

# Volatilidad estocástica del tipo de cambio, impacto y desequilibrios en la economía mexicana

## Stochastic volatility of the exchange rate, impact and imbalances in the mexican economy

---

Alexander Galicia-Palacios\*

Ana Lilia Coria-Páez\*\*

Miguel Flores-Ortega\*\*\*

(Fecha de recepción: 8 de febrero de 2017. Fecha de aceptación: 28 de julio de 2017)

### RESUMEN

En este trabajo se realiza un análisis empírico sobre la cotización del dólar durante el periodo 2000-2016, el objetivo es seleccionar un modelo estadístico que caracterice con precisión los impactos de la variación del precio en la economía mexicana. Se aplica la metodología de series de tiempo para estudiar la volatilidad de la divisa y se comparan los resultados de las estimaciones que arroja el modelo ARCH (Engle, 1982) y GARCH (Bollerslev, 1986). Se concluye que el modelo GARCH representa con mayor precisión los cambios en la volatilidad de la paridad cambiaria y los resultados validan la hipótesis de alta volatilidad originada por factores ajenos al desempeño de la economía mexicana. Se identifica como futura línea de investigación para ampliar el trabajo de un análisis comparativo entre los modelos GARCH, EGARCH y PARCH.

Clasificación JEL: G1, G15, G17

**Palabras clave:** caminata aleatoria, volatilidad, tipo de cambio

---

\* Escuela Superior de Comercio y Administración, Unidad Tepepan  
Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México  
alex\_finster@hotmail.com

\*\* Escuela Superior de Comercio y Administración, Unidad Tepepan  
Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México  
acoria@ipn.mx

\*\*\* Escuela Superior de Economía  
Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México  
mfo@prodigy.net.mx

#### ABSTRACT

*In this paper an empirical analysis of the exchange rate of the dollar during the period 2000-2016 is made, the objective is to select a statistical model that accurately characterizes the impacts of the price variation in the Mexican economy. The time series methodology is applied to study the volatility of the currency and the results of the ARCH model (Engle, 1982) and GARCH (Bollerslev, 1986) are compared. It is concluded that the GARCH model represents more accurately the changes in exchange rate volatility and the results validate the hypothesis of high volatility caused by factors beyond the performance of the Mexican economy. A comparative analysis between the GARCH, EGARCH and PARCH models is identified as a future line of research to extend the work.*

*JEL classification: G1, G15, G17*

**Keywords:** *random walk, volatility, exchange rate*

## Introducción

La dependencia de la economía respecto al tipo de cambio juega un papel importante en la fijación de la política macroeconómica para el país, diversas investigaciones han consolidado una gama de aportes, que van desde conceptos y perspectivas teóricas hasta modelaciones metodologías y herramientas de análisis que han permitido inferir su comportamiento (Parody, Charris y García, 2012). En este contexto, la volatilidad constituye un factor determinante en la cotización del dólar ya que permite evaluar el riesgo con el que afecta a la economía y los mercados.

Recientemente han surgido otras investigaciones con planteamientos más radicales acerca de las metodologías y modelos empleados, estas utilizan como base el análisis de gráficas, el análisis técnico o las caminatas aleatorias, sin embargo, el grado de dependencia que existe entre las variables económicas y financieras se puede indagar mediante los modelos más convencionales con los cuales es posible identificar la relación entre ellas, ya que por sus características identifican en su trayectoria patrones estacionales (Capistran, Constandse y Ramos 2009).

Por otro lado, la mayor parte de las variaciones que presentan las series de tiempo se pueden explicar a través de su tendencia de largo plazo (Granger, 1966) como modelos que contienen raíz unitaria y su componen-

te estacional es definido como interanual y sistemático, y aunque no necesariamente tengan un carácter regular es posible modelarlas ya que este es ocasionado por decisiones derivadas de la producción o el consumo y su comportamiento resulta predecible.

Estimar la volatilidad de las series de tiempo, es importante para poder identificar su trayectoria ya que se obtiene información precisa que contribuye a la toma de decisiones; en el caso del precio del dólar, la volatilidad representa una característica inherente a la serie misma y generalmente es no constante al depender del cuadrado de las perturbaciones pasadas (Engle, 1982), con varianza condicional no constante la caracteriza como un proceso totalmente aleatorio o estocástico denominado ARCH (autorregresivo de heterocedasticidad condicional). Por otro lado, la generalización del modelo ARCH trae consigo varianza condicional que no sólo depende del cuadrado de las perturbaciones, sino también de las varianzas condicionales de los periodos anteriores (Bollerslev, 1986), esta propuesta es la especificación del modelo GARCH (modelo de heterocedasticidad condicional autorregresiva generalizada).

En las últimas décadas se han publicado un sin número de trabajos (Poon y Granger, 2003), (Hansen y Lunde, 2005), y todos ellos discuten las características de la volatilidad, proponiendo mecanismos y técnicas de ajuste estadístico para poder predecir y controlar sus efectos (Casas y Cepeda, 2008).

El análisis de la economía mexicana pone en evidencia que el dólar se ha fortalecido y durante los últimos quince años su valor se ha incrementado en más de un 10% frente al peso, cerrando en veinte pesos por dólar en la primera quincena de noviembre de 2016 (OCDE, 2015). El incremento acelerado de la volatilidad se presentó a partir de la denominada crisis subprime ocasionando inestabilidad en los grandes mercados financieros y fuertes desequilibrios en la economía mundial, con impacto negativo en el empleo y el poder adquisitivo de países emergentes.

El objetivo de este trabajo dadas las características que ha presentado el precio del dólar, es analizar y describir su comportamiento, mediante los componentes característicos de las series de tiempo que establecen la metodología econométrica. El trabajo se estructura en cinco apartados a los que le antecede una introducción; en el primero se abordan los principales modelos que caracterizan la heterocedasticidad de una serie de tiempo, el segundo expone la especificación y principales características de los modelo ARCH, más adelante en el tercero se describen las propiedades y características de los modelos de heterocedasticidad condicional; en el cuarto se

modela la volatilidad que presenta el tipo de cambio del año 2000 a octubre de 2016; en el quinto se estima un modelo ARCH Y GARCH para identificar la volatilidad estocástica que sigue el tipo de cambio; finalmente se presentan las conclusiones más significativas para el futuro de la economía mexicana.

## 1. Modelos de volatilidad estocástica condicional

La literatura económica reconoce el uso de modelos econométricos para el estudio y análisis de las series de tiempo sujetas a condiciones o expectativas originadas en el pasado y generalmente plantean el uso de los modelos autorregresivos de heterocedasticidad condicional (ARCH) (Engle, 1982).

Después de la propuesta de Engle, se han hecho múltiples sofisticaciones a la propuesta original; de las que destacan los modelos GARCH, IGARCH, EARCH, TARCH, SWARCH, QS-ARCH, APARCH y FACTOR-ARCH entre otros (Villalba y Flores, 2014). La aplicación de estos modelos parte del supuesto que el momento actual responde a una expectativa sobre el valor de cambio producido en el pasado; es decir, la esperanza condicional dada por la varianza del periodo anterior; el objetivo de aplicar estos modelos se orienta a determinar el patrón de comportamiento de la varianza en el periodo de estudio.

El análisis estadístico se realiza a partir de un proceso estocástico de orden estacionario, con media constante y varianza constante. Si no existe una tendencia, ya sea determinista o totalmente aleatoria, existen diversos tratamientos matemáticos enfocados a estimar las diferencias de la serie de tiempo, así como una diversidad de métodos para determinar la existencia de raíces unitarias como es el caso de las pruebas Dickey Fuller o Phillips Perron. Aunado a esto hay situaciones que justifican la caracterización de la heterocedasticidad condicional (Engle, 1982), la primera contrasta los períodos de extensa varianza respecto al error acompañados de otros que presentan una varianza más pequeña; el valor de dispersión del error respecto a su media, cambia en el pasado, por lo que un modelo que contemple la predicción de los valores de la varianza precedente será útil para hacer pronósticos más precisos sobre la variable de estudio.

La segunda justificación propuesta por Engle (1982), es la validez de estos modelos en la toma de decisiones los cuales permiten establecer criterios de compra o venta de activos financieros en términos de la información proveniente de su valor medio en el mercado y la volatilidad que estos presenten. La tercera justificación para la aplicación del modelo ARCH es la

aproximación a un sistema más complejo expresado en términos infinitos considerando parámetros no constantes.

## 2. Especificación del modelo ARCH

El modelo ARCH (Engle, 1982) toma en consideración periodos de alta volatilidad y periodos en los que la serie de tiempo se distribuye con excesiva calma, por lo que el proceso se escribe como:

$$y_t = \varepsilon_t * \sigma_t \quad 1)$$

donde,  $\varepsilon_t$  es un proceso idénticamente distribuido con media cero y varianza 1, y si presenta un comportamiento gaussiano  $y_t$  es normal con  $\sigma_t^2$  por lo que se expresa como:

$$\sigma_t^2 = k + \sum_{i=1}^q \alpha_i y_{t-i}^2 \quad (2)$$

y para cumplirse la condición de estacionariedad la suma de los parámetros  $k > 0$ ,  $i = 1$ , y  $\alpha_i \geq 0$ , debe ser menor que 1.

El proceso estocástico estacionario representa la sucesión ordenada de las variables aleatorias cuya función de distribución no presenta variaciones entre valores distantes:

$$y_t^\alpha | f(y_{t-\alpha}, y_{t-1-\alpha}, \dots, y_{t+\alpha}, y_{t+1+\alpha}) = \quad (3)$$

$$f(y_{t+n-\alpha}, y_{t+n-1}, \dots, y_{t+n}, y_{t+n+1}, \dots, y_{t+n+\alpha})$$

En términos de esta función se deben cumplir las tres condiciones siguientes:

- 1)  $\mathbb{E}(y_t) = \mu$
- 2)  $\mathbb{E}(y_t - \mu)^2 = \sigma^2$
- 3)  $s_{xy} = (y_{t+n}, y_{t+n-j})$

Sujetas a un posible proceso de ruido blanco se expresan de la forma siguiente:

- 1)  $E(\varepsilon_t) = 0$
- 2)  $E(\varepsilon_t - 0)^2 = \sigma_\varepsilon^2$
- 3)  $s_{xy} = 0$

Si existe ruido blanco, la media y la varianza marginales son constantes; y al mismo tiempo, la media condicional puede ser constante y la varianza condicional no es fija (De Arce, 1998).

Para un proceso con ruido blanco expresado como:

$$y_t = \varepsilon_t(k + \alpha_{t-1}^2)^{1/2} \quad (4)$$

no hay correlación con el pasado de  $\varepsilon_t$  ni la hay con el pasado de  $y_t$  que es estacionario y para los momentos condicionales de  $t$  el valor de  $t - 1$  es no aleatorio (Melo y Becerra, 2006). Sin dejar de lado las consideraciones siguientes:

- 1)  $\mu$  es contante en ambos casos, e igual a cero.
- 2)  $\sigma_x^2$  es constante.
- 3)  $\sigma_{xy}^2$  depende de los valores tomados por  $y_{t-1}^2$ , que no es fija.

Finalmente, el proceso ARCH debe cumplir las siguientes condiciones:

- 1) La esperanza marginal y condicional deben ser igual a cero.
- 2) La varianza condicional depende de los valores tomados por  $y_{t-1}^2$ .
- 3) La varianza marginal debe ser constante.
- 4) El proceso ARCH no presenta forma.

### 3. Especificación de un modelo GARCH

El modelo de heterocedasticidad condicional generalizada (GARCH) propuesto por Bollerslev (1986) y por Taylor (2008),<sup>1</sup> en su forma simple GARCH (1,1) se expresa como:

<sup>1</sup> Este libro fue publicado por primera vez en 1986.

$$y_t = \varepsilon_t * \sigma_t \quad (5)$$

$$\sigma_t^2 = k + \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q \alpha_i y_{t-1}^2 \alpha_j y_{t-1}^2 \beta_i \sigma_{t-j}^2 \quad (6)$$

donde  $\beta_1$  asume valores iguales a cero.

En el modelo GARCH el valor de  $\varepsilon_t$  está idénticamente distribuido con media cero y varianza uno y para cumplir la condición de estacionariedad la suma de los parámetros:  $k > 0$ ,  $i = 1 \dots q, j = 1 \dots p$  y  $\beta_i \geq 0$  debe ser menor que 1 (Tsay, 2010). Su función de distribución marginal no es conocida pero a partir de los primeros momentos se puede determinar el proceso que sigue mediante su media y varianza. No hay correlación con el pasado de  $\varepsilon_t$ , ni la hay con el pasado de  $y_t$  que es estacionario y para los momentos condicionales de  $t$ , el valor de  $t - 1$  es no aleatorio (De Lara, 2011).

Para realizar la predicción Engle y Bollerslev (1986), proponen la siguiente ecuación que calcula la varianza condicional con la información disponible en  $t$ :

$$\mathbb{E}_t(\sigma_{t+s}^2) = \frac{k}{(1-\alpha-\beta) + (\alpha+\beta)^{s-1} \left( \frac{\sigma_{t+s-k}^2}{1-\alpha-\beta} \right)} \quad (7)$$

Más adelante Baillie y Bollerslev (1992) derivan el error cuadrático medio:

$$\mathbb{E}_t(v_{t,s}^2) = (k_2 - 1)\alpha^2 \sum_{i=1}^{s-1} (\alpha + \beta)^{2(1-i)} \mathbb{E}_t(\sigma_{t-s-i}^4) \quad (8)$$

donde:

$$v_{t,s}^2 = \sigma_{t+s}^2 - \mathbb{E}_t(\sigma_{t+s}^2) \text{ y,}$$

$k_2 =$  valor del coeficiente de curtosis

#### 4. Volatilidad del tipo de cambio

Modelar y analizar la volatilidad de la paridad cambiaria peso-dólar es importante para determinar el desempeño actual de la economía mexicana. Para esto, los trabajos más recientes como el de Longmore y Robinson (2004), Sandoval (2006), Bauwens y Sucarrat (2008), Olowe (2009), Mohonot (2011) y Villalba y Flores (2014), utilizan los modelos de volatilidad estocástica para estudiar la dinámica del tipo de cambio, todos basados en los trabajos de Engle (1982), Bollerslev (1986) y Taylor (2008), estos analizan el comportamiento del dólar estadounidense respecto de la libra esterlina, el yen, el marco alemán y el franco francés.

Para el análisis de la relación peso-dólar se considera que la paridad cambiaria sigue un comportamiento estocástico, el cual corresponde a una función que se expresa en términos de una serie de tiempo y se escribe como:

$$y_t = y_{t-1} + \sigma_t^2 + \varepsilon_t \quad (9)$$

donde:

$y_t$  – Valor del tipo de cambio en el tiempo.

$y_{t-1}$  – Valor del tipo de cambio menos un cambio impredecible.

$\sigma_t^2$  – Cambio del valor en la trayectoria del tipo de cambio.

$\varepsilon_t$  – Error aleatorio.

La Gráfica 1 muestra la trayectoria del tipo de cambio en su cotización a la venta de enero del 2000 al cierre de octubre de 2016 que corresponde a un total de 4 240 observaciones.

Los datos muestran evidencia de que la cotización ha sido creciente y sostenida después de la *crisis subprime* de 2008, al mismo tiempo se puede observar la estacionalidad marcada del año 2000 al 2008 como punto de ruptura que representa un cambio estructural. Un segundo periodo que inicia en septiembre de 2008 y que evoluciona hasta octubre de 2016 con movimientos erráticos, representan la inestabilidad financiera a nivel internacional relacionada con la deuda de un grupo de países de la zona euro. A este proceso se suman elementos como el déficit fiscal de Estados Unidos y la baja calificación en deuda soberana.

Gráfica 1. Cotización pesos por dólar 2000-2016



Fuente: elaboración propia con datos de BANXICO

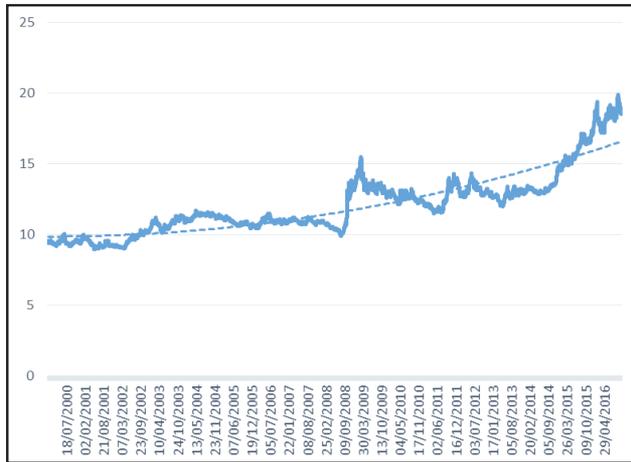
La Gráfica 2 muestra la tendencia determinista que sigue la paridad cambiaria peso-dolar, donde las desviaciones con respecto a la recta de tendencia, son aleatorias con media no estacionaria, por lo que no contribuyen a su desarrollo de largo plazo ya que se eliminan aceleradamente.

Gráfica 2. Tendencia determinista de la paridad cambiaria peso-dolar



Fuente: elaboración propia con datos de BANXICO

Gráfica 3. Tendencia estocástica de la paridad cambiaria peso-dólar



Fuente: elaboración propia con datos de BANXICO

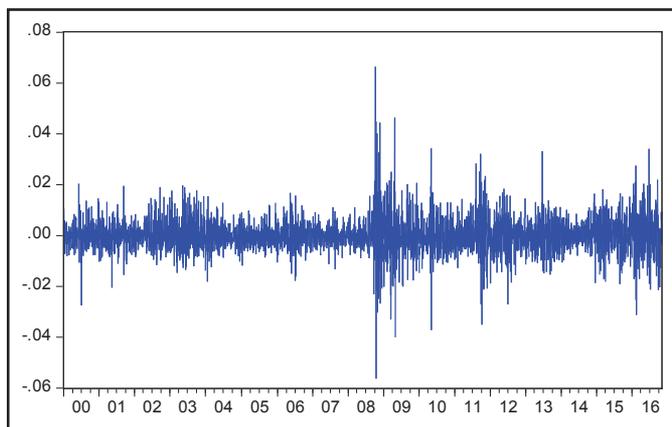
En cambio para el caso de tendencia estocástica, la Gráfica 3 muestra cómo el componente aleatorio afecta el curso de largo plazo de la serie de tiempo.

La tasa de depreciación del peso frente al dólar se expresa como:

$$\sigma_t^2 = d\ln\left(\frac{y_t}{y_{t-1}}\right) \quad (10)$$

que representa la razón entre la cotización de ese día y la del día anterior, que también puede entenderse como los rendimientos diarios en términos del peso sobre el dólar o la volatilidad de la divisa. La depreciación del peso tiende a ser constante en el largo plazo donde los periodos de variabilidad resultan extremadamente cortos como lo muestra la Gráfica 4, a excepción del punto de ruptura marcado por la crisis financiera de 2008.

Gráfica 4. Tasa de depreciación de la relación peso-dólar



Fuente: elaboración propia con datos de BANXICO

## 5. Estimación ARCH y GARCH para medir la volatilidad del tipo de cambio

Para medir la volatilidad de la paridad cambiaria peso-dólar se utilizó una muestra compuesta por 4 240 observaciones que corresponden a la cotización diaria de la divisa publicada por el Banco de México y que van de enero del 2000 a octubre de 2016.

Las características de la depreciación del peso frente al dólar se presentan en la Tabla 1 que muestra un rendimiento promedio constante de 12 pesos por dólar y una variación porcentual por debajo del 3%, lo que indica que el comportamiento analizado en dos periodos de estudio, uno que va del 2000 al 2008 y el segundo del 2008 a 2016; es gaussiano, lo que confirma un comportamiento constante y creciente del valor del dólar al ubicarse en un máximo de 19.8 pesos por dólar en el mes de septiembre.

Una vez determinado el comportamiento de la serie, se observa un componente de irregularidad determinado por la expresión 10. En la Gráfica 5 se muestran los periodos de mayor incertidumbre, donde los precios caen e inmediatamente suben de forma desmesurada.

Para llevar a cabo la modelación de la serie se requiere comprobar si existen efectos ARCH, por lo que se realiza una regresión que comprueba cualquiera de las dos hipótesis siguientes:

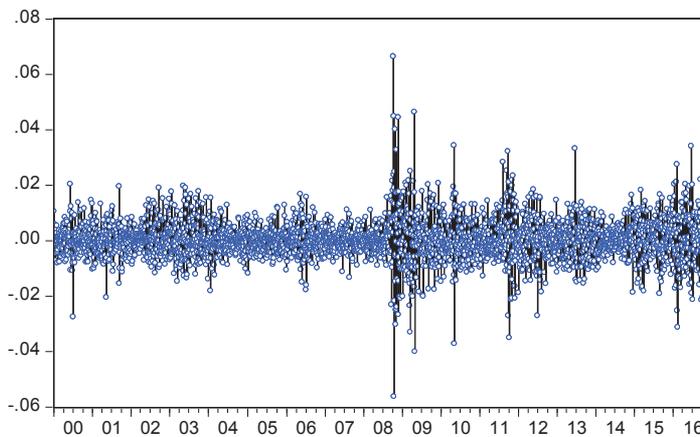
- 1)  $H_0$  – no hay efectos heterocedásticos de primer orden
- 2)  $H_1$  –  $\alpha_0 + \alpha_t \varepsilon_{t-1}^2$ ; donde:  $\alpha > 1, 0 < \alpha_t < 1$ .

Tabla 1. Estadística descriptiva de la depreciación del peso frente al dólar

Estadística	Valor
Media	12.08733852
Error típico	0.034498764
Mediana	11.423
Moda	9.52
Desviación estándar	2.246131836
Varianza de la muestra	5.045108224
Curtosis	1.270860997
Coficiente de asimetría	1.156682674
Rango	10.904
Mínimo	8.966
Máximo	19.87

Fuente: elaboración propia con datos de BANXICO.

Gráfica 5. Componente de irregularidad en el precio del dólar



Fuente: elaboración propia con datos de BANXICO.

Tabla 2. Pruebas de hipótesis

Prueba	Valor	Valor
F estadístico	1024970.	0.0000
R cuadrado	4221.549	0.0000

Fuente: elaboración propia con valores estimados en Eviews 9.

La Tabla 2 muestra los resultados de la estimación y estos indican que las pruebas son significativas y no hay elementos estadísticos para no rechazar la hipótesis nula.

Los parámetros cumplen las condiciones para determinar la existencia de efectos heterocedásticos sobre el valor del tipo de cambio ya que como lo plantea la hipótesis aceptada, el resultado del coeficiente es inferior a 1 y el valor del parámetro es superior a uno, por lo que se confirma la existencia de efectos ARCH en la serie; estos resultados se presentan en la Tabla 3.

Los resultados de la estimación que se presentan en la Tabla 4 muestran que la media es constante con un valor de 3.1 y la varianza igual a 0.30 no constante, lo que representa la presencia de volatilidad constante del tipo de cambio peso-dólar.

Los hechos económicos a nivel internacional que han impactado al tipo de cambio peso-dólar, se pueden identificar en la Gráfica 6 donde la volatilidad determina un punto de ruptura en el comportamiento de la paridad

Tabla 3. Efectos de heterocedasticidad sobre el tipo de cambio

Variable	Coefficiente	Error estándar	t estadístico	Probabilidad
Constante	0.007403	0.010274	0.720497	0.0471
Residuo <sup>2</sup> (-1)	1.000375	0.000988	1012.408	0.0000
R-cuadrado	0.995883			
R-ajustado	0.995882			
F-estadístico	0.000000			

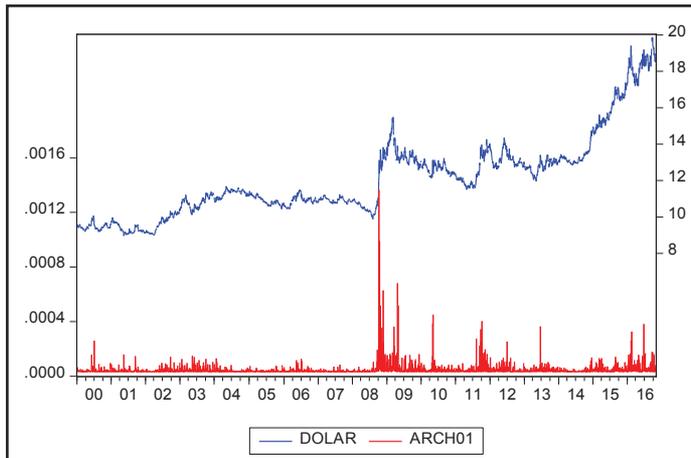
Fuente: elaboración propia con valores estimados en Eviews 9.

Tabla 4. Heterocedasticidad condicional del tipo de cambio

Variable	Coficiente	Error estándar	Z estadístico	Probabilidad
Constante	3.15E-05	4.10E-07	76.96119	0.0000
Residuo(-1)^2	0.301937	0.017726	17.03334	0.0000

Fuente: elaboración propia con valores estimados en Eviews 9.

Gráfica 6. Volatilidad del tipo de cambio peso-dólar 2000-2016



Fuente: elaboración propia con valores estimados en Eviews 9.

cambiaría lo que da paso a un cambio estructural marcado por la *crisis sub-prime* en 2008 y el cambio de gobierno en Estados Unidos.

Un caso más real de la volatilidad del tipo de cambio la representa el modelo GARCH que toma en consideración la varianza del periodo anterior, los resultados se presentan en la Tabla 5.

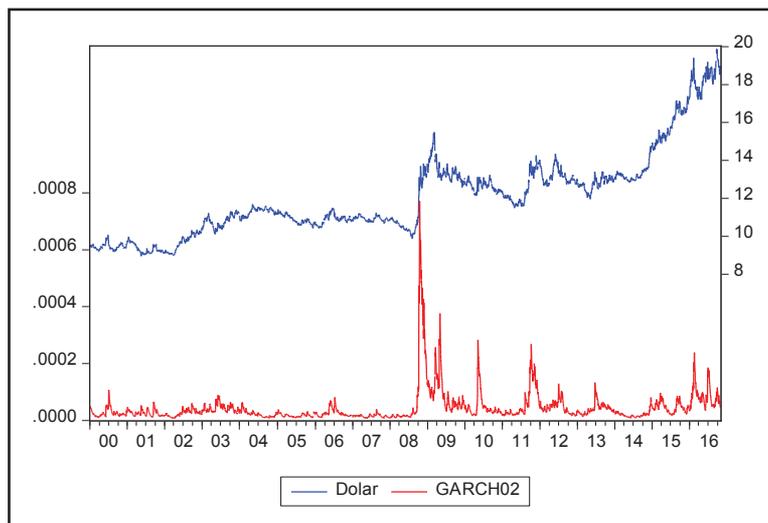
La modelación GARCH muestra que la volatilidad resulta ser más real ya que se toma en consideración la media y varianza no constante en el tiempo, como se muestra en la Gráfica 7 en la que se pueden identificar con mayor precisión los impactos del tipo de cambio.

Tabla 5. Resultados del modelo GARCH

Variable	Coficiente	Error estándar	Z-estadístico	Prob.
Constante	-6.44E-06	7.60E-05	-0.084688	0.0093
Ecuación de la varianza				
Constante	4.35E-07	7.74E-08	5.622769	0.0000
Residuo(-1)^2	0.084606	0.005316	15.91580	0.0000
GARCH(-1)	0.907229	0.006208	146.1472	0.0000

Fuente: elaboración propia con valores estimados en Eviews 9.

Gráfica 7. Volatilidad del tipo de cambio con un proceso GARCH



Fuente: elaboración propia con valores estimados en Eviews 9.

## Conclusiones

Los resultados de la correlación que arrojan los modelos de heterocedasticidad condicional de primer orden y de heterocedasticidad condicional generalizada, representan adecuadamente los impactos de la volatilidad del tipo de cambio, y confirman los efectos de la tasa de depreciación del peso mexicano.

Se corrobora la hipótesis de que el tipo de cambio presenta un comportamiento creciente e independiente de los factores externos, como es la tasa de interés y la inflación, y su tasa creciente deriva de una diversificación en la producción de Estados Unidos a nivel mundial.

Para el caso de México, la crisis económica de mediados de los años noventa y las reformas estructurales implementadas en ese periodo parecen tener repercusión en el comportamiento de la tasa de depreciación del peso frente al dólar desde el inicio del siglo XXI. Lo que demuestra el poco alcance que han tenido las reformas fiscal y energética implementadas al inicio del presente sexenio sobre el crecimiento y la estabilidad macroeconómica del país.

Por otro lado, la volatilidad cambiaria confirma el fortalecimiento de la economía de Estados Unidos y un cambio estructural a nivel internacional, que deja ver en el largo plazo la transición hacia un nuevo paradigma económico.

La evidencia presentada en este trabajo sugiere que las acciones del Banco Central han sido poco eficaces para mantener la estabilidad cambiaria; y sus constantes informes mantienen una falsa percepción generalizada de que la moneda nacional está sobrevaluada en función de las exageradas expectativas de crecimiento. De mantenerse firme tal percepción, se acumularán presiones para dar paso a una depreciación como factor correctivo al desajuste cambiario y las consecuencias originadas tendrían repercusiones severas sobre el mercado interno, el empleo y la pérdida de oportunidades de desarrollo.

## Referencias bibliográficas

- Baillie, R.T. y Bollerslev, T. (1992). "Prediction in Dynamic Models with Time-Dependent Conditional Variances". *Journal of Econometrics*, núm. 58, pp. 565-585.
- Bollerslev, T. (1986). "Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity". *Journal of Econometrics*, núm. 51, pp. 307-327.
- Bauwens, L. y G. Sucarrat (2008). "General to specific modelling of exchange rate volatility: a forecast evaluation". *Economic Series*, núm. 10, pp. 08-18.
- Casas Monsegny, Marta y Cepeda Cuervo, Edilberto (2008). "Modelos ARCH, GARCH Y EGARCH: aplicaciones a series financieras". *Cuadernos de Economía*, núm. 48, pp. 287-319.
- Capistrán, Carlos; Constandse, Christian y Ramos-Francia, Manuel (2009). "Uso de Modelos Estacionales para pronosticar la inflación de corto plazo en México". *Documentos de Investigación*, Banco de México, núm. 2009-05, pp. 1-31.
- De Arce Borda, Rafael (1998). *Introducción a los modelos autorregresivos con heterocedasticidad condicional ARCH* [en línea], Madrid, España. Recuperado el 8 de noviembre de 2016, de <http://www.uam.es/otroscentros/klein/doctras/doctra9806.pdf>.
- Engle, R.F. (1982). "Autoregressive Conditional Heterocedasticity with Estimates of the Variance of the U.K. Inflation". *Econométrica* núm. 50, pp. 987-1008.
- Engle, R y Bollerslev, T. (1986). "Modelling the Persistence of Conditional Variance". *Econometric Reviews*, núm. 5, pp. 1-50 y 80-87.
- Granger, C.W.J (1966). "The Typical Spectral Shape of an Economic Variable". *Econometrica*, núm. 34, pp. 150-161.
- Hansen Peter R. y Lunde Asger (2005). "A Forecast Comparison of Volatility Models: Does Anything Beat a GARCH(1,1)?". *Journal of Applied Econometrics*, núm. 20, pp. 873-889.
- Longmore, R. y W. Robinson (2004). "Modelling and forecasting exchange rate dynamics: an application of asymmetric volatility models". *Research Services Department, Bank of Jamaica, Working Paper*, núm. WP2004/03.
- Melo, L y Becerra, O (2006). *Medidas de riesgo, características y técnicas de medición. Una aplicación del Var y el ES a la tasa interbancaria de Colombia*, (343) Bogotá, Banco de la República.
- Mohnot, R. (2011). "Forecasting Forex Volatility in Turbulent Times". *Global Journal of Business Research*, vol. 5, núm. 1, pp. 27-38.

- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2015). Estudios económicos de la OCDE México. Recuperado de: <http://www.oecd.org/economy/surveys/Mexico-Overview-2015%20Spanish.pdf>.
- Olowe, R.A. (2009). "Modelling naira/dollar exchange rate volatility: application of GARCH and asymmetric models". *International Review of Business Research Papers*, vol. 5, núm. 3, pp. 377-398.
- Parody Camargo, E., Charris Fontanilla, A y García Luna, R. (2012). "Modelación de la Volatilidad y pronóstico del índice general de la bolsa de valores de Colombia (IGBC)", *Clio America*, núm. 12, pp. 223-239.
- Poon, Ser-Huang y Granger, Clive W.J. (2003). "Forecasting Volatility in Financial Markets: A Review", *Journal of Economic Literature*, vol. 41, núm. 2, pp. 478-539.
- Sandoval, J. (2006). "¿Do asymmetric GARCH models fit better exchange rate volatilities on emerging markets?" *Odeon*, núm. 3, pp. 97-118.
- Taylor, S.J. (2008). *Modelling Financial Time Series*. (2a. Ed.), U.K, London: World Scientific Publishing.
- Tsay, R.S.(2010). *Analysis of financial time series*. (2a. Ed.), EEUU: Massachusetts, Wiley.
- Villalba F. y Flores M. (2014). "Análisis de la volatilidad del índice principal del mercado bursátil mexicano, del índice de riesgo país y de la mezcla mexicana de exportación mediante un modelo GARCH trivariado asimétrico". *Revista de Estudios Cuantitativos para la economía y la empresa*, núm. 17, pp. 3-22.