

01168



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE
INGENIERIA**

PRONOSTICO DE DIVISAS

T E S I S

Que para obtener el grado de:

MAESTRO EN INGENIERIA

(INVESTIGACIONES DE OPERACIONES)

P r e s e n t a:

YOLANDA CUEVAS SALGADO

Bajo la dirección del Dr. Sergio Fuentes Maya

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

México, 1997



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A mis padres:

*Amparo Salgado S.
Luis Cuevas C.*

y

hermanos:

*Alejandro Cuevas S.
Patricia Cuevas S.*

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Sergio Fuentes Maya, quien amablemente aceptó dirigir este trabajo, y por sus valiosos comentarios.

A los miembros del jurado, por sus aportaciones para la versión final de la tesis:

Dr. Edgar Ortiz Calisto
Dr. Ricardo Aceves García
M. en I. Idalia Flores de la Mota
M. en I. Jonatan Torres C.

INDICE

INTRODUCCION	vi
--------------	----

CAPITULO 1

MERCADO DE DIVISAS	8
1.1. MERCADO DE DIVISAS	8
1.2. PARTICIPANTES EN EL MERCADO DE DIVISAS	9
1.2.1. BANCOS COMERCIALES	9
1.2.2. BANCOS CENTRALES	10
1.2.3. EMPRESAS	11
1.3. TIPOS DE CAMBIO EN EL MERCADO DE DIVISAS	12
1.4. OPERACIONES EN EL MERCADO DE DIVISAS	13
1.4.1. FECHAS VALOR EN EL TIPO DE CAMBIO AL CONTADO	14
1.4.2. FECHAS VALOR EN EL TIPO DE CAMBIO A PLAZO	14
1.4.3. FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE EL TIPO DE CAMBIO AL CONTADO	15
1.4.4. RIESGO EN LAS OPERACIONES DEL MERCADO DE DIVISAS	16
1.4.4.1. RIESGO DE CREDITO	16
1.4.4.2. RIESGO DE TIPO DE INTERES	16
1.4.4.3. RIESGO DE LIQUIDEZ	17
1.5. PROTECCION CONTRA LA VARIACION DEL TIPO DE CAMBIO	17
1.6. FINANCIAMIENTO INTERNACIONAL	18

CAPITULO 2

PLANEACION FINANCIERA INTERNACIONAL	20
2.1. EL PROBLEMA DE DECISION FINANCIERA	20
2.2. SOLUCION DEL PROBLEMA	22
2.2.1. ALTERNATIVA DE ANALISIS DE RIESGO DEL TIPO DE CAMBIO	22
2.2.2. HIPOTESIS ESTADISTICA DEL RIESGO DEL TIPO DE CAMBIO	23
2.2.3. EL MODELO MULTIVARIADO	24
2.3. INFORMACION DISPONIBLE	25

CAPITULO 3

EL ANALISIS DE SERIES DE TIEMPO	27
3.1. ESTRATEGIA DE CONSTRUCCION DE MODELOS	27
3.2. IDENTIFICACION	31
3.2.1. FUNCION DE LA MATRIZ DE AUTOCORRELACION	32
3.2.2. FUNCION DE LA MATRIZ DE AUTOCORRELACION PARCIAL	33
3.2.3. ESTADISTICO DE PRUEBA $X(s)$	34
3.3. ESTIMACION	35
3.3.1. METODO DE MAXIMA VEROSIMILITUD	35
3.3.2. ALGORITMO DEL METODO DE DAVIDON-FLETCHER-POWELL	37
3.4. VERIFICACION	39
3.4.1. PERIODOGRAMA ACUMULATIVO MUESTRAL	41
3.4.2. CONSIDERACIONES GENERALES	42
3.5. APLICACION	42

CAPITULO 4

MODELO DE PLANEACION FINANCIERA	43
4.1. CONSTRUCCION DEL MODELO DE PLANEACION FINANCIERA	43
4.1.1. IDENTIFICACION DEL MODELO	44
4.1.2. ESTIMACION DE LOS PARAMETROS ϕ y θ	66
4.1.3. VERIFICACION	66
4.1.4. APLICACION	87

CONCLUSIONES	90
---------------------	-----------

APENDICE A	92
A.1. PARIDAD DE LA TASA DE INTERES	92
A.2. PARIDAD DEL PODER DE COMPRA	93
A.3. LA ECUACION FISHER	94

APENDICE B	95
-------------------	-----------

BIBLIOGRAFIA	118
---------------------	------------

INTRODUCCION

Como una exigencia del crecimiento en el comercio e inversiones internacionales y la expansión de la empresa multinacional, la función del tomador de decisiones implica trabajar con una diversidad de monedas, que pueden ser convertidas en otras, a través de los mercados de divisas: y que pueden ser objeto de transacciones en muchos mercados de dinero.

El tomador de decisiones se encuentra en la necesidad de planear las operaciones financieras internacionales con base en el tipo de cambio extranjero.

La planeación y el control financiero implican el uso de proyecciones basadas en algunas normas y en un proceso de retroalimentación y ajuste para mejorar el desempeño. Este proceso de planeación y control financiero implica usar *pronósticos*.

El pronóstico financiero es una de las herramientas más importantes para la planeación.

Así, el objetivo de este trabajo de tesis es proporcionar al tomador de decisiones un medio para obtener el pronóstico del tipo de cambio de diversas monedas (o divisas), en un horizonte de planeación mensual, con el cual puede planear y controlar las operaciones financieras internacionales.

Se ha elaborado un sistema que permite al decisor, proyectar la variación del tipo de cambio para obtener las tendencias de la cotización de las divisas y así ayudarle a planear las operaciones internacionales.

Se sigue el siguiente esquema de trabajo:

Es necesario saber cómo está constituido el mercado de divisas, quiénes son los principales participantes y cuáles son las principales operaciones en dicho mercado, así como los enfoques que explican la variación del tipo de cambio, siendo éstos los temas abordados en el capítulo uno (**Mercado de Divisas**), en donde también se incluyen los temas de riesgo en las operaciones del mercado de divisas, técnicas de protección financiera del tipo de cambio y financiamiento internacional.

Uno de los principales problemas del decisor financiero, como ya se ha mencionado anteriormente, es la predicción de la cotización del tipo de cambio de diversas divisas, en el capítulo dos (**Planeación Financiera Internacional**), se formulan las hipótesis necesarias para su análisis; ya que se deben conocer detalladamente los aspectos económicos que influyen directamente en la variación del tipo de cambio; con base en las hipótesis formuladas se selecciona la técnica estadística más adecuada para la resolución de dicho problema.

En el capítulo tres (**El Análisis de Series de Tiempo**) se expone la mecánica que permite modelar el problema de planeación financiera, para ello se sigue la técnica del modelo ARIMA (Autorregresivo Integrado y de Promedios Móviles). Este modelo consiste de cuatro etapas que son: Identificación, Estimación, Verificación y Aplicación. En este capítulo se exponen las tres primeras etapas y se deja para el siguiente la aplicación, que para éste trabajo de tesis es el *Pronóstico de Divisas*.

Finalmente, en el capítulo cuatro (**Modelo de Planeación Financiera**) se muestra la etapa de Aplicación en la cual se obtiene un modelo ARIMA multivariado que da solución al problema del pronóstico de divisas. Se desarrolla cada etapa del modelo aplicándose a la divisa Corona Sueca para la cotización del precio a la venta y a la divisa Dólar para su cotización a la compra.

La técnica del modelo ARIMA se aplicó a doce diferentes divisas tanto para la cotización del precio a la compra, como a la venta. En general, el pronóstico obtenido para cada serie es muy certero, al menos para los primeros puntos, los cuales representan suficientemente un medio para predecir la planeación y control de las operaciones financieras internacionales.

En el apéndice B se presentan los resultados del pronóstico de la cotización del precio tanto a la compra como a la venta, para las siguientes divisas: Corona Sueca, Dólar Canadiense, Dólar Controlado, Dólar Libre, Florín Holandés, Franco Belga, Franco Francés, Franco Suizo, Libra Esterlina, Marco Alemán, Peseta Española y Yen Japonés.

CAPITULO 1

MERCADO DE DIVISAS

El volumen de las transacciones financieras ha crecido notablemente en las últimas décadas, paralelamente el enorme incremento en el comercio e inversión internacional, que no serían posibles sin la habilidad de comprar y vender divisas extranjeras, de ahí la importancia del mercado de divisas. En el presente capítulo se proporciona información acerca de la organización y operaciones más importantes en el mercado de divisas, así como de la protección contra la variación del tipo de cambio y del financiamiento internacional.

1.1. MERCADO DE DIVISAS

El mercado de divisas es en donde se compran y venden títulos financieros con la peculiaridad de que no todos los títulos que se comercian están denominados en la misma moneda.

El propósito del mercado de divisas es permitir la transferencia del poder de compra denominado en una divisa en otra, es decir, comerciar una divisa por otra. El precio de una divisa en función de otra recibe el nombre de *tipo de cambio*.

El mercado de divisas no es un lugar físico; más bien, es una red electrónica de bancos, corredores de divisas y negociantes quienes compran y venden divisas a través del teléfono, fax y redes de comunicación. Cada nación en el mundo tiene algún tipo de mercado de divisas pero la mayoría de las negociaciones se realizan en las grandes ciudades que son centros financieros, tales como New York, Londres, París, Zurich, Amsterdam, Tokio, Toronto, Milán, Frankfurt, Roma, y algunas otras.

Existen dos tipos básicos de transacciones en el mercado de divisas, *al contado* (en inglés *spot*) y *a plazo* (en inglés *forward*), también se conocen como mercado al contado y mercado a plazo. El mercado al contado se utiliza cuando las divisas se

pagan al cabo de dos días laborales, sin embargo se consideran transacciones al contado aquellas que suponen que el pago de divisas tiene lugar en un plazo de hasta siete días. El mercado a plazo se utiliza cuando la divisa se paga en una fecha futura claramente especificada. Las transacciones a plazo generalmente se realizan en periodos de uno, tres o seis meses. A la fecha de pago se le denomina *fecha valor*.

1.2. PARTICIPANTES EN EL MERCADO DE DIVISAS

Los participantes principales en el mercado de divisas son los bancos comerciales, le siguen en importancia las grandes empresas que realizan actividades de comercio exterior o que llevan a cabo inversiones directas en el extranjero y los bancos centrales¹.

1.2.1. BANCOS COMERCIALES

Los bancos comerciales participan en el mercado de divisas como intermediarios de sus empresas clientes, que son quienes invierten en el mercado. Normalmente, el proceso de intermediación hace que el banco comercial quede en una posición fija en cada una de las monedas implicadas. Si la nueva posición no se ajusta a lo deseado, entonces el banco comerciará por cuenta propia con el fin de alcanzar la meta propuesta. De este modo, si los clientes de un banco, en lo que respecta a la compra y venta de una moneda determinada, incluyen más importadores que exportadores, el banco tenderá a encontrarse con una situación en la que las ventas de esa moneda a los importadores superarán a las compras que realice a los exportadores. Este desequilibrio afectará a la posición de inventario que el banco desea mantener respecto a esa moneda. Como consecuencia, el banco hará operaciones con otros bancos con el fin de corregir el desequilibrio. En concreto, el banco adquirirá la moneda que sus clientes demandan, entregando a cambio otras monedas sobre las que el banco tiene un exceso de inventario.

Los objetivos que trata de alcanzar el banco comercial cuando interviene en este mercado son los siguientes:

¹ Riehl, Heinz y Rodríguez, Rita M., *Mercados de divisas y mercados de dinero*, McGraw - Hill, España 1990.

Shapiro, Alan C., *Multinational financial management*, cuarta edición, Allyn and Bacon, 1992.

- a. Ofrecer el mejor servicio a sus clientes.
- b. Conseguir el balance deseado para cada una de las monedas extranjeras.
- c. Obtener un beneficio sin dejar de alcanzar los dos primeros objetivos.

Ofrecer el mejor servicio a sus clientes significa facilitarles el acceso, y ofrecerles consejos bien fundamentados acerca de los acontecimientos económicos pertinentes, tasas competitivas y, si es posible capacidad para llevar a cabo la transacción total solicitada por el cliente. Los dos primeros objetivos que persigue un intermediario en el mercado de divisas, servir al cliente y mantener equilibradas las cuentas en divisas del banco, deben ser alcanzados con una adecuada compensación económica para el banco. Los beneficios provienen de los diferenciales entre tipos de cambio de oferta y de demanda, de las comisiones y tarifas de cambio, y del float. Se crea un float cuando el banco recibe depósitos de un cliente que desea convertir fondos en otra moneda.

Cada banco que dispone de un departamento internacional activo, mantiene una cuenta con un banco corresponsal en cada país financieramente importante. El número de cuentas depende de qué tan activo sea un banco en los negocios internacionales. Algunos bancos mantienen cuentas hasta en cincuenta países, y muy frecuentemente mantienen más de una cuenta en una determinada moneda.

1.2.2. BANCOS CENTRALES

Los bancos centrales no sólo son responsables de la emisión de la moneda local y de la administración y control de la oferta monetaria, sino que son responsables del mantenimiento del valor de la moneda local con respecto a las monedas extranjeras.

En un sistema de tipos de cambio fijo, los bancos centrales están de acuerdo en mantener el valor de sus monedas dentro de una estrecha banda de fluctuación previamente pactada. Por lo tanto, en el momento en que surgen presiones, tales como que el precio de la moneda local se acerque al precio más bajo permitido por el sistema, el banco central está obligado a intervenir y a contrarrestar las fuerzas que prevalecen en el mercado. El banco central se descarga de esta responsabilidad actuando como mediador entre la oferta y la demanda. En un sistema de tipos de cambio fijos, cuando las transacciones de las instituciones financieras y no financieras no producen un equilibrio entre la oferta y la demanda de divisas extranjeras dentro de un tipo de cambio considerado aceptable, el banco central tiene que absorber la diferencia. El banco central también influye sobre los niveles de reservas exteriores y de oferta monetaria local.

Cuando en el mercado se manifiesta un exceso de demanda de moneda local, el banco central tiene que adquirir divisas extranjeras y ofrecer moneda local. Venderá

moneda local y comprará monedas extranjeras. Esto produce una entrada de divisas extranjeras, y un incremento de las reservas exteriores del país, y presiona el alza del valor de la moneda local o incrementa los precios locales. La venta de moneda local también incrementa la oferta monetaria, activará la economía y estimulará la inflación. A esto se le denomina "política involuntaria de mercado abierto".

En el caso de que en el mercado aparezca un exceso de oferta de moneda local, el banco central tiene que absorber el excedente de moneda local vendiendo una parte de sus reservas de divisas extranjeras. Comprará la moneda local y venderá monedas extranjeras. Este proceso ocasiona una salida de divisas extranjeras y una reducción de las reservas exteriores del país, crea presiones e incluso la necesidad de devaluar la moneda local o deflacionar la economía local. La compra de moneda local contribuye a reducir la oferta monetaria local y ayuda a controlar la inflación en la medida en que la menor disponibilidad de crédito estabiliza la economía. El efecto equivale a una "política involuntaria de mercado abierto".

En sistemas de tipos de cambio flotantes, los bancos centrales se encuentran en la necesidad de intervenir en el mercado de divisas, para que los mercados se mantengan tranquilos y ordenados. En un sistema de tipos de cambio de libre flotación, el valor exterior de una moneda viene determinado de la misma manera que el precio de cualquier otro bien en un mercado libre, por la oferta y la demanda.

1.2.3. EMPRESAS

La participación de las empresas en los mercados de divisas tiene dos fuentes principales: el comercio internacional y la inversión directa en el extranjero. El comercio internacional implica, el pago o el ingreso de monedas distintas de la que se usa en el propio país de la empresa o corporación. En este aspecto, la empresa no sólo se preocupa de efectuar el pago o ingreso en moneda extranjera, sino también en que la transacción se haga al precio más ventajoso posible en lo que se refiere a las divisas extranjeras. Dado que el tipo de cambio al contado de una moneda puede fluctuar entre la fecha en que se inicia la transacción de la empresa y la fecha en que se produce realmente el flujo de caja, es posible que los gerentes de las empresas quieran ver en el mercado de divisas un medio para asegurar un tipo de cambio específico.

Las inversiones directas en el extranjero es otra de las razones por las que las empresas participan en el mercado de divisas. La inversión directa en el extranjero implica no solamente la adquisición de activos en un país extranjero, sino la generación de deudas en moneda extranjera. Por esa razón suele crearse una *exposición al riesgo del cambio* en cada moneda con la que trabaja la empresa. De esta forma, si una empresa tiene una posición fija, bien activa o bien pasiva, en lo que se refiere a las

operaciones que realiza en una moneda determinada, cualquier fluctuación que se produzca en el valor de esa moneda originará, asimismo, una fluctuación en el valor de las operaciones exteriores de la empresa. Los mercados de eurodólares y euromonedas han estimulado el otorgamiento de préstamos en otras monedas además de en la moneda realmente disponible o necesitada.

1.3. TIPOS DE CAMBIO EN EL MERCADO DE DIVISAS

Los precios de las divisas extranjeras en un país determinado se expresan en la misma manera que el precio de cualquier bien o servicio en dicho país (en términos de la moneda local)².

El *tipo de cambio* es aquel que especifica el número de unidades de una moneda dada que puede comprarse con una unidad de otra moneda. Existe un convencionalismo universal en el tipo de cambio de las divisas el cual consiste en expresar todos los tipos de cambio excepto la libra esterlina sobre la base de dólares, es decir, como el precio en una divisa extranjera de un dólar de los Estados Unidos.

El tipo de cambio es doble, puesto que existe un precio para el comprador y otro para el vendedor. Estos precios o tipos de cambio son fijados por las instituciones financieras; por ello, la posición compradora y la vendedora es siempre desde el punto de vista de dichas instituciones.

El precio de compra es siempre menor que el de venta. Habitualmente el tipo comprador (T_c) se calcula a partir de un tipo base (T_b) menos una tasa de variación (c):

$$T_c = T_b(1 - c)$$

y el tipo vendedor (T_v) añadiendo al tipo base esa misma tasa:

$$T_v = T_b(1 + c)$$

La Institución financiera es un intermediario, por lo que trata de vender más caro lo que compra con el fin de obtener un beneficio.

2

Díaz de Castro, Luis y Mascareñas Pérez I., *Ingeniería financiera la gestión en los mercados financieros internacionales*, primera edición, McGraw - Hill, España, 1991.

Los dos tipos de precios (comprador y vendedor) pueden ser establecidos de dos formas diferentes. Puesto que el precio de una divisa es el precio de una moneda expresada en unidades de otra, existirán dos modalidades según que se tome como base la unidad monetaria de un país o la del otro.

a) *Forma directa*, que consiste en enunciar el valor de una unidad monetaria extranjera en términos de moneda nacional. En donde la cifra menor indica la posición compradora y la mayor la vendedora.

b) *Forma indirecta*, que consiste en manifestar el valor de una unidad monetaria nacional con respecto a cada una de las monedas extranjeras. En donde la cifra mayor indica la posición compradora y la menor la vendedora.

1.4. OPERACIONES EN EL MERCADO DE DIVISAS

En el mercado de divisas se realizan dos tipos de operaciones: al contado y a plazo.

• Las operaciones al contado se realizan inmediatamente (en el plazo de dos días máximo).

• Las operaciones a plazo son realizadas mediante un acuerdo de intercambio de moneda en un determinado momento para ser concluidas en un período futuro de uno, dos, tres y seis meses.

La compra de un contrato a plazo consiste en una técnica para eliminar la volatilidad de los flujos de efectivo ocasionada por las fluctuaciones en los tipos de cambio. El contrato a plazo de compraventa de divisas es un contrato en firme: su cumplimiento no es opcional, sino obligatorio. En este tipo de contrato acuden dos clases de participantes: los que buscan seguridad (que tratan de protegerse del riesgo de variación del tipo de cambio, es decir, eliminan incertidumbre al asegurarse un determinado tipo de cambio) y los especuladores (que tratan de beneficiarse de las variaciones que se pueden producir en el tipo de cambio).

En las operaciones a plazo puede ocurrir que los precios a plazo sean superiores a los de contado; entonces se dice que esa divisa cotiza con *prima a plazo*. Si, por el contrario, la cotización a plazo es menor a la actual, entonces la divisa cotiza con *descuento*. El precio a futuro depende del tipo de interés de cada país.

1.4.1. FECHAS VALOR EN EL TIPO DE CAMBIO AL CONTADO

La fecha valor estándar para las transacciones al contado es el día situado dos días laborables después del día en el que se ha cerrado la transacción. La razón por la que existe esta costumbre es de orden práctico y administrativo.

Una fecha valor estándar para las transacciones al contado de, o bien el mismo día, o el día siguiente, no resultaría práctica, por lo que, debe permitirse que transcurra el tiempo necesario para procesar adecuadamente todo el trabajo administrativo implicado.

1.4.2. FECHAS VALOR EN EL TIPO DE CAMBIO A PLAZO

Las fechas valor a plazo se fijan por lo general a un mes, o de acuerdo con un número entero de meses a contar desde la fecha de la operación.

Las fechas valor a plazo para un cierto número de meses en el futuro se determinan de la forma siguiente: en primer lugar se averigua cuál es la fecha valor al contado apropiada para las divisas que se comercian en el mercado de divisas. A continuación se añade el número respectivo de meses naturales a esa fecha valor al contado y se obtiene la fecha valor a plazo. Existe una excepción a esta regla. Si se añade uno o más meses naturales completos a la fecha valor al contado y si sucede que la fecha a plazo no es válida y que es el proceso de avance hasta la fecha valor válida más próxima nos sitúa dentro del mes siguiente, entonces la regla de avanzar hasta la siguiente fecha valor válida no puede aplicarse. En vez de ello se tiene que retroceder hasta quedar con la primera fecha válida. Esta primera fecha válida que se determina retrocediendo corresponderá al último día laborable válido en ese mes particular.

La razón por la que se concede este trato excepcional a las fechas valor a plazo correspondientes al final de mes, consiste en asegurarse de que al menos una vez cada mes (el día en que se tiene que contar hacia atrás para establecer la fecha valor a plazo) el último día laborable de un mes que sigue al actual sea una fecha valor a plazo estándar; esto es, un mes o número entero de meses a partir de la fecha valor al contado.

1.4.3. FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LOS TIPOS DE CAMBIO AL CONTADO

Existen dos enfoques principales para explicar el comportamiento de los tipos de cambio³. En uno de los enfoques lo que se pretende es llegar a entender las fuerzas de la oferta y la demanda de divisas analizando el comportamiento de los principales participantes en las transacciones internacionales. Ya que estas transacciones se miden en lo que se denomina la *balanza de pagos*, la previsión de los tipos de cambio implica prever el valor de las partidas que figuran en este documento y su saldo. En el otro de los enfoques principales, para prever los tipos de cambio, el centro de atención se desplaza al comportamiento de variables agregadas, tales como las tasas de inflación que se esperan y los tipos de interés.

La balanza de pagos mide las fuentes y usos de divisas durante el período indicado por el documento. Las únicas transacciones que se reflejan en la balanza de pagos son aquellas que se producen entre los ciudadanos de un país determinado y los residentes de otros países. Las transacciones entre ciudadanos de un mismo país no entran en la balanza de pagos.

Para utilizar la balanza de pagos como una medida entre la oferta y la demanda de divisas en el mercado, es necesario separar las anotaciones que corresponden a las condiciones económicas relativas de aquellas otras transacciones que se hacen solamente para equilibrar la oferta y la demanda inicial de divisas. Otro enfoque usual para determinar el impacto de la evolución de la balanza de pagos sobre los tipos de cambio consiste en realizar una lectura de como se manifiestan la oferta y la demanda en el mercado, excluyendo las anotaciones que reflejan una intervención del gobierno en ese mercado; la balanza global.

Para un país, en conjunto, la Paridad del Poder Adquisitivo (PPA) implica comparar tipos de inflación agregados o variaciones agregadas en los precios. A este nivel de agregación la PPA establece que si el tipo de inflación en un país determinado se acelera con relación a otros países, la moneda del país tenderá a depreciarse en relación a otras monedas. Para profundizar en este tema referase al apéndice A.

Existe una teoría que dice que el tipo de cambio a plazo observado es el mejor estimador disponible de los tipos de cambio al contado que prevalecerán en el futuro. Los participantes en el mercado capaces de asumir un riesgo de cambio son también capaces de realizar transacciones de cambio de dos maneras diferentes: cubiertas y no

3

Riehl, Heinz y Rodríguez, Rita M., *Mercados de divisas y mercados de dinero*, primera edición, McGraw - Hill, España, 1990.

cubiertas. El comportamiento de los participantes, quienes están constantemente considerando las dos alternativas, tienden a hacer que el tipo a plazo observado se iguale al tipo al contado que el mercado espera prevalezca en el futuro.

1.4.4. RIESGO EN LAS OPERACIONES DEL MERCADO DE DIVISAS

En las operaciones que se realizan en el mercado de divisas existen tres clases principales de riesgos: el riesgo de crédito, el riesgo de tipo de interés y el riesgo de liquidez⁴.

1.4.4.1. RIESGO DE CREDITO

El riesgo de crédito consistente en que la otra parte sea incapaz de pagar, dependiendo de si la incapacidad de pagar se produce antes de la fecha valor o en la misma fecha valor del contrato de cambio, aparece cuando la incapacidad de pagar se descubre antes de la fecha valor de un contrato.

Un riesgo de crédito en el mercado de divisas, de naturaleza más preocupante es el que se ha dado de forma preponderante en algunas de las pérdidas más importantes sufridas por los bancos comerciales. Esta situación se produce cuando la contrapartida en la transacción incurre en quiebra en el día de vencimiento y liquidación del contrato, y después de que se haya completado la primera parte de la transacción.

1.4.4.2. RIESGO DE TIPO DE INTERES

En las transacciones de cambio, el riesgo del tipo de cambio aparece bajo dos formas: (1) en las posiciones de cambio netas, y (2) en las posiciones "swaps". El caso más simple es el mantenimiento de una posición de cambio neta en una moneda dada. Si la posición es larga o de sobrecompra y la moneda se deprecia, se producirá sin duda una pérdida. Por otra parte, si se da una revalorización mientras el gestor de fondos mantiene una posición de cambio neta larga, se producirá un beneficio de tal

4

Cooper y Frazer, *The financial marketplace*, tercera edición, Addison Wesley.
Shapiro, Alan C., *Multinational financial management*, cuarta edición, Allyn and Bacon.

modificación de los tipos de cambio. Si la posición de cambio neta fuera corta o de sobreventa en esa moneda se producirían los resultados opuestos.

En el segundo caso del riesgo del tipo de cambio es cuando consiste en adoptar posiciones swaps. Una transacción swap implica que se realicen de forma simultánea una compra y una venta de una moneda para dos vencimientos diferentes. Los beneficios y pérdidas que se obtienen de una posición swap, dependen exclusivamente de la manera como vayan a evolucionar los tipos de interés de las dos monedas implicadas. Una posición swap es una posición de mercado de dinero disfrazada con contratos de cambio.

1.4.4.3. RIESGO DE LIQUIDEZ

El riesgo de liquidez está asociado con el riesgo de tipo. Los riesgos de liquidez en general surgen debido a que los movimientos de caja de una transacción no están cuadradas. El desequilibrio en los movimientos de caja es intencionado porque se espera una modificación en algún tipo, de interés o de cambio. Sin embargo, existe también un riesgo asociado con la capacidad de obtener fondos cuando previamente no se han adoptado las medidas oportunas para crear una entrada de caja; éste es el riesgo de liquidez propiamente dicho.

1.5. PROTECCION CONTRA LA VARIACION DEL TIPO DE CAMBIO

Cuando una divisa extranjera está aumentando de valor, tiene una exposición al riesgo si está en una posición corta con respecto a la divisa extranjera. Si la empresa tiene obligaciones futuras que están expresadas en unidades de moneda extranjera, su exposición al riesgo es por el aumento potencial en el valor de esas unidades. Además de las acciones específicas de la protección financiera en el mercado a plazo fijo o la solicitud y la concesión de préstamos a través de los mercados de dinero, otras políticas de negocios pueden ayudar a la empresa a lograr una posición de balance general que minimice la exposición al riesgo del tipo de cambio extranjero a una devaluación monetaria o a una revaluación monetaria hacia arriba. Específicamente, en los países cuyos valores monetarios tienden a caer, la administración local de las subsidiarias debe ser alentada para que siga las siguientes políticas:

1. Nunca tener efectivo excesivo y ocioso disponible. Si el efectivo se acumula, debe usarse para comprar activos.

2. Tratar de evitar la concesión de un crédito comercial excesivo o de crédito comercial por periodos prolongados.

3. Siempre que sea posible evitar dar anticipos relativos a órdenes de compra, a menos de que una tasa de interés sea pagada por el vendedor sobre estos anticipos desde el momento en que el comprador las pague hasta el momento de entrega.

4. Pedir prestado fondos de moneda local de bancos o de otras fuentes siempre que estos fondos puedan obtenerse a una tasa de interés no más altas que del país local ajustadas por la tasa anticipada de devaluación en el país extranjero.

5. Comprar suministros a una base de crédito comercial en el país en el cual la empresa extranjera está operando, extendiendo la fecha final de pago lo más que sea posible.

Las políticas opuestas deben seguirse en un país donde haya probabilidades de una revaluación hacia arriba en los valores de la moneda extranjera.

Algunos autores han dado razones para justificar la protección financiera (Cornell y Shapiro [1983]). 1) El impacto real de los cambios nominales de moneda serán reducidos por los efectos compensantes de la inflación relativa. 2) Los accionistas pueden reducir los riesgos de cambios extranjeros manteniendo carteras bien diversificadas. 3) Los accionistas pueden preferir que una porción de sus rendimientos sea denominada en una moneda extranjera puesto que su riesgo general se verá reducido, haciendo que sus flujos de entrada de divisas extranjeras coincidan con sus flujos de salida de moneda extranjera resultantes de la compra de bienes del extranjero. 4) La protección financiera es costosa. 5) El pedir prestado en moneda local es generalmente aún más costoso que la protección financiera a plazo fijo cuando se toma en cuenta los puntos y otros honorarios. 6) La administración no puede protegerse financieramente contra movimientos anticipados en el tipo de cambio puesto que ya están reflejados en la prima a plazo fijo y en los diferenciales de la tasa de interés. La protección financiera puede proporcionar una seguridad parcial contra los riesgos en moneda extranjera resultantes de fluctuaciones no anticipadas en los valores de las divisas extranjeras.

1.6. FINANCIAMIENTO INTERNACIONAL

Los factores generales que afectan a las decisiones de financiamiento son los mismos para el financiamiento internacional que para el financiamiento nacional. El financiamiento en un ambiente internacional hace uso de los crecientemente importantes mercados internacionales de financiamiento.

Una forma de financiamiento comercial bancario ampliamente usada en Europa está representada por los sobregiros. Un convenio de sobre giro permite a un cliente girar cheques hasta algún límite máximo especificado en exceso del saldo de la cuenta de cheques.

Una segunda forma de financiamiento, es el uso de los billetes comerciales descontados (un giro a plazo, o letra de cambio, expedida por el emisor de los bienes, vendida antes de su fecha de vencimiento) en transacciones nacionales y extranjeras.

Una tercera variación realizada en Europa, es la participación de bancos comerciales en actividades de préstamo a plazo mediano y largo.

Una cuarta práctica distintiva para el financiamiento internacional se relaciona con los arbipréstamos y el financiamiento de vínculo: ambos representan formas de igualar la oferta y la demanda de fondos prestables en relación con niveles sensibles de tasa de interés entre diferentes países. Con los arbipréstamos, o financiamiento internacional de arbitraje de interés, un prestatario obtiene préstamos en un país en donde la oferta de fondos es relativamente abundante. Los fondos solicitados en préstamo se convierten después en otra moneda extranjera necesitada por la empresa. Simultáneamente, el prestatario participa en un contrato de cambios a plazo fijo para protegerse a sí mismo sobre la reconversión de la nueva moneda extranjera original que será requerida en el momento en el que el préstamo deba ser reembolsado.

CAPITULO 2

PLANEACION FINANCIERA INTERNACIONAL

En el ámbito de una economía globalizada, se ha propiciado que cada vez más países participen en el comercio internacional, incrementándose las operaciones financieras internacionales. De esta forma, todas las transacciones internacionales tienen que realizarse en más de una divisa, poniendo a los decisores financieros en el gran dilema de planear sus operaciones con el extranjero en diversas monedas sujetas a variaciones en la cotización. Este es el tema principal que se aborda en el presente capítulo.

2.1. EL PROBLEMA DE DECISION FINANCIERA

Las transacciones e Inversiones internacionales se realizan en más de una divisa, es decir, el comprador puede pagar en una divisa y el vendedor recibir el pago en otra. Debido a que intervienen diferentes divisas se tiene que establecer una tasa de cambio que represente la relación de conversión entre ellas, a esta tasa se le conoce como tipo de cambio y no es mas que el precio de una divisa en términos de otra.

Las fluctuaciones en la cotización de precios en las divisas extranjeras causan gran preocupación en el comercio internacional, debido a ello los comerciantes hacen uso de las transacciones de tipo de cambio a plazo para eliminar o cubrir el riesgo de pérdidas en la compra o venta denominada en divisas extranjeras. Este riesgo se basa en la variabilidad del tipo de cambio al contado en el futuro.

Las transacciones a plazo permiten que las empresas internacionales transfieran el riesgo del tipo de cambio a intermediarios profesionales, quienes toman el riesgo por un precio. Los contratos a plazo se pueden realizar por cualquier cantidad, por cualquier plazo de tiempo y entre dos divisas cualesquiera en tanto que las dos partes del contrato estén de acuerdo. Estos contratos a plazo se realizan generalmente en uno, dos, tres, seis o doce meses.

Las empresas internacionales compran o venden divisas a plazo como una forma de protegerse contra la variabilidad de la cotización de los tipos de cambio. Por ejemplo, una empresa mexicana compra algún insumo a un productor alemán. El pago por dicho insumo se tendría que realizar en marcos alemanes a un plazo de 30 días después de entregada la mercancía, por lo tanto, el productor alemán estaría dando crédito comercial a la empresa mexicana por 30 días. La empresa mexicana por su parte, cree que el peso puede devaluarse con respecto al marco alemán. En este caso, si el marco alemán se revalúa dentro de los 30 días de crédito comercial, entonces se necesitarán más pesos para comprar los marcos alemanes necesarios para cubrir el pago, como consecuencia, las utilidades de la compra del insumo se perderían.

La empresa mexicana tiene la opción de aprovechar el crédito comercial de 30 días y protegerse de la variación del tipo de cambio utilizando para ello un contrato a plazo por 30 días, de esta manera cuando el pago venza, independientemente del tipo de cambio al contado a esa fecha (a los 30 días del crédito comercial), la empresa mexicana podrá obtener los marcos alemanes que necesita para cubrir el pago a la cotización del tipo de cambio del día en que se realizó el contrato. Así, la empresa mexicana podrá cubrir sus pagos con una protección contra la variabilidad de la cotización de los tipos de cambio.

La empresa mexicana se encuentra en varias situaciones, si la cotización del marco alemán con respecto al peso aumenta a la fecha del vencimiento del pago, la empresa mexicana ahorrará cierta cantidad de pesos al comprar el contrato a plazo. De esta manera, la empresa no solamente reduce el riesgo, sino que a su vez también ahorrará dinero (pesos) sobre el precio al contado. Existen algunos costos en la compra del contrato a plazo como son las comisiones.

Puede ocurrir que el marco alemán se devalue con respecto al peso, entonces para la empresa hubiera sido mejor no comprar el contrato a plazo, esperar a la fecha del vencimiento y entonces efectuar el pago.

Esto último es el riesgo de la variabilidad de la cotización de los tipos de cambio al que se ven expuestas las empresas internacionales y todos aquellos quienes participen en el mercado de divisas. Por tal motivo, es de gran importancia que los participantes de este mercado cuenten con algún método para realizar el pronóstico de la cotización de la divisa, así los decisores podrían contemplar un horizonte de planeación más veraz para la realización de sus contratos con el extranjero, obteniendo mayores utilidades en las operaciones de la empresa.

2.2. SOLUCION DEL PROBLEMA

2.2.1. ALTERNATIVA DE ANALISIS DE RIESGO DEL TIPO DE CAMBIO

El riesgo del tipo de cambio es la consecuencia natural de las operaciones internacionales en donde fluctúa la cotización de la moneda extranjera, por lo que las empresas que realizan operaciones internacionales se ven obligadas a hacer una evaluación de los tipos de cambio futuros. Sin embargo, esta valoración es muy difícil de establecer.

Para poder proyectar la variación del tipo de cambio es necesario analizar los factores que influyen directamente, para ello se consideran dos enfoques principales⁵. En el primero, la oferta y la demanda son considerados, en gran parte de la literatura de mercados financieros internacionales, como el factor clave en la cotización del tipo de cambio, en este enfoque se tiene que analizar el comportamiento de los principales participantes en las transacciones internacionales, éstas transacciones se miden en la balanza de pagos, además, el predecir los tipos de cambio implica prever el valor de las partidas que se encuentran en ese documento y su saldo. Pero, el análisis es puramente contable.

El segundo enfoque es relacionar las variables que influyen directamente en el tipo de cambio tales como la *tasa de interés* y la *tasa de inflación*. En este enfoque es posible obtener una proyección del tipo de cambio haciendo un *análisis estadístico* de los valores históricos de las tres variables.

En este trabajo de tesis se presenta el segundo enfoque, que relaciona al *tipo de cambio* con la *tasa de inflación* y la *tasa de interés*, como alternativa a seguir del decisor financiero para planear sus operaciones en el extranjero, basándose en un análisis estadístico de las tres variables implicadas.

⁵ Riehl, Heinz y Rodríguez, Rita M., *Mercados de divisas y mercados de dinero*, primera edición, McGraw - Hill, España, 1990.

2.2.2. HIPOTESIS ESTADISTICA DEL RIESGO DEL TIPO DE CAMBIO

Como ya se ha mencionado anteriormente, un aspecto importante en las finanzas internacionales es la relación que existe entre la tasa de interés, el tipo de cambio y la inflación. La tasa de inflación se refleja en la tasa de interés y viceversa, a su vez éstas influyen en el tipo de cambio. Esto afecta directamente a los métodos elegidos por las empresas internacionales para financiar sus inversiones extranjeras. De hecho, una divisa extranjera se devaluará (o se revalorará) en promedio a una tasa porcentual aproximadamente igual al monto en el cual la tasa de inflación exceda a (o sea inferior a) la tasa de inflación del propio país.

Debido a que la tasa de interés de cualquier país está determinada por su tasa de inflación y ambas afectan directamente al tipo de cambio, es necesario encontrar la mejor técnica estadística que relacione éstas tres variables para ayudar a los decisores financieros a resolver el problema del pronóstico del tipo de cambio.

El resultado obtenido del pronóstico debe tener alto grado de precisión, ya que de ello depende lograr una buena planeación financiera de las operaciones que se realicen en el mercado internacional.

Los decisores financieros por lo general, realizan sus operaciones internacionales en horizontes de planeación mensual, debido a ello es necesario que el pronóstico proporcione resultados de acuerdo a las necesidades de los decisores. Por tal motivo, la técnica que se utilice debe ser capaz de proveer proyecciones mensuales de las variables involucradas.

Las series de datos para las tres variables fueron tomadas en intervalos de tiempo específico, en donde los datos tienen dependencia entre sí. Las tres series fueron observadas en intervalos iguales (discretos).

Desde un punto de vista estadístico, el comportamiento de cada una de estas tres variables se puede explicar bajo la conceptualización de variable aleatoria. Es decir, los valores mensuales (realizaciones) que toma cada variable, en algunos casos, pueden depender de los valores pasados de la misma variable, de tal forma se tiene un conjunto de realizaciones correlacionadas entre sí de la misma variable aleatoria. Este conjunto constituye un *proceso estocástico discreto univariado*, es decir, constituyen una *serie de tiempo*.

De esta forma, se considera que la tasa de interés, la tasa de inflación y el tipo de cambio pueden ser estudiadas como series de tiempo, por lo cual son susceptibles de un análisis a través de la construcción de un modelo de series de tiempo como el modelo *Autorregresivo Integrado y de Promedios Móviles (ARIMA)*. El modelo ARIMA permite analizar series mediante la construcción de un modelo estocástico discreto, el

cual es capaz, entre otras cosas, de proyectar valores futuros de una serie de tiempo, en términos de una muestra de observaciones (o realizaciones pasadas) del proceso en estudio.

Por las consideraciones antes mencionadas, que presentan las series en estudio y bajo la hipótesis de que las series de la tasa de interés, la tasa de inflación y el tipo de cambio se comportan como las series de tiempo, es posible utilizar la metodología del "análisis de series de tiempo" que es un conjunto de técnicas, dentro de los procesos estocásticos, para el estudio de series donde las observaciones son dependientes y donde la naturaleza de ésta dependencia es de interés en sí misma.

2.2.3. EL MODELO MULTIVARIADO

La serie de tiempo univariada consiste de un conjunto de observaciones generadas secuencialmente en el tiempo. Considerando a Z como una variable aleatoria, si se realizan n observaciones a través del tiempo t , entonces se puede escribir Z_t , $t=1, \dots, n$. Un modelo de series de tiempo univariado para Z_t está formulado en términos de los valores pasados de Z_t y de su posición con respecto al tiempo t .

El pronóstico para tal modelo es la extrapolación de las series observadas en el tiempo t .

Un modelo estadístico univariado no puede tomarse como un mecanismo para describir la forma en la cual las observaciones son generadas, sino para describir su comportamiento a través del tiempo, tanto pasado como futuro. Existen dos razones para querer modelar una serie de tiempo univariada. La primera es proporcionar una descripción de las series en términos de sus componentes de interés. Por ejemplo, querer examinar la tendencia para ver los movimientos principales los cuales toman lugar en las series. El comportamiento estacional de las series podría ser de gran interés y para algunos propósitos puede ser deseable extraer la componente estacional para producir un ajuste de estacionalidad de la serie. Otro motivo para la construcción de un modelo de series de tiempo univariado es la predicción de las observaciones futuras. Como una regla, el uso del modelo para descripción podría ser usado como la base para el pronóstico. Pero, hay que considerar que el tipo de modelo depende de la naturaleza del problema.

El análisis estadístico multivariado analiza conjuntos de datos, de eventos que forman parte del mismo fenómeno. Estas observaciones son muy comunes en el aspecto financiero, tal es el caso del problema del pronóstico de divisas en donde las

series de tiempo de la tasa de interés, la tasa de inflación y el tipo de cambio pueden ser modeladas independientemente, como series univariadas. Sin embargo, debido a que están sujetas a influencias similares, es posible modelarlas en forma conjunta.

Tal como en el caso univariado, se puede suponer que una muestra aleatoria de observaciones multicomponentes es seleccionada en forma aislada o independiente. Sin embargo, la fuente común de cada observación individual generalmente conduce a dependencia o correlación entre dichas componentes, y esto es la característica que distingue a los datos y técnicas multivariadas de las univariadas.

Para nuestro problema se define a la variable aleatoria

$$Z_t = [Z_{1,t}, Z_{2,t}, \dots, Z_{m,t}],$$

donde $t = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$, como un conjunto m -dimensional de un proceso vectorial, cuyos elementos son variables aleatorias continuas unidimensionales con función de densidad $f_1(z_1), \dots, f_n(z_n)$ y función de distribución $F_1(z_1), \dots, F_n(z_n)$. Donde cada componente de este vector corresponde a cada una de las series del pronóstico de divisas (tasa de interés, tasa de inflación y tipo de cambio), es decir, corresponde al **vector de observaciones**.

Las series pueden analizarse pensando que son una realización particular producida por algún mecanismo subyacente de probabilidad del sistema bajo estudio. De esta manera para el análisis, es posible considerar a las series de tiempo como realizaciones independientes de un proceso estocástico discreto.

2.3. INFORMACION DISPONIBLE

El modelo ARIMA requiere un alto nivel de entendimiento de la técnica en sí, apoyándose en la computadora como herramienta fundamental para la realización de los cálculos necesarios.

Además es esencial conocer el pasado histórico de las series en estudio, por lo que fue necesario recopilar los datos de la tasa de interés, la tasa de inflación y el tipo de cambio de la forma siguiente: para la tasa de interés se consultó la cotización de los CETES (Certificados de Tesorería) a 28 días, para la tasa de inflación se consultó el INPC (Índice Nacional de Precios al Consumidor) mensual y para el tipo de cambio tanto a la compra como a la venta se consultó la última cotización de cada mes para las siguientes divisas:

- Corona Sueca
- Dólar Canadiense
- Dólar Controlado
- Dólar Libre
- Florín Holándes
- Franco Belga
- Franco Francés
- Franco Suizo
- Libra Esterlina
- Marco Alemán
- Peseta
- Yen Japonés

Todas las series de datos se consultaron del periodo que comprende del mes de enero de 1985 al mes de junio de 1996.

CAPITULO 3

EL ANALISIS DE SERIES DE TIEMPO

Una gran cantidad de información obtenida en la economía, ingeniería, ciencias naturales, ciencias sociales, etcétera, ocurre en forma de series de tiempo, de ahí que el **análisis de series de tiempo** es una área que ha sido considerada como objeto de estudio desde hace algunas décadas.

El enfoque del análisis de series de tiempo que aquí se presenta es el ARIMA (Autorregresivo Integrado y de Promedios Móviles). En el cual se propone una estrategia para construir modelos en donde además de representar el comportamiento de los datos observados, la elección del modelo debe ser sugerida por los mismos datos. En el presente capítulo se expone la técnica para la construcción de modelos, que consiste en cuatro etapas: identificación, estimación, verificación y aplicación.

3.1. ESTRATEGIA DE CONSTRUCCION DE MODELOS

El enfoque que aquí se presenta es una técnica compleja y recursiva, produce un modelo *Autorregresivo Integrado y de Promedios Móviles* (ARIMA(p,d,q)) de la forma siguiente:

$$\Phi_p(B)(I - IB)^d Z_t - \Theta_q(B)a_t \quad (3.1.1)$$

en donde:

1. $\Phi_p(B)$ es llamada la matriz de polinomios autorregresivos de orden p

$$\Phi_p(B) = 1 - \Phi_1 B - \Phi_2 B^2 - \dots - \Phi_p B^p \quad (3.1.2)$$

Este polinomio representa al proceso AR(p), el cual es invertible. Para que el proceso sea estacionario se requiere que los ceros del $|I - \Phi_1(X) - \dots - \Phi_p(X)|$ estén fuera del círculo unitario o equivalentemente las raíces del $|\lambda^p I - \lambda^{p-1} \Phi_1 - \dots - \Phi_p| = 0$ estén dentro del círculo unitario.

2. $\Theta_q(B)$ es llamada la matriz de polinomios de promedios móviles de orden q

$$\Theta_q(B) = 1 - \Theta_1 B - \Theta_2 B^2 - \dots - \Theta_q B^q \quad (3.1.3)$$

Este polinomio representa al proceso MA(q), el cual es estacionario. Para que el proceso sea invertible se requiere que los ceros del $|I - \Theta_1(X) - \dots - \Theta_q(X)|$ estén fuera del círculo unitario.

3. $(I - IB)^d$ es el operador diferencia. El operador diferencia para el proceso del vector tiene la siguiente representación:

$$D(B)^d Z_t = (I - IB)^d Z_t \quad (3.1.4)$$

donde

$$D(B)^d = \begin{bmatrix} (1-B)^{d_1} & & \\ & (1-B)^{d_2} & \\ & & \ddots \\ & & & (1-B)^{d_m} \end{bmatrix} \quad (3.1.5)$$

y (d_1, d_2, \dots, d_m) es el conjunto de enteros no negativos.

4. a_t es el vector aleatorio m -dimensional de ruido blanco, consiste de una secuencia de variables aleatorias no correlacionadas con media cero y una matriz de covarianza simétrica definida positiva.

5. Z_t es el vector de observaciones.

Este enfoque ajusta factores de tendencia y de estacionalidad, estima valores apropiados a los parámetros, verifica el modelo y repite el ciclo hasta encontrar el resultado esperado. Consiste de cuatro etapas que son las siguientes:

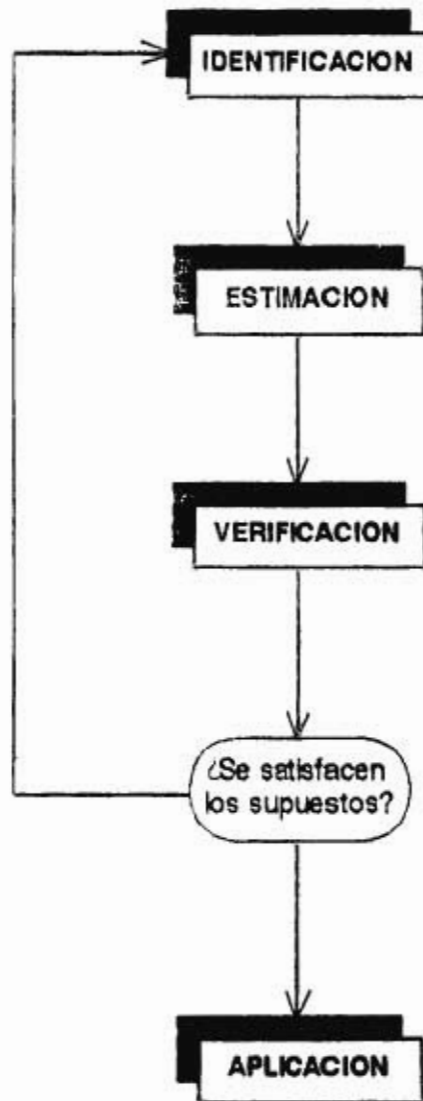
1. **Identificación.** En esta parte se trata de encontrar un posible modelo dentro de los modelos ARIMA(p,d,q).

2. **Estimación.** Una vez identificado el modelo es necesario estimar los valores de los parámetros que intervienen en tal, para ello se utilizan técnicas no lineales.

3. **Verificación.** Es necesario que se cumplan los supuestos básicos: estacionalidad, matriz de covarianza constante, autocorrelación cero, etc. El modelo debe proporcionar el ajuste adecuado; de lo contrario se debe determinar cuales son las modificaciones apropiadas repitiendo las etapas necesarias para lograrlo.

4. **Aplicación.** Esta etapa se refiere al uso adecuado que deberá de hacer quien construya el modelo, puede ser pronóstico, control, explicación del fenómeno en estudio, etc. En este trabajo la aplicación es el pronóstico.

Las etapas del modelo ARIMA se muestran en el diagrama de bloques siguiente:



3.2. IDENTIFICACION

En esta primera etapa se intenta encontrar una especificación inicial para el modelo, esto es determinar los valores apropiados de los parámetros (p,d,q).

El paso esencial en el análisis preliminar es la graficación de las series. Esto es, combinar el conocimiento anterior de la naturaleza de las series para proporcionar la base para la especificación del modelo.

A través de una examinación cuidadosa de las gráficas, es posible identificar si las series contienen tendencias, estacionalidad, y otros fenómenos anormales y no estacionarios; esto proporciona una base para aplicar una posible transformación a las series observadas con el propósito de eliminar dichos factores.

Existen muchas series que tienen media constante, pero su varianza y autocovarianza pueden ser no estacionarias. Para resolver este problema es necesario emplear una transformación que estabilice la varianza, tal como la **transformación potencia**:

$$T_{\lambda}(Z_t) = \begin{cases} Z_t^{\lambda} & \text{si } \lambda \neq 0 \\ \log(Z_t) & \text{si } \lambda = 0 \end{cases} \quad (3.2.1)$$

Donde λ es llamada el parámetro de transformación. Cuando $\lambda = 0$ corresponde a una **transformación logarítmica**.

Si el modelo tiene tendencia lineal, ya sea creciente o decreciente, puede ser apropiado reducir las series a estacionarias por medio del operador diferencia (ecuaciones 3.1.4 y 3.1.5).

En la ecuación 3.1.1 Z_t representa al vector de observaciones, pero una vez que se ha aplicado la transformación y/o el grado de diferenciación adecuado se obtiene que

$$W_t = D(B)^d T_{\lambda}(Z_t) \quad (3.2.2)$$

el vector se representa como

$$\Phi_d(B) W_t = \Theta_d(B) a_t \quad (3.2.3)$$

donde W_t representa al vector de observaciones propiamente transformado y/o diferenciado de orden d .

Una vez que se ha decidido el orden de la diferenciación $D(B)^d$, se calcula y examina la función de la matriz de autocorrelación y la función de la matriz de autocorrelación parcial de las series propiamente transformadas y diferenciadas para identificar el orden de p y/o q (donde p es el orden mayor en el polinomio autorregresivo $AR(p)$ y q es el orden mayor en el polinomio de promedios móviles $MA(q)$).

3.2.1. FUNCION DE LA MATRIZ DE AUTOCORRELACION

Mediante el empleo de la función de la matriz de autocorrelación es posible identificar el orden del parámetro q para el modelo de promedios móviles.

Dado un vector de series de tiempo de n observaciones W_1, W_2, \dots, W_n , la función de la matriz de autocorrelación muestral está dada como

$$\hat{\rho}_{ij}(k) = \left[\frac{\sum_{t=1}^{n-k} (W_{it} - \bar{W}_i)(W_{j,t+k} - \bar{W}_j)}{\left[\sum_{t=1}^n (W_{it} - \bar{W}_i)^2 \sum_{t=1}^n (W_{jt} - \bar{W}_j)^2 \right]^{1/2}} \right] \quad (3.2.1.1)$$

donde las $\rho_{ij}(k)$ son la correlación muestral de los componentes i -ésimos y j -ésimos, y \bar{W}_i y \bar{W}_j son las medias muestrales de los componentes de las series. Cuando las W_t son ruido blanco la covarianza y la varianza están dadas por

$$\text{Cov} [\hat{\rho}_y(k), \hat{\rho}_y(k+s)] = \frac{1}{n-k} \quad (3.2.1.2)$$

$$\text{Var} [\hat{\rho}_y(k)] = \frac{1}{n-k} \quad (3.2.1.3)$$

3.2.2. FUNCION DE LA MATRIZ DE AUTOCORRELACION PARCIAL

No es posible detectar el orden de un proceso AR(p) con el sólo uso de la función de la matriz de autocorrelación, por lo cual se requiere de la función de la matriz de autocorrelación parcial, que es una extensión de la definición de la autocorrelación parcial univariada para el caso del vector de series de tiempo derivándose la matriz de correlación entre W_t y W_{t+s} después de eliminar las dependencias lineales de cada una en los vectores W_{t+1} , W_{t+2} , ..., y W_{t+s-1} . Esto está definido como la correlación entre el vector residual

$$\begin{aligned} \mu_{s-1,t,s} &= W_{t+s} - \alpha_{s-1,1} W_{t+s-1} - \dots - \alpha_{s-1,s-1} W_{t+1} \\ &= \begin{cases} W_{t+s} - \sum_{k=1}^{s-1} \alpha_{s-1,k} W_{t+s-k} & s \geq 2 \\ W_{t+1} & s = 1 \end{cases} \end{aligned} \quad (3.2.2.1)$$

y

$$v_{s-1,t} = W_t - \beta_{s-1,1} W_{t-1} - \dots - \beta_{s-1,s-1} W_{t-s+1}$$

$$= \begin{cases} W_t - \sum_{k=1}^{s-1} \beta_{s-1,k} W_{t-k} & s \geq 2 \\ W_t & s = 1 \end{cases} \quad (3.2.2.2)$$

Las matrices de coeficientes de regresión lineal multivariada $\alpha_{p-1,k}$ y $\beta_{p-1,k}$ son tales que minimicen $E[|\mu_{p-1,t+s}|^2]$ y $E[|v_{p-1,t}|^2]$ respectivamente.

De esta forma la $\text{var}(u_{p-1,t+s})$ está denotada por $V_u(s)$, la $\text{var}(v_{p-1,t})$ por $V_v(s)$, y la $\text{cov}(v_{p-1,t}, u_{p-1,t+s})$ por $V_{vu}(s)$.

La función de la matriz de autocorrelación parcial para un retraso s es

$$F(s) = [D_v(s)]^{-1} V_{vu}(s) [D_u(s)]^{-1} \quad (3.2.2.3)$$

donde $D_v(s)$ es una matriz diagonal en la cual los i -ésimos elementos diagonales son raíces cuadradas de los i -ésimos elementos diagonales de $V_v(s)$, y $D_u(s)$ está igualmente definida para $V_u(s)$.

3.2.3. ESTADISTICO DE PRUEBA $X(s)$

Una forma de probar que los valores p y q identificados en las funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial son los adecuados es calculando el estadístico $X(s)$ ⁶. Debido a que los elementos estimados de la función de autocorrelación parcial (de la ecuación 3.2.2.3) $\hat{P}(s)$, denotados $\hat{P}_{ij}(s)$, se comportan asintóticamente distribuidos con media cero y varianza $1/n$, así $n[\hat{P}_{ij}(s)]^2$ es asintóticamente distribuida como una χ^2 , entonces se calcula el estadístico

⁶ Wey, W., *Time Series Analysis. Univariate and Multivariate Methods*, Addison Wesley, 1990.

$$\chi^2(\theta) = n \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m [\hat{P}_{ij}(\theta)]^2 \quad (3.2.3.1)$$

donde n es el número de observaciones y es asintóticamente distribuida como una χ^2 con m^2 grados de libertad. Donde el número de grados de libertad es igual al número de términos usados en la función de autocorrelación parcial menos el número de parámetros estimados. Asimismo para la función de autocorrelación.

3.3. ESTIMACION

El proceso de identificación formula un modelo tentativo pero no es suficiente, se necesita obtener la estimación eficiente de los parámetros restantes para que dicho modelo represente apropiadamente a las series en consideración. Es decir, una vez que se conocen los valores de p para el modelo AR (autorregresivo) y q para el modelo MA (promedios móviles), así como el grado de diferenciación d , es necesario estimar los valores de ϕ y θ del modelo de la familia general ARIMA.

La ecuación (3.2.3) es usada para representar las series de tiempo en estudio. La estimación de los parámetros involucra el uso de los datos muestrales en conjunto con algún método estadístico. En este trabajo la estimación de los parámetros se lleva a cabo mediante el empleo de un método de estimación puntual: el método de *Máxima Verosimilitud*⁷ el cual se describe en la siguiente sección.

3.3.1. METODO DE MAXIMA VEROSIMILITUD

El método de estimación por máxima verosimilitud selecciona como estimaciones aquellos valores de los parámetros que tienen la propiedad de maximizar la función de verosimilitud (la función de probabilidad o la función de densidad conjunta) de la muestra aleatoria observada.

⁷ Wei, W. S., *Time Series Analysis. Univariate and Multivariate Methods*. Addison Wesley, 1990.

Los valores de los parámetros los cuales maximizan la función de verosimilitud, son llamados *estimadores de máxima verosimilitud*.

Considerando la ecuación (3.2.2), donde las observaciones pueden generar una serie W_1, W_2, \dots, W_n , se tiene que $Y_t = W_t - E[W_t]$ y $\{a_t\}$ es un proceso de ruido blanco con distribución de probabilidad normal multivariada, media cero y matriz de covarianza simétrica definida positiva.

$$p(a | \Phi, \Theta, \Sigma) = (2\pi\Sigma)^{-n/2} \exp \left[- \left(\sum_{t=1}^n a_t^2 / 2\Sigma \right) \right] \quad (3.3.1.1)$$

donde

$$a_t = Y_t - \Phi_1 Y_{t-1} - \Phi_2 Y_{t-2} - \dots - \Phi_p Y_{t-p} + \Theta_1 a_{t-1} + \Theta_2 a_{t-2} + \dots + \Theta_q a_{t-q} \quad (3.3.1.2)$$

Considerando condiciones iniciales para los valores (W_t, a_t) es posible reemplazar a W_t por su valor esperado donde $E[W_t] = \alpha$, y α tiende a cero. Y a $\{a_t\}$ por su valor esperado donde a_{p+1}, \dots, a_p es igual a cero.

El método de máxima verosimilitud tiene la propiedad de proporcionar estimadores que son funciones de estadísticos suficientes, siempre y cuando el estimador de máxima verosimilitud sea único. Además, proporciona el estimador eficiente, si es que existe. Sin embargo, los estimadores de máxima verosimilitud son generalmente sesgados. Debido a la naturaleza de la función de verosimilitud se escoge, por lo común, maximizar el logaritmo natural de la función de verosimilitud.

La función de verosimilitud está asociada con los valores de los parámetros (Φ, Θ, Σ) , la cual depende del vector de observaciones W_t , y se representa por:

$$\ln L(\Phi, \Theta, \Sigma | Z) = - \frac{n-p}{2} \ln |2\pi\Sigma| - \frac{1}{2} tr \Sigma^{-1} S_0(\Phi, \Theta) \quad (3.3.1.3)$$

donde

$$S_*(\Phi, \Theta) = \sum_{t=p+1}^n a_t a_t' \quad (3.3.1.4)$$

Aquí el problema consiste en encontrar los valores Φ, Θ que minimicen la ecuación (3.3.1.4) y posteriormente se determina el estimador de la covarianza que maximice el logaritmo de la función de verosimilitud (3.3.1.3).

La ecuación (3.3.1.4) no tiene solución analítica, por lo tanto es necesario utilizar algún método numérico para encontrar los valores que minimicen $S_*(\Phi, \Theta)$. En este trabajo se emplea el método de optimización no lineal de *Davidon-Fletcher-Powell*⁶, el cual es un método de variable métrica y está considerado como uno de los métodos más eficientes de optimización de funciones no restringidas.

3.3.2. ALGORITMO DEL METODO DE DAVIDON-FLETCHER-POWELL

Se considera una función $f(y)$ de n variables. Se escoge un punto inicial x_k , donde $k, k = 1, k = 2, \dots, n$ (son los nuevos puntos) y una matriz D_j , simétrica, definida positiva, que se evalúa en cada iteración $j, j = 1, \dots, n$.

Esta matriz se actualiza en cada iteración y con ella se calculan las direcciones conjugadas d_j y las longitudes λ_j de la iteración $j, j = 1, \dots, n$.

PASO INICIAL. Se toma $\epsilon > 0$ para la terminación escalar. Se escoge un valor inicial x_1 y una matriz inicial simétrica definida positiva D_1 . Se toma $y_1 = x_1$, así como $k = j = 1$, y se continua con el paso principal.

PASO PRINCIPAL

1. Si $\|\nabla f(y_j)\| < \epsilon$, parar; de lo contrario hacer: $d_j = -D_j \nabla f(y_j)$ y dejar que λ_j sea una solución óptima para el problema de minimizar $f(y_j + \lambda d_j)$ sujeta a $\lambda \geq 0$.

Se define un parámetro p_j , donde

⁶ Bazaraa, M., Shetty, C.M.. *Nonlinear Programming. Theory and Algorithms*. John Wiley & Sons, 1979.

$$p_j = \lambda_j d_j$$

por lo que

$$y_{j+1} = y_j + \lambda_j d_j \quad \circ \quad y_{j+1} = y_j + p_j$$

Si $j < n$, entonces ir al paso 2.

Si $j = n$, entonces $y_j = x_{k+1} = y_{n+1}$, reemplazar k por $k+1$, dejar $j=1$, y repetir el paso 1.

2. Construir la matriz D_{j+1} como sigue:

$$D_{j+1} = D_j + A_j + B_j \tag{3.3.2.1}$$

donde

$$A_j = \frac{p_j p_j^T}{p_j^T q_j} \tag{3.3.2.2}$$

$$q_j = \nabla f(y_{j+1}) - \nabla f(y_j) \tag{3.3.2.3}$$

y

$$B_j = - \frac{D_j q_j q_j^T D_j}{q_j^T D_j q_j} \tag{3.3.2.4}$$

Se sustituyen las ecuaciones (3.3.2.2) y (3.3.2.4) en la ecuación (3.3.2.1).

Reemplazar j por $j+1$, y repetir el paso 1.

3.4. VERIFICACION

En la construcción del modelo ARIMA primero se identifica un modelo tentativo, posteriormente se estiman los parámetros; ahora es necesario verificar si el modelo es el adecuado, sino es así es necesario volver a los pasos anteriores hasta encontrar el modelo más satisfactorio. La verificación es realizada para asegurar que el modelo sea consistente con los datos. La verificación se aplica con el objeto de descubrir posibles carencias en el ajuste y diagnóstico del proceso. Si se encuentra algo inadecuado entonces el ciclo de identificación, estimación y verificación se repite hasta que se encuentre una representación adecuada.

Cada vez que se han estimado los parámetros, es posible verificar que el modelo sea el adecuado a través de un diagnóstico cuidadoso del análisis de los residuales

$$\hat{a}_t = Y_t - \hat{\Phi}_1 Y_{t-1} - \dots - \hat{\Phi}_p Y_{t-p} + \hat{\Theta}_1 \hat{a}_{t-1} + \dots + \hat{\Theta}_q \hat{a}_{t-q}, \quad (3.4.1)$$

donde $\hat{\Phi}_1$ y $\hat{\Theta}_1$ son los estimadores de los parámetros Φ_1 y Θ_1 y Y_t representa W_t si $E[W_t] = 0$.

Al analizar los residuales observados $\{\hat{a}_t\}$, se analiza básicamente lo que debería ser una realización del proceso de ruido blanco $\{a_t\}$, por lo que, los supuestos básicos son que $\{a_t\}$ es un proceso de ruido blanco, esto es, los a_t son choques aleatorios con autocorrelación y con media cero ($\mu = 0$) y matriz de covarianza constante. Los residuales son aquella parte de las observaciones que no es explicada por el modelo, miden la discrepancia entre los valores observados y los valores estimados por el modelo.

Los supuestos anteriores se analizan de la forma siguiente:

Para verificar que se cumple con el supuesto de que la media es cero, se calcula la media aritmética y la desviación estándar muestral de los residuales.

Si la media de los residuales es significativamente distinta de cero, implica que existe una parte determinista o semideterminista en $\{\hat{a}_t\}$ que no ha sido considerada por el modelo, por lo tanto es necesario verificar si hace falta incluir alguna diferencia o algún término autorregresivo más en el modelo. También es posible incluir una tendencia determinista Θ_0 , donde el valor inicial para Θ_0 viene dado por la media de los residuales. Esto último se analiza de la siguiente forma.

Se tiene la ecuación

$$\hat{\Phi}_p(B)[W_t - E[W_t]] = \hat{\Theta}_q(B)\hat{a}_t \quad (3.4.2)$$

donde

$$E[\hat{a}_t] - \beta, \text{ tiende a } 0 \quad (3.4.3)$$

Se suma cero a los residuales

$$\begin{aligned} \hat{\Phi}_p(B)[W_t - E[W_t]] &= \hat{\Theta}_q(B)[\hat{a}_t - \beta + \beta] \\ &= \hat{\Theta}_q(B)[\hat{a}'_t + \beta] \\ &= \hat{\Theta}_q(B)\hat{a}'_t + \hat{\Theta}_q(B)\beta \end{aligned} \quad (3.4.4)$$

Donde $\hat{\Theta}_q(B)\beta$ es la parte determinista Θ_0 , pero como $E[\hat{a}'_t] = 0$, entonces no es considerado el término determinista en el modelo.

Es posible verificar si la matriz de covarianza es semidefinida positiva, obteniendo los valores propios de la matriz. A su vez si al graficar los residuales contra el tiempo, existen tendencias de crecimiento o de decrecimiento es posible aplicar la transformación adecuada para eliminarlas según sea el caso.

Los elementos del vector de variables aleatorias $\{\hat{a}_t\}$ deben ser mutuamente independientes, es decir, deben tener autocorrelación $\rho_k(a) = 0$ para toda k distinta de cero.

Las condiciones precisas para verificar la estacionariedad y la invertibilidad para un modelo del vector ARIMA son que los valores distintos de cero del determinante $|\Phi_p(B)|$ y $|\Theta_q(B)|$ estén dentro del círculo unitario. Un vector del modelo ARIMA es estacionario si el determinante de la matriz polinomial AR es constante o los ceros están colocados fuera del círculo unitario. Es invertible si el determinante de la matriz polinomial MA es constante o los ceros están colocados fuera del círculo unitario.

3.4.1. PERIODOGRAMA ACUMULATIVO MUESTRAL

En algunas situaciones, particularmente en el ajuste de series de tiempo estacionales, es muy común que no se tome en cuenta adecuadamente las características periódicas de las series. El periodograma, está específicamente diseñado para detectar los patrones periódicos en los antecedentes de un proceso de ruido blanco.

El periodograma de una serie de tiempo a_t , $t = 1, 2, \dots, n$, esta definido como:

$$I(f_i) = \frac{2}{n} \left[\left(\sum_{t=1}^n a_t \cos 2\pi f_i t \right)^2 + \left(\sum_{t=1}^n a_t \sin 2\pi f_i t \right)^2 \right] \quad (3.4.1.1)$$

donde $f_i = i/n$ es la frecuencia. Este es un dispositivo para correlacionar las a_t con cada seno y coseno de diferentes frecuencias.

Se utiliza para visualizar las protuberancias que pueden ocurrir cuando los residuales contienen periodicidad. Se utilizan líneas límite cerca de la línea teórica. Las líneas límite son tales que si las $\{\hat{a}_t\}$ de las series fueron ruido blanco, entonces el periodograma acumulativo podría derivar una línea suficientemente recta a través de estos límites sólo con la probabilidad determinada.

Las líneas límite son tales que, para series realmente aleatorias, ellas pueden ser cruzadas una porción ϵ de tiempo. Las líneas límite se dibujan a una distancia $\pm k_\epsilon / \sqrt{q}$ arriba y abajo de la línea teórica, donde $q = (n - 2)/2$ para n par y $q = (n - 1)/2$ para n impar. Los valores para ϵ y k_ϵ se muestran en la siguiente tabla:

ϵ	1%	5%	10%	25%
k_ϵ	1.63	1.36	1.22	1.02

3.4.2. CONSIDERACIONES GENERALES

En general existen algunos puntos importantes que hay que considerar en la selección del modelo los cuales se listan a continuación.

- 1) Los modelos deben ser parsimoniosos, esto implica utilizar el menor número de parámetros para una representación adecuada.
- 2) En un modelo econométrico la teoría económica puede proporcionar información anterior en el tamaño o magnitud de varios parámetros y el modelo estimado puede ser consistente con esta información. Más generalmente, el modelo puede ser consistente con algún conocimiento previo, no necesariamente que derive de la teoría económica.
- 3) Un modelo será incapaz de predecir valores los cuales violen las restricciones definidas.
- 4) Así como se proporcionó un buen ajuste dentro de la muestra, un modelo puede proporcionar o dar un buen ajuste fuera de la muestra. Para que esto sea posible, los parámetros deberían ser constantes dentro del periodo muestral y esta constancia puede ser llevada en muestras de periodos posteriores (pronóstico).

3.5. APLICACION

Una vez que se han concluido satisfactoriamente las etapas de identificación, estimación y verificación, la última etapa en el proceso para construir modelos del tipo ARIMA es la aplicación, la cual se refiere al uso adecuado del modelo obtenido para el objeto de estudio para el cual se haya realizado.

En este trabajo de tesis se presenta como objeto de estudio la construcción del modelo de Pronóstico de Divisas, para lo cual se elaboró un sistema que proporcionará la proyección de éste indicador financiero. El desarrollo para la construcción de este modelo se expone en el capítulo siguiente.

CAPITULO 4

MODELO DE PLANEACION FINANCIERA

El pronóstico es esencial tanto para individuos como para organizaciones. La predicción es de gran importancia para la planeación y control de las operaciones en múltiples áreas. Dentro de las finanzas internacionales, las operaciones comerciales se realizan en diferentes tipos de divisas, siendo de vital importancia el pronóstico de los valores de los tipos de cambio. Tomando como base lo expuesto en los capítulos anteriores, en el presente se desarrolla un modelo de *series de tiempo multivariado* para obtener el pronóstico de divisas.

4.1. CONSTRUCCION DEL MODELO DE PLANEACION FINANCIERA

En muchas ocasiones el análisis de series de tiempo involucra observaciones de varias variables, tal es el caso de nuestro problema del pronóstico de divisas, en donde su estudio se refiere al análisis simultáneo de la *tasa de Interés*, la *tasa de Inflación* y, por supuesto, de la cotización del *tipo de cambio*. Así, es necesario generalizar el análisis de series de tiempo para el caso del modelo de un **vector de series de tiempo** para desarrollar la relación que existe entre las variables implicadas.

Siguiendo la técnica del modelo ARIMA, en las siguientes secciones se presentan las etapas para la construcción del modelo ARIMA(p,d,q) multivariado del **pronóstico de divisas**, las cuales son identificación, estimación, verificación y aplicación, aplicadas a la divisa CORONA SUECA para su cotización a la venta y DOLAR para su cotización a la compra.

Es importante señalar que en este trabajo únicamente se presentan detalladamente el caso de la CORONA SUECA y del DOLAR por razones de espacio; en el caso de las divisas restantes se presentan sólo los resultados, que se encuentran en el apéndice B.

4.1.1. IDENTIFICACION DEL MODELO

Esta etapa tiene como objetivo encontrar los órdenes del polinomio autorregresivo AR(p) y del polinomio de promedios móviles MA(q) que permitan especificar un modelo de la familia ARIMA(p,d,q). Inicialmente se graficaron las series originales (que consisten cada una de 138 observaciones mensuales de los últimos once años), la serie de la cotización a la venta de la CORONA SUECA, la serie del INPC y la serie de los CETES (Fig. 4.1). Se observaron cuidadosamente, con el fin de identificar aspectos anormales en su comportamiento, es decir, que las series no sean estacionarias.

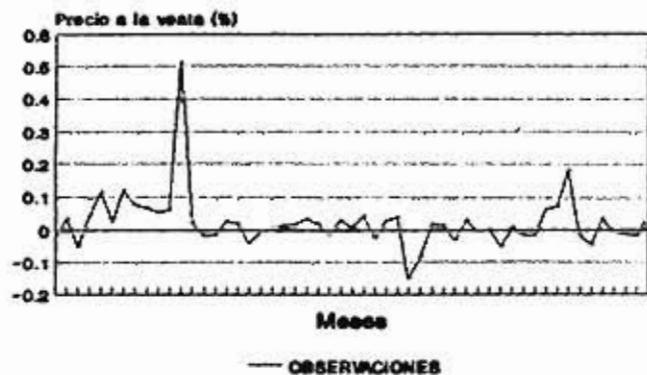
Las series en estudio presentaron tendencias significativas, por lo que fue necesario aplicar el operador diferencia para estabilizar el nivel de las series y reducirlas a series estacionarias. El análisis final indica que el orden adecuado de diferenciación es 1 (Fig. 4.2). Si se hubiese escogido un orden mayor se cae en la *sobrediferenciación*.

De la ecuación 3.2.2, debido a que no fue necesario aplicar alguna transformación se tiene que $\lambda = 1$, por lo tanto $W_t = D(B)^d Z_t$, entonces el operador diferencia (de la ecuación 3.2.3) para el proceso del vector es

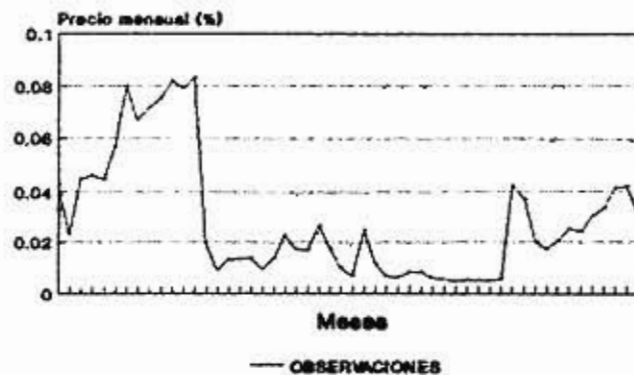
$$D(B) = \begin{bmatrix} (1-B)^1 & & \\ & (1-B)^1 & \\ & & (1-B)^1 \end{bmatrix} \quad (4.1.1.1)$$

Una vez elegido el orden adecuado de diferenciación, se procedió a encontrar los valores p y q mediante la aplicación de la función de autocorrelación para identificar un posible proceso MA(q) (proceso de promedios móviles); a su vez se calculó la función de autocorrelación parcial para identificar posibles componentes del tipo AR(p) (proceso autorregresivo). Asimismo, estas funciones permitieron confirmar el grado de diferenciación necesario para el modelo en estudio.

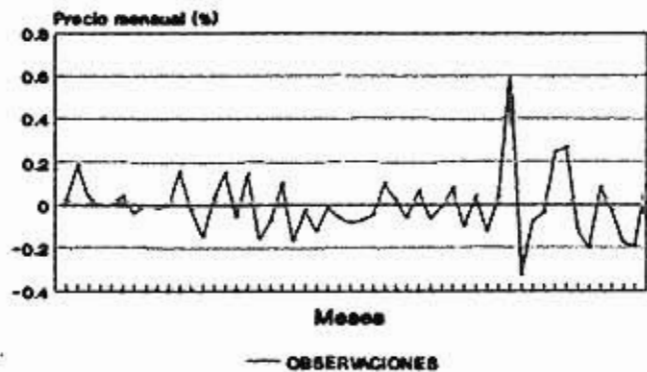
CORONA SUECA Precio a la venta



INPC BASE 1995



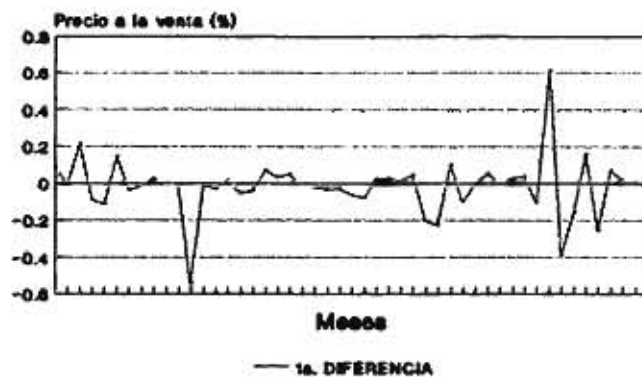
CETES Mercado primario



OBSERVACIONES

FIG. 4.1

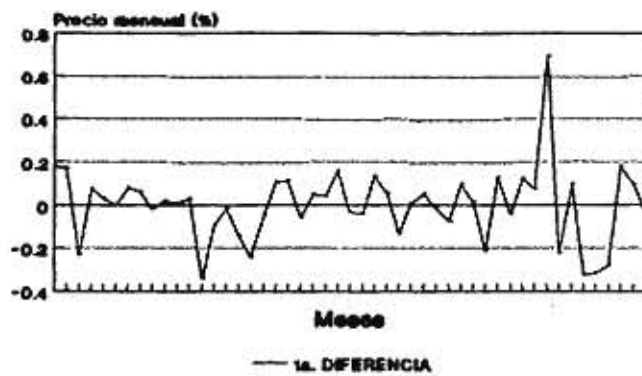
CORONA SUECA Precio a la venta



INPC Base 1995



CETES Mercado primario



PRIMERA DIFERENCIA

FIG. 4.2

Las funciones de autocorrelación y de autocorrelación parcial fueron calculadas y graficadas, con el objeto de encontrar los valores adecuados de los parámetros de los componentes de promedios móviles MA(q) y/o del tipo autorregresivo AR(p) (Fig. 4.3 a la 4.8).

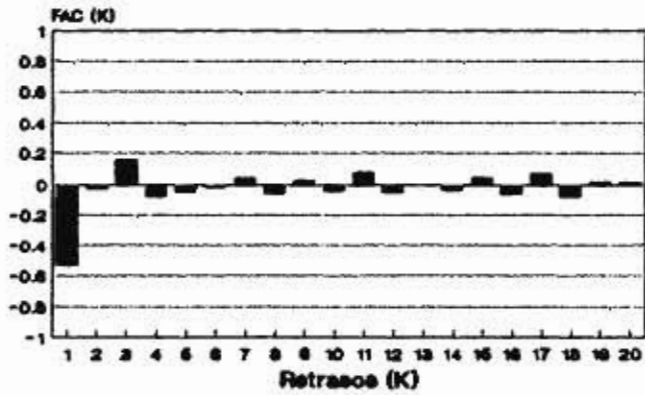
Al calcular cada uno de los componentes de las funciones de autocorrelación y de autocorrelación parcial, se obtienen dos matrices del tipo siguiente:

CORONA_S, CORONA_S	CORONA_S, INPC	CORONA_S, CETES
INPC, CORONA_S	INPC, INPC	INPC, CETES
CETES, CORONA_S	CETES, INPC	CETES, CETES

Se analizaron todos los valores de ambas matrices, iniciando con los elementos de la diagonal principal, con el propósito de identificar cada uno de los procesos univariados que forman parte del proceso multivariado. Además, se observó que algunos de los primeros 12 retrasos de la función de autocorrelación tendían a cero, mientras que casi todos los posteriores a 12 no fueron significativos. La función de autocorrelación parcial se comportó de manera similar. Este comportamiento evidenció un *componente estacional de orden 12* en el proceso, el cual se identifica con factores estacionales que afectan a los procesos económicos y financieros en forma de *ciclos anuales (12 meses)*.

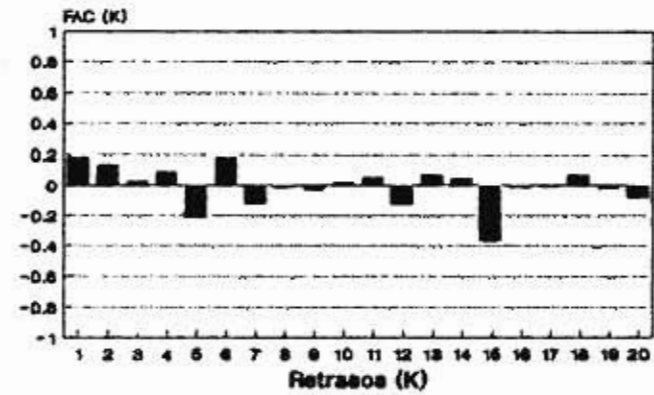
Al analizar cuidadosamente la gráfica de la función de la matriz de autocorrelación, se observó que los valores más significativos y repetitivos para los mismos componentes de la matriz caen en 1 y 2. Asimismo, para la función de la matriz de autocorrelación parcial, los valores más significativos y repetitivos para los mismos componentes de la matriz caen en 6, 7 y 8.

CORONA SUECA (VENTA)
FAC(CORONA_S,CORONA_S)



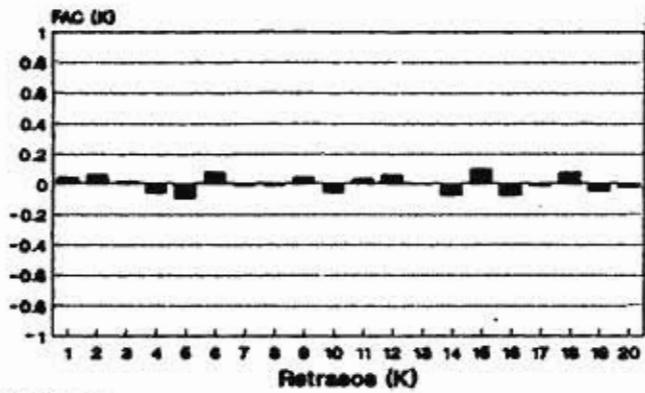
IDENTIFICACION

CORONA SUECA (VENTA)
FAC(CORONA_S,INPC)



IDENTIFICACION

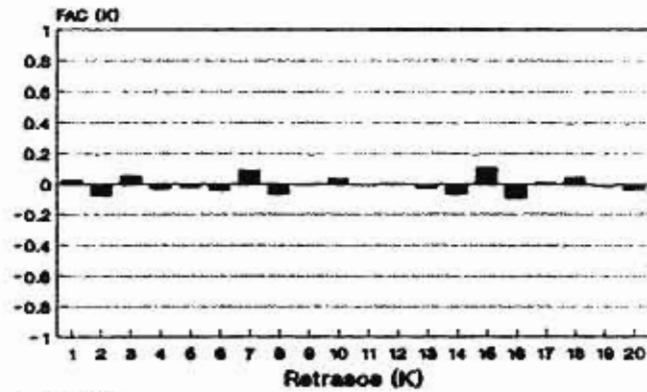
CORONA SUECA (VENTA)
FAC(CORONA_S,CETES)



IDENTIFICACION

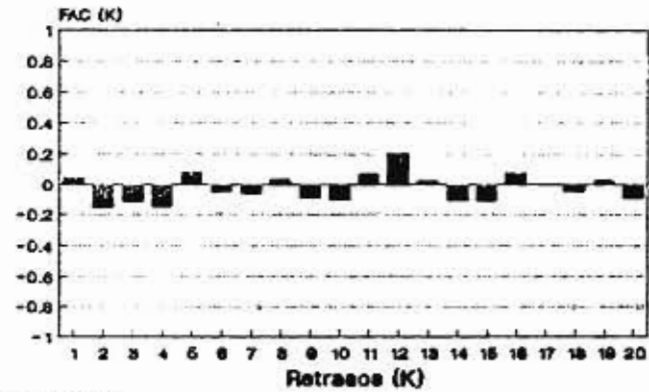
FUNCION DE AUTOCORRELACION
(Identificacion)
FIG. 4.3

CORONA SUEGA (VENTA)
FAC(INPC,CORONA_S)



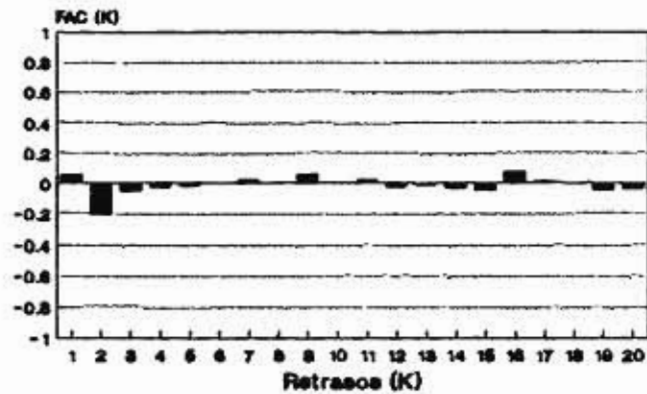
IDENTIFICACION

CORONA SUEGA (VENTA)
FAC(INPC,INPC)



IDENTIFICACION

CORONA SUEGA (VENTA)
FAC(INPC, CETES)

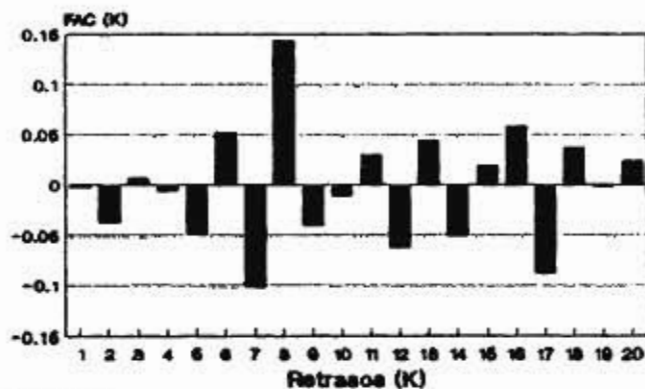


IDENTIFICACION

FUNCION DE AUTOCORRELACION
(Identificacion)
FIG. 4.4

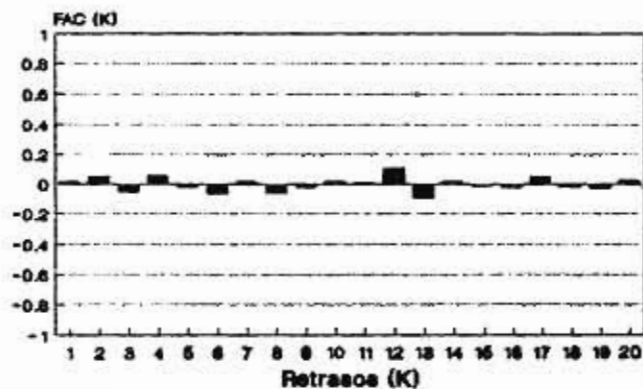
10

CORONA SUECA (VENTA)
FAC(CETES,CORONA_S)



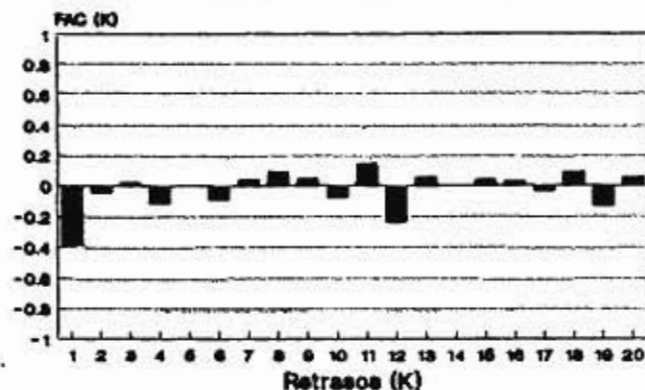
IDENTIFICACION

CORONA SUECA (VENTA)
FAC(CETES,INPC)



IDENTIFICACION

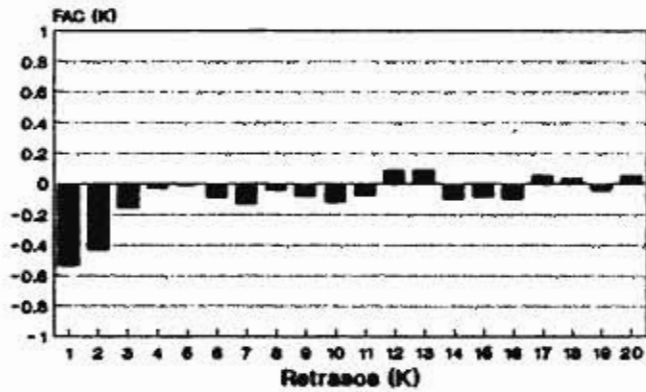
CORONA SUECA (VENTA)
FAC(CETES,CETES)



IDENTIFICACION

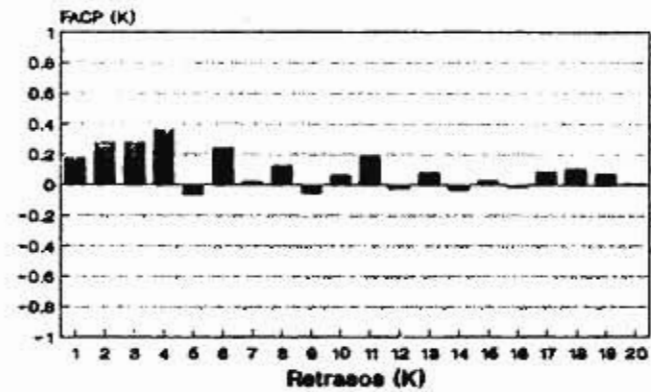
FUNCION DE AUTOCORRELACION
(Identificacion)
FIG. 4.5

CORONA SUECA (VENTA)
FACP(CORONA_S,CORONA_S)



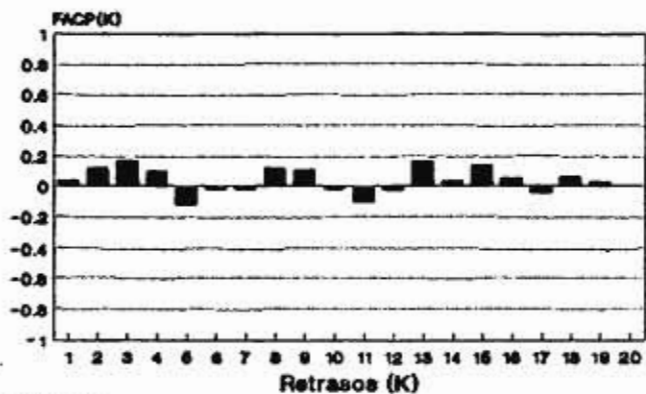
IDENTIFICACION

CORONA SUECA (VENTA)
FACP(CORONA_S,INPC)



IDENTIFICACION

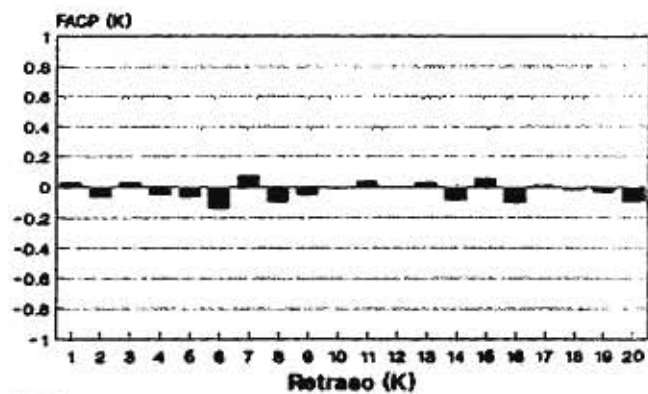
CORONA SUECA (VENTA)
FACP(CORONA_SUECA,CETES)



IDENTIFICACION

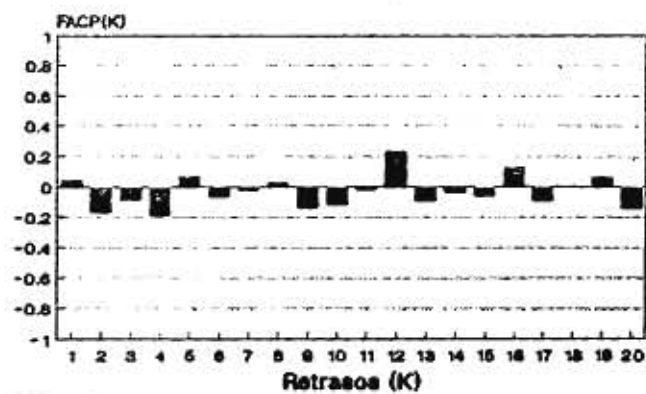
FUNCION DE AUTOCORRELACION PARCIAL
(IDENTIFICACION)
FIG. 4.6

CORONA SUECA (VENTA)
FACP(INPC,CORONA_S)



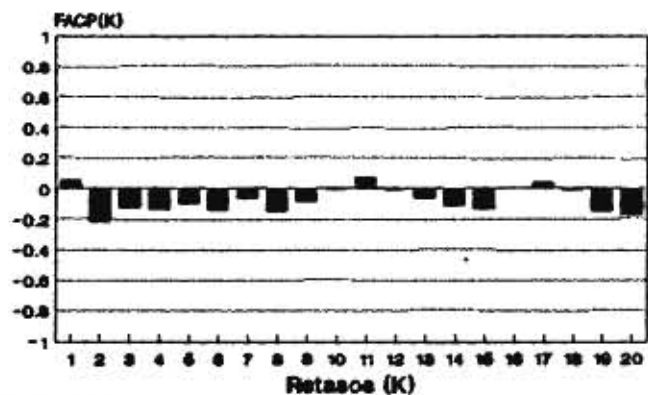
IDENTIFICACION

CORONA SUECA (VENTA)
FACP(INPC,INPC)



IDENTIFICACION

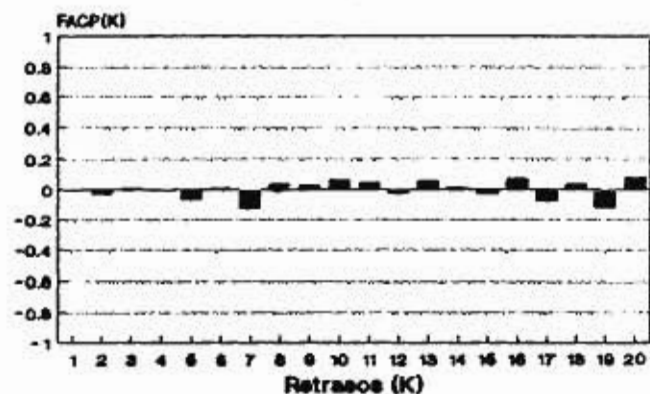
CORONA SUECA (VENTA)
FACP(INPC,CETES)



IDENTIFICACION

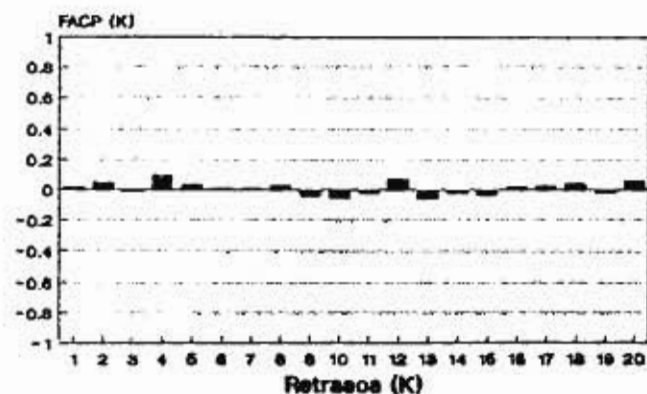
FUNCION DE AUTOCORRELACION PARCIAL
(IDENTIFICACION)
FIG. 4.7

CORONA SUECA (VENTA)
FACP(CETES,CORONA_S)



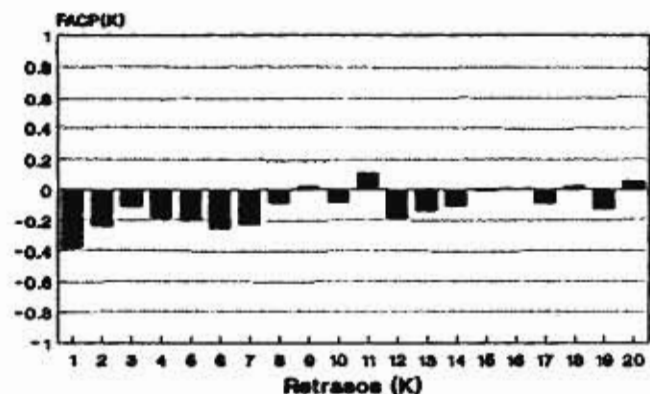
IDENTIFICACION

CORONA SUECA (VENTA)
FACP(CETES,INPC)



IDENTIFICACION

CORONA SUECA (VENTA)
FACP(CETES,CETES)



IDENTIFICACION

FUNCION DE AUTOCORRELACION PARCIAL
(IDENTIFICACION)
FIG. 4.8

Para apoyar el análisis al identificar los valores p y q adicionalmente, se calculó el Estadístico X (s) para la función de autocorrelación con una significancia del 95% con 9 grados de libertad:

X (1) = 59.166968	X (11) = 5.003955
X (2) = 12.947911	X (12) = 17.285513
X (3) = 5.802867	X (13) = 2.598431
X (4) = 7.481288	X (14) = 3.637049
X (5) = 8.186823	X (15) = 5.318832
X (6) = 7.437355	X (16) = 4.292241
X (7) = 5.369092	X (17) = 2.449609
X (8) = 5.227732	X (18) = 4.056406
X (9) = 2.293623	X (19) = 2.965843
X (10) = 2.959247	X (20) = 2.918158

El valor en la tabla de una distribución χ^2 para una significancia del 95% y 9 grados de libertad es 16.919 por lo tanto, los valores que son susceptibles de incluirse en el modelo son aquellos que sean mayores o igual al valor en la tabla, de esta manera podrían incluirse los valores X (1) y X (12).

Asimismo, se obtienen los valores del Estadístico X (s) para la función de autocorrelación parcial para una significancia del 95% y 9 grados de libertad.

$X(1) = 59.166968$	$X(11) = 9.184469$
$X(2) = 52.540421$	$X(12) = 13.474566$
$X(3) = 21.04911$	$X(13) = 10.000336$
$X(4) = 30.702040$	$X(14) = 5.502810$
$X(5) = 10.220320$	$X(15) = 6.879432$
$X(6) = 22.143725$	$X(16) = 5.895044$
$X(7) = 12.277871$	$X(17) = 4.719586$
$X(8) = 9.400163$	$X(18) = 2.713974$
$X(9) = 6.451576$	$X(19) = 8.711361$
$X(10) = 5.798321$	$X(20) = 9.9061528$

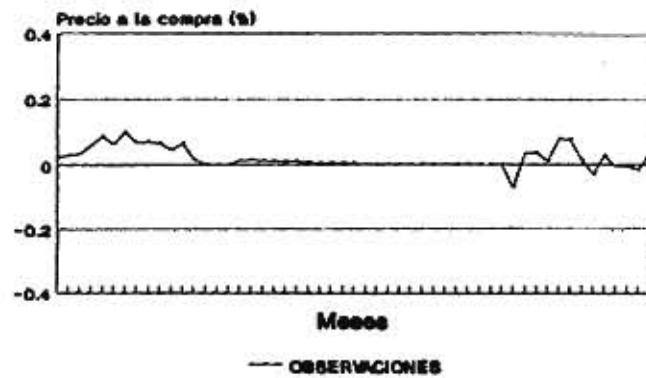
Los valores que se podrían incluir en el modelo son $X(1)$, $X(2)$, $X(3)$, $X(4)$ y $X(6)$.

Se escogieron como valores de los parámetros p y q aquellos que en las gráficas fueron más significativos y repetitivos en cada índice, además de considerar los valores obtenidos por el estadístico $X(s)$. El análisis final indica que los valores p y q obtenidos para el modelo son $p = 6$ y $q = 2$.

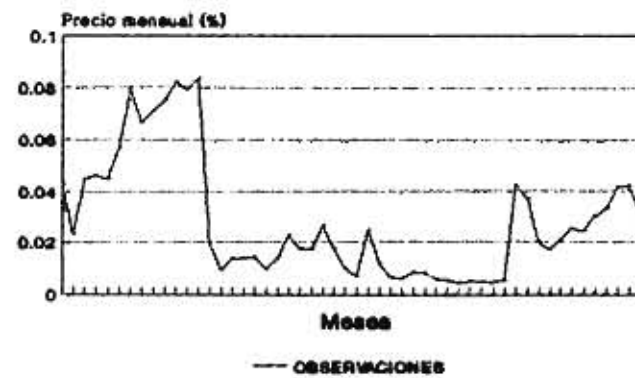
De la misma manera se analizó para el caso del DOLAR, en donde inicialmente se graficaron las series originales, la serie de la cotización a la compra del DOLAR, la serie del INPC y la serie de los CETES (Fig. 4.9).

El grado de diferenciación adecuado para eliminar las tendencias que presentan las series en estudio es 1 (Fig. 4.10). Para este caso sólo es necesario aplicar el operador diferencia para obtener series del tipo estacionario, por lo que no fue necesario aplicar alguna transformación, de este modo se tiene que $\lambda = 1$, entonces $W_t = D(B)^d Z_t$ y el proceso del vector es (4.1.1.1).

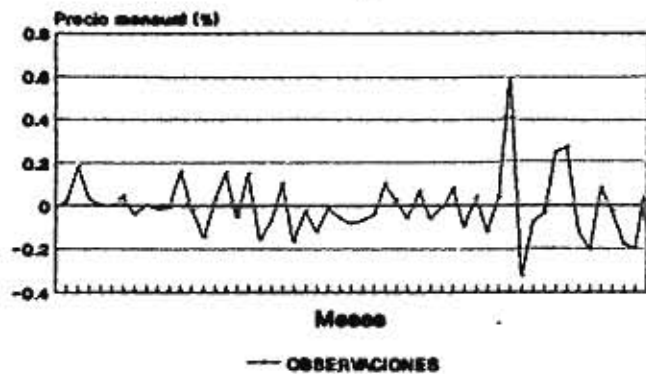
DOLAR Precio a la compra



INPC BASE 1995



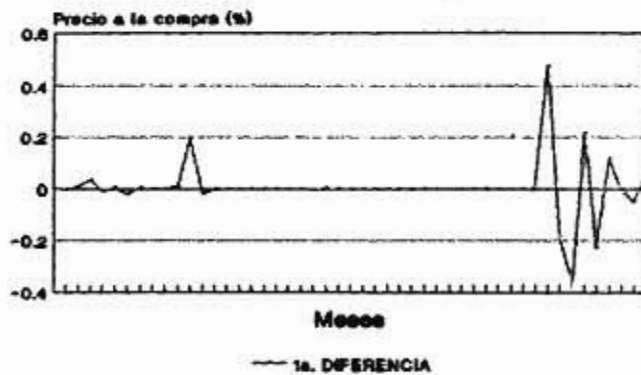
CETES Mercado primario



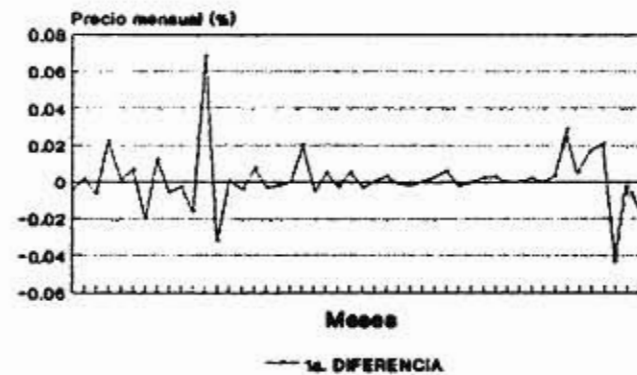
OBSERVACIONES

FIG. 4.9

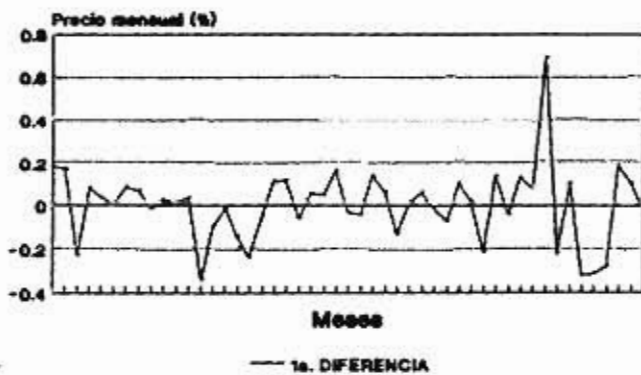
DOLAR Precio a la compra



INPC Base 1995



CETES Mercado primario



PRIMERA DIFERENCIA

FIG. 4.10

Posteriormente se calcularon la función de la matriz de autocorrelación y la función de la matriz de autocorrelación parcial para identificar los ordenes adecuados de los valores MA(q) y AR(p) respectivamente. Obteniéndose dos matrices donde los índices se muestran en la tabla siguiente:

DOLAR, DOLAR	DOLAR, INPC	DOLAR, CETES
INPC, DOLAR	INPC, INPC	INPC, CETES
CETES, DOLAR	CETES, INPC	CETES, CETES

Al analizar las gráficas de la función de la matriz de autocorrelación (Fig. 4.11 a la 4.13) se observa que los valores más significativos caen en 1 y 2. Para confirmar este valor se calculó el estadístico $X(s)$ para una distribución χ^2 con una significancia del 95% y 9 grados de libertad.

Estadístico $X(s)$ para la función de la matriz autocorrelación de la divisa DOLAR:

$X(1) = 63.534887$	$X(11) = 4.571122$
$X(2) = 23.251222$	$X(12) = 16.950666$
$X(3) = 12.021274$	$X(13) = 4.592388$
$X(4) = 14.736527$	$X(14) = 2.772019$
$X(5) = 5.640213$	$X(15) = 2.812444$
$X(6) = 4.143266$	$X(16) = 3.013322$
$X(7) = 6.218307$	$X(17) = 2.289040$
$X(8) = 7.310837$	$X(18) = 2.017645$
$X(9) = 2.436723$	$X(19) = 2.956728$
$X(10) = 4.712365$	$X(20) = 2.419548$

El valor en tablas para la distribución χ^2 es de 16.919, por lo tanto los valores que deben incluirse en el modelo son aquellos valores mayores que el valor en tablas, los cuales son X (1), X (2) y X (12). El análisis final indica que debe incluirse el valor de 1. Así el valor para el parámetro q = 1.

De la misma manera se analizaron las gráficas de la función de la matriz de autocorrelación parcial (Fig. 4.14 a la 4.16), en donde se observó que los valores más significativos son X (1), X (2) y X (3).

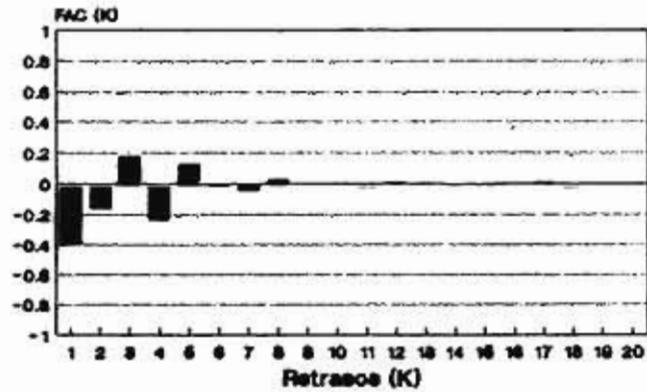
El estadístico X (s) de la función de la matriz de autocorrelación parcial para la divisa DOLAR es:

X (1) = 63.534887	X (11) = 5.475396
X (2) = 29.625435	X (12) = 14.846881
X (3) = 26.400646	X (13) = 5.664096
X (4) = 18.286674	X (14) = 3.660235
X (5) = 9.886356	X (15) = 2.762662
X (6) = 17.297238	X (16) = 3.460088
X (7) = 14.579616	X (17) = 7.655482
X (8) = 7.146220	X (18) = 3.070107
X (9) = 9.464883	X (19) = 3.790080
X (10) = 6.387112	X (20) = 5.779590

Considerando el valor en tablas de 16.919, los valores que deben incluirse en el modelo son X (1), X (2), X (3), X (4) y X (6). El análisis final indica que el valor para el parámetro p = 3.

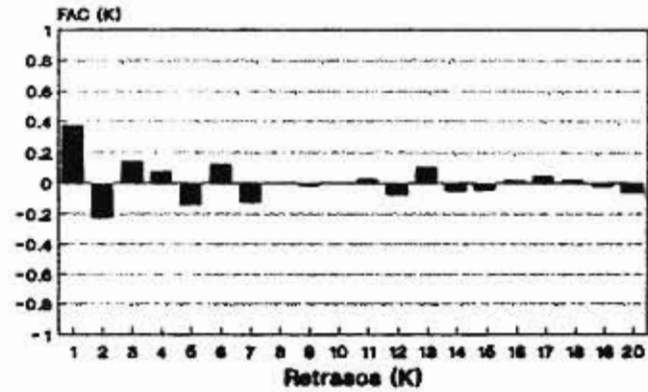
En ambas gráficas es claro observar que los valores posteriores a doce tienden a cero.

DOLAR (COMPRA)
FAC(DOLAR,DOLAR)



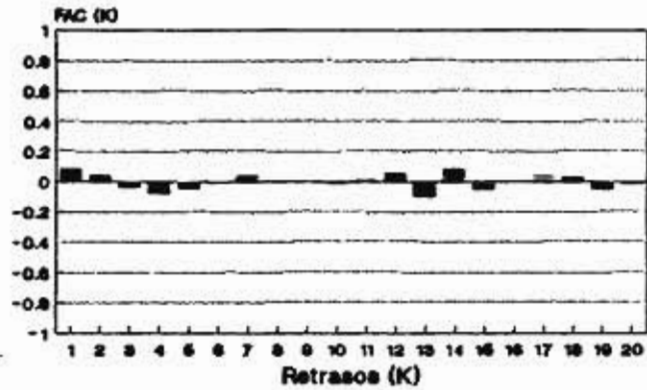
IDENTIFICACION

DOLAR (COMPRA)
FAC(DOLAR,INPC)



IDENTIFICACION

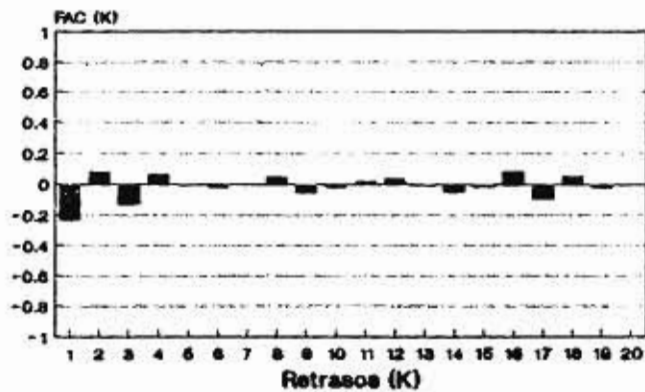
DOLAR (COMPRA)
FAC(DOLAR,CETES)



IDENTIFICACION

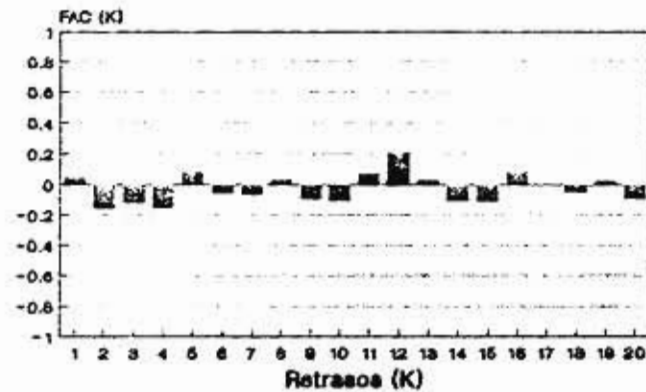
FUNCION DE AUTOCORRELACION
(Identificacion)
FIG. 4.11

DOLAR (COMPRA)
FAC(INPC,DOLAR)



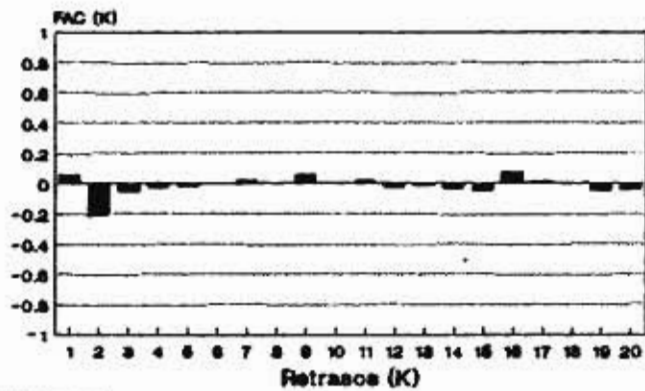
IDENTIFICACION

DOLAR (COMPRA)
FAC(INPC,INPC)



IDENTIFICACION

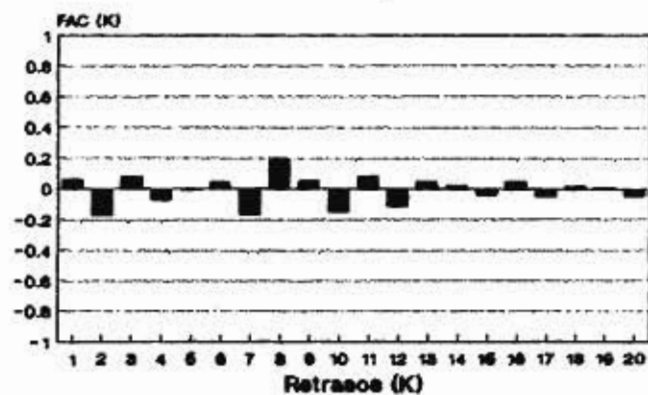
DOLAR (COMPRA)
FAC(INPC,CETES)



IDENTIFICACION

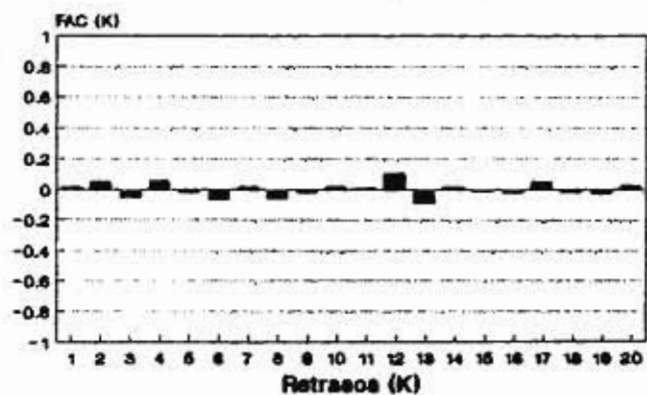
FUNCION DE AUTOCORRELACION
(Identificacion)
FIG. 4.12

DOLAR (COMPRA)
FAC(CETES,DOLAR)



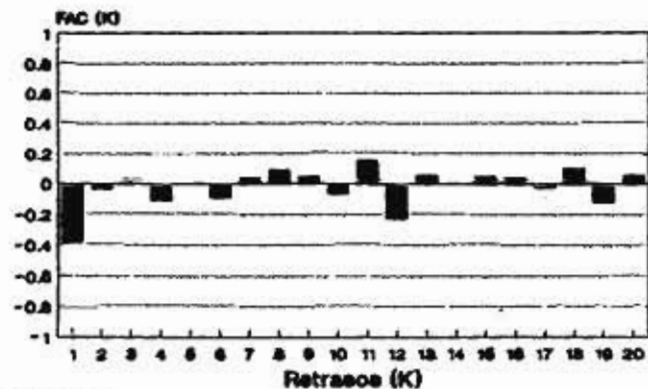
IDENTIFICACION

DOLAR (COMPRA)
FAC(CETES,INPC)



IDENTIFICACION

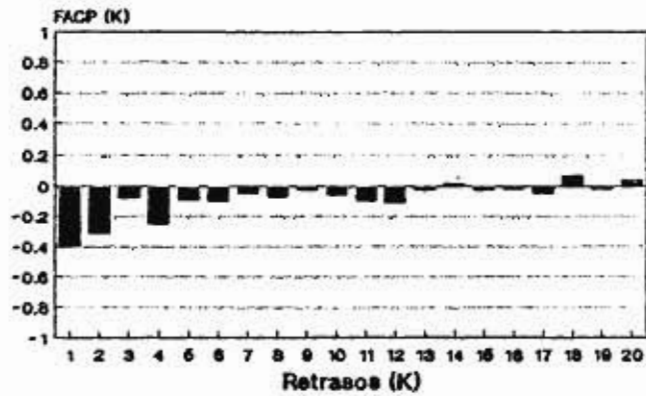
DOLAR (COMPRA)
FAC(CETES,CETES)



IDENTIFICACION

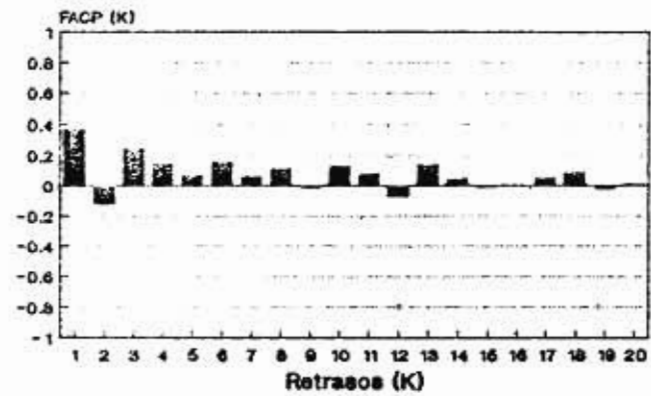
FUNCION DE AUTOCORRELACION
(Identificacion)
FIG. 4.13

DOLAR (COMPRA)
FACP(DOLAR,DOLAR)



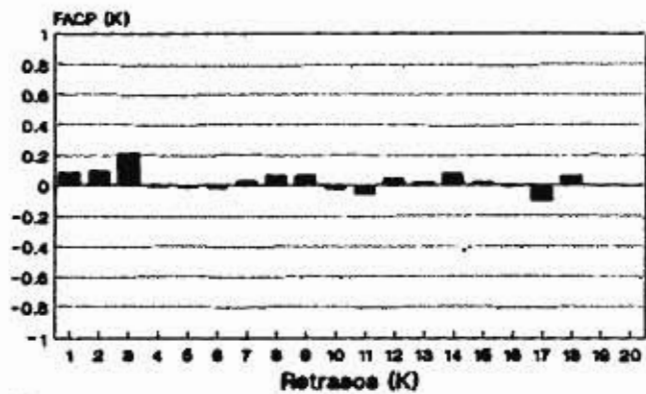
IDENTIFICACION

DOLAR (COMPRA)
FACP(DOLAR,INPC)



IDENTIFICACION

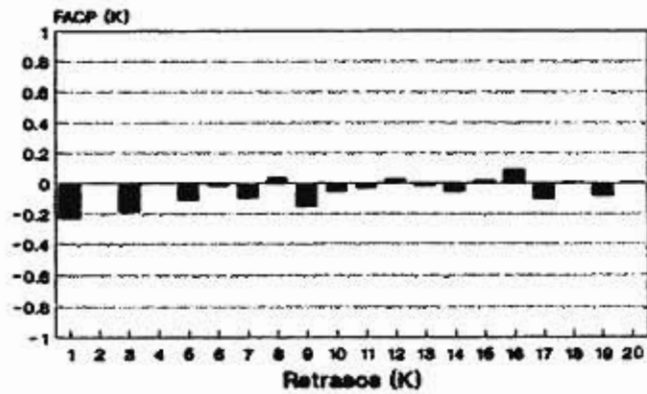
DOLAR (COMPRA)
FACP(DOLAR,CETES)



IDENTIFICACION

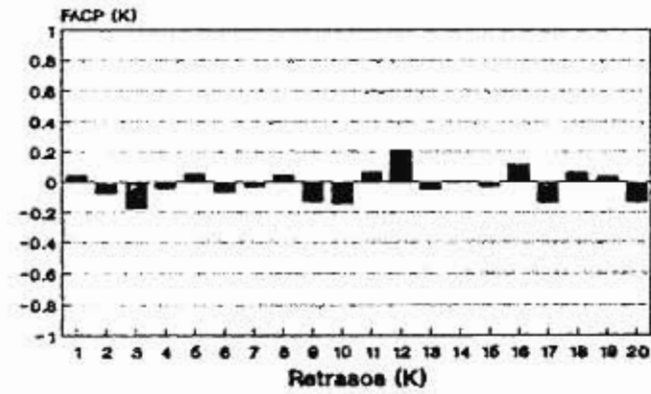
FUNCION DE AUTOCORRELACION PARCIAL
(IDENTIFICACION)
FIG. 4.14

DOLAR (COMPRA)
FACP(INPC,DOLAR)



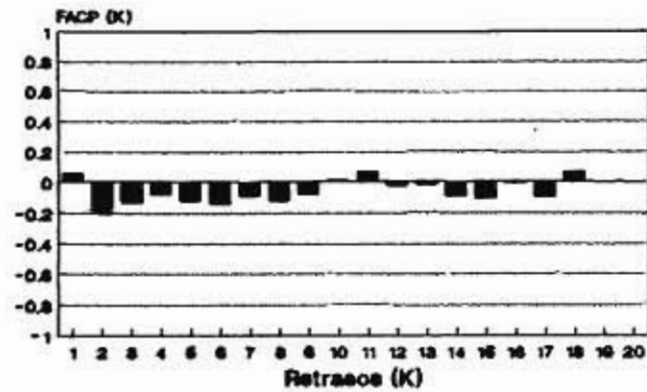
IDENTIFICACION

DOLAR (COMPRA)
FACP(INPC,INPC)



IDENTIFICACION

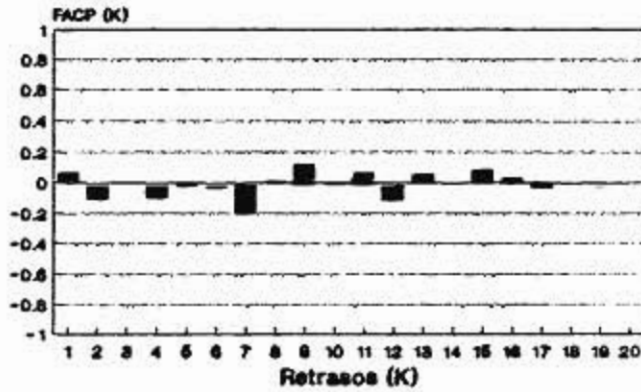
DOLAR (COMPRA)
FACP(INPC,CETES)



IDENTIFICACION

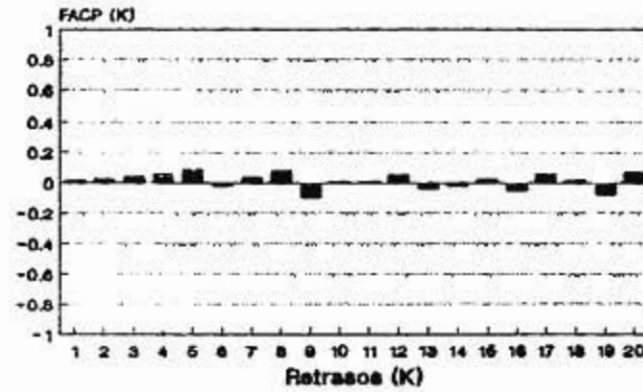
FUNCION DE AUTOCORRELACION PARCIAL
(IDENTIFICACION)
FIG. 4.15

DOLAR (COMPRA)
FACP(CETES,DOLAR)



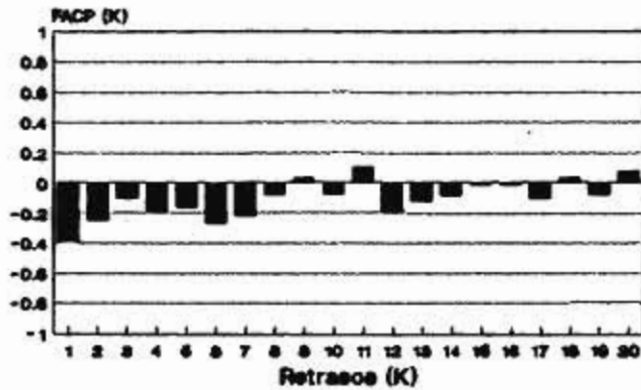
IDENTIFICACION

DOLAR (COMPRA)
FACP(CETES,INPC)



IDENTIFICACION

DOLAR (COMPRA)
FACP(CETES,CETES)



IDENTIFICACION

FUNCION DE AUTOCORRELACION PARCIAL
(IDENTIFICACION)
FIG. 4.16

4.1.2. ESTIMACION DE LOS PARAMETROS Φ Y Θ

En la etapa anterior se obtuvieron el grado de diferenciación y los valores AR(p) y MA(q) para un posible modelo, en ésta etapa se estimaron los parámetros Φ y Θ

$$\hat{\Phi} = (\hat{\Phi}_1, \hat{\Phi}_2, \dots, \hat{\Phi}_p) \quad (4.1.2.1)$$

$$\hat{\Theta} = (\hat{\Theta}_1, \hat{\Theta}_2, \dots, \hat{\Theta}_q) \quad (4.1.2.2)$$

para un modelo ARIMA del tipo de la ecuación (3.1.1).

Para estimar estos parámetros se emplea el método de Máxima Verosimilitud aplicando la ecuaciones (3.3.1.3) y (3.3.1.4), ya que ésta última ecuación no tiene solución analítica fue necesario utilizar el algoritmo de Davidon-Fletcher-Powell con el objeto de minimizar $S_*(\Phi, \Theta)$, para posteriormente maximizar $\ln L(\Phi, \Theta, \Sigma / Z)$.

Después de obtener las estimaciones de los parámetros $\hat{\Phi}$ y $\hat{\Theta}$, se calcula la $\hat{\sigma}_e^2$ de σ_e^2 de la forma siguiente:

$$\hat{\sigma}_e^2 = \frac{S_*(\hat{\Phi}, \hat{\Theta})}{(G.L.)} \quad (4.1.2.3)$$

G.L. representa el número de grados de libertad, que es igual al número de términos usados en $S_*(\Phi, \Theta)$ menos el número de parámetros estimados.

4.1.3. VERIFICACION

En la etapa de Identificación se aplicó el operador diferencia a las series en estudio con el fin de reducirlas a series estacionarias; con las series proplamente diferenciadas se calcularon las funciones de la matriz de autocorrelación y autocorrelación parcial para obtener posibles componentes de AR(p) y MA(q) y así

encontrar un posible modelo de la forma ARIMA(p,d,q). Posteriormente, en la etapa de Estimación se obtuvieron los valores de los parámetros Φ y Θ mediante el empleo de la función de máxima verosimilitud, la cual además de dar la estimación de estos parámetros, proporciona el vector residual, el cual es objeto de un análisis cuidadoso en la etapa de Verificación.

Con el vector residual (ecuación 3.4.1) obtenido en la etapa de estimación se analiza básicamente que la función $\{a_t\}$ son choques aleatorios donde los supuestos a verificar son que se tenga media cero, matriz de covarianza constante y que cada uno de los términos del vector residual $\{a_t\}$ sean mutuamente independientes, es decir, que tengan autocorrelación cero.

Para verificar si el vector $\{a_t\}$ es ruido blanco, se calcula la función de la matriz de autocorrelación y la función de la matriz de autocorrelación parcial de los residuales, con el fin de encontrar algún patrón o alguna significancia estadística (autocorrelación, estacionalidad).

En las Fig. 4.17 a la 4.22 (para el caso de la divisa CORONA_SUECA) se observa que los valores de la función de la matriz de autocorrelación y autocorrelación parcial son muy pequeños, tienden a cero. Además, para apoyar este análisis se calculó el estadístico $X(s)$ para una distribución χ^2 para ambas funciones, con una significancia del 95% y 9 grados de libertad.

Para la función de autocorrelación de la divisa CORONA_SUECA se tiene

X (1) = 0.466497	X (11) = 2.772371
X (2) = 0.383795	X (12) = 2.573939
X (3) = 0.419851	X (13) = 8.436172
X (4) = 1.141473	X (14) = 6.579649
X (5) = 1.270447	X (15) = 1.747042
X (6) = 0.927144	X (16) = 3.855438
X (7) = 2.637774	X (17) = 3.138291
X (8) = 2.245402	X (18) = 3.500966
X (9) = 1.515547	X (19) = 4.980304
X (10) = 2.343985	X (20) = 6.585624

Para la función de autocorrelación parcial de la divisa CORONA_SUECA

$X(1) = 0.466497$	$X(11) = 3.408476$
$X(2) = 0.385832$	$X(12) = 3.084703$
$X(3) = 0.440626$	$X(13) = 1.450893$
$X(4) = 1.164427$	$X(14) = 6.826215$
$X(5) = 1.279046$	$X(15) = 2.327688$
$X(6) = 1.007760$	$X(16) = 3.706486$
$X(7) = 2.749391$	$X(17) = 5.056148$
$X(8) = 2.313819$	$X(18) = 4.459510$
$X(9) = 1.682510$	$X(19) = 8.517740$
$X(10) = 2.546971$	$X(20) = 1.492650$

Al igual que en la etapa de identificación en ésta etapa, los valores obtenidos del estadístico $X(s)$ se compararon con el valor en la tabla de la distribución χ^2 (el cual es 16.919). Los valores obtenidos del estadístico $X(s)$ son aproximadamente iguales a cero, esto implica que el vector residual efectivamente, es un proceso de ruido blanco.

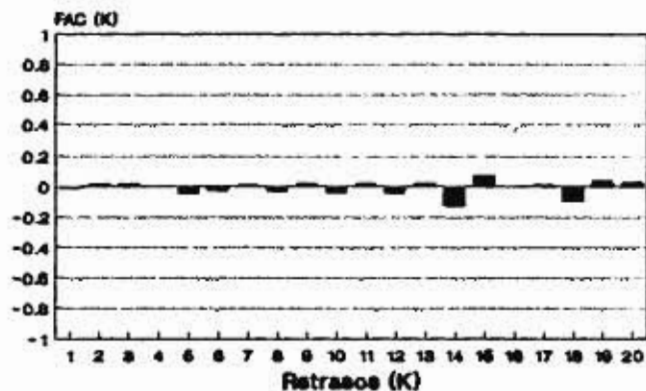
Para verificar que los errores aleatorios sean normalmente distribuidos y que la matriz de correlación residual sea constante se construye una gráfica de los residuales contra el tiempo (Fig. 4.23). En ella se trata de encontrar tendencias significativas que implican una transformación o la aplicación del operador diferencia en las series originales.

Para verificar los supuestos de estacionariedad y de Invertibilidad se considera que si los ceros del determinante del polinomio AR están fuera del círculo unitario el modelo es estacionario. Si los ceros del determinante del polinomio MA están fuera del círculo unitario entonces el modelo es Invertible.

Posteriormente, se calculó el periodograma acumulativo para visualizar las protuberancias que ocurren cuando el vector residual tiene periodicidad, el visualizar protuberancias significativas es un indicador de que el posible modelo no es adecuado. En la gráfica (Fig. 4.24) se observa que la línea formada entre las líneas límite no tiene protuberancias significativas por lo que el modelo propuesto es el indicado.

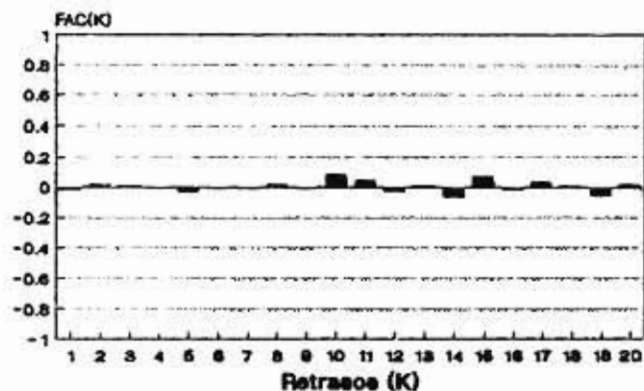
Una vez que se han verificado los supuestos básicos, entonces se llega a un modelo adecuado para el problema propuesto, tal modelo es ARIMA(6,1,2).

CORONA SUECA (VENTA)
FAC(CORONA_S,CORONA_S)



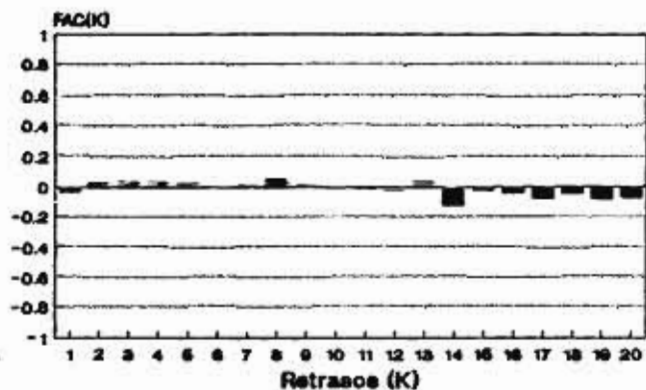
VERIFICACION

CORONA SUECA (VENTA)
FAC(CORONA_S,INPC)



VERIFICACION

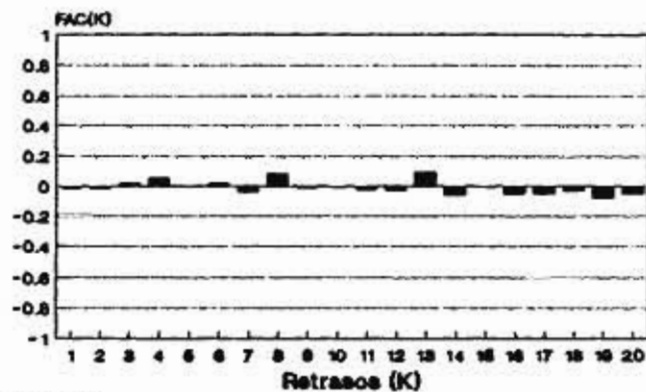
CORONA SUECA (VENTA)
FAC(CORONA_S,CETES)



VERIFICACION

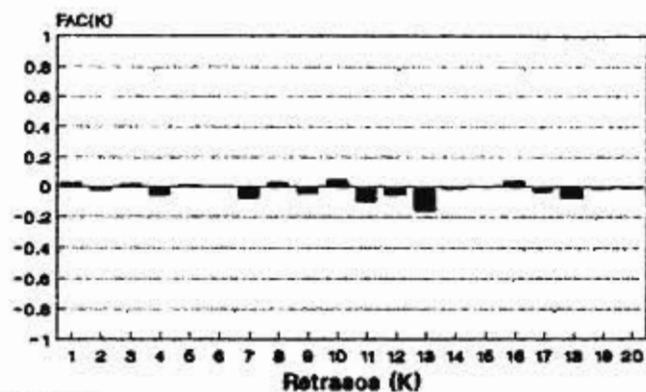
FUNCION DE AUTOCORRELACION
(VERIFICACION)
FIG. 4.17

CORONA SUECA (VENTA)
FAC(INPC,CORONA_SUECA)



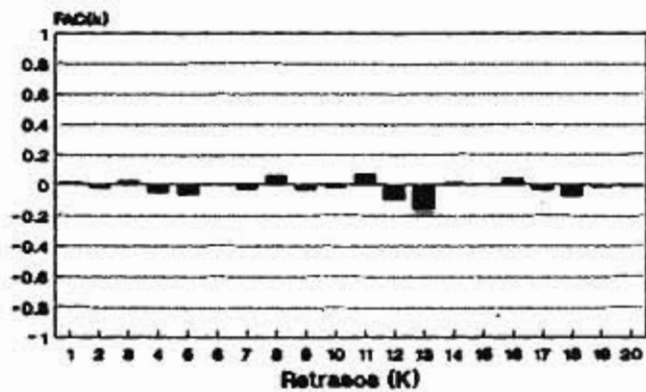
VERIFICACION

CORONA SUECA (VENTA)
FAC(INPC,INPC)



VERIFICACION

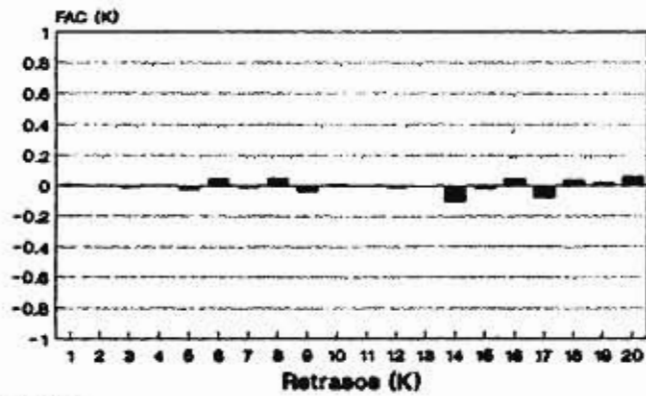
CORONA SUECA (VENTA)
FAC(INPC,CETES)



VERIFICACION

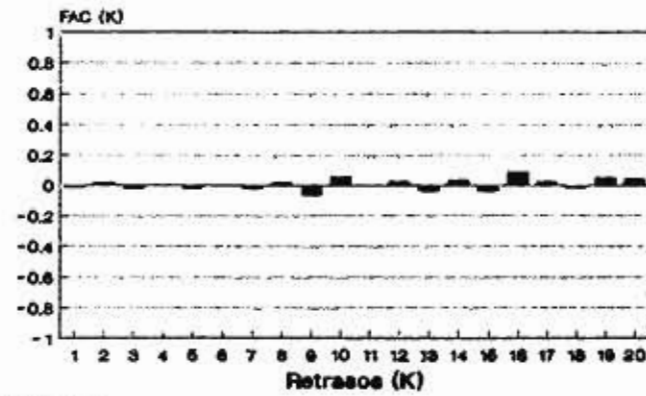
FUNCION DE AUTOCORRELACION
(VERIFICACION)
FIG. 4.18

CORONA SUECA (VENTA)
FAC(CETES,CORONA_S)



VERIFICACION

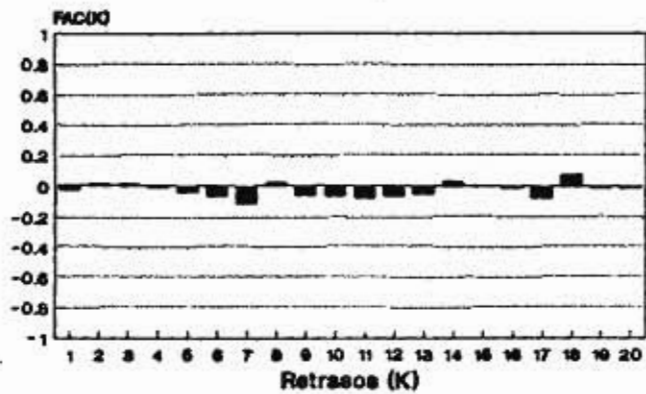
CORONA SUECA (VENTA)
FAC(CETES,INPC)



VERIFICACION

71

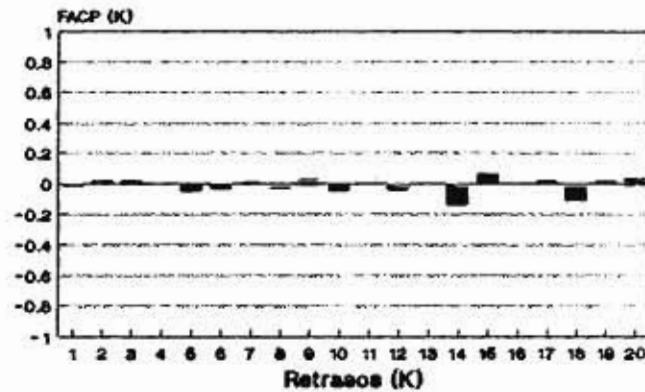
CORONA SUECA (VENTA)
FAC(CETES,CETES)



VERIFICACION

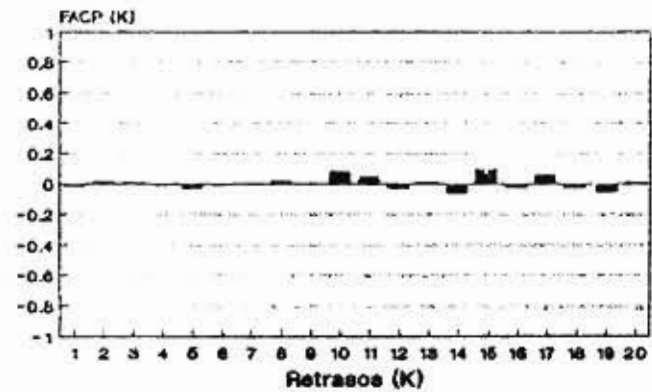
FUNCION DE AUTOCORRELACION
(VERIFICACION)
FIG. 4.19

CORONA SUECA (VENTA)
FACP(CORONA_S,CORONA_S)



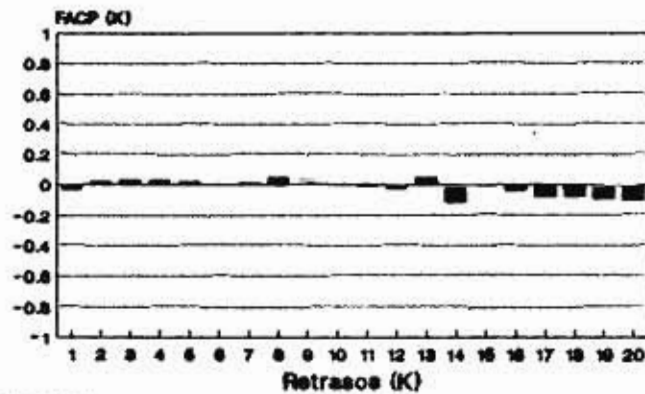
VERIFICACION

CORONA SUECA (VENTA)
FACP(CORONA_S,INPC)



VERIFICACION

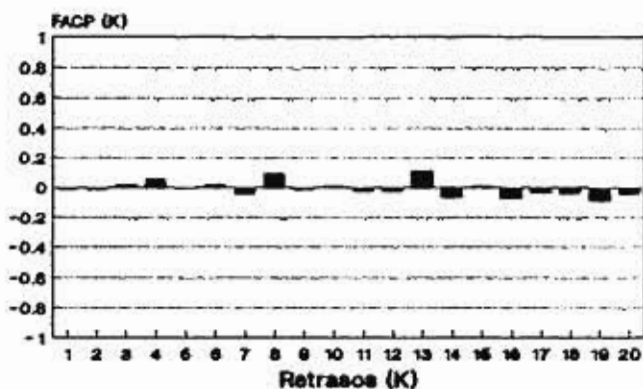
CORONA SUECA (VENTA)
FACP(CORONA_S,CETES)



VERIFICACION

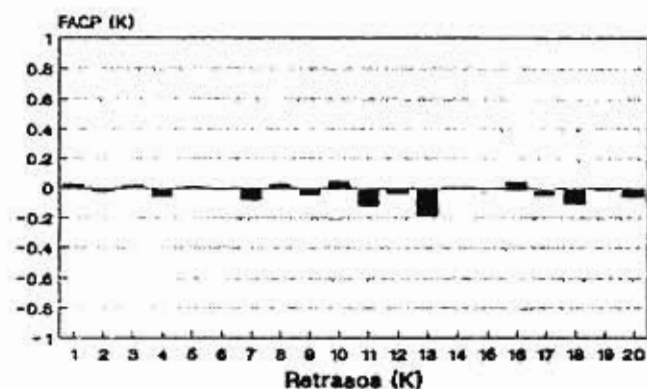
FUNCION DE AUTOCORRELACION PARCIAL
(VERIFICACION)
FIG. 4.20

CORONA SUECA (VENTA)
FACP(INPC,CORONA_S)



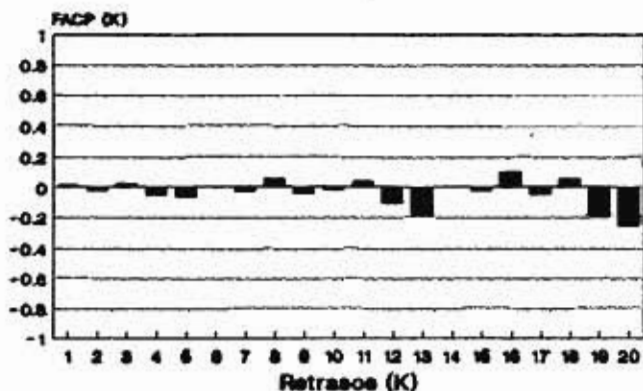
VERIFICACION

CORONA SUECA (VENTA)
FACP(INPC,INPC)



VERIFICACION

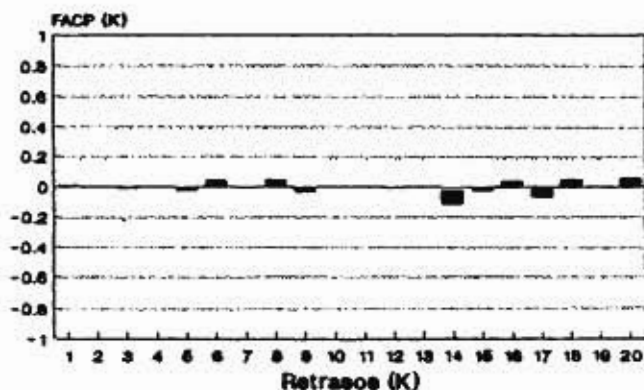
CORONA SUECA (VENTA)
FAC(INPC,CETES)



VERIFICACION

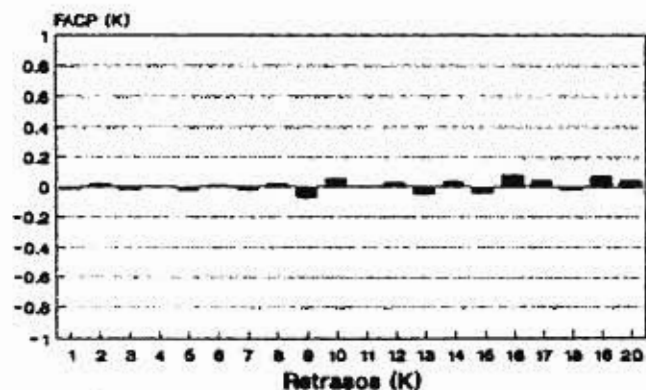
FUNCION DE AUTOCORRELACION PARCIAL
(VERIFICACION)
FIG. 4.21

CORONA SUECA (VENTA)
FACP(CETES,CORONA_S)



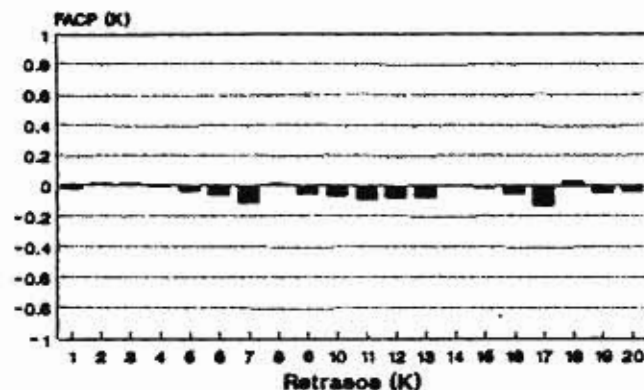
VERIFICACION

CORONA SUECA (VENTA)
FACP(CETES,INPC)



VERIFICACION

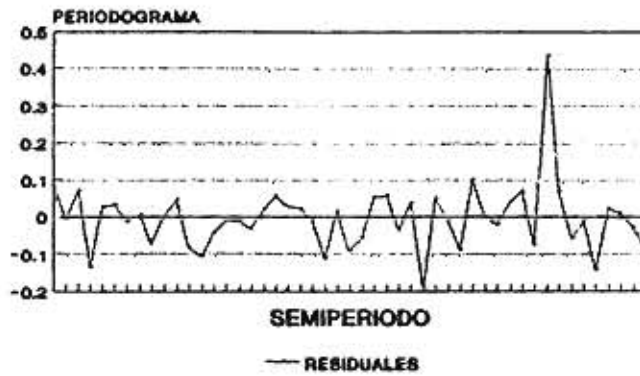
CORONA SUECA (VENTA)
FACP(CETES,CETES)



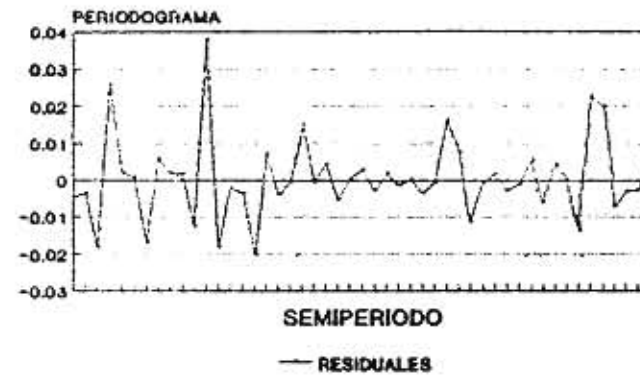
VERIFICACION

FUNCION DE AUTOCORRELACION PARCIAL
(VERIFICACION)
FIG. 4.22

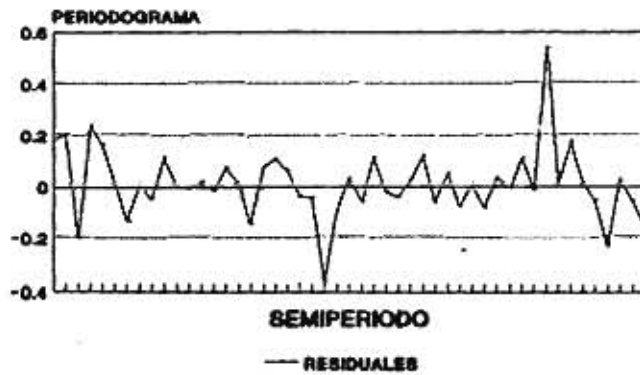
CORONA SUECA (VENTA) RESIDUALES



INPC RESIDUALES

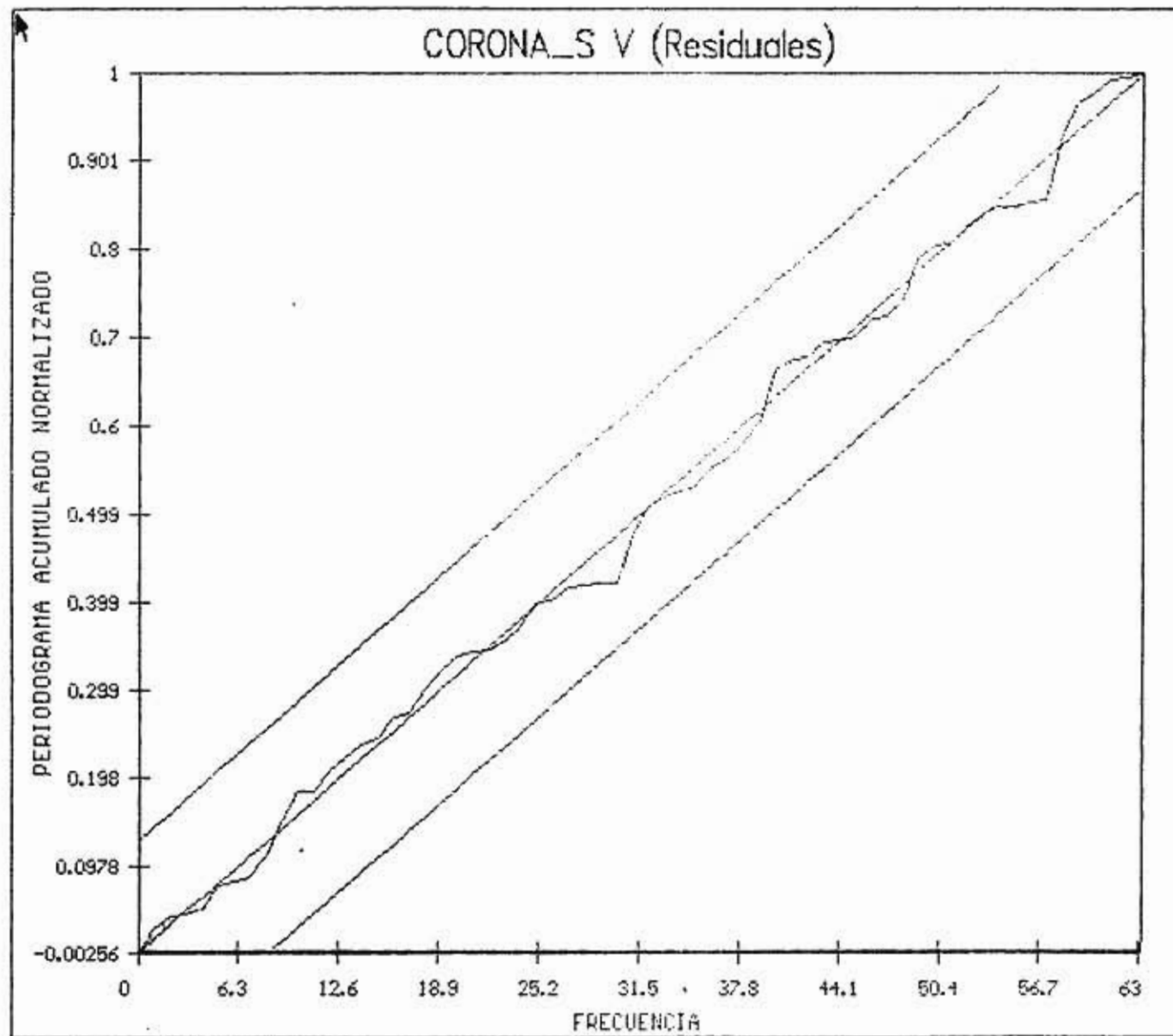


CETES RESIDUALES



RESIDUALES

FIG. 4.23



De la misma manera, para el caso del DOLAR también se calculó la función de la matriz de autocorrelación y la función de la matriz de autocorrelación parcial de los residuales (ecuación 3.4.1) (Fig. 4.25 a la 4.30), así como el estadístico $X(s)$ en ambos casos.

Estadístico $X(s)$ para la función de la matriz de autocorrelación de la divisa DOLAR:

$X(1) = 0.359616$	$X(11) = 4.444843$
$X(2) = 0.493004$	$X(12) = 9.305203$
$X(3) = 0.669101$	$X(13) = 5.451427$
$X(4) = 0.620108$	$X(14) = 4.722761$
$X(5) = 1.127801$	$X(15) = 4.012202$
$X(6) = 3.077521$	$X(16) = 4.802392$
$X(7) = 3.070514$	$X(17) = 4.019244$
$X(8) = 5.850645$	$X(18) = 2.766011$
$X(9) = 3.452405$	$X(19) = 6.799905$
$X(10) = 7.379570$	$X(20) = 7.511244$

Estadístico $X(s)$ para la función de la matriz de autocorrelación parcial de la divisa DOLAR:

$X(1) = 0.359616$	$X(11) = 4.275704$
$X(2) = 0.507543$	$X(12) = 12.128281$
$X(3) = 0.705710$	$X(13) = 7.039481$
$X(4) = 0.645935$	$X(14) = 3.537872$
$X(5) = 1.217150$	$X(15) = 5.393427$
$X(6) = 3.251474$	$X(16) = 5.913921$
$X(7) = 3.478647$	$X(17) = 7.754853$
$X(8) = 7.080213$	$X(18) = 1.622812$
$X(9) = 4.452606$	$X(19) = 1.861259$
$X(10) = 7.700766$	$X(20) = 5.378911$

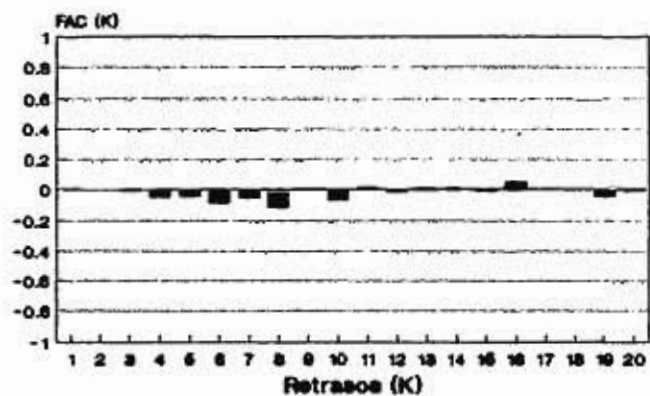
Al comparar los valores obtenidos del estadístico $X(s)$ para una distribución χ^2 con su valor en tablas (16.919) se observa que dichos valores para la función de la matriz de autocorrelación así como para la función de la matriz de autocorrelación parcial tienden a cero, esto implica que efectivamente se trata de un proceso de ruido blanco.

Al construir la gráfica de los residuales (Fig. 4.31) se intenta encontrar tendencias significativas, que puedan eliminarse aplicando alguna transformación o aplicando el operador diferencia. En este caso no existen dichas tendencias. Por lo que no fue necesario aplicar alguna transformación siendo $\lambda = 1$ (de 3.2.2), solamente se aplicó el operador diferencia siendo el grado de diferenciación igual a 1.

El periodograma acumulativo muestra posibles protuberancias entre las líneas límite, en este caso no se observan protuberancias significativas que deban ser consideradas (Fig. 4.32), lo que implica que $\{\hat{a}_t\}$ es ruido blanco y el modelo es el adecuado.

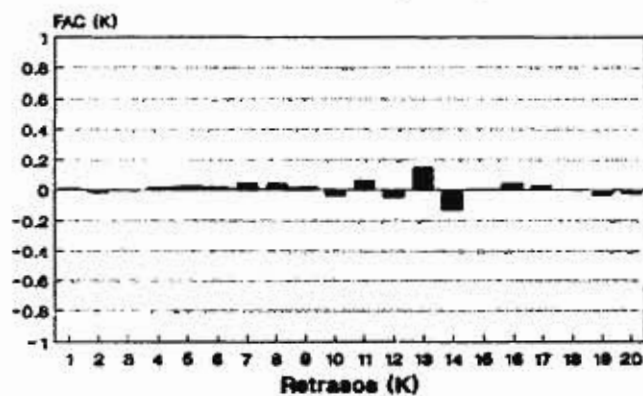
Una vez que se ha verificado que el modelo es consistente con los datos se llega a la conclusión de que para el caso del DOLAR el modelo adecuado es ARIMA(3,1,1).

DOLAR (COMPRA)
FAC(DOLAR,DOLAR)



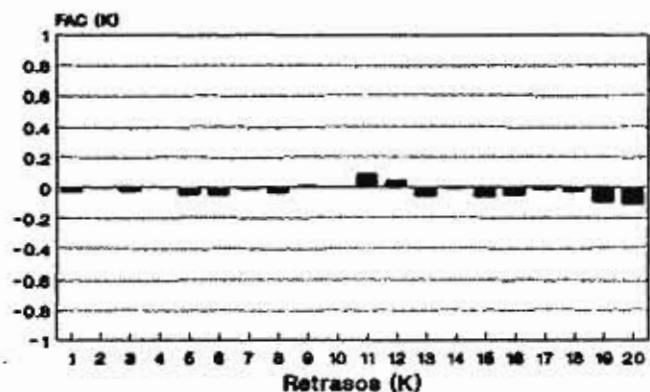
VERIFICACION

DOLAR (COMPRA)
FAC(DOLAR,INPC)



VERIFICACION

DOLAR (COMPRA)
FAC(DOLAR,CETES)

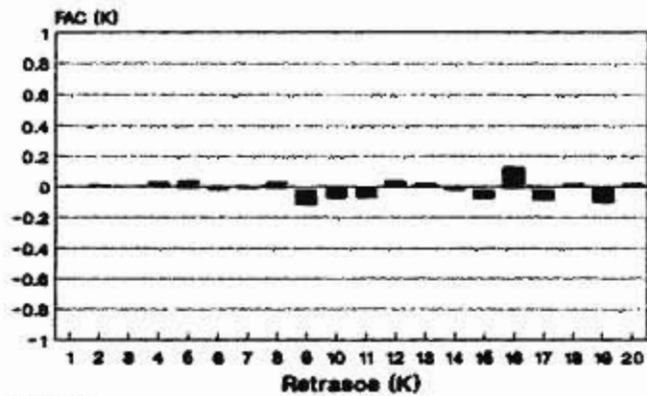


VERIFICACION

FUNCION DE AUTOCORRELACION
(VERIFICACION)
FIG. 4.25

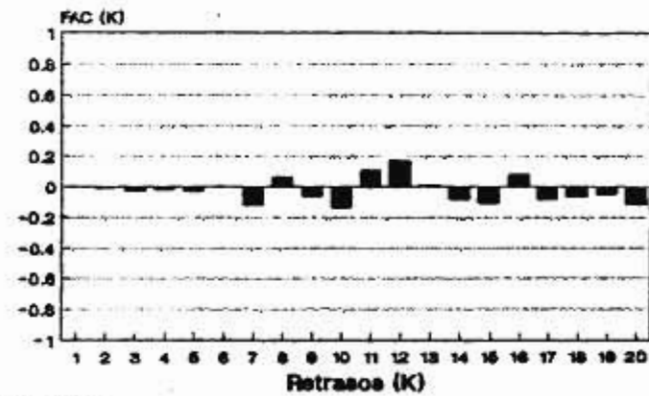
ESTA TESIS NO DEBE
 SALIR DE LA BIBLIOTECA

DOLAR (COMPRA)
FAC(INPC,DOLAR)



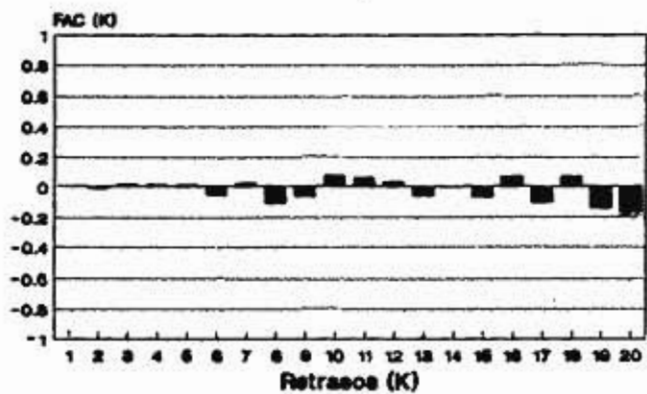
VERIFICACION

DOLAR (COMPRA)
FAC(INPC,INPC)



VERIFICACION

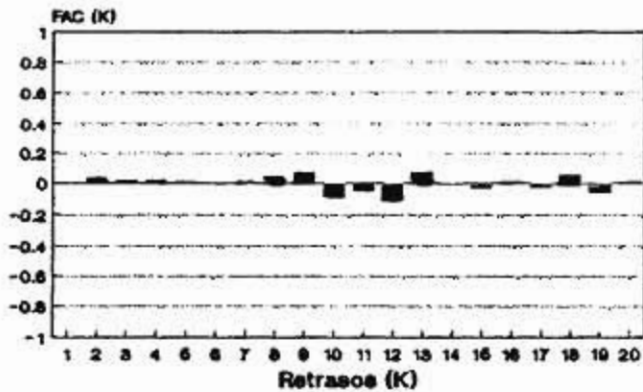
DOLAR (COMPRA)
FAC(INPC,CETES)



VERIFICACION

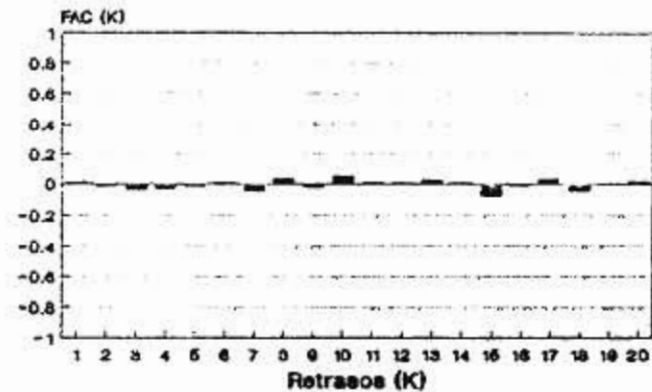
FUNCION DE AUTOCORRELACION
(VERIFICACION)
FIG. 4.26

DOLAR (COMPRA)
FAC(CETES,DOLAR)



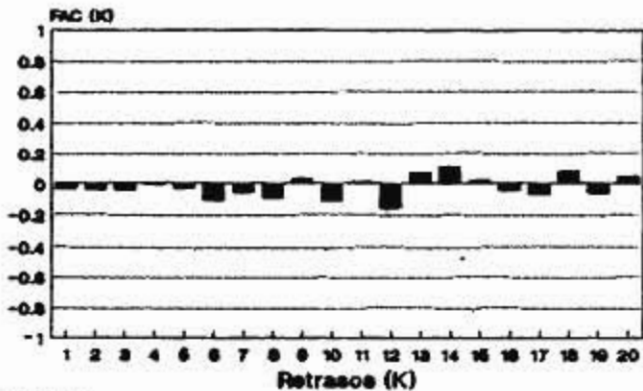
VERIFICACION

DOLAR (COMPRA)
FAC(CETES,INPC)



VERIFICACION

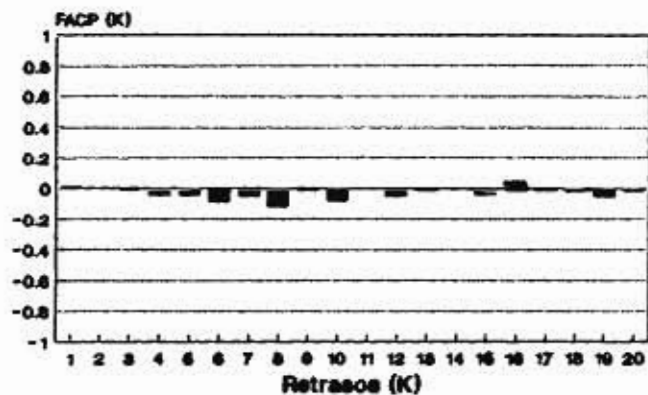
DOLAR (COMPRA)
FAC(CETES,CETES)



VERIFICACION

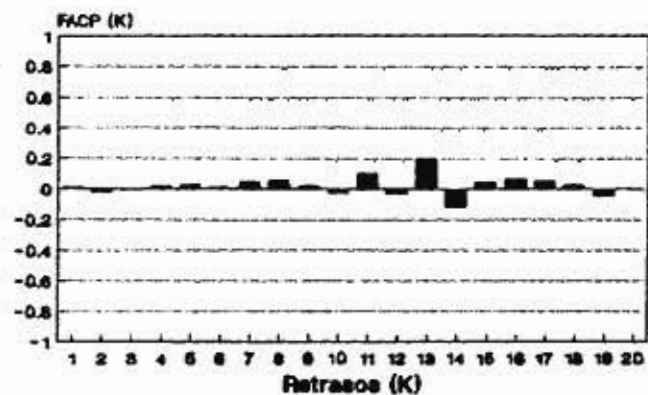
FUNCION DE AUTOCORRELACION
(VERIFICACION)
FIG. 4.27

DOLAR (COMPRA)
FACP(DOLAR,DOLAR)



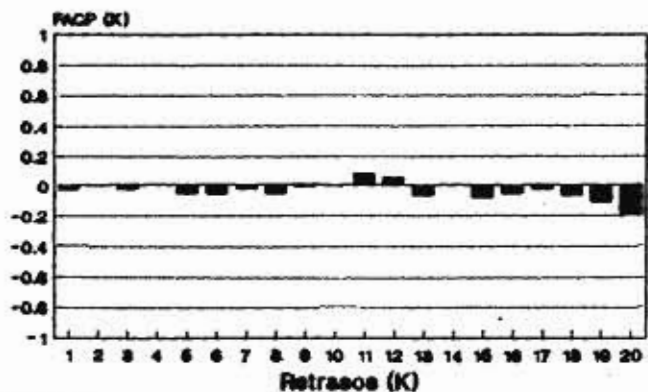
VERIFICACION

DOLAR (COMPRA)
FACP(DOLAR,INPC)



VERIFICACION

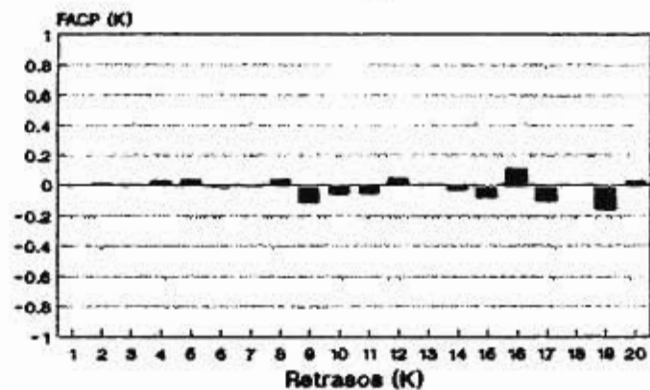
DOLAR (COMPRA)
FACP(DOLAR,CETES)



VERIFICACION

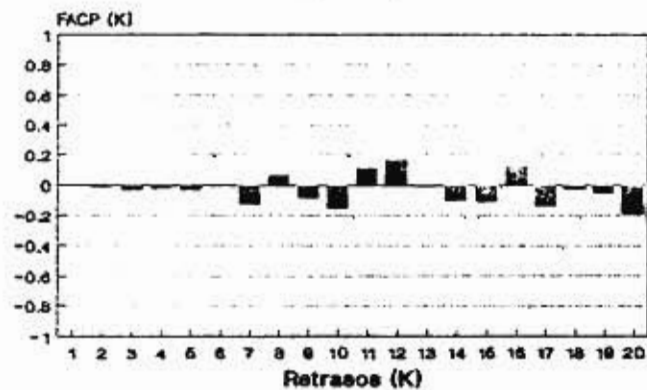
FUNCION DE AUTOCORRELACION PARCIAL
(VERIFICACION)
FIG. 4.28

DOLAR (COMPRA)
FACP(INPC,DOLAR)



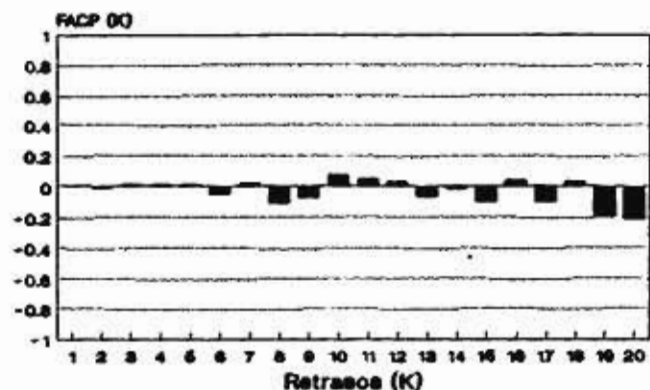
VERIFICACION

DOLAR (COMPRA)
FACP(INPC,INPC)



VERIFICACION

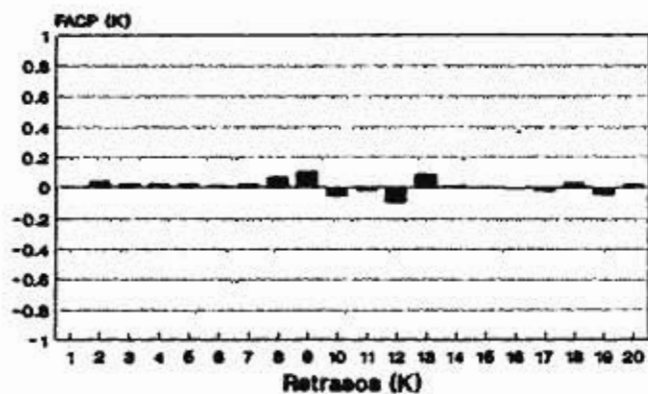
DOLAR (COMPRA)
FACP(INPC,CETES)



VERIFICACION

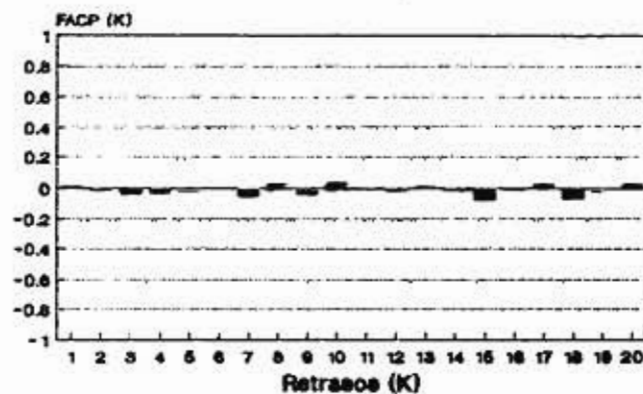
FUNCION DE AUTOCORRELACION PARCIAL
(VERIFICACION)
FIG. 4.29

DOLAR (COMPRA)
FACP(CETES,DOLAR)



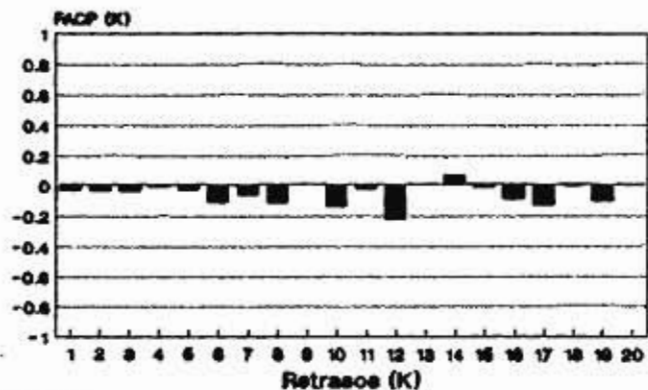
VERIFICACION

DOLAR (COMPRA)
FACP(CETES,INPC)



VERIFICACION

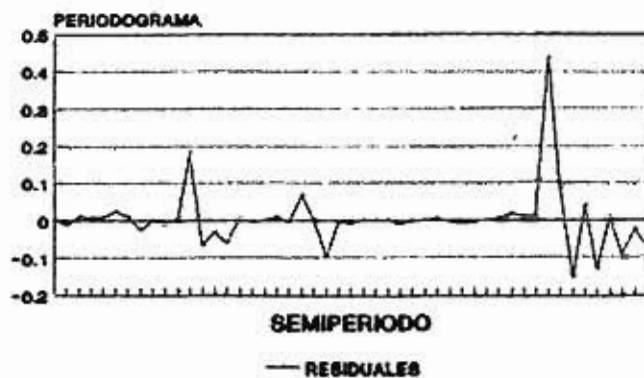
DOLAR (COMPRA)
FACP(CETES,CETES)



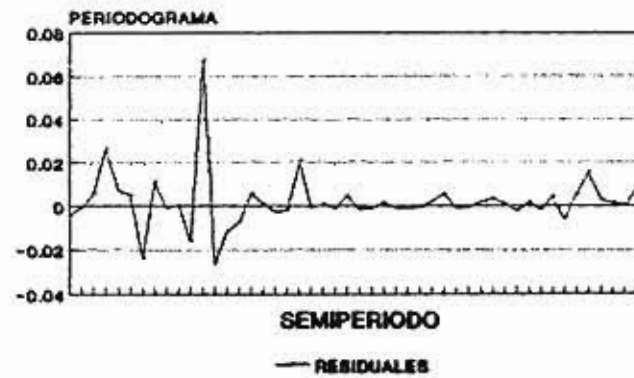
VERIFICACION

FUNCION DE AUTOCORRELACION PARCIAL
(VERIFICACION)
FIG. 4.30

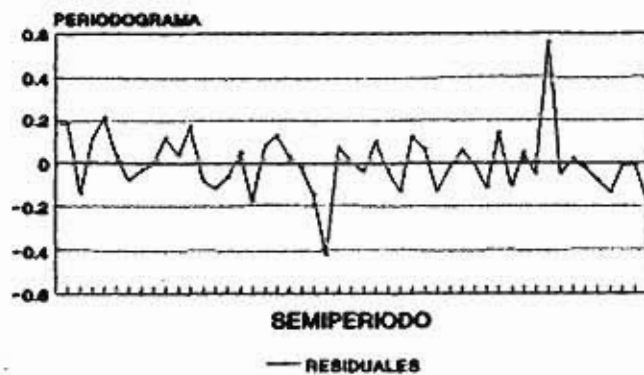
DOLAR (COMPRA) RESIDUALES



INPC RESIDUALES

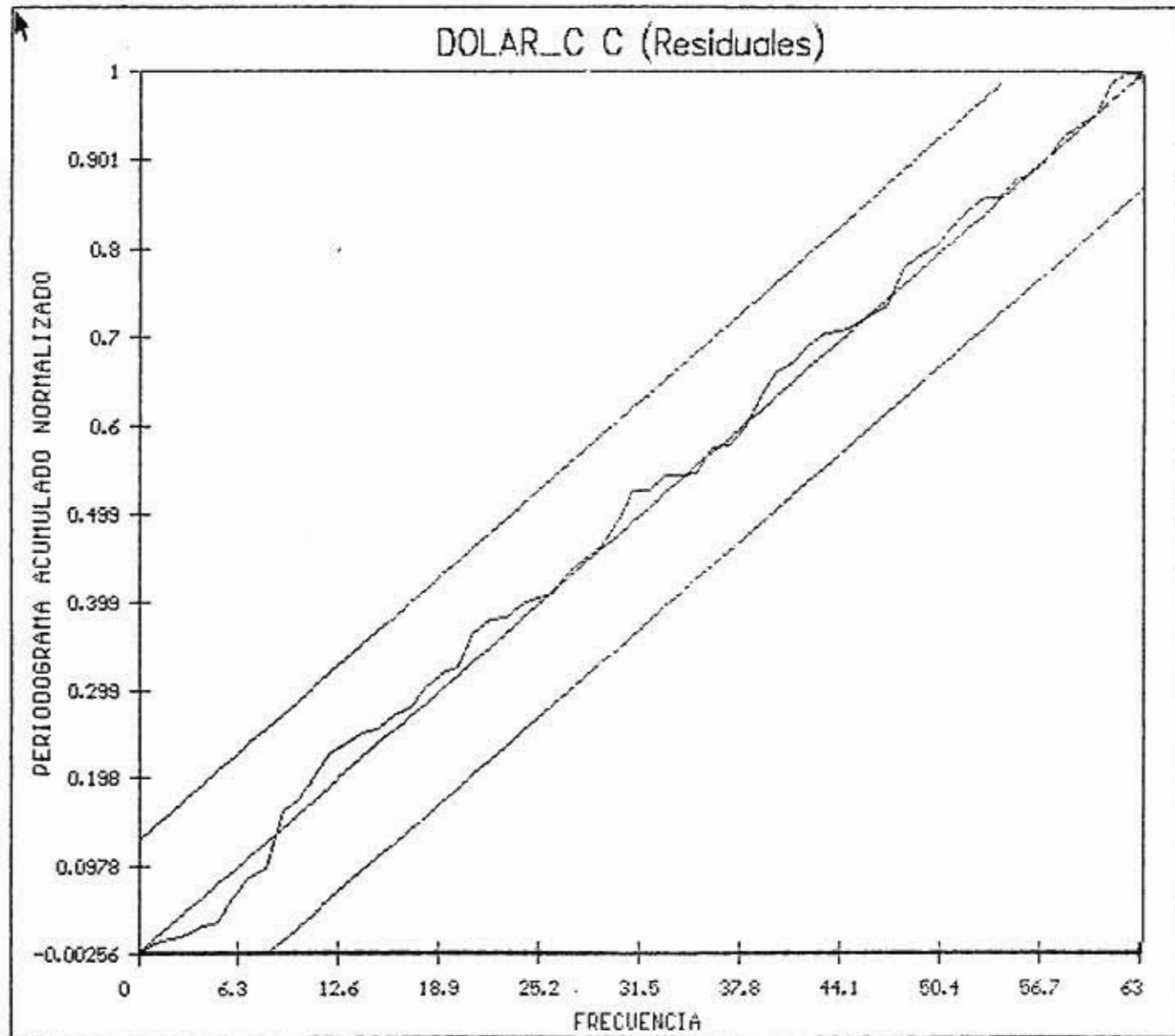


CETES RESIDUALES



RESIDUALES

FIG. 4.31



4.1.4. APLICACION

El objetivo de este trabajo de tesis es el pronóstico de los valores futuros de la cotización a la compra y a la venta de divisas. Así, en las gráficas Fig. 4.33 se muestran el pronóstico de la divisa CORONA_SUECA para su cotización a la venta, de los CETES y del INPC. En estas gráficas las líneas representan a las series originales y los asteriscos representan al pronóstico.

En el pronóstico de la CORONA_SUECA al menos los primeros cinco asteriscos tocan a la serie original, así que el pronóstico es muy acertado para estos valores. En el caso del INPC y de los CETES no todos los asteriscos alcanzaron a tocar perfectamente a las series originales, más sin embargo, tienen muy bien definidas las tendencias, lo cual también brinda un medio para predecir los valores futuros.

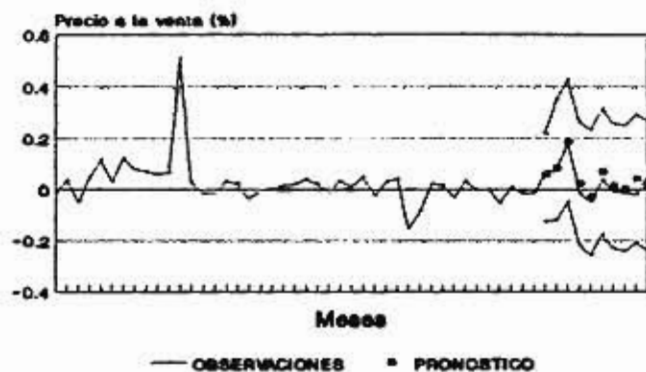
En el caso del pronóstico del DOLAR (Fig. 4.34) el primer asterisco no toca perfectamente a la serie, pero se encuentra muy próximo al valor esperado, sin embargo los cuatro asteriscos siguientes tocan perfectamente a la serie; y los siguientes asteriscos se encuentran muy próximos a la serie. Esta variación en el primer asterisco puede ser producto de la estabilidad de la cotización del DOLAR principalmente del periodo que comprende de noviembre de 1991 a noviembre de 1994. A pesar de ello se obtuvo un pronóstico muy acertado para esta divisa.

El INPC se comportó de manera similar que para el caso de la CORONA_SUECA. Para los CETES los primeros tres asteriscos tocan perfectamente a la serie, y los siguientes se encuentran muy cercanos a la serie.

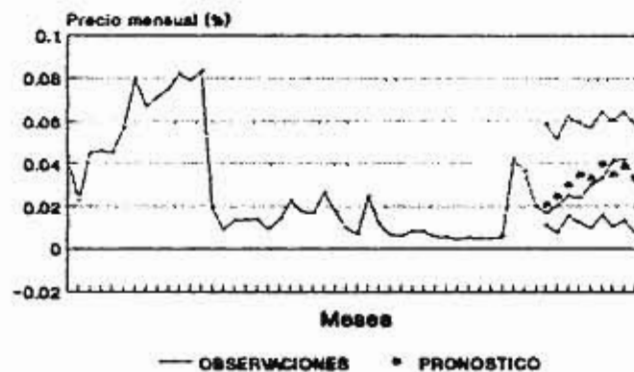
Por lo anterior se puede concluir, que todos aquellos factores que son posibles de explicar (políticos, económicos, etc) se encuentran contenidos en las variables aleatorias implicadas (tasa de interés, tasa de inflación y tipo de cambio), y todo aquello que no es posible explicar queda contenido en la distribución de probabilidad en cada punto.

Analizando el pronóstico de las divisas restantes (ver el apéndice B) es claro que al menos en los primeros cinco puntos el pronóstico es muy acertado, por lo cual el modelo ARIMA multivariado es un muy buen medio para proporcionar a los decisores financieros una herramienta para proyectar la cotización de las divisas.

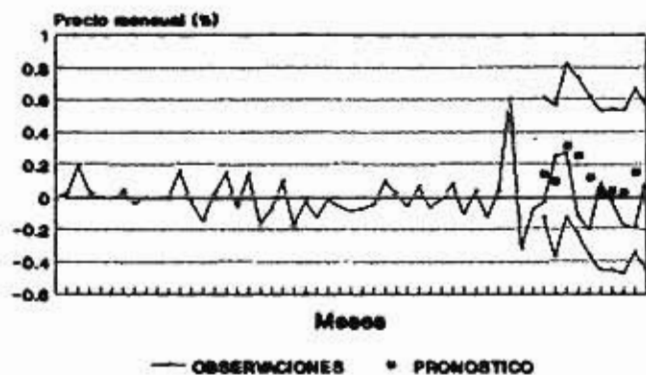
CORONA SUECA (VENTA) PRONOSTICO



INPC PRONOSTICO



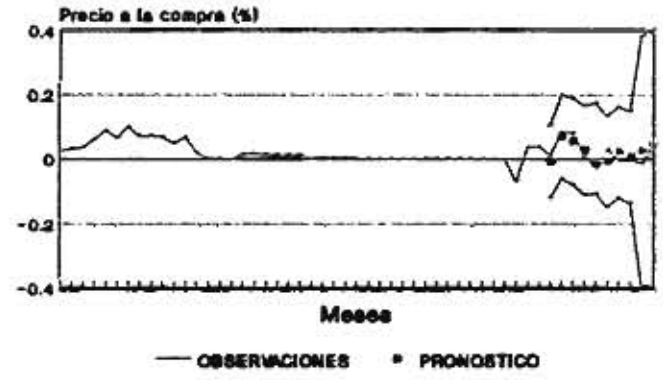
CETES PRONOSTICO



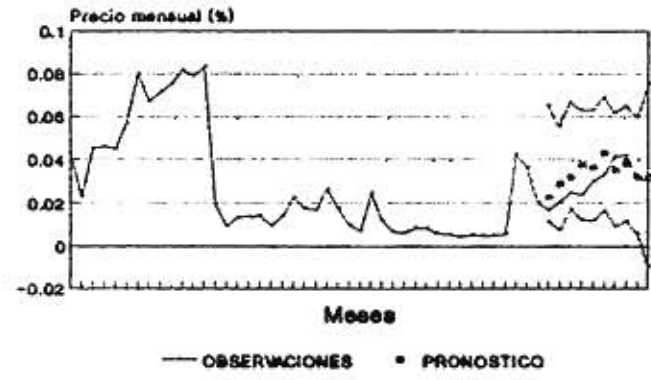
PRONOSTICO

FIG. 4.33

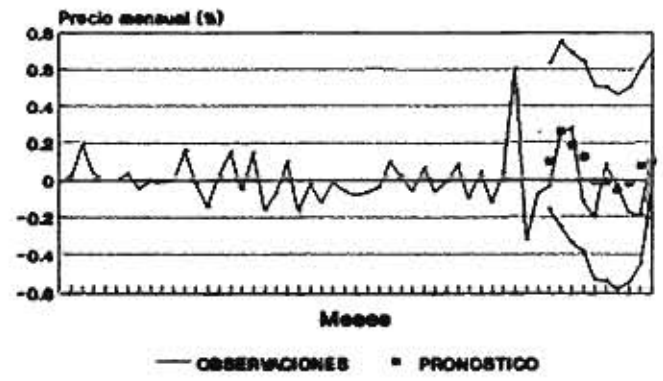
DOLAR Precio a la compra



INPC BASE 1995



CETES Mercado primario



PRONOSTICO

FIG. 4.34

CONCLUSIONES

El mercado de divisas existe con el propósito de comprar y vender varios tipos de moneda; en él participan gobiernos de distintos países, individuos y empresas y lo hacen por varias razones, por el comercio internacional, inversión extranjera y especulación principalmente.

Existen dos tipos de transacciones en el mercado de divisas, transacciones en el mercado spot y transacciones en el mercado forward. Las operaciones en el mercado spot se realizan inmediatamente (en el plazo máximo de dos días), las operaciones en el mercado forward se realizan en periodos mensuales (1, 2, 3 y 6 meses, generalmente). La tasa forward puede estar en una base igual que la tasa spot; con descuento si la tasa forward se cotiza (en la fecha de su vencimiento) a un precio mayor que la tasa spot o con premio si la tasa forward se cotiza (en la fecha de su vencimiento) a un precio menor que la tasa spot.

La función principal del mercado de cambio extranjero es la transferencia del poder de compra denominado en una divisa a otra, y de esta manera facilitar el comercio e inversión internacional.

Las empresas financieras, quienes participan en el comercio internacional, se ven en la necesidad de predecir la cotización de las divisas en periodos de tiempo mensual generalmente, para poder planear y controlar sus operaciones en el mercado extranjero.

Se consideran dos enfoques que explican el comportamiento del tipo de cambio. En el primer enfoque se analiza la oferta y la demanda de las divisas a partir de la balanza de pagos, en el segundo enfoque se analiza el comportamiento del tipo de cambio en función de la relación que existe entre éste, la tasa de interés y la tasa de inflación.

Es el segundo enfoque en el que se basa el análisis del *pronóstico de divisas*. En el cual se considera a la tasa de interés, la tasa de inflación y el tipo de cambio como variables aleatorias independientes que describen al mismo fenómeno de estudio. Cada una de estas variables pueden ser analizadas a través de un modelo univariado, pero debido a que el comportamiento de cada serie se ve afectada por las otras, entonces es posible estudiarlas en forma conjunta como un modelo multivariado.

De esta manera, se consideraron a la tasa de interés, la tasa de inflación y el tipo de cambio como realizaciones simples de un proceso estocástico vectorial discreto, en donde cada realización está representada por un vector de tres componentes, que a su vez forman una serie de tiempo vectorial.

En base a lo anterior es posible formular un modelo ARIMA multivariado capaz de proyectar los valores de la cotización del tipo de cambio de diversas divisas. Simultáneamente se puede obtener la proyección de la tasa de inflación y de la tasa de interés.

En el apéndice B se muestran los resultados del pronóstico para cada divisa, en donde los asteriscos representan el pronóstico y las líneas muestran los valores reales; como se puede observar en las gráficas, al menos los primeros asteriscos tocan a las series originales, eso indica que sí se logró el objetivo deseado.

El modelo requiere trabajar con información nueva para poder obtener una predicción muy certera. En general, en todos los pronósticos obtenidos para las doce divisas se obtienen valores muy cercanos a los reales, al menos en los primeros cinco puntos.

En el caso de los CETES y del INPC algunos de los asteriscos tocan a las series pero en su mayoría muestran una tendencia muy cercana a las series originales. Estos resultados son de gran ayuda para que el decisor financiero pueda tener un medio que le permita planear las operaciones comerciales en el futuro.

Entre más se alejen los valores obtenidos del pronóstico de los valores reales es mucho más difícil tener una buena predicción, ya que existen variables aleatorias que son imposibles de cuantificar.

No todas las cotizaciones de las divisas pudieron ajustarse, esto se debe principalmente a que hay valores o tendencias que fueron imposibles de eliminar con el procedimiento propuesto, debido a ello no se logró exactitud en el pronóstico; para poder eliminar esos valores es necesario emplear, como una alternativa, el filtro de Kalman, pero este tema se encuentra fuera de los alcances de este trabajo de tesis.

APENDICE A

FACTORES QUE DETERMINAN EL TIPO DE CAMBIO

En los mercados libres, las variaciones del tipo de cambio están determinadas por los cambios en la tasa de interés y la inflación esperada. El comportamiento de la tasa de interés está explicada por el concepto de **paridad de la tasa de interés** y el comportamiento de la función de la inflación está explicada por el concepto de **paridad del poder adquisitivo**. Estas dos explicaciones están relacionadas con otra por la **ecuación de Fisher**.

A.1. PARIDAD DE LA TASA DE INTERES

Supone que las rentabilidades que se pueden obtener en las inversiones en dos países distintos deben ser iguales. Para que esto ocurra se tendría que comprar o vender una divisa a plazo, lo que asegura un determinado tipo de cambio al momento de recuperar el interés obtenido por la inversión.

La tasa de interés se conoce al momento de realizar la inversión, pero el tipo de cambio de una divisa en el futuro se desconoce. Cuando no se desea tener ningún riesgo se debe de realizar un contrato de divisas a plazo, el cual consiste de un contrato entre un banco y su cliente. Cada parte se compromete a entregar, en un futuro especificado, una cierta cantidad de dinero en una divisa, a cambio de otra cantidad conocida en otra divisa distinta, a un tipo de cambio en el que ambas partes están de acuerdo.

La paridad de la tasa de interés establece la diferencia entre el tipo de cambio actual y el tipo de cambio de un contrato a plazo sobre una divisa. Establece que la razón de las tasas de cambio a plazo fijo y al contado será igual a la razón de las tasas de interés netas extranjeras y nacionales. Esto puede expresarse de la forma siguiente:

$$\frac{E_{y,x}(D)}{E_{y,x}} = \frac{1 + r_y(D)}{1 + r_x(D)} \quad (\text{A.1.1})$$

donde $E_{y,x}$ representa la tasa de cambio spot; $E_{y,x}(D)$ representa la tasa de cambio forward D días; y $r_y(D)$ es la tasa de interés extranjera, nominal y actual y $r_x(D)$ es la tasa de interés nacional nominal y actual con vencimiento D días.

A.2. PARIDAD DEL PODER DE COMPRA

El enfoque de la paridad de la tasa de interés explica las relaciones entre el tipo de cambio spot y el tipo de cambio forward en términos de los diferenciales de las tasa de interés entre países.

El tipo de cambio spot es explicado por la teoría de la paridad del poder de compra, la cual se deriva de la ley de un precio. La ley de un precio argumenta que el precio de un producto en un país no puede exceder al precio del producto en otro país más que por el costo de transportación del producto entre los países. La ley de un precio esta dada por la siguiente expresión:

$$P_y = P_x E_{y,x} + R_y \quad \text{donde} \quad -T_y \leq R_y \leq T_y \quad (\text{A.2.1})$$

ésta ecuación dice que el precio del producto en el país Y , esta dado en términos de la divisa Y , y es igual al precio del producto en el país X , dado en términos de la divisa X , y a su vez por la tasa de cambio al contado de la divisa Y con respecto a la divisa X , dada como $E_{y,x}$, más una componente estocástica R_y , el cual esta vinculada por el costo de transportación dado en términos de la divisa Y , T_y .

Ahora, suponiendo que se promedia esta ley de un precio sobre todos los productos que se comercian entre dos países, la componente estocástica promedia a cero, por lo cual desaparece. Si se usa un periodo base común, los valores promedio pueden ser interpretados como un índice de precio. En esta forma, la relación es conocida como paridad del poder de compra

La paridad del poder de compra dice que el precio de un bien debería de ser el mismo independientemente del país en el que se adquiriera. Esto implica comparar tipos de inflación agregados o variaciones agregadas en los precios. A este nivel de

agregación la paridad del poder de compra establece que si el tipo de inflación en un país determinado se incrementa con relación a otros países, la moneda del país tenderá a depreciarse en relación a otras monedas.

Empíricamente, se ha descubierto que la paridad del poder de compra no se mantiene a corto plazo. Por tanto, este concepto es más útil si se considera como una tendencia a largo plazo, hacia la cual pueda tender a modificarse los tipos de cambio. Sin embargo, para aquellos inversionistas que deseen anticipar movimientos en el tipo de cambio en el plazo de tres meses, la paridad del poder de compra no es un método útil. Lo anterior puede expresarse de la forma siguiente:

$$E_{y,x} = \frac{P_y}{P_x} \quad (\text{A.2.2})$$

donde $E_{y,x}$ es la razón de tasas de inflación; P_y es el índice de precios en el país Y y P_x es el índice de precios en el país X.

A.3. LA ECUACION FISHER

El efecto Fisher se presenta en las relaciones entre las tasas de interés y la tasa de inflación anticipada. Afirma que las tasa nominales de interés aumentan para reflejar la tasa anticipada de inflación. El efecto de Fisher puede ser expresado de la forma siguiente:

$$r_{y,n}(D) = r_{y,r}(D) + i_{y,e}(D) \quad (\text{A.3.1})$$

En donde $r_{y,n}(D)$ es la tasa de interés nominal en el país Y a un vencimiento de D días que es igual a la tasa real requerida en el país Y para el número de días, denotado como $r_{y,r}(D)$, más el cambio esperado en el nivel de precios en el país Y sobre el número de días, denotado como $i_{y,e}(D)$.

APENDICE B

Para el estudio del pronóstico de divisas se recopiló información en periodos de tiempo mensual de los últimos once años de los CETES, del INPC y de la cotización tanto a la compra como a la venta de doce tipos de divisas que son las siguientes:

- Corona Sueca
- Dólar Canadiense
- Dólar controlado
- Dólar Libra
- Florín Holandés
- Franco Belga
- Franco Francés
- Franco Suizo
- Libra Esterlina
- Marco Alemán
- Peseta
- Yen Japonés

En las siguientes figuras se muestra únicamente el pronóstico de las doce divisas tanto para la cotización a la compra como para la cotización a la venta, así como el INPC y los CETES para cada una..

CORONA SUECA

Precio a la compra

96

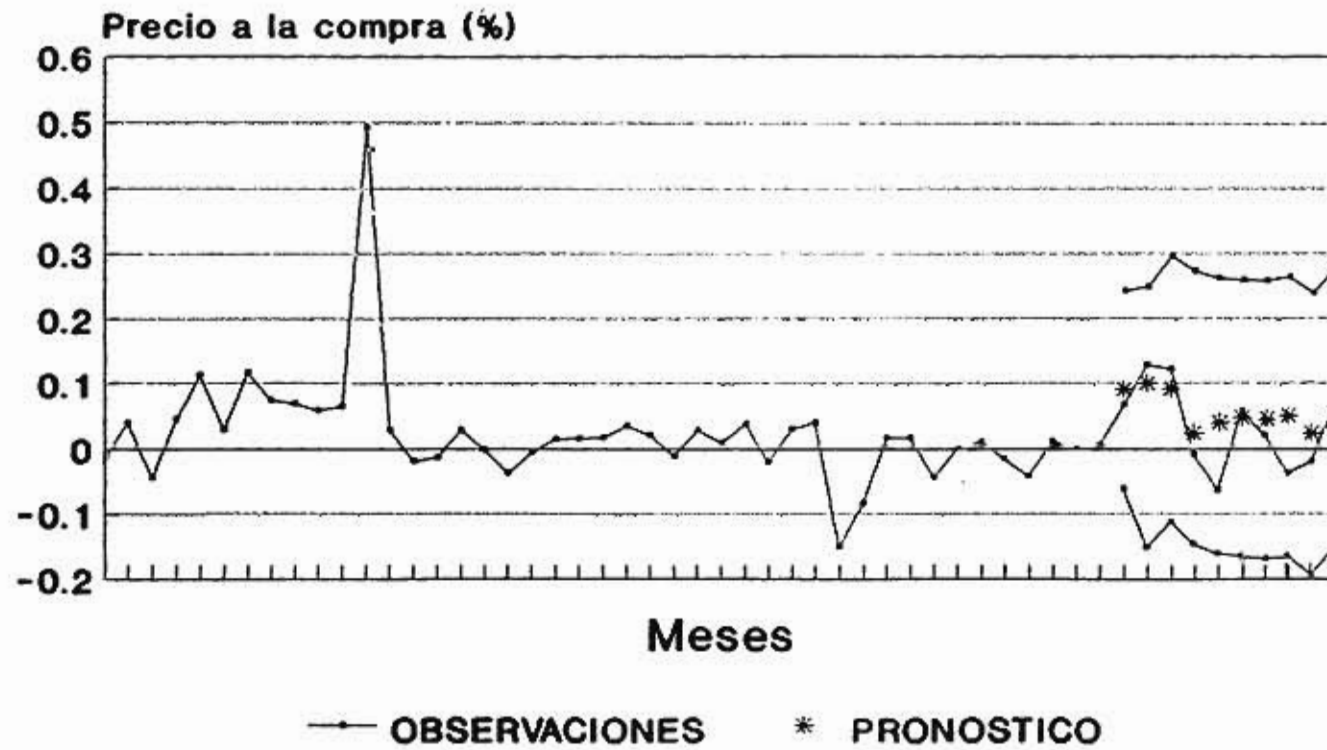


FIG. B1

DOLAR CANADIENSE

Precio a la compra

97

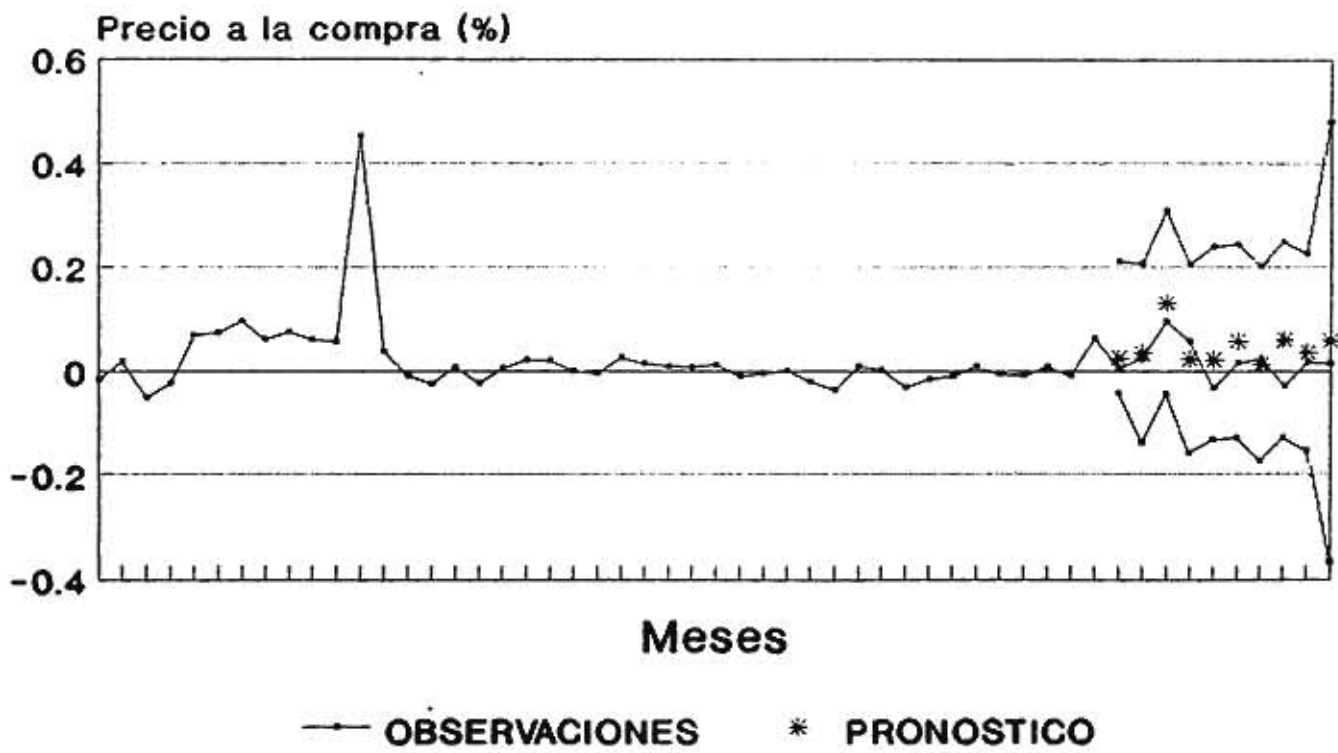


FIG. B2

DOLAR CANADIENSE

Precio a la venta

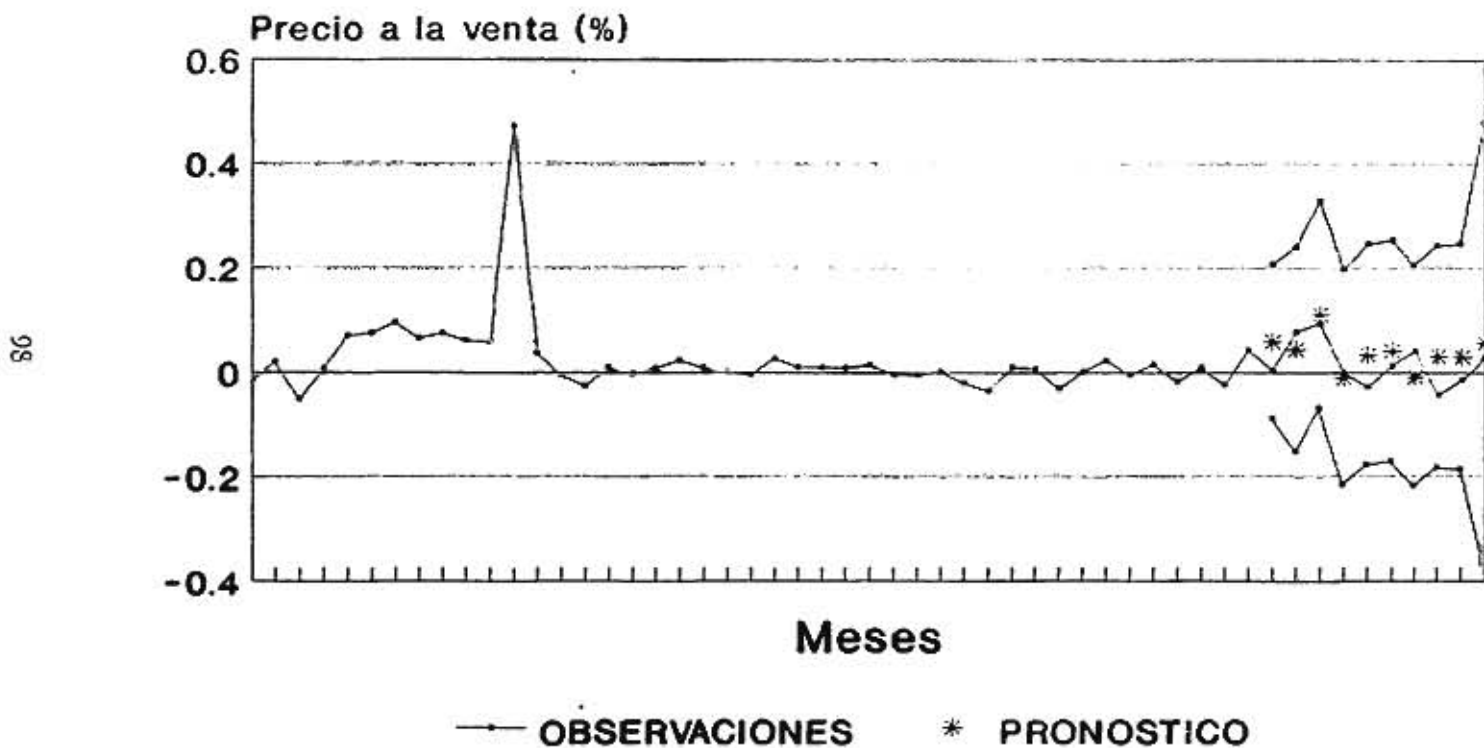


FIG. B3

DOLAR LIBRE

Precio a la compra

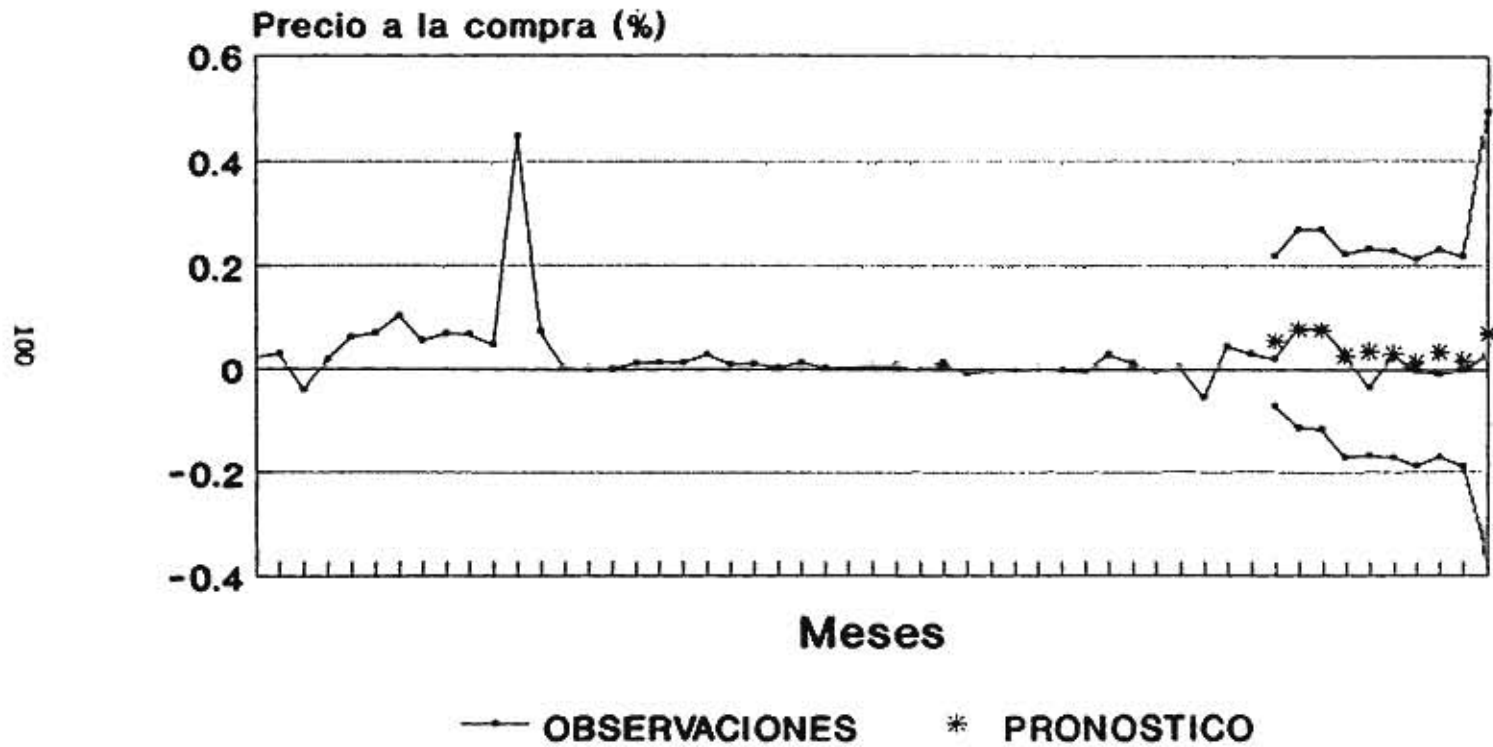


FIG. B5

DOLAR LIBRE

Precio a la venta

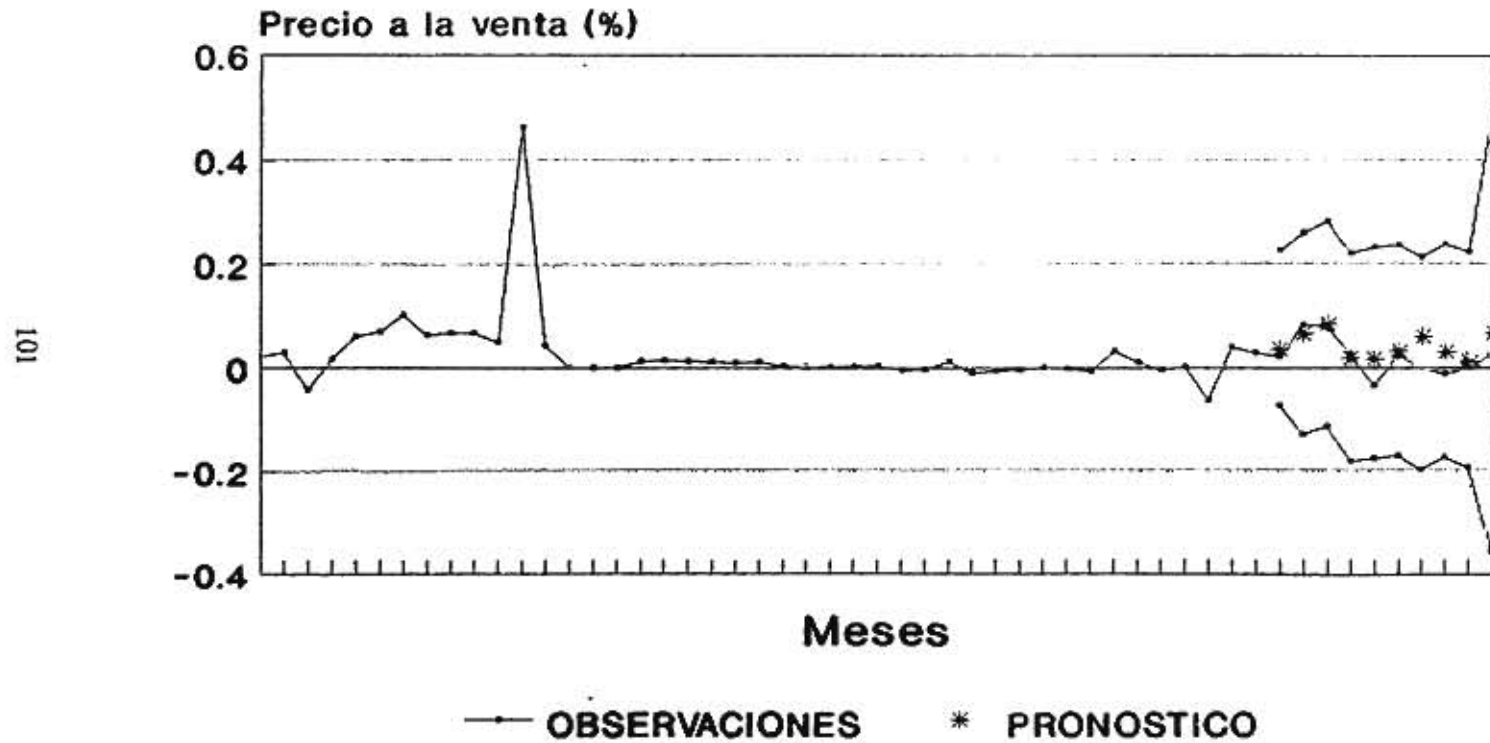


FIG. B6

FLORIN HOLANDES

Precio a la compra

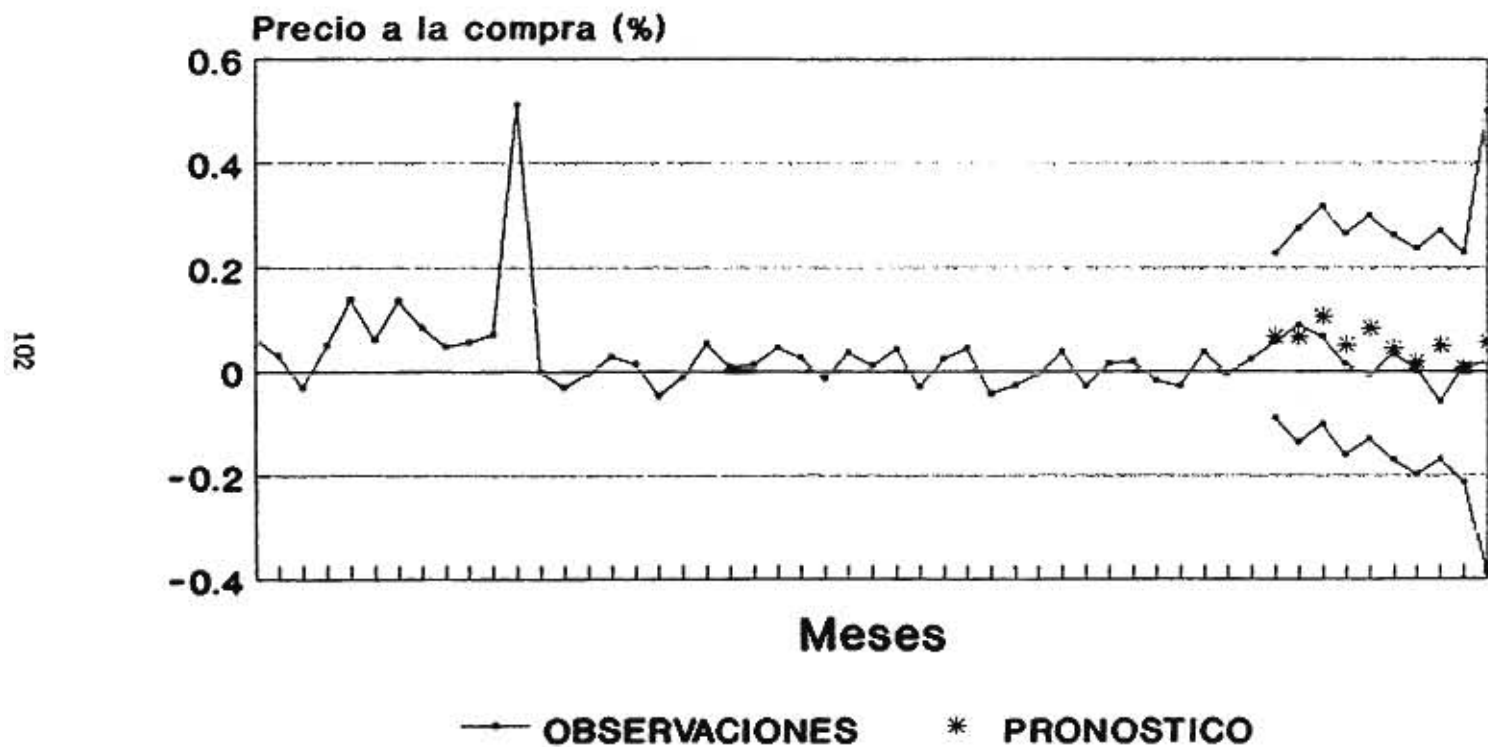


FIG. B7

FLORIN HOLANDES

Precio a la venta

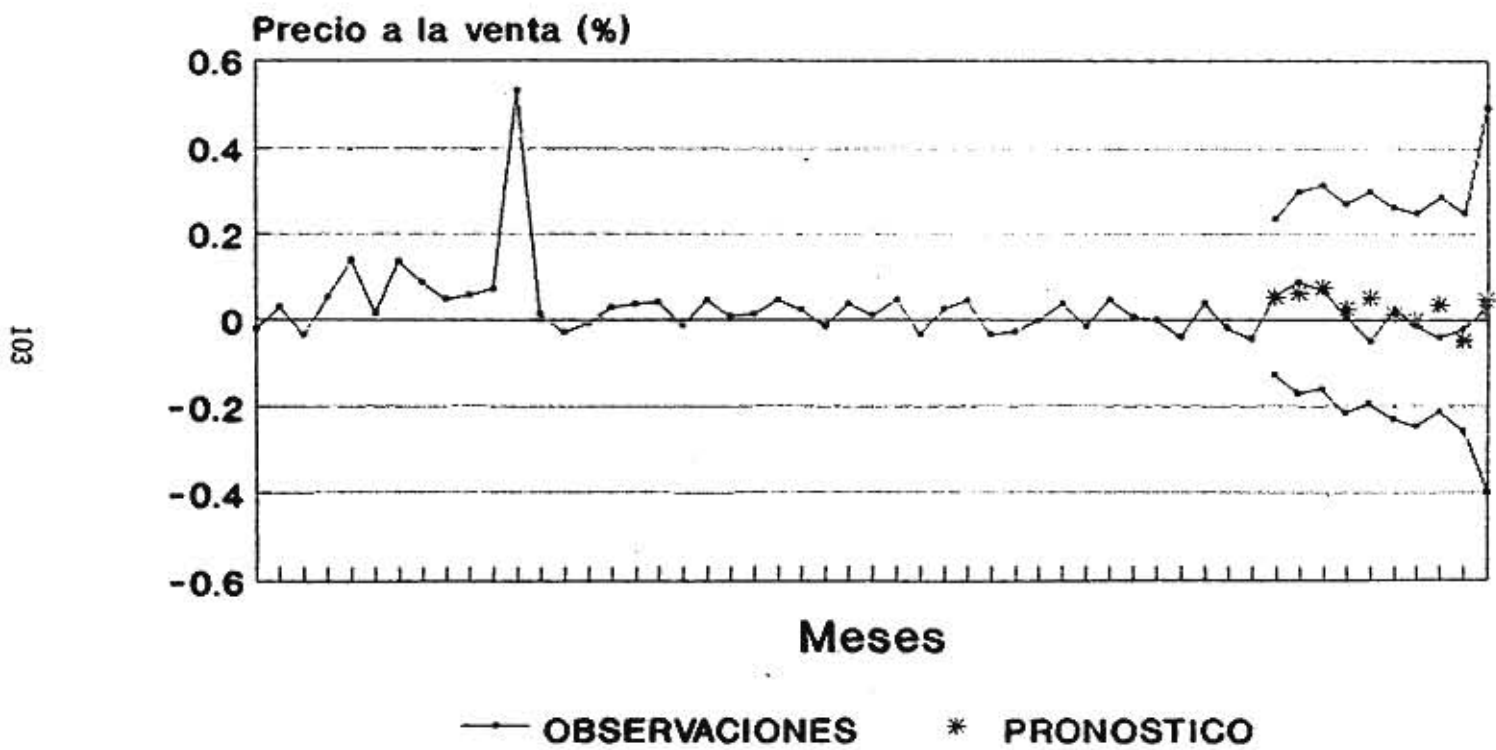


FIG. B8

FRANCO BELGA

Precio a la compra

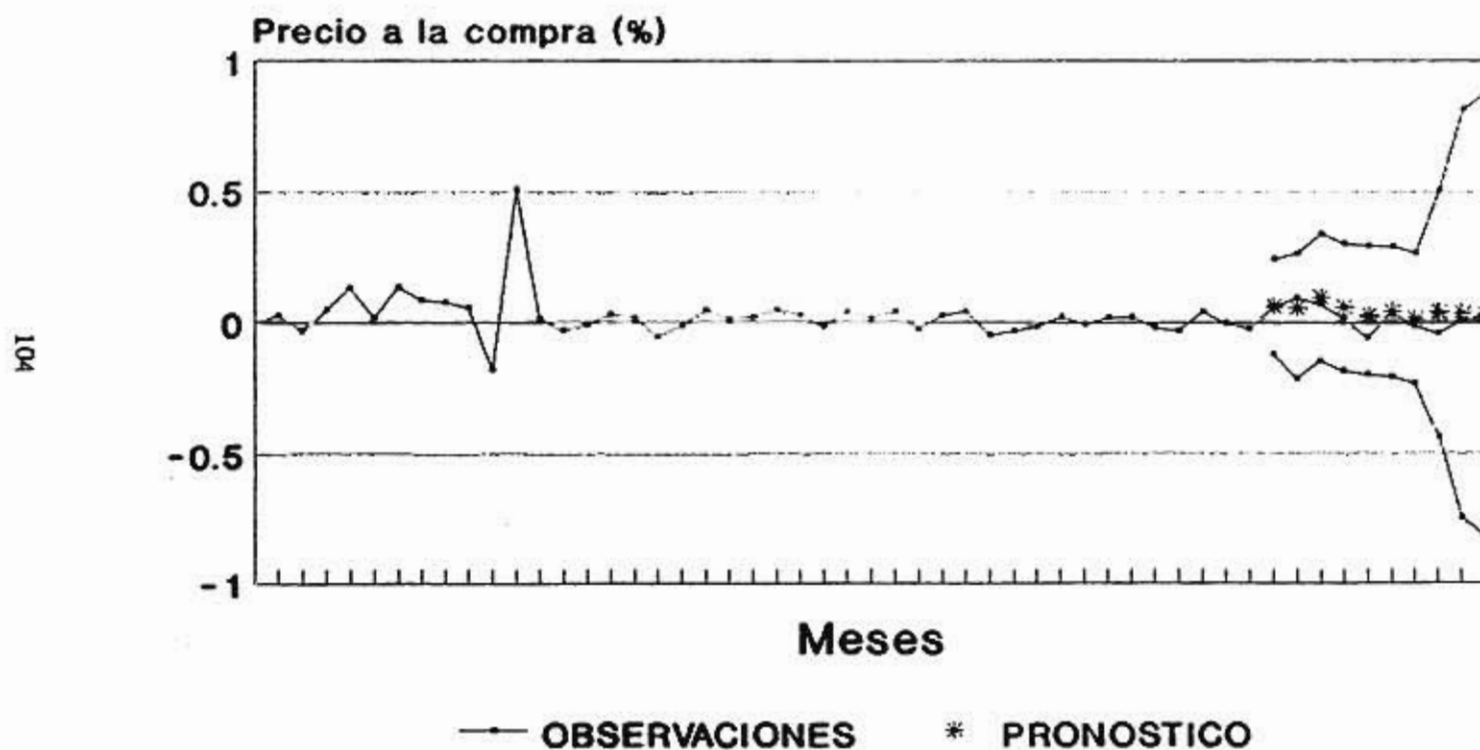


FIG. B9

FRANCO BELGA
Precio a la venta

105

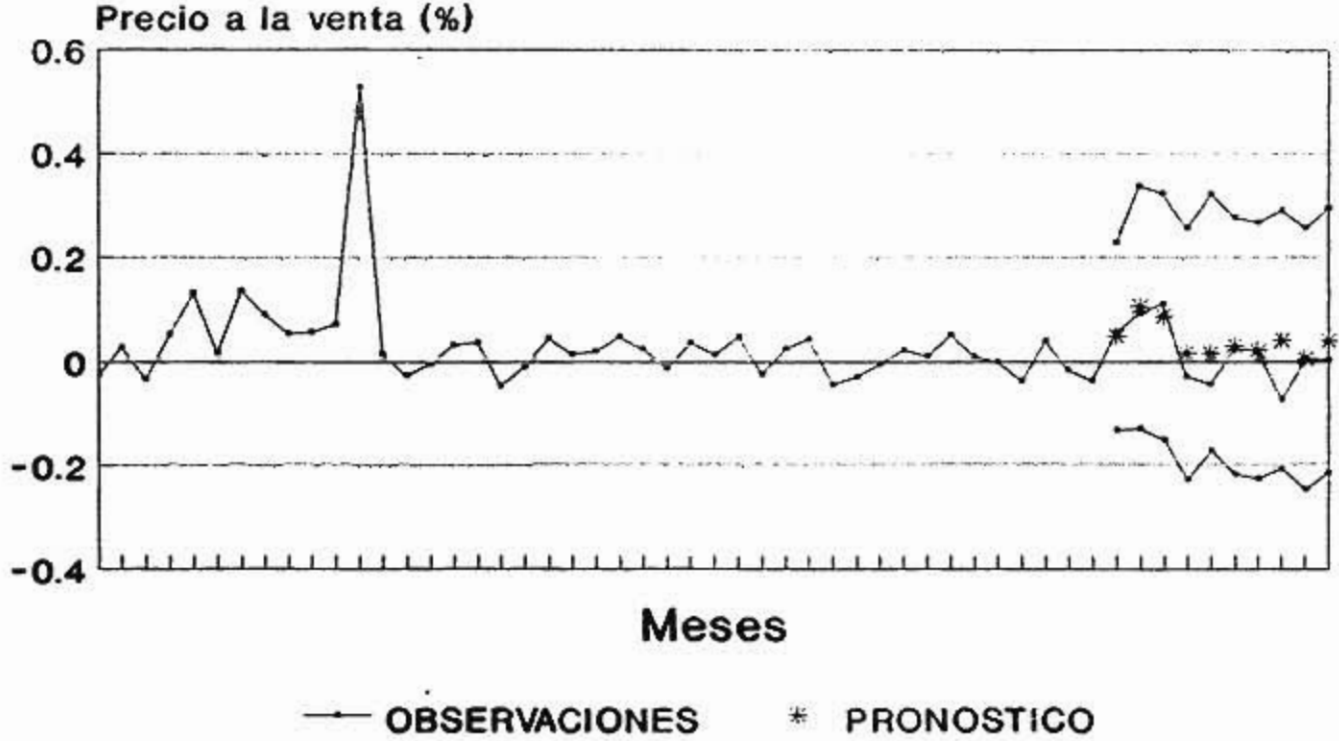


FIG. B10

FRANCO FRANCES

Precio a la compra

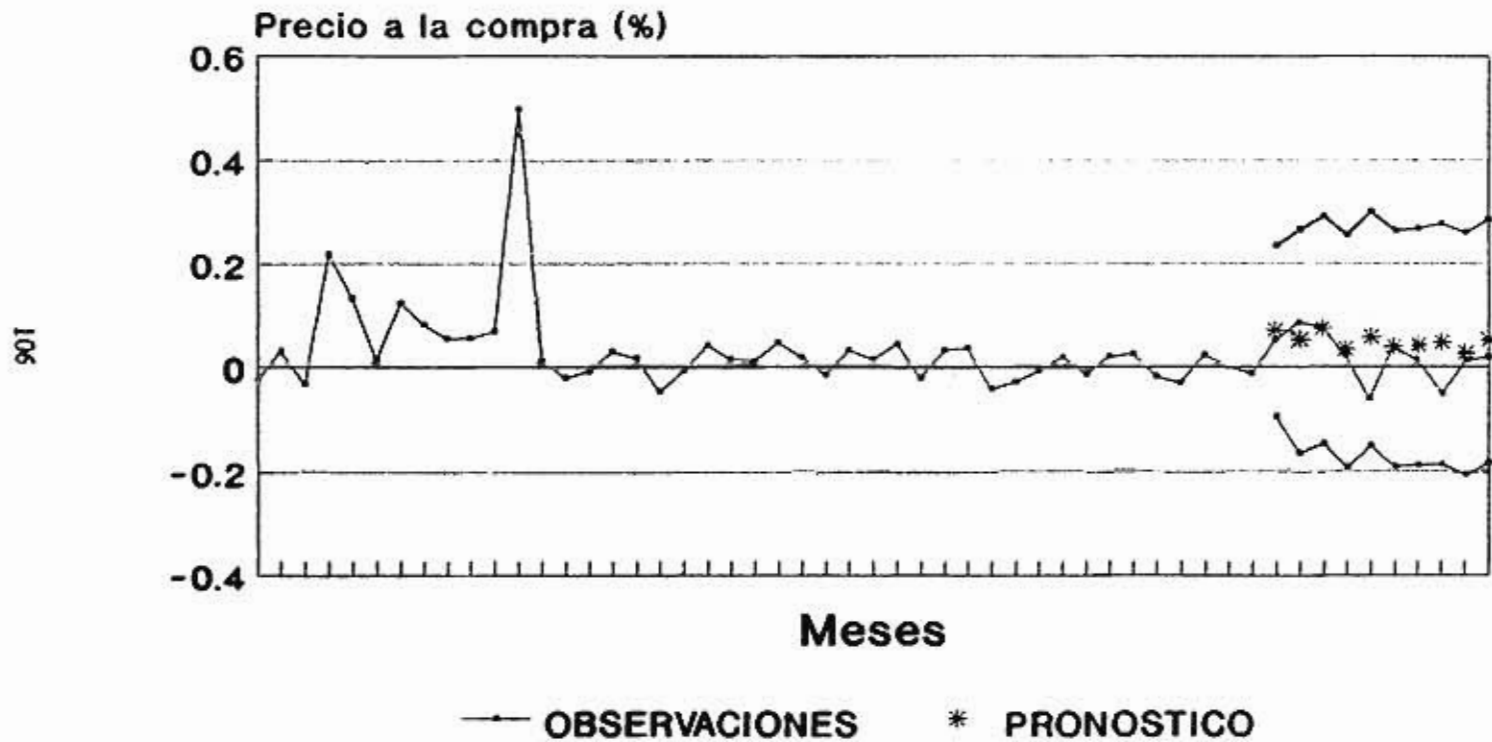


FIG. B11

FRANCO FRANCES

Precio a la venta

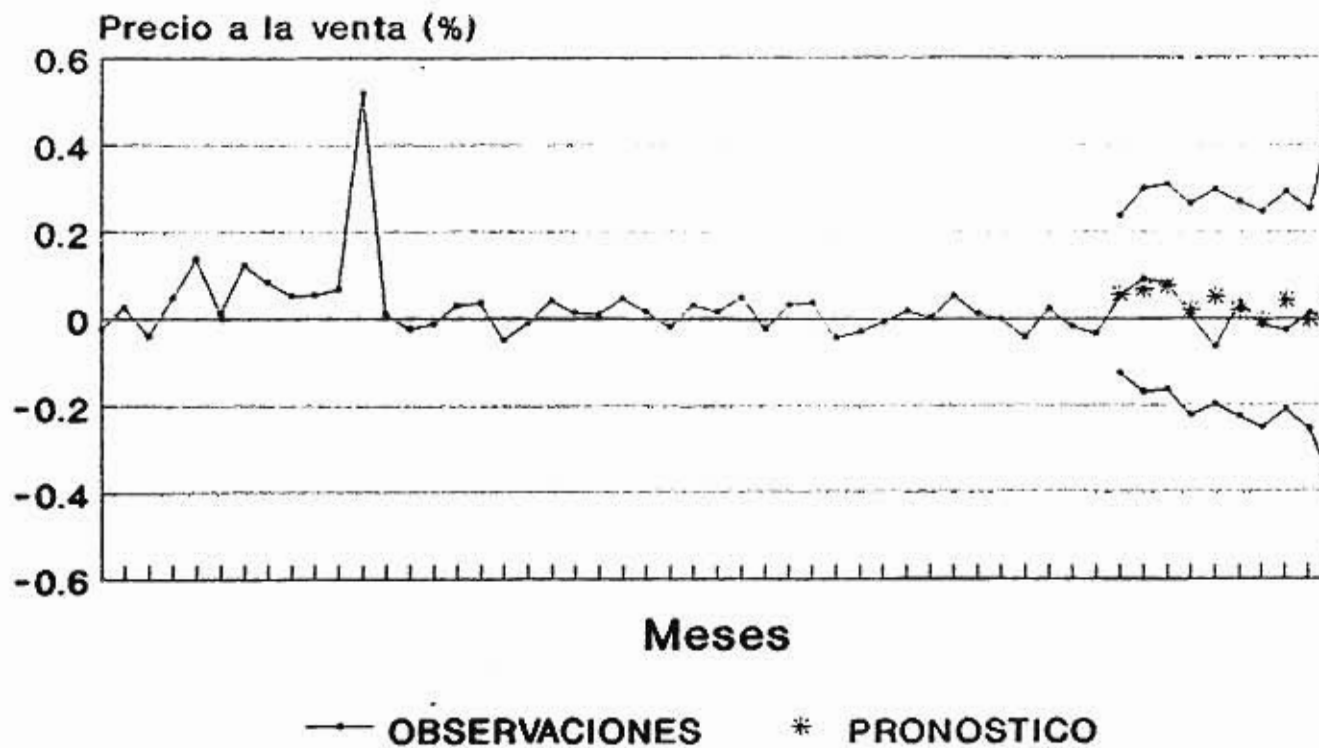


FIG. B12

FRANCO SUIZO

Precio a la compra

108

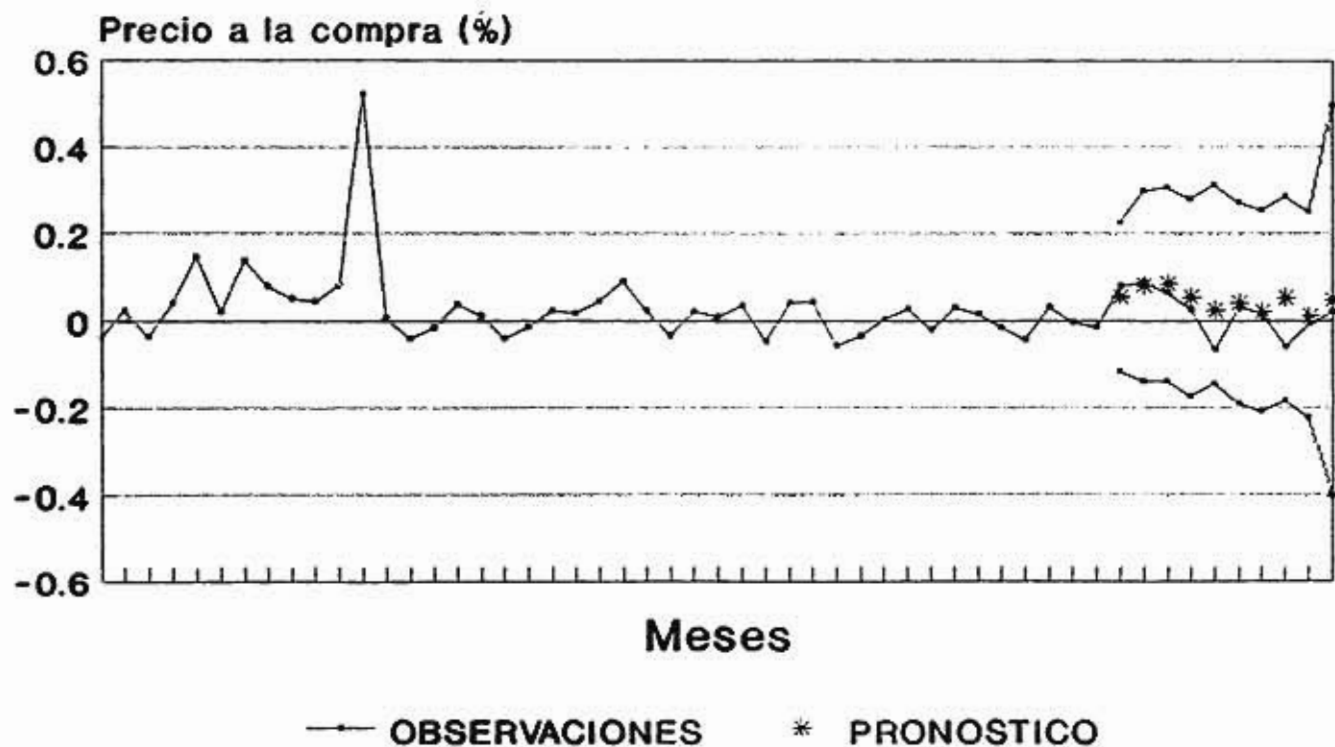


FIG. B13

FRANCO SUIZO

Precio a la venta

109

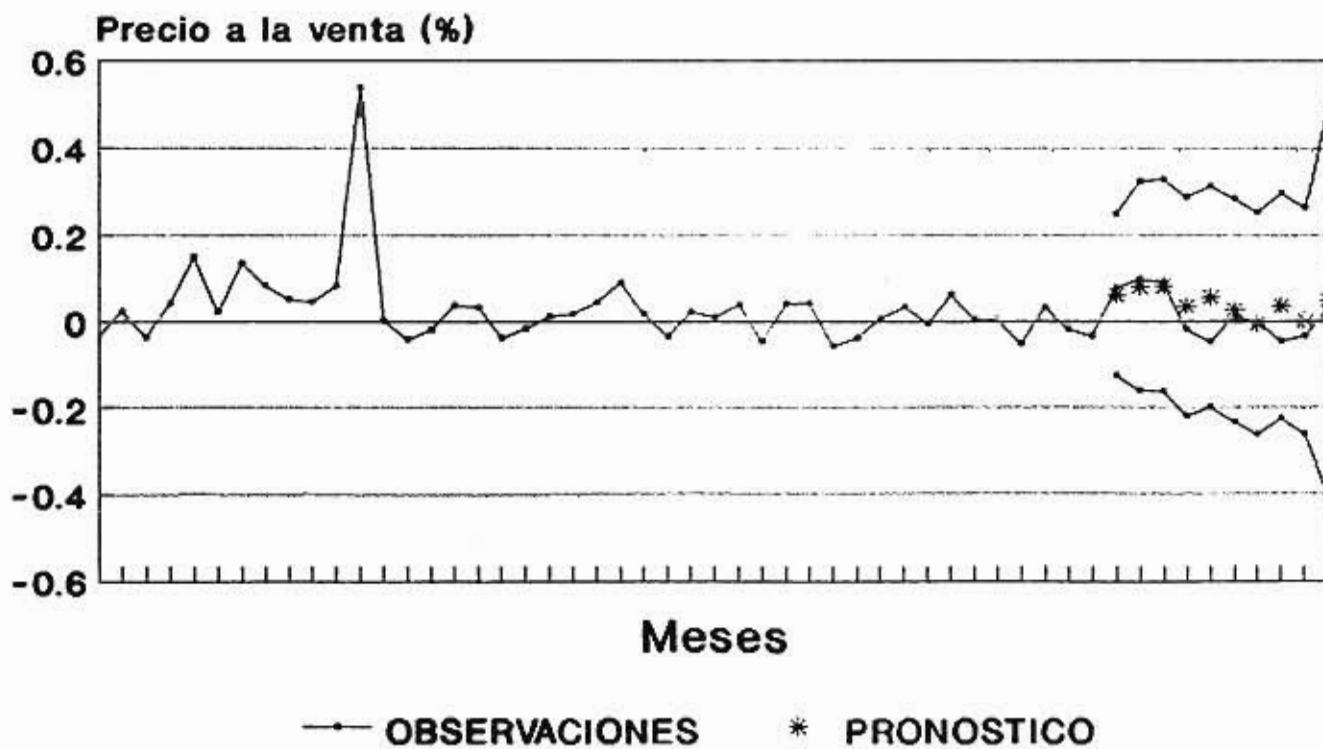


FIG. B14

LIBRA ESTERLINA

Precio a la compra

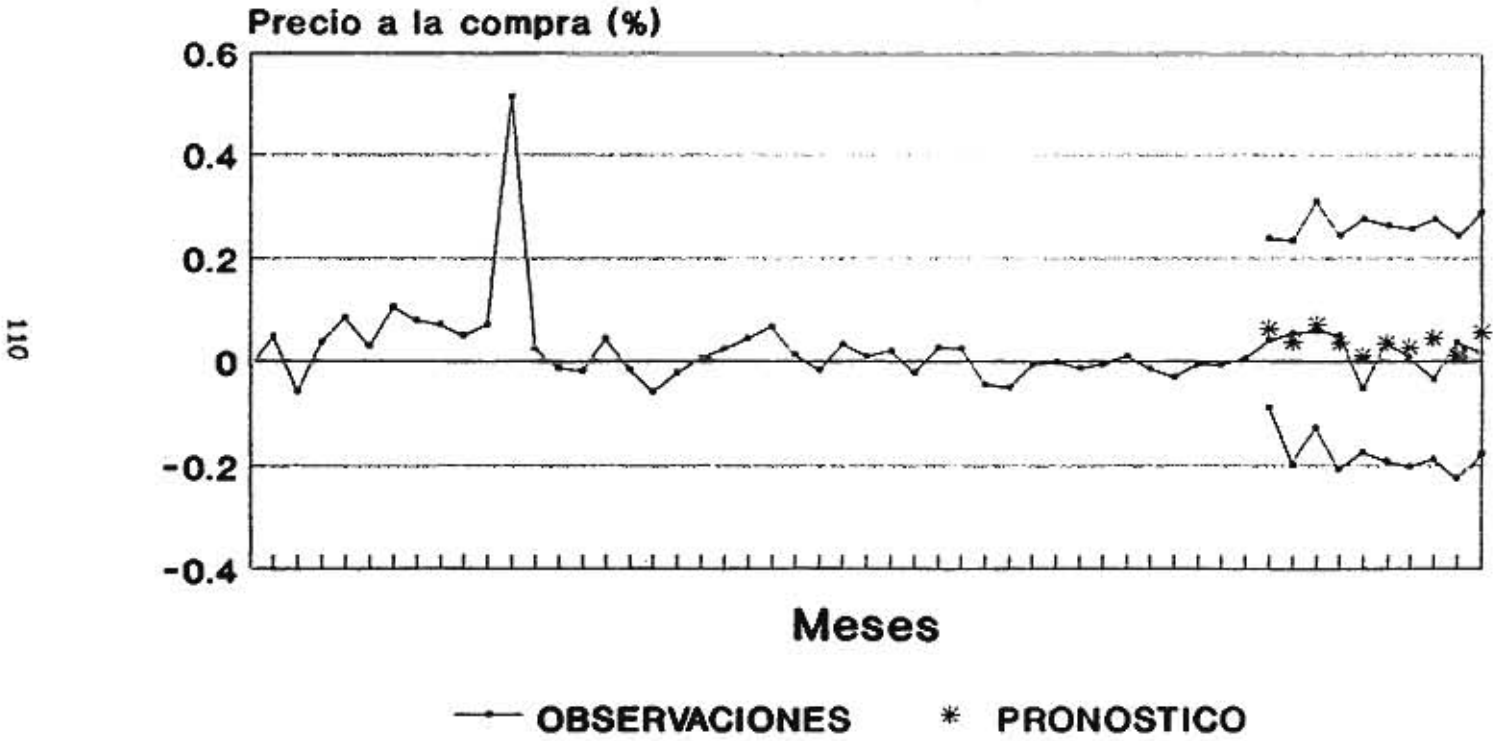


FIG. B15

LIBRA ESTERLINA

Precio a la venta

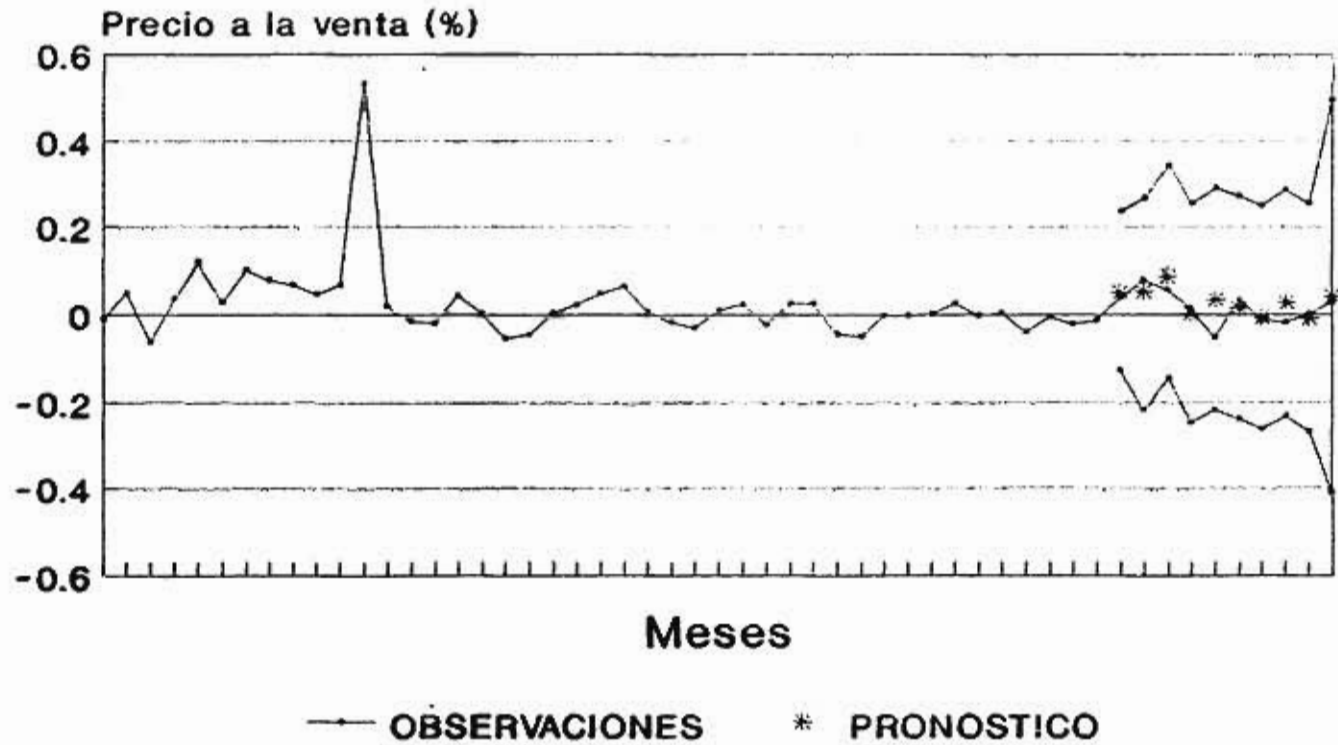
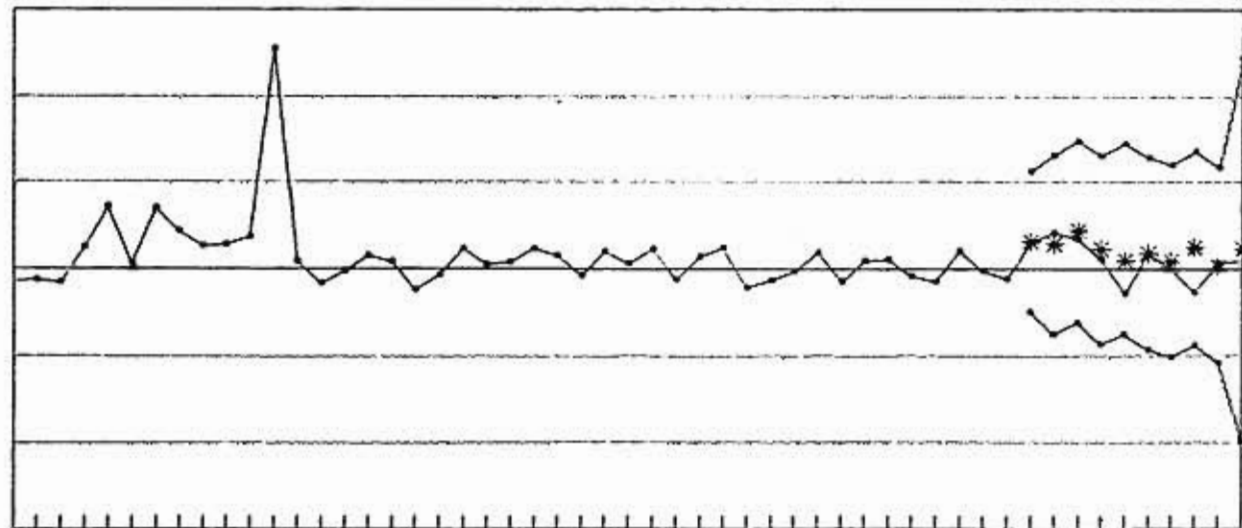


FIG. B16

MARCO ALEMAN

Precio a la compra

Precio a la compra (%)



Meses

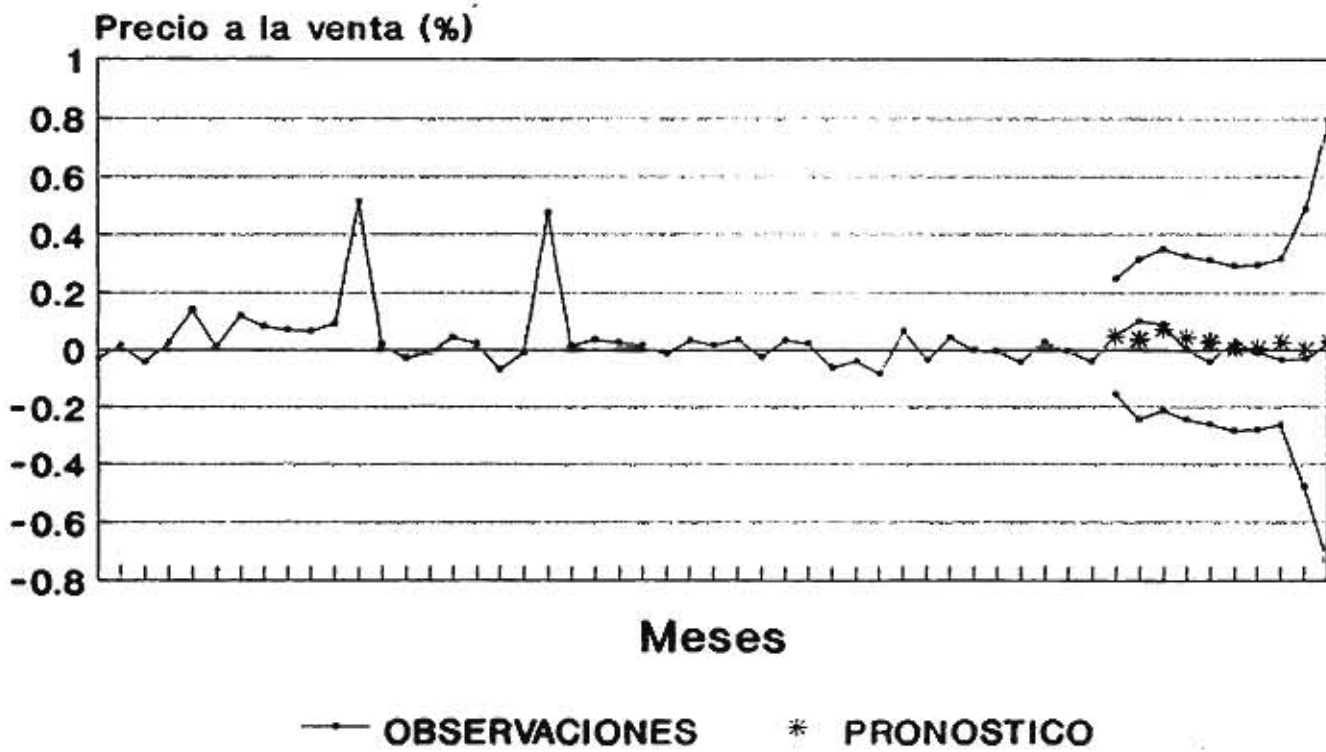
—●— OBSERVACIONES * PRONOSTICO

FIG. B17

PESETA

Precio a la venta

115



YEN JAPONES

Precio la compra

116

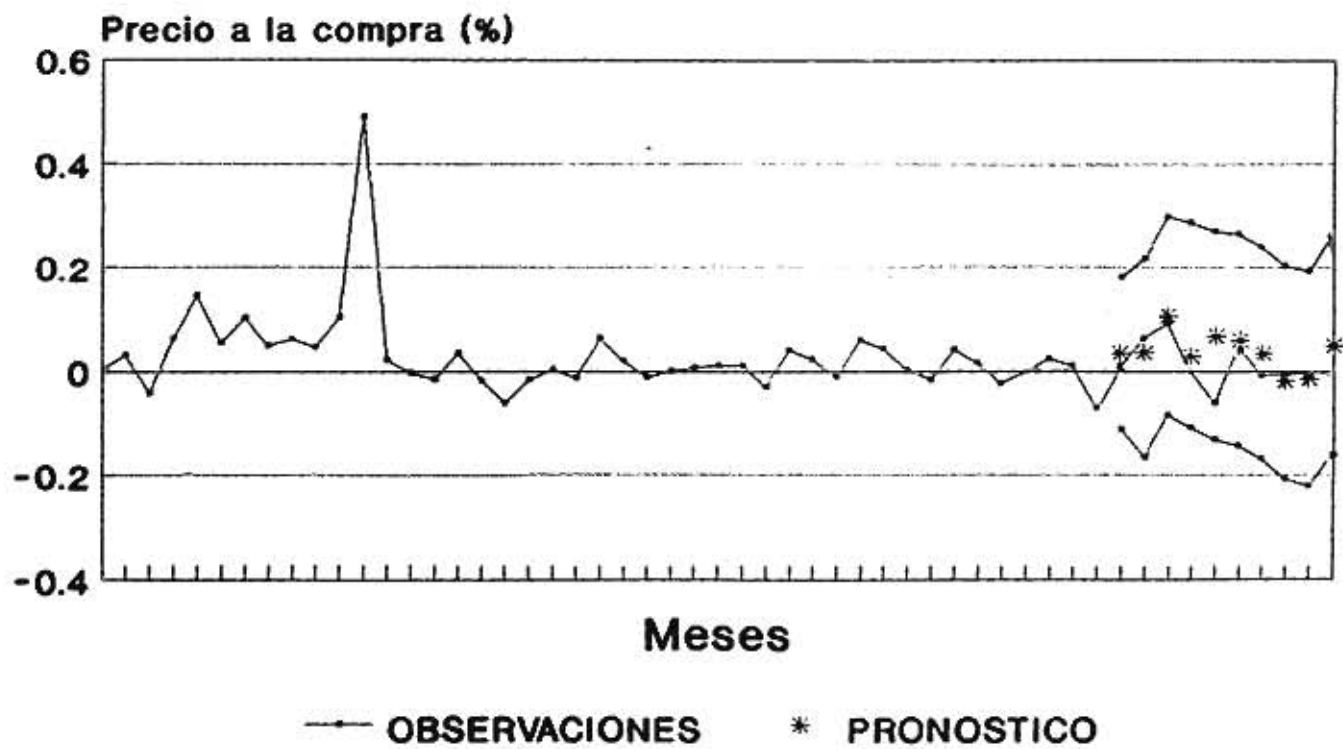


FIG. B21

YEN JAPONES

Precio a la venta

117

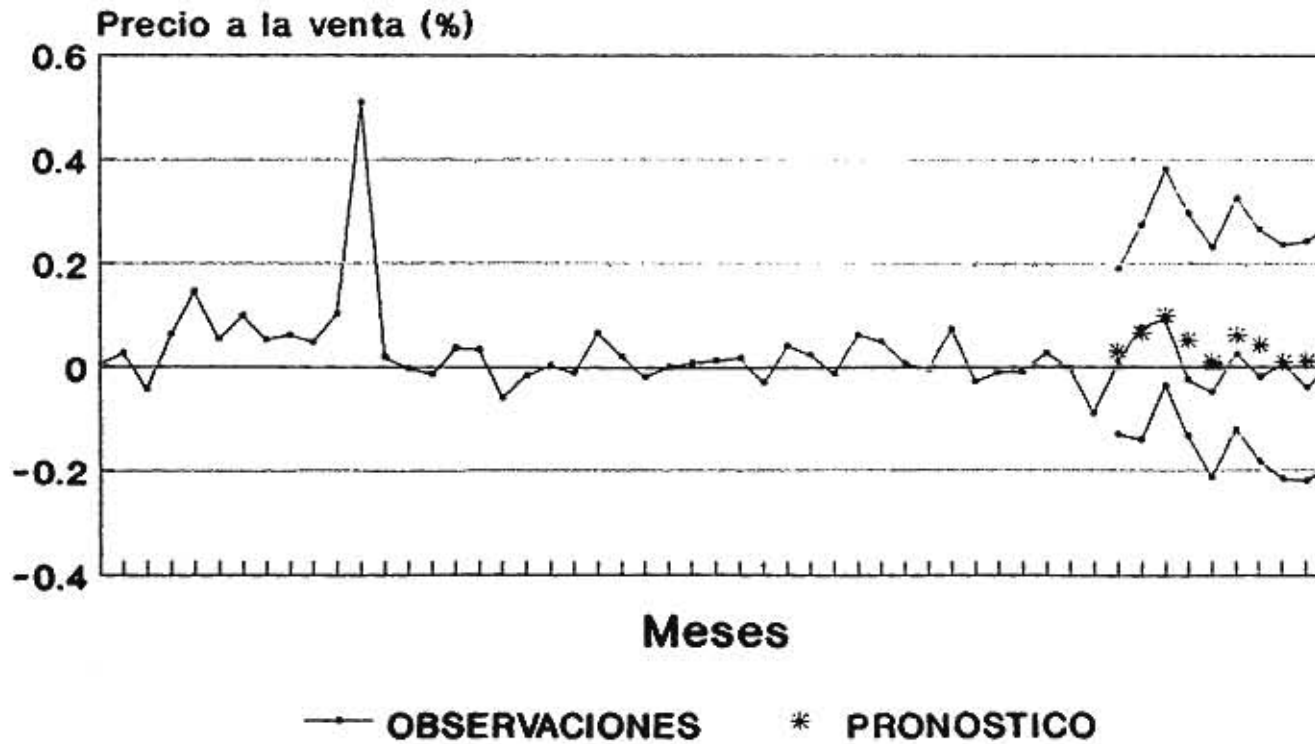


FIG. B22

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bazaraa, Mokhtar S., *Nonlinear programming*, primera edición, John Wiley, 1979
- [2] Box, George E. P. y Jenkins, Gwilym M., *Time series analysis: forecasting and control*, primera edición, Prentice Hall, 1976.
- [3] Cooper y Fraser, *The financial Marketplace*, tercera edición, Addison Wesley.
- [4] Díez de Castro, Luis y Mascareñas Pérez I., *Ingeniería financiera la gestión en los mercados financieros internacionales*, primera edición, McGraw-Hill, España, 1991.
- [5] Gnanadesikan, R., *Methods for statistical data analysis of multivariate observations*, primera edición, John Wiley, 1977.
- [6] Georgoff, David M. y Murdick, Robert G., "How to choose the best techniques to help solve your particular forecasting dilemma", *Harvard Business Review*, Enero-Febrero 1986, número 1.
- [7] Guerrero, Víctor M., *Análisis estadístico de series de tiempo económicas*, primera edición, U.A.M., México, 1990.
- [8] Harvey, Andrew C., *Forecasting, structural time series models and the Kalman filter*, primera edición, Cambridge University, New York, 1989.
- [10] Prawda, Juan, *Métodos y modelos de investigación de operaciones*, primera edición, vol. 1, Limusa, México, D.F.

- [11] Riehl, Heinz y Rodríguez, Rita M., *Mercados de divisas y mercados de dinero*, primera edición, McGraw-Hill, España, 1990.
- [12] Shapiro, Alan C., *Multinational financial Management*, cuarta edición, Allyn and Bacon, 1992.
- [13] Wei, William W. S., *Time series analysis univariate and multivariate methods*, primera edición, Addison Wesley, 1990.
- [14] Weston, Fred y Brigham, Eugene, *Fundamentos de administración financiera*, décima edición, McGraw-Hill, 1994.