

Revista Mexicana de Economía y Finanzas, Vol. 8, No. 1, (2013), pp. 53-74 53

EFICIENCIA EN EL MERCADO ACCIONARIO: NUEVA EVIDENCIA PARA EL CASO MEXICANO

Rodrigo Cabrero*

Banorte

Rodolfo Cermeño

Centro de Investigación y Docencia Económicas, División de Economía

Fausto Hernández Trillo

Centro de Investigación y Docencia Económicas, División de Economía

(Recibido 10 de diciembre 2012, aceptado 14 de febrero de 2013)

Resumen

En este artículo se utiliza el método de bootstrap para evaluar la eficiencia del mercado cambiario en México durante el periodo 1997-2011. Si bien esta metodología no es nueva, hasta donde se conoce no ha sido todavía aplicada al caso mexicano. Esencialmente, a partir de los cambios diarios observados de precios se generan series aleatorias de precios a fin de obtener la distribución empírica de los beneficios obtenidos bajo dos conocidas reglas técnicas de operación bursátil: las reglas de filtro y media móvil. Posteriormente se determina si, para cada regla técnica, los beneficios obtenidos con las series realmente observadas pertenecen, con un nivel de confianza dado, a la distribución empírica, en cuyo caso el comportamiento observado del mercado será consistente con la hipótesis de eficiencia. Los resultados obtenidos con esta metodología sugieren que no hay evidencia que permita rechazar la hipótesis de eficiencia del mercado cambiario mexicano durante este periodo.

Abstract

This article uses bootstrap techniques to determine whether the exchange market in Mexico, during the period 1997-2011, is efficient or not. To the best of our knowledge, although this methodology is not new, it has not yet been applied to the case of Mexico. Based on the daily changes of observed exchange rates random sequences of prices are generated to obtain the empirical distribution of returns under two well known trading rules: filter and moving average. Further, we determine if, for each trading rule, the returns obtained with the series of prices actually observed belong to the corresponding empirical distribution, in which case the foreign exchange market will be consistent with the efficiency hypothesis. Our results suggest that there is no evidence to reject the efficiency hypothesis in the foreign exchange Mexican market for the period considered in this study.

Clasificación JEL: : C15, G14, G15

Palabras clave: Eficiencia de mercado, Tipo de cambio diario peso-dólar, Método de bootstrap.

* Centro de Investigación y Docencia Económicas. División de Economía. Carretera México- Toluca 3655 Col. Lomas de Santa Fe C. P. 01210 México, D.F. Tel. 5727-98-39
Correo electrónico:fausto.hernandez@cide.edu

1. Introducción

La hipótesis de eficiencia en el mercado del tipo de cambio ha sido estudiada ampliamente en la literatura desde Fama (1984, 1991). Las implicaciones que tiene dicha hipótesis son importantes debido a que son las propias oportunidades de ganancia del mercado cambiario las que motivan a los inversionistas a participar en él para tomar ventaja de la sobre o sub-valoración cambiaria lo que, a su vez, provoca el movimiento de los precios. En otras palabras, los inversionistas buscan tomar ventaja de desviaciones de precios de las monedas y su participación provoca, en principio, que el mercado sea eficiente y refleje su verdadero valor.

Ahora bien, la información que ocurre en los mercados es incierta pudiendo ser favorable o desfavorable a las expectativas de los inversionistas; de tal forma que los cambios en los precios en un mercado eficiente deben también resultar inciertos, fenómeno conocido como caminata aleatoria. Por esta razón, los inversionistas no pueden obtener rendimientos ajustados de alto riesgo en un mercado eficiente, donde el precio refleja el valor intrínseco. Dicho de otra manera, los inversionistas no deben tener posibilidades de obtener ganancias extraordinarias si los mercados son eficientes.

Esta premisa ha estado sujeta a intenso debate y se han realizado un buen número de pruebas para verificar su validez en cualquier grado. Inicialmente se realizaban pruebas de eficiencia para un grado fuerte; Hakio (1981) y Fama (1984) realizaron una batería de pruebas para distintas monedas con respecto al dólar americano utilizando regresiones estimadas por el método de mínimos cuadrados y rechazaron la hipótesis de eficiencia.

Posteriormente, Domowitz y Hakio (1985) así como Hodrick y Srivastava (1986) rechazan la hipótesis de eficiencia utilizando metodologías más sofisticadas, también para el caso de países desarrollados. Desde entonces se han refinado las explicaciones del rechazo de las hipótesis: la medición incorrecta de las reglas técnicas de operación bursátil, la existencia de primas de riesgo en los contratos adelantados (forward rates), irregularidades en las pruebas existentes utilizando el estimador de mínimos cuadrados, correlación negativa entre las expectativas de tipo de cambio futuro y la prima de riesgo de los contratos adelantados y, por supuesto, el uso inadecuado de las técnicas econométricas.

A partir de allí se introducen nuevas técnicas, sobre todo para probar la hipótesis en su forma semi-fuerte, a saber, el método por cointegración. El argumento se basa en que si dos monedas se encuentran cointegradas entonces se puede predecir el comportamiento de ellas, lo que contradice la hipótesis. Baillie y Bollerslev (1989) ejecutan una prueba multivariada de cointegración para siete monedas contra el dólar, con información diaria. Su estudio confirma la presencia de cointegración entre las monedas y con ello rechazan la hipótesis de eficiencia. En la misma dirección se encuentran Hakkio y Rush (1989), MacDonald y Taylor (1989) y Diebold *et al.* (1994) quienes también encuentran evidencia de cointegración.

Otros autores, por el contrario, han encontrado que la hipótesis de eficiencia no puede ser rechazada. Crowder (1994 y 1996) y Engel (1996) sostienen que la estacionaridad de la prima de los contratos adelantados (forward Premium) es crucial para la prueba de esta hipótesis; es decir, que no

hay una conexión entre la cointegración cambiaria y la ausencia de eficiencia en el mercado de las divisas, siempre y cuando la prima sea estacionaria. En otras palabras, la existencia de una prima cambiaria adelantada en los mercados que varíe en el tiempo pero con covarianza estacionaria puede de hecho explicar la predictibilidad encontrada en el mercado de divisas. Lo que es más, estos autores muestran que la estacionariedad de la prima de riesgo es contingente de la estacionariedad de la prima cambiaria adelantada (forward premium, PCA de aquí en adelante).

Por ello, la estacionariedad de la PCA es crucial en las pruebas de eficiencia. Evans y Lewis (1995) y Mark *et al.* (1993) encuentran que la prima cambiaria adelantada es no-estacionaria. Sin embargo, estos resultados son sorprendidos pues se ha mostrado que la PCA está muy correlacionada con el riesgo, por lo que es difícil observar razones teóricas para una prima de riesgo no-estacionaria.

Por su parte, Levin y Lin (1992) argumentan que toda esta literatura arroja conclusiones con base en pruebas de raíces unitarias, sobre ecuaciones individuales convencionales. A cambio, proponen la ejecución simultánea de pruebas de raíces unitarias sobre un conjunto de series de datos de corte transversal, en lugar de hacerlo por separado, lo que mejoraría considerablemente el poder estadístico de la prueba. En la misma línea de argumentación Im *et al.* (1995) desarrollan una alternativa a Levin y Lin basado en un enfoque de grupo de medias para probar raíces unitarias en datos panel. En adición, muestran que su estadístico de prueba *T-barra* logró más poder estadístico y mayor precisión.

Wu y Chen (1998) retoman la metodología de Im *et al.* (1995) y se concentran en las hipótesis de raíces unitarias de la PCA a través de pruebas panel. Más aún, examinan la estacionariedad de los diferenciales de interés entre las 9 economías OCDE que estudian; esto debido a si la PCA es estacionaria, implicaría que también lo es el diferencial de tasas si es que la paridad de interés cubierta es válida. Sus resultados son consistentes con la hipótesis de eficiencia del mercado.

Dooley y Schafer (1983), Sweeney (1986), LeBaron (1999), Gencay (1999) y Neely *et al.* (1997) muestran, para monedas de países avanzados con respecto al dólar americano, que las reglas de promedios móviles arrojan ganancias extraordinarias, aún después de considerar los costos de transacción.

Ajayi y Karemera (1996) utilizan pruebas de cocientes de varianzas para probar la hipótesis de caminata aleatoria para los países de la cuenca del pacífico y sugieren que el modelo de caminata aleatoria, en general, no es consistente con la dinámica que sigue diariamente el tipo de cambio lo que sugiere predictibilidad de corto plazo.

Un trabajo interesante es el de Neely y Weller (2003) quienes utilizan información intra-día para el marco alemán (antes de la introducción del euro), el yen japonés, la libra esterlina y el franco suizo, sin encontrar evidencia de rendimientos en exceso a las reglas de operación bursátil diaria. Belaire-Franch y Opong (2005) aprovechan la introducción del euro y presentan evidencia que es consistente con la caminata aleatoria, pero se enfocan en comportamiento de 30 días por lo que el resultado es de corto plazo. Gradojevic (2007) propone una metodología alterna, de redes neuronales, para el dólar canadiense y encuentra que consistentemente este modelo arroja exceso de rendimientos después de

ajustar por costos de transacción, lo que sugiere rechazo de la hipótesis de eficiencia.

La literatura para países no desarrollados es también abundante aunque menos refinada en los métodos estadísticos. Jeon y Seo (2003) investigan monedas para Corea del Sur, Tailandia, Malasia y Singapur -los cuatro tigres- utilizando una metodología de cointegración para el periodo 1996-2001; concluyendo que sus resultados son consistentes con la hipótesis de eficiencia, excepto para el periodo de la crisis del 1997. Sin embargo, con la misma metodología, Oh *et al* (2007), utilizando 17 países en desarrollo y avanzados (base de datos *Financial Times*), concluyen lo contrario para países en desarrollo mientras que para los países avanzados apoyan la hipótesis de eficiencia.

Para Asia, hay una serie de artículos reseñados en Chaudhry y Javid (2012) con resultados mixtos dependiendo de si la prueba es en su forma fuerte, semi-fuerte o débil, la metodología empleada, el periodo y hasta la muestra de países. Ellos mismos concluyen para Pakistán, India, Bangladesh y Sri Lanka que la forma débil (usando raíces unitarias) es válida mientras que la forma semi-fuerte (con cointegración) rechaza la hipótesis de mercado.¹ Ming-Ming y Siok-Hwa (2006) con metodología de caminata aleatoria encuentran que es posible predecir las monedas de China, Tailandia, Taiwán, Malasia, Singapur, Indonesia, Hong-Kong y Corea del Sur. Chakrabarti (2005) rechaza la hipótesis de eficiencia para la India. Finalmente, Hideki (2006) encuentra eficiencia débil para el Renmimbi.

Para el caso de América Latina se encuentra una serie corta de artículos. En general, los países de la región están incluidos en grupos más amplios de países y, en el mejor de los casos, las pruebas se realizan por región. Lee et al. (2001) estudia a los países que integran nuestra región para el periodo 1992-1999. Lo curioso es que para varios países en dicho periodo la tasa de tipo de cambio era fija, lo cual invalida las pruebas. Mollick (1999) estudia también Brasil. Tabak y Lima (2009) rechazan la hipótesis de eficiencia para este país. Dragota y Mitrica (2004), aunque estudian el caso de Rumanía, presentan también una revisión de la literatura para América Latina.

Por su parte, Bekaert y Hodrick (1993) incluyen a la región de América Latina en una muestra más grande y sus resultados rechazan la hipótesis de eficiencia. Para el caso de Colombia, Echavarría, Vásquez y Villamizar (2008) también rechazan esta hipótesis. Para el caso mexicano existe reducida literatura. Galindo y Sancines (2004) con un modelo de cointegración encuentran que el mercado no es eficiente en el caso de México.²

Más recientemente se ha mostrado que diferentes pruebas utilizadas muestran distorsiones importantes. Para evitarles es necesario implementar una metodología de *bootstrap*. Tabak y Lima (2009) muestran que el *bootstrap* tiene mejores propiedades que las pruebas basadas en los cocientes de varianzas múltiples.

¹ Ver Ahmed, Asharaf y Ahmed (2005) para detalles metodológicos en estos países.

² Existe una serie de tesis a nivel licenciatura cuyos métodos son convencionales y no arrojan luz, por lo que no se reseñan aquí. Werner (1997) estudia la volatilidad del peso contra el dólar sugiriendo que hay eficiencia. Pero no hay una prueba formal.

Olmo y Pilbeam (2011) muestran que el enfoque de la paridad de interés cubierta (PIC) puede ser engañoso por la existencia de volatilidad excesiva entre el cambio en el logaritmo del tipo de cambio y la prima adelantada, además de la presencia de heteroscedasticidad condicional en los datos. Estas diferencias producen incertidumbre en los parámetros estimados. Para probarlo sugieren el uso de *bootstrap* que a su vez permite mostrar que las pruebas que rechazan la PIC pueden ser espurias.

Levich y Thomas (1993), utilizaron también el método de *bootstrap* para distintas monedas contra el USD pero principalmente eran monedas de economías avanzadas como la Libra Esterlina, el Franco francés y el Marco alemán por mencionar algunas. Así, utilizan el método de *bootstrap* que a diferencia de la estadística clásica, no asume absolutamente nada sobre la función de distribución, ya que ésta se genera de manera empírica mediante el re-muestreo de las series observadas.

En el presente artículo se utiliza el método de *bootstrap* para estudiar la eficiencia del mercado cambiario en México durante el periodo 1997-2011, el cual puede ser caracterizado como de tipo de cambio flexible y, por tanto, constituye un escenario propicio para evaluar la hipótesis de eficiencia. Como se detallará más adelante, esencialmente a partir de la serie observada de cambios en la cotización del peso (con respecto al dólar), y partiendo del tipo de cambio observado en el periodo inicial de la muestra, se simulan aleatoriamente diferentes secuencias de precios y, para cada secuencia, se aplican dos conocidas reglas de operación bursátil a fin de determinar la distribución de los rendimientos la cual servirá para contrastar si los rendimientos obtenidos con la serie de precios observados y aplicando las mismas reglas de operación bursátil, pertenecen, con un nivel de confianza dado, a dicha distribución, lo cual será tomado como evidencia de que este mercado es eficiente. En caso contrario, el mercado no será eficiente, y será más bien compatible con un contexto en el cual la cotización ha sido, en cierta medida, predecible, permitiendo la obtención de ganancias extraordinarias.

La contribución del presente artículo radica primero en que aquella metodología es utilizada por primera vez para estudiar la eficiencia de este mercado en México; segundo, que incluye el periodo de la crisis internacional por la que se atravesó en 2008-09; y, finalmente, rellena un vacío en la literatura para generar discusión sobre el tema, dada la escasez de literatura para el caso mexicano.

Los resultados del presente estudio sugieren, de acuerdo a la metodología utilizada, que no hay evidencia que permita rechazar la hipótesis de que el mercado es eficiente. En ningún caso, se obtuvieron ganancias que pudieran ser consideradas como extra normales o que cayeran fuera del intervalo de confianza del 90% de la distribución empírica de los beneficios, calculada por el método de *bootstrap*.

El resto del artículo se estructura de la siguiente manera. En la sección 2 se describe la metodología empírica utilizada en esta investigación. En la sección 3 se presentan y discuten los resultados obtenidos. Finalmente, en la sección 4 se presentan las principales conclusiones.

2. Metodología Empírica

En esta sección se presenta una breve descripción del método de bootstrap. Posteriormente se detallan los diferentes aspectos de la metodología empírica que se utilizará en el estudio.

2.1 El método de bootstrap

En las últimas décadas los métodos de simulación han cobrado gran importancia en econometría ya que permiten, entre otras cosas, evaluar el desempeño de estimadores o estadísticas de prueba en diferentes contextos, particularmente aquellos donde las muestras son finitas; y, en su caso, posibilitan mejorar la inferencia (vía corrección de sesgos u otras distorsiones) con los estimadores conocidos y/o proponer estimadores alternativos. Dos métodos de simulación populares son el de Monte Carlo y el de *bootstrap*. Esencialmente, en ambos casos se trata de obtener repetidamente muestras aleatorias a fin de aplicar los estimadores y/o estadísticas de prueba y poder obtener sus distribuciones de probabilidad específicas y contrastarlas con las distribuciones asintóticas disponibles. Esta metodología fue originalmente desarrollada por Efron (1979). Mucho de lo que se discute a continuación se basa en este autor.³

A diferencia del método de Monte Carlo donde repetidamente se obtienen muestras aleatorias a partir de una distribución establecida de antemano, el método de bootstrap consiste en obtener muestras aleatorias a partir de una muestra observada. Según Maddala (2001), a partir de una muestra observada $S = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_n\}$ se puede obtener una muestra aleatoria de tamaño n haciendo muestreo aleatorio con reemplazo. De esta forma, se obtendrá la muestra $B_j = \{Y_1^*, Y_2^*, \dots, Y_n^*\}$ donde cada Y_i^* es seleccionada aleatoriamente de la muestra original $\{Y_1, Y_2, \dots, Y_n\}$. El procedimiento anterior se repite un número m de veces, el cual debe ser suficientemente grande como para poder obtener la distribución empírica o de *bootstrap*. Para cada una de las series aleatorias $B_j (j = 1, 2, \dots, m)$ se obtiene el estimador (o estadística de prueba) $\hat{\theta}_j (j = 1, 2, \dots, m)$ y a partir de esta muestra de resultados se obtiene la distribución de *bootstrap*. En particular, se pueden calcular diferentes momentos de esta distribución así como intervalos de confianza los cuales pueden ser utilizados para contrastar hipótesis específicas.

Una característica importante del método de *bootstrap* es que no requiere asumir de antemano ninguna distribución y la generación de datos se basa en la muestra observada. Por construcción, este método no está tomando en cuenta nueva información que no sea la de la muestra original por lo que las propiedades de la distribución de *Bootstrap* van a ser las mismas que las de la muestra original.

2.2 Evaluación de eficiencia con el método de Bootstrap

Siguiendo a Levich y Thomas (1993), en el presente trabajo se busca evaluar si el mercado cambiario mexicano es eficiente considerando diferentes secuencias simuladas de precios a partir de los datos diarios observados y aplicando conocidas reglas de operación bursátil -filtro y media móvil- a partir de lo cual se obtiene, para cada regla, la distribución de *bootstrap* de los beneficios

³ Para autores que deseen incursionar en esta metodología se recomienda Efron y Tibshirani (1994).

obtenidos. Las mismas reglas son también aplicadas a la serie observada de precios y se obtiene el beneficio total correspondiente, el cual es contrastado con la distribución de *bootstrap* obtenida previamente. Si el rendimiento obtenido con la serie observada de precios sobrepasa el intervalo de 90% de confianza de la distribución de *bootstrap* se considera que los beneficios son sobre normales por lo que el comportamiento observado de precios no sería consistente con la hipótesis de mercados eficientes. De lo contrario, la hipótesis de eficiencia será validada.

La lógica que está detrás de la metodología propuesta es la siguiente. Si los agentes que participan en el mercado de divisas se hubiesen enfrentado a secuencias de precios aleatoriamente generadas, y por tanto no predecibles, los beneficios obtenidos en promedio no podrían ser significativamente mayores que los que obtuvieron cuando se enfrentaron a la secuencia de precios tal como sucedió en la realidad, en cuyo caso se tendrá evidencia de un mercado eficiente.

Por el contrario, si los beneficios obtenidos con la secuencia realmente observada de precios son significativamente mayores (específicamente, sobrepasan el intervalo de confianza de 90% de la distribución empírica correspondiente) a los obtenidos en promedio con las secuencias de precios simuladas aleatoriamente, entonces los agentes, en cierta medida, han podido predecir los precios y obtener mayores rendimientos. Dicho de otra manera, en este caso la secuencia realmente observada de precios no puede considerarse como una secuencia aleatoria y más bien contiene información valiosa que los agentes han explotado para obtener beneficios sobre normales. En este caso, el comportamiento del mercado cambiario no validará la hipótesis de mercados eficientes.

2.3 Diseño del experimento de Bootstrap

En primer lugar es necesario mencionar que en este estudio se utilizará la serie original del precio *futuro* del peso mexicano (MXN) valuado en dólares americanos (USD); es decir el tipo de cambio se mide por el cociente USD/MXN. De esta forma, se elimina la necesidad de tomar en cuenta las tasas de fondeo de las dos monedas dependiendo de si el inversionista está dentro o fuera del mercado. Como se sabe, en todo intercambio de monedas la medición del rendimiento de un periodo a otro, debe tomar en cuenta ambas monedas (la que se compra y la que se vende), por lo que es necesario considerar la tasa de interés que recibe la moneda con posición larga y el costo de fondeo (tasa de interés) de la moneda con posición corta.

La utilización de futuros, los cuales implícitamente toman en cuenta el diferencial de tasas de interés de ambas monedas, evita tener que utilizar las tasas de fondeo para obtener el rendimiento de un periodo a otro. De esta forma, el rendimiento entre los periodos t y $t+1$ simplemente puede ser calculado como el diferencial de los logaritmos naturales de los precios futuros correspondientes:

$$r_{t,t+1} = \ln(F_{t+1}/F_t) = \ln(F_{t+1}) - \ln(F_t) \quad (1)$$

Donde F_t es, en este caso, el precio futuro USD/MXN en el periodo t .

Las series simuladas de futuros se obtienen a partir de secuencias de rendimientos generadas por muestreo sin reemplazo utilizando la serie observada

de rendimientos. Específicamente, a partir de la serie observada que consta de $T + 1$ datos de futuros se genera la secuencia observada de T rendimientos:

$$S = \{r_2, r_3, \dots, r_{T+1}\} \quad (2)$$

A partir de (2) se generan aleatoriamente series de rendimiento mediante un proceso de muestreo sin reemplazo obteniendo la secuencia simulada de T rendimientos:

$$A_j = \{r_2^*, r_3^*, \dots, r_{T+1}^*\} \quad (3)$$

Como se podrá comprobar, es posible obtener $T!$ secuencias aleatorias diferentes. Sin embargo, en este estudio se considerarán solamente 10,000 secuencias simuladas $j = 1, 2, \dots, 10000$, número que se considera suficiente para construir las distribuciones de Bootstrap. Con cada una de las secuencias simuladas de rendimientos, como en (3), se procede a generar secuencias simuladas de $T + 1$ precios futuros partiendo del precio futuro observado en el periodo inicial de la muestra:

$$B_j = \{F_1, F_2^*, F_3^*, \dots, F_T^*, F_{T+1}\} \quad (4)$$

Donde $F_2^* = F_1 + r_2^*$, $F_3^* = F_2^* + r_3^*$ y así sucesivamente hasta obtener $F_{T+1} = F_T^* + r_{T+1}^*$. Es importante notar que, por construcción, todas las secuencias simuladas de precios futuros empiezan y terminan en los valores realmente observados. De esta forma, cada serie simulada representa un camino alternativo que pudo haber tomado el tipo de cambio futuro a través del tiempo, asegurando que en el último periodo se llegue al mismo nivel alcanzado por la serie original. Al reacomodar de manera aleatoria la serie de cambios en el precio, se asegura que las series simuladas de rendimientos tengan las mismas propiedades estadísticas que la serie original.⁴

Para cada serie simulada de precios, se procede a aplicar dos conocidas reglas de operación bursátil y se determina el beneficio total obtenido, medido como la suma de los rendimientos diarios. La primera es la *regla de filtro* y funciona para un determinado porcentaje de la siguiente manera: Si la moneda se aprecia x por ciento respecto al último nivel más bajo o fondo (considerando que ésta fue la última señal de venta y que, por tanto, se está fuera del mercado)

⁴ Debe remarcarse que el método de re-muestreo -sin reemplazo- utilizado en este trabajo, al basarse en la serie de cambios diarios del precio observado, asegura que, partiendo del valor inicial observado, se pueda obtener un valor final del precio exactamente igual al observado. De esta forma, las series aleatorias de precios producirán series de *cambios* en los precios con idéntica distribución estadística. En particular, la media, mediana, moda, varianza y cuantiles serán idénticos. Sin embargo, debe reconocerse que las propiedades de autocorrelación de las series de cambios serán diferentes a las de la serie original, debido al reordenamiento -en el tiempo- de los cambios generados mediante el *bootstrap*. Precisamente, esto es lo que permite poner a prueba la hipótesis de eficiencia puesto que se buscará construir la distribución empírica de los rendimientos -de las diferentes reglas de operación bursátil- generando diferentes secuencias aleatorias de precios, o diferentes "caminos" alternos que éstos pudieron haber seguido para poder contrastarlos con los rendimientos obtenidos con la serie de precios realmente observada.

entonces se tendrá una señal para realizar una compra del futuro y se tendrá una posición larga. Por el contrario, si la moneda se deprecia x por ciento, con respecto al último pico alcanzado (lo cual únicamente aplica al caso en que previamente se ha realizado la última compra o lo que es lo mismo, estar dentro del mercado) se tendrá una señal de venta, para tomar una posición corta en el mercado.

La segunda regla de operación de mercado, también muy popular, es la *regla de media móvil* que da señales de cuándo estar dentro o fuera del mercado. Esta técnica funciona comparando dos medias móviles, de la siguiente manera: cuando la media móvil más corta (la que toma menos días en cuenta) cruza a la media móvil más larga de *arriba hacia abajo* significa que el inversionista tiene que vender y tomar una posición corta en el mercado; por el contrario, si la media móvil más corta cruza a la más larga de *abajo hacia arriba* se considera como una señal de compra y el inversionista debe tomar una posición larga en el mercado. Generalmente mientras más larga es la media móvil más suave o menos pronunciados son sus movimientos, por lo que siempre va a ser el caso que la media móvil corta sea la que este cruzando a la larga.

Las dos reglas anteriores se van a utilizar para generar las señales de compra y venta. En el caso de la regla de filtro se utilizará filtros de tamaño $x=0.5\%, 1\%, 2\%, 3\%, 4\%, 5\%$, mientras que en el caso de la regla de media móvil se van a considerar los casos de los últimos 5 días contra la de los últimos 20 días ((5d)/20d), 1 día contra 5 días ((1d)/5d) y finalmente la que compara los últimos 20 días contra los últimos 200 días ((20d)/200d).

Estas reglas se han utilizado en la mayoría de las pruebas previamente realizadas. Lo normal es que mientras más pequeños sean los filtros, así como las amplitudes de las medias móviles, mayores serán los beneficios, ya que en estos casos es muy fácil salir y entrar al mercado, lo cual permite aprovechar mejor las oportunidades de mercado y, por consiguiente, obtener mayores beneficios; el número de transacciones en estos casos será mucho mayor que aquellos que consideran filtros mas grandes y/o mayores amplitudes de media móvil.

La distribución de Bootstrap del beneficio para cada una de las reglas de operación bursátil se construye a partir de los beneficios obtenidos con cada una de las 10,000 series simuladas de precios. En todos los casos se supondrá que inicialmente el inversionista está fuera del mercado y que entrará en cuanto reciba la primera señal de compra.

2.4 Contraste de la hipótesis de eficiencia

La evaluación de la hipótesis de eficiencia se realiza, para cada regla de operación, contrastando el beneficio obtenido con la serie observada de precios futuros con el intervalo de confianza de 90% de la distribución de Bootstrap correspondiente. Bajo la hipótesis nula, si no hay información o señales en el mercado de t a $t+1$ para $t = 1, 2, \dots, T+1$ que ayuden a generar rendimientos fuera de lo normal a través del tiempo entonces los rendimientos obtenidos sobre la serie original no deberían ser significativamente distintos o mayores a los rendimientos obtenidos con las series simuladas, representados por la distribución de Bootstrap.

Para probar la hipótesis nula, se genera el intervalo de confianza de 90% de la distribución empírica de los beneficios generados mediante el Bootstrap.

Para cada caso, los intervalos estarán dados por el valor 500 y el valor 9500 una vez que los 10,000 beneficios obtenidos han sido ordenados de menor a mayor. Si el beneficio que puede generarse con la serie original observada cae dentro del intervalo de 90% de la distribución de Bootstrap correspondiente se acepta la hipótesis nula de eficiencia. De lo contrario, se rechazará esta hipótesis con un nivel de significancia del 10%. De manera complementaria, se comparará el beneficio obtenido con la serie original con los quintiles de la distribución de Bootstrap para cada caso.

3. Resultados Empíricos

3.1 Datos

En este trabajo se consideran los precios futuros del tipo de cambio peso-dólar, los cuales fueron obtenidos de Bloomberg para el periodo que comprende desde finales de 1997 hasta el año 2011.⁵ Estos corresponden a las cotizaciones diarias y toman en cuenta las del contrato más corto o de menos duración, que tan solo es de tres meses. Por ejemplo, los futuros de enero a marzo reflejan el contrato de marzo, los precios futuros de marzo, abril y mayo reflejan el contrato de junio y así sucesivamente. Este criterio se considera adecuado puesto que mientras menor sea el número de días para el vencimiento de los contratos mejor van a reflejar los cambios. Sin embargo, cuando un contrato pasa de 100 días a 20, o se va acercando a su fecha de vencimiento, mostrará más variabilidad y será más sensible. Existe la posibilidad de que la varianza aumente cuando se acerca a la fecha de vencimiento y cuando pase la fecha de vencimiento caiga nuevamente, aunque realmente lo que mueve o afecta la volatilidad en el precio de los futuros es el cambio del tipo de cambio spot. (Samuelson, 1976).

3.2 Contexto histórico

Con el fin de contar con un marco de referencia que ayude a interpretar los resultados obtenidos en esta sección se presenta una breve descripción de los eventos más importantes para el mercado cambiario que ocurrieron a lo largo de este periodo. Como se sabe, en este periodo ocurrieron dos crisis financieras mayores que afectaron de manera importante el rendimiento de las reglas de operación bursátil, la primera a finales de siglo pasado (1998-2000) llamada la *dot-com bubble* y la segunda la *sub-prime crisis* a finales del 2007 y donde sus consecuencias siguen siendo visibles en los mercados y economías.

Durante la crisis de los *dot-com* los mercados sufrieron una fuerte caída, creada por la explosión de la burbuja creada por la fuerte expansión descontrolada de empresas conocidas como *dot-com*. Como consecuencia de la caída de los mercados internacionales el peso sufrió una depreciación considerable, ya que en épocas de crisis hay un *flight to quality* a mercados y monedas “seguras” como el mercado estadounidense y el Dólar, por lo que las monedas riesgosas como el peso mexicano pierden atractivo derivado de una desconfianza en los mercados y sistema financiero mundial. Posteriormente a la crisis, los años de recuperación vienen generalmente acompañados de una apreciación considerable, pero más constante que la depreciación, lo que afecta el rendimiento del Dólar contra el Peso, como vamos a observar en los años

⁵ Es importante mencionar que los futuros del tipo de cambio peso-dólar se empezaron a cotizar a finales de 1997.

posteriores a 1998. En esta crisis el peso pasó en 1998 de 8.04 a tocar el 10.38 y cerrar en casi 10 MXN/USD. Posteriormente en los años 1999, 2000 y 2001 se apreció a casi 9 MXN/USD. No fue hasta el 2002 que volvió paulatinamente a niveles de finales de 1998.

La segunda crisis, y la más significativa, la llamada *sub-prime* la primer gran crisis mundial del siglo XXI (Villagómez, 2011) creada por la explosión de la burbuja hipotecaria del mercado estadounidense. En un principio políticas laxas y créditos hipotecarios otorgados a todo tipo de personas incluidos los llamados *ninjas* por sus siglas en inglés (No Income, No Job or Assets) hicieron que el mercado de bienes raíces en Estados Unidos empezara a inflarse de manera desmedida. Las personas e intermediarios financieros vieron una oportunidad de negocio muy grande, por lo que se empezaron a apalancar quedando expuestos por completo.

Posteriormente, los bancos empezaron a comprar la bursatilización de estas hipotecas creando todo tipo de *securities* derivados de éstas, sin prever que la descontrolada inflación del sector inmobiliario y el apalancamiento no era sostenible para mucha gente. Sin embargo, cuando la burbuja explotó incluso los que podían pagar dejaron de hacerlo al ver que los bienes que compraron en un momento a cierto precio habían reducido su valor de manera abismal, dejando como consecuencia una oferta mucho más grande de lo que el mercado podía absorber. Posteriormente, los precios de las casas cayeron hasta 50% vulnerando a quienes estaban expuestos a estos *securities* que con el tiempo se empezaron a conocer comúnmente como “activos tóxicos”. Como consecuencia hubo una disminución muy significativa en la oferta de crédito a las personas, una falta de confianza por parte de éstas hacia los intermediarios financieros y la economía global; lo cual a, su vez, provocó una falta de liquidez en el mercado, llevando finalmente a una disminución drástica en el consumo para todos los sectores de la economía.

Además, en septiembre del 2008 Lehman Brothers se anuncia en bancarota, lo que lleva a un estancamiento total de préstamos interbancarios que a su vez se reflejó en una gran volatilidad en los mercados financieros. Por consiguiente, como se ha mencionado anteriormente, en época de crisis la desconfianza del sistema financiero global lleva a un *flight to quality* lo que hizo que el peso mexicano, como muchas monedas emergentes, se depreciara de manera importante. El Peso mexicano se depreció poco más de 50 % en cuestión de meses, pasando de su punto más bajo de los últimos años (9.85 MXN/USD), alcanzado el 4 de Agosto del 2008, a su pico más alto (15.56 MXN/USD) a principios de 2009. Posteriormente, como suele suceder durante los siguientes años de recuperación económica, el Peso ha tenido una fuerte apreciación, así como casi todas las monedas, frente al Dólar.

3.3 Principales resultados

En el primer panel de la Tabla 1, se puede observar el rendimiento que generaron las distintas reglas de filtro aplicadas sobre la serie de precios futuros original desde finales de 1997 hasta principios del 2011. Como podemos observar, en general, mientras más pequeña es la regla más sensible es la respuesta ante cambios en la tendencia de la moneda, debido a que con plazos cortos hay reacción a tiempo para prever los cambios del precio. Sin embargo, también existe la posibilidad que sea muy pequeña esta regla de tal manera que

cualquier movimiento obligue a realizar una venta o compra, como lo demuestra la Media Móvil de 1/5, tal como se muestra en el panel inferior de la Tabla 1, sin detectar realmente las tendencias hacia la apreciación o depreciación del Dólar frente al Peso mexicano.

Como se puede observar en la Tabla 1, las reglas que permitieron obtener los mayores beneficios fueron la de filtro de 0.5% y la de la media móvil de 5/20, donde se encontraron rendimientos totales superiores al 40%. Como se mencionó previamente, la regla de media móvil más pequeña, la de 1/5, no tuvo el mayor rendimiento posiblemente debido a su tamaño, ya que el movimiento de un día no necesariamente refleja una tendencia y puede ser ocasionado por algún choque externo, o actividades especulativas dentro del mercado, lo que vuelve complicado quedarse en una apreciación o salirse de una depreciación por completo ya que las señales de compra o venta van a darse todo el tiempo independientemente de la tendencia que sigan los fundamentales. A su vez, se observa que mientras más pequeña sea la regla más transacciones van a existir en el mercado. Por el momento se va a asumir que no hay costos de transacción.

En la Tabla 1 también se puede observar que mientras mayor sea el porcentaje o periodo de la regla, menos sensible es a los cambios, por lo que el número de transacciones es considerablemente menor y, por ende, se llega a observar incluso rendimientos negativos, como sucede con la regla MA de 20/200. El caso de la regla de filtro de 3% es un caso excepcional pero no es improbable.

Tabla 1. Rendimientos de las reglas de Filtro y Media Móvil: 1997-2011

Regla	Rendimiento Total	Rendimiento Anualizado	Desviación Estándar	Número de Transacciones
<u>FILTRO</u>				
0.5%	44.91	3.45	0.70	716
1.0%	24.42	1.88	0.70	356
2.0%	12.09	0.93	0.70	153
3.0%	-18.10	-1.39	0.70	89
4.0%	5.04	0.39	0.70	51
5.0%	3.42	0.26	0.70	37
<u>MEDIA MOVIL</u>				
1/5	29.46	2.27	0.69	890
5/20	43.59	3.35	0.69	196
20/200	-14.48	-1.11	0.68	39

Los rendimientos total y anualizado están expresados en porcentajes y fueron calculados sobre la serie observada de futuros

En las Tablas A-1 y A-2 que se muestran en el Apéndice, se presenta los rendimientos de las dos reglas de operación bursátil, para cada año lo cual permitirá analizar cómo, en épocas de crisis, caracterizadas por grandes devaluaciones, fue muy rentable mantenerse largo en USD y corto en MXN. Por el contrario, en años de fuerte apreciación del peso se observa rendimientos negativos para estas reglas de operación bursátil.

Con respecto a la *crisis dot-com*, se puede ver que en 1998, con excepción de la Regla de Filtro de 3%, todas las reglas dejaron rendimientos fuera de lo normal, llegando incluso a más de 25% anual algunos casos. Sin embargo,

también se observa que en casi todos los casos, en los años posteriores hasta llegar al 2001, se obtuvieron rendimientos muy bajos o incluso negativos como consecuencia de la apreciación del peso.

En segundo lugar, en el contexto de la *crisis sub-prime*, observamos (Tablas A-1 y A-2 en el Apéndice) que el rendimiento del 2008 es en todos los casos positivo y en casi todos es inusualmente alto, incluso llegando a 37% anual con la Regla de Filtro de 0.5%. Los años siguientes a la crisis (2009 y 2010) se caracterizaron por la apreciación del peso, como sucede en los años de recuperación económica. Durante estos años el tipo de cambio pasó de más de 15 MXN/USD a principios del 2009 a 12.30 MXN/USD a finales del 2010. Por lo mismo, si se analiza los resultados, se puede apreciar que todas las reglas de operación bursátil dieron rendimientos bajos y en varios casos estos fueron considerablemente negativos.

En los demás años, el comportamiento del Peso mexicano fue relativamente constante, teniendo picos y pisos no muy arriba, o abajo respectivamente, de los niveles normales. En estos años, los rendimientos de todas las reglas tienen un comportamiento muy parecido; incluso la Regla de Filtro de 3%, con la que se obtuvieron resultados atípicos en todo el periodo, se comporta de la misma manera que las demás reglas que dan resultados consistentes.

La volatilidad de los rendimientos, medida por su desviación estándar en cada año, fue considerablemente alta en 1998 y para 1999 y 2000 disminuye considerablemente ya que la apreciación estos años fue paulatina, en comparación con la rápida depreciación. Este no fue el caso de la *crisis sub-prime*, ya que los años 2008 y 2009 tienen las desviaciones estándar más grandes en todo el periodo estudiado, lo cual indica que la recuperación de la moneda no fue paulatina como en los años posteriores a la *dot-com*. A su vez, el año 2010 también tiene una desviación estándar muy alta, lo que refleja los movimientos tan agresivos que hubieron con respecto al año anterior.

En resumen, como se observa en las Tablas A-1 y A-2, los años de crisis financiera, que se traducen en depreciación fuerte en el Peso, son convenientes para el Dólar, por lo que son los años donde se observó mayores rendimientos. Incluso en las reglas más amplias observamos un rendimiento fuera de lo normal, como en el caso de la Media Móvil de 20/200 donde se observó casi 25% de rendimiento anualizado y los filtros de 4% y 5% con rendimientos de 12% y 7% para el 2008 respectivamente.

Por el contrario, en los años de recuperación global las monedas emergentes se aprecian respecto al Dólar, afectando los rendimientos de las reglas de operación bursátil ya que incluso los vuelven negativos. La desviación estándar tiene el mismo comportamiento en todas las reglas de operación bursátil, lo que quiere decir que la variabilidad de los rendimientos de las diferentes reglas fue similar en las dos crisis antes mencionadas, incluyendo la Regla de Filtro de 3%.

A continuación, en la Tabla 2 se presenta los resultados arrojados por la aplicación de cada una de las reglas de operación bursátil sobre las 10,000 series creadas de manera aleatoria así como sobre la serie original de futuros. Como se puede observar, el rendimiento total promedio en las series aleatorias es considerablemente más bajo que casi todas las reglas aplicadas sobre la serie

original.⁶

Tabla 2. Rendimiento (%) en las series simuladas y la serie observada

Regla	Número de Series	Rend. Promedio	Desviación Estándar	Intervalo de 90%	Rendimiento Observado
FILTRO					
0.5%	10,000	-2.37	0.41	(-68, 64)	44.91
1%	10,000	-1.02	0.40	(-67, 65)	24.42
2%	10,000	-0.98	0.41	(-67, 67)	12.09
3%	10,000	-1.15	0.41	(-69, 65)	-18.10
4%	10,000	-0.64	0.40	(-67, 65)	5.04
5%	10,000	-0.41	0.40	(-66, 64)	3.42
MEDIA MOVIL					
1/5	10,000	-1.86	0.41	(-68, 64)	43.59
5/20	10,000	-1.04	0.40	(-66, 66)	29.46
20/200	10,000	-1.69	0.38	(-64, 61)	-14.48

El rendimiento promedio, intervalo de 90% y rendimiento observado están expresados en porcentajes.

Por otra parte, los resultados originados aplicando las reglas a las 10,000 series aleatorias muestran un rendimiento total promedio considerablemente bajo, pero cabe mencionar que los resultados varían bastante, pasando de números considerablemente superiores a los arrojados en la serie original, a números mucho menores. El rango de variación es de casi 300%, en donde los rendimientos totales más bajos están cerca de -150% y los positivos de 150%, tanto para las reglas de filtro como para las de la media móvil. A continuación se procede a analizar si los rendimientos originales caen dentro del intervalo de confianza del 90% generado por los rendimientos de las 10,000 series creadas aleatoriamente.

Dado que cada simulación se hizo con 10,000 réplicas, el intervalo de confianza de 90 % estará dado por los valores 500 y 9,500, una vez que han sido ordenados de menor a mayor. Los rendimientos (Totales) originales que se utilizan para ver si caen dentro del intervalo de confianza son los que se mostraron anteriormente, en la Tabla 1. Como se ha mencionado anteriormente, si estos caen dentro del intervalo de confianza se aceptará la hipótesis nula de eficiencia, según la cual no hay información relevante que se transmita de periodo a periodo que ayude a generar ganancias extra normales.

En la Tabla 2, también se muestran los intervalos de confianza para cada una de las 8 reglas de operación bursátil consideradas así como el rendimiento observado en la serie original. Cabe hacer mención que para todas las reglas los intervalos del 90% de confianza son prácticamente iguales, aunque la media de rendimientos sí varía considerablemente entre cada una de las reglas, como se mostró en la Tabla 2. Además, como se mencionó previamente, pese a que el promedio de rendimiento total de las series aleatorias es considerablemente más bajo que los rendimientos originales, hay rendimientos que superan con claridad a los obtenidos con los datos reales, sobre todo para las reglas más

⁶ A excepción de la Regla de Filtro de 3% así como la Regla de MA 20/200, ya que ambas reglas tuvieron rendimientos totales negativos considerablemente más grandes.

grandes donde el nivel o ranking que ocupan dentro de las 10,000 series va a estar apenas por encima del promedio. En el otro extremo, las reglas de Filtro de 3% y Media Móvil de 20/200 claramente se van a ubicar en la parte inferior de la distribución.

Como se puede observar en la Tabla 2, a excepción de la Regla de Filtro de 3% y la MA de 20/200 todas las reglas están por encima de la media y en la parte alta/media de la distribución, en donde resaltan las reglas más pequeñas que son las que dan buenos rendimientos. A su vez se puede observar que a medida que va aumentando el tamaño de las reglas de operación bursátil, los rendimientos se van acercando a la parte media de la distribución, en comparación con los creados en las series aleatorias, aunque se ubican por encima de la media en casi todos los casos.

Los resultados observados demuestran que las reglas más pequeñas permitieron obtener ganancias, con la aplicación de las reglas, a través del periodo estudiado, cercanas al 45% para los casos más altos, y mayores a 25% para los demás. También, se puede ver que pese a que estos rendimientos son bastante altos en comparación con los arrojados por la aplicación de las mismas reglas a las series creadas de manera aleatoria están lejos de ser tan altos como los observados entre la década de los 70 y la década de los 90 para muchas monedas.⁷

Por otro lado, las reglas más grandes tienen ganancias mucho más pequeñas, menores a 10%, y estos se encuentran en la parte media de la distribución cuando se comparan con la distribución de *bootstrap*. Inclusive, como ya se mencionó antes, para dos reglas específicas los rendimientos son considerablemente negativos, y están en la parte inferior de esta distribución. En estos casos, a excepción de las reglas que arrojaron rendimientos negativos, aunque hay ganancias en el periodo de estudio estas no son muy significativas si se comparan con las series aleatorias, que en promedio arrojan ganancias no muy por debajo de las de las series originales.

Sin embargo, ningún rendimiento fue lo suficientemente grande para rechazar la hipótesis nula (con un nivel de significancia del 10%) que no hay información de t a $t + 1$ que permita obtener lo que antes se definió como ganancias extra normales. De esta manera no podemos rechazar la hipótesis de que el mercado cambiario para los futuros USD/MXN es eficiente.

De manera complementaria, en la Tabla A-3, que se muestra en el Apéndice, se presenta el promedio de cada uno de los quintiles de la distribución de *Bootstrap* para cada una de las reglas de operación bursátil consideradas. En ningún caso, el rendimiento obtenido con la serie original supera el valor promedio del último quintil (Q-5), lo cual permite reafirmar el resultado de que dichos rendimientos caen dentro del intervalo de confianza de 90% de la distribución empírica, lo cual es consistente con la hipótesis de eficiencia del mercado cambiario Mexicano, para el periodo estudiado.

⁷ Levich y Thomas (1991) realizaron el estudio utilizando las mismas reglas de trading obteniendo rendimientos promedio por encima del 7% anualizado para las siguientes monedas: GBP, AUD, DM, JPY, CHF.

3.4 Discusión

En el presente estudio se muestra que hubieron reglas que tuvieron un desempeño considerablemente malo a lo largo de los años como es el caso de la regla de filtro de 3% y la MA 20/200. Por otra parte, también hubieron reglas que pese a tener rendimientos positivos no fueron considerablemente buenos a pesar de ser más grandes que el promedio de los arrojados por las series aleatorias.

Para todas las reglas de operación bursátil consideradas, sobre todo las pequeñas que resultaron ser las más exitosas por su rendimiento anualizado en comparación con la distribución de *bootstrap*, es necesario considerar los costos de transacción, factor que puede reducir el rendimiento anualizado considerablemente (aunque no por eso dejan de ser más o menos significativos en comparación con las series aleatorias ya que éstas también reducirían su rendimiento si se incorporan costos de transacción). Si se supone un costo para las operaciones de compra/venta de 2 puntos básicos (considerando el spread entre *bid* y *offer* además de la ganancia del intermediario) los rendimientos totales disminuirían para todas las reglas. Aunque de manera obvia se observa que los rendimientos que se verían más afectados son en los que hay más operaciones puesto que mientras más pequeñas son las reglas más operaciones se dan en el mercado.

Por ejemplo, si cada operación en el mercado costara 2 puntos básicos (0.02%), como se mencionó previamente, los costos de transacción para las reglas de filtro de 0.5% con 55 operaciones promedio al año y la MA de 1/20 con 68 operaciones al año se verían reducidos sus rendimientos anualizados de 3.45% a 2.35% y de 2.27% a 0.90% respectivamente. El rendimiento más alto en este caso sería el que produce la regla MA de 5/20 ya que tan solo tiene 15 transacciones por año pasando de 3.35% anualizado a 3.05%.

Por el contrario, las demás reglas no se ven afectadas de manera importante ya que las operaciones por año son muy bajas dejando sus rendimientos bajos, casi como estaban en un principio. Así sucede para la regla de MA 20/200 y las de filtro de 4 y 5 por ciento, donde disminuye el rendimiento anualizado en tan solo 0.06% para los casos del MA 20/200 y la regla de filtro de 5% y en 0.08% para la regla de filtro de 4%, dejando sus rendimientos netos prácticamente iguales.

Por consiguiente, de acuerdo a la metodología que se utilizó en este trabajo se puede afirmar que para el periodo estudiado no es posible rechazar la hipótesis nula que el mercado cambiario es eficiente ya que en ningún caso se obtuvieron ganancias que cayeran fuera del intervalo de confianza del 90% y que, por tanto pudieran ser consideradas extra normales.

Desde otro ángulo de análisis, se podría preguntar que si el mercado cambiario para el Peso Mexicano no fue eficiente durante el periodo estudiado porqué las ganancias obtenidas no son tan altas en términos anuales como lo fueron para otras monedas en comparación con el USD.

Para abordar esta cuestión hay que considerar algunos factores externos, además del más importante que se ve reflejado en los resultados, sin mencionar el hecho que el Peso Mexicano flota desde hace poco tiempo en relación con las monedas de las economías más avanzadas, lo cual no permite hacer una

comparación completa de las décadas en las que estas reglas de trading fueron muy exitosas para las monedas de las economías avanzadas en comparación al dólar.

Un primer factor relevante para entender los bajos rendimientos del USD/MXN, en comparación con las décadas anteriores para las principales monedas o, en la actualidad, con las monedas de países emergentes, es que tanto el Peso como la economía mexicana dependen en gran medida de la economía estadounidense. Así, a través de los 13 años de estudio el Peso se vio sumergido en profundas depreciaciones así como altas y rápidas apreciaciones provenientes de crisis/recuperaciones económicas y financieras en Estados Unidos.

Los resultados mostraron que el rendimiento ganado con el paso de los años, después de cada crisis y su respectiva recuperación, se borra casi por completo dada la rápida apreciación/depreciación que genera una volatilidad de la moneda considerablemente más alta de lo normal durante esos años. Esta volatilidad en el Peso Mexicano respecto a otras monedas hace más difícil poder sacar ganancias utilizando simples reglas de trading; en particular, esto es más impactante para los casos de las reglas mayores⁸ donde a menos que prevalezca una tendencia constante a la baja o a la alza va a ser difícil tener ganancias, lo cual no implica necesariamente que el mercado sea eficiente.

Otro factor a considerar es que el Peso ha sido objeto de fuerte especulación por parte de los agentes en el mercado a través de los años, lo que ha ocasionado en distintas ocasiones que se deprecie o aprecie temporalmente por debajo/encima de su valor de equilibrio, obligando la intervención del Banco Central para frenar la burbuja especulativa que lo aleja de su valor real, como fue el caso a principios del 2009. El hecho de que el Banco Central tenga que intervenir en el mercado cambiario por medio de operaciones de mercado abierto y que utilice la tasa de referencia como política monetaria para proteger el tipo de cambio hace que (especialmente en mercados emergentes) se pierda la credibilidad en ésta creando alta volatilidad en tasas de interés, como ocurrió a finales de los años 90.

Como consecuencia de las intervenciones del Banco Central las expectativas cambiarias pueden ser erróneas lo que hace que la información disponible en un momento dado no sea del todo relevante o no se pueda reflejar en los precios de manera adecuada. Esto a su vez da señales confusas a los agentes creando volatilidad en la moneda lo que hace que las reglas de trading sencillas, como las que se analizaron en este trabajo no sean tan efectivas en el corto ni en el mediano plazo. Es posible pues que la información que los agentes están tomando en cuenta no refleja adecuadamente toda la información en los precios debido a las expectativas de depreciación o apreciación erróneas, haciendo difícil generar ganancias extra normales con el paso del tiempo, lo que no implica necesariamente que el mercado sea eficiente.

Adicionalmente, es importante considerar que a diferencia de otras monedas estudiadas en otros periodos, donde se obtuvieron resultados muy buenos en términos de beneficios, en el periodo estudiado hay una nueva moneda

⁸ Específicamente las Reglas de filtro de 3, 4 y 5 por ciento así como la MA de 20/200, en las que para que se genere una orden ya sea de compra o venta se necesita una tendencia prolongada que dada la alta volatilidad es complicada observar.

en el mundo, el Euro. Esta moneda, que entro en vigencia como moneda de cuenta el 1 de enero de 1999 y en forma de monedas y billetes en circulación el 1 de enero del 2002, ha afectado considerablemente el comportamiento del Dólar ya que en un principio los mercados la veían como la posible nueva moneda de referencia en el mundo y el sustituto probable del Dólar, por lo que hubo una depreciación fuerte del USD frente al Euro, después de haber estado en una paridad de 1 a 1. Esto tuvo como resultado que el Dólar empezó a ser objeto de especulación hasta llegar a un tipo de cambio en julio del 2008 donde 1 Euro valía 1.5990 Dólares, lo que evidentemente afectó el comportamiento del USD/MXN.

Finalmente, es importante considerar que los bajos rendimientos también pueden implicar que el mercado está madurando o que los agentes que operan en éste han aprendido y han tenido que ir evolucionando (Pukthuanthong-Le, Levich, Thomas, 2007).⁹ Es posible que las reglas de operación bursátil normales o sencillas como las que se evaluaron aquí ya no sean suficientes para generar estas ganancias que se vieron en décadas anteriores en monedas de economías avanzadas, o que se ven actualmente en otras monedas economías emergentes.

De hecho, los rendimientos extra normales que se observaron en las monedas de las economías avanzadas en las décadas de los 70, 80 y principio de los 90 se han ido desvaneciendo con el paso del tiempo. A partir de 1995 los rendimientos han desaparecido hasta el punto de volverse negativos para el Dólar canadiense, el Dólar australiano, el Franco suizo, el Marco/Euro en Alemania y la Libra Esterlina al aplicar las reglas de operación bursátil sencillas.¹⁰

Lo anterior sin duda llevó a que se empiecen a explorar mercados emergentes para buscar los rendimientos que las principales monedas ya no dan, como es el caso del mercado mexicano y el mercado brasileño en Latinoamérica. Para las monedas de las economías avanzadas los agentes que buscan generar ganancias han tenido que ir evolucionando, han tenido que ir cambiando las reglas que usan por reglas más específicas que pueden llegar a ser incluso el inverso de las reglas que comúnmente se aplicaban en los mercados cambiarios. Reglas que se enfoquen en seguir tendencias parece que ya no es una opción para estas monedas, lo que implica que para las monedas de los mercados emergentes es cuestión de tiempo para que dejen de dar rendimientos, como parece ser el caso del Peso mexicano en el que los rendimientos no son especialmente altos.

4. Conclusiones

La metodología utilizada en este trabajo permite concluir que si bien los rendimientos obtenidos con las series de precios realmente observadas fueron en general mayores a los rendimientos obtenidos en promedio con las series simuladas, no son lo suficientemente grandes como para rebasar el intervalo de

⁹ Estos autores argumentan que la falta de rendimientos es porque las reglas han sido utilizadas durante años y el mercado va madurando por lo que los agentes tienen forzosamente que ir evolucionando.

¹⁰ A su vez, en el mismo estudio muestran como para las principales monedas los rendimientos con reglas técnicas de seguir tendencias como la de la Media Móvil desaparecieron casi por completo, incluso siendo negativos para el CHF, AUD y JPY.

confianza de 90% de su distribución y poder rechazar la hipótesis de que el mercado cambiario USD/MXN haya sido ineficiente durante el periodo estudiado.

Si bien se podría argumentar que los mayores rendimientos obtenidos en varios casos con las series observadas podría reflejar la existencia de cierta información útil para las decisiones de los inversionistas; sin embargo esta no es suficiente como para rechazar la hipótesis de eficiencia. Por otra parte, se puede mencionar factores especulativos, de intervención, de madurez de los mercados y surgimiento de otros mercados que podrían haber incrementado considerablemente la volatilidad cambiaria y distorsionado las expectativas de los agentes, conduciendo a rendimientos moderados, bajos o negativos de las reglas de operación bursátil de filtro y media móvil, lo cual no necesariamente podría implicar eficiencia en el mercado cambiario.

Debe remarcar, sin embargo, que los datos utilizados han sido de frecuencia diaria. Queda pendiente investigar si con datos de mayor frecuencia y/o metodologías alternativas se puede validar o no la hipótesis de eficiencia de mercado.

Bibliografía

- Ahmed, K. M., S. Ashraf and S. Ahmed (2005). Efficiency of Foreign Exchange Markets: Evidence from South Asian Countries. *Indian Journal of Economics* 88 (3), pp. 1-33.
- Ajayi, R.A., Karemera, D. (1996). A Variance Ratio Test of Random Walks in Exchange Rates: Evidence from Pacific Basin economies. *Pacific Basin Finance Journal* 4, pp. 77-91.
- Baillie, R. T. and T. Bollerslev (1989). Common Stochastic Trends in a System of Exchange Rates. *Journal of Finance* 44, pp. 167-181.
- Bekaert, Geert and Robert Hodrick (1993). On Biases in the Measurement of Foreign Exchange Risk Premiums. *Journal of International Money and Finance* 12, pp. 115-138.
- Belaire-Franch, J., Opong, K.K. (2005). Some evidence of Random Walk behavior of Euro Exchange Rates using Ranks and Signs. *Journal of Banking & Finance* 29, pp. 1631-1643.
- Chakrabarti, R. (2005). Foreign Exchange Markets in India. Indian School of Business Working Paper Series.
- Chaudhry, Sana Arif and Attiya Yasmin Javid (2012). Efficiency of the Foreign Exchange Markets of South Asian Countries. PIDE, working paper 2012:82, PAKISTAN.
- Crowder, W. (1994). Foreign Exchange Market Efficiency and Common Stochastic Trends. *Journal of International Money and Finance* 13, pp. 551-64.
- Crowder, W. (1996). A Note on Cointegration and International Capital Market Efficiency: a Reply. *Journal of International Money and Finance* 15, pp. 661-64.
- Diebold F. X., J. Gardeazabal and K. Yilmaz (1994). On Cointegration and Exchange Rate Dynamics. *Journal of Finance* XLIX, 2.
- Domowitz, I. and C. S. Hakkio (1985). Conditional Variance and the Risk Premium in the Foreign Exchange Market. *Journal of International Economics* 19, pp. 47-66.
- Dooley, M.P., Shafer, J. (1983). Analysis of Short-run Exchange Rate behavior: March 1973 to November 1981. En: Bigman, D., Taya, T. (Eds.), *Exchange Rate and Trade Instability: Causes, Consequences, and Remedies*. Ballinger, Cambridge, MA.
- Dragota, V., Mitrica, E. (2004). Emergent Capital Markets' Efficiency: The case of Romania. *European Journal of Operational Research* 155, pp. 353-360.
- Echavarría, Juan, Diego Vásquez y Mauricio Villamizar (2008). "Expectativas, Tasa de Interés y Tasa de Cambio. Paridad Cubierta y No Cubierta en Colombia 2000-2007". Borradores de Economía, 486, Banco de la República, Colombia.

- Efron, B. (1979). Bootstrap Methods: Another look at the Jackknife. *The Annals of Statistics* 7 (1), pp. 1-26.
- Efron, Bradley; Robert Tibshirani (1994). An Introduction to the Bootstrap. Chapman & Hall/CRC, ISBN 978-0-412-04231-7.
- Engle, Charles (1996). A Note on Cointegration and International Capital Market Efficiency. *Journal of International Money and Finance* 15, pp. 557-60
- Evans, M., Lewis, K., (1995). Do Expected Shifts in Inflation affect estimates of the Long-Run Fisher Relation? *Journal of Finance* 50 (1), pp. 225-253.
- Fama, E. F. (1984). Forward and Spot Exchange Rates. *Journal of Monetary Economics* 14, pp. 319-338.
- Fama, E. F. (1991). Efficient Capital Markets: II. *The Journal of Finance*, pp. 1575-1617.
- Galindo, L. M. and V. Salcines (2004). La eficiencia del mercado cambiario entre el Euro, el peso mexicano y el dólar: un análisis de cointegración con restricciones. *Análisis Económico*, UAM, XIX, pp. 41.
- Gencay, Ramazan (1999). Linear, Non-Linear and Essential Foreign Exchange Rate Prediction with Simple Technical Trading Rules. *Journal of International Economics*, Elsevier, 47 (1), pp. 91-107, February.
- Gradojevic, N. (2007). Non-linear, Hybrid exchange Rate Modeling and Trading Profitability in the Foreign Exchange Market. *Journal of Economic Dynamics and Control* 31, pp. 557-574.
- Hakio, C. (1981). Expectations and the Forward Exchange Rate. *International Economic Review* 22, pp. 663-678.
- Hakkio, Craig S. and Mark Rush (1989). Market Efficiency and Cointegration: An application to the Sterling and Deutschmark Exchange Markets. *Journal of International Money and Finance* 8, pp. 75-88.
- Hideki, I. (2006). An Empirical Test of the Efficiency Hypothesis on the Renminbi NDF in Hong Kong Market. Kobe University Discussion Papers, No. 196.
- Hodrick, R. J. and S. Srivastava (1986). The Covariance of Risk Premiums and Expected Future Spot Exchange Rates. *Journal of International Money and Finance* 5, pp. 5-21.
- Im, K.S., Pesaran, H., Shin, Y. (1995). Testing for Unit Roots in Heterogenous Panels. Unpublished manuscript.
- Jeon, B. N. and B. Seo (2003). The Impact of the Asian Financial Crisis on Foreign Exchange Market Efficiency: The Case of East Asian Countries. *Pacific-Basin Finance Journal* 11, pp. 509-525.
- LeBaron, Blake (1999). Technical trading Rule Profitability and Foreign Exchange Intervention. *Journal of International Economics*, Elsevier, 49 (1), pp. 125-143, October.
- Lee, C.I., Pan, M-S., Liu, Y.A. (2001). On Market Efficiency of Asian foreign Exchange Rates: Evidence from a Joint Variance Ratio Test and Technical Trading Rules. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money* 11 (2), pp. 199-214.
- Levich, Richard M and Lee R. Thomas (1993). The Significance of Technical Trading-Rule Profits in the Foreign Exchange Market: A Bootstrap Approach. *Journal of International Money and Finance*, 12 (5), pp. 451-474.
- Levin, A. and C. F. Lin (1992). Unit Root Tests in Panel Data: Asymptotic and Finite-sample properties. Discussion Paper 92-23, University of California, San Diego
- MacDonald, R. and R. P. Taylor (1998). Foreign Exchange Market efficiency and Cointegration, some evidence from the recent float. *Economic Letters*, 29.
- Maddala, G. S. (2001). Introduction to Econometrics, Third Edition. John Wiley & Sons.
- Mark, Nelson, Wu Y and Hai, W. (1993). Understanding Spot and Forward Exchange Rate Regressions. OSU Working paper.
- Ming-Ming, Lai and Lau Siok-Hwa (2006). The Profitability of the Simple Moving Averages and Trading Range breakout in the Asian Stock Markets. *Journal of Asian Economics* 17 (1), pp. 144-170.
- Mollick, A. V. (1999). The Real Exchange Rate in Brazil mean Reversion or Random Walk in the Long Run? *International Review of Economics & Finance* 8, pp. 115-126.

- Neely, C. and P. Weller (2003). Intraday Technical Trading in the Foreign Exchange Market. *Journal of International Money and Finance* 22, pp. 223-237.
- Neely, C., Weller, P. y R. Dittmar (1997). Is technical Analysis in the Foreign exchange Market profitable? A Genetic Programming approach. *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 32, pp. 405-426.
- Oh, G., S. Kim, y C. Eom (2007). Market Efficiency in Foreign Exchange Markets. *Physica A* 382, pp. 209-212.
- Olmo, J. and Keith Pilbeam (2011). Uncovered Interest Parity and the Efficiency of the Foreign Exchange Market: A Re-examination of the Evidence. *International Journal of Finance and Economics*, 16, pp. 189-204.
- Pukthuanthong-Le, Kuntara, Richard M. Levich, and Lee R. Thomas III (2007). Do foreign exchange markets still trend? *The Journal of Portfolio Management* pp. 34, 114-118.
- Sweeney, Richard J. (1986). Beating the Foreign Exchange Market. *Journal of Finance* 41(1) pp. 163-182.
- Tabak Benjamin M. and Eduardo J. A. Lima (2009). Market efficiency of Brazilian Exchange Rate: Evidence from Variance Ratio Statistics and Technical Trading Rules. *European Journal of Operational Research* 194, pp. 814-820.
- Villagómez, Alejandro, La primera gran crisis mundial del siglo XXI, Tusquets Editores, 2011.
- Werner, Alejandro (1997). Un estudio estadístico sobre el comportamiento de la cotización del peso mexicano frente al dólar y de su volatilidad. *Documento de Investigación*, 1997-01, Banco de México.
- Wu Jyh-Lin and S. L. Chen (1998). Foreign Exchange Market Efficiency Revisited. *Journal of International Money and Finance* 17, pp. 831-38.

APENDICE

Tabla A-1. Rendimientos (%) por año de las reglas de Media Móvil

Año	MA 1/5			MA 5/20			MA 20/200		
	Rend. Total	Rend. Diario	Std. Dev.	Rend. Total	Rend. Diario	Std. Dev.	Rend. Total	Rend. Diario	Std. Dev.
1998	20.29	0.08	0.89	18.75	0.07	0.89	11.76	0.12	1.22
1999	18.71	0.07	0.70	5.36	0.02	0.70	-2.23	-0.01	0.70
2000	8.00	0.03	0.52	-1.83	-0.01	0.52	-12.6	-0.05	0.52
2001	3.11	0.01	0.51	6.73	0.03	0.51	-7.97	-0.03	0.51
2002	4.17	0.02	0.51	1.21	0.00	0.51	6.13	0.02	0.51
2003	-3.85	-0.02	0.66	7.44	0.03	0.66	-3.61	-0.01	0.66
2004	0.01	0.00	0.45	-2.51	-0.01	0.45	-0.79	0.00	0.45
2005	-0.19	0.00	0.39	-7.21	-0.03	0.38	5.32	0.02	0.38
2006	-6.88	-0.03	0.51	2.18	0.01	0.51	-9.41	-0.04	0.51
2007	-0.24	0.00	0.38	-4.16	-0.02	0.38	-13.2	-0.05	0.38
2008	18.44	0.07	1.23	13.41	0.05	1.23	24.63	0.09	1.23
2009	-2.53	-0.01	1.00	-2.90	-0.01	1.00	-4.06	-0.02	1.00
2010	-21.13	-0.08	0.72	3.87	0.01	0.72	-9.65	-0.04	0.72
2011	-5.46	-0.14	0.50	3.81	0.10	0.51	1.21	0.03	0.52

Tabla A-2. Rendimientos (%) por año de las reglas de Filtro

Año	Filtro 0.5%			Filtro 1%			Filtro 2%		
	Rend. Total	Rend. Diario	Std. Dev.	Rend. Total	Rend. Diario	Std. Dev.	Rend. Total	Rend. Diario	Std. Dev.
1998	25.83	0.10	0.88	17.31	0.07	0.89	10.66	0.04	0.89
1999	13.02	0.05	0.70	19.93	0.08	0.70	-1.35	-0.01	0.70
2000	9.50	0.04	0.52	1.41	0.01	0.52	10.33	0.04	0.52
2001	1.55	0.01	0.52	9.84	0.04	0.51	4.24	0.02	0.51
2002	6.27	0.03	0.51	2.88	0.01	0.51	-7.59	-0.03	0.51
2003	-9.22	-0.04	0.66	-2.60	-0.01	0.66	-2.93	-0.01	0.66
2004	-3.12	-0.01	0.45	-7.45	-0.03	0.45	-9.05	-0.03	0.45
2005	-1.77	-0.01	0.39	-1.54	-0.01	0.39	-7.85	-0.03	0.38
2006	-6.54	-0.03	0.51	-10.13	-0.04	0.51	-3.93	-0.02	0.51
2007	-5.16	-0.02	0.38	-2.52	-0.01	0.38	-4.83	-0.02	0.38
2008	37.21	0.14	1.22	11.56	0.04	1.23	18.65	0.07	1.23
2009	3.33	0.01	1.00	18.44	0.07	1.00	9.20	0.04	1.00
2010	-18.25	-0.07	0.72	-20.08	-0.08	0.72	-6.81	-0.03	0.72
2011	-1.45	-0.04	0.51	-2.78	-0.07	0.51	0.09	0.00	0.51

Tabla A-2. Rendimientos (%) por año de las reglas de Filtro (Continuación)

Año	Filtro 3%			Filtro 4%			Filtro 5%		
	Rend. Total	Rend. Diario	Std. Dev.	Rend. Total	Rend. Diario	Std. Dev.	Rend. Total	Rend. Diario	Std. Dev.
1998	4.08	0.02	0.89	24.31	0.10	0.89	23.42	0.09	0.89
1999	4.94	0.02	0.70	-4.78	-0.02	0.70	-2.30	-0.01	0.70
2000	-8.24	-0.03	0.52	-1.17	0.00	0.52	-7.42	-0.03	0.52
2001	-0.99	0.00	0.52	1.61	0.01	0.52	-7.72	-0.03	0.51
2002	-2.90	-0.01	0.51	8.08	0.03	0.51	5.47	0.02	0.51
2003	5.64	0.02	0.66	12.92	0.05	0.65	8.29	0.03	0.66
2004	-0.47	0.00	0.45	-6.75	-0.03	0.45	-11.20	-0.04	0.45
2005	-2.67	-0.01	0.39	5.32	0.02	0.38	5.32	0.02	0.38
2006	-4.87	-0.02	0.51	1.50	0.01	0.51	-3.08	-0.01	0.51
2007	-5.43	-0.02	0.38	-16.55	-0.06	0.38	-1.10	0.00	0.38
2008	18.25	0.07	1.23	12.43	0.05	1.23	6.92	0.03	1.23
2009	-15.00	-0.06	1.00	-2.49	-0.01	1.00	-11.39	-0.04	1.00
2010	-13.73	-0.05	0.72	-30.45	-0.12	0.71	-1.22	0.00	0.72
2011	1.51	0.04	0.51	1.51	0.04	0.51	1.51	0.04	0.51

Tabla A-3. Quintiles de la Distribución de Bootstrap de los Rendimientos de las Reglas de Operación de Bursátil (Valores Promedio en %)

Regla	Q-1	Q-2	Q-3	Q-4	Q-5
FILTRO					
0.5%	-58.98	-23.89	-2.54	19.00	54.57
1%	-57.28	-22.42	-1.20	20.25	55.56
2%	-57.84	-23.13	-1.12	20.71	56.50
3%	-58.22	-22.44	-0.94	20.45	55.40
4%	-57.13	-22.11	-0.62	20.88	55.79
5%	-56.66	-22.00	-0.32	21.31	55.63
MEDIA MOVIL					
1/5	-58.65	-23.74	-2.07	19.90	55.26
5/20	-57.12	-22.7	-1.50	20.18	55.90
20/200	-55.09	-21.98	-1.55	18.77	51.41