

## Comportamiento del mercado de divisas: una aplicación de Redes Neuronales Artificiales

Arturo Morales Castro<sup>1</sup>, Eliseo Ramírez Reyes<sup>2</sup>,  
Ricardo Jiménez Zamudio<sup>3</sup>

**Fecha de recepción:**  
28 de junio, 2019

**Fecha de aprobación:**  
6 de enero, 2020

### Resumen

El objetivo de este estudio es analizar mediante un modelo de redes neuronales, el rendimiento intradía del tipo de cambio peso mexicano – dólar estadounidense en función del comportamiento de las divisas tanto de países emergentes como desarrollados, dentro de los cuales se encuentran rand sudafricano (USDZAR), lira turca (USDTRY), rublo ruso (USDRUB), zloty polaco (USDPLN), corona checa (USDCZK), euro (EURUSD), corona sueca (USDSEK), corona noruega (USDNOK), franco suizo (USDCHF), dólar canadiense (USDCAD), libra esterlina (GBPUSD), yen japonés (USDJPY) y el real brasileño (USDBRL), en el periodo de julio de 2018 a enero de 2019 para identificar cuál de las variables analizadas tiene un mayor impacto en el comportamiento del tipo de cambio peso en el periodo seleccionado.

**Palabras clave:** Tipo de cambio, Redes Neuronales, Divisas.

### Abstract

The objective of this study is to analyze, through a neural network model, the intraday yield of the Mexican peso - US dollar exchange rate based on the behavior of currencies of both emerging and developed countries, within which South African rand are located (USDZAR), Turkish Lira (USDTRY), Russian Ruble (USDRUB), Polish Zloty (USDPLN), Czech Krone (USDCZK), Euro (EURUSD), Swedish Krona (USDSEK), Norwegian Krone (USDNOK), Swiss Franc (USDCHF), Dollar Canadian (USDCAD), British pound (GBPUSD), Japanese yen (USDJPY) and Brazilian real (USDBRL), in the period from July 2018 to January 2019 to identify which of the analyzed variables has a greater impact on the behavior of the exchange rate weight in the selected period.

**Key words:** Exchange rate, Neural Networks, Currencies.

<sup>1</sup>Profesor Investigador FCyA – UNAM-Av. Universidad 3000, C.U., C.P. 04510, Ciudad de México. amorales@fca.unam.mx

<sup>2</sup>Alumno de posgrado FCyA – UNAM- Av. Universidad 3000, C.U., C.P. 04510, Ciudad de México. eliseoramrez@gmail.com

<sup>3</sup>Profesor Universidad de la República Mexicana-Av. Tlahuac 4761, El Vergel, C.P. 09880, Ciudad de México. jimenez\_ricardo3@yahoo.com.mx

## Introducción

En esta investigación se presenta una propuesta metodológica para determinar el rendimiento intradía del tipo de cambio peso mexicano – dólar estadounidense a partir del rendimiento histórico de 13 divisas a través de un modelo de Redes Neuronales Artificiales (RNA) para determinar aquellas divisas que tienen un mayor impacto en el tipo de cambio en el periodo de julio de 2018 a enero de 2019.

Zang (2004) establece que las Redes Neuronales Artificiales (RNA) tienen una gran capacidad de predicción y clasificación de patrones, las cuales han sido utilizadas en diferentes campos de investigación. Las aplicaciones incluyen las áreas de contabilidad, finanzas, marketing, economía, producción y operaciones, negocios internacionales, turismo y transportación.

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).

Ante esta situación, se propone la implementación de un modelo de (RNA) para asociar y medir el impacto que tienen 13 divisas en el comportamiento del tipo de cambio peso mexicano-dólar estadounidense. Mediante el cálculo del impacto de las variables de entrada en la RNA (13 divisas) se podrá conocer cuál de estas presentan una mayor sensibilidad al tipo de cambio.

## Redes Neuronales Artificiales.

Las Redes Neuronales Artificiales son técnicas del manejo de datos por lo que la confiabilidad de los modelos de Redes Neuronales depende de una gran extensión en la calidad de los datos.

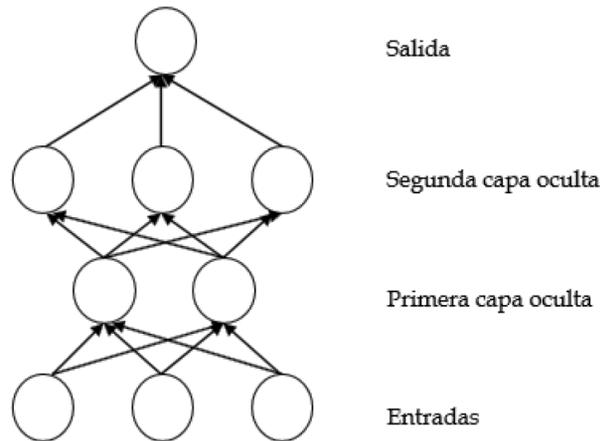
Hay diferentes temas prácticos alrededor de los requerimientos para un modelo de RNA. Uno es el tamaño de la muestra para construir una red neuronal. Una muestra de mayor tamaño provee una mejor oportunidad a las redes neuronales para aproximar adecuadamente la estructura de los datos. Por lo tanto, una muestra grande es deseable para un modelaje no lineal (Zhang, 2004).

Es importante para una red neuronal determinar las variables de entrada apropiadas para capturar la relación esencial que puede ser usada para un pronóstico exitoso. El número y el tipo de variables usadas en la capa de entrada de una red neuronal afectan el comportamiento de una red neuronal en los datos dentro y fuera de la muestra (Zhang, 2004).

En esta investigación se empleará el Perceptrón multicapa, el cual es un tipo de RNA, a partir del cual se construirá un modelo de pronóstico del tipo de cambio. Así, nos referimos a la RNA como técnica cuando hablamos de ella sin mencionar una relación entre variables dependientes e independientes. En el caso contrario, estaríamos hablando de un modelo.

## Perceptrón Multicapa (MLP)

El Perceptrón multicapa (figura 1) es un sistema capaz de aproximar funciones complejas y, por lo tanto, capaz de modelar relaciones complejas entre variables dependientes e independientes.



**Figura 1.** Arquitectura de una Red Neuronal 4  
Tomado de: Palisade Corporation (2013).

El comportamiento de la red está determinado por:

- Su arquitectura (el número de nodos de entrada, número de nodos en las capas ocultas y número de nodos de salida)
- Los *pesos* de las conexiones (un parámetro asignado para cada conexión) y los parámetros asignados a cada neurona. A partir de los pesos se mide el impacto de variables.
- La función de activación/transferencia usada para convertir las entradas de cada neurona en sus salidas.

Específicamente, una neurona oculta con  $n$  entradas primero registra una suma ponderada de sus entradas:

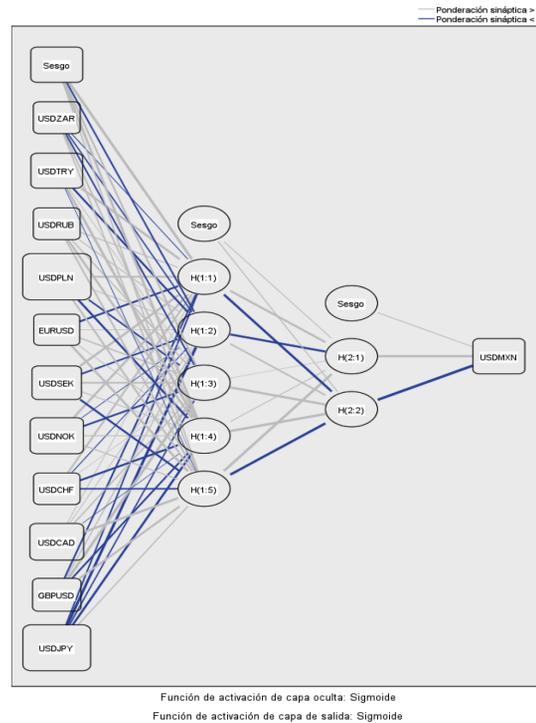
$$\text{Sum} = in_0 * w_0 + in_1 * w_1 + \dots + inn * w_n + \text{sesgo.} \quad (1)$$

donde  $in_0$  to  $inn$  son las salidas de las neuronas en la capa previa, mientras que  $w_0$  a  $w_n$  son los pesos de las conexiones; cada neurona tiene su valor de sesgo. Luego la función de activación es aplicada a la suma para generar la salida de la neurona.

Cuando el perceptrón multicapa es usado para clasificar, estas tienen múltiples neuronas a la salida, una correspondiente a cada posible categoría dependiente. Una neurona clasifica en caso por computar su salida numérica; la categoría seleccionada es la correspondiente a la neurona con el valor de salida de mayor valor.

### Mercado de divisas

El desempeño del mercado de divisas ha sido estudiado desde diferentes métodos estadísticos y modelos matemáticos no lineales. En la tabla 1 se muestra la relación de investigaciones del mercado de divisas y la metodología empleada.



**Figura 2.** Arquitectura del Perceptrón multicapa  
Fuente: elaboración propia con datos de Bloomberg utilizando el software SPSS v.23

**Tabla 1.** Investigaciones empíricas del mercado de divisas.

Autor	Método	Periodo	Divisas
Chalamandaris y Tsekrekos (2010)	Series de tiempo	1999-2009	Dólar estadounidense, dólar australiano, dólar canadiense, franco suizo, corona danesa, euro, libra, yen, peso mexicano, corona noruega, dólar neozelandés y corona sueca.
Drozdz, Górski y Kwapien (2007)	Correlación Granger	1998-2005	60 divisas de América, Europa y Asia.
Fenn, Porter, Mucha, McDonald, Williams, Johnson y Jones (2012)	Modelo de redes	1991-1998 1999-2003 2005-2008	dólar australiano, canadiense, euro, libra esterlina, yen, franco suizo, dólar neozelandés, corona noruega y corona sueca.
Han-Seung, Lenskiy y Koneva (2012)	Series de tiempo	2003-2011	Euro, yen, dólar canadiense, libra, dólar australiano, franco suizo y dólar neozelandés.
Mougoué y Aggarwal (2011)	Causalidad de Granger	1977-2009	Dólar estadounidense, dólar canadiense, libra, yen.
Stosic, Stosic, Ludermitz y Stosic (2016)	Correlaciones entrópicas	1971-2014	33 divisas de Europa, América, Asia y África.
Strozzi, Zaldivar y Sbilut (2002)	Series de tiempo	1996	18 divisas de Europa y América
Syahidah, y Sharif (2017)	coeficiente RV de Escoufier	2015	20 divisas de Europa occidental
Wei-Shen, Yun-Jie, Yu-Hsien y Sy-Sang (2016)	Exponente de Hurst	2009	dólar australiano, canadiense, euro, libra esterlina, yen, franco suizo, real brasileño, rupia, won surcoreano, rublo, dólar taiwanés, rand sudafricano, dólar Hong Kong y yuan

Fuente: Elaboración propia con base en los autores citados.

El comportamiento de las divisas puede ser analizado desde el punto de vista de sistemas complejos. Strozzi et al. (2002) analizaron el comportamiento de 18 divisas respecto al dólar estadounidense con datos de alta frecuencia en el periodo de enero a diciembre de 1996 utilizando series de tiempo no lineales. Dentro de los hallazgos en esta investigación se encuentra que el exponente de Hurst no ayuda a distinguir las diferencias entre las divisas. Sin embargo, mediante el uso del método de análisis de cuantificación de recurrencias (RQA), se pudo realizar un estudio de correlación entre las 18 divisas.

Las divisas a nivel internacional se encuentran relacionadas entre sí. De acuerdo con Drozd et al. (2007), la red de divisas a nivel mundial constituye un sistema complejo. En su investigación analizaron los rendimientos diarios de 60 divisas de 1998 al 2005 con la finalidad de obtener una matriz de correlación tomando como base el dólar estadounidense. Uno de los hallazgos es la existencia de grupos de divisas correlacionados en diferentes niveles de interacciones. En el caso del peso mexicano, las divisas que se encuentran cercanas son: yen japonés (JPY), zloty polaco (PLN), corona checa (CZK), franco suizo (CHF), corona sueca (SEK), corona noruega (NOK) y el euro (EUR).

Las principales conclusiones en el estudio del mercado de divisas establecidas por Chalamandaris y Tsekrekos (2010) y Han-Seung et al. (2012) a través del análisis de series de tiempo son:

- Los factores sistemáticos globales son más significativos para determinar la dinámica del mercado en comparación con los factores regionales y factores específicos de la divisa.

- Se soporta la existencia de memoria en las series de tiempo del tipo de cambio.

A través de los estudios de correlación y modelos matemáticos no lineales de Fenn et al. (2012), Mougoué y Aggarwal (2011), Stosic et al. (2016), Wei-Shen et al. (2016) se establecen las siguientes conclusiones:

- Las divisas de mercados desarrollados tienen una correlación débil en las etapas de depreciación y apreciación. Las divisas de mercados emergentes muestran una correlación constante en etapas de depreciación.
- Existe una relación entre el comportamiento del tipo de cambio y la posición que tenga la divisa en un grupo de divisas con características particulares.
- Existe una causalidad bidireccional entre la volatilidad y el volumen de operaciones entre las divisas.
- La dinámica del mercado de divisas cambia drásticamente para diferentes escalas. En precios intradía presenta fluctuaciones desordenadas. Mientras más largas son las escalas tienen ciclos periódicos y fluctuaciones regulares e irregulares.
- Existe una correlación débil en el mercado Forex de divisas respecto a las divisas de América, Europa, Asia y África. Sin embargo, el bloque europeo se presenta la mayoría de las correlaciones entrópicas.

## Metodología

### Tipo de investigación

La presente investigación abordará el tema tipo de cambio peso mexicano –

dólar estadounidense con un enfoque cuantitativo. Se medirá y analizará el comportamiento del tipo de cambio peso mexicano-dólar estadounidense respecto a la variación de 13 divisas. Las variables (divisas) que se consideran son: el tipo de cambio peso mexicano-dólar estadounidense (USDMXN), el tipo de cambio del dólar respecto a las siguientes divisas: rand sudafricano (USDZAR), lira turca (USDTRY), rublo ruso (USDRUB), zloty polaco (USDPLN), corona checa (USDCZK), euro (EURUSD), corona sueca (USDSEK), corona noruega (USDNOK), franco suizo (USDCHF), dólar canadiense (USDCAD), libra esterlina (GBPUSD) y el yen (USDJPY) y el real brasileño (USDBRL).

Se realiza un análisis transversal del tipo de cambio peso mexicano-dólar estadounidense en el periodo de julio de 2018 a enero de 2019. Esta investigación es histórica al usar datos históricos de las variables mencionadas anteriormente, los cuales son proporcionados por Bloomberg. En esta investigación se analizan los rendimientos de las divisas mencionadas anteriormente. Sin embargo, no se analiza la volatilidad y el volumen de operaciones y la relación que pudiera tener con el rendimiento. Esta investigación no analiza el comportamiento de las divisas en periodos de crisis por lo que estos resultados pueden variar en periodos de alta volatilidad. La frecuencia de los datos es intradía y los resultados mostrados pueden variar al ampliar la periodicidad del análisis de las divisas mencionadas anteriormente.

### Diseño de la investigación

La investigación se realizó a partir de los valores intradía de 21 divisas y del tipo de cambio peso mexicano-dólar estadounidense del periodo de julio de

2018 a enero de 2019 construyéndose una base de datos. La información recabada proviene de la plataforma Bloomberg. Para construir los modelos RNA, la base de datos mencionada anteriormente disminuyó de 21 a 13 divisas, debido a la escasa reacción que presentaron algunas divisas con respecto al peso mexicana.

Además, de la importancia y nivel de liquidez en el comercio y las finanzas internacionales principalmente cuando se utilizan para financiamiento y para inversión nos referimos a la conformación de portafolios internacionales. En el caso del continente africano se consideró el rand sudafricano (Sudáfrica) debido a su importancia en el continente africano y su posición como país emergente.

Tomando la segunda base de datos se construyen 40 arquitecturas de RNA para elegir la arquitectura óptima considerando aquella que presente un menor error determinado por la suma de cuadrados. Una vez seleccionada la arquitectura se eligen los impactos de variables asociados a dicha arquitectura.

Posteriormente se realiza el análisis de dicha información. En la primera etapa se analiza el comportamiento del tipo de cambio a través de la metodología de arquitectura de RNA óptima. En la segunda etapa se realiza un análisis de las correlaciones de las 13 divisas empleadas en esta investigación respecto al tipo de cambio peso mexicano - dólar estadounidense.

### Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la investigación del tipo de cambio peso mexicano-dólar estadounidense. Las variables analizadas se muestran en la tabla 2.

**Tabla 2.** Variables utilizadas en el estudio

No.	Moneda	Código
1	Rand sudafricano	USDZAR
2	Lira turca	USDTRY
3	Rublo ruso	USDRUB
4	Zloty polaco	USDPLN
5	Corona checa	USDCZK
6	Euro	EURUSD
7	Corona sueca	USDSEK
8	Corona noruega	USDNOK
9	Franco suizo	USDCHF
10	Dólar canadiense	USDCAD
11	Libra esterlina	GBPUSD
12	Yen japonés	USDJPY
13	Peso mexicano	USDMXN
14	Real brasileño	USDBRL

Fuente: Elaboración propia con datos de Bloomberg

En este estudio se analiza el comportamiento de los rendimientos de las divisas mencionadas anteriormente respecto al tipo de cambio peso mexicano-dólar estadounidense (USDMXN). El rendimiento de las divisas se obtuvo mediante la ecuación 1.

$$R = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right)$$

Las características de la RNA para realizar el modelo son:

- Tipo de Red Neuronal.
- Procesamiento de casos.
- Función de activación en la capa oculta.
- Función de activación en la capa de salida.
- Función de error.
- Perceptrón multicapa.

- Entrenamiento (70%), Prueba (30%).
- Sigmoidal.
- Sigmoidal.
- Suma de cuadrados.

Se probaron 40 arquitecturas para identificar la arquitectura óptima, es decir, la que presenta mayor ajuste a los datos de la muestra. El ajuste a los datos de la muestra se midió a través de suma de cuadrados.

Como se puede observar en la tabla 3, la arquitectura de RNA óptima es la número 7 (13-3-1-1) al presentar el menor valor de error con un valor de 48.6% en comparación con las demás arquitecturas. La arquitectura está compuesta por: 13 nodos en la capa de entrada, 3 nodos en la primera capa intermedia, 1 nodos en la segunda capa intermedia y un nodo en la capa de salida. Una vez de terminada la arquitectura óptima se toman sus valores de impacto de variables.

**Tabla 3.** Determinación de las arquitecturas de RNA óptimas

	Arquitectura						
	1	2	3	4	5	6	7
VARIABLES	13-6-3-1	13-3-0-1	13-1-5-1	13-6-0-1	13-3-2-1	13-4-3-1	13-3-1-1
USDZAR	98.0%	100.0%	60.1%	100.0%	50.1%	100.0%	83.1%
USDTRY	26.9%	44.1%	62.4%	3.9%	8.5%	59.2%	59.2%
USD RUB	46.8%	35.3%	12.5%	11.4%	91.4%	51.3%	43.5%
USDPLN	100.0%	12.4%	100.0%	54.2%	92.4%	51.0%	66.3%
USDCZK	24.8%	55.8%	89.9%	64.1%	11.6%	62.6%	85.3%
EURUSD	20.4%	11.9%	86.8%	45.0%	30.4%	42.8%	100.0%
USDSEK	38.0%	18.5%	15.4%	72.3%	12.5%	37.4%	38.3%
USDNOK	57.4%	47.8%	76.0%	23.3%	23.7%	6.8%	18.9%
USDCHEF	24.6%	36.1%	9.9%	15.3%	10.0%	16.8%	52.3%
USDCAD	86.8%	51.1%	94.6%	83.6%	43.9%	67.6%	55.3%
GBPUSD	56.0%	22.2%	82.0%	10.8%	100.0%	85.0%	75.1%
USDJPY	28.4%	24.0%	33.0%	10.0%	8.8%	7.8%	47.6%
USDBRL	19.2%	15.4%	2.0%	32.7%	9.0%	31.6%	66.2%
Error							
Porcentaje	56.1%	53.6%	53.7%	56.0%	53.2%	54%	48.6%

Fuente: Elaboración propia con la simulación de 40 distintas arquitecturas de RNA utilizando el software SPSS v.23.

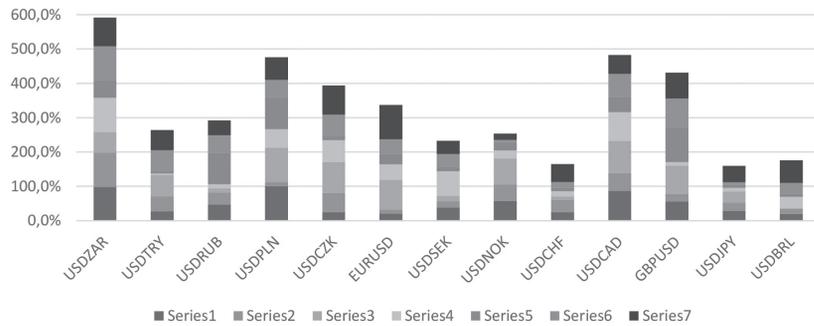
Los porcentajes que se muestran en la tabla 3 corresponden al impacto de las variables sobre el tipo de cambio peso mexicano dólar. Estos porcentajes se obtiene a partir de los pesos sinápticos del modelo de RNA, siendo 100% la variable con mayor impacto y ponderando los demás porcentajes en función de esta variable. Las variables con mayor impacto en cada arquitectura aparecen en color azul. En la figura 3 se visualiza la suma del impacto de las variables para las 7 arquitecturas mostradas en la tabla 3.

Después se elaboraron unos nuevos modelos de redes neuronales artificiales utilizando aquellas divisas que tuvieran una mayor correlación con el tipo de cambio peso mexicano-dólar estadounidense para evaluar su desempeño. Como referencia se utilizaron las correlaciones proporcionadas por Mataf. net, las cuales se muestran en la tabla 4.

Para este estudio se consideraron las siguientes divisas que se muestran en la tabla 5.

También se muestra la gráfica de rendimientos del tipo de cambio USDMXN (figura 5).

Para observar el efecto de los rendimientos negativos y positivos del tipo de cambio USDMXN en las divisas propuestas se eligió un rango menor de -0.01 y mayor a 0.01. En las figuras 6 y 7 se puede observar que las divisas que tienen un comportamiento similar al tipo de cambio USDMXN tanto en rendimiento negativos como positivos son el rand sudafricano, zloty polaco y la corona checa. La divisa que tiene un comportamiento contrario al tipo de cambio USDMXN es el euro quien mantiene rendimientos positivos cuando el tipo de cambio USDMXN presenta rendimientos negativos.

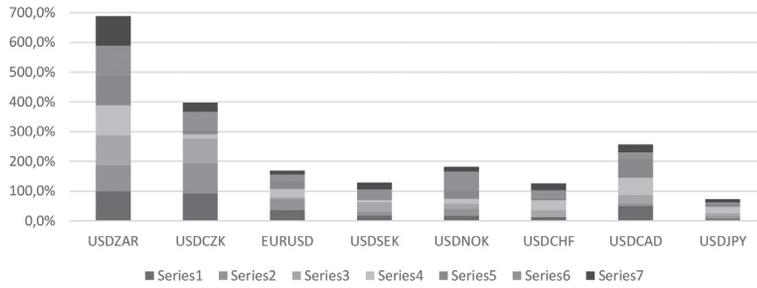


**Figura 3.** Impacto de variables de las divisas internacionales.  
Fuente: Elaboración propia con datos de Bloomberg.

**Tabla 4.** Correlación del tipo de cambio USDMXN frente a otras divisas.

pair1	pair2	Frecuency			
		5min	1h	4h	1d
USDMXN	USDZAR	40.6	-40	-14.6	53.7
USDMXN	USDTRY	8.7	-6.6	14.7	-16.1
USDMXN	USDPLN	47.7	-6.3	-11.1	-2.2
USDMXN	USDCZK	61.9	-16.5	-16.5	5.1
USDMXN	EURUSD	-55.4	49.6	33.9	6.6
USDMXN	USDSEK	41.9	-53	-17.2	-15.6
USDMXN	USDNOK	55.5	-45.9	-14	15.2
USDMXN	USDCHF	51.7	-57.8	-28.8	-12.9
USDMXN	USDCAD	76.5	-18.7	33.2	25.7
USDMXN	GBPUSD	-50.3	8.8	19.2	-6.1
USDMXN	USDJPY	71.6	-24.1	7.1	-24.6

Fuente: Elaboración propia con datos de [www.mataf.net/es/forex/tools/correlation](http://www.mataf.net/es/forex/tools/correlation)

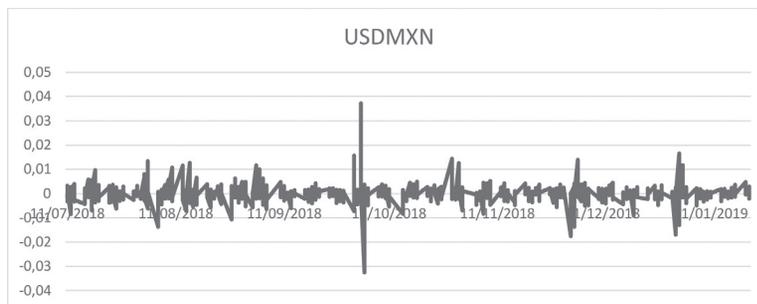


**Figura 4.** Impacto de variables de las divisas internacionales  
Fuente: Elaboración propia con datos de Bloomberg.

**Tabla 5.** Variables utilizadas en el estudio

No.	Moneda	Código
1	Rand sudafricano	USDZAR
2	Corona checa	USDCZK
3	Euro	EURUSD
4	Corona sueca	USDSEK
5	Corona noruega	USDNOK
6	Franco suizo	USDCHF
7	Dólar canadiense	USDCAD
8	Yen	USDJPY
9	Peso mexicano	USDMXN

Fuente: Elaboración propia con datos de Bloomberg.

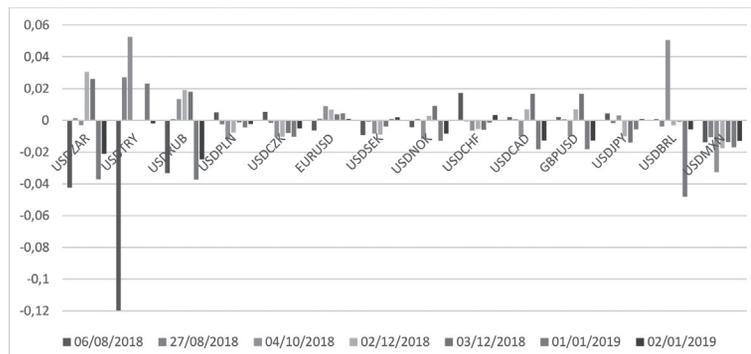


**Figura 5.** Rendimientos del tipo de cambio USDMXN.  
Fuente: Elaboración propia con datos de Bloomberg.

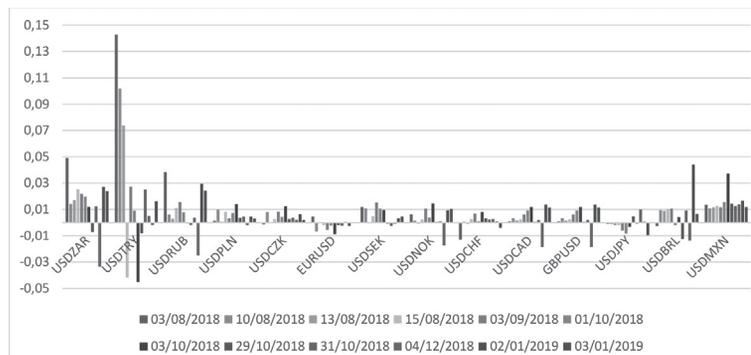
**Tabla 6.** Determinación de las arquitecturas de RNA óptimas

	Arquitectura						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>Variables</b>	<b>8-2-0-1</b>	<b>8-3-0-1</b>	<b>8-4-0-1</b>	<b>8-5-0-1</b>	<b>8-6-0-1</b>	<b>8-3-2-1</b>	<b>8-4-3-1</b>
USDZAR	100.0%	87.9%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
USDCZK	92.6%	100.0%	83.8%	14.6%	13.2%	62.4%	29.9%
EURUSD	36.4%	38.5%	5.4%	27.0%	25.7%	22.6%	12.8%
USDSEK	18.2%	10.7%	33.3%	8.9%	6.0%	28.8%	22.6%
USDNOK	17.0%	23.0%	17.1%	17.6%	27.0%	64.4%	16.0%
USDCHF	12.4%	2.2%	21.5%	33.3%	9.5%	24.2%	23.0%
USDCAD	51.0%	8.0%	27.5%	57.9%	64.4%	20.8%	26.5%
USDJPY	6.7%	8.5%	10.6%	21.9%	9.9%	3.8%	11.7%
Error							
Porcentaje	60.3%	55.3%	48.3%	44.9%	57.3%	52.5%	53.8%

Fuente: elaboración propia con la simulación de 40 distintas arquitecturas de RNA utilizando el software SPSS v.23.



**Figura 6.** Rendimiento negativo de USDMXN.  
Fuente: Elaboración propia con datos de Bloomberg.



**Figura 7.** Rendimiento positivo de USDMXN.  
Fuente: Elaboración propia con datos de Bloomberg.

## Discusión

### **El efecto del tipo de cambio peso-dólar con relación a otras monedas tanto de países desarrollados como emergentes.**

En un mundo cada vez más globalizado, donde los mercados financieros sobre todo de países emergentes se encuentran expuestos a los acontecimientos de carácter político, económico, financiero e inclusive social. Las monedas emergentes bajo ese entorno están viviendo fuertes movimientos volátiles, que a veces es difícil evitar ese comportamiento por situaciones ajenas a la evolución de sus variables macroeconómicas interna.

El tipo de cambio peso mexicano-dólar estadounidense es una de ellas, el cual se encuentra expuesto a eventos económicos-financieros a nivel mundial, como lo sucedido en la reciente crisis 2008-2009, donde peso mexicano registró una fuerte devaluación.

En tan solo unos cuantos meses la divisa mexicana registró una depreciación acumulada de 53.24% al pasar de un precio de 10.51 pesos por dólar, precio que se encontraba a principios de septiembre de 2008 a 16 pesos por billete verde, cotización que alcanzó a mediados de marzo de 2009.

Por ello, es importante contextualizar el efecto que hay sobre el tipo de cambio peso-dólar frente a otras divisas principalmente de países subdesarrollados. El hecho de que el peso mexicano sea una moneda emergente y este expuesto a cualquier movimiento brusco de otras divisas de países emergentes, como son los casos del rand sudafricano (Sudáfrica), la lira turca (Turquía), rublo ruso (Rusia), zloty polaco (Polonia) y real brasileño (Brasil).

Las divisas de países desarrollados también pueden influir en el comportamiento de la moneda mexicana, tales son los casos del euro (Europa), corona sueca (Suecia), corona noruega (Noruega), franco suizo (Suiza), dólar canadiense (Canadá), la libra esterlina (Gran Bretaña) y el yen japonés (Japón).

En el caso de rand sudafricano, el peso mexicano se ha visto afectado por la depreciación de la moneda sudafricana, sobre todo por los acontecimientos relacionados con el comportamiento de su economía que en los últimos trimestres ha mostrado una clara desaceleración, además de los problemas de acontecimientos políticos que ha tenido ese país africano, lo cual puso en riesgo su calificación crediticia.

La nación de Turquía, que es miembro de la Zona Euro, también generó preocupación a nivel global por los fuertes movimientos volátiles registrados en su moneda (lira turca), lo cual tuvo efectos en el mercado de divisas internacional, sobre todo en las monedas emergentes en la que se encuentra la mexicana. El origen de la crisis de Turquía estuvo explicado principalmente por la parte política (elecciones), política monetaria (alza de tasas de interés) y problemas de crecimiento económico.

Aunque, México no tiene relaciones comerciales estrechas con ese país, los efectos de la volatilidad de la lira turca se dejaron sentir en la moneda mexicana, originando una marcada depreciación superior al 1% en un día, por el simple hecho de ser una moneda emergente. Es importante destacar que las variables macroeconómicas fundamentales, como inflación, PIB, balanza comercial y tasa de interés, se encontraban estables cuando sucedió ese acontecimiento (2018).

Otras de las monedas que afectó al peso mexicano de manera importante fue el dólar

canadiense, sobre todo cuando se dio la negociación del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), que ahora se llama T-MEC, el cual duró más de un año el proceso de conciliación entre los países de Estados Unidos, México y Canadá.

El efecto de la divisa canadiense hacia el tipo de cambio peso-dólar fue directo por las relaciones comerciales que guardan estos dos países, pues cualquier acontecimiento tanto de tipo económico como político, la moneda mexicana reaccionaría inmediatamente.

El real brasileño (Brasil) resultó otra de las monedas emergentes que presionó al tipo de cambio peso-dólar, generando movimientos volátiles, lo cual se derivó básicamente de los problemas económicos y políticos por los que mostró este país sudamericano.

La reacción del peso mexicano con respecto al real brasileño se explicó por las relaciones económicas que tiene México con Brasil, además, de que el país americano se encuentra clasificado dentro de las economías emergentes.

El yen japonés que se considera una moneda *dura* es otra de las monedas que afectan al peso mexicano, es decir, cualquier movimiento brusco que tenga la divisa de Japón inmediatamente se refleja en el peso mexicano, debido a las relaciones comerciales que existen entre estos dos países y lo que representa el yen japonés a nivel global.

En relación con el euro y libra esterlina también tienen un efecto directo hacia la moneda mexicana, principalmente porque estas dos monedas son las más importantes de la Comunidad Económica Europea (CEE), por lo que cualquier movimiento brusco no solo genera movimientos volátiles en la moneda mexicana, sino a las demás divisas emergentes.

Sin embargo, existen otras monedas cuyo efecto hacia el peso mexicano es moderado, como son los casos de la moneda de Polonia, además, de la corona sueca, el franco suizo y la corona noruega.

## Conclusiones

Como afirma Morales (2009) conocer la forma en que las variables económico-financieras también llamadas variables fundamentales y el tipo de cambio están relacionados es de suma importancia en la actualidad, especialmente porque las interrelaciones son cruciales en la transmisión o propagación de las crisis financieras y, aun cuando Morales (2009) estudió empíricamente la relación, magnitud y el tiempo en que se dan los efectos de transmisión entre el tipo de cambio y, las llamadas variables fundamentales con un modelo de vectores auto regresivos logrando describir a corto plazo el comportamiento y la interrelación entre las variables y el tipo de cambio, para la economía mexicana en el periodo 1999-2007, para periodos posteriores al año 2008, las variables fundamentales no son suficientes en explicar el comportamiento de la moneda de un país; justo por ello se requiere incluir en el modelaje del tipo de cambio variables que aun cuando teóricamente no se reconocen en la literatura económica-financiera es indispensable incorporarlas en modelos atóricos como las RNA.

Los modelos atóricos no solo se limitan a las RNA; también consideran la minería de datos en el análisis de las series financieras como lo reporta Morales, Ramírez y Sanabria-Landazábal (2020) en la aplicación de minería de datos al analizar las crisis financieras en los mercados de valores en México.

Es justo en este entorno que toma relevancia las RNAy, su aplicación al mercado cambiario utilizando variables no precisamente de las llamadas fundamentales.

El efecto de las divisas internacionales en el tipo de cambio peso mexicano - dólar se puede observar en dos aspectos: el primero es el análisis con datos de alta frecuencia (intradía) y el segundo con perspectivas de cambio en periodos de una semana, un mes y anual.

Las divisas como la corona checa, el euro, la corona sueca, la corona noruega y el franco suizo tienen una mayor correlación en frecuencias de 5 minutos y una hora en comparación con las divisas de este estudio. Sin embargo, al aumentar la frecuencia a 1 día, estas correlaciones disminuyen.

En el caso del rand sudafricano y el dólar estadounidense, casi mantienen su correlación en frecuencias de 5 minutos, 1 hora, 4 horas y 1 día, llegando a superar en correlación diaria a las divisas mencionadas anteriormente.

Existe una relación entre los valores de correlación de divisas y la precisión de los modelos de redes neuronales artificiales al evaluar los modelos con variables con mayor correlación, los cuales obtuvieron un menor error absoluto medio porcentual.

Se validó el estudio realizado por Drozd et al. (2007), donde se muestra las divisas que se encontraban el grupo de correlación con el peso mexicano fueron aquellas que mostraron mayor correlación en periodos de alta frecuencia (5 minutos y 1 hora).

Las ventajas en este estudio de redes neuronales del tipo de cambio son, proporcionar una herramienta necesaria de toma de decisiones para los Traders y analistas del mercado de divisas que toman decisiones

de inversiones, además de investigadores y todos aquellos que están relacionados con el movimiento de las divisas en el ámbito global.

El presente trabajo también puede ser utilizado por profesores y estudiantes que están relacionados con áreas de estudio de economía, finanzas, ingeniería y administración.

El mayor uso de este trabajo de redes neuronales del tipo de cambio lo podrían utilizar los inversionistas, sobre todo para saber en qué momento tomar la decisión inversión con el movimiento del peso mexicano con otras divisas internacionales.

Las limitaciones del estudio radican en la infinidad de datos que utiliza el modelo para explicar la conectividad del tipo de cambio peso mexicano – dólar estadounidense con otras divisas del mundo, que en sentido estricto a veces da resultados poco consistentes o reales de lo que está pasando en el mercado.

## Referencias

- Chalamandaris, G. y Tsekrekos, A. (2010). The Correlation Structure of FX Option Markets before and since the Financial Crisis. *Applied Financial Economics*, 20(1–3), 73–84. doi: <https://doi.org/10.1080/09603100903262525>
- Drozd, S., Górski, A. y Kwapién J. (2007). World currency exchange rate cross-correlations. *The European Physical Journal B*, 58(1), 499–502. doi: <https://doi.org/10.1140/epjb/e2007-00246-8>
- Fenn, D., Porter, M., Mucha, P., McDonald, M., Williams, S., Johnson, N. y Jones, N. (10 de agosto, 2012). Dynamical clustering of exchange rates. *Quantitative Finance*, 12(10), 1493–1520. doi: <https://doi.org/10.1080/14747480.2012.700000>

- doi.org/10.1080/14697688.2012.668288
- Han-Seung, K., Lenskiy, A. y Koneva, K. (2012). Trading foreign currencies based on long range dependence. In *CIMSIN'12 Proceedings of the Fourth International Conference on Computational Intelligence, Modelling and Simulation* (pp. 29-33). Recuperado de <https://dl.acm.org/doi/10.5555/2408857.2409275>
- Morales-Castro, A. (2009). *Determinantes económico-financieros del tipo de cambio peso-dólar México: 1999-2007* (Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México).
- Morales-Castro, A. Ramírez, E. y Sanabria-Landazábal, N. (2020). The Mexican stock exchange performance after the financial crisis of 2008: an application of data mining. *Dimensión Empresarial*, 18(1), 1-8. doi: 10.15665/dem.v(18)i.2246
- Mougoué, M. y Aggarwal, R. (octubre, 2011). Trading volume and exchange rate volatility: Evidence for the sequential arrival of information hypothesis. *Journal of Banking & Finance*, 35(10), 2690-2703. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2011.02.028>
- Palisade Corporation. (marzo, 2013). *Neural Tools. Programa auxiliar de redes neuronales para Microsoft® Excel* [Guía del usuario]. Recuperada de <https://bit.ly/2TTiw0r>
- Stosic, D., Stosic, D., Ludermir, T. y Stosic, T. (2016). Correlations of multiscale entropy in the FX market. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 457, 52-61. doi: <https://doi.org/10.1016/j.physa.2016.03.099>
- Strozzi, F., Zaldívar, J. y Zbilut, J. (septiembre, 2002). Application of non-linear time series analysis techniques to high frequency currency exchange data. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 457(3-4), 520-538. doi: [https://doi.org/10.1016/S0378-4371\(02\)00846-4](https://doi.org/10.1016/S0378-4371(02)00846-4)
- Syahidah, N. y Sharif, S. (2017). Detecting a currency's dominance using multivariate time series analysis. *Journal of Physics: Conference Series*, 890(1), 1-6. doi: 10.1088/1742-6596/890/1/012125
- Wei-Shen, L., Yun-Jie, T., Yu-Hsien, S. y Sy-Sang, L. (junio, 2016). General and specific statistical properties of foreign exchange markets during a financial crash. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 451, 601-622. doi: <https://doi.org/10.1016/j.physa.2016.01.077>
- Zhang, P. (2004). *Neural Networks in Business Forecasting*. Hershey PA, USA: Idea Group Publishing.

Para citar este artículo utilice el siguiente formato:

Morales, A. Ramírez, E. y Jiménez, R. (enero-junio de 2020). Comportamiento del mercado de divisas: una aplicación de Redes Neuronales Artificiales. *YACHANA, Revista Científica*, 9(1), 39-53.