DE UNA SERIE DE TIEMPO MEDIANTE EL USO COMPLEMENTARIO DE MÉTODOS TRADICIONALES Y LA TÉCNICA DE BOX-JENKINS. Gabriel Vera Ferrer y Víctor M. Guerrero. Julio, 1980.
23. DISTRIBUCIÓN DEL FINANCIAMIENTO OTORGADO POR EL SISTEMA BANCARIO MEXICANO A LA BANCA PRIVADA Y MIXTA. Víctor M. Guerrero y Gabriel Vera Ferrer. Julio, 1980.
24. LA MIGRACIÓN INDOCUMENTADA A ESTADOS UNIDOS: UN NUEVO ENFOQUE. Juan Díez Canedo. Julio, 1980.
25. UN MODELO FINANCIERO DE DESEQUILIBRIO A CORTO PLAZO PARA LA ECONOMÍA MEXICANA. Alain Ize. Julio, 1980.
26. ESTIMACIÓN DE LA FUNCIÓN DE IMPORTACIONES PARA MÉXICO. Javier Salas. Agosto, 1980.
27. UNA ALTERNATIVA PARA LA MEDIA ARITMÉTICA EN EL CÁLCULO DE PROMEDIOS SIMPLES DE RELATIVOS DE PRECIOS: LA MEDIA GEOMÉTRICA. Gabriel Vera Ferrer y Víctor M. Guerrero. Agosto, 1980.
28. LA DEMANDA DE DINERO EN MÉXICO: PRIMERAS ESTIMACIONES. Guillermo Ortíz. Septiembre, 1980.
29. ECONOMÍAS DE ESCALA Y CONCENTRACIÓN BANCARIA: EL CASO DE MÉXICO. Héctor E. González Méndez. Octubre, 1980.
30. LA ESTABILIDAD DE LA DEMANDA DE DINERO EN MÉXICO. Guillermo Ortíz. Noviembre, 1980.

31. EL TAMAÑO DE LA FAMILIA Y LA DISTRIBUCIÓN DEL INGRESO EN MÉXICO: EN ENSAYO EXPLORATORIO. Gabriel Vera Ferrer. Diciembre 1980.
32. PROMEDIOS PARAMÉTRICOS: SU SELECCIÓN Y EMPLEO EN LA DETERMINACIÓN DE INDICES DE PRECIOS. Víctor M. Guerrero. Enero, 1981.
33. UNA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE INTERVENCIÓN A SERIES DE TIEMPO DE LA ECONOMÍA MEXICANA. Víctor M. Guerrero y Gabriel Vera Ferrer. Marzo, 1981.