Documento No. 49

El Proceso Inflacionario en México
Teoría y Aplicaciones del Análisis de Intervención

por

Víctor M. Guerrero

Julio, 1982

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

El Proceso Inflacionario en México
Teoría y Aplicaciones del Análisis de Intervención
por
Víctor M. Guerrero

I) Análisis de Intervención: Teoría

La técnica de análisis de intervención que aquí se discutirá está basada en el trabajo de Box y Tiao¹. Una intervención puede interpretarse como la ocurrencia de un evento exógeno al comportamiento histórico de la variable en estudio; tal intervención podría ser un cambio en política económica como los ocurridos con las devaluaciones de la moneda mexicana en septiembre de 1976 y en febrero de 1982, o la inclusión de nuevas políticas fiscales, como podría ser el establecimiento del Impuesto sobre el Valor Agregado (IVA) en enero de 1981.

Supóngase que se cuenta con el registro cronológico de una variable Z , registro conocido como serie de tiempo y denotado por $\{Z_1, Z_2, \dots, Z_N\}$ o simplemente por $\{Z_t\}$. De hecho, la información por analizar en este capítulo se presenta como series de tiempo mensuales; además, la metodología del análisis de intervención presentado más adelante se basa en la estrategia más eficiente que se conoce para construir modelos de series de tiempo, esto es, la de Box y Jenkins².

El método de Box y Jenkins es en realidad un proceso iterativo de construcción de modelos que consta de las siguientes etapas: identificación del modelo, estimación de los parámetros involucrados y verificación de los supuestos en que se fundamenta el modelo; dichas etapas se repiten tantas veces como sea necesario hasta que la verificación indique una satisfacción aproximada de los supuestos; entonces se tiene ya construido un modelo para la serie de tiempo que es útil ya sea pronosticar, para simular o para explicar el comportamiento de la variable en estudio. Dentro de la primera etapa del método Box y Jenkins, importa notar que se supone que la serie es estacionaria³; 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

¹ Véase Box y Tiao (1975).

² Véase Box y Jenkins (1976).

³ Esta propiedad permite describir y estudiar a la serie a través de unos cuantos parámetros, a saber: la media, la varianza y las autocovarianzas.

del tiempo. Para garantizar varianza aproximadamente constante de una serie, puede utilizarse un procedimiento derivado de las aproximaciones de Bartlett⁴ que permite determinar una transformación de los datos del tipo de tal manera que la serie transformada $T(Z_t)$ muestre varianza aproximadamente constante⁵.

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

Por su parte, la metodología del 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 fenómeno de interés; luego se construye un modelo, mediante el método de Box y Jenkins, para representar a la serie durante el periodo que comprenda a la observación considerada como inicial y a 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 dinámico de dicha 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 del modelo previamente determinado; por último se verifica que se satisfagan los supuestos del modelo completo.

Es necesario considerar que los efectos causados directamente por la intervención de fenómenos exógenos al comportamiento de una variable al paso del tiempo, pueden ser de naturaleza muy variada. Si se piensa que la serie de tiempo (estacionaria) está constituida por dos partes fundamentales: una determinista que representa el nivel de la serie y otra estocástica que produce las fluctuaciones alrededor de dicho nivel, es posible distinguir tres tipos de efectos: (i) aquéllos que se dejan sentir como una elevación o una caída momentánea del nivel y que desaparecen sin influir sobre el comportamiento posterior de la serie; (ii) los que ejercen una influencia sostenida (no momentánea) sobre el nivel de la serie, pero dejan prácticamente intacta la estructura básica de su parte estocástica; y (iii) los efectos que, independientemente de influir o no sobre la parte determinista, sí alteran la estructura de la parte estocástica. Las intervenciones que causan los efectos del tipo (i) y (ii) ejemplificados gráficamente en la figura 4.1 son los que, de manera ortodoxa, pueden estudiarse mediante el análisis de intervención, mientras que las intervenciones causantes de efectos del tipo (iii)

⁴ Véase Bartlett (1947).

⁵ Un ejemplo del uso de este procedimiento aparece en Vera y Guerrero (1981).

requerirán otro tipo de análisis de intervención, quizá un tanto ad-hoc para estudiar la serie correspondiente.

Figura 4.1
Gráfica de (a) Efecto tipo (i) y (b) Efecto tipo (ii) sobre $\{Z_t\}$

El análisis de intervención puede verse como una extensión del análisis de procesos ARIMA⁶, ya que un modelo que contenga los efectos de una intervención puede expresarse como:

$$Z_t - \mu = \varepsilon_{I,t} + N_t \quad (2)$$

Donde N_t es un modelo ARIMA que representa a la parte estocástica de la serie y el cual se formula en términos de polinomios de retraso de la manera siguiente:

$$\phi(B)\nabla^d N_t = \theta(B)a_t \quad (3)$$

Aquí se tiene:

$$\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p \quad (4)$$

$$\nabla^d = (1 - B)^d \quad (5)$$

⁶ Léase Autorregresivos (AR), Integrados (I) y de Promedios Móviles (MA). Estos procesos son los que estudian Box y Jenkins (1976).

y

$$\theta(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q \quad (6)$$

Con las letras griegas ϕ_1 hasta ϕ_p que representa parámetros autorregresivos, y θ_1 hasta θ_q , parámetros de promedios móviles, mientras que B representa al operador de retraso que cumple con:

$$B^k Z_t = Z_{t-k} \quad \text{para } k = 0, 1, \dots \text{ y } t = k, k+1, \dots \quad (7)$$

∇^d es el operador diferencia definido mediante

$$\nabla^k Z_t = \sum_{j=0}^k \frac{k!}{j!(k-j)!} (-1)^j Z_{t-j} \quad \text{para } k = 0, 1, \dots \text{ y } t = k-1, k, \dots \quad (8)$$

Por su lado, el término a_t de (3) 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 .

Además, en la expresión (2) aparecen μ y $\varepsilon_{i,t}$ que representan respectivamente a la media de la serie, o sea

$$E(Z_t) = \mu \quad (9)$$

y a la función de intervención.

Dicha función de intervención debe ser tal que permita apreciar los cambios ocurridos en la serie, no tan solo en el momento que ocurrió la intervención, sino también los que se dieron posteriormente a causa de ella, es decir, se requiere que $\varepsilon_{I,t}$ sea en realidad un Modelo Dinámico de la Intervención.

El comportamiento de una variable Z_t , observada en una escala de tiempo “discreta” (o sea que t solo toma los valores enteros $\dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots$) está dictado por las diferencias.

$$\nabla Z_t, \nabla^2 Z_t, \dots, \nabla^k Z_t, \dots \quad (10)$$

de manera similar a lo que ocurre si la variable $Z(t)$ se observa en el tiempo “continuo”, ya que ahí las derivadas

$$\frac{dZ}{dt}, \frac{d^2 Z}{dt^2}, \dots, \frac{d^k Z}{dt^k}, \dots \quad (11)$$

determinarían el comportamiento de la variable. Debido a esto, la función $\varepsilon_{I,t}$ se especificará, de manera general, en términos de ecuaciones en diferencia⁷.

Con el fin de lograr la especificación de $\varepsilon_{I,t}$, es conveniente hacer uso de la Función de Pulso definida por

$$P_{I,t} = \begin{cases} 1 & \text{si } t = I \\ 0 & \text{si } t \neq I \end{cases} \quad (12)$$

en donde I denota al momento en el que ocurrió la intervención. Dada esta función, es entonces razonable suponer que $\varepsilon_{I,t}$ pueda satisfacer una ecuación del tipo

$$(1 - \delta_1 B - \delta_2 B^2 - \dots - \delta_r B^r) \varepsilon_{I,t} = (\omega_0 - \omega_1 B - \omega_2 B^2 - \dots - \omega_s B^s) P_{I,t} \quad (13)$$

cuya solución específica dependerá de la condición

$$\varepsilon_{I,t} = 0 \quad \text{para } t < I \quad (14)$$

⁷ Una excelente exposición de operadores de retraso y ecuaciones en diferencia es proporcionada en Sargent (1979, Cap. IX). Véase también Chiang (1967, Cap. 16).

la cual, lo único que indica, es que antes de ocurrir la intervención no pueden existir efectos causados por ella. Por ejemplo, si $r=1$ y $s=1$ en (13), se tendría

$$\varepsilon_{I,t} = \delta_1 \varepsilon_{I,t-1} + \omega_0 P_{I,t} - \omega_1 P_{I,t-1} \quad (15)$$

que conduce explícitamente a

$$\begin{aligned} \varepsilon_{I,I} &= \omega_0 \\ \varepsilon_{I,I+1} &= \delta_1 \omega_0 - \omega_1 \\ \varepsilon_{I,I+2} &= \delta_1^2 \omega_0 - \delta_1 \omega_1 \\ &\vdots \\ \varepsilon_{I,I+m} &= \delta_1^m \omega_0 - \delta_1^{m-1} \omega_1 \end{aligned} \quad (16)$$

o sea

$$\varepsilon_{I,t} = \begin{cases} 0 & \text{si } t < I \\ \omega_0 & \text{si } t = I \\ \delta_1^{t-I} \omega_0 - \delta_1^{t-I-1} \omega_1 & \text{si } t > I \end{cases} \quad (17)$$

Ahora bien, es lógico suponer que conforme pasa el tiempo, el efecto de la intervención tienda a desaparecer, esto ocurre en el ejemplo anterior si se pide que $|\delta_1| < 1$ y, de manera general, el requisito respecto a la expresión (13) es que las raíces de la ecuación

$$1 - \delta_1 x - \delta_2 x^2 - \dots - \delta_r x^r = 0 \quad (18)$$

se encuentren fuera del círculo unitario. A partir del modelo (13) se podría postular todavía un modelo dinámico más general que considere raíces unitarias para el polinomio de retraso que opera sobre $\varepsilon_{I,t}$, de tal forma que se tenga

$$\delta(B)\nabla^b \varepsilon(B)P_{I,t} \quad (19)$$

con

$$\delta(B) = 1 - \delta_1 B - \delta_2 B^2 - \dots - \delta_r B^r \quad (20)$$

y

$$\omega(B) = \omega_0 - \omega_1 B - \omega_2 B^2 - \dots - \omega_s B^s \quad (21)$$

la expresión (19) representa entonces al Modelo Dinámico General de la Intervención ocurrida en el tiempo I. Por consiguiente, el modelo (2) para la serie que incluye la intervención, se convierte en

$$z_t = \frac{\omega(B)}{\delta(B)\nabla^b} P_{I,t} + \frac{\theta(B)}{\phi(B)\nabla^d} a_t \quad \text{con} \quad z_t = z_t - \mu \quad (22)$$

Algunos casos particulares de (19), que se consideran de importancia por su utilidad práctica, son los que aparecen en el cuadro 4.1.

En la figura 4.2 se muestran las gráficas correspondientes a cada uno de los modelos considerados en el cuadro 4.1, estas gráficas sirven para identificar un modelo que pueda representar los efectos esperados de la intervención; por ejemplo, supóngase que el efecto esperado de la intervención es un cambio en el nivel de la serie después de un periodo de retraso, entonces un modelo apropiado podría ser $\nabla \varepsilon_{I,t} = (-\omega_1 B)P_{I,t}$ mostrado en la figura 4.2 (d), pero con $\omega_0 = 0$. De igual manera, si el efecto esperado es un cambio gradual en el nivel de la serie, el modelo a ensayar sería $(1 - \delta B)\nabla \varepsilon_{I,t} = \omega P_{I,t}$ que aparece en la figura 4.2 (f). Por último, si se prevé un cambio en la pendiente, sería razonable proponer a $\nabla^2 \varepsilon_{I,t} = \omega P_{I,t}$ que aparece en la figura 4.2 (h) como modelo tentativo.

Cuadro 4.1
Casos Particulares del Modelo Dinámico General

Ordenes de los Operadores (r,b,s)	Modelo Dinámico (Implícito)	Modelo Explícito
(0,0,1)	$\varepsilon_{I,t} = (\omega_0 - \omega_1 B)P_{I,t} \quad \varepsilon_{1,t} = \begin{cases} 0 \\ \omega_0 \\ -\omega_1 \end{cases}$	si $t \neq I, I+1$ si $t = I$ si $t = I+1$
(0,1,0)	$\nabla \varepsilon_{I,t} = \omega P_{I,t} \quad \varepsilon_{1,t} = \begin{cases} 0 \\ \omega \end{cases}$	si $t < I$ si $t \geq I$
(1,0,0)	$(1 - \delta B)\varepsilon_{I,t} = \omega P_{I,t} \quad \varepsilon_{1,t} = \begin{cases} 0 \\ \delta^{t-I} \omega \end{cases}$	si $t < I$ si $t \geq I$
(0,1,1)	$\nabla \varepsilon_{I,t} = (\omega_0 - \omega_1 B)P_{I,t} \quad \varepsilon_{1,t} = \begin{cases} 0 \\ \omega_0 \\ \omega_0 - \omega_1 \end{cases}$	si $t < I$ si $t = I$ si $t > I$
(1,0,1)	$(1 - \delta B)\varepsilon_{I,t} = (\omega_0 - \omega_1 B)P_{I,t} \quad \varepsilon_{1,t} = \begin{cases} 0 \\ \omega_0 \\ \delta^{t-I} \omega_0 - \delta^{t-I-1} \omega_1 \end{cases}$	si $t < I$ si $t = I$ si $t > I$

Cuadro 4.1
(Continuación)

Ordenes de los Operadores (R,B,S)	Modelo Dinámico (Implícito)	Modelo Explícito
		si $t < I$
(1,1,0)	$(1 - \delta B)\nabla \varepsilon_{I,t} = \omega P_{I,t}$ $\varepsilon_{1,t} = \begin{cases} 0 \\ \sum_{i=0}^{t-I} \delta^i \omega \end{cases}$	si $t \geq I$
		si $t < I$ si $t = I$ si $t > I$
(1,1,1)	$(1 - \delta B)\nabla \varepsilon_{I,t} = (\omega_0 - \omega_1 B)P_{I,t}$ $\varepsilon_{1,t} = \begin{cases} 0 \\ \omega_0 \\ \delta^{t-I} \omega_0 + \sum_{i=0}^{t-I-1} \delta^i (\omega_0 - \omega_1) \end{cases}$	
		si $t < I$
(0,2,0)	$\nabla^2 \varepsilon_{I,t} = \omega P_{I,t}$ $\varepsilon_{1,t} = \begin{cases} 0 \\ (t - I + 1)\omega \end{cases}$	si $t \geq I$

Figura 4.2

Gráfica de los modelos: (a) $\varepsilon_{I,t} = (\omega_0 - \omega_1 B)P_{I,t}$ (b) $\nabla \varepsilon_{I,t} = \omega P_{I,t}$ (c) $(1 - \delta B)\varepsilon_{I,t} = \omega P_{I,t}$

Y (d) $\nabla \varepsilon_{I,t} = (\omega_0 - \omega_1 B)P_{I,t}$

Figura 4.2 (continuación)

Gráficas de los modelos: (e) $(1 - \delta B)\varepsilon_{I,t} = (\omega_0 - \omega_1 B)P_{I,t}$ (f) $(1 - \delta B)\nabla \varepsilon_{I,t} = \omega P_{I,t}$

(g) $(1 - \delta B)\nabla \varepsilon_{I,t} = (\omega_0 - \omega_1 B)P_{I,t}$ y (h) $\nabla^2 \varepsilon_{I,t} = \omega P_{I,t}$

En la práctica, Box y Tiao sugieren que la forma específica del modelo sea propuesta a priori, con base en el conocimiento teórico que se tenga de la serie en estudio; sin embargo, en muchas ocasiones el conocimiento teórico puede ser muy limitado y por consiguiente será necesario postular varios modelos dinámicos alternativos. Otra posibilidad, ejemplificada más adelante, consiste en comparar las divergencias entre valores pronosticados y valores observados de la serie para un intervalo de observaciones posteriores a la intervención.

Conviene subrayar el supuesto, implícito en la metodología del análisis de intervención, de que el modelo para la parte estocástica no se ve alterado por los efectos de la intervención, o sea que el modelo no cambia.

II) Análisis de Intervención: Práctica

La metodología descrita previamente es utilizada en la presente sección para estudiar y cuantificar los efectos que algunas decisiones gubernamentales han tenido sobre la inflación en México. En particular existía la necesidad de analizar las repercusiones que tuvieron: las devaluaciones de la moneda (anunciadas el 1° de septiembre de 1976 y el 17 de febrero de 1982); 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 el establecimiento del impuesto sobre el valor agregado (IVA) a partir del 1° de enero de 1980. Un segundo objetivo del análisis es construir modelos de pronóstico para la inflación.

Las series⁸ por analizar son:

1. Índice General de Precios al Mayoreo en la Ciudad de México (IPM).
2. Índice General de Precios al Consumidor a nivel Nacional (IPC).

Y a las ocho subseries de IPC correspondientes a la clasificación “Por Objeto del Gasto” que maneja el Banco de México S.A., o sea:

3. Alimentos, bebidas y tabaco (IPC1)
4. Prendas de vestir, calzado y accesorios (IPC2)

⁸ Cabe hacer notar que el Banco de México, S.A. obtiene la información sobre cada una de estas variables mediante la Oficina de Precios y la pone a disposición de los usuarios en forma de series mensuales a través de la Oficina de Divulgación, correspondientes ambas oficinas a la Subdirección de Investigación Económica del Banco.

5. Arriendos brutos, combustible y alumbrado (IPC3)
6. Muebles, accesorios, enseres domésticos y cuidado de la casa (IPC4)
7. Servicios médicos y conservación de la salud (IPC5)
8. Transportes y comunicaciones (IPC6)
9. Educación, esparcimiento y diversiones (IPC7)
10. Otros bienes y servicios (IPC8)

Como un primer paso en el análisis se buscó una transformación estabilizadora de varianza, del tipo (1) para cada una de las series. Sin embargo, 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 compromiso 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^9 que variaba entre 0.75 y 2.00 como se aprecia en el cuadro 4.2. Por otro lado, se pensó que la máxima interpretabilidad podía lograrse con $\delta=0$, es decir, con la serie original; por tanto se decidió utilizar $\delta=1$, lo cual implica trabajar con el logaritmo de las variables (de esta manera se intentó lograr una varianza más constante que en la escala original, sin temor de que hubiese mucha pérdida en lo que correspondía a interpretación).

Cuadro 4.2
Valores Estimados de δ para las Series en Estudio

Serie	IPM	PIC	IPC1	IPC2	IPC3	IPC4	IPC5	IPC6	IPC7	IPC8
δ Estimada	2.00	1.40	1.20	1.50	1.65	1.40	1.65	0.75	1.55	1.45

Para satisfacer el requisito del nivel medio constante de la serie¹⁰, 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 para estabilizar la varianza, se concluyó que las series por analizar debían ser las mostradas en el cuadro 4.3.

⁹ Véase la expresión (1)

¹⁰ Este requisito está implícito en el supuesto de estacionariedad de la serie.

En las figuras 4.3 y 4.4 se muestran las gráficas de las series originales y las series estacionarias de $\{IPM_t\}$ y de $\{IPC_t\}$.

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. Los modelos estimados, así como los intervalos de confianza para los parámetros y otra información pertinente para juzgar la bondad de los ajustes obtenidos, se presentan en el cuadro 4.4.

Cuadro 4.3

Series Estacionarias por Analizar¹¹

Serie Original $\{Z_t\}$	Serie Estacionaria $\{w_t\}$
$Z_t = IPM_t, IPC_t, IPC1_t, IPC2_t, IPC3_t,$ $IPC4_t, IPC5_t,$	$w_t = \nabla^2 \log(Z_t)$
$Z_t = IPC6_t, IPC8_t$	$w_t = \nabla \log(Z_t)$

¹¹ Estas son las series estacionarias hasta el mes de agosto de 1976; para periodos más largos se presentan cambios en las series IPC3 e IPC5.

Figura 4.3

(a) Serie Original $\{IPM_t\}$ (b) Serie Estacionaria $\{\nabla^2 \log(IPM_t)\}$

Figura 4.4

(a) Serie Original $\{IPC_t\}$ (b) Serie Estacionaria $\{\nabla^2 \log(IPC)\}$

Cuadro 4.4
Resultados de la Estimación de Modelos para el Periodo
Previo a la Devaluación de 1976

Serie w_t	Periodo (Mes, Año)	Modelo	Parámetros estimados	Intervalo de 95% de confianza	$\hat{\mu}_a$	Estadística Q, ¹² grados de libertad
$\nabla^2 \log(IPM_t)$	De 01, '61	$(1 - \phi B)w_t = (1 - \theta_1 B^2 - \theta_2 B^3)a_t$	$\hat{\phi} = -.64$ $\hat{\theta}_1 = .55$ $\hat{\theta}_2 = .23$	(-.79, -.49) (.40, .70) (.09, .37)	.0071	21.17, 21
$\nabla^2 \log(IPC_t)$	a 08, '76	$(1 - \phi B)w_t = (1 - \theta B)a_t$	$\hat{\phi} = .31$ $\hat{\theta} = .83$	(.03, .59) (.67, .99)	.0057	9.09, 22
$\nabla^2 \log(IPC1_t)$	01, '69	$w_t = (1 - \theta B)(1 - \theta B^6)a_t$	$\hat{\theta} = .77$ $\hat{\theta} = -.29$	(.63, .91) (-.50, -.08)	.0091	13.63, 22
$\nabla^2 \log(IPC2_t)$	08, '76	$w_t = (1 - \theta B)a_t$	$\hat{\theta} = .87$	(.77, .96)	.0099	14.65, 23
$\nabla^2 \log(IPC3_t)$	01, '69	$w_t = (1 - \theta B)a_t$	$\hat{\theta} = .96$	(.95, .97)	.0099	18.90, 23
$\nabla^2 \log(IPC4_t)$	08, '76	$w_t = (1 - \theta B)a_t$	$\hat{\theta} = .74$	(.59, .88)	.0055	22.43, 23
$\nabla^2 \log(IPC5_t)$	01, '69	$w_t = (1 - \theta B)a_t$	$\hat{\theta} = .94$	(.90, .98)	.0099	15.35, 23
$\log(IPC6_t)$	08, '76	$(1 - \phi B^{11})w_t = a_t$	$\hat{\phi} = .44$	(.24, .65)	.0270	8.11, 23
$\nabla^2 \log(IPC7_t)$	01, '69	$(1 - \phi B^{12})w_t = (1 - \theta B)a_t$	$\hat{\phi} = .32$ $\hat{\theta} = .75$	(.09, .56) (.59, .90)	.0069	20.03, 22
$\nabla \log(IPC8_t)$	08, '76	$(1 - \phi B)w_t = \theta_0 + a_t$	$\hat{\phi} = .36$ $\hat{\theta}_0 = .005$	(.17, .56) (.003, .007)	.0075	12.82, 22

¹² El valor de Q debe compararse con valores de tablas de una distribución 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 distintos de 0 (y de 1 en algunos casos)¹³ se consideró que los modelos eran representaciones adecuadas y se estuvo en condiciones de pasar a identificar las funciones para la intervención I (la devaluación de 1976). 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 el valor real y el pronosticado con el modelo del cuadro 4.4, proporcionó la indicación acerca del tipo de función que debía postularse para cada serie; el procedimiento de construcción de gráficas, así como las gráficas para las series IPM e IPC se muestran en el Apéndice A4.1 Por ejemplo, en la gráfica correspondiente a IPM se observó que los errores de pronóstico eran significativamente distintos de cero; asimismo se apreciaron dos aparentes tendencias lineales; la primera bastante pronunciada que parte del origen (agosto, 1976) y culmina en el tercer pronóstico (noviembre, 1976) y la segunda, menos pronunciada, que va del tercer pronóstico en adelante; este hecho condujo a postular la siguiente función de intervención para $\{\log(IPM_t)\}$:

$$\nabla^2 \varepsilon_{I,t} = (\omega_0 - \omega_1 B^3) P_{I,t}^{14} \quad (23)$$

en donde el índice I denota, en este caso, tanto al mes en que ocurrió la primera intervención, o sea, septiembre de 1976, como al hecho de que ésta es la intervención I.

Mediante el procedimiento anterior, se postularon modelos que fuesen válidos hasta el mes previo al segundo trimestre de 1978 (que es cuando esperaba verse el efecto producido por las noticias de los descubrimientos de petróleo), dichos modelos consideraban entonces tanto a la función de intervención correspondiente a la devaluación como al modelo para la parte estocástica.

Posteriormente, así como se determinaron funciones de intervención, mediante gráficas de los errores de pronósticos, para tener en cuenta la devaluación de la moneda, así también se realizaron gráficas para visualizar los posibles efectos causados por el descubrimiento del petróleo (intervención II), pero

¹³ De no ser así, la estructura del modelo cambiaría.

¹⁴ Véase la figura 4.2(h).

no se detectó ninguna variación significativa en los errores de pronóstico correspondientes¹⁵. No obstante lo anterior, se intentó, sin éxito, el ajuste de diversas funciones de intervención para hacer explícito el fenómeno; esto es atribuible a que la influencia del descubrimiento de petróleo sobre las series en estudio fue prácticamente nula, o al menos no significativa, estadísticamente hablando. Por consiguiente, en el cuadro 4.5, que presenta los resultados de la estimación de modelos para el periodo que cubre desde el inicio hasta el mes de diciembre de 1979, solamente aparece el efecto de la intervención I, pero no el de la intervención II, puesto que no se detectó ningún efecto causado por el descubrimiento del petróleo.

En el cuadro 4.5 comienzan a notarse ya ciertos aspectos interesantes, como es el que la función (23) proporciona una representación adecuada para los efectos causados por la devaluación de 1976 en todas las series en estudio, excepto en IPC3 (Arriendos brutos, combustible y alumbrado), en cuyo caso no se detectó ningún efecto significativo de la intervención, sobre la parte determinista¹⁶, sino que se observó un efecto sobre la parte estocástica; por su lado, la serie IPC5 (Servicios Médicos) presenta evidencia de efectos sobre ambas partes de la serie, la determinista y la estocástica. Es interesante notar que en estas dos series aparecen efectos estacionales que se reflejan en parámetros autorregresivos asociados con retrasos de orden 12, además de que, en lugar de una 2ª diferencia, a la vez que un parámetro de tendencia determinista (θ_0).

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 de las series IPM e IPC también se pueden ver en el Apéndice A4.1.

¹⁵ Véanse por ejemplo, las gráficas de IPM e IPC en el Apéndice A4.1.

¹⁶ Recuérdese que para llevar a cabo un análisis ortodoxo de intervención se requiere que el modelo, para la parte estocástica, no cambie con el transcurso del tiempo.

Cuadro 4.5
Resultados de la Estimación de Modelos con Intervención I y II

Serie w_t	Periodo (Mes, Año)	Modelo	Parámetros estimados	Intervalo de 95% de confianza	$\hat{\mu}_a$	Estadística Q, grados de libertad
$\log(IPM_t)$	De 01, '61 A 12, '79	$T(Z_t) = \left\{ \frac{\omega_0 - \omega_3 B^3}{\nabla^2} \right\} P_{I,t} + N_t$ $(1 - \phi B) \nabla^2 N_t = (1 - \theta_1 B^2 - \theta_2 B^3) a_t$	$\hat{\phi} = -.62$ $\hat{\theta}_1 = .59$ $\hat{\theta}_2 = .21$ $\hat{\omega}_0 = .059$ $\hat{\omega}_1 = .050$	$(-.75, -.48)$ $(.46, .72)$ $(.09, .33)$ $(.047, .042)$ $(.038, .062)$	.0079	25.05, 19
$\log(IPC_t)$	01, '61 12, '79	$T(Z_t) = \left\{ \frac{\omega_0 - \omega_3 B^3}{\nabla^2} \right\} P_{I,t} + N_t$ $(1 - \phi B) \nabla^2 N_t = (1 - \theta B) a_t$	$\hat{\phi} = .25$ $\hat{\theta} = .85$ $\hat{\omega}_0 = .032$ $\hat{\omega}_1 = .023$	$(.02, .47)$ $(.73, .97)$ $(.023, .042)$ $(.014, .033)$	.0060	13.18, 20
$\log(IPC1_t)$	01, '69 12, '79	$T(Z_t) = \left\{ \frac{\omega_0 - \omega_3 B^3}{\nabla^2} \right\} P_{I,t} + N_t$ $\nabla^2 N_t = (1 - \phi B)(1 - \theta B^6) a_t$	$\hat{\theta} = .81$ $\hat{\theta} = -.27$ $\hat{\omega}_0 = .036$ $\hat{\omega}_1 = .014$	$(.70, .91)$ $(-.45, -.09)$ $(.023, .049)$ $(.000, .027)$	.0098	11.21, 20
$\log(IPC2_t)$	01, '69 12, '79	$T(Z_t) = \left\{ \frac{\omega_0 - \omega_3 B^3}{\nabla^2} \right\} P_{I,t} + N_t$ $\nabla^2 N_t = (1 - \phi B) a_t$	$\hat{\theta} = .89$ $\hat{\omega}_0 = .051$ $\hat{\omega}_1 = .046$	$(.81, .97)$ $(.039, .064)$ $(.033, .058)$	.0098	12.13, 21
$\log(IPC3_t)$	01, '69 12, '79	$T(Z_t) = N_t$ $(1 - \phi B^{12}) \nabla N_t = \theta_0 + (1 - \theta_1 B^9 - \theta_2 B^{13}) a_t$	$\hat{\phi} = .30$ $\hat{\theta}_0 = .007$ $\hat{\theta}_1 = -.22$ $\hat{\theta}_2 = -.26$	$(.11, .48)$ $(.004, .011)$ $(-.40, -.04)$ $(-.45, -.08)$	.0105	19.11, 20

Cuadro 4.5
(Continuación)

$\log(IPC4_t)$	01, '69 12, '79	$T(Z_t) = \left\{ \frac{\omega_0 - \omega_3 B^3}{\nabla^2} \right\} P_{I,t} + N_t$ $\nabla^2 N_t = (1 - \phi B) a_t$	$\hat{\theta} = .76$ $\hat{\omega}_0 = .034$ $\hat{\omega}_1 = .025$	$(.64, .88)$ $(.025, .042)$ $(.016, .034)$	.0060	34.17, 21
$\log(IPC5_t)$	01, '69 12, '79	$T(Z_t) = \left\{ \frac{\omega_0 - \omega_3 B^3}{\nabla^2} \right\} P_{I,t} + N_t$ $(1 - \phi B^{12}) \nabla^2 N_t = \theta_0 + a_t$	$\hat{\phi} = .17$ $\hat{\theta}_0 = .006$ $\hat{\omega}_0 = .033$ $\hat{\omega}_1 = .029$	$(-.02, .37)$ $(.004, .009)$ $(.021, .045)$ $(.017, .042)$	.0105	21.37, 20
$\log(IPC6_t)$	01, '69 12, '79	$T(Z_t) = \left\{ \frac{\omega_0 - \omega_3 B^3}{\nabla^2} \right\} P_{I,t} + N_t$ $(1 - \phi B^{11}) \nabla^2 N_t = a_t$	$\hat{\phi} = .39$ $\hat{\omega}_0 = .071$ $\hat{\omega}_1 = .062$	$(.22, .56)$ $(.044, .098)$ $(.034, .090)$	.0249	7.67, 21
$\log(IPC7_t)$	01, '69 12, '79	$T(Z_t) = \left\{ \frac{\omega_0 - \omega_3 B^3}{\nabla^2} \right\} P_{I,t} + N_t$ $(1 - \phi B^{12}) \nabla^2 N_t = (1 - \theta B) a_t$	$\hat{\phi} = .15$ $\hat{\theta} = .92$ $\hat{\omega}_0 = .037$ $\hat{\omega}_1 = .033$	$(-.04, .34)$ $(.85, .99)$ $(.027, .047)$ $(.023, .043)$	.0083	23.48, 20
$\log(IPC8_t)$	01, '69 12, '79	$T(Z_t) = \left\{ \frac{\omega_0 - \omega_3 B^3}{\nabla^2} \right\} P_{I,t} + N_t$ $(1 - \phi B^{12}) \nabla^2 N_t = \theta_0 + a_t$	$\hat{\phi} = .21$ $\hat{\theta} = .006$ $\hat{\omega}_0 = .051$ $\hat{\omega}_1 = .043$	$(.04, .38)$ $(.004, .009)$ $(.038, .064)$ $(.030, .056)$	.0094	20.47, 20

La siguiente intervención por analizar fue el aumento en el precio de la gasolina (intervención IV) que se dio en diciembre de 1981, dicho efecto solamente pareció percibirlo significativamente la serie IPC6 (Transportes y comunicaciones) y, por tal motivo, solo en esta serie aparece explícita dicha intervención.

Al momento de realizar este trabajo, las series del Índice de Precios al Consumidor se encontraban actualizadas hasta el mes de marzo de 1982 y la del Índice de Precios al Mayoreo hasta abril de 1982, este hecho imposibilitó prácticamente la aplicación del proceso seguido con las intervenciones anteriores para identificar las funciones correspondientes a la intervención V (la devaluación de febrero de 1982). El camino seguido en esta situación fue el siguiente: se supuso que la devaluación de febrero de 1982 debió haber causado básicamente los mismos efectos que la devaluación de septiembre de 1976, pero la magnitud de tales efectos no necesariamente debía ser la misma, sino que debería estimarse con base en la información disponible. De esta manera, la función de intervención que se postuló, a priori, para representar los efectos de la devaluación de 1983 sobre los logaritmos de las series, fue

$$\nabla \varepsilon_{V,t} = \left\{ \frac{\omega_V}{(1 - \delta_V B)} \right\} P_{V,t}^{17} \quad (24)$$

esta función considera, como casos particulares del parámetro δ_V , a

$$\delta_V = 0: \nabla \varepsilon_{V,t} = \omega_V P_{V,t} \quad (25)$$

y

$$\delta_V = 1: \nabla^2 \varepsilon_{V,t} = \omega_V P_{V,t} \quad (26)$$

que representan, respectivamente, a un salto único (sostenido) de magnitud ω_V , que se da cada periodo a partir de la ocurrencia de la intervención¹⁸.

¹⁷ Véase la figura 4.2 (f)

¹⁸ Véase las figuras 4.2(b) y 4.2(h)

El procedimiento para estimar los valores ω_V y δ_V fue el siguiente: dado que la función de intervención se supuso a priori que debía ser del tipo (24), en donde ω_V representa de hecho el primer impacto de la devaluación sobre la inflación y $\omega_V/(1-\delta_V)$ viene a ser el efecto a largo plazo correspondiente a tal intervención; entonces se asoció el valor de ω_V con el de incremento inmediato en el tipo de cambio y $\omega_V/(1-\delta_V)$ con el incremento observado en el tipo de cambio de un mes después de ocurrida la devaluación, dicha asociación se efectuó con base en lo observado en la devaluación de 1976, si se hubiera utilizado al modelo (24) para representar también esta devaluación. En el cuadro 4.6 se presenta, a manera de ilustración, la información utilizada para estimar la función de la intervención V con la serie IPC.

Cuadro 4.6
Estimación del Modelo de Intervención para
la Devaluación de 1982

	1976 ¹⁹		1982 ²⁰			
	31 Ago.	2 Sep.	1 Oct.	17 Feb.	18 Feb.	18 Mar.
Tipo de cambio	12.50	20.50	19.85	26.86	38.10	45.46
Incremento Porcentual		64.00% ($\Delta T_{I,0}$)	58.80% ($\Delta T_{I,1}$)		41.85% ($\Delta T_{I,0}$)	69.25% ($\Delta T_{I,1}$)
Parámetros de Intervención	$\hat{\omega}_I = .0332$ $\hat{\delta}_I = .8279$		$\hat{\omega}_V = .0217$ $\hat{\delta}_I = .9045$			
Estimados	$\hat{Y}_I = \hat{\omega}_I / (1 - \hat{\delta}_I) = .1929$		$\hat{Y}_V = \hat{\omega}_V / (1 - \hat{\delta}_V) = .2272$			

En este cuadro se tiene que $\Delta T_{I,0}$ y $\Delta T_{V,0}$ representan los incrementos porcentuales inmediatos sobre el tipo de cambio de 1976 y 1982 respectivamente, mientras que $\Delta T_{I,1}$ y $\Delta T_{V,1}$ denotan a los incrementos porcentuales un mes después de ocurridos las devaluaciones respectivas; entonces las fórmulas empleadas fueron

$$\hat{\omega}_V = \hat{\omega}_I (\Delta T_{V,0} / \Delta T_{I,0}) \quad (27)$$

¹⁹ Fuente: Banco de México, S.A., Oficina de Cuenta del Exterior.

²⁰ Fuente: Periódico Uno Más Uno.

$$\hat{Y}_V = \hat{Y}_I (\Delta T_{V,1} / \Delta T_{I,1}) \quad (28)$$

y

$$\hat{\delta}_V = 1 - \hat{\omega}_V / \hat{Y}_V \quad (29)$$

las cuales, surgieron del supuesto de que los efectos de las devaluaciones, sobre la inflación, han sido proporcionales a la magnitud de tales devaluaciones.

En el cuadro 4.7 se muestran los resultados logrados con la estimación del modelo completo, que considera ya a las cinco intervenciones de interés para este trabajo.

- I. La devaluación de la moneda de septiembre de 1976.
- II. Las noticias oficiales del descubrimiento del petróleo.
- III. El establecimiento del Impuesto sobre el Valor Agregado.
- IV. El aumento de la gasolina en diciembre de 1981.
- V. La devaluación de febrero de 1982.

Adviértase que no se proporcionan intervalos de confianza para los parámetros asociados con la última intervención, esto es debido al tipo de método de estimación utilizado y, por lo mismo, las estimaciones puntuales que se presentan deben ser vistas con cierta reserva.

Se aprecia en este último cuadro que las reacciones de IPM y de IPC a las intervenciones son básicamente las mismas: ninguno de estos dos índices se vio afectado significativamente por las intervenciones II y IV, y los modelos dinámicos para las otras intervenciones son iguales, aunque las magnitudes de los efectos sean diferentes.

Cuadro 4.7
Resultados de la Estimación de Modelos con
Intervenciones I, Ii, Iii, Iv y V

Serie $T(Z_t)$	Periodo (Mes, Año)	Modelo	Parámetros estimados	Intervalo de 95% de confianza	$\hat{\sigma}_a$	Estadística Q, grados de libertad
$\log(IPM_t)$	De 01, '61 04, '82	$T(Z_t) = \left\{ \frac{\omega_{I,0} - \omega_{I,3}B^3}{\nabla^2} \right\} P_{I,t} + \left\{ \frac{\omega_{III}}{\nabla} \right\} P_{III,t}$ $+ \left\{ \frac{\omega_V}{(1 - \delta_V B)\nabla} \right\} P_{V,t} + N_t$ $(1 - \phi B)\nabla^2 N_t = (1 - \theta_1 B^2 - \theta_2 B^3)a_t$	$\hat{\phi} = -.59$ $\hat{\theta}_1 = .59$ $\hat{\theta}_2 = .15$ $\hat{\omega}_{I,0} = .060$ $\hat{\omega}_{I,3} = .048$ $\hat{\omega}_{III} = .035$ $\hat{\omega}_V = .044$ $\hat{\delta}_V = .885$	(-.72, -.46) (.46, .72) (.04, .27) (.047, .073) (.035, .061) (.017, .050)	.0083	23.46, 16
$\log(IPC_t)$	01, '69 03, '82	$T(Z_t) = \left\{ \frac{\omega_{I,0} - \omega_{I,3}B^3}{\nabla^2} \right\} P_{I,t} + \left\{ \frac{\omega_{III}}{\nabla} \right\} P_{III,t}$ $+ \left\{ \frac{\omega_V}{(1 - \delta_V B)\nabla} \right\} P_{V,t} + N_t$ $(1 - \phi B)\nabla^2 N_t = (1 - \theta B)a_t$	$\hat{\phi} = .32$ $\hat{\theta} = .86$ $\hat{\omega}_{I,0} = .032$ $\hat{\omega}_{I,3} = .023$ $\hat{\omega}_{III} = .029$ $\hat{\omega}_V = .022$ $\hat{\delta}_V = .904$	(.10, .53) (.74, .98) (.021, .042) (.013, .033) (.017, .040)	.0062	19.60, 17

$\log(IPC1_t)$	01, '69 03, '82	$T(Z_t) = \left\{ \frac{\omega_{I,0} - \omega_{I,3}B^3}{\nabla^2} \right\} P_{I,t} + \left\{ \frac{\omega_V}{(1 - \delta_V B)\nabla} \right\} P_{V,t} + N_t$ $\nabla^2 N_t = (1 - \theta B) (1 - \theta B^6) a_t$	$\hat{\theta} = .81$ $\hat{\theta} = -.25$ $\hat{\omega}_{1,0} = .036$ $\hat{\omega}_{1,3} = .014$ $\hat{\omega}_V = .026$ $\hat{\delta}_V = .917$	$(.71, .91)$ $(-.42, -.09)$ $(.023, .049)$ $(.001, .027)$	.0098	16.31, 18
$\log(IPC2_t)$	01, '69 03, '82	$T(Z_t) = \left\{ \frac{\omega_{I,0} - \omega_{I,3}B^3}{\nabla^2} \right\} P_{I,t} + \left\{ \frac{\omega_{III}}{\nabla} \right\} P_{III,t} + \left\{ \frac{\omega_V}{(1 - \delta_V B)\nabla} \right\} P_{V,t} + N_t$ $\nabla^2 N_t = (1 - \theta B) a_t$	$\hat{\theta} = .89$ $\hat{\omega}_{1,0} = .051$ $\hat{\omega}_{1,3} = .046$ $\hat{\omega}_{III} = .059$ $\hat{\omega}_V = .049$ $\hat{\delta}_V = .743$	$(.81, .96)$ $(.039, .064)$ $(.033, .058)$ $(.040, .077)$	.0096	13.38, 18
$\log(IPC3_t)$	01, '69 03, '82	$T(Z_t) = N_t$ $(1 - \phi B^{12}) \nabla N_t = \theta_0 + (1 - \theta_1 B^9 - \theta_2 B^{13}) a_t$	$\hat{\phi} = .36$ $\hat{\theta}_0 = .008$ $\hat{\theta}_1 = -.23$ $\hat{\theta}_2 = -.30$	$(.20, .53)$ $(.005, .011)$ $(-.39, -.07)$ $(-.46, -.14)$	.0102	25.59, 20
$\log(IPC4_t)$	01, '69 03, '82	$T(Z_t) = \left\{ \frac{\omega_{I,0} - \omega_{I,3}B^3}{\nabla^2} \right\} P_{I,t} + \left\{ \frac{\omega_{III}}{\nabla} \right\} P_{III,t} + \left\{ \frac{\omega_V}{(1 - \delta_V B)\nabla} \right\} P_{V,t} + N_t$ $\nabla^2 N_t = (1 - \theta B) a_t$	$\hat{\theta} = .77$ $\hat{\omega}_{1,0} = .033$ $\hat{\omega}_{1,3} = .025$ $\hat{\omega}_{III} = .045$ $\hat{\omega}_V = .025$ $\hat{\delta}_V = .886$	$(.67, .88)$ $(.025, .042)$ $(.016, .034)$ $(.033, .057)$	.0062	21.57, 18

$\log(IPC5_t)$	01, '69 03, '82	$T(Z_t) = \left\{ \frac{\omega_{I,0} - \omega_{I,3}B^3}{\nabla^2} \right\} P_{I,t} + \left\{ \frac{\omega_{III}}{\nabla} \right\} P_{III,t}$ $+ \left\{ \frac{\omega_V}{(1 - \delta_V B)\nabla} \right\} P_{V,t} + N_t$ $(1 - \phi B^{12}) \nabla N_t = \theta_0 + a_t$	$\hat{\phi} = .38$ $\hat{\theta}_0 = .005$ $\hat{\omega}_{1,0} = .033$ $\hat{\omega}_{1,3} = .029$ $\hat{\omega}_{III} = .069$ $\hat{\omega}_V = .026$ $\hat{\delta}_V = .808$	(.21, .55) (.003, .008) (.022, .047) (.016, .041) (.048, .090)	.0112	17.94, 17
$\log(IPC6_t)$	01, '69 03, '82	$T(Z_t) = \left\{ \frac{\omega_{I,0} - \omega_{I,3}B^3}{\nabla^2} \right\} P_{I,t} + \left\{ \frac{\omega_{IV}}{\nabla^2} \right\} P_{IV,t}$ $+ N_t$ $(1 - \phi B^{11}) \nabla N_t = a_t$	$\hat{\phi} = .42$ $\hat{\omega}_{1,0} = .071$ $\hat{\omega}_{1,3} = .062$ $\hat{\omega}_{IV} = .054$	(.26, .58) (.047, .098) (.034, .098) (.029, .079)	.0239	9.60, 19
$\log(IPC7_t)$	01, '69 03, '82	$T(Z_t) = \left\{ \frac{\omega_{I,0} - \omega_{I,3}B^3}{\nabla^2} \right\} P_{I,t} + \left\{ \frac{\omega_{III}}{\nabla} \right\} P_{III,t}$ $+ \left\{ \frac{\omega_V}{(1 - \delta_V B)\nabla} \right\} P_{V,t} + N_t$ $(1 - \phi B) \nabla^2 N_t = (1 - \theta B) a_t$	$\hat{\phi} = .21$ $\hat{\theta} = .92$ $\hat{\omega}_{1,0} = .037$ $\hat{\omega}_{1,3} = .033$ $\hat{\omega}_{III} = .031$ $\hat{\omega}_V = .027$ $\hat{\delta}_V = .851$	(.03, .40) (.85, .99) (.027, .048) (.023, .043) (.015, .047)	.0085	26.26, 17
$\log(IPC8_t)$	01, '69 03, '82	$T(Z_t) = \left\{ \frac{\omega_{I,0} - \omega_{I,3}B^3}{\nabla^2} \right\} P_{I,t} + \left\{ \frac{\omega_{III}}{\nabla} \right\} P_{III,t}$ $+ \left\{ \frac{\omega_V}{(1 - \delta_V B)\nabla} \right\} P_{V,t} + N_t$ $(1 - \phi B) N_t = \theta_0 + a_t$	$\hat{\phi} = .33$ $\hat{\theta} = .005$ $\hat{\omega}_{1,0} = .033$ $\hat{\omega}_{1,3} = .020$ $\hat{\omega}_{III} = .083$ $\hat{\omega}_V = .034$ $\hat{\delta}_V = .883$	(.16, .49) (.002, .008) (.018, .048) (.005, .035) (.063, .104)	.0105	25.26, 17

En lo que toca a las subseries de IPC, puede apreciarse que IPC2, IPC4, IPC5, IPC7 e IPC8 tuvieron una sensibilidad similar a la del Índice General para registrar los efectos de las intervenciones; en contraste con IPC1, que no se afectó significativamente por el establecimiento del IVA; IPC3 que no registró efectos de ninguna de las intervenciones consideradas (en lo que toca al nivel de la serie) pero sí alteró su comportamiento estocástico y en particular, a partir de la devaluación de 1976, muestra un patrón estacional que no se apreciaba previamente.

III. Interpretación de Resultados del Análisis de Intervención.

A. Índice de Precios al Mayoreo

La primera serie a considerar será la de IPM, para la cual el periódico de observación cubre los meses entre enero de 1961 y abril de 1982. De acuerdo con el cuadro 4.7, un modelo que representa satisfactoriamente el comportamiento de la serie es

$$\log(\hat{IPM}_t) = \left\{ \frac{.060 - .048B^3}{\nabla^2} \right\} P_{I,t} + \left\{ \frac{.035}{\nabla} \right\} P_{III,t} + \left\{ \frac{.044}{(1 - .885B)\nabla} \right\} P_{V,t} + \left\{ \frac{1 - .59B^2 - .15B^3}{(1 + .59B)\nabla^2} \right\} a_t \quad (30)$$

con $\sigma_a = .0083$. Dicho modelo puede escribirse también como²¹

$$\log(\hat{IPM}_t) = \varepsilon_{I,t} + \varepsilon_{III,t} + \varepsilon_{V,t} + \hat{N}_t \quad (31)$$

en donde, los modelos dinámicos de intervención explícitos²², vienen a ser

$$\varepsilon_{I,t} = \begin{cases} 0 & \text{si } t < I \\ \hat{\omega}_{I,0}(t - I + 1) & \text{si } t = I, I+1, I+2 \\ 3\hat{\omega}_{I,3} + (\hat{\omega}_0 - \hat{\omega}_1)(t - I + 1) & \text{si } t \geq I+3 \end{cases} \quad (I=09, '76)$$

$$= \begin{cases} 0 & \text{si } t < I \\ .060(t - I + 1) & \text{si } t = I, I+1, I+2 \\ .144 + .012(t - I + 1) & \text{si } t \geq I+3 \end{cases} \quad (32)$$

²¹ Véase la expresión (22).

²² Véase el cuadro 4.1.

$$\begin{aligned}
\hat{\varepsilon}_{III,t} &= \begin{cases} 0 & \text{si } t < III \\ \hat{\omega}_{III} & \text{si } t \geq III \end{cases} & (III=01,'80) \\
&= \begin{cases} 0 & \text{si } t < III \\ .035 & \text{si } t \geq III \end{cases} & (33) \\
\hat{\varepsilon}_{V,t} &= \begin{cases} 0 & \text{si } t < V \\ \hat{\omega}_V \sum_{i=0}^{t-V} \hat{\delta}_V^i & \text{si } t \geq V \end{cases} & (V=02,'82) \\
&= \begin{cases} 0 & \text{si } t < V \\ .044 \sum_{i=0}^{t-V} (.885)^i & \text{si } t \geq V \end{cases} & (34)
\end{aligned}$$

y además

$$\hat{N}_t = \left\{ \frac{1 - .59B^2 - .15B^3}{(1 + .59B)\nabla^2} \right\} a_t \quad (35)$$

Ahora bien, con fines interpretativos puede utilizarse la siguiente aproximación

$$\log(IPM_t) - \log(IPM_{t-1}) = \log\left(\frac{IPM_t}{IPM_{t-1}}\right) = \log(1 + r_t IPM) \simeq r_t IPM \quad (36)$$

En la cual $r_t IPM$ representa el incremento relativo del índice de precios en el mes t respecto al índice observado en el mes $t-1$, es decir, $r_t IPM$ es una tasa mensual de crecimiento.

De la expresión (30) se sigue que

$$\hat{r}_t IPM \simeq \nabla \log(IPM_t) = \left\{ \frac{.060 - .048B^3}{\nabla} \right\} P_{I,t} + \{.035\} P_{III,t} + \left\{ \frac{.044}{(1 - .885B)} \right\} P_{V,t} + \left\{ \frac{1 - .59B^2 - .15B^3}{(1 + .59B)\nabla} \right\} a_t \quad (37)$$

lo cual implica que

$$\hat{r}_t^{IPM} = \begin{cases} \hat{N}_t' & \text{si } t < I \\ \hat{N}_t' + .060 & \text{si } t = I, I+1, I+2 \\ \hat{N}_t' + .012 & \text{si } I+3 \leq t < III \\ \hat{N}_t' + .047 & \text{si } t = III \\ \hat{N}_t' + .012 & \text{si } III < t < V \\ \hat{N}_t' + .012 + .044(.885)^{t-V} & \text{si } t \geq V \end{cases} \quad (38)$$

con

$$\hat{N}_t' = \left\{ \frac{1 - .59B^2 - .15B^3}{(1 + .59B)\nabla} \right\} a_t \quad (39)$$

Los efectos observados sobre $\hat{r}_t^{IPM}$ y atribuibles a las intervenciones aparecen gráficamente en la figura 4.5 (a). En esta gráfica se aprecia visualmente lo que la expresión (38) representa; de tal expresión y de la (39), se sigue que:

- (i) De no haber existido intervención alguna, se tendría

$$\hat{r}_t^{IPM} \simeq \hat{N}_t' \quad (40)$$

como una representación razonable para la serie de inflación medida a través de la tasa de crecimiento mensual del IPM.

- (ii) La devaluación de septiembre de 1976 alteró el comportamiento histórico del IPM mediante un incremento mensual de la inflación, estimado en seis puntos 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 inflación); este resultado es interesante en tanto que parece dar sustento al enfoque monetarista²³.
- (iii) El petróleo no provocó ningún cambio en el comportamiento de IPM.

²³ Véase el Capítulo II.

- (iv) La entrada en vigor del IVA indujo un incremento instantáneo de alrededor de 3.5 puntos sobre la tasa de crecimiento del IPM durante enero de 1980, pero de ahí en adelante las tasas de crecimiento mantienen su tendencia anterior, es decir, se incrementan mensualmente en 1.2 puntos; esto suena razonable, ya que no es de esperar que un impuesto pueda ser causa de inflación.
- (v) El alza en el precio de la gasolina no parece haber causado efecto significativo sobre el IPM.
- (vi) La devaluación de febrero de 1982 es causa de un incremento mensual decreciente de 4.4 puntos porcentuales en la inflación, lo cual eleva la tasa de crecimiento mensual del IPM a 6.6 puntos porcentuales en febrero, a 5.1 puntos en marzo, a 4.65 en abril, y así sucesivamente.

B. Índice General de Precios al Consumidor

El modelo que proporciona una representación adecuada al comportamiento de esta serie durante el periodo de enero de 1969 a marzo de 1982 es el que aparece en el cuadro 4.7, o sea

$$\log(\hat{IPC}_t) = \left\{ \frac{.032 - .023B^3}{\nabla^2} \right\} P_{I,t} + \left\{ \frac{.029}{\nabla} \right\} P_{III,t} + \left\{ \frac{.022}{(1 - .904B)\nabla} \right\} P_{V,t} + \left\{ \frac{(1 - .86B)}{(1 - .32B)\nabla^2} \right\} a_t$$

con $\hat{\sigma}_a = .0062$ (41)

Figura 4.5
Efectos de las Intervenciones sobre la Inflación
de acuerdo con: (A) Ipm y (B) Ipc

El cual tiene como expresión alternativa

$$\log(\hat{IPC}_t) = \hat{\varepsilon}_{I,t} + \hat{\varepsilon}_{III,t} + \hat{\varepsilon}_{V,t} + \hat{N}_t \quad (42)$$

con

$$\hat{\varepsilon}_{I,t} = \begin{cases} 0 & \text{si } t < I \\ .032(t - I + 1) & \text{si } t = I, I+1, I+2 \\ .069 + .009(t - I + 1) & \text{si } t \geq I+3 \end{cases} \quad (43)$$

$$\hat{\varepsilon}_{III,t} = \begin{cases} 0 & \text{si } t < III \\ .029 & \text{si } t \geq III \end{cases} \quad (44)$$

$$\hat{\varepsilon}_{V,t} = \begin{cases} 0 & \text{si } t < V \\ .022 \sum_{i=0}^{t-V} (.904)^i & \text{si } t \geq V \end{cases} \quad (45)$$

Y

$$\hat{N}_t = \left\{ \frac{1 - .86B}{(1 - .32B)\nabla^2} \right\} a_t$$

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

$$\hat{r}_t IPC \simeq \nabla \log(\hat{IPC}_t) = \left\{ \frac{.032 - .023B^3}{\nabla} \right\} P_{I,t} + \{.029\} P_{III,t} + \left\{ \frac{.022}{(1 - .904B)} \right\} P_{V,t} + \left\{ \frac{(1 - .86B)}{(1 - .32B)\nabla} \right\} a_t \quad (47)$$

en donde $\hat{r}_t IPC$ es la tasa mensual de crecimiento del IPC, es decir, es la inflación medida a través del Índice de Precios al Consumidor. De la expresión (41) se sigue que

$$\hat{r}_{tIPC} = \begin{cases} \hat{N}_t' & \text{si } t < I \\ \hat{N}_t' + .032 & \text{si } t=I, I+1, I+2 \\ \hat{N}_t' + .009 & \text{si } I+3 \leq t < III \\ \hat{N}_t' + .038 & \text{si } t=III \\ \hat{N}_t' + .009 & \text{si } III < t < V \\ \hat{N}_t' + .009 + .022(.904)^{t-V} & \text{si } t \geq V \end{cases} \quad (48)$$

Con

$$\hat{N}_t' = \left\{ \frac{1 - .86B}{(1 - .32B)^V} \right\} a_t \quad (49)$$

Al igual que ocurrió con el IPM, la apreciación visual de (48), mediante la figura 4.5 (b) en este caso, simplifica en buena medida la interpretación de los resultados, en lo que se refiere a las intervenciones de interés puede observarse que:

(i) El modelo

$$\hat{r}_{tIPC} \simeq \hat{N}_t' \quad (50)$$

con $\hat{N}_t'$ dado por (49) sería adecuado de no haber existido influencia externa sobre el comportamiento histórico de la serie.

- (ii) El efecto de la devaluación consistió en incrementar la inflación del IPC en alrededor de 3.2 puntos durante los tres primeros meses y en .9 puntos de diciembre en adelante.
- (iii) El descubrimiento del petróleo no parece haber inducido cambio alguno en la serie.
- (iv) La implantación del Impuesto sobre el Valor Agregado provocó una elevación momentánea de la tasa de crecimiento mensual del IPC a 3.8 puntos porcentuales en el mes de enero de 1980.
- (v) La elevación del precio de la gasolina en diciembre de 1981 no indujo cambio alguno.

- (vi) La devaluación de 1982 se mostró como un incremento inicial de 2.2 puntos, pero con decaimiento exponencial, o sea, con tendencia a desaparecer al paso del tiempo.

C. Subseries del Índice de Precios al Consumidor

Para presentar de manera concisa, pero completa, los resultados acerca de las ocho subseries que constituyen el Índice de Precios al Consumidor, se optó por mostrar simplemente los modelos correspondientes a las tasas de crecimiento y las gráficas respectivas. Así pues, se tiene lo siguiente:

$$\hat{r}_t IPC1 \approx \left\{ \frac{.036 - .014B^3}{\nabla} \right\} P_{I,t} + \left\{ \frac{.026}{(1 - .917B)} \right\} P_{V,t} + \left\{ \frac{(1 - .81B)(1 + .25B^6)}{\nabla} \right\} a_t \quad (51)$$

$$\hat{r}_t IPC2 \approx \left\{ \frac{.051 - .046B^3}{\nabla} \right\} P_{I,t} + \{.059\} P_{III,t} + \left\{ \frac{.049}{1 - .743B} \right\} P_{V,t} + \left\{ \frac{1 - .89B}{\nabla} \right\} a_t \quad (52)$$

$$\hat{r}_t IPC3 \approx .013 + \left\{ \frac{1 + .23B^9 + .30B^{13}}{1 - .36B^{12}} \right\} a_t^{24} \quad (53)$$

$$\hat{r}_t IPC4 \approx \left\{ \frac{.033 - .025B^3}{\nabla} \right\} P_{I,t} + \{.045\} P_{III,t} + \left\{ \frac{.025}{1 - .886B} \right\} P_{V,t} + \left\{ \frac{1 - .77B}{\nabla} \right\} a_t \quad (54)$$

$$\hat{r}_t IPC5 \approx \left\{ \frac{.035 - .028B^3}{\nabla} \right\} P_{I,t} + \{.069\} P_{III,t} + \left\{ \frac{.026}{1 - .808B} \right\} P_{V,t} + .088 \left\{ \frac{1}{1 - .38B^{12}} \right\} a_t \quad (55)$$

²⁴ Este modelo surge del siguiente argumento, si $r_t = \nabla N_t$ con $(1 - \phi B^{12}) \nabla N_t = \theta_0 + \theta(B) a_t$ entonces

$r_t = \phi r_{t-12} + \theta_0 + \theta(B) a_t$ y así sucesivamente $r_t = \phi^i r_{t-12i} + \theta_0 \sum_{j=0}^{i-1} \phi^j + \left[1 + \sum_{j=1}^i (\phi B^{12})^j \right] \theta(B) a_t$ para $i=1,2,\dots$ de

donde $r_t = \phi^i r_{t-12i} + \theta_0 \left(\frac{1 - \phi^i}{1 - \phi} \right) + \left[\frac{1 - (\phi B^{12})^{i+1}}{1 - \phi B^{12}} \right] \theta(B) a_t$ por tanto, al tomar el límite, cuando i tiende a infinito, se

llega a $r_t = \frac{\theta_0}{1 - \phi} + \left(\frac{\theta(B)}{1 - \phi B^{12}} \right) a_t$.

$$\hat{\pi}_{IPC6} \simeq \left\{ \frac{.072 - .060B^3}{\nabla} \right\} P_{I,t} + \left\{ \frac{.054}{\nabla} \right\} P_{IV,t} + \left\{ \frac{1}{1 - .42B^{11}} \right\} a_t \quad (56)$$

$$\hat{\pi}_{IPC7} \simeq \left\{ \frac{.037 - .033B^3}{\nabla} \right\} P_{I,t} + \{.031\} P_{III,t} + \left\{ \frac{.027}{1 - .851B} \right\} P_{V,t} + \left\{ \frac{1 - .92B}{(1 - .21B^{12})\nabla} \right\} a_t \quad (57)$$

$$\hat{\pi}_{IPC8} \simeq \left\{ \frac{.033 - .020B^3}{\nabla} \right\} P_{I,t} + \{.083\} P_{III,t} + \left\{ \frac{.034}{1 - .883B} \right\} P_{V,t} + .007 \left\{ \frac{1}{1 - .33B^{12}} \right\} a_t \quad (58)$$

Las gráficas para mostrar visualmente los efectos de las intervenciones aparecen como las figuras 4.6(a) a la 4.6(h). En estas gráficas puede apreciarse a simple vista la sensibilidad de cada una de las componentes de IPC a las diferentes intervenciones en estudio; por ejemplo, sobresale el efecto causado por el IVA sobre las series IPCS (Servicios Médicos) e IPC8 (Otros Bienes) en contraste con la ausencia de efectos por esta intervención sobre las series IPC1 (Alimentos, Bebidas y Tabaco), IPC3 (Arriendos) e IPC6 (Transportes y Comunicaciones).

Figura 4.6

Efectos de las Intervenciones sobre la Inflación de acuerdo con: (a) IPC1 y (b) IPC2

Figura 4.6
(Continuación)

Efectos de las Intervenciones sobre la Inflación de acuerdo con: (c) IPC3 y (d) IPC4

Figura 4.6
(Continuación)

Efectos de las Intervenciones sobre la Inflación de acuerdo con: (e) IPC5 y (f) IPC6

Figura 4.6
(Continuación)

Efectos de las Intervenciones sobre la Inflación de acuerdo con: (g) IPC7 y (h) IPC8

D. Modelos de Pronósticos

Además de los resultados anteriores, evidentes en las figuras 4.5 y 4.6, pueden también obtenerse pronósticos para cada una de las variables en consideración, junto con sus respectivos intervalos de confianza. Es natural pensar que mediante una aplicación del antilogaritmo de los valores pronosticados de $\log(Z_t)$ se obtendría un pronóstico de Z_t ; desafortunadamente, puede demostrarse que el pronóstico obtenido de esta manera contiene sesgo; sin embargo, dicho sesgo puede corregirse, aproximadamente, como se sugiere en el Apéndice A4.2. Una aplicación del procedimiento sugerido en dicho apéndice produjo los resultados que se muestran en el cuadro 4.8.

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 periodo de pronóstico.

Cuadro 4.8
Valores Pronosticados e Intervalos del 95% de Confianza para IPM e IPC

Mes	Pronóstico de IPM	Intervalo de Confianza	Pronóstico de IPC	Intervalo de Confianza
Abril '82			250.32	(247.23, 253.46)
Mayo	259.01	(254.76, 263.33)	259.88	(254.22, 265.66)
Junio	271.09	(263.45, 278.94)	269.49	(261.29, 277.95)
Julio	282.85	(272.11, 294.01)	279.11	(268.31, 290.35)
Agosto	294.33	(280.48, 308.86)	288.73	(275.21, 302.91)
Septiembre	305.54	(288.45, 323.63)	298.35	(281.96, 315.68)
Octubre	316.50	(296.02, 338.40)	307.98	(288.56, 328.70)
Noviembre	327.25	(303.20, 353.22)	317.63	(295.00, 342.00)
Diciembre	337.81	(309.99, 368.14)	327.32	(301.28, 355.62)

Así, debido a que en diciembre de 1981 el IPC fue de 213.136 y como para diciembre de 1982 será según se estima, de 327.32, la inflación pronosticada para 1982 viene a ser de 53.57%. Debe tenerse en mente que, conforme el horizonte de pronóstico se amplía, la precisión del pronóstico decrece (de manera un tanto burda, pueden compararse 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 41.36% y 66.85%).

De manera similar a como se obtuvieron los pronósticos para IPM e IPC, es factible calcular pronósticos para las subseries IPC1 a IPC8 (corregidos por sesgo); aquí surge entonces la opción de pronosticar el índice general indirectamente, a partir de los valores pronosticados para cada una de sus

componentes y “componiendo” el valor pronosticado para IPC, para ello se requiere desde luego, utilizar las ponderaciones del índice de precios al consumidor.

Asimismo, los pronósticos para IPC1 a IPC8 se muestran en los cuadros 4.9, 4.10, 4.11 y 4.12. En particular, para la serie IPC6 (Transportes y Comunicaciones), se consideró que los pronósticos debían considerar el inminente aumento al precio de la gasolina que se dará alrededor del mes de Julio de 1982; así pues, se supuso que el aumento al precio de la gasolina causaría efectos esencialmente iguales a los causados por la intervención IV previamente analizada, y además se postuló como posible, un incremento del 50% sobre el precio actual de la gasolina.

Cuadro 4.10

Valores Pronosticados e Intervalos del 95% de Confianza para IPC1 e IPC2

Mes	Pronóstico de IPC1	Intervalo de Confianza	Pronóstico de IPC2	Intervalo de Confianza
Abril '82	233.92	(229.34, 238.60)	292.49	(286.91, 298.17)
Mayo	242.28	(234.94, 249.84)	304.31	(295.67, 313.19)
Junio	250.68	(240.59, 261.20)	314.98	(303.49, 326.91)
Julio	240.60	(247.53, 274.38)	324.80	(310.45, 339.80)
Agosto	267.38	(251.28, 284.51)	333.97	(316.72, 352.15)
Septiembre	274.12	(254.80, 294.89)	342.68	(322.45, 364.19)
Octubre	281.78	(258.31, 307.39)	351.08	(327.74, 376.08)
Noviembre	289.37	(261.50, 320.22)	359.27	(332.71, 387.96)
Diciembre	286.80	(264.37, 333.41)	367.35	(337.43, 399.92)

Cuadro 4.11

Valores Pronosticados e Intervalos del 95% de Confianza para IPC3 e IPC4

Mes	Pronóstico de IPC3	Intervalo de Confianza	Pronóstico de IPC4	Intervalo de Confianza
Abril '82	234.17	(230.27, 238.15)	260.55	(257.37, 263.77)
Mayo	236.95	(231.38, 242.66)	271.29	(266.07, 276.62)
Junio	240.25	(233.35, 247.35)	281.94	(274.60, 289.47)
Julio	243.90	(235.83, 252.25)	292.50	(282.87, 302.44)
Agosto	246.96	(237.84, 256.42)	302.99	(290.88, 315.61)
Septiembre	251.32	(241.18, 261.89)	313.45	(298.63, 329.00)
Octubre	256.67	(254.50, 268.35)	323.88	(306.12, 342.67)
Noviembre	262.38	(250.19, 275.16)	334.32	(313.38, 356.65)
Diciembre	268.09	(254.90, 281.97)	344.78	(320.42, 370.98)

Cuadro 4.11

Valores Pronosticados e Intervalos del 95% de Confianza para IPC5 e IPC6

Mes	Pronóstico de IPC5	Intervalo de Confianza	Pronóstico de IPC6	Intervalo de Confianza
Abril '82	254.78	(249.19, 260.50)	247.30	(236.09, 359.04)
Mayo	262.45	(254.35, 270.82)	263.57	(246.84, 281.44)
Junio	269.00	(258.86, 279.54)	281.12	(259.42, 304.64)
Julio	274.76	(262.84, 287.23)	308.40	(281.08, 338.37)
Agosto	281.75	(268.11, 296.08)	338.12	(304.81, 375.07)
Septiembre	287.51	(272.30, 303.56)	371.81	(331.88, 416.55)
Octubre	293.51	(276.78, 311.26)	407.43	(360.38, 460.63)
Noviembre	300.19	(281.94, 319.63)	449.83	(394.53, 512.89)
Diciembre	304.78	(285.15, 325.75)	507.36	(441.46, 583.11)

Cuadro 4.11

Valores Pronosticados e Intervalos del 95% de Confianza para IPC7 e IPC8

Mes	Pronóstico de IPC7	Intervalo de Confianza	Pronóstico de IPC8	Intervalo de Confianza
Abril '82	254.71	(250.49, 258.99)	297.24	(291.03, 303.59)
Mayo	264.24	(257.83, 270.82)	310.32	(299.63, 321.40)
Junio	273.15	(264.73, 281.84)	323.29	(308.67, 338.62)
Julio	283.32	(272.87, 294.16)	336.06	(317.85, 355.31)
Agosto	293.47	(280.95, 306.55)	348.60	(327.04, 371.57)
Septiembre	302.90	(288.27, 318.27)	360.92	(336.16, 387.51)
Octubre	311.30	(294.53, 329.02)	373.06	(345.18, 403.19)
Noviembre	319.61	(300.62, 339.79)	385.04	(354.11, 418.67)
Diciembre	327.40	(306.14, 350.14)	396.88	(362.94, 434.00)

Así pues, un pronóstico “indirecto” de IPC puede obtenerse a partir de la expresión

$$\hat{IPC}_t(\ell) = \alpha_1 \hat{IPC1}_t(\ell) + \alpha_2 \hat{IPC2}_t(\ell) + \dots + \alpha_8 \hat{IPC8}_t(\ell) \quad (59)$$

donde $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_8$ son las ponderaciones del índice de precios al consumidor, mientras que $\hat{IPC1}_t(\ell), \hat{IPC2}_t(\ell), \dots, \hat{IPC8}_t(\ell)$, denotan a los pronósticos de las subseries, a partir del origen t , (ℓ) periodos hacia delante. Para obtener intervalos de confianza correspondientes a estos pronósticos de IPC, se requiere, además de las varianzas de los pronósticos de las subseries, las covarianzas entre dichos pronósticos. Debido a la dificultad para estimar tales covarianzas, en el cuadro 4.13, no se presentan los intervalos de confianza, sino simplemente las estimaciones puntuales “indirectas” de los valores, para $\ell = 1, 2, \dots, 9$ (abr, may, ..., dic) a partir de $t=03$, '82. Como una mera sugerencia podría considerarse los intervalos del cuadro 4.8, que son válidos estrictamente para los pronósticos directos de IPC.

Cuadro 4.13

Pronósticos Indirectos de IPC

Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Noviem.	Diciem.
250.13	259.39	268.69	271.38	289.36	299.53	310.33	321.81	334.68

De una simple inspección visual de los valores de los cuadros 4.8 y 4.13 puede apreciarse la gran diferencia que representa pronosticar directa o indirectamente los valores de IPC. Es lógico pensar que los valores del cuadro 4.13 sean más representativos que los del cuadro 4.8, debido a que el pronóstico

indirecto considera con mayor detalle y profundidad el comportamiento individual de cada subserie; así pues, la inflación que se alcanzaría durante el año de 1982, de acuerdo con el pronóstico indirecto viene a ser del 56.98%.

REFERENCIAS

- BARTLETT M.S. (1947) "The Use of Transformations" *Biometrika* Vol. 3.
- BOX G.E.P. Y JENKINS G.M (1976) Time Series Analysis, Forecasting and Control. San Francisco: Holden Day.
- BOX G.E.P. Y TIAO G.C. (1976) "Intervention Analysis with Applications to Economic and Environmental Problems" *Journal of the American Statistical Association* Vol. 70.
- CHIANG A.C. (1967) Fundamental Methods of Mathematical Economics. New York: McGraw-Hill.
- NELSON C.R. (1973) Applied Time Series Analysis for Managerial Forecasting. San Francisco: Holden Day.
- SARGENT T.J. (1979) Macroeconomic Theory. New York: Academic Press.
- VERA G. Y GERRERO V.M. "Estimation of Seasonal Factors using both Traditional Methods and Box-Jenkins Techniques" en Time Series Analysis (O.D. Anderson y M.R. Perryman, eds. Amsterdam: North-Holland).

APENDICE A4.1

GRAFICAS DE LA DIFERENCIA ENTRE VALORES REALES Y VALORES PRONOSTICADOS PARA IDENTIFICAR FUNCIONES DE INTERVENCIÓN.

La idea de hacer gráficas de los errores de pronósticos 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 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 $e_T(\ell) = \log(Z_{T+\ell}) - \log(Z_T)$ (ℓ) sigue una distribución normal con media cero y varianza

$\left(1 + \sum_{i=1}^{\ell-1} \phi_i^2\right) \sigma_a^2$; por lo tanto, límites de aproximadamente 95% de confianza para $e_T(\ell)$ estarán dados

por $\pm 2\hat{\sigma}_e = \pm 2\sqrt{1 + \sum_{i=1}^{\ell-1} \hat{\phi}_i^2} \hat{\sigma}_a$ en donde las ponderaciones $\hat{\phi}_1, \hat{\phi}_2, \dots, \hat{\phi}_{\ell-1}$ y $\hat{\sigma}_a^2$ se obtienen de la

estimación de modelos de Box-Jenkins.

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 frutíferos.

IPC

IPM

APÉNDICE A4.2

PROCEDIMIENTO PARA CORREGIR (APROXIMADAMENTE) EL SESGO DE LOS PRONOSTICOS PARA LAS SERIES ORIGINALES

De acuerdo con las propiedades de los modelos de Box-Jenkins^{a1}, la observación de la serie $\log(Z)$ en el mes $t+\ell$ se puede expresar como una combinación lineal de los errores aleatorios $a_{t+\ell}, a_{t+\ell-1}, a_{t+\ell-2}, \dots$, es decir $\log(Z_{t+\ell}) = a_{t+\ell} + \varphi_1 a_{t+\ell-1} + \varphi_2 a_{t+\ell-2} + \dots$, 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 $\log(Z_t)(\ell)$ y $\left(1 + \sum_{i=1}^{\ell-1} \varphi_i^2\right) \sigma_a^2$, respectivamente, en donde las ponderaciones $\hat{\varphi}_1, \hat{\varphi}_2, \dots, \hat{\varphi}_{\ell-1}$ 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; así pues, el valor esperado condicional de esta variable^{a2} es

$$E(Z_{t+\ell}) = E[\exp \{\log(Z_{t+\ell})\}] = \exp \left\{ \log(Z_t)(\ell) + \frac{1}{2} \left(1 + \sum_{i=1}^{\ell-1} \varphi_i^2 \right) \sigma_a^2 \right\}$$

de aquí se deduce que un pronóstico aproximadamente insesgado de $Z_{t+\ell}$ (a partir de t) se obtiene como

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

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

^{a1} Véase Box y Jenkins (1976, cap. 5)

^{a2} Véase Nelson (1973 pp. 161-163) en donde se muestra básicamente el mismo argumento que aquí presentamos.

A manera de ilustración, se presenta enseguida una aplicación del procedimiento anterior para obtener los pronósticos de IPM. Como primer paso, se obtienen los pronósticos $\exp \{\log(IPM_t)(\ell)\}$ junto con los intervalos de confianza correspondientes y las ponderaciones $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_{\ell-1}$ que se muestran en el cuadro A.1. 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 4.8 del texto.

Nótese que conforme ℓ crece, la varianza estimada del pronóstico, que es $\left(1 + \sum_{i=1}^{\ell-1} \phi_i^2\right) \sigma_a^2$ 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 sesgo que contenga si no se aplica la corrección.

Cuadro A.1
Calculo de Pronósticos Insesgados para IPM
(a partir de abril de 1982)

ℓ	Pronóstico $\exp \{\log(IPM_t)(\ell)\}$	Intervalo del 95% de confianza	Ponderación $\phi_{\ell-1}$	Factor de corrección $\exp \left\{ \frac{1}{2} \left(1 + \sum_{i=1}^{\ell-1} \phi_i^2 \right) \sigma_a^2 \right\}$
1	258.98	(254.74, 263.30)	1	1.000077
2	271.03	(263.40, 278.89)	1.4096	1.000219
3	282.77	(272.03, 293.92)	1.5788	1.000276
4	294.20	(280.36, 308.73)	1.7373	1.000425
5	305.36	(288.29, 323.45)	1.9021	1.000558
6	316.27	(295.81, 338.15)	2.0631	1.000735
7	326.95	(302.91, 352.89)	2.2264	1.000919
8	337.42	(309.63, 367.71)	2.3884	1.001162