ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE FACULTADES
Y ESCUELAS DE CONTADURÍA Y ADMINISTRACIÓN
Organismo de Cooperación y Estudio de la Unión
de Universidades de América Latina y el Caribe

XV Asamblea General

25 al 28 octubre del 2016
en la Ciudad de Medellín Colombia,
siendo sede la Universidad EAFIT bajo las siguientes:

MÉXICO: EL IMPACTO DE LAS VARIABLES ECONÓMICO – FINANCIERAS EN EL TIPO DE CAMBIO, UN ENFOQUE DE RNA.

México: El impacto de las variables económico-financieras en el tipo de cambio, un enfoque de RNA

Autores
Dr. Arturo Morales Castro
División de Investigación, Facultad de Contaduría y Administración
Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. C.P. 04510.
Tel. O. 56228453, C. 55859822, Cel. 0445530440935,
e-mail: amorales@fca.unam.mx

Ing. Eliseo Ramírez Reyes
Facultad de Contaduría y Administración
Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. C.P. 04510.
Tel. 13834778, Cel. 0445519166528
e-mail: eliseodyj@hotmail.com

Dirección para correspondencia:
Circuito exterior s/n, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán. México, D.F, C.P. 04510

MÉXICO: EL IMPACTO DE LAS VARIABLES ECONÓMICO – FINANCIERAS EN EL TIPO DE CAMBIO, UN ENFOQUE DE RNA.

RESUMEN

El objetivo de este estudio es analizar el comportamiento del tipo de cambio en función de la expectativa del comportamiento del Dow Jones Industrial Average, el Índice Nacional de Precios al Consumidor, Índice de Precios y Cotizaciones, Reservas Internacionales, Consumer Price Index y del M1 (Agregado Monetario 1), en tres periodos distintos (1992-2011), (2001-2003) y (2008-2009), para identificar cuál o cuáles de las variables analizadas tienen impacto en el comportamiento del tipo de cambio en los periodos antes mencionados.
La metodología empleada es la de Redes Neuronales Artificiales que nos permite identificar el peso de cada una de las variables económico-financieras en el comportamiento del tipo de cambio.
Se concluye que en el periodo 1992-2011 las variables que más impactan en su comportamiento son la inflación en México con un 23.60%, las Reservas internacionales con 23.46% y la inflación en EEUU con 18.48%, lo que explica el comportamiento del tipo de cambio en un 65.54%. En el periodo conocido como el de la Burbuja bursátil de los 2001-2003 las variables que más impacta en su comportamiento son la inflación en EEUU con 35.83%, la tasa de rendimiento en México con 35.49% y el comportamiento bursátil en México con un 18.99% lo que explica el comportamiento del tipo de cambio en un 90.31%. En el periodo conocido como el de activo tóxicos de los años 2008-2009 las variables que más impacta en su comportamiento son el comportamiento bursátil de EEUU con 52.99%, la inflación en México con 25.45 y el comportamiento bursátil en México con un 17.99% lo que explica el comportamiento del tipo de cambio en un 96.43%.

Palabras clave: Tipo de cambio, Redes Neuronales, Variables económico-financieras, Crisis Financieras.

INTRODUCCIÓN

Los movimientos en el tipo de cambio tienen implicaciones en el aspecto comercial dentro de las importaciones y exportaciones, en la competitividad de las empresas, si estas tienen una elevada dolarización de sus pasivos y en el saldo de las reservas internacionales, por mencionar algunos casos en los que resulta vital el conocimiento de las variables económico-financieras en la determinación del tipo de cambio.
Se han comprobado en diversas investigaciones como Zhang, Patuwo y Hu (2001) Jaric (2003), Henao y Rivera (2006), Jalil y Misas (2007), Cruz y Morales (2010) y Villar (2013) los avances que presentan las Redes Neuronales Artificiales (RNA) en comparación con algunos métodos como el de regresión lineal y el de ARIMA al presentar una mayor precisión. Sin embargo, no se han aprovechado las características que presentan las RNA como la asociación, evaluación y reconocimiento de patrones para estimar el impacto que tendrían algunas variables económico-financieras asociadas al tipo de cambio.
El objetivo de la presente investigación es cuantificar el impacto que tienen las variables económico-financieras en el tipo de cambio mediante el uso de redes neuronales artificiales.
Por lo cual esta investigación está dividida en una primera sección por la revisión de la literatura, una segunda parte por la metodología de la construcción de la RNA, una tercera parte por los resultados mostrados en la implementación de la metodología de RNA y un cuarto apartado por la discusión de los resultados.

Revisión de la literatura
Dentro de los estudios realizados del tema de economía y finanzas, el pronóstico de tipo de cambio apoyado en el uso de RNA ha sido uno de los temas más investigados.

Para Villar (2013) las variables que presentan un mayor impacto en la predicción del tipo de cambio peso mexicano-dólar son: agregado monetario M1 en EU (usm1), Índice de Precios y Cotizaciones (mxipc), pesos por una libra esterlina (gbpmxn), pesos por un euro (eurmxn) y Standard & Poors 500 (ussp500) para un periodo de enero de 2000 a julio de 2012 utilizando la metodología de Red Neuronal Multivariada y una arquitectura 19-10-1.

Morales (2012) en su investigación El tipo de cambio peso-dólar y sus determinantes económico-financieros: Un modelo de vectores autorregresivos [VAR], presenta desde el enfoque de vectores autorregresivos (VAR) un modelo para describir el comportamiento y la interrelación entre variables que determinan el tipo de cambio peso mexicano-dólar, llegando a la conclusión que el Precio del petróleo, Oferta monetaria, Brecha del producto, Inflación y Tasa de Interés tiene un impacto en el comportamiento del tipo de cambio para el periodo 1997-2007, al no encontrarse problemas en autocorrelación no heterocedasticidad.

En la aplicación de RNA para pronóstico en mercados financieros, Cruz y Morales (2010) muestran una comparación entre los modelos ARIMA y Redes Neuronales Artificiales para pronosticar la tendencia del futuro del Cete de 91 días en el Mercado Mexicano de Derivados del 1 de noviembre de 2002 al 12 de abril de 2007, en el cual se muestra que la RNA con una arquitectura 6-6-1 genera mejores pronósticos en el 2008 en comparación con el modelo ARIMA.

Para Zapata y Díaz (2008), las variables más importantes en la predicción del tipo de cambio son el Índice de la Bolsa de Valores de Colombia y la tasa de interés de la Reserva Federal de Estados Unidos. Para un periodo del año 2005 al año 2006 en Colombia, utilizando la metodología de redes neuronales y en específico una arquitectura de 12 nodos de entrada, uno de salida y el software calculó el número de nodos para la capa intermedia.

A la vez se han propuesto diferentes modelos para determinar el tipo de cambio. Como el de Jalil y Misas (2007) quienes explican que antes de 1970 el tipo de cambio era el resultado de la evidencia de la operación del modelo de flujo de bienes, en donde las variables asociadas eran las exportaciones y las importaciones.

Al encontrarse una correlación baja entre el tipo de cambio y los balances comerciales surgió el modelo asociado al mercado de activos. Sin embargo, se ha encontrado que este modelo necesita ser complementado al presentar un comportamiento pobre. Esos resultados fueron encontrados utilizando la metodología de RNA para el periodo 200-2004 en Colombia.

En este mismo sentido Henao y Rivera (2006), en su investigación: Modelado del índice de tipo de cambio real colombiano usando redes neuronales artificiales que tenía como objetivo comparar el modelo de RNA con un modelo lineal autorregresivos en la predicción del tipo de cambio aplicando la metodología de Perceptrón multicapa para un periodo de 1989-2003 en Colombia, concluyen que los modelos no lineales presentan un mejor desempeño al momento de pronosticar con respecto a los modelos lineales.

Metodología

En el presente trabajo se realiza una evaluación entre las 7 variables económico-financieras que son: Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC), Consumer Price Index (CPI), Reservas Internacionales (RI), Agregado Monetario 1 (M1), Tasa de rendimiento en México (CETE28), Dow Jones Industrial Average (DJIA) y el Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) con respecto al tipo de cambio fix y saber si estas variables económico-financieras se encuentran relacionadas mediante el uso de Redes Neuronales Artificiales (RNA) en tres periodos distintos (1992-2011), (2001-2003) y (2008-2009).

Se emplea el Índice de Precios al Consumidor (INPC) y el Consumer Price Index (CPI) como variables para obtener el diferencial de las tasas de inflación para el caso de México y Estados Unidos respectivamente, que tienen que ver con la Teoría de la Paridad del Poder Adquisitivo, teoría de la determinación del tipo de cambio.

Dentro de las teorías que determinan el tipo de cambio se encuentra el Trilema Político de las Economías Abiertas que tiene como variable asociada a las Reservas Internacionales (RI).
Se utiliza el Agregado Monetario 1 (M1) como variable representativa de la teoría monetaria como otra teoría determinante en las fluctuaciones en el tipo de cambio.
En el Modelo de Portafolio el inversionista determina la composición de su cartera basándose en el rendimiento esperado y el riesgo por lo que se consideran las siguientes variables: Tasa de rendimiento en México (CETE28), Dow Jones Industrial Average (DJIA) y el Índice de Precios y Cotizaciones (IPC).
Existen herramientas para el modelado de datos, entre ellos se encuentran las Redes Neuronales Artificiales (RNA), que son representaciones matemáticas inspiradas en el funcionamiento de las neuronas del cerebro humano. Las RNA son capaces de reconocer patrones complejos entre variables de entrada y salida, lo que se hará con las variables económico-financieras y el tipo de cambio para el caso de México.
Las Redes Neuronales Artificiales han tenido mayor aplicación en el desarrollo de pronósticos, en donde los modelos lineales tenían mayor participación. La principal ventaja que presentan las redes neuronales es obtener mejores aproximaciones a relaciones no lineales que los modelos lineales al utilizar relaciones de funciones complejas (Zhang, 2004).
Aunque los las Redes Neuronales Artificiales son frecuentemente usadas como una alternativa no lineal en comparación con los modelos estadísticos tradicionales, el comportamiento de una red neuronal debe ser comparado con los métodos estadísticos.
Se utilizó el software Neural Tools para la construcción de las Redes Neuronales utilizando las 7 variables económico-financieras como elementos de entrada y el valor del tipo de cambio peso mexicano-dólar como variable de salida.
Los datos se presentan de manera mensual para cada uno de los periodos mencionados anteriormente. Para el desarrollo del modelo se tomaron en cuenta los conjuntos de entrenamiento, el cual representa el 80% de los datos de entrada de la RNA y prueba, representando el 20% restante de los datos de entrada de la RNA.
Para el periodo comprendido del año 1992 al 20011 comprende crisis de México en el año 1994, la crisis financiera de los Estados Unidos del año 2001 al 2003 y la crisis de activos suprime del año 2008-2009.
En la crisis de 1994, México recibió flujos enormes de capital extranjero en parte, a las perspectivas favorables que presentaba la economía mexicana en ese periodo, sin embargo, el deterioro del empleo y el alza de las tasas de interés provocaron un fuerte aumento de la cartera vencida en las instituciones de crédito y, por ende, un descenso marcado en los niveles de capitalización de la banca, provocando volatilidad en el tipo de cambio.
Para el periodo 2001 al 2003 se analiza la crisis financiera en Estados Unidos, periodo conocido como burbuja bursátil, que se caracterizó por un déficit elevado en la cuenta corriente, propiciado por los elevados niveles de apalancamiento en ese periodo y el hecho de que existían partidas muy importantes fuera del balance de las instituciones financieras ocasionando un fuerte contagio entre instituciones financieras y volatilidad en el tipo de cambio.
Para el periodo 2008 al 2009 se analiza la crisis financiera, periodo conocido como el de activos tóxicos, provocada por la sobrevaloración de los activos del sector inmobiliario, al conceder créditos hipotecarios al segmento denominado “suprime”, es decir clientes de escaza solvencia, provocando una alta volatilidad en el tipo de cambio.
En esta investigación se utiliza la combinación de las Redes Neuronales Probabilísticas (PNN por sus siglas en inglés) y las Redes Neuronales de Regresión General (GRNN por sus siglas en inglés) para clasificar los datos. La función de densidad de probabilidad de PNN es evaluada usando los estimadores de Parzen (1962). Las redes PNN utilizan una densidad de probabilidad para cada categoría como se muestra a continuación:

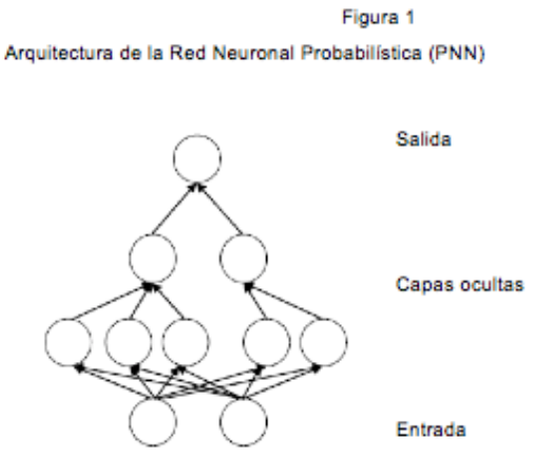
$$Y_{ij}(x) = \frac{1}{(2\pi)^{d/2}\sigma^d} exp\left[-\frac{(x - x_{ij})}{2\sigma^2}\right] \quad (1)$$

Donde d es la dimensión del patrón x, s es el parámetro suavizado y xij es el vector de la RNA.
Para predecir el error cuadrático medio se muestra la siguiente ecuación:

$$e_k(x) = \frac{\sum_{t=1}^{n}(y_1 - q_{i,k})^2 \exp\left(-D(x, x_i)\right)}{\sum_{t=1}^{n} \exp\left(-D(x, x_i)\right)} \quad (2)$$

Donde D(x,xi) es la diferencia entre el caso de entrenamiento xi y el caso de prueba x y qk donde k=1,..n, son los datos de salida para el caso de prueba
A continuación, se muestra la arquitectura de la red neuronal probabilística (PNN)

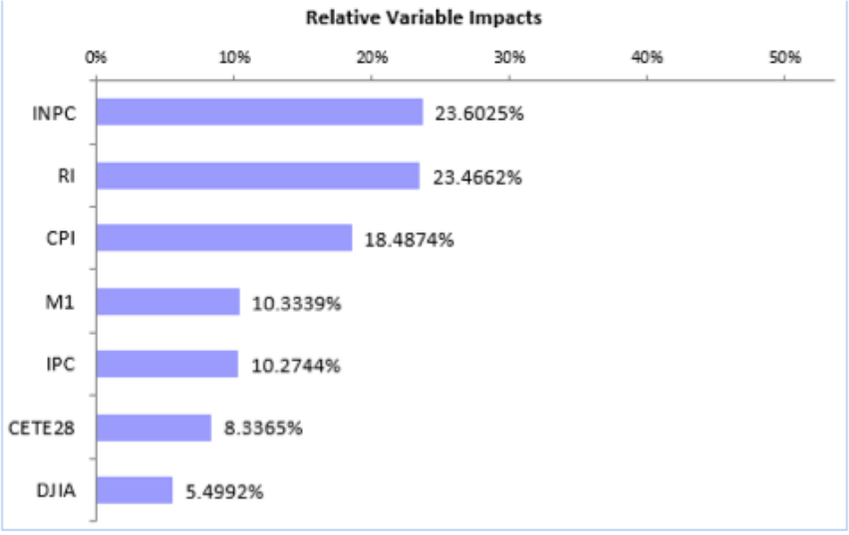
Figura 1
Arquitectura de la Red Neuronal Probabilística (PNN)



Resultados

A continuación, se presentan los resultados para cada uno de los periodos analizados, obteniendo el impacto de las variables económico-financieras en el tipo de cambio.
Periodo: 1992-2011.
En este periodo se encontró que por cada unidad de cambio en el INPC se tiene un impacto del 23.6% en el tipo de cambio. En el caso de las Reservas Internacionales (RI), por cada unidad que varía el tipo de cambio, el 23.4% de esta variación se explica a través de las Reservas Internacionales de México.
A través de las variables Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC), Consumer Price Index (CPI) y Reservas Internacionales (RI) podemos explicar el comportamiento del tipo de cambio en un 65.54%.

Gráfica 1
Gráfica del impacto de variables económico-financieras para el periodo 1992-2011



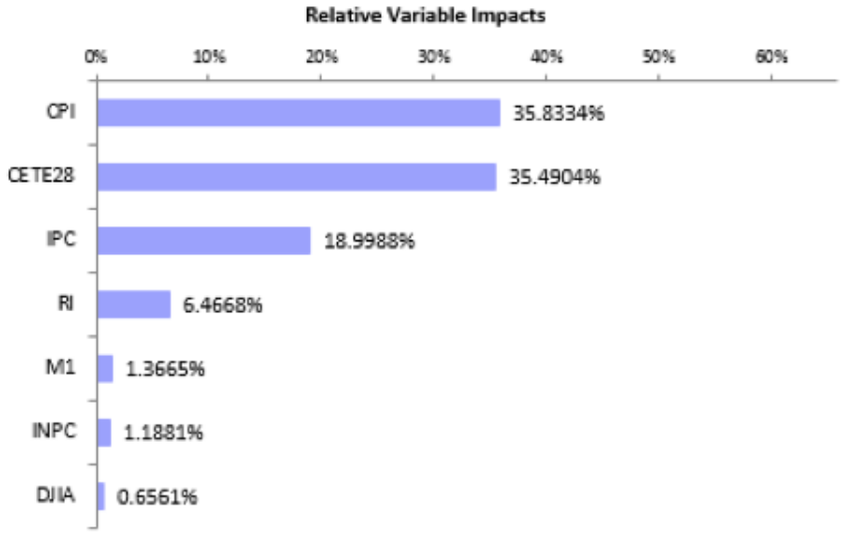
Adicional a esta explicación se presenta el cuadro que da cuenta del desempeño de la RNA propuesta y comparado con el método clásico de Regresión Lineal, la RNA tiene un mayor ajuste a los datos de la muestra tanto en la fase de entrenamiento como en la fase de prueba para el periodo de 1992 al 2011.

Cuadro 1
Error cuadrático medio para la metodología de RNA y Regresión Lineal.

Periodo	MSE Red Neuronal		MSE Regresión Lineal	
	Entrenamiento	Prueba	Entrenamiento	Prueba
1992-2011	0.2337	0.3602	0.7517	0.8320

Periodo: 2001-2003.
En este periodo se encontró que por cada unidad de cambio en el CPI se tiene un impacto del 35.83% en el tipo de cambio. En el caso de CETES28, por cada unidad que varía el tipo de cambio, el 35.49% de esta variación se explica a través de los CETES28.
A través de las variables Consumer Price Index (CPI), la Tasa de rendimiento en México (CETE28) y el Índice de Precios y Cotizaciones (IPC)podemos explicar el comportamiento del tipo de cambio en un 90.31%.

Gráfica 2
Gráfica del impacto de variables económico-financieras para el periodo 2001-2003



Adicional a esta explicación se presenta el cuadro que da cuenta del desempeño de la RNA propuesta y comparado con el método clásico de Regresión Lineal, la RNA tiene un mayor ajuste a los datos de la muestra tanto en la fase de entrenamiento como en la fase de prueba para el periodo de 2001 al 2003.

Cuadro 2
Error cuadrático medio para la metodología de RNA y Regresión Lineal.

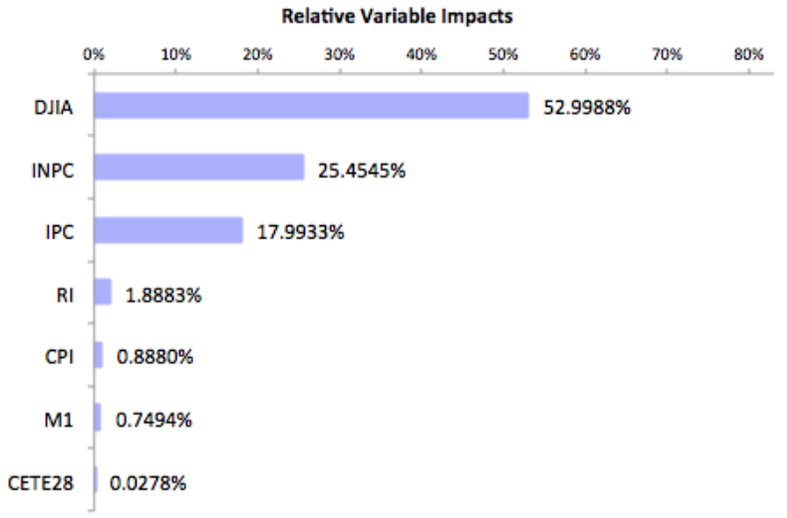
Periodo	MSE Red Neuronal		MSE Regresión Lineal	
	Entrenamiento	Prueba	Entrenamiento	Prueba
2001-2003	0.0882	0.1414	0.1190	0.1617

Periodo: 2008-2009.

En este periodo se encontró que por cada unidad de cambio en el DJIA se tiene un impacto del 52.99% en el tipo de cambio. Por cada unidad que varía el tipo de cambio, el 25.45% de esta variación se explica a través del cambio en la inflación en México, representada por el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC).

A través de las variables Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC), Dow Jones Industrial Average (DJIA) y el Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) podemos explicar el comportamiento del tipo de cambio en un 96.43%.

Gráfica 3
Gráfica del impacto de variables económico-financieras para el periodo 2008-2009



Adicional a esta explicación se presenta el cuadro que da cuenta del desempeño de la RNA propuesta y comparado con el método clásico de Regresión Lineal, la RNA tiene un mayor ajuste a los datos de la muestra tanto en la fase de entrenamiento como en la fase de prueba para el periodo de 1992 al 2011.

Cuadro 3
Error cuadrático medio para la metodología de RNA y Regresión Lineal.

Periodo	MSE Red Neuronal		MSE Regresión Lineal	
	Entrenamiento	Prueba	Entrenamiento	Prueba
2008-2009	0.0199	0.3257	0.1040	0.6646

Discusión de resultados.

En línea con el estudio de morales esta investigación coincide con este autor en que ambos proporcionan evidencia de la inflación como una determinante de explicación del tipo de cambio, y aun cuando son periodos diferentes permanece esta variable económica como una explicación y valida el cuerpo teórico de paridad de poder de adquisitivo.
Con respecto a la investigación de Villar, esta investigación coincide con este autor en que ambos proporcionan evidencia de la oferta monetaria, el comportamiento bursátil en México y el comportamiento bursátil en Estados Unidos como determinantes de explicación del tipo de cambio, y aun cuando son periodos diferentes permanecen estas variables económicas como una explicación y valida la teoría monetaria y el modelo de portafolio.
Con respecto a la investigación de Zapata y Díaz, esta investigación coincide con los autores en que ambos proporcionan evidencia del comportamiento bursátil en Colombia y en esta investigación, el comportamiento bursátil en México como determinantes de explicación del tipo de cambio en los respectivos países, y aun cuando son periodos diferentes permanecen estas variables económicas como una explicación y valida el cuerpo teórico del modelo de portafolio.

CONCLUSIONES

En esta investigación se encontró que para estos tres periodos las variables explican en diferentes medidas el comportamiento del tipo de cambio son Consumer Price Index (CPI), Reservas Internacionales (RI) y Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC), para el periodo 1992-2011, el orden de importancia las variables que los explican son en primer lugar la inflación en México con un 23.6%, en segundo lugar las Reservas Internacionales con un 23.46% y en tercer lugar por la inflación en Estados Unidos con un 18.48%.

Para el periodo 2001-2003 las variables que explican el comportamiento del tipo de cambio son Consumer Price Index (CPI), la Tasa de Rendimiento en México (CETE28) y el comportamiento bursátil en México (IPC), el orden de importancia las variables que los explican son en primer lugar la inflación en Estados Unidos con un 35.83%, en segundo lugar, la Tasa de Rendimiento en México con un 35.49% y en tercer lugar el comportamiento bursátil en México (IPC) con un 18.99%.

Las variables que explican el comportamiento del tipo de cambio son Dow Jones Industrial Average (DJIA), el Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) y el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) para el periodo 2008-2009: El orden de importancia las variables que los explican son en primer lugar el comportamiento bursátil en Estados Unidos con un 52.99%, en segundo lugar, la inflación en México con un 25.45% y en tercer lugar el comportamiento bursátil en México (IPC) con un 17.99%.

Adicional a esta descripción encontramos que para medir el desempeño del modelo de RNA propuesto se comparan con el modelo Regresión Lineal a través del error cuadrático medio como se puede apreciar en el siguiente cuadro en donde se muestra que para los tres periodos analizados, la metodología de RNA tiene un mayor ajuste en los datos históricos tomados para los periodos de crisis analizados en comparación el modelo de regresión lineal, coincidiendo con Zhang, Patuwo y Hu (2001) Jaric (2003), Henao y Rivera (2006), Jalil y Misas (2007), Cruz y Morales (2010) y Villar (2013).

Cuadro 4
Error cuadrático medio para la metodología de RNA y Regresión Lineal.

Periodo	MSE Red Neuronal		MSE Regresión Lineal	
	Entrenamiento	Prueba	Entrenamiento	Prueba
1992-2011	0.2337	0.3602	0.7517	0.8320
2001-2003	0.0882	0.1414	0.1190	0.1617
2008-2009	0.0199	0.3257	0.1040	0.6646

REFERENCIAS

Cruz Torres, I. & Morales Castro, A. (2010). Pronóstico con Redes Neuronales Artificiales y modelos ARIMA: el caso de los futuros del cete 91 días en el MEXDER y la toma de decisiones financieras. XII Asamblea General de ALAFEC, 2-28.

Gould, M. (2015). Business Forecasting. Business Forecasting -- Research Starters Business, 1-6.

El Shazly, M. R., & El Shazly, H. E. (1999). Forecasting currency prices using a genetically evolved neural network architecture. International Review Of Financial Analysis, 8(1), 67.

Henao, J. V., & Rivera, L. G. (2006). Modelado del índice de tipo de cambio real colombiano usando redes neuronales artificiales. Cuadernos De Administración (01203592), 19(32), 319-336.

Jalil B., M. A., & Misas A., M. (2007). Evaluación de pronósticos del tipo de cambio utilizando redes neuronales y funciones de pérdida asimétricas. Monetaria, 30(3), 219-241.

Jaric, Timotej. (2003). Forecasting with Leading Economic Indicators, a neural Network Approach. Business Economics, 38 (4), 42-54.

Leung, M. T., Chen, A. S., & Daouk, H. (2000). Forecasting exchange rates using general regression neural networks. Computers and Operations
Research, 27(11), 1093-1110.

Makridakis, S. y Wheelwright, S. (1977). Forecasting: issues & challenges for marketing management. Journal of Marketing. 41(4): 24-38.

Morales Castro A. (2012). El tipo de cambio peso-dólar y sus determinantes económico-financieros: Un modelo de vectores autorregresivos [VAR]. XII Asamblea General de ALAFEC, 3-26.

Nag, A. K. & Mitra, A. (2002). Forecasting Daily Foreign Exchange Rates Using Genetically Optimized Neural Networks. Journal of Forecasting, 21(7), 501-512.

Parzen, E. (1962) On Estimation of a Probability Desity Function and Mode. Annuals of Mathematical Statistics, 33 (3), 1065-1076.

Rodríguez, P., & Ruiz, O. (2012). ACUMULACIÓN DE RESERVAS INTERNACIONALES EN PAÍSES EMERGENTES CON TIPOS DE CAMBIO FLEXIBLES. Problemas Del Desarrollo. Revista Latinoamericana De Economía, 43(169), 51-72.

Singh, H., Raman, S., Wilson, E. (2015). Practical Considerations in Forecast Value Added (FVA) Analysis. Foresight: The International Journal Of Applied Forecasting, (38), 25-30.

Villar Corona, M.A. (2013) Pronóstico del Tipo de Cambbio Peso-Dólar Utilizando Redes Neuronales Artificiales. México: UNAM, Facultad de Contaduría y Administración. Tesis de Maestría en Finanzas.

Wienclaw, R. A. (2015). Forecasting Methods for Management. Forecasting Methods For Management -- Research Starters Business, 1-6.

Zapata Garrido, L.A., & Díaz Mojica, H. F. (2008). Predicción del tipo de cambio peso-dólar utilizando Redes Neuronales Artificiales (RNA). Pensamiento & Gestión, (24), 29-42.

Zhang G. P, Patuwo B. E. y Hu YM. Y. (2001). A simulation study of artificial neural networks for nonlineal time-series forecasing. Computers & Operations Research, 28 (1), 381-396.

Zhang, G. Peter. (2004). Neural Networks in Business Forecasting. USA: Universidad del estado de Georgia.