

# Pronóstico de la volatilidad cambiaria peso-dólar mediante modelos GARCH

Área de investigación: Finanzas

**Francisco Ortiz-Arango**  
Universidad Panamericana  
México  
[fortizar@up.edu.mx](mailto:fortizar@up.edu.mx)

**Agustín Ignacio Cabrera Llanos**  
Instituto Politécnico Nacional  
México  
[aicllbuda@yahoo.com](mailto:aicllbuda@yahoo.com)

**Francisco López-Herrera**  
Facultad de Contaduría y Administración  
Universidad Nacional Autónoma de México  
México  
[francisco\\_lopez\\_herrera@yahoo.com.mx](mailto:francisco_lopez_herrera@yahoo.com.mx)



Octubre 3, 4 y 5 de 2012  
Ciudad Universitaria  
México, D.F.

## XVII CONGRESO INTERNACIONAL DE CONTADURÍA ADMINISTRACIÓN E INFORMÁTICA

Quinto FCA, Benito Juárez, Facultad de Contaduría y Administración, UNAM

<http://congreso.investiga.fca.unam.mx>

[informacongreso@fca.unam.mx](mailto:informacongreso@fca.unam.mx)

Teléfonos

52 (55) 5622.84.90

52 (55) 5622.84.80

Fax

52 (55) 5616.03.08



**ANFECA**  
Asociación Nacional de Facultades y  
Escuelas de Contaduría y Administración

División de Investigación, Facultad de Contaduría y Administración, UNAM  
Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, México, D.F., C.P. 04510

## Pronóstico de la volatilidad cambiaria peso-dólar mediante modelos GARCH

### Resumen

Evidentemente, la necesidad de contar con herramientas de pronóstico adecuadas para anticipar el comportamiento de la volatilidad cambiaria es importante para administrar el riesgo cambiario. Con datos diarios desde el 4 de enero de 1999 hasta el 30 de marzo de 2012 se estiman dos modelos GARCH de la volatilidad del tipo de cambio del peso frente a la moneda estadounidense. Los términos de perturbación aleatoria de uno de los modelos siguen una distribución gaussiana, en tanto que en el otro modelo dichos términos siguen una distribución *t* de Student. Posteriormente se compara la capacidad de los dos modelos GARCH para predecir la volatilidad cambiaria peso-dólar. El punto de referencia (*benchmark*) es un proceso de volatilidad estocástica según el cual la volatilidad cambia en el tiempo entre dos estados, volatilidad baja y volatilidad alta, de acuerdo con una cadena de Markov en la cual la depreciación cambiaria se distribuye como una mezcla de distribuciones normales. Una vez ajustados los modelos mediante el método de máxima verosimilitud (quasi máxima en el caso de la distribución gaussiana), se pronostica la volatilidad del tipo de cambio para los días de abril de 2012 para los que se cuenta con cotización públicamente disponible en la Reserva Federal de Estados Unidos. Tanto en los pronósticos dentro de la muestra como en los que se llevan fuera de la muestra, el error cuadrático medio, la raíz del error cuadrático medio y el error absoluto medio (criterios clásicos de selección de modelos de pronóstico) favorecen a la especificación de volatilidad condicional bajo distribución normal de la tasa de depreciación cambiaria. Sin embargo, es conveniente acotar que la ventaja de dicha especificación se reduce ostensiblemente en los pronósticos fuera de la muestra.

Octubre 3, 4 y 5 de 2012  
Ciudad de México

**Palabras clave:** tipo de cambio peso-dólar, volatilidad estocástica, volatilidad cambiaria, pronósticos, modelos GARCH

<http://congreso.investiga.fca.unam.mx>  
[informacongreso@fca.unam.mx](mailto:informacongreso@fca.unam.mx)

Teléfonos

52 (55) 5622.84.90  
52 (55) 5622.84.80

Fax

52 (55) 5616.03.08



División de Investigación, Facultad de Contaduría y Administración, UNAM  
Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, México, D.F., C.P. 04510

## Introducción

Las fluctuaciones cambiarias constituyen uno de los riesgos más importantes a los que se enfrentan los inversionistas de portafolios internacionales, así como quienes realizan otros tipos de transacciones financieras y comerciales en el plano internacional. En particular, es de destacarse que el pronóstico de la volatilidad es de vital importancia para las decisiones relacionadas con la administración de los portafolios internacionales, así como para el diseño e instrumentación de las estrategias de administración de riesgos para mitigar el riesgo cambiario, incluyendo la determinación de la cobertura óptima mediante los instrumentos derivados adecuados, como es el caso de las opciones financieras.

Una medida generalmente aceptada para cuantificar el riesgo es la volatilidad, la cual, como se sabe, en el caso de los rendimientos de los activos financieros cambia en el tiempo. Los modelos no lineales que más se utilizan actualmente en la práctica financiera para tomar en cuenta la naturaleza cambiante de la volatilidad, son los modelos denominados de heteroscedasticidad condicional autorregresiva. Engel (1982) presentó el primer modelo de esa familia, denominado el modelo ARCH, y Bollerslev (1986) lo generalizó presentando el modelo denominado GARCH. Varios estudios sobre la volatilidad cambiaria de las llamadas monedas duras han usado modelos tipo GARCH, entre ellos se pueden mencionar: Sengupta y Sfeir (1996), Baillie *et al.* (1996), Tse (1998). Otros estudios han incluido a tipos de cambio de países cuyas economías son emergentes o menos desarrolladas, por ejemplo: Longmore y Robinson (2004) que analiza el comportamiento del dólar de Jamaica y el dólar de Estados Unidos; Olowe (2009) estudia la volatilidad cambiaria de la moneda nigeriana respecto del dólar de Estados Unidos; Siddiqui (2009) analiza la volatilidad de la paridad cambiaria de la rupia paquistaní en relación con las monedas de Canadá, Estados Unidos, Japón, Reino Unido y la Unión Monetaria Europea; y el trabajo de Mohnot (2011) estudia la capacidad que tienen los modelos GARCH para predecir la volatilidad cambiaria respecto al dólar estadounidense de las monedas de 13 países (entre los cuales se incluye México).

Hsieh (1989) sostiene que en la familia de los modelos ARCH/GARCH no hay uno que se pueda considerar como el modelo general para pronosticar los diferentes tipos de cambio. Sin embargo, es conveniente señalar que en particular el uso del modelo GARCH (1,1) se justifica porque cuenta con ventajas específicas para pronosticar la volatilidad cambiaria, entre las principales se tiene que: i) permite especificaciones más parsimoniosas que el modelo ARCH, evitando la sobreparametrización de la especificación y, con ello, facilitando el mantenimiento del modelo; ii) entre los modelos de la familia ARCH/GARCH es la especificación más común, razón por la cual sus propiedades son ya conocidas; y iii) se ajusta muy bien a los datos de variables financieras, principalmente cuando las observaciones son de alta frecuencia. Otra discusión que ha tomado importancia es el hecho de que los rendimientos de los activos financieros no siguen una distribución probabilística de tipo normal, como lo sostienen los modelos económico-financieros teóricos. Un punto de enorme interés para el estudio del riesgo es el fenómeno de las colas pesadas, según el cual las probabilidades de eventos extremos son mayores que los predecibles bajo la distribución normal.

<http://economia.unam.mx>  
informacongreso@fca.unam.mx

Teléfonos

52 (55) 5622.84.90

52 (55) 5622.84.80

Fax

52 (55) 5616.03.08



Dado que en este estudio se utilizan observaciones diarias, se opta por la especificación de un modelo GARCH(1,1) con errores distribuidos bajo la normal para llevar a cabo los pronósticos de la volatilidad diaria del tipo de cambio peso-dólar, considerando que dicha volatilidad está gobernada por una cadena de Markov con dos estados, bajo la cual la tasa de depreciación del peso frente al dólar de Estados Unidos sigue una mezcla de dos distribuciones normales dependiendo del estado o régimen en que se encuentre la volatilidad cambiaria, pudiendo ser el primer estado el corresponde a volatilidad baja y el otro estado el de volatilidad alta. Además de la especificación GARCH(1,1) con errores normales, se utilizó también una especificación del mismo modelo pero con errores cuya distribución probabilística es una  $t$  de Student, cuyos grados de libertad fueron estimados en forma conjunta con los demás parámetros del modelo.

La estructura de este trabajo se describe a continuación. En la sección siguiente se describe el proceso de la volatilidad estocástica la cual varía en el tiempo de acuerdo con cambios de régimen de tipo markoviano. Posteriormente dedicamos una sección a la descripción del comportamiento del tipo de cambio peso-dólar y de su volatilidad. Después presentamos los resultados de la estimación de las dos especificaciones del modelo GARCH y los resultados y evaluación de los pronósticos de la volatilidad cambiaria que se lleva a cabo dentro y fuera de la muestra. Finalmente, se ofrece una sección de conclusiones.

### Volatilidad estocástica con cambios de régimen markoviano

Siguiendo el desarrollo mostrado en López *et al.* (2011), a continuación se presenta la especificación más sencilla para el proceso de volatilidad estocástica:

$$r_t = m + s_t u_t; \quad (1)$$

$$u_t : iicN(0,1)$$

Esta especificación permite que se tome en cuenta la explicación que se ha dado respecto a la naturaleza cambiante de la volatilidad de los rendimientos de los activos financieros como consecuencia de que la distribución de los rendimientos está dada por una mezcla de distribuciones normales cuyas varianzas son diferentes. Basándose en este planteamiento, Hamilton (1988, 1989) presenta un proceso estocástico relativamente simple para modelar la volatilidad de los rendimientos suponiendo que la volatilidad varía en el tiempo bajo la conducción de una cadena de Markov, la cual sigue una distribución discreta de probabilidades que tiene únicamente dos estados:

$$s_t = \begin{cases} s_{baja} & \text{con probabilidad } p \\ s_{alta} & \text{con probabilidad } 1 - p \end{cases} \quad (2)$$

$$s_t > 0, \quad s_{baja} < s_{alta}.$$

Dado el supuesto de que la secuencia formada por las volatilidades en el transcurso del tiempo,  $\{s_t\}$  se comporta de acuerdo con un proceso de Markov, la probabilidad de que la volatilidad pase a ser alta si en el periodo anterior se encuentra en el régimen o estado de la

Octubre 3, 4 y 5 de 2012  
Ciudad Universitaria  
México, D.F.

http://cc  
informa  
Teléfono

52 (55) 5622.84.90  
52 (55) 5622.84.80

Fax 52 (55) 5616.03.08

División de Investigación, Facultad de Contaduría y Administración, UNAM  
Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, México, D.F., C.P. 04510

volatilidad baja depende únicamente de ese estado del proceso. En otros términos, la probabilidad de transición del estado de baja volatilidad al de alta volatilidad está dada por:

$$p_{ba} = P(s_{it} = 1 | s_{it-1} = 0) \quad (3)$$

A su vez, la probabilidad de que la volatilidad cambie del régimen de alta al régimen de baja volatilidad está dada por:

$$p_{ab} = P(s_{it} = 0 | s_{it-1} = 1) \quad (4)$$

De acuerdo con los supuestos del modelo, los rendimientos se distribuyen  $N(ms_{baja}^2)$  cuando la volatilidad se encuentra en el régimen de baja volatilidad y  $N(ms_{alta}^2)$  cuando la volatilidad se encuentra en el régimen en el cual predomina la volatilidad alta. Por su parte, la varianza no condicional de los rendimientos se encuentra dada por:

$$s_{it}^2 = p_{ba} \sigma_{baja}^2 + p_{ab} \sigma_{alta}^2 \quad (5)$$

También se tiene como resultado que la densidad no condicional de los rendimientos es una mezcla de densidades normales:

$$f(r_{it}) = p_{ba} N(r_{it} | \mu_{baja}, \sigma_{baja}^2) + p_{ab} N(r_{it} | \mu_{alta}, \sigma_{alta}^2) \quad (6)$$

En la ecuación (6),  $y$  ( $g$ ) representa la función de densidad normal. También con base en los supuestos respecto a  $\{s_t\}$  y  $\{u_t\}$ , anteriormente mencionados, se tiene que:

$$s_{it}^2 = p_{ba} s_{it-1}^2 + p_{ab} s_{it-1}^2 + u_{it}^2 \quad (7)$$

Entonces,  $\{s_{it}^2\}$  es un proceso AR(1) con un parámetro autorregresivo:

$$f = 1 - p_{ba} - p_{ab} \quad (8)$$

que mide la persistencia de la volatilidad y cuyo valor empírico se espera que sea cercano a 1, implicando que las probabilidades de transición o de cambio de estado (régimen),  $p_{ba}$  y  $p_{ab}$ , son pequeñas. Una persistencia alta en la volatilidad implica que los efectos de los *shocks* que la afectan no se disipan rápidamente sino que tienden a perdurar, tanta más cuanta más alta sea la persistencia de la volatilidad.

La información que proporcionan los rendimientos no es suficiente para poder identificar el estado de la volatilidad en algún momento dado del tiempo, razón por la cual se tienen que utilizar las probabilidades del estado en que se encuentra la volatilidad, condicionando las



Octubre 3, 4 y 5 de 2012  
Ciudad de México, D.F.

http://co  
informac  
Teléfonos

52 (55) 5622.84.90  
52 (55) 5622.84.80  
Fax 52 (55) 5616.03.08

División de Investigación, Facultad de Contaduría y Administración, UNAM  
Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, México, D.F., C.P. 04510

Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Contaduría y Administración

probabilidades condicionales del estado actual con el comportamiento de los rendimientos previos, es decir:

$$p = P(s_t = s | W_{t-1}) \text{ y } q = P(s_t = s | W_{t-1}) \quad (9)$$

$W_{t-1}$  es el conjunto de información constituido por el historial de los rendimientos hasta el periodo  $t-1$ . Suponiendo que se han obtenido las probabilidades *a priori*  $p_{t-1}$  y  $q_{t-1}$  a partir de  $W_{t-2}$ , se pueden revisar por medio del teorema de Bayes una vez que se cuenta con el conocimiento de  $r_{t-1}$ , obteniéndose las probabilidades revisadas o posteriores:

$$p_{t-1}^* = \frac{p_{t-1} r_{t-1}}{p_{t-1} r_{t-1} + q_{t-1} (1 - r_{t-1})} \quad (10)$$

$$q_{t-1}^* = 1 - p_{t-1}^*$$

A partir de las probabilidades de transición de la cadena de Markov, se tienen también las probabilidades previas:

$$p_{t-1}^* (1 - p_{t-1}^*) + q_{t-1}^* \quad (11)$$

Combinando las ecuaciones (10) y (11) se obtienen las probabilidades condicionales:

$$p_{t-1}^* = \frac{p_{t-1} r_{t-1}}{p_{t-1} r_{t-1} + q_{t-1} (1 - r_{t-1})} \quad (12)$$

Octubre 3, 4 y 5 de 2012  
Ciudad Universitaria

la cual es una fórmula recursiva que comienza con  $p_1 = p$ .

La densidad condicional de  $r_t$ , dados los rendimientos previos  $W_{t-1}$ , también es una mezcla de distribuciones normales:

$$f(r_t | W_{t-1}) = p_{t-1}^* f(r_t | \mu_1, \sigma_1^2) + q_{t-1}^* f(r_t | \mu_2, \sigma_2^2) \quad (13)$$

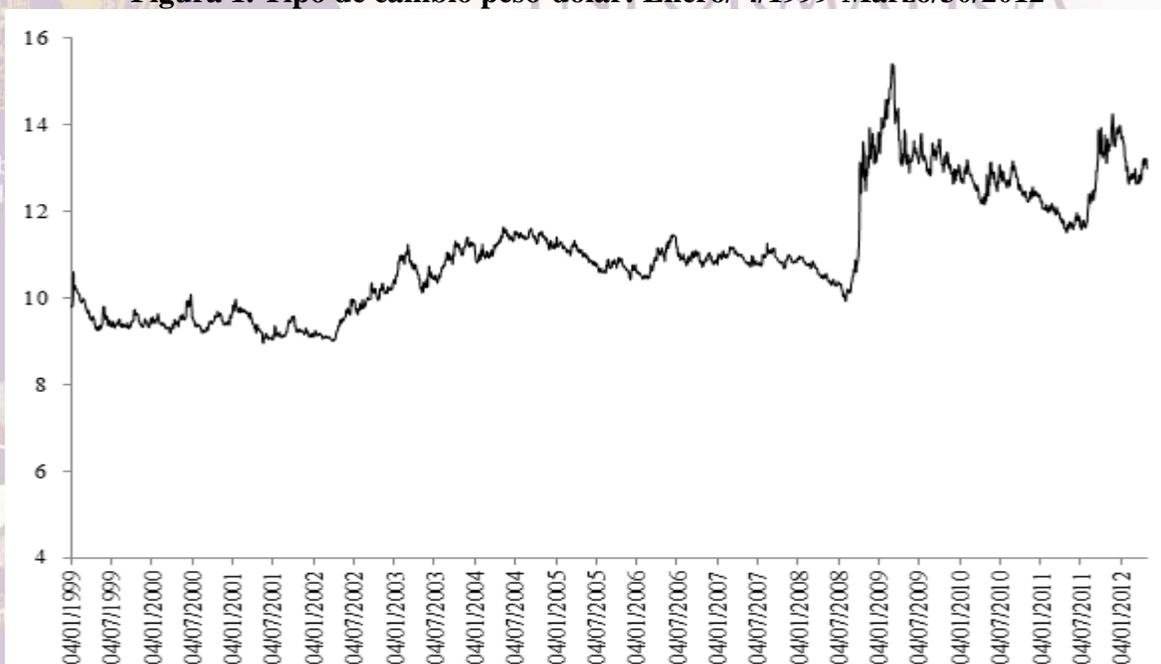
Finalmente, la varianza condicional está dada por el proceso:

$$h = p_{t-1}^* \sigma_1^2 + q_{t-1}^* \sigma_2^2 \quad (14)$$

Para llevar a cabo la estimación de las volatilidades del tipo de cambio peso-dólar, se obtuvieron del Banco de la Reserva Federal en San Luis las paridades diarias durante el periodo del 4 de enero de 1999 al 30 de abril de 2012, 3353 observaciones en total. En la Figura 1 se observan dichas paridades en términos de la cantidad de pesos mexicanos por dólar estadounidense. A simple vista se puede observar que la cotización del dólar ha aumentado durante el periodo de referencia, pasando primero de un valor menor pero cercano a los diez pesos por dólar a un nivel fluctuante en torno a los once pesos. También resulta ostensible el salto que el tipo de cambio da a un nuevo nivel entre 2008 y 2009, el periodo de la crisis financiera mundial durante el cual alcanza su valor máximo, para descender ligeramente y situarse fluctuando en torno al nivel en que se encuentra actualmente.

En la Figura 2 se presenta la tasa de depreciación del peso mexicano frente al dólar de los Estados Unidos, la cual se calculó como la diferencia entre el logaritmo de la paridad en el periodo  $t$  y el logaritmo de la paridad en el periodo anterior ( $t - 1$ ). La figura sugiere que en la tasa de depreciación de la moneda mexicana frente a la estadounidense, durante la mayor parte del horizonte cubierto por nuestros datos, predomina la volatilidad baja, excepto por el periodo asociado con la crisis financiera y la parte final de la muestra (de fines de 2011 a abril de 2012).

**Figura 1. Tipo de cambio peso-dólar: Enero/ 4/1999-Marzo/30/2012**



*Fuente: elaboración propia con datos del Banco de la Reserva Federal en San Luis*

<http://congreso.investiga.fca.unam.mx>

[informacongreso@fca.unam.mx](mailto:informacongreso@fca.unam.mx)

Teléfonos

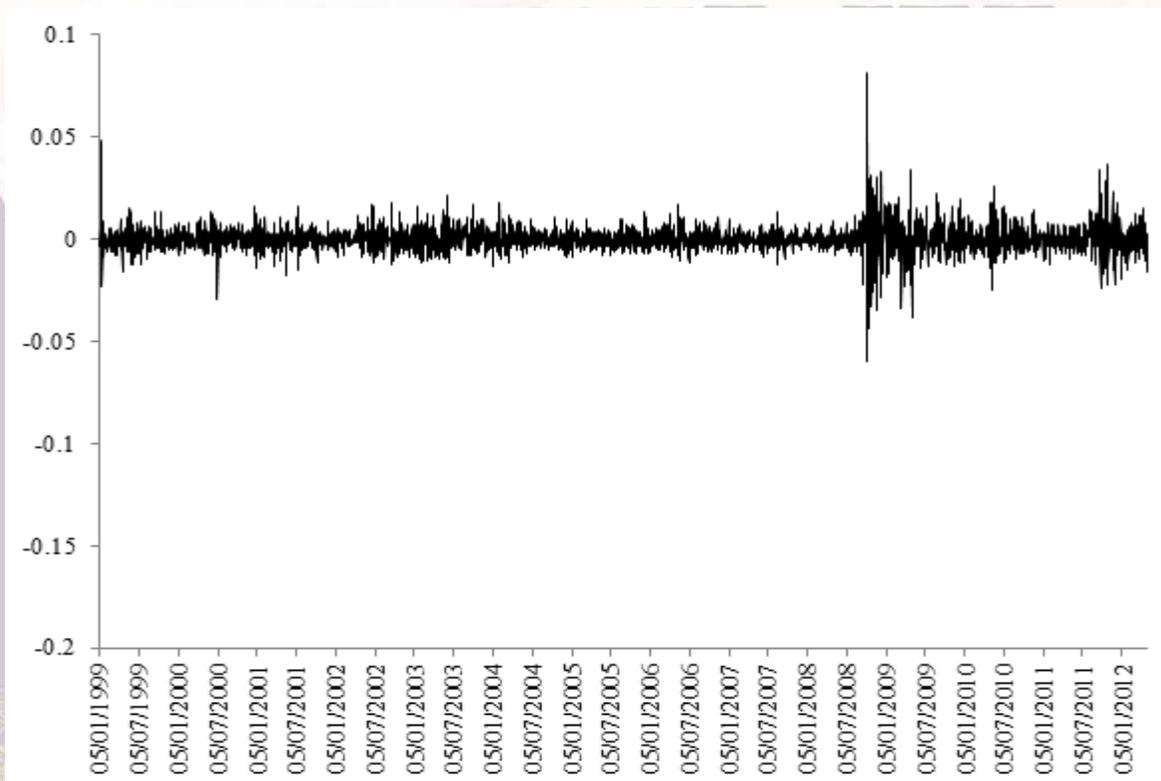
52 (55) 5622.84.90

52 (55) 5622.84.80

Fax

52 (55) 5616.03.08

**Figura 2. Tasa de depreciación del peso frente al dólar: Enero 5, 1999-Abril 30, 2012**



Fuente: elaboración propia con datos del Banco de la Reserva Federal en San Luis

**Cuadro 1. Parámetros de la volatilidad estocástica del tipo de cambio peso-dólar: Enero 5, 1999-Abril 30, 2012**

$\mu\chi(m)$	8.31262E-05
$\Sigma\gamma\mu\alpha$ bajo	0.004209665
$\Sigma\gamma\mu\alpha$ alto	0.012378949
$p$	0.821152195
$\pi\eta\iota(f)$	0.930619973

Fuente: elaboración propia con base en nuestras estimaciones

En el Cuadro 1 se muestran los valores estimados para la volatilidad estocástica del tipo de cambio peso-dólar, los cuales muestran que la probabilidad de que la volatilidad se encuentre en el estado o régimen de baja volatilidad es relativamente alta, superior al 0.82 inclusive. Por su parte, la persistencia de la volatilidad es un poco más elevada que la reportada por López *et al.* (2011) pero es comparable con la encontrada por Arranz e Iglesias (2005). No obstante, es conveniente tomar en cuenta que tanto el valor de la probabilidad del régimen de baja volatilidad como del parámetro de persistencia son mayores que los reportados por Taylor (1999).

<http://congreso.investiga.fca.unam.mx>

[informacongreso@fca.unam.mx](mailto:informacongreso@fca.unam.mx)

Teléfonos

52 (55) 5622.84.90

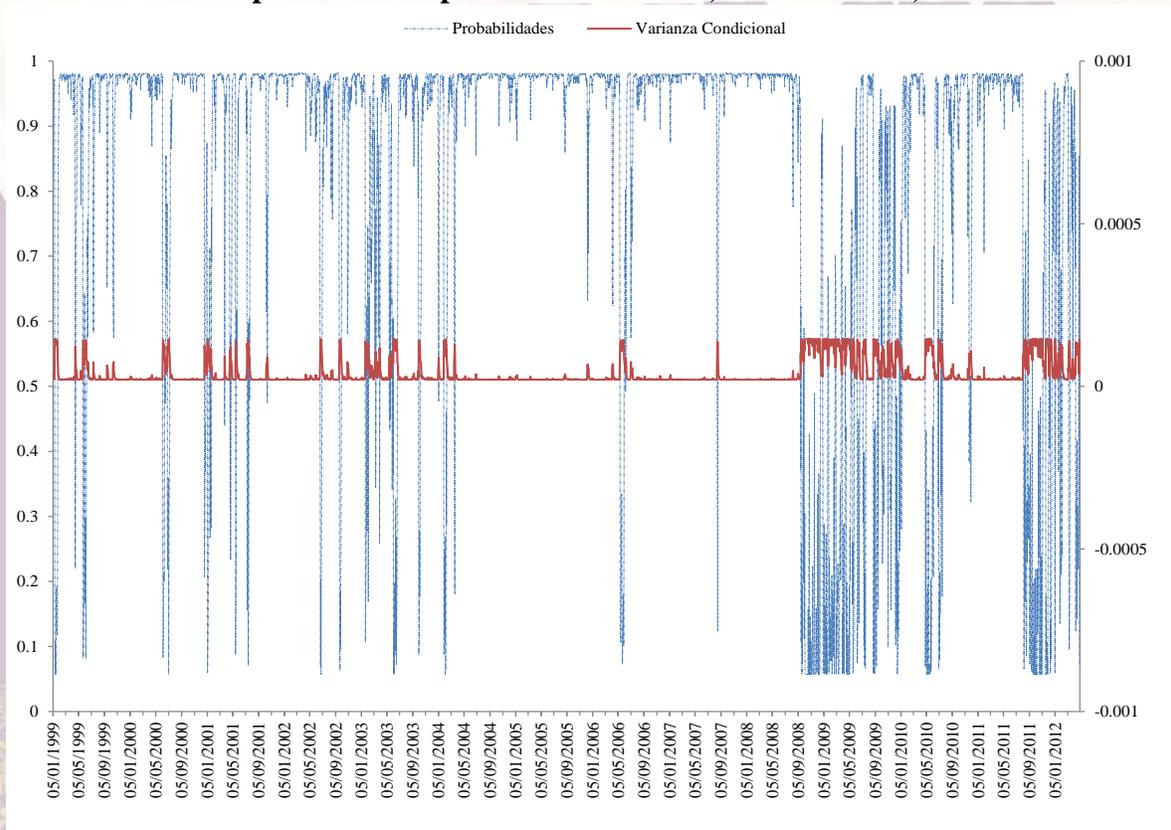
52 (55) 5622.84.80

Fax

52 (55) 5616.03.08

**Figura 3. Probabilidades condicionales y varianza condicional**

## del tipo de cambio peso-dólar: Enero 5, 1999-Abril 30, 2012



*Fuente: elaboración propia con base en nuestras estimaciones*

En la Figura 3 se pueden observar las probabilidades condicionales del régimen de probabilidad y las volatilidades, también condicionales, del tipo de cambio. A simple vista destaca el hecho de que la volatilidad tiende a agruparse formando los famosos *clusters* de volatilidad. También se puede observar en la gráfica de referencia que durante la crisis financiera de los mercados globales, asociada con la crisis de la deuda *subprime* en los Estados Unidos, se observó la predominancia del régimen de alta volatilidad, al igual que en la parte final del horizonte de estudio (tercer cuatrimestre de 2011 a abril de 2012).

### **Pronóstico de la volatilidad del tipo de cambio peso-dólar**

Para obtener los pronósticos de la volatilidad del tipo de cambio peso-dólar dentro de la muestra se estimaron las dos especificaciones (errores con distribución normal y errores con distribución *t* de Student) incluyendo a la tasa de depreciación rezagada un periodo en la ecuación de la media; es decir, se estimaron las dos especificaciones de la distribución de los errores para el modelo AR(1)-GARCH(1,1) cuyos resultados se muestran en el Cuadro 2. En ambos casos, las estimaciones se llevaron a cabo utilizando la matriz robusta de Bollerslev y Wooldridge (1992).

<http://congreso.investiga.fca.unam.mx>

[informacongreso@fca.unam.mx](mailto:informacongreso@fca.unam.mx)

Teléfonos

52 (55) 5622.84.90

52 (55) 5622.84.80

Fax

52 (55) 5616.03.08

### **Cuadro 2. Modelos estimados del tipo de cambio peso-dólar con volatilidad**

### cambiante tipo GARCH: Enero 5, 1999-Marzo 30, 2012

	AR(1)-GARCH(1,1), normal		AR(1)-GARCH(1,1), <i>t</i> de Student	
	Coeficiente	<i>t</i>	Coeficiente	<i>t</i>
$\mu$			-0.000192	-2.366
$y_{t-1}$	0.057583	3.023	0.041909	2.288
$\omega \times 10^6$	0.708283	6.606	0.812445	4.765
$\alpha$	0.114654	15.09	0.116866	8.869
$\beta$	0.866907	99.97	0.860282	60.27
<i>g.l.</i>			8.599892	8.247

Fuente: elaboración propia con base nuestras estimaciones<sup>1</sup>

Debido a que al estimar la especificación del modelo GARCH con errores normales se encontró que no era significativo el término constante en la ecuación de la media, se decidió retirarlo y volver a estimar la ecuación. Como puede verse, todos los parámetros son significativos, particularmente en el caso de la especificación con errores que se distribuyen bajo la normal. Los valores estimados son muy semejantes en ambas estimaciones, especialmente los de los efectos ARCH y GARCH. Destaca a simple vista que la persistencia que sugieren los modelos estimados es mucho más alta (aproximadamente 0.98) que la mostrada por la volatilidad que sigue el proceso de cambios de régimen markovianos con dos estados de volatilidad (alta y baja). A continuación se presentan los resultados del análisis de los pronósticos de la volatilidad cambiaria efectuados mediante las dos especificaciones del modelo GARCH.

Con el objetivo de evaluar la capacidad predictiva de ambos modelos se realizaron pronósticos dentro de la muestra y fuera de la muestra, utilizando como criterios de evaluación las medidas convencionalmente utilizadas, a saber: el error cuadrático medio (*ecm*), la raíz cuadrada del error cuadrático medio (*recm*), el error absoluto medio (*eam*) y el sesgo.

**Cuadro 3. Evaluación de los pronósticos de la volatilidad cambiaria peso-dólar dentro de la muestra Enero 5, 1999-Marzo 30, 2012**

Distribución	EVALUACION	
	<i>normal</i>	<i>t</i>
<i>ecm</i>	0.000000000009	0.000000236945
<i>recm</i>	0.000003007567	0.000486769808
<i>eam</i>	0.000000974952	0.000018955627
<i>sesgo</i>	0.000000541112	0.000000236945

Fuente: elaboración propia con base nuestras estimaciones

En el Cuadro 3 se muestran los resultados de la evaluación a los 3330 pronósticos de la volatilidad cambiaria peso-dólar que se llevaron a cabo dentro de la muestra. De acuerdo con las magnitudes (cuadrática y absoluta) de los errores que tuvieron los pronósticos se puede decir que la especificación del modelo GARCH con errores normales supera, de manera por demás ostensible, a la especificación del mismo modelo en la cual se supone que los errores siguen una distribución probabilística del tipo  $t$  de Student.

Sin embargo, la ventaja que exhibe el modelo GARCH con errores normales para pronosticar la volatilidad cambiaria dentro de la muestra no es una ventaja absoluta. Al considerar el sesgo del pronóstico, es decir, la tendencia sistemática a sobreestimar (o subestimar) la volatilidad del tipo de cambio peso-dólar, se puede ver que la especificación del modelo GARCH con distribución  $t$  en sus errores tiene una tendencia menor a sobreestimar el valor de la volatilidad proporcionado por el punto de referencia o *benchmark*. De hecho, como se observa a simple vista, el sesgo de los pronósticos con la especificación del modelo GARCH con errores normales es más del doble que el sesgo de la especificación con errores  $t$ .

Una vez llevada a cabo la evaluación de la capacidad predictiva de ambas especificaciones dentro de la muestra, se procedió a llevar a cabo la evaluación con pronósticos fuera de la muestra, condicionados estos pronósticos a los valores estimados de los parámetros en las especificaciones del Cuadro 2. El horizonte de pronóstico fuera de la muestra consiste en la muestra de datos que va desde el primer día hasta los 21 días de abril de 2012 para los cuales el Banco de la Reserva Federal en San Luis cuenta con información públicamente disponible.

En el Cuadro 4 se presentan los 21 pronósticos proporcionados por ambas especificaciones, así como los valores del proceso de la volatilidad cambiaria peso-dólar con cambios markovianos (MS-2) que sirve como punto de referencia.

**Cuadro 4. Valores de la volatilidad cambiaria peso-dólar pronosticados fuera de la muestra por las especificaciones del modelo GARCH vs la volatilidad estocástica con cambios markosvianos de regímenes: Abril 2, 2012-Abril 30, 2012**

<i>Horizonte</i>	<i>GARCH</i>		<i>Volatilidad estocástica</i>
	<i>Normal</i>	<i>t</i>	<i>MS-2</i>
1 día	0.000036070	0.000035620	0.000041247
2 días	0.000036110	0.000035620	0.000032374
3 días	0.000036160	0.000035620	0.000025001
4 días	0.000036200	0.000035620	0.000030157
5 días	0.000036240	0.000035620	0.000023594
6 días	0.000036280	0.000035610	0.000061031
7 días	0.000036320	0.000035610	0.000036787
8 días	0.000036360	0.000035610	0.000136383
9 días	0.000036390	0.000035610	0.000110048

10 días	0.000036430	0.000035610	0.000112130
11 días	0.000036470	0.000035610	0.000104441
12 días	0.000036500	0.000035610	0.000096679
13 días	0.000036540	0.000035610	0.000133916
14 días	0.000036570	0.000035600	0.000110562
15 días	0.000036610	0.000035600	0.000115189
16 días	0.000036640	0.000035600	0.000123569
17 días	0.000036670	0.000035600	0.000116052
18 días	0.000036710	0.000035600	0.000091251
19 días	0.000036740	0.000035600	0.000056266
20 días	0.000036770	0.000035600	0.000037418
21 días	0.000036800	0.000035600	0.000143366

*Fuente: elaboración propia con base nuestras estimaciones*

En el Cuadro 5 se muestran los resultados de la evaluación de las dos especificaciones GARCH para pronosticar fuera de la muestra del periodo  $k$ ,  $k = 1, 2, \dots, 21$ . En contraste con lo observado en la evaluación de los pronósticos dentro de la muestra, ahora la ventaja del modelo GARCH bajo el supuesto de errores normales es menos clara aún. Como se observa en el cuadro antes señalado, los resultados de la evaluación hacen que sean prácticamente indistinguibles ambas especificaciones del modelo GARCH; en especial cuando se toma en cuenta el error cuadrático medio, o la raíz cuadrada de éste, como el criterio para evaluar el desempeño. De hecho, la ventaja de la especificación con errores normales es únicamente marginal. No obstante, es conveniente señalar que ahora el sesgo del modelo GARCH con la especificación de errores normales es menor que la de la especificación alternativa aunque en ambos casos se observa ahora que la tendencia es negativa; es decir, en ambas especificaciones hay una subestimación de la volatilidad cambiaria que proporciona el punto de referencia.

**Cuadro 5. Evaluación de los pronósticos de la volatilidad cambiaria peso-dólar fuera de la muestra  
Abril 2, 2012-Abril 30, 2012**

	<i>DISTRIBUCIÓN DE ERRORES GARCH</i>	
	<i>Normal</i>	<i>t</i>
<i>ecm</i>	0.0000000038	0.0000000039
<i>recm</i>	0.0000624750	0.0000624750
<i>eam</i>	0.0000494786	0.0000501139
<i>sesgo</i>	-0.0000462801	-0.0000471278

*Fuente: elaboración propia con base nuestras estimaciones*

<http://congreso.investiga.fca.unam.mx>

[informacongreso@fca.unam.mx](mailto:informacongreso@fca.unam.mx)

Teléfonos

52 (55) 5622.84.90

52 (55) 5622.84.80

Fax

52 (55) 5616.03.08

## Conclusiones

En este trabajo se presenta la evaluación de la capacidad que tienen dos especificaciones del modelo GARCH para pronosticar la volatilidad del tipo de cambio entre el peso mexicano y el dólar de los Estados Unidos. En una de las especificaciones que se emplearon para modelar y pronosticar la volatilidad cambiaria se consideró una distribución probabilística normal para los errores del modelo; en tanto que para la otra especificación se tomó en cuenta una distribución  $t$  para los errores. El punto de referencia fue un proceso estocástico de la volatilidad cambiaria, según el cual ésta varía en el tiempo conforme a una cadena de Markov con dos estados: volatilidad baja y volatilidad alta.

Como se mostró en este trabajo, la evaluación del desempeño de ambos modelos para pronosticar dentro de la muestra muestra una ventaja muy amplia y clara del modelo con la especificación normal de errores, aunque también esa especificación mostró un sesgo mayor en relación con la especificación rival. Sin embargo, en el caso de los pronósticos fuera de la muestra, ambos modelos presentan un desempeño muy semejante en todas las medidas que se usaron para la evaluación, favoreciendo sólo de forma marginal a la especificación con errores normales.

La evaluación de los pronósticos de la volatilidad de la paridad cambiaria peso-dólar dentro de la muestra sugiere que una especificación sencilla, como la del GARCH en el que los errores siguen una distribución normal, puede ser lo suficientemente adecuada para modelar el proceso de esa volatilidad. Por otra parte, la gran semejanza que ambas especificaciones muestran en su desempeño para pronosticar fuera de la muestra, sugiere que el uso de una especificación en la cual la distribución de los errores es una  $t$  de Student permite capturar casi la misma proporción de las características esenciales del proceso de la volatilidad que son capturadas en la especificación suponiendo que los errores siguen una distribución normal de probabilidades.

Dado que se han evaluado sólo dos especificaciones de los errores del modelo GARCH (1,1), no es posible afirmar que el supuesto de errores normales es la mejor especificación para pronosticar eficientemente la volatilidad cambiaria. Lo que sí se puede decir, es que esa especificación podría ser lo suficientemente adecuada para utilizarse para los propósitos de la administración del riesgo cambiario, al menos lo suficiente como para competir con otras posibles especificaciones de la distribución de errores del modelo GARCH.

Debido a la gran facilidad con la que actualmente se cuenta para utilizar ese modelo, los resultados de la evaluación que se han mostrado en páginas previas ofrecen hasta cierto punto un apoyo a su uso intensivo. Sin embargo, a menos que dicho uso se justifique de manera más contundente, queda abierta la posibilidad de que los administradores de riesgos que los utilicen queden expuestos al riesgo de modelo. Naturalmente, esta posibilidad abre una ruta para proseguir en la investigación sobre cuáles son las técnicas y modelos para pronosticar la volatilidad del tipo de cambio peso-dólar. En particular, se puede plantear como punto de partida que deben considerarse otros modelos de la familia GARCH, así como otras especificaciones de la distribución probabilística de los errores. Además, se deben explorar y evaluar otras técnicas de estimación y pronóstico de la volatilidad cambiaria.

52 (55) 5622.84.90

52 (55) 5622.84.80

Fax 52 (55) 5616.03.08

## Referencias

- Arranz, M. y E.M. Iglesias. (2005). Análisis de los tipos de cambio en la economía mexicana y comparación con otros países: un enfoque de volatilidad estocástica. *Investigación Económica* LXIV (253): 159-169.
- Baillie, R. T., T. Bollerslev y H. O. Mikkelsen. (1996). Fractionally integrated generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics* 74: 3-30.
- Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics* 31: 307-327.
- Bollerslev, T. y J. M. Wooldridge (1992). Quasi maximum likelihood estimation and inference in dynamic models with time varying covariances. *Econometric Reviews* 11: 143-172.
- Doornik, J. A. (2002). *Object-oriented matrix programming using Ox*. London: Timberlake Consultants Press and Oxford.
- Doornik, J. A. y M. Ooms. (2003). Computational aspects of maximum likelihood estimation of autoregressive fractionally integrated moving average models. *Computational Statistics and Data Analysis* 41: 333-348.
- Engel, C. y J. D. Hamilton. (1990) Long swings in the dollar: Are they in the data and do markets know it? *American Economic Review* 80 : 689-713.
- Hamilton, J. D. (1988). Rational-expectations econometric analysis of changes in regime: an investigation of the term structure of interest rates. *Journal of Economic Dynamics and Control* 12: 385-423.
- Hamilton, J. D. (1989). A new approach to the economic analysis of nonstationary time series and the business cycle. *Econometrica* 57: 357-384.
- Hsieh, D. (1989). Testing for Nonlinearity in Daily Foreign Exchange Rate Changes. *Journal of Business* 62: 339-368.
- Laurent, S., y J. P. Peters (2002). G@RCH 2.2 : An Ox Package for Estimating and Forecasting Various ARCH Models. *Journal of Economic Surveys* 16: 447-485.
- Longmore, R. y W. Robinson. (2004). Modelling and forecasting exchange rate dynamics: an application of asymmetric volatility models. *Working Paper WP2004/03*, Research Services Department, Bank of Jamaica.
- López-Herrera, F.; D. Rodríguez-Benavides y F. Ortiz-Arango (2011). Volatilidad estocástica del tipo de cambio peso-dólar: el régimen flotante en México. *Investigación Económica* 70 (276): 19-50.
- Olowe, R. A. (2009). Modelling naira/dollar exchange rate volatility: application of Garch and asymmetric models. *International Review of Business Research Papers* 5 (3): 377-398.
- Sengupta, J. K., y Sfeir, R. E. (1996). Modelling exchange rate volatility. *Working paper*, Department of Economics, University of California en Santa Barbara y School of Business, Chapman University, Orange.

<http://economia.unam.mx>  
[informacongreso@fca.unam.mx](mailto:informacongreso@fca.unam.mx)

Teléfonos

52 (55) 5622.84.90

52 (55) 5622.84.80

Fax

52 (55) 5616.03.08

Siddiqui, M. A. (2009). Modelling pak rupee volatility against five major currencies in the perspective of different exchange rate regimes. *European Journal of Economics, Finance and Administrative Sciences* 17: 81-96.

Taylor, S. J.(1999). Markov processes and the distribution of volatility: a comparison of discrete and continuous specifications. *Philosophical Transactions: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 357 (1758): 2059-2070.

Tse, Y. K. (1998). The conditional heteroscedasticity of the yen-dollar exchange rate. *Journal of Applied Econometrics* 13 (1): 49-55.

# XVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE CONTADURÍA ADMINISTRACIÓN E INFORMÁTICA



Octubre 3, 4 y 5 de 2012  
Ciudad Universitaria  
México, D.F.

<http://congreso.investiga.fca.unam.mx>  
[informacongreso@fca.unam.mx](mailto:informacongreso@fca.unam.mx)

Teléfonos

52 (55) 5622.84.90  
52 (55) 5622.84.80

Fax 52 (55) 5616.03.08



**ANFECA**  
Asociación Nacional de Facultades y  
Escuelas de Contaduría y Administración

División de Investigación, Facultad de Contaduría y Administración, UNAM  
Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, México, D.F., C.P. 04510