

CARACTERIZACIÓN DE LA VARIACIÓN DEL TIPO DE CAMBIO

Aportado por: M.Sc. Lic. Jesús Mesa Oramas, - Sistematizador, Sociedad Havanatur S.A., Corporación CIMEX S.A
jmesa@cimex.com.cu

Resumen

En el presente trabajo se recogen los fundamentos teóricos requeridos para realizar el análisis de una serie cronológica a partir de los cuales se propone un procedimiento para este tipo de evaluación, el cual se ilustra a través de la caracterización del comportamiento del tipo de cambio de cinco monedas seleccionadas: dólar canadiense, libra esterlina, euro, yen y peso mexicano.

I. Introducción

El futuro ha sido, y es, una constante preocupación del hombre a lo largo de toda su existencia y, por tanto, motivo de múltiples enfoques encaminados a su predicción. Sin embargo, no es ocioso señalar que esta obsesión, casi compulsiva, responde al interés racional de adoptar acciones preventivas ante eventos con influencia sean adversa para éste.

En correspondencia con lo antes expuesto, este tema ha estado presente en el desarrollo de la Ciencia, en particular a partir de los años 90's, donde el acelerado desarrollo de los sistemas informáticos ha posibilitado el procesamiento de grandes volúmenes de información a altas velocidades, aspecto éste de vital importancia para lograr proyecciones estadísticamente fundamentadas.

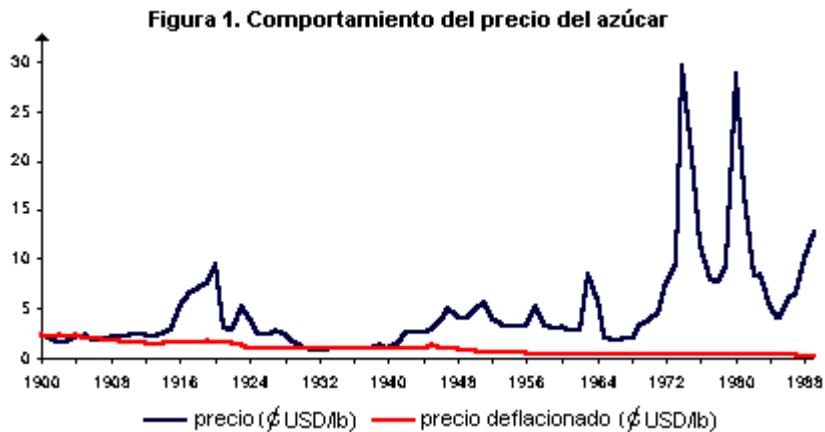
Lo antes expresado evidencia el impacto de este tema en la empresa moderna, la cual debe, resulta indispensable disponer de herramientas de análisis estandarizadas que le permitan procesar la información disponible acerca de los procesos que se desarrollan en la empresa y el comportamiento del entorno, con vistas a obtener proyecciones financieras acerca del flujo de efectivo, niveles de ventas así como la evaluación de alternativas de estrategias de cobros y pagos, etc.

Tomando en cuenta los aspectos señalados se elaboró el presente trabajo, dividido para su mejor comprensión en dos partes: una donde se recogen los fundamentos teóricos indispensables para el análisis de una serie de datos histórica que describe el comportamiento de una magnitud de impacto a nivel empresarial y otro donde se aplica la metodología propuesta al análisis de las variaciones del tipo de cambio de las cinco monedas seleccionadas: dólar canadiense, libra esterlina, euro, yen y peso mexicano.

II. Fundamentos Teóricos

II.1 Términos y definiciones

Serie cronológica. Conjunto de observaciones tomadas en períodos específicos, usualmente en intervalos de tiempo iguales, como se ilustra en la figura 1, donde se muestra el comportamiento de los precios promedios y deflacionados (año base:1900) del azúcar en el mercado mundial durante el siglo pasado.



Movimientos característicos de series cronológicas. Variaciones que se manifiestan en el comportamiento de las series cronológicas, que pueden manifestarse de las cuatro formas mostradas en la figura 2 y cuyas características se describen en detalle a continuación:



- a) **Movimiento secular, de largo plazo o tendencia (T).** Es aquel movimiento a que parece tender la serie cronológica durante un largo período de tiempo y que se describe mediante la curva de tendencia.
- b) **Movimientos estacionales (S).** Son movimientos idénticos, o casi idénticos, que parece seguir una serie durante meses consecutivos de años sucesivos.
- c) **Movimientos cíclicos (C).** Oscilaciones de la serie alrededor de una curva de tendencia y que pueden seguir o no modelos exactamente iguales en diferentes períodos.
- d) **Movimientos irregulares o aleatorios (I).** Se refieren a las variaciones esporádicas de las series cronológicas debido a acontecimientos fortuitos.

Modelo. Es una abstracción que refleja el comportamiento de un fenómeno o proceso. En el caso de las series cronológicas pueden utilizarse dos tipos de modelos:

- **Modelo Aditivo.** En este modelo se asume que el valor estimado de la variable dependiente (y) puede describirse a través de la suma del comportamiento de los cuatro movimientos característicos antes explicados, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$y = T + S + C + I$$

- **Modelo Multiplicativo.** Asume que el valor estimado de la variable dependiente puede ser descrito a través del producto del comportamiento de los cuatro movimientos característicos, como se indica en la siguiente ecuación:

$$y = T * S * C * I$$

En la práctica la decisión sobre qué modelo debe adoptarse depende del grado de éxito logrado al aplicar cada uno de ellos en el caso concreto de estudio.

II.2 Análisis de series cronológicas

Las definiciones realizadas en el apartado anterior permiten apreciar que el análisis de una serie cronológica requiere de la elección de un modelo (multiplicativo o aditivo) y la determinación de los cuatro movimientos característicos descritos anteriormente, para lo cual se requiere de un procedimiento que facilite y estandarice las operaciones, todo lo cual es independiente de la naturaleza de la magnitud objeto de estudio.

Metodológicamente, el análisis de una serie cronológica consta de los siguientes aspectos:

- Recolección de datos fiables.
- Representación gráfica de los datos de la serie y valoración cualitativa de su comportamiento.
- Determinación de la tendencia.
- Determinación de la existencia o no de estacionalidad. En caso afirmativo, obtener el índice correspondiente y proceder a suprimir este movimiento en los datos.
- Ajuste de los datos desestacionalizados a la tendencia, si procede.
- Registro de las variaciones cíclicas si aparecen, señalando la periodicidad y amplitud de la oscilación alrededor de la tendencia.
- Determinación de los movimientos irregulares.
- Evaluar los resultados obtenidos, en particular las fuentes de error y su magnitud, así como si el proceso se encuentra bajo control estadístico o no.

Es importante señalar que al determinar cada uno de los movimientos (tendencia, estacionalidad, periodicidad y aleatorios) se debe realizar una discusión de la correspondencia de los resultados obtenidos con lo esperado en dependencia de la naturaleza de los datos, con vistas a brindar una valoración cualitativa del comportamiento de la magnitud bajo estudio y con ello facilitar la adopción de las acciones más adecuadas.

Igualmente debe significarse que en todos los análisis realizados, no se ha efectuado referencia alguna a la naturaleza de los datos que componen la serie, por lo cual los fundamentos teóricos expresados son aplicables a la evaluación de magnitudes tan diversas como pueden ser niveles de lluvia, demanda de combustible, niveles de precios, importe de los cobros y pagos, etc.

II.2.1 Recolección de datos fiables

En las respuestas numéricas a problemas el aspecto de mayor importancia radica en que los datos generalmente contienen errores que deben ser considerados al interpretar los resultados obtenidos y que se originan en las cuatro áreas fundamentales siguientes:

- Errores por parte del operador durante el proceso de incorporación de los datos al sistema. Este tipo de error no puede ser ignorado. Si existen errores en los datos, las soluciones o resultados que proporciona el sistema serán inútiles en su totalidad o de manera parcial, en dependencia de la magnitud del error. Esta posibilidad hace que los resultados obtenidos deban ser analizados críticamente y no confiar ciegamente en los mismos. La revisión de los datos utilizados en los cálculos es una forma de minimizar la presencia de este tipo de error.
- Los inherentes a la formulación del problema. El procedimiento para reducir este tipo de error es mejorar el modelo utilizado en la formulación del problema hasta que el error a que conduce esté en correspondencia con la precisión y exactitud de los datos disponibles. Generalmente la precisión del modelo está estrechamente relacionada con el conocimiento existente del problema cuya solución se acomete. Es importante señalar que este tipo de error condiciona la validez de los resultados sin importar cuan exactos sean los cálculos numéricos realizados por el sistema de cómputo.
- Los relacionadas con la incertidumbre en la determinación de los datos. Este problema es causado por el error en los instrumentos de medición utilizados, que en el caso de la Contabilidad se encuentra asociado al registro correcto de las operaciones.

- Aquellos en que se incurre durante la determinación numérica de la solución. Este tipo de error es causado por la representación necesariamente aproximada en la computadora, mediante un número finito de dígitos, de los números reales, tales como el resultado de la división de 2 entre 3, los números e y π , etc. Esta característica conduce a la existencia de dos tipos de errores: por truncamiento, que proviene del cálculo numérico de una expresión cuando se desprecian a partir de un término los restantes dígitos y errores por redondeo, debido a que los cálculos aritméticos casi nunca pueden llevarse a cabo con una completa exactitud, ya que muchos números tienen una representación decimal infinita y deben ser expresados de forma finita.

II.2.2 Determinación de la tendencia (T)

Un método estadístico ampliamente utilizado para la determinación de la tendencia de un conjunto de datos es el ajuste por mínimos cuadrados de una función. En el caso de la dependencia lineal, la ecuación de la tendencia es $T_i = a + b \cdot t_i$, donde:

t_i : Intervalo de tiempo.

T_i : Valor estimado de la magnitud objeto de estudio en el período i.

a: Término independiente, que se obtiene a través de la expresión $a = \bar{y}_e - b\bar{t}$.

b: Pendiente que puede obtenerse mediante la ecuación $b = \frac{\sum_{i=1}^n y_i t_i - n \bar{y}_e \bar{t}}{\sum_{i=1}^n t_i^2 - n \bar{t}^2}$.

\bar{y}_e : valor promedio de la magnitud bajo estudio.

\bar{t} : valor promedio del periodo analizado de la magnitud bajo estudio

n: cantidad de periodos de que consta la serie de datos de la magnitud bajo estudio.

y_i : representa el valor real de la magnitud bajo estudio en el periodo i.

Los restantes símbolos utilizados en la determinación de a y b representan los respectivos valores medios de la magnitud bajo estudio y el tiempo, que están dados por las ecuaciones:

$$\bar{y}_e = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$$

II.2.3 Determinación de la existencia de estacionalidad (S)

Para la determinación de la existencia o no de estacionalidad en los datos puede utilizarse el Método del Porcentaje Promedio, que consta de los pasos siguientes:

- Paso I: Calcular el promedio mensual de cada año.
- Paso II: Dividir el valor de la serie de cada mes entre el promedio mensual de todos los años considerados de ese propio mes, expresando el resultado en por ciento.
- Paso III: Sumar el porcentaje de cada mes obtenido en el paso anterior y dividirlo entre el número de años incluidos en la serie.
- Paso IV: Sumar la media mensual obtenida en el Paso III.
- Paso V: Calcular el índice de estacionalidad dividiendo la suma obtenida en el Paso IV entre 1200.
- Paso VI: Proceder a desestacionalizar los datos dividiendo los valores registrados en cada mes por el índice mensual correspondiente obtenido en el Paso III.

II.2.4 Determinación de la presencia de movimientos periódicos (C)

Conocida la ecuación de tendencia y el índice de estacionalidad, se determina el aporte conjunto a la serie de los movimientos periódicos e irregulares, despejando en la ecuación del modelo el producto $C \cdot I$ o la suma $C+I$, en dependencia del modelo escogido como se indica en las ecuaciones siguientes:

$$C + I = y - T - S$$

$$CI = \frac{y}{TS}$$

A la serie de datos transformada ($C + I$ ó $C \cdot I$), se le aplica una media móvil de orden 3, 5, 7, etc. y se grafica el resultado hasta que la existencia o ausencia de movimientos cíclicos sea evidente. En caso afirmativo, se selecciona la media móvil que permita la caracterización de éste, es decir, brinde la posibilidad de obtener una dependencia funcional que describa el comportamiento de C . Debe señalarse que, atendiendo a la diversidad de comportamientos que pueden existir en la práctica no es posible elaborar una metodología de carácter general para la obtención de un modelo analítico que caracterice a este movimiento y puede requerir de una cierta cantidad de pruebas para lograr un modelo que exhiba un ajuste adecuado.

II.2.5 Determinación de la aparición de movimientos irregulares (I)

Conocidos los estimadores de tendencia, estacionalidad y periodicidad, se determina el aporte total a la serie del movimiento irregular en cada periodo, despejando I en el modelo escogido (aditivo o multiplicativo), como se indica en las siguientes expresiones:

$$I = y - T - S - C$$

$$I = \frac{y}{TSC}$$

II.6 Análisis mediante alisado exponencial

Lo expresado anteriormente, evidencia que el método basado en la caracterización de los movimientos presentes en la serie cronológica proporciona un conocimiento causal del comportamiento de la misma y permiten el pronóstico a largo plazo, pero tiene como desventajas de que requiere de un volumen elevado de cálculos auxiliares previos a la formulación del modelo de pronóstico y tiene siempre la incertidumbre de que el movimiento cíclico modifique su duración, lo cual puede conllevar a que el modelo de pronóstico difiera de la realidad sustantivamente.

Es por ello, que a continuación se describe un método sencillo que puede utilizarse para pronosticar el valor de la magnitud de interés en el siguiente periodo, que se fundamenta en la ecuación característica de un filtro exponencial de primer orden: $y_{i+1} = \alpha y_r + (1 - \alpha) y_i$, donde los parámetros tienen el significado que se relaciona a continuación:

y_{i+1} : pronóstico de la magnitud en el periodo $i+1$.

y_r : valor real de la magnitud en el periodo i -ésimo.

y_i : pronóstico de la magnitud en el periodo i -ésimo

α : valor establecido mediante criterio experto.

Nótese, que para utilizar en la práctica este modelo es necesario disponer del valor real y de un pronóstico del periodo actual - obtenido por cualquier método - de la magnitud así como establecer el valor de α . Para ello puede procederse de la forma siguiente:

- Utilizando la serie de la magnitud bajo estudio obtener el modelo de pronóstico a partir de los movimientos característicos. De esta forma se dispondrá de una serie de valores estimado.
- Determinar el valor de α para cada intervalo de tiempo, en el caso del tipo de cambio, día a día, utilizando la siguiente expresión:

$$\alpha = \frac{y_{i+1} - y_i}{y_r - y_i}$$

- Confeccionar el histograma para la magnitud α , y de la misma obtener una media ponderada de este valor. La validez de este enfoque se sustenta, por el hecho de que α debe ser prácticamente constante atendiendo a que es un parámetro característico de la magnitud bajo estudio y no es de esperar que tenga una gran dispersión, sino que debe encontrarse prácticamente alrededor de un único valor.
- Una vez establecido el valor de α a utilizar, se puede emplear la ecuación del filtro exponencial para pronosticar el comportamiento de la magnitud bajo estudio, sin necesidad de realizar voluminosos cálculos, como requeriría el modelo anterior, en particular con los movimientos cíclicos cuya incorporación al modelo de pronóstico es laboriosa y requiere de actualización, para conocer los cambios que puedan ocurrir.

Como se aprecia, ambos métodos presentados se complementan, pues el primero proporciona un conocimiento causal que permite la elaboración de estrategias de mediano y largo plazo así como una mayor comprensión del fenómeno estudiado, en este caso la economía de los países cuya tipo de cambio se analiza, en tanto el alisado exponencial provee de un método sencillo y rápido de para estimar el valor de la magnitud en el siguiente período, ya que es necesario para el pronóstico conocer el valor real del periodo de interés, que a lo sumo se conoce para el actual.

III. Discusión de un caso práctico: Comportamiento del tipo de cambio

III.1 Serie de datos

Para la realización de este trabajo se utilizó la serie histórica del tipo de cambio en el periodo comprendido entre el 4 de enero de 1999 y el 24 de abril del 2003, que suministra diariamente el Banco Financiero Internacional (BFI) para cinco de las monedas con que opera esta entidad: dólar canadiense (CAD); moneda adoptada por la Unión Europea (EURO); libra esterlina (LE); yen japonés (YEN) y el peso mexicano (PM).

La elección de estas cinco monedas tiene como objetivo caracterizar las diferencias entre los países de economías denominadas del Primer Mundo (Canadá, Unión Europea, Reino unido de Gran Bretaña y Japón) y menos estables como es el caso de México, con vistas a proporcionar la mayor cantidad de información posible que sirva de soporte para la adopción de las estrategias financieras más ventajosas para llevar a cabo las operaciones con dichas monedas por parte de las entidades que negocian con esas economías.

Finalmente, otro aspecto que es necesario resaltar en la selección de la serie de datos es que, el EURO asume su protagonismo como moneda con todas sus facultades a partir del 2003, por lo cual los resultados de los análisis realizados con la misma, tiene el sesgo que impone el periodo de tránsito hacia una moneda única. No obstante, por el impacto a nivel mundial se incluye su análisis.

III.2 Caracterización del comportamiento

La evaluación cualitativa del comportamiento de la magnitud bajo estudio, en este caso el tipo de cambio, brinda elementos acerca de su estabilidad en el transcurso del tiempo, que puede dividirse en las tres categorías siguientes:

- Corto plazo, cuando se caracterizan las variaciones relativas a un mes natural.
- Mediano plazo, que usualmente se refieren al comportamiento en periodos de tiempo que abarcan tres, seis y doce meses.
- Largo plazo, en el caso de evaluaciones que abarquen tres o más años de manera conjunta.

Es importante resaltar previo a la presentación del análisis realizado de la serie de datos seleccionada, que los aspectos recogidos en los apartados siguientes considera el comportamiento

intrínseco de la magnitud bajo estudio, a partir del cual corresponde a la entidad establecer su estrategia financiera durante el ejercicio, con vistas a minimizar o acotar impacto financiero sobre la empresa de la variación del tipo de cambio.

III.2.1 Corto plazo

Como se indicó anteriormente, el análisis de las variaciones del tipo de cambio en el corto plazo considera el mes natural, cuyo comportamiento puede dividirse en dos categorías: la caracterización estadística de las variaciones diarias y los índices que reflejan el comportamiento mensual de manera integrada.

En el primer caso, el índice seleccionado para su caracterización en este trabajo es la máxima

variación absoluta (d_d) de un día a otro, obtenida mediante la expresión $d_d = \left| \frac{t_i - t_{i-1}}{t_{i-1}} \right|$, cuyo

histograma de distribución para cada una de las monedas mostrado en las figuras 3a a la 3e, donde se aprecia:

Figura 3a. Histograma de variación diaria (CAD)

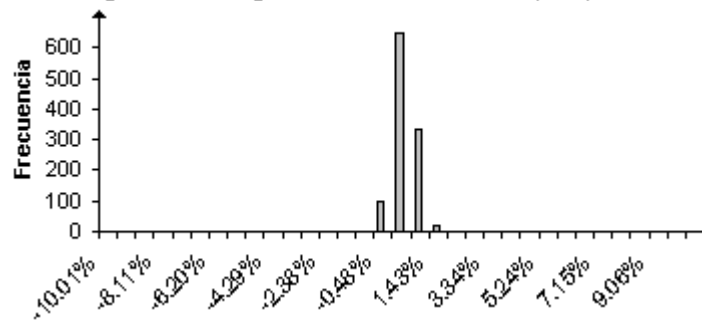
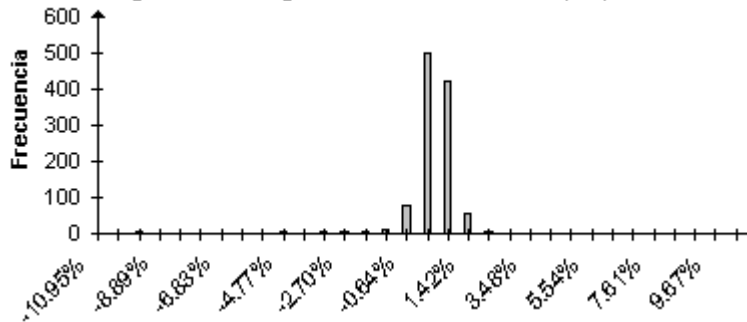
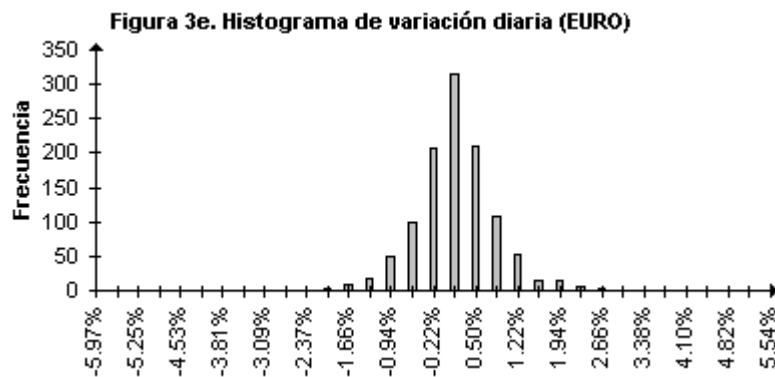
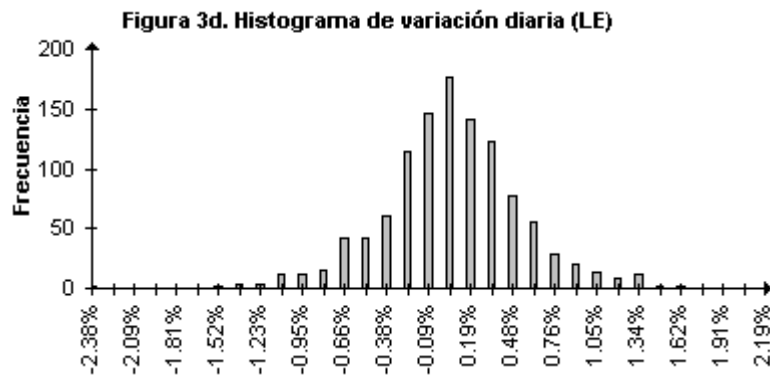
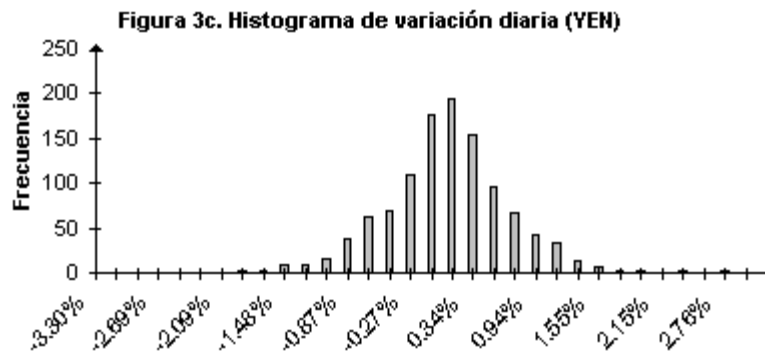


Figura 3b. Histograma de variación diaria (PM)





- La máxima variación de un día a otro (d_d) que debe esperarse es prácticamente simétrica y se corresponde en orden decreciente con: PM, $\pm 12\%$; CAD, $\pm 11\%$; EURO, $\pm 6\%$; YEN, $\pm 3.4\%$ y LE, $\pm 2.4\%$.
- En todos los casos, la función de distribución de la máxima variación absoluta (d_d) de un día a otro es semejante a la normal, lo cual se refuerza con la coincidencia existente entre la media, la mediana y la moda, que se relaciona en la tabla 1.

Tabla 1. Máxima diferencia relativa de variación de un día a otro.

CAD	PM	YEN	LE	EURO
-----	----	-----	----	------

máximo	10.97%	11.73%	3.36%	2.34%	5.90%
mínimo	-10.01%	-10.95%	-3.30%	-2.38%	-5.97%
media	0.0082%	0.0106%	-0.0030%	-0.0028%	-0.0034%
moda	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
mediana	0.0000	0.0001	0.0000	-0.0001	-0.0002
desvestandar	0.85%	1.73%	0.62%	0.48%	0.71%

- Asumiendo que la función de distribución que describe la magnitud bajo estudio es normal, la probabilidad de encontrar los valores reales se corresponde con el indicado en la tabla 2, de la cual es posible afirmar que la cantidad de días probables donde d_d se encuentra en los intervalos de variación indicados en la tabla 3 para meses promedio de 22 días con actividad bancaria efectiva es de 15, 21 y 22, días respectivamente.

Tabla 2. Probabilidad de encontrar un valor real.

Intervalo de variación	Valores contenidos en él (%)
$md_d+\sigma$	68.27
$md_d+2\sigma$	95.4.5
$md_d-3\sigma$	99.73

Tabla 3. Intervalos de variación de d_d para cada una de las monedas analizadas.

intervalo	Moneda				
	CAD	PM	YEN	LE	EURO
$md_d-\sigma$	-0.8460%	-1.7208%	-0.6272%	-0.4813%	-0.7147%
$md_d+\sigma$	0.8624%	1.7420%	0.6212%	0.4757%	0.7078%
$md_d-2\sigma$	-1.7001%	-3.4522%	-1.2514%	-0.9598%	-1.4259%
$md_d+2\sigma$	1.7165%	3.4734%	1.2454%	0.9542%	1.4191%
$md_d-3\sigma$	-2.5543%	-5.1836%	-1.8756%	-1.4383%	-2.1372%
$md_d+3\sigma$	2.5707%	5.2048%	1.8696%	1.4327%	2.1304%

Otra magnitud de interés en el corto plazo, a los efectos de estimar las variaciones que pueden reflejarse en el Estado de Resultados a partir de las variaciones en el tipo de cambio de un mes a otro, puede caracterizarse a partir del índice (v_t) definido como $v_t = 100 \frac{F - I}{I}$, en el cual las magnitudes F e I representan el tipo de cambio vigente al cierre e inicio del mes respectivamente. En las figuras 4a a la 4e se muestra el comportamiento de la máxima variación mensual y el promedio del mismo mes, de cuya evaluación puede señalarse:

Figura 4a. Promedio de variación máxima de v, (CAD)

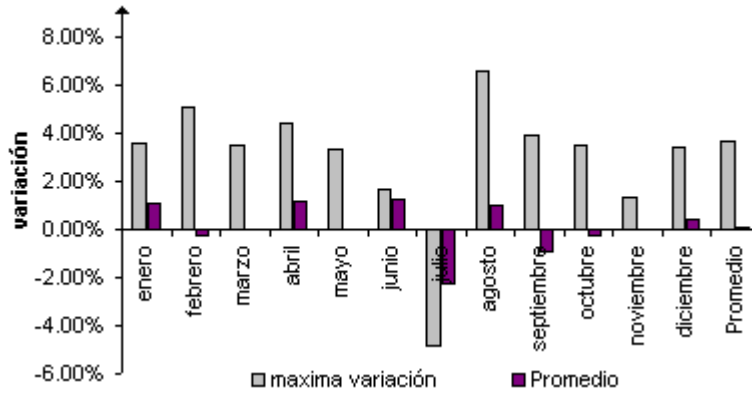


Figura 4b. Promedio de variación máxima de v, (PM)

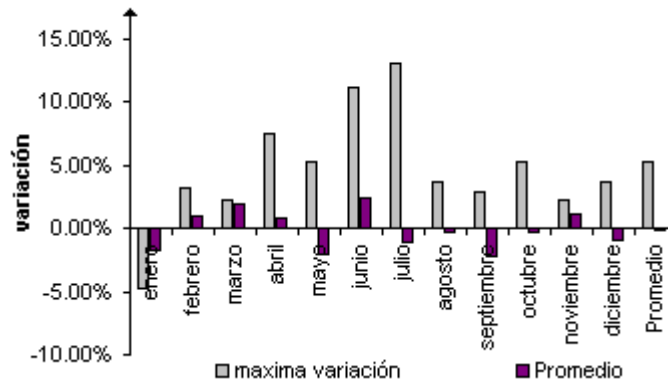


Figura 4c. Promedio de variación máxima de v, (YEN)

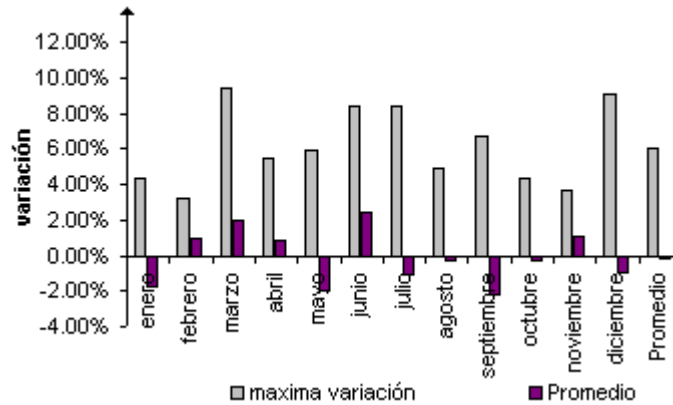


Figura 4d. Promedio de variación máxima de v_1 (LE)

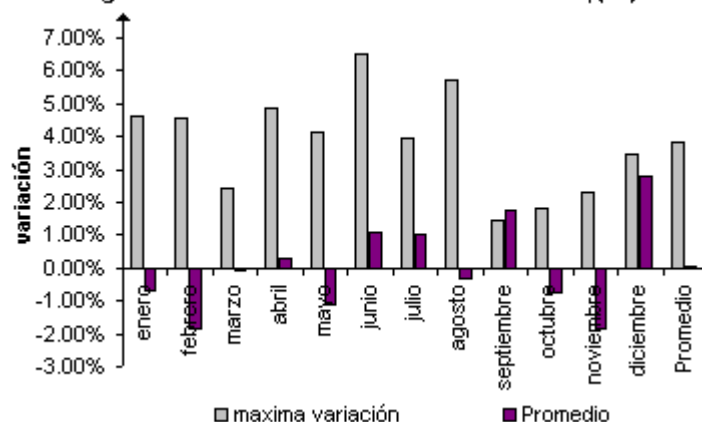
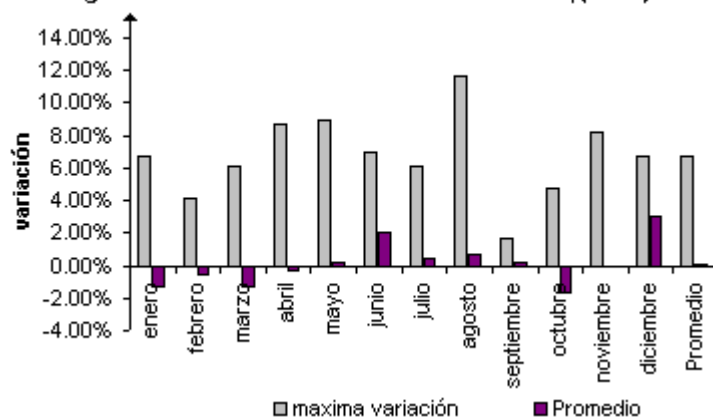


Figura 4e. Promedio de variación máxima de v_1 (EURO)



- Existen dos meses críticos, entendidos como aquellos en que la variación máxima y el promedio son negativos: julio para el CAD y enero para el PM.
- Los meses desfavorables en el promedio para las monedas seleccionadas se corresponden con los relacionados en la tabla 4, de donde se aprecia que los meses de mayor probabilidad de riesgo son: octubre, muy desfavorable, en tanto enero, febrero, marzo y septiembre son desfavorables.

Tabla 4. Meses desfavorables para cada una de las monedas analizadas.

moneda	meses											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
CAD		X							X	X		
PM					X	X		X	X	X	X	
YEN	X		X				X	X	X	X		X
LE	X	X	X		X			X		X	X	

EURO	X	X	X	X						X		
------	---	---	---	---	--	--	--	--	--	---	--	--

III.2.2 Mediano plazo

Como se indicó en el inicio de este apartado, el mediano plazo puede abarcar tres posibles periodos de tiempo: trimestre, semestre y año. Si mantenemos la hipótesis del apartado anterior en relación de que la función de distribución que sigue la magnitud bajo estudio es normal, es posible afirmar que la probabilidad de variación a un día a otro en un periodo se corresponda con los relacionados en la tabla 5, que asume meses promedio de 22 días con actividad bancaria efectiva, en tanto los intervalos para cada una de las monedas se relaciona en la tabla.3. El análisis conjunto de estas dos tablas evidencia que para todos los periodos analizados la probabilidad de que la máxima variación de d_d se aparte de la media en una magnitud mayor a tres veces la desviación estándar, es sólo de un día para el periodo de un año.

Tabla 5. Cantidad de días probables donde d_d se encuentra en el intervalo de variación indicado.

intervalo(σ)	trimestre	semestre	año
$mdd (\sigma)$	45	90	180
$mdd (2\sigma)$	63	126	252
$md_d \pm 3\sigma$	66	132	263

♣: md_d representa la media de d_d y σ la desviación estándar de esa magnitud.

III.2.3 Largo plazo

El análisis de largo plazo, según el criterio utilizado en este trabajo, se corresponde con la evaluación del comportamiento del tipo de cambio en periodos de tiempo superiores a 36 meses, en este caso 51 meses.

Un indicador de interés para el largo plazo es el coeficiente de correlación simple entre las magnitudes, el cual en este caso es un índice de cuan fuerte es el vínculo existente entre las economías. En la tabla 6 se muestra esta magnitud para el tipo de cambio de las monedas seleccionadas, de la cual se aprecia:

Tabla 6. Coeficiente de correlación parcial del tipo de cambio de las monedas seleccionadas.

moneda	CAD	PM	YEN	LE	EURO
CAD	1	-0.14956046	0.70551368	0.55923005	0.45595047
PM	-0.14956046	1	-0.09306849	-0.47819255	-0.58099419
YEN	0.70551368	-0.09306849	1	0.42047606	0.20537763
LE	0.55923005	-0.47819255	0.42047606	1	0.92107205
EURO	0.45595047	-0.58099419	0.20537763	0.92107205	1

- No obstante el Tratado de Libre de Comercio de Estados Unidos de Norteamérica, Canadá y México, el CAD y el PM no se encuentran correlacionados, aún más, exhiben una cierta tendencia de variación en sentidos opuestos.

- La LE y el EURO se encuentran correlacionados, lo que evidencia los fuertes nexos del Reino Unido de Gran Bretaña con la Unión Europea.
- En el resto de las monedas no se evidencia una tendencia definida, aunque el índice de 0,72 existente entre el CAD y el YEN, requiere de una evaluación complementaria, que esclarezca si este índice se debe a un periodo de fuerte interrelación, a una relación desfasada en tiempo o a una combinación de ambos factores. El análisis efectuado se muestra en la tabla 7, donde se aprecia que el coeficiente de correlación se eleva hasta 0.87 cuando el periodo de análisis se reduce al comprendido entre el 27/7/99 y el 25/6/02, en tanto al considerar el inicio de la serie correspondiente al YEN 30 días posteriores con respecto al comienzo del CAD, el indicador alcanza una magnitud de 0.894 para el periodo comprendido entre el 28/9/99 —18/6/02. Este resultado evidencia la existencia en el periodo antes mencionado de una relación causal entre las dos economías, que tiene su origen en Canadá y cuyo efecto demora del orden de un mes para manifestarse en la economía japonesa. El bajo índice exhibido en el periodo más reciente (25/6/02—24/4/03) parece indicar que este acoplamiento ha desaparecido en la actualidad.

Tabla 6. Coeficiente de correlación para el CAD y el YEN en diversos periodos.

periodo		coeficiente	periodo		coeficiente
CAD	YEN		CAD	YEN	
4/1/99—25/6/02		0.745	27/7/99—16/4/02	5/10/99—25/6/02	0.884
18/5/99—25/6/02		0.792	27/7/99—16/4/02	7/9/99—28/5/02	0.890
27/7/99—25/6/02		0.867	17/8/99 —7/5/02	28/9/99—18/6/02	0.894
27/7/99—16/4/02		0.870	25/6/02—24/4/03		0.402

III.3 Determinación de los movimientos característicos presentes

III.3.1 Selección del modelo

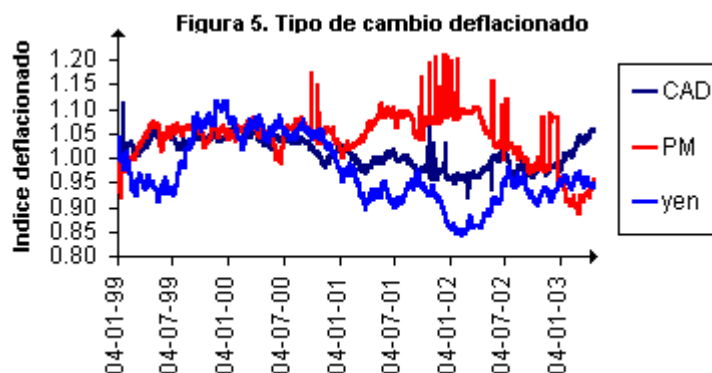
Considerando el carácter empírico de la selección del modelo, se decidió emplear el Modelo Multiplicativo.

III.3.2 Determinación de la tendencia (T)

Los resultados del análisis cualitativo, sugieren la caracterización de la tendencia del tipo de cambio de las monedas seleccionadas en dos categorías: una para el CAD, el PM y el YEN, y otra para el EURO y la LE, cuyas características se describen en detalle a continuación.

III.3.2.1 CAD, PM y YEN

En la figura 5 se muestra el comportamiento del tipo de cambio deflacionado de las monedas analizadas, donde se aprecia que la tendencia puede ser descrita por un modelo lineal, cuya determinación requiere del cálculo de la pendiente y el intercepto.



En la tabla 8 se recogen estos valores para la serie de valores deflacionados (tomado el 4 de enero del 1999 como base) que facilita la comparación relativa de las monedas, de la cual se aprecia que la relación entre las pendientes indica que la de menor velocidad de disminución es el PM, en tanto el CAD y el YEN decrecen en una y media vez y tres veces más rápidamente que el PM respectivamente, en tanto en la tabla 9 se recogen los valores de los parámetros para su empleo en las expresiones de pronóstico.

Tabla 8. Tendencia del Tipo de Cambio (deflacionado).

moneda	parámetros		Ecuación de tendencia ¹
	intercepto	pendiente	
CAD	1.0	-0.000041	$1.0 - 0.000041 * t$
YEN	1.0	-0.000081	$1.0 - 0.000081 * t$
PM	1.0	-0.000027	$1.0 - 0.000027 * t$

¹: Se considera como referencia de tiempo (t=0) el 4 de enero de 1999.

Tabla 9. Tendencia del Tipo de Cambio (pronóstico directo).

moneda	parámetros		Ecuación de tendencia ¹
	intercepto	pendiente	
CAD	0.672041846	-0.00002618	$0.672041846 - 0.00002618 * t$
YEN	0.009036128	-0.00000071	$0.009036128 - 0.00000071 * t$
PM	0.095453702	-0.00000244	$0.095453702 - 0.00000244 * t$

¹Idem a la tabla 8.

III.3.2.2 EURO y LE

El gráfico del tipo de cambio deflacionado del EURO y la LE (figura 6), evidencia que la tendencia de estas magnitudes debe ser modeladas a través de una función cuadrática de la forma $y = Ax^2 + Bx + C$, cuyos parámetros A, B y C se muestran en la tabla 10 simultáneamente con la ecuación del modelo a utilizar con fines de pronóstico, donde se aprecia que la relación entre los coeficientes del modelo para la LE y el EURO, que definen el comportamiento de la tendencia: el término cuadrático (A) y el coeficiente lineal (B), es 0.77 y 0.78 respectivamente, lo cual ratifica el comportamiento semejante, pues la diferencia fundamental en el comportamiento de estas monedas radica en el término independiente (C), que sólo representa un diferencia constante entre las mismas.

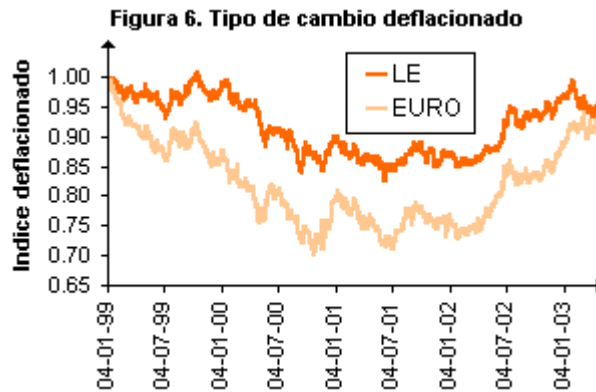


Tabla 10. Tendencia del Tipo de Cambio (pronóstico directo).

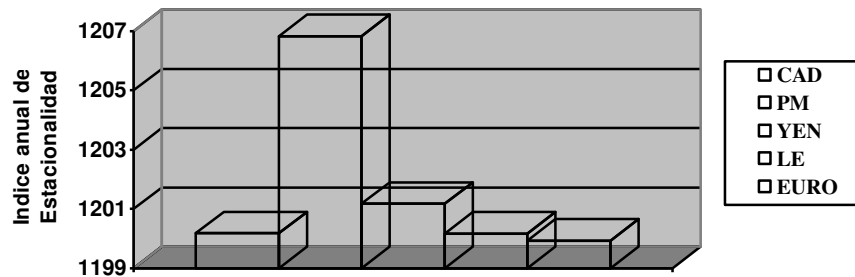
moneda	parámetros			Ecuación de tendencia ¹
	A	B	C	
EURO	0.00000104	-0.001232782	1.21751	$0.00000104t^2 - 0.001232782t + 1.21751$
LE	0.00000081	-0.000965194	1.69766	$0.00000081t^2 - 0.000965194t + 1.69766$

¹ Ídem a la tabla 8.

III.3.3 Determinación de la estacionalidad (S)

A partir de lo indicado en los fundamentos teóricos se procedió al cálculo de los índices de estacionalidad de los datos, así como al cálculo del comportamiento anual promedio de esta magnitud, el cual se muestra en la figura 7, donde se aprecia que sólo el PM se aparta del valor de referencia (no estacionalidad:1200).

Figura 7. Índice de estacionalidad en el periodo

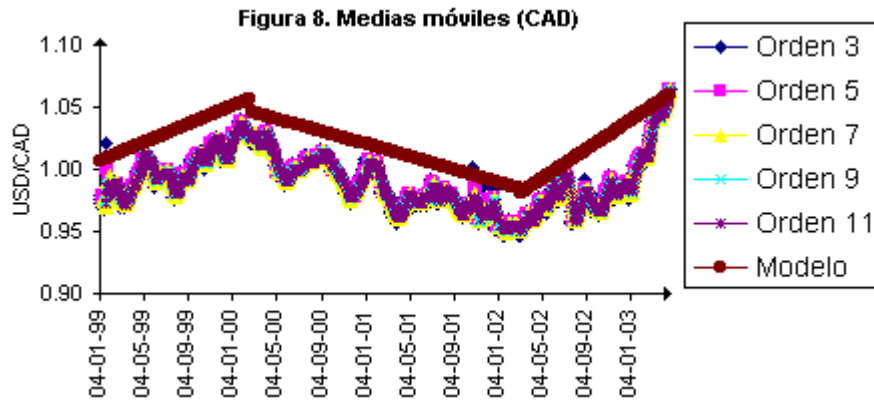


III.3.4 Determinación de movimientos cíclicos (C)

Para la determinación de los movimientos cíclicos se obtuvieron las medias móviles de orden 3 a la 11 utilizando los datos de la serie transformada de acuerdo a lo expresado en el Apartado II.2.2 (eliminación de la tendencia y la estacionalidad), cuyos resultados particulares se analizan por separado a continuación.

III.3.4.1 CAD

En la figura 8 se muestran las medias móviles obtenidas en el caso del CAD, de las cuales se aprecia la existencia de los tres movimientos que se relacionan a continuación:



- 4-ene-99/23-feb-00: etapa de crecimiento de poco más de 13.5 meses.
- 24-feb-00/4-mar-02: etapa de decrecimiento que abarca 24.5 meses.
- 5-mar-02/24-abr-03: etapa creciente cuyo ciclo 15 meses. La diferencia entre los periodos de los ciclos de crecimiento radica en que los primeros valores de la serie no coinciden con el inicio del primer ciclo de crecimiento y es necesario esperar a que termine el presente para realizar una estimación más certera de su duración.
- Los tres movimientos antes señalados pueden describirse a través de un modelo lineal, cuyos parámetros se recogen en la tabla 11 y se muestran igualmente en la figura 8, en la cual para facilitar su interpretación se ha sumado un valor constante a las funciones que modelan los comportamientos cíclicos, para permitir mostrar simultáneamente, pero desplazados uno respecto al otro, los gráficos correspondientes a las medias móviles y el modelo lineal del comportamiento cíclico.

Tabla 11. Modelo utilizado para cada fase del ciclo.

periodo	parámetros		Ecuación de tendencia ¹
	intercepto	pendiente	
4/1/99-23/2/00	0.976157321	0.00017024	$0.97157321 + 0.00017024 * t$
24/2/00-4/3/02	1.051956301	-0.00011995	$0.672041846 - 0.00002618 * t$
2/3/02-24/4/03	0.732169823	0.00026736	$0.672041846 + 0.00002618 * t$

¹ Ídem a la tabla 8.

III.3.4.2 PM

El análisis del comportamiento de las medias móviles para el PM (figura 9) evidencia la existencia de un ciclo compuesto por dos tendencias diferentes que pueden ser modeladas a través de un comportamiento lineal: uno de 39 meses (4-ene-99/4-feb-02) en el cual crece y otro de disminución de 15 meses (5-feb-02/24-abr-03). En la tabla 12 se relacionan los parámetros del modelo lineal que caracteriza al movimiento cíclico y al igual que en el caso anterior el modelo lineal se muestra desplazado de las medias móviles en la figura 9.

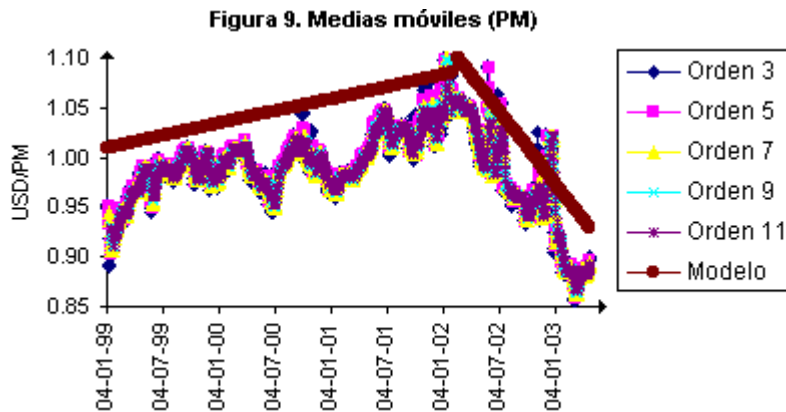


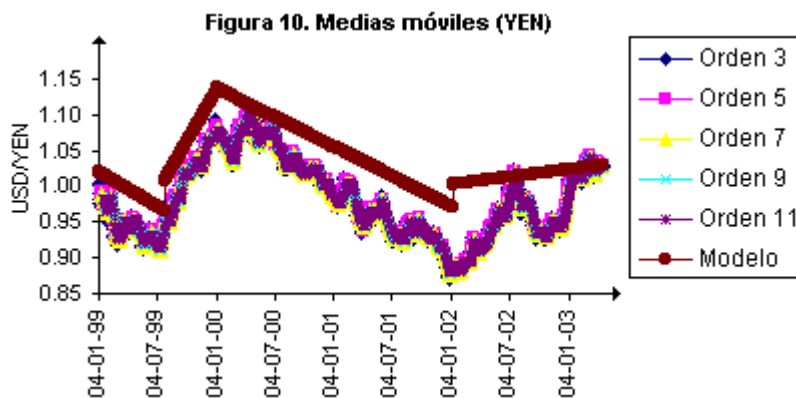
Tabla 12. Modelo utilizado para cada fase del ciclo.

periodo	parámetros		Ecuación de tendencia ¹
	intercepto	pendiente	
4/1/99-4/2/02	0.95889169	0.00009576	$0.95889169 + 0.00009576 * t$
5/2/02-24/4/03	1.49574450	-0.00055334	$1.49574450 - 0.00055334 * t$

¹ Ídem a la tabla 8.

III.3.4.3 YEN

En la figura 10 se muestra el comportamiento de las medias móviles para el caso del YEN, donde se aprecia la existencia de cuatro zonas, que pueden caracterizarse de la forma siguiente:



- 4-ene-99/27-jul-99: región de decrecimiento de seis meses y medio.
- 28-jul-99/3-ene-00: periodo de crecimiento de cinco meses.
- 4-ene-00/7-ene-02: fase de disminución, con duración de 24 meses.
- 8-ene-01/24-abr-03: etapa de crecimiento de cuatro meses, pero que no se puede estimar su duración por no haber concluido, aunque por analogía con el periodo de crecimiento anterior es de esperar una duración del orden de cinco a seis meses.

En la tabla 13 se relacionan los parámetros del modelo lineal que caracterizan los movimientos cíclicos, los cuales al igual que en los casos anteriores se muestran en la figura 10 desplazados de las medias móviles para facilitar la evaluación de la correspondencia entre ambas curvas.

Tabla 13. Modelo utilizado para cada fase del ciclo.

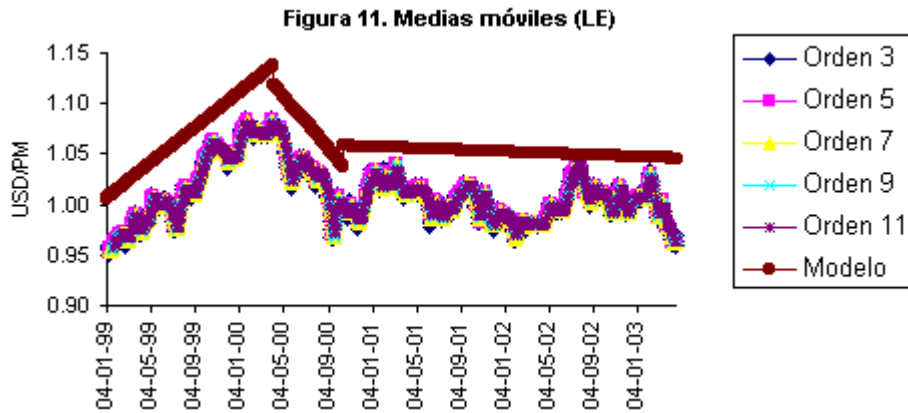
periodo	parámetros		ecuación de tendencia ¹
	intercepto	pendiente	

4/1/99-27/7/99	0.97015799	-0.00037246	0.97015799– 0.00037246
28/7/99-3/1/00	0.79802827	0.001084658	0.79802827+ 0.001084658
4/1/00-7/1/02	1.17234632	-0.00032477	1.17234632– 0.00032477
8/1/02-24/4/03	0.89076852	0.00007938	0.89076852+ 0.00007938

¹ Ídem a la tabla 8.

III.3.4. LE

En la figura 11 se muestra el comportamiento de las medias móviles para el caso de la LE, donde se aprecia la existencia de tres zonas, cuyas características pueden resumirse en las siguientes:



- 4-ene-99/6-abr-00: etapa de crecimiento de 15 meses.
- 7-abr-00/16-oct-00: etapa de decrecimiento de seis meses.
- 17-oct-00/24-abr-03: etapa prácticamente constante de 30 meses.

Como en los casos anteriores, en la figura 11 se muestran los movimientos cíclicos desplazados respecto a las medias móviles, en tanto en la tabla 14 se recogen los parámetros del modelo lineal para cada una de las etapas. Nótese que el periodo de crecimiento es 2.5 veces del obtenido en el decrecimiento.

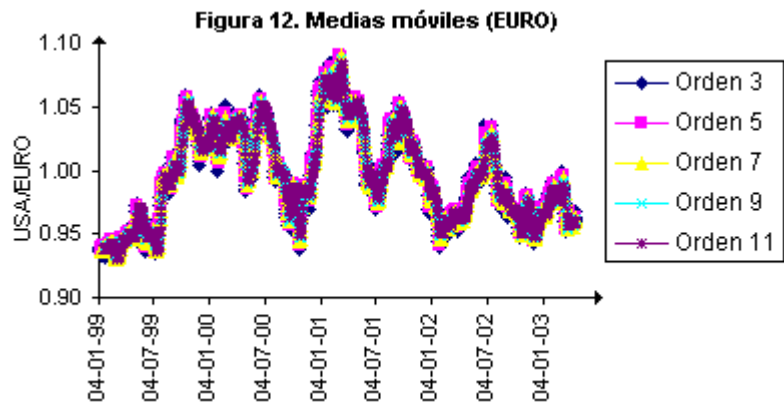
Tabla 14. Modelo utilizado para cada fase del ciclo.

periodo	parámetros		Ecuación de tendencia ¹
	intercepto	pendiente	
4/1/99-6/4/00	0.95609027	0.000398668	0.95609027+ 0.000398668* t
7/4/00-16/10/00	1.27642812	-0.000629132	1.27642812– 0.000629132* t
17/10/00-24/4/03	1.01683151	-0.000019124	1.01683151+ 0.000019124* t

¹ Ídem a la tabla 8.

III.3.5. EURO

En la figura 11 se muestran las medias móviles del EURO, donde no se aprecia ninguna tendencia definida de movimiento periódico, es decir, se considera que el comportamiento observado se debe a factores de origen fortuito.



III.3.5 Determinación de la aparición de movimientos irregulares (I)

El último paso en la caracterización cuantitativa de las series analizadas es la determinación de la presencia de movimientos irregulares, para lo cual se utilizó la serie resultante de suprimir los tres movimientos antes analizados (tendencia, estacionalidad y ciclos) en la serie original, a partir de la cual se elaboraron los histogramas correspondientes que se muestran en las figuras 13 a la 17, cuyo comportamiento puede resumirse de la forma siguiente.

Figura 13. Histograma de movimientos irregulares (CAD)

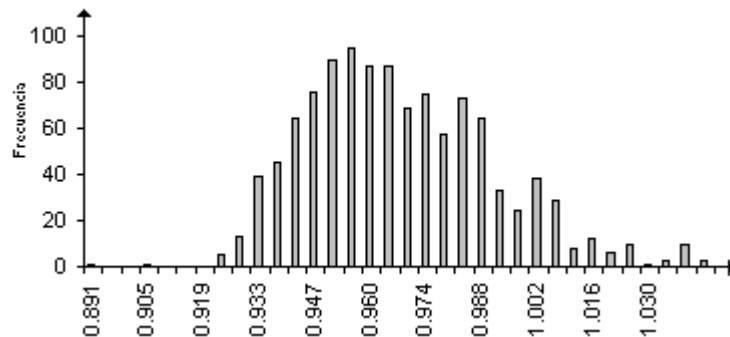


Figura 14. Movimientos irregulares (PM)

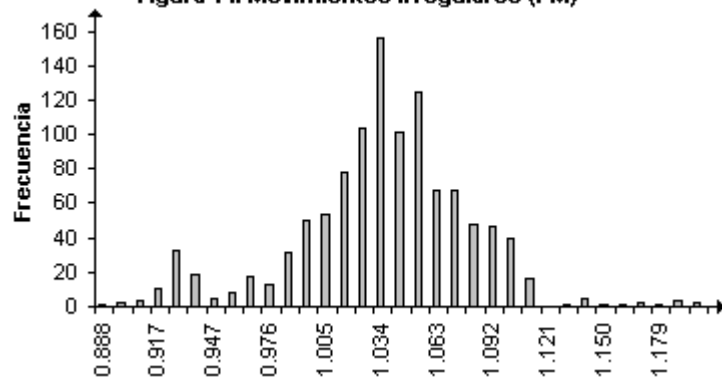


Figura 15. Movimientos irregulares (YEN)

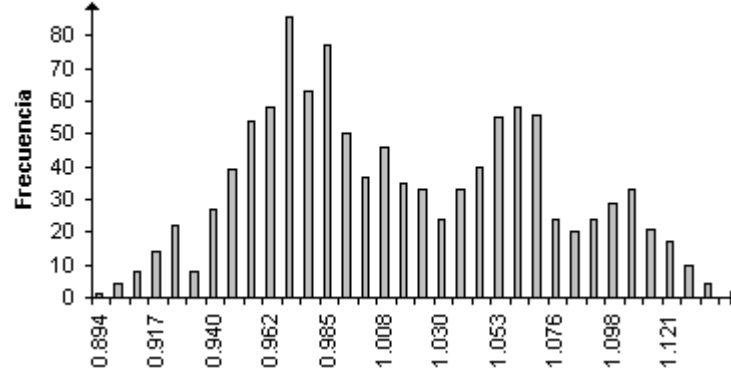


Figura 16. Movimientos irregulares (LE)

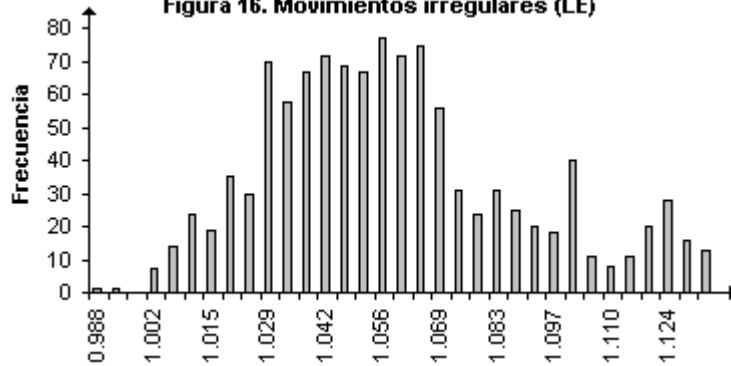
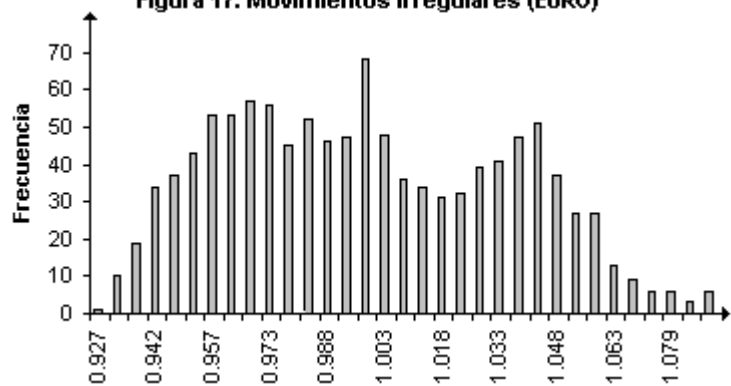


Figura 17. Movimientos irregulares (EURO)



- En ninguno de los casos los movimientos irregulares distribuye según una función normal, lo cual indica que son sucesos de origen fortuito que afectan las expectativas financieras de la economía que representa, como era de esperar.
- La forma de la distribución de los movimientos irregulares del CAD sugiere un comportamiento del tipo log-normal, en tanto el PM y el YEN parecen corresponder a la combinación de dos o más funciones de distribución normales o log-normal. La LE y el EURO requieren no evidencian una tendencia definida, aunque es posible que sean el resultado de varias acciones cada una de las cuales exhiba un comportamiento por separado.
- Los movimientos irregulares tiene un variación máxima de $\pm 13\%$ alrededor del valor de referencia, para todo el conjunto de monedas consideradas.

- El PM y el YEN tiene prácticamente el mismo intervalo de variación: $\pm 12\%$ y $\pm 13\%$ respectivamente. El intervalo de variación del EURO también es simétrico: $\pm 9\%$.
- El CAD y la LE exhiben comportamientos complementarios. En el caso del CAD, su variación se encuentra entre -11% y $+3\%$, aunque en la práctica sólo dos valores se encuentran por debajo del -8% ; en tanto la LE lo hace casi exactamente al revés: de -2% a $+13\%$.

III.4 Modelo de pronóstico

III.4.1 Movimientos característicos

Una vez caracterizados los movimientos que se encuentran presentes en las series de datos analizadas, puede procederse a modelar las mismas para verificar el comportamiento del modelo respecto a los datos reales de partida. Para este propósito es usual utilizar tres escenarios: uno donde la tasa de cambio aumenta (ms), otro medio (m) y un tercero en el cual la tasa de cambio disminuye (mi).

El procedimiento para obtener los modelos de comportamiento antes señalados es el siguiente:

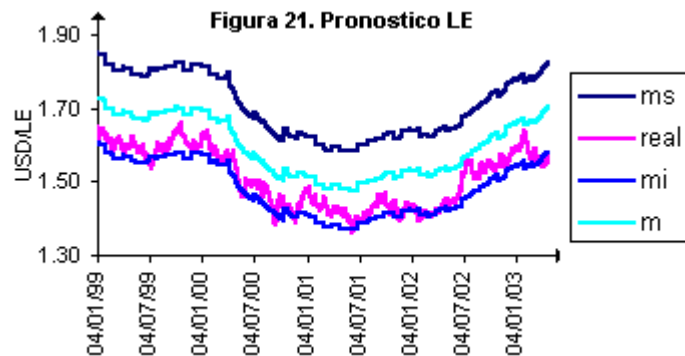
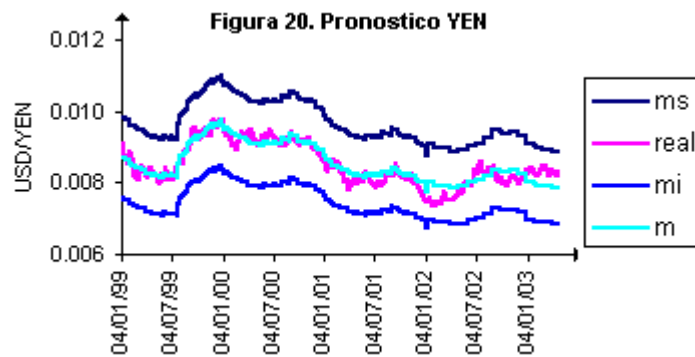
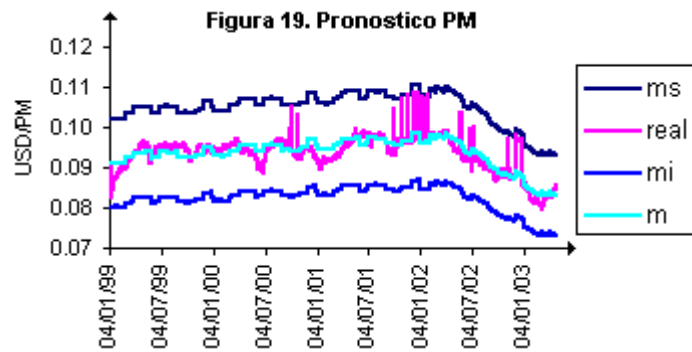
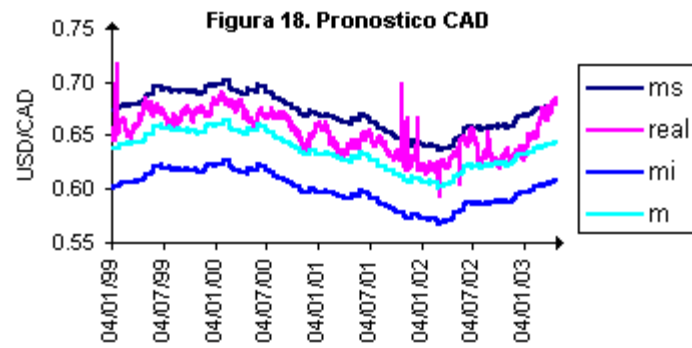
- Calcular la tendencia a partir de las ecuaciones relacionadas en las tablas 9 y 10.
- Multiplicar los valores de tendencia así obtenidos por el índice promedio de estacionalidad correspondiente al mes.
- Obtener el comportamiento cíclico durante todo el periodo analizado, mediante del encadenamiento de las ecuaciones características de cada parte del movimiento y multiplicar este resultado por el obtenido en la pleca anterior.

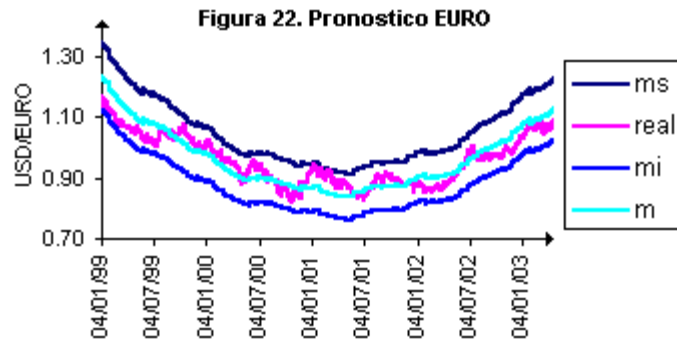
En una primera aproximación puede considerarse que, tanto la tendencia como los movimientos cíclicos no exhiben variaciones, lo que unido al carácter de promedio del índice de estacionalidad, hace que básicamente los movimientos irregulares representen la única causa de variación. Bajo esta consideraciones, se pueden emplear los extremos máximo, promedio y mínimo de este índice, para definir los tres escenarios y los valores que deben multiplicarse con los resultados obtenidos anteriormente son los relacionados en la tabla 15.

Tabla 15. Valores característicos movimientos irregulares.

moneda	mínimo	medio	máximo
CAD	0.89	0.96	1.03
PM	0.88	1.00	1.12
YEN	0.87	1.00	1.13
LE	0.98	1.05	1.13
EURO	0.91	1.00	1.09

Utilizando el procedimiento descrito se modeló el comportamiento del tipo de cambio de las monedas estudiadas, cuyo resultado se muestra en las figuras 18 a la 22, donde se aprecia que las monedas con índice de variación irregular simétrico modelan de manera adecuada: PM, YEN y EURO, en tanto las que exhiben límites de variación asimétricos (CAD y LE) el modelo está desplazado del valor medio como era de esperar y su correspondencia con los valores reales es inferior a los tres casos anteriores, pues no obstante el modelo describir el comportamiento y los escenarios extremos cubrir prácticamente todas las variaciones, no queda margen a eventos espurios.





III.4.2 Alisado exponencial

Para la obtención del pronóstico empleando el modelo de alisado exponencial, una vez determinado el pronóstico mediante los movimientos característicos se procedió a determinar el valor de α para cada una de las monedas analizadas, posterior a lo cual se confeccionó el histograma correspondiente, en el cual se corrobora lo expresado en el apartado II.2.6, pues en todos los casos más del 95% de los valores de α se agrupan en uno o dos intervalos de variación, debido a lo cual es posible establecer una media ponderada del mismo que puede utilizarse para el modelo de pronóstico. En la tabla 16 se muestran los intervalos y la cantidad de valores que agrupan, así como el % que representan de la serie total.

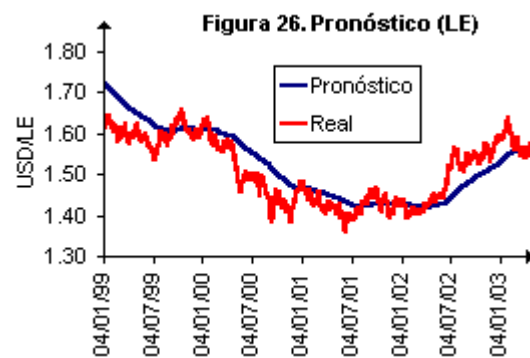
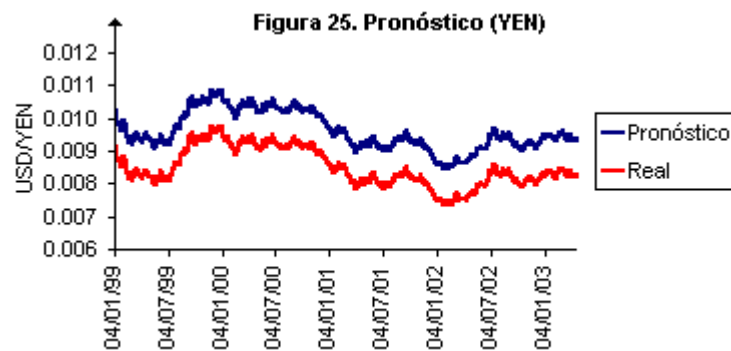
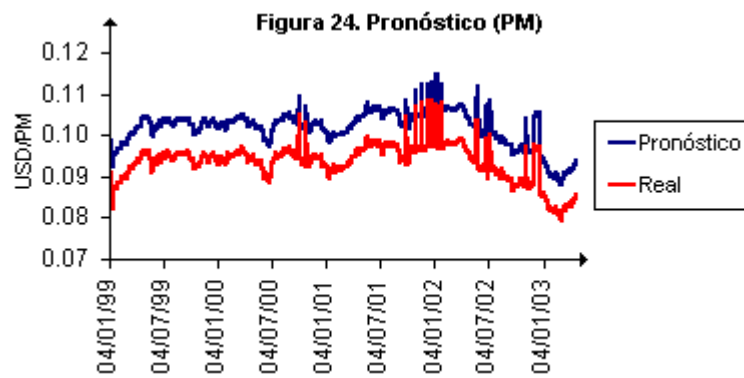
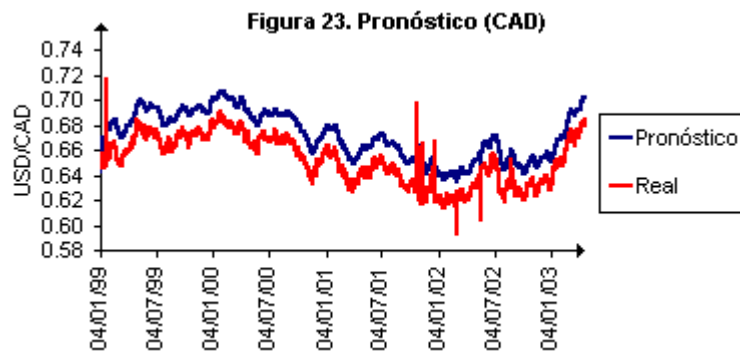
Tabla 16. Caracterización del comportamiento de α .

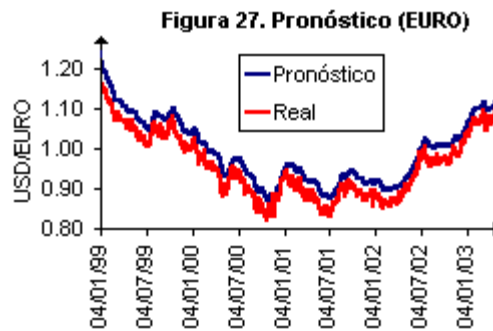
moneda	intervalo		% del total	media ponderada de α
	α	# valores		
CAD	0.24848535	1099	98.4	0.24848535
PM	-0.00936256	192	97.0	0.603050489
	0.73501828	891		
YEN	0.897111318	1081	96.8	0.897111318
LE	0.00680379	935	95.2	0.011456413
	0.0454424	128		
EURO	0.143666301	1028	97.7	0.143666301

Utilizando el valor obtenido para α , se procedió a elaborar el pronóstico para cada una de las monedas analizadas mediante el modelo de alisado exponencial de la forma siguiente:

- Se asume como estimado del primer valor (4/1/99) el obtenido a través del modelo de los movimientos característicos.
- Se estima el valor del segundo día (5/1/99) utilizando la ecuación del modelo de alisado exponencial: con los siguientes parámetros: primer valor la serie de datos de partida (real); estimado del periodo anterior (4/1/99) y valor α según se indica en la tabla 16.
- Los sucesivos pronósticos se obtienen sustituyendo en la fórmula el estimado del periodo anterior obtenido con este modelo, los valores de α recogidos en la tabla 16 y los reales de la serie original.

En las figuras 23 a la 27 se muestra desplazados en un valor constante para permitir la comparación de ambos, el valor real y estimado por el modelo exponencial, donde se aprecia la buena correspondencia en todos los casos con excepción de la LE lo cual puede atribuirse a que la mayor cantidad de valores de α , se encuentran en el intervalo de variación más pequeño y por tanto la media ponderada se afecta debido a la presencia de un significativo número de valores en un intervalo de mayor peso. Esta situación debe ser objeto de análisis complementario, ya que puede aportar conocimiento adicional acerca de las características de la economía de este país.





III.5 Análisis integrado de los resultados

Una vez concluido el análisis de las series de datos bajo estudio, es necesario realizar una síntesis integrada de los resultados obtenidos, que proporcione una visión abarcadora y facilite la elaboración de estrategias financieras por parte de la empresa. En este sentido pueden señalarse las siguientes consideraciones:

- El índice de variación máxima absoluta de un día a otro parece tener asociada una función de distribución normal (media prácticamente cero), a partir de lo cual puede establecerse que el 99.73 % de los valores correspondientes a un periodo de análisis se encuentran en intervalo $\pm 3\sigma$, lo que representa en un período de un año considerando meses de 22 días con actividad bancaria promedio un solo día fuera de este intervalo.
- Las variación máxima mensual y el promedio de los valores inicial y final del tipo de cambio de cada mes (v_i) en el periodo analizado pueden conllevar a reducciones en la utilidades recogidas en el Estado de Resultados, con particular énfasis en el primer trimestre del año y los meses de agosto a octubre.
- A diferencia de lo esperado el CAD y el PM, no obstante pertenecer a dos países del Tratado de Libre de Comercio, no se encuentran correlacionadas, en tanto el EURO y la LE si lo están. En este mismo sentido resulta de interés la correlación que durante 35 meses (28/9/99 —18/6/02) se aprecia entre la moneda canadiense y la japonesa así como que el mayor índice se obtiene desplazando las series en 30 días, lo que evidencia una relación causa-efecto (Canadá-Japón) que demora en manifestarse aproximadamente un mes. Este resultado evidencia la existencia en el periodo antes mencionado de una relación causal entre las dos economías, que tiene su origen en Canadá y cuyo efecto demora del orden de un mes para manifestarse en la economía japonesa. El bajo índice exhibido en el periodo más reciente (25/6/02—24/4/03) parece indicar que este acoplamiento ha desaparecido en la actualidad, aunque debe estudiarse con fines de pronóstico en el futuro.
- El grupo de monedas estudiadas puede clasificarse en dos comportamientos claramente diferenciados atendiendo a la tendencia y movimientos periódicos: el CAD, el PM y el YEN exhiben tendencia lineal decreciente y sus variaciones cíclicas se repiten un periodo de crecimiento y otro de descenso, en tanto la LE y el EURO muestran un comportamiento cuadrático, cuyas causas deben ser estudiadas en el futuro y sólo la LE muestra un cierto comportamiento cíclico.
- Sólo se aprecia estacionalidad en el promedio anual en el caso del PM.
- Los movimientos irregulares pueden acotarse a un máximo de $\pm 13\%$, que sólo no es simétrico en el caso del CAD y la LE, lo cual constituye una fuente de error a los efectos del pronóstico, pues estas asimetrías es muy probable que sean el reflejo de acciones concientes sobre la economía y no causadas por eventos fortuitos.

IV. Conclusiones

Como conclusión de este trabajo puede señalarse que a partir de los fundamentos teóricos relacionados y la metodología desarrollada que recoge el procedimiento de trabajo, es posible

caracterizar el comportamiento de una serie cronológica, destacando que en el caso objeto de estudio (tipo de cambio de cinco monedas seleccionadas) mediante la definición de indicadores de comportamiento, fue posible realizar una caracterización del desempeño así como su pronóstico con resultados favorables, con lo cual se proporcionan más elementos para la elaboración de estrategias financieras que tiendan a minimizar el impacto en la empresa de las variaciones en estas magnitudes.

V. Recomendaciones

Como recomendación de este trabajo pueden realizarse las siguientes:

- Mantener actualizado este trabajo, con vistas a validar sus resultados y detectar lo antes posible cambios en los movimientos característicos.
- Realizar estudios complementarios acerca de la economía de los países cuyas monedas fueron analizadas con el objetivo de establecer una correspondencia con el comportamiento del tipo de cambio y factores internos, para facilitar el establecimiento de una estrategia para enfrentar el riesgo que representa operar con esa moneda.
- Determinar la función de distribución y sus parámetros que caracteriza el comportamiento de la máxima variación diaria absoluta.

VI. Agradecimientos

El autor desea expresar su agradecimiento al colectivo de Consolidación de la Sociedad Havanatur S.A. así como a la Ing. Virginia Paz, por las facilidades y recomendaciones realizadas y el apoyo brindado durante la elaboración del presente trabajo.

VII. Bibliografía

Bronshtein, I.; Sememndiaev, K.: «Manual de Matemáticas para ingenieros y estudiantes», Editorial MIR, Moscú, 1971.

Guerra, J.; Sevilla, E.: «Introducción al análisis estadístico para procesos», Editorial Pueblo y Educación, Cuba 1986.

Juran, J.M.: «Quality Control Handbook», Mc Graw-Hill, USA, 1979.

Kazmier, L.J.: «Análisis estadístico para las empresas y la Economía», Editorial Pueblo y Educación, Cuba 1977.

Kurosh, A.: «Curso de álgebra Superior», Editorial Mir. URSS, 1968.

Mesa, J.: «Producción y mercado de azúcar de caña», WWW.Monografias.com, 2002

Mesa, J.: «Utilización de series cronológicas para la evaluación en la empresa», Partida Doble, en proceso de publicación, Madrid, España.

Ostle, B.: «Estadística Aplicada», Editorial Ciencia y Técnica, feb/81, Cuba

Roque, P.; Mesa, J.: «Diseño con microprocesadores. Aspectos generales», Revista CIC, vol 23, #44, pp:47-73, 1988

Spigel, M.: «Teoría y problemas de Estadística», Editorial Pueblo y Educación, Cuba, 1977.

CARACTERIZACIÓN DE LA VARIACIÓN DEL TIPO DE CAMBIO

Aportado por: M.Sc. Lic. Jesús Mesa Oramas, - Sistematizador, Sociedad Havanatur S.A., Corporación CIMEX S.A

jmesa@cimex.com.cu