

Dinámica de la volatilidad del tipo de cambio

M. BEATRIZ MOTA ARAGÓN

GUILLERMO MARTÍNEZ ATILANO

La formulación de la política monetaria ha llevado al tipo de cambio real y nominal a comportamientos muy distintos. A finales del sexenio anterior, por ejemplo, el haber mantenido la paridad fija ocasionó una fuerte presión sobre el tipo de cambio real y la reserva de divisas, situación que precipitó la contundente devaluación de diciembre de 1994.¹

La teoría monetaria ha sido igualmente desalentadora. Las grandes fluctuaciones en el tipo de cambio real durante los últimos 20 años no han sido suficientemente explicadas; éstas se tratan, por lo regular, como desviaciones temporales respecto a un tipo de cambio de equilibrio de largo plazo.² Dado que el enfoque del poder de paridad de compra (PPP, por sus siglas en inglés) se basa en un tipo de cambio estable, se sigue que los movimientos en las tasas de cambio deben ser desviaciones del nivel de equilibrio de largo plazo. Sin embargo, los cambios bruscos en el tipo de cambio real del peso son contrarios a la idea de equilibrio estable. En el caso del tipo de cambio nominal se supone que éste sigue un paseo aleatorio, ya que se acepta la eficiencia especulativa, la cual postula que los agentes económicos tienen expectativas racionales y por tanto los participantes en el mercado cambiario no pueden obtener ganancias extraordinarias.

En este artículo se analiza la volatilidad del tipo de cambio nominal a partir del establecimiento del régimen de libre flotación del peso. Como antecedente, se describen los tres enfoques

adoptados para explicar los determinantes del tipo de cambio y luego se realiza un ejercicio para la fijación de las coberturas cambiarias. Enseguida se analiza la hipótesis de eficiencia de mercado y el proceso de formación de expectativas y más adelante se considera una explicación alternativa, que concede una importancia primordial a la volatilidad del tipo de cambio. Para ello se estima un modelo tipo GARCH³ del tipo de cambio diario para el período 1996-1998.

Para calcular el precio de una divisa existen diversas formulaciones que vinculan al tipo de cambio con las tasas de interés y con la inflación, como la del poder de paridad de compra, la del diferencial de tasas de interés y la paridad técnica.⁴

La primera, también conocida como teoría Big Mac, señala que productos similares situados en distintos países deben tener igual valor, es decir, costar lo mismo, por lo que la capacidad de compra de un individuo se debe conservar en cualquier país. Como los precios se establecen en la moneda de cada país, entonces la igualdad del poder adquisitivo está en función del tipo de cambio. Teóricamente los precios en diferentes países deben ser iguales, pues de no ser así resultarían excesos de demanda sobre los bienes más baratos. Sin embargo, en el corto plazo los precios de los bienes no siempre se ajustan rápidamente a las variaciones del tipo de cambio.⁵

No obstante, es difícil aceptar la postura que sostiene que los tipos de cambio son independientes de los precios; es decir, en

1. Nora Lustig, "México y la crisis del peso: lo previsible y la sorpresa", *Comercio Exterior*, vol. 45, núm. 5, México, mayo de 1995, pp. 374-382.

2. Paul Krugman, *Exchange-rate Instability*, MIT Press, 1988.

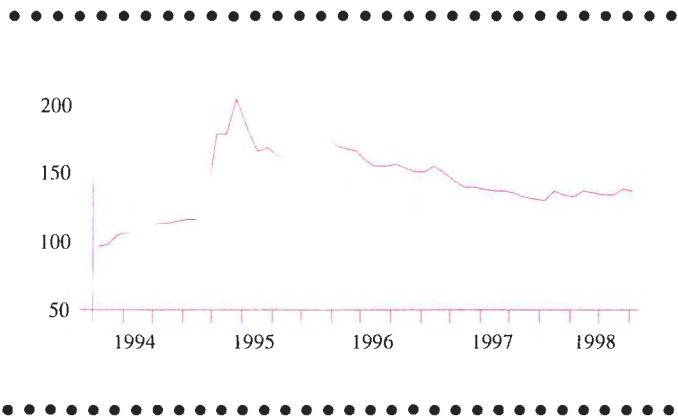
3. Es la generalización de un proceso de varianza condicional (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity).

4. Existen, sin embargo, otros enfoques a la teoría monetaria del tipo de cambio, la del portafolio VaR y el efecto Fisher internacional.

5. Véase Lawrence H. Officer, *The Purchasing Power Theory of Exchange Rates: A Review Article*, IMF Staff Papers, marzo de 1976.

G R Á F I C A 1

TIPO DE CAMBIO REAL (BASE 1990=100)



caso de que aumente el índice nacional de precios al consumidor, la relación del poder de paridad de compra no determina si el tipo de cambio del peso/dólar aumentará o si los precios bajarán hasta alcanzar de nuevo el tipo de cambio. Puesto que en el largo plazo los tipos de cambio y los precios deben ajustarse para mantener dicha paridad, en el largo plazo la relación de PPP muestra que el tipo de cambio nominal debe corregirse para mantener la relación de precios relativos (P^*/P). Donde P^* es el índice de precios externo y P el índice de precios interno. Así se obtiene el tipo de cambio real:

$$Q = S P^*/P$$

Si el poder de paridad de compra se cumple, el tipo de cambio real muestra el comportamiento de los precios relativos de los bienes de los dos países. Es importante hacer notar que la relación anterior se expresa en niveles y no en tasas de cambio que es la forma habitual de expresar la inflación. Para hacer esta conversión se necesita derivar el logaritmo natural⁶ a ambos lados de la expresión, con lo que se obtiene:

$$q = s + p^* - p$$

Al fijar el valor de q en términos de un año base (1990 = 100) la relación de paridad de compra indica que la tasa de inflación de un país es igual a la del país extranjero más la tasa de depreciación de la moneda:

$$p = p^* + s$$

Como se observa en la gráfica 1, el tipo de cambio real se ajustó abruptamente después de la macrodevaluación de 1994.

El período de diciembre de 1994 a diciembre de 1995 se caracterizó por una fuerte corrección de los precios relativos y de una clara determinación del tipo de cambio real por los funda-

mentos de la economía. Una vez iniciada la recuperación económica a partir de 1996, se puede observar que los movimientos en el tipo de cambio son menos bruscos y que el régimen de tipo de cambio flexible permite corregir la paridad real. Más adelante se verá cómo modelar la volatilidad para el período 1996-1998.

Respecto al segundo enfoque, éste se refiere a la igualdad de rentabilidad que deben generar las inversiones en dos países distintos. Indica que el tipo de cambio a futuro es paritario con la tasa de interés si el diferencial entre la cotización a futuro y la cotización al contado, expresado en tanto por ciento anual, es igual a la diferencia entre las tasas de interés de las dos divisas; entonces, dicha equivalencia permite mantener el poder de convertibilidad. Lo anterior es el fundamento de la cotización a futuro de una divisa con respecto de otra. Ésta depende de la diferencia entre la tasa de interés local de una y otra divisas.⁷

Por último, el método utilizado en México para pronosticar el valor del peso en relación con otra moneda es la paridad técnica o de equilibrio.

Se demuestra que en condiciones semejantes tiende a constituir el precio de una divisa, en unidades monetarias del país con el que se le relaciona. "El principio de la paridad del poder de compra o de equilibrio subraya que existen en la economía fuerzas estabilizadoras que tienden a efectuar fluctuaciones amplias y aleatorias del tipo de cambio. Éstas pueden darse a corto plazo, pero a lo largo de períodos suficientemente extensos, la relación entre tipos de cambio y niveles de precios es muy estrecha."⁸

Entonces para calcular la paridad técnica debemos comparar los índices inflacionarios de México y de Estados Unidos a partir de un año base, multiplicando el factor resultante por el tipo de cambio. La fórmula aplicable es:

$$\frac{\text{Factor de inflación México} * 100}{\text{Factor de inflación Estados Unidos} * 100} \times \text{Tipo de cambio año base}$$

Donde:

Factor de inflación México = (INPC México actual / INPC año base).

Factor de inflación Estados Unidos = (IPEU actual / IPEU base).

Es razonable señalar que las teorías descritas conforman elementos importantes para la determinación del tipo de cambio; sin embargo, cuando se incorporan a modelos económicos generales, las expectativas de proyección pueden ser más ciertas.

7. Supone que los tipos de interés nominales de un país específico muestran anticipadamente los rendimientos reales ajustados por las estimaciones de la tasa de inflación.

8. Manuel Guitián, *Balanza de pagos*, Centro de Estudios Monetarios Latinoamericanos, México, 1976, p. 17.

6. La derivada es $d(\log P) = dp = dP/P$.

Con base en lo anterior, el valor nominal pronosticado de la divisa depende de su precio en el mercado libre (*spot*), el cual se fija libremente con base en las condiciones de oferta-demanda, las tasas de interés de dos países distintos y el tiempo, es decir, la fecha de vencimiento de la operación.

Se estima por medio de la siguiente fórmula, tomando el mercado peso-dólar:

$$T_{\text{plazo}} = T_{A/B} \times \frac{1 + I_A \cdot n/360}{1 + I_B \cdot n/360}$$

Donde:

- $T_{A/B}$ = Tipo de cambio del dólar frente al peso.
Valor 48 horas = 1 dólar = 10.05 pesos
- i_A = Tasa de interés en dólares (T-Bills) = 4.49% anual
- i_B = Tasa de interés en moneda nacional (Cetes) = 35.33% anual
- n = Plazo de la operación (días) = 90 días

Es decir, el tipo de cambio a futuro está en función del tipo de cambio libre ($T_{A/B}$), de las tasas de interés de la moneda (i_A) y de la divisa (i_B) y del período (n).

El precio a plazo en el mercado suele coincidir con el precio de contado del día en que se contrata la operación más el diferencial de intereses correspondientes al período en cuestión.

Sustituyendo los valores se tiene:

$$T_{\text{plazo}} = 10.5 \times \frac{1 + 0.3533 \times 90/360}{1 + 0.0449 \times 90/360}$$

$T_{\text{plazo}} = 0.0768$ dólares/peso. Convirtiéndolo a pesos se tiene 13.0162 pesos/dólar.

De acuerdo con los resultados, el precio a futuro del peso a 90 días sería de 0.0768 dólares por peso, lo cual refleja una expectativa de incremento (depreciación) en el precio de mercado. El equilibrio financiero se logra con aquella paridad que en ese plazo sea igual al tipo de cambio de hoy. Es decir, si el precio de esta divisa en tres meses es mayor que la paridad contratada, obtendría pérdidas, pero si el precio es menor, el resultado reflejaría utilidades.

Como se observa, si el precio de la divisa a plazo coincide con el precio de mercado al vencimiento de la operación, se dice que el riesgo cambiario está cubierto; si se cotiza por encima del precio de mercado, se obtiene una ganancia y si, por el contrario, su valor está por debajo, se obtiene una pérdida cambiaria. Por ello es interesante tomar una posición de cobertura en el mercado; la herramienta más utilizada en los mercados financieros internacionales es el mercado de futuros u opciones de divisas.

Lo anterior implica el teorema de la paridad descubierta de tasas de interés, el cual sostiene que, en situación de equilibrio y con libre movimiento de capitales, la diferencia entre las tasas de rendimiento sobre inversiones equivalentes denominadas en divisas diferentes (expresada en una misma divisa) es igual a la depreciación o apreciación esperada del tipo de cambio. Es decir:

$$i^* - I = Ce$$

Donde i^* es la tasa de interés del valor denominado en moneda extranjera, I es la tasa de interés del valor denominado en moneda nacional y Ce es el cambio esperado en el tipo de cambio en la fecha de vencimiento de la operación.

$$Ce, \text{ esperada al vencimiento se expresa: } Ce = \frac{T_s - T}{T}$$

T_s = tipo de cambio de mercado esperado al vencimiento de los valores, y T = tipo libre (*spot*).

Ce = la apreciación o depreciación esperada de la divisa nacional a la fecha de vencimiento de la operación. Es decir, la prima adelantada o descuento del tipo de cambio:

$$P.A. = \frac{F_n - T}{T}$$

P.A. = es la prima adelantada, F_n es el tipo de cambio adelantado cotizado en n días y T es el tipo de cambio de mercado. Cuando la tasa de depreciación esperada Ce es igual a la prima adelantada el teorema se reduce a:

$$i^* - I = P.A.$$

El diferencial de tasas de interés es equiparable con la depreciación esperada del tipo de cambio más una prima por correr el riesgo cambiario en una inversión sin cobertura.

Si R = la prima de riesgo cambiario,

$$\frac{i^* - I = Ce = T_e \pm R - T}{T}$$

Esto significa que al invertir sin cobertura de riesgo cambiario, la decisión de inversión depende exclusivamente de las expectativas. Entonces, si se espera una depreciación menor que Ce en una divisa, debe invertirse en instrumentos denominados en dicha divisa.

Si no se desea incurrir en el riesgo de un rendimiento esperado, distinto del obtenido, es necesario cubrir las inversiones. Es decir, no debe invertirse en instrumentos cuyo rendimiento final depende de las expectativas de los tipos de cambio futuros, sino que debe asegurarse el tipo de cambio que se utilizará para trasladar el rendimiento de la inversión a la divisa de referencia.

Como cualquier otro mercado, el precio está determinado por la oferta y la demanda. La oferta se compone por los exportadores que reciben dólares por sus mercancías y que convierten una



Hay un amplio acuerdo en la importancia de explorar las implicaciones macroeconómicas de las funciones de demanda de activos derivadas de un comportamiento explícito de la maximización de la utilidad. Esto se ha vuelto una urgencia debido a que el comportamiento maximizar cambia cuando el régimen de tipos de cambio pasa de uno fijo a otro flexible

parte considerable a pesos para comprar insumos. La demanda se compone por los importadores que necesitan cambiar pesos por dólares para comprar productos extranjeros. Además, existen los inversionistas que constantemente compran y venden dólares para canalizar flujos de capital al país.

Durante la última década, a partir de la crisis de 1987, ha habido un trabajo intenso sobre los determinantes del premio al riesgo cambiario usando el enfoque de carteras. De acuerdo con éste, el precio futuro de las divisas es igual al precio actual más un premio al riesgo más un error aleatorio.

En esta parte se pasa revista a algunos de los resultados más importantes que se han obtenido del uso del enfoque de cartera, aunque estos modelos se desarrollaron originalmente para el estudio de los movimientos de capital y las variaciones en las tasas de interés. Nuestra discusión refleja el acento puesto en el caso de los tipos de cambio flexibles en las aplicaciones más recientes de la teoría de carteras.

Los constructores de modelos de cartera los han utilizado para explicar la demanda de activos financieros en el proceso de fijación de precios de las acciones. Han mostrado las virtudes de derivar las demandas de los activos sobre un comportamiento explícito de la maximización de la utilidad y procurado establecer la corrección de las demandas de activos, sobre la base de los fundamentos microeconómicos, en el caso de activos distintos de la moneda, en la teoría de selección de cartera y, en el caso de los activos monetarios, en la teoría de la demanda de dinero. Hay un amplio acuerdo en la importancia de explorar las implicaciones macroeconómicas de las funciones de demanda de activos derivadas de un comportamiento explícito de la maximización de la utilidad. Esto se ha vuelto una urgencia debido a que el comportamiento maximizar cambia cuando el régimen de ti-

pos de cambio pasa de uno fijo a otro flexible. Los resultados obtenidos con el uso de demandas de activos pueden verse mejor como una hipótesis que debe sujetarse a un escrutinio más estricto empleando funciones de demanda de activos con sólidas bases microeconómicas.

Después de describir las relaciones básicas entre el tipo de cambio, la inflación y los mercados de futuros, se resumen los resultados de un análisis de cartera usando una eficiencia del mercado. Supóngase que los mercados de futuros y libre (*spots*) se caracterizan por las siguientes condiciones: hay inversionistas para invertir en el mercado cambiario; en ausencia de barreras a la entrada no existen controles a la entrada, y el costo de transacciones es mínimo.

El equilibrio se alcanza cuando la diferencia entre la tasa futura y la expectativa de la tasa futura del dólar en el mercado son iguales al premio al riesgo.

Si, además, se supone que las expectativas de los agentes son racionales, se puede plantear esta relación como sigue:

$$f_t^{t+1} = E_t s_{t+1} + P_t$$

P_t = es el premio al riesgo.

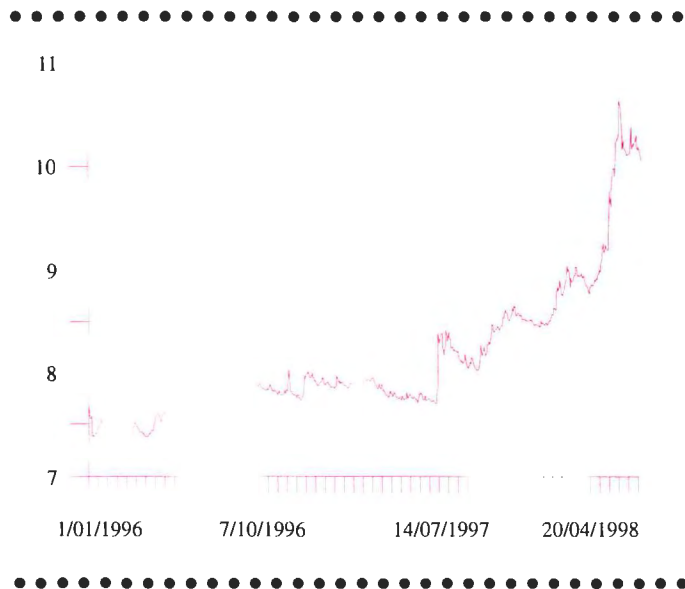
La ecuación anterior presenta el equilibrio de mercado eficiente porque la tasa adelantada refleja tanto la información disponible como la expectativa racional y la actitud de los inversionistas respecto al riesgo en el elemento P_t :

$$f_t^{t+1} - s_{t-1} = (E_t s_{t+1} - s_{t+1}) + P_t$$

$$f_t^{t+1} - s_{t-1} = \mu_t + \rho_t$$

G R Á F I C A 2

TIPO DE CAMBIO NOMINAL DIARIO



En este caso, al suponer que el proceso de formación de expectativas es racional, esto es, que con la información disponible los agentes económicos no cometerán errores previsible, ello implica que se conoce la estructura básica del modelo que subyace. En el caso de que provoquen errores éstos deberán de ser aleatorios y tendrán una distribución normal con media cero y varianza constante, es decir i.i.d., o en términos de una serie de tiempo se dice que el proceso es un ruido blanco.

Reordenando los términos de la última ecuación se llega a una presentación que nos permite plantear el modelo de premio al riesgo en una forma conveniente para tratarla por medio del análisis de carteras. Esto es:

$$f_{t+1} = s_{t+1} + \mu_t + \rho_t$$

Lo que en el caso de la previsión perfecta significaría que el valor de μ_t es igual a cero; por lo tanto, el premio al riesgo queda definido de la manera habitual como la diferencia entre la tasa futura menos el valor futuro del dólar en el mercado.

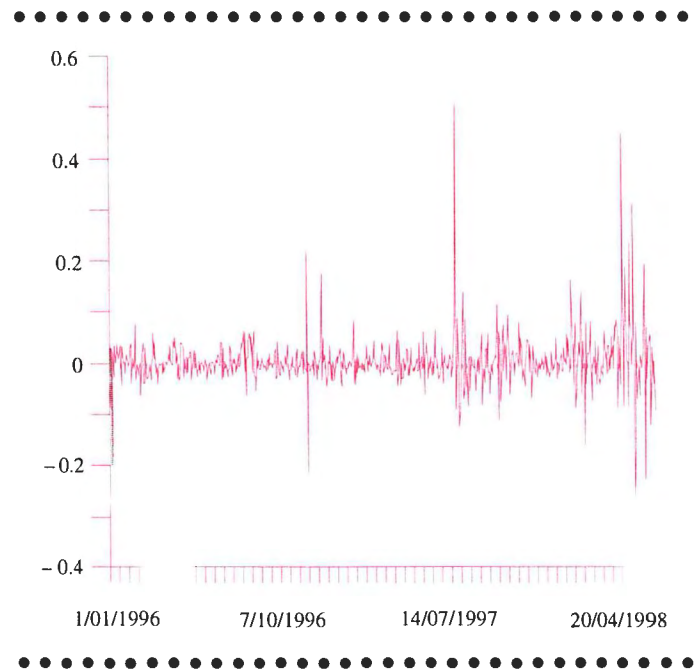
$$\rho_t = f_{t+1} - s_{t+1}$$

En el apartado anterior se señalaron los supuestos que están presentes cuando las expectativas son racionales. En esta parte se realiza un supuesto sobre las condiciones actuales en las que operan los mercados financieros y en especial el de las divisas, de tal manera que pueda darse seguimiento a las implicaciones de la hipótesis de eficiencia de los mercados.

En esta parte se supondrá que las inversiones son neutrales al riesgo. Supóngase, sin conceder, que los agentes son neutrales al riesgo, es decir, que no existe un premio al riesgo que los

G R Á F I C A 3

TIPO DE CAMBIO NOMINAL DIARIO



aleje de la expectativa que se formulan sobre la base del precio de la divisa en el futuro. Esto significa que la ecuación anterior, ρ_t es igual a cero. Y por lo tanto el valor y el valor futuro rezagado un período ($s_t = f_{t-1} - \mu_t$), es decir, que la tasa actual o de mercado es la tasa *forward* (a término) fijada en el período previo menos un error aleatorio. Esto es, que de los supuestos anteriores es posible obtener la propiedad de insesgamiento de los modelos de series de tiempo. O bien, si esto se expresa en tasas de depreciación, se estuviese afirmando que la tasa de depreciación del mercado libre es igual a la tasa de depreciación anticipada en el mercado a plazo (*forward*) menos un error aleatorio. Desde el punto de vista de pronóstico de la serie de tiempo la propiedad de insesgamiento muestra que el pronóstico basado en la tasa *forward* es más correcto, pues en caso de error éste será un ruido blanco.

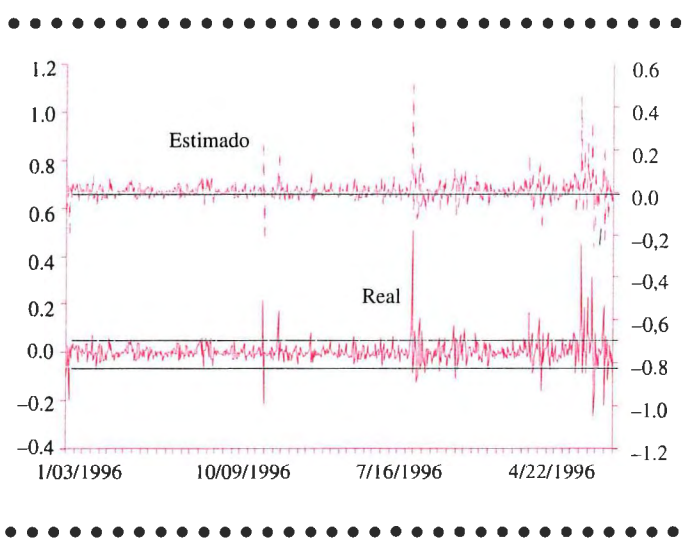
La hipótesis de eficiencia de mercado se desarrolló en la teoría financiera para explicar la operación del mercado de capitales. La hipótesis permite explicar la no regularidad que presentan las acciones como un paseo aleatorio. Es decir, $Y_t = Y_{t-1} + \mu_t$, o bien en términos del operador diferencia, $\Delta Y_t = \mu_t$, se distribuye de forma aleatoria con media cero y varianza constante. En caso de que la serie presente deriva, $\Delta Y_t = d + \mu_t$. En cuanto al tipo de cambio es posible demostrar que el modelo de paseo aleatorio es compatible con la hipótesis de expectativas racionales, con eficiencia de mercado e insesgamiento. Pero lo contrario no es cierto, es decir, el modelo de eficiencia de mercados no requiere que la serie sea una caminata aleatoria.

Esto significaría, respecto al proceso generador de la serie de tiempo, que hay otras especificaciones tanto para el componente

aleatorio como para el determinístico, y respecto a la operación del mercado que es posible obtener ganancias en la compraventa de divisas. Esto, que parecería contradecir la hipótesis de eficiencia de mercado, no lo hace porque la expectativa del rendimiento esperado se formula para el valor medio, el cual no se comporta como lo predice la teoría, es decir, para el primer momento de la serie. Sin embargo, esto no descarta el uso del segundo momento, la varianza, como medio para formular los pronósticos. Con lo cual las ganancias se basarían en el pronóstico de la volatilidad de la serie, no así en su valor medio. Se sigue de este resultado que se debe utilizar un proceso de varianza condicional del tipo GARCH.⁹

G R Á F I C A 4

TIPO DE CAMBIO NOMINAL DIARIO



El modelo GARCH(1,1) se especifica de la siguiente manera:

$$\gamma_t = \gamma X_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 \quad (2)$$

La ecuación para la media está dada por la ecuación 1 y es función de las variables exógenas más un término error. Dado que la varianza (σ_t^2) es para el pronóstico un período adelante y se construye con la varianza pasada, se le denomina varianza condicional, la cual se especifica en la ecuación 2 como resul-

9. ARCH se refiere a un proceso autorregresivo con varianza condicional. Este modelo fue originalmente desarrollado por R. Engle, "Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of U.K. Inflation", *Econometrica*, núm. 50, pp. 987-1008, mientras que GARCH corresponde al modelo desarrollado por Tim Bollerslev, "Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity", *Journal of Econometrics*, núm. 31, 1986, pp. 307-327.

tado de tres variables: la media, la volatilidad del período pasado, medida como el rezago del error residual o término ARCH, y el pronóstico de la varianza en un período anterior.

La gráfica 2 muestra el tipo de cambio nominal diario del período enero de 1996-octubre de 1998, para el cual habrá de estimarse el modelo GARCH, mientras que la gráfica 3 presenta, una vez eliminada la tendencia por primeras diferencias, el movimiento en la cotización.

Como se aprecia, los movimientos en el tipo de cambio nominal presentan períodos de estabilidad seguidos de otros de volatilidad. Los parámetros del modelo son los siguientes. ARCH (1) igual a 0.525 con un t de Student de 17.225, y un valor de GARCH (1) igual a 0.542192 y t de Student de 24.930. Con estos resultados se comprueba que los estimadores son significativos a 5%. Por último, con base en los resultados anteriores la gráfica 4 muestra los valores estimados y observados para el período de estudio. Con ello se puede afirmar que el modelo reproduce de forma correcta la volatilidad que presenta la serie.

CONCLUSIONES

El objetivo primordial de este trabajo fue el de modelar la dinámica del tipo de cambio nominal. Para esto se construyó un modelo de tipo GARCH, el cual en un régimen de cambio flexible permite explicar la volatilidad del tipo de cambio. El período de análisis comienza en 1996 porque anteriormente la corrección del tipo de cambio se explica por los determinantes fundamentales de la economía. Éstos explican el cambio brusco en el tipo de cambio real para 1994 y 1995, no así para los años subsiguientes. Para estos últimos se parte de una explicación basada en el mercado de divisas como un mercado de inversionistas que buscan posiciones que minimicen el riesgo de sus operaciones. Sin embargo, el modelo de eficiencia de mercados no permite eliminar el riesgo, pues se basa en el criterio del valor medio de la serie de tiempo. Después de señalar las limitantes que esta forma de proceder impone en la comprensión del riesgo, se estimó la varianza condicional. Los parámetros del modelo GARCH estimado resultaron significativos, situación que permite mejorar la comprensión tanto de la volatilidad del tipo de cambio como de la dinámica que gobierna el proceso estocástico que la genera.

Bibliografía adicional

- Dornbusch, Rudiger, y Alejandro Werner, "Mexico: Stabilization, Reform and No Growth", *Brookings Papers on Economic Activity*, núm. 2, pp. 219-294.
- Hishleifer, J., *Microeconomía: teoría y aplicaciones*, Prentice Hall (3a.ed.), México, 1988.
- Host Madsen, Paul, *La balanza de pagos y su integración en las cuentas nacionales*, CEMLA, México, 1970.
- Mansell Carstens, Catherine, *Las nuevas finanzas en México*, Milenio/IMEF/ITAM (1a. ed., 5a. reimp.), México, 1994.