



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería

“Diseño de un modelo basado en Algoritmos Inteligentes para la
obtención del valor del suelo en zonas urbanas”

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestro en Valuación de Bienes

Presenta:

Ing. Wendy Alejandra Quintas Frias

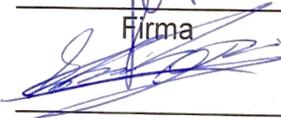
Dirigido por:

Dr. Mario Trejo Perea

Dr. Mario Trejo Perea
Presidente


Firma

M.C. Verónica Leyva Picazo
Secretario


Firma

Dr. José Gabriel Ríos Moreno
Vocal

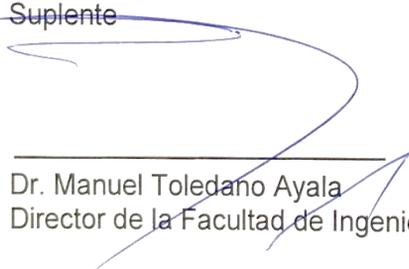

Firma

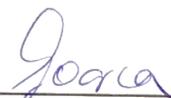
M.C. Héctor Ortiz Monroy
Suplente


Firma

M.C. José Manuel Álvarez Alvarado
Suplente


Firma


Dr. Manuel Toledano Ayala
Director de la Facultad de Ingeniería.


Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña
Directora de Investigación y Posgrado

**“Diseño de un modelo basado en Algoritmos
Inteligentes para la obtención del valor del suelo en
zonas urbanas”**

por Wendy Alejandra Quintas Frias

RESUMEN

Los valores de mercado que presentan los predios urbanos actualmente son muy dinámicos, debido al crecimiento de la mancha urbana, así como la plusvalía generada por la infraestructura y el equipamiento urbano, en los últimos años uno de los fenómenos que se han generado es la especulación sobre los valores de los bienes inmuebles, lo que ha hecho que se amplíen los campos de investigación para el desarrollo de nuevas técnicas que puedan resolver este problema como la Inteligencia Artificial. Las redes neuronales artificiales (RNA) han ido evolucionando en cada uno de los campos técnicos y científicos, incluyendo la valuación inmobiliaria, con ella se busca generar de manera más pronta y exacta los valores reales para la oferta y venta de bienes, cuya intención es obtener un valor que sea óptimo tanto como para el comprador como para el vendedor, así se busca erradicar la subjetividad de los participantes técnicos. Esta investigación toma como objeto de estudio el municipio de Corregidora, Querétaro; esta ciudad ha presentado dinamismo poblacional, proponiendo un modelo de aprendizaje con redes neuronales para la valuación de predios urbanos, obteniendo aproximadamente 7% de error en el modelo de predicción.

Palabras Clave: Redes Neuronales Artificiales, Predios urbanos, Valor de mercado

SUMMARY

The market values presented by urban properties are currently very dynamic, due to the growth of urban sprawl, as well as the surplus value generated by infrastructure and urban equipment, one of the phenomena that have been generated in recent years. It is the speculation on the values of the real estate, which has made that the fields of investigation are extended for the development of new techniques that can solve this problem like the Artificial Intelligence. Artificial neural networks have evolved in each of the technical and scientific fields, this including real estate valuation, which seeks to generate more quickly and accurately the real values for the supply and sale of goods, whose intention is to obtain a value that is optimal both for the buyer and the seller, likewise seeks to eradicate the subjectivity of technical participants. This investigation has considered as object of study the municipality of Corregidora, Querétaro; This city has presented population dynamism, proposing a learning model with neural networks for the valuation of urban properties, obtaining approximately 7% error in the prediction model.

Key words: Artificial Neural Networks, Urban properties, Market value

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco el apoyo brindado durante mi preparación académica por parte de los doctores y maestros que compartieron conmigo sus experiencias y conocimientos, y sobre todo agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por los financiamientos y apoyos recibidos para la realización de esta investigación y demás productos generados en mi estancia dentro de esta casa de estudios.

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy, por ser mis maestros de vida, por guiarme con sabiduría y motivarme en cada una de mis luchas, deseos, objetivos personales y profesionales, por estar siempre conmigo.

A mis sobrinos por ser mi motivación, por darme alegría con sus sonrisas y porque son mi luz en la oscuridad.

"La imaginación frecuentemente nos llevará a mundos que jamás fueron. Pero sin ella, no iremos a ningún lado".

-Carl Sagan

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	i
SUMMARY	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	3
1.1.1 El empleo de las redes neuronales a nivel internacional en bienes inmuebles	3
1.1.2 Redes neuronales artificiales en México en materia de bienes inmuebles	4
1.1.3 El empleo de métodos de Inteligencia Artificial en Querétaro.....	5
1.2 Justificación.....	5
1.2.1 Justificación social	5
1.2.2 Justificación económica	6
1.3 Planteamiento del problema.....	7
1.4 Hipótesis y objetivos	8
1.4.1 Hipótesis general.....	8
1.4.2 Objetivo general.....	8
1.4.3 Objetivos específicos	8
2. MARCO DE REFERENCIA.....	9
2.1 Valuación de bienes	9
2.1.1 ¿Qué es valuación de bienes?	9
2.1.2 Enfoques aplicables de valuación en bienes inmuebles en México.....	10

5. CONCLUSIONES	47
Bibliografía	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Características de cerebro humano Vs computador convencional	16
Tabla 2-2 Modelos para redes heteroasociativas-modelos para redes autoasociativas .	19
Tabla 4-1 Recolección de información en base de datos	31
Tabla 4-2 Comparación de precios de venta y valores de simulación	45
Tabla 4-3 Precios de venta de lotes en fraccionamiento "Hacienda Carlota Vanegas"	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Ley de Oferta y Demanda	12
Figura 2-2 Esquema de neurona artificial	18
Figura 2-3 Estructura jerárquica de un sistema basado en RNA	18
Figura 3-1 Ubicación geográfica del municipio de Corregidora, Querétaro (2018).....	22
Figura 3-2 Ubicación geográfica del municipio de Corregidora, Querétaro	23
Figura 3-3 Ejemplo de muestra.....	26
Figura 3-4 Ubicación de muestra y medición de distancias a equipamientos	27
Figura 3-5 Ubicación de muestra y medición a estaciones de transporte urbano colectivo	27
Figura 3-6 Estructura de RNA	29
Figura 4-1 Variable Precio de Venta	32
Figura 4-2 Variable superficie de terrenos.....	33
Figura 4-3 Variable Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC).....	34
Figura 4-4 Variable Parques	34
Figura 4-5 Variable comercios.....	36
Figura 4-6 Variable escuela	37
Figura 4-7 Variable transporte	37
Figura 4-8 Correlación de variables precio de venta- superficie	38
Figura 4-9 Correlación de variables precio de venta- INPC.....	38
Figura 4-10 Correlación de variables precio de venta-comercio	39
Figura 4-11 Correlación de variables precio de venta-parques	40
Figura 4-12 Correlación de variables precio de venta-escuela	40
Figura 4-13 Correlación de variables Precio de venta-transporte.....	41

Figura 4-14 Resultados del entrenamiento con Backpropagation empleando función Levenberg-Marquardt.....	42
Figura 4-15 Modelo Backpropagation con función Bayesian Regularization.....	43
Figura 4-16 Gráficas de regresión lineal del entrenamiento.....	44
Figura 4-17 Validación del entrenamiento	45

1. INTRODUCCIÓN

Se entiende como valuación a aquel reconocimiento o apreciación del valor de un objeto (Salas, 2015). La valuación inmobiliaria es una de las diferentes especialidades que existen en el área de la valuación, el cual se realiza considerando elementos tangibles e intangibles cuyo soporte está en la escasez del bien, con lo que se obtiene la oferta y la demanda.

En México, los trabajos de valuación inmobiliaria dieron inicio durante el siglo XIX, cuyos fines eran tributarios para el impuesto predial, por lo que se obtuvo la primera Ley de Catastro del Distrito Federal, pero a pesar de las implementaciones técnicas que iniciaron para la valuación, en el siglo XX, el dictámen del valor de un bien inmueble era concluido por un técnico, ingeniero o arquitecto de acuerdo con su leal saber (Sánchez, 1986).

Martínez (2008) menciona que para la realización de los avalúos es responsabilidad del valuador la búsqueda del método adecuado para el caso que se le presente. El método que el valuador elija debe ser sustentando tanto la calidad de la información recopilada como el proceso de análisis de esta, debido a que si diferentes valuadores realizarán el procesamiento de información y análisis del mismo sujeto, deben poder obtener valores similares.

Actualmente, el Instituto de Administración y Avalúos de Bienes Nacionales (INDAABIN) es el organismo que emite las metodologías para la elaboración del dictamen valuatorio para la estimación del valor de bienes inmuebles, muebles y de negocios, de acuerdo con el INDAABIN, el valor comercial se obtiene a partir de la conciliación de los enfoques valuatorios que son empleados: de mercado, de costos y de ingresos, o aquellos que puedan ser empleados de acuerdo con el caso (Diario Oficial de la Federación, 2017).

Salas (2015) expone que el enfoque comparativo de mercado se ve privilegiado en el proceso de valuación inmobiliaria en México, donde el valor de los inmuebles está vinculado entre la demanda existente de un bien en el mercado y la cantidad del mismo que es ofrecida. El método de mercado o enfoque comparativo implica el compendio de información del mercado de bienes que participen como comparables para el bien a valorar, con lo cual se obtendrá el precio más probable para la venta del bien.

En los últimos años, se ha buscado la optimización en la valuación mediante el empleo de nuevas metodologías como es el caso de la Inteligencia Artificial (IA). Las redes neuronales, han capturado el interés por parte de investigadores valuadores para que éstas sean empleadas en la valuación e innovación de la metodología aprovechando sus peculiaridades, debido a que “registran un mejor ajuste a las no linealidades del mercado y resultando con menores errores, así mismo, se obtienen los precios implícitos correspondientes a los atributos determinantes del precio” (Núñez et al., 2017). Las redes neuronales son instruidas para crear sistema autónomo con el cual es posible obtener resultados eficientes.

En este primer capítulo se hace mención de los trabajos de investigación previos que se han realizado a esta investigación a nivel internacional, nacional y estatal; así mismo se describe el análisis del problema que dio motivo al desarrollo de este trabajo, los objetivos que se pretenden alcanzar, y la hipótesis que ha sido planteada.

En el segundo capítulo se desarrolla la revisión de la literatura sobre la Valuación, sus principios económicos, los métodos empleados para la valuación inmobiliaria en México, también se realizó una revisión sobre la definición del “suelo urbano” como sus características, y se redacta sobre las Redes Neuronales Artificiales (RNA) sus propiedades, estructura, clasificación, ventajas y sobre el modelo Backpropagation y Bayesian Regularization.

El tercer capítulo está destinado a la metodología seguida para el desarrollo de la investigación, haciendo énfasis en el municipio de Corregidora, Querétaro, presentado como el caso de estudio; se expone el proceso de recolección de datos en donde se especifican las variables participantes en la base de datos, la aplicación del Análisis de Regresión Múltiple y del modelo Backpropagation de las RNA, la evaluación del desempeño del modelo y la validación con Regresión Múltiple.

En el cuarto capítulo, se presenta el análisis de los resultados y en el quinto capítulo las conclusiones de la investigación.

1.1 Antecedentes

En el siguiente contenido se presentan los trabajos previos en valuación inmobiliaria aplicando la Inteligencia Artificial (IA) realizados de patrón semejante o afín al tema de investigación, presentándose a nivel internacional, nacional y estatal.

1.1.1 El empleo de las redes neuronales a nivel internacional en bienes inmuebles

Núñez et al., (2017) mencionan que en el año de 1991 en Nueva Inglaterra, Borst presentó los primeros trabajos de valuación de inmuebles empleando Inteligencia Artificial (IA), en donde su investigación “Artificial Neural Networks: The Next Modelling/ Calibration Technology for the Assessment Community?” se obtuvieron porcentajes de error entre el 5 y el 7.5% los cuales eran resultados inusuales, pero con valores más apropiados dentro del campo de la valuación.

Selim (2009) realizó una comparación entre Métodos de Regresión Hedónicos versus Redes Neuronales Artificiales (RNA), con el propósito de equiparar ambos métodos y saber cuál de ellos cuenta con mayor precisión para la obtención de valores de mercado de bienes inmobiliarios en Turquía. En su investigación analizó los precios de viviendas urbanas y rurales del país completo, empleando la información del Household Budget Survey Data del año 2004. Al realizar la comparación del error cuadrático medio (MSE), cálculo de la raíz del error cuadrático medio (RMSE) y del error medio absoluto (MAE) de los casos de predicción de valores de bienes inmuebles empleando ambos métodos, se obtienen errores menores del 7% en las RNA mientras que en el Método de Regresión Hedónico se obtienen errores que oscilan entre el 13 al 25%; con estos resultados se concluye que las RNA son mejor alternativa de predicción de valores de vivienda para Turquía.

Otro de los métodos que se han empleado de la IA para el análisis de los precios de ventas de bienes inmobiliarios es la Lógica Difusa. Kusan et al., (2009) realizaron en Turquía un estudio para la predicción de precios de ventas de viviendas considerando los siguientes factores para la construcción del modelo: planes de la ciudad, cercanía a edificios culturales, médicos, educativos, de capacitación, sistemas de transporte público, factores ambientales y el incremento en la mejora tecnológica. De acuerdo con sus conclusiones, se verificó el análisis de la Lógica Difusa con las pruebas RMSE y MAPE donde se obtuvieron una certeza del valor de ventas de

inmuebles del 96% y manifestaron que este modelo puede ser empleado para predecir el precio de venta de una casa siempre y cuando se cuente con el número de datos y factores suficientes para el correcto funcionamiento del modelo.

Núñez et al., (2016), elaboraron una investigación en donde se emplean las RNA como técnicas de IA, para analizar los atributos que determinan el precio de una vivienda; el objetivo del estudio fue analizar los atributos intrínsecos y extrínsecos que influyen en el precio de venta, así como la ponderación con que influyen cada uno de los atributos para poder estimar su valor, se realizó una comparación de los valores con Modelos Hedónicos (MH), en donde las pruebas realizadas muestran resultados de predicción favorables para las RNA de un 4% superior a la predicción de MH, además que el MH sus errores son tanto de sobrevaloración e infravaloración en los diferentes casos de estudios que se realizaron.

Núñez et al., (2017), en la ciudad de Córdoba, España llevaron a cabo un estudio: “Redes neuronales aplicadas a la valoración de locales comerciales”, en el que el empleo de las redes neuronales fue fundamental para determinar los factores internos y externos que afectan en el precio de los inmuebles de tipo local comercial. Dentro de esta metodología se realizó una comparación de Redes Neuronales con MH, quienes concluyen que: La RNA es capaz de aproximarse mejor a la formación del precio de un local comercial que el MH. La primera opción posee un grado de ajuste del 16% por encima de la predicción del MH.

1.1.2 Redes neuronales artificiales en México en materia de bienes inmuebles

En México son empleados tres enfoques para la obtención de valor de un bien: el de mercado, el físico y el de capitalización de rentas. En la valuación de terrenos, se emplea mayormente el enfoque de mercado, por medio de éste se determina el valor considerando una relación entre el bien y los bienes similares que se encuentran disponibles (Salas, 2015).

Agnieszka (2008) desarrolló una investigación sobre la aplicación de redes neuronales artificiales en la valuación inmobiliaria, en donde se realizó la estructura tipo perceptrón multicapa para la determinación de valores de departamentos en la delegación de Benito Juárez, D.F., en donde concluye que el error de la red neuronal oscila entre el 4 y el 11% de error para la obtención del valor.

Preciado (2015) alude en su investigación “Valoración de inmuebles urbanos: comparativa modelo regresión multivariable versus redes neuronales artificiales para la ciudad de Morelia, Michoacán, México” que con los modelos de regresión múltiple se obtienen errores entre un 10 y 15%, mientras que al emplear modelos de IA los errores están entre un 5 y 10%.

En el 2016, Preciado desarrolló una propuesta metodológica para valoración inmobiliaria por modelos con salidas no lineales de redes neuronales artificiales con 6 muestras o información escasa, el principal objetivo fue si el valuador se encontrará en una situación en donde haya escasa información de oferta inmobiliaria o en su caso con información de mercado concretada, esta pueda ser empleada para la obtención de valor de un sujeto. En este planteamiento se aplicaron tres métodos con una red neuronal artificial perceptrón multicapa pero de diferentes salidas: lineal y de transformación a dos salidas no lineales. Se concluyó que la salida de red hiperbólica empleada es la que otorgó mejor resultado para el valor del sujeto valuado.

1.1.3 El empleo de métodos de Inteligencia Artificial en Querétaro

Buenrostro (2006) desarrolló una investigación nombrada “*Solución por sistemas borrosos al avalúo de bienes raíces urbanos*”, con la intención de demostrar que los sistemas borrosos son aplicables a la valuación inmobiliaria así como que la solución que proporciona cuenta con mayor efectividad; en él concluye que si es más efectivo que los métodos de homologación y el análisis de regresión. De esta manera menciona que la lógica borrosa permite que aquellos atributos borrosos o susceptibles de tratamiento matemático rigurosos sean predicados lógicos, y logran contar con un soporte teórico y metodológico.

1.2 Justificación

1.2.1 Justificación social

Durante muchos años en la Valuación de Bienes dentro del país se han empleado métodos y técnicas que llegan a requerir de la experiencia y opinión del valuador, lo cual hace crear incertidumbre dentro de la obtención del valor. Kozłowska (2008) refiere que el Enfoque de Mercado ha sido el método habitual por mucho tiempo para los valuadores; debido a que se ejecuta la búsqueda de los activos similares, es decir los comparables en sus propiedades cuantitativas y cualitativas. A pesar de la similitud entre los comparables y el sujeto, en

constantes ocasiones, los comparables o el sujeto suelen no ser idénticos al contar con características particulares que hace que altere su precio real. En el proceso del enfoque de mercado se practica la homologación, que consiste en proporcionar una calificación intentando equiparar los comparables y el sujeto, para las variables cuantitativas existen fórmulas o técnicas para poder obtener un factor que equipare el comparable al sujeto, sin embargo, en las variables cualitativas el valuador acorde a su experiencia es quien otorga esta calificación, como consecuencia, se obtiene un valor comercial menos preciso.

Esta investigación podrá asistir a la obtención justa del valor del mercado del suelo, lo que ayudaría a que el valor sea consistente de acuerdo con lo que se presenta en el mercado actual de las ofertas y las características que tenga el bien inmueble, así como evitar que el valor sea partidario hacia el vendedor o el comprador. De acuerdo con la conclusión del valor, estos valores tienen altos e importantes impactos en el mercado. Un valor preciso no afectaría el mercado real ni a los interesados, debido a que el resultado es semejante al que se presenta en la zona correspondiente, mientras que al obtener un valor sobrevalorado o devaluado afecta a alguno de los interesados de manera negativa; creando así la especulación en la oferta y la demanda de los bienes inmuebles, alterando las condiciones reales de los precios de venta. Los beneficiarios de la aplicación de esta investigación en un futuro serán aquellos interesados a la compra o venta de bienes inmuebles, debido a que la operación compraventa no sería lesivo hacia ninguno de los partícipes.

1.2.2 Justificación económica

En los últimos años se ha desarrollado la simulación a través de las RNA, la cual realiza un procesamiento intensivo de los factores que la componen, debido a que dentro de ellos existe una fuerte relación. La aplicación de las redes neuronales artificiales en la valuación presenta una propuesta de solución a la incertidumbre existente para la obtención de valores de los bienes inmuebles (Villada et al., 2011).

El empleo de las RNA en la valuación ayudaría a la obtención de valores en un tiempo eficiente, de esta manera los valuadores podrán realizar la entrega de avalúos de manera más rápida y así llevar la operación de la oferta o compra del inmueble de manera vertiginosamente. También ayudará a obtener el valor de oferta, ya que el precio de oferta está definido como el precio máximo que un comprador está dispuesto a pagar por un bien independientemente de las

condiciones en la que se encuentra, además de que no se verían afectados violentamente los precios de oferta, ya que se obtendrían precios justos a los que se presenten en la realidad (Selim, 2009).

1.3 Planteamiento del problema

Existen diversas dificultades en la valuación para la realización y/o verificación del avalúo. Morones (2010) menciona que uno de los problemas existentes es el de carácter técnico, en el cual se encuentra la carencia de estudios de valores de mercado inmobiliario, así como del comportamiento y transformación a la que está sujeta el valor del suelo; otro motivo técnico se debe a la falta de sistemas, procesos, objetivos y automatizados, debido a que sí se realizarán de manera continua estos estudios, tendría un gran impacto en la obtención de valores.

Un inconveniente más para la valuación son los precios de venta del suelo urbano. Se pueden encontrar en diversos medios de comunicación, pero el valor del suelo publicado en los diferentes medios de comunicación logra encontrarse subordinado por los diversos actores que estén actuando en el proceso de difusión del bien; por ello en la realidad las ofertas que se encuentran en el momento de realizar el estudio de mercado de un solo lugar alcanzan a diferir entre ellas en la misma zona. Como consecuencia, al unir estos tres problemas, se obtiene un valor incierto, que puede aumentar o disminuir lo existente en el mercado, creando incertidumbre en el mercado.

Otro factor que altera el valor de mercado del suelo es la urbanización, esta se presenta en ciudades como consecuencia del crecimiento demográfico; el equipamiento llega a realizarse de manera acelerada, trayendo desigualdad en los valores de mercado dentro de la zona gracias al apresurado crecimiento que se presenta en la zona. Al haber diferentes valores de mercados para una sola zona, incrementa la vacilación entre los mercados elegidos por los valuadores, trayendo como consecuencia una mayor inexactitud en la estimación del valor de mercado del bien que se busca valorar. Cuando la especulación del valor se presenta para la venta de suelos urbanizados en una zona se logra un impulso positivo o negativo para la oferta y la demanda sobre los bienes inmuebles, afectando a las operaciones de compra o venta.

Debido al crecimiento demográfico que ha tenido el municipio de Corregidora en los últimos años, se han realizado proyectos para equipar de servicios e infraestructura; por lo tanto

se percibe una variación de precios de oferta en el mercado en una misma localidad. En este sentido se busca desarrollar un modelo para la obtención del valor del mercado del suelo a través de RNA's y comprobar que la aplicación en la valuación es eficiente y eficaz para la obtención de valores de inmuebles.

1.4 Hipótesis y objetivos

1.4.1 Hipótesis general

Se espera que al emplear este modelo de redes neuronales artificiales se aproxime hasta en un 90% y contribuya a una obtención óptima de la valuación del suelo en zonas urbanas.

1.4.2 Objetivo general

Desarrollar un modelo basado en algoritmos inteligentes a través de redes neuronales artificiales para la estimación del valor comercial del suelo en zonas urbanas. Obtener un valor comercial preciso para la oferta-venta de suelos urbanos, así como mejorar el tiempo para la realización de un avalúo, además de evitar la subjetividad del valuador, para establecer si es óptimo el aprovechamiento de la IA en la valuación de suelos urbanos.

1.4.3 Objetivos específicos

Identificar y proponer las variables que intervienen para la obtención del valor del suelo empleando la IA, y así construir la base de datos con las variables identificadas, realizar el análisis de las características significativas que generan el valor del suelo a través del método de RNA's. Desarrollar el diseño y aplicación el modelo para la generación del valor preciso de mercado de suelos.

Generar y comprobar una nueva metodología para la obtención de valores comerciales del suelo, en zonas urbanas.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 Valuación de bienes

2.1.1 ¿Qué es valuación de bienes?

La valuación de bienes es el proceso mediante el cual se obtienen los valores acordes a la finalidad que se tendrá con el bien. De acuerdo con la Ley de Valuación (Secretaría de Gobierno, 2017) publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Querétaro, la valuación se define como: *“el arte de estimar en su justa medida monetaria la aptitud de poseer en propiedad bienes específicos para fines determinados”*.

La finalidad del avalúo determina el empleo que se llevará a cabo para el resultado del dictamen, ya que con él se obtiene el valor mínimo del bien valuado; existen cuatro usos relacionados con la estimación del valor comercial (Diario Oficial de la Federación, 2009) los cuales son: la compra venta, permuta y aportación. La finalidad de la compra venta consiste en determinar el valor mínimo de enajenación de bienes inmuebles, mientras que la permuta consiste en determinar el valor mínimo de enajenación de bienes inmuebles en donde la Administración Pública Federal tenga interés de adquirir, y la aportación determina el valor mínimo de enajenación de un inmueble la cual será aportada al patrimonio de una sociedad.

A pesar de considerarse el uso y la finalidad para el dictamen del avalúo, no debe perderse su objetivo principal: un resultado numérico sin efectuar los deseos, anhelos y necesidades del cliente (Secretaría de Gobierno, 2017).

Dentro de Valuación de Bienes existen tres naturalezas posibles a valorar: bienes inmuebles, bienes muebles y bienes intangibles (Diario Oficial de la Federación, 2017), para los fines de este trabajo se define los bienes inmuebles como: el conjunto de derechos, particiones y beneficios sobre una porción de tierra, con sus mejoras y obras permanentes, incluyendo los beneficios que se obtienen por su usufructo; los bienes inmuebles se caracterizan por la inmovilidad y por ser bienes tangibles.

2.1.2 Enfoques aplicables de valuación en bienes inmuebles en México

Los enfoques empleados en la valuación inmobiliaria a nivel nacional son: el enfoque de mercado, el enfoque de ingresos y el enfoque de costos. Cada uno de los enfoques está fundamentado con los principios económicos, esto conforme a la finalidad de la obtención del valor del bien (Diario Oficial de la Federación, 2017). Para la obtención del valor comercial o de mercado de bienes inmuebles, se ejecuta principalmente el enfoque de mercado, mediante el empleo del método de la homologación.

En esta investigación, se busca que el enfoque de mercado o enfoque comparativo de mercado sea instruido a través del uso de las RNA, ya que el enfoque de mercado involucra la recopilación de la información del mercado de bienes comparables al bien por valorar, tratando de conocer los valores de operaciones cerradas y analizando la oferta y la demanda para poder llegar a un indicador que permita establecer el precio más probable de compra-venta para dicho bien, esto a través de la aplicación de los principios económicos: de sustitución, de la oferta y la demanda, de homogeneidad o de conformidad, de cambio, de progresión y regresión, de crecimiento, equilibrio y declinación, de competencia, de mayor y mejor uso.

2.1.3 Principios económicos empleados en la valuación en el enfoque de mercado

Los principios son ideas fundamentales en los que se basa la Valuación para la realización del dictamen técnico de un avalúo. Los principios económicos que se mencionan a continuación son aplicables para la valuación a nivel nacional e internacional (Diario Oficial de la Federación, 2009):

Principio de sustitución: Es un planteamiento económico que dice que un comprador prudente no pagaría más por el bien, que el costo de adquirir un sustituto igual o semejante. El más probable costo de adquisición de la mejor alternativa sea de un sustituto o una réplica, tiende a establecer el valor de mercado.

Principio de homogeneidad o conformidad: Establece que el valor de mercado se crea y se sostiene en los lugares en que se logra un grado razonable de apogeo económico y social, como por ejemplo, en zonas urbanas cuyos usuarios tienen un tipo homogéneo de actividades,

nivel de ingresos, educación y actitudes de consumo. Para una enajenación este principio se toma en cuenta cuando efectivamente el bien en estudio se ubica dentro de un mercado de precios homogéneos por características sociales similares, que permita estimar el valor adecuado de enajenación.

Principio de mayor y mejor uso: El mayor y mejor uso para un bien es aquel que siendo físicamente posible, legalmente permitido y económicamente viable, resulta en el mayor valor del bien que se está valuando. Para una enajenación este principio se toma en cuenta, analizando las condiciones intrínsecas del bien, las normas legales que lo afectan y los cambios económicos que impacten en dicho bien para estimar su valor.

Principio de la oferta y la demanda: Consiste en la interacción de las fuerzas de la oferta y la demanda, y está determinado por fenómenos como los siguientes: aumento o disminución de la población con poder adquisitivo, incremento o disminución en el costo del dinero, disponibilidad de los bienes, deseabilidad, escasez o utilidad de los mismos.

Establece que en un mercado libre, la cantidad de bienes ofrecidos por los vendedores y la cantidad de bienes demandados por los consumidores dependen del precio de mercado del bien. La ley de la oferta indica que la oferta es directamente proporcional al precio; cuanto más alto sea el precio del producto, más unidades se ofrecerán a la venta. Por el contrario, la ley de la demanda indica que la demanda es inversamente proporcional al precio; cuanto más alto sea el precio, menos demandarán los consumidores. Por tanto, la oferta y la demanda hacen variar el precio del bien.

Según el principio de la oferta y la demanda, el precio de un bien se sitúa en la intersección de las curvas de oferta y demanda. Si el precio de un bien está demasiado bajo y los consumidores demandan más de lo que los productores pueden poner en el mercado, se produce una situación de escasez, y por tanto los consumidores estarán dispuestos a pagar más. Los productores subirán los precios hasta que se alcance el nivel al cual los consumidores no estén dispuestos a comprar más si sigue subiendo el precio. En la situación inversa, si el precio de un bien es demasiado alto y los consumidores no están dispuestos a pagarlo, la tendencia será a que baje el precio, hasta que se llegue al nivel al cual los consumidores acepten el precio y se pueda vender todo lo que se produce. Para una enajenación este principio se toma en cuenta por que la

interacción de vendedores y compradores constituye un mercado de un bien o propiedad (Figura 2-1)

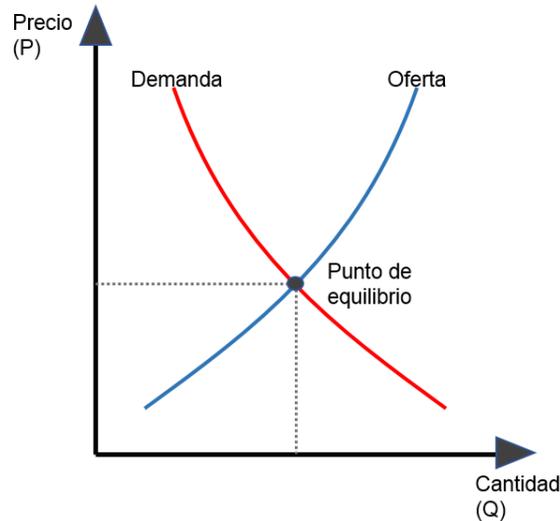


Figura 2-1 Ley de Oferta y Demanda

Fuente: Propia

Principio de cambio: Según este principio el valor de mercado nunca es constante. Está sujeto tanto al efecto de las fuerzas externas a la propiedad como a las fuerzas internas. Las primeras son las fuerzas económicas, sociales y políticas, entre otras, mientras que las fuerzas internas se refieren a la depreciación, conservación, mejoras, uso de suelo, tamaño, forma, entre otras.

Principio de progresión y regresión: La progresión es el fenómeno por el que el valor de un bien se incrementa por la presencia bienes del mismo tipo, pero mejores. La regresión, en cambio, se presenta cuando hay un edificio de mayor costo al de los edificios entre los que se encuentra y que tienen un valor menor; así la regresión consiste en la manera en que se perjudica el valor del primer edificio al estar asociado con los de menor valor.

Principio de crecimiento, equilibrio y declinación: Son los efectos del deterioro físico ordinario y de la demanda de mercado; dictan que toda propiedad pasa por tres etapas: Crecimiento: cuando se están construyendo mejoras en los predios del vecindario y la demanda aumenta. Equilibrio: cuando el vecindario está prácticamente saturado y las propiedades parecen

sufrir pocos cambios. Declinación: cuando las propiedades requieren cada vez mayor mantenimiento, en tanto que la demanda por ellas disminuye.

Principio de competencia: De este principio se deriva que donde hay ganancias sustanciales se crea la competencia, pero las ganancias excesivas dan lugar a una competencia dañina afectando a las utilidades. Para una enajenación este principio se toma en cuenta analizando cada bien o propiedad en la manera en que compiten con bienes similares en un segmento de mercado determinado, en donde la oferta y la demanda generalmente fijan el precio de los mismos.

2.2 Suelo urbano

2.2.1 El suelo urbano y sus características

En el estado de Querétaro, de acuerdo con el artículo 6 de la Ley de Catastro del Estado de Querétaro (2017) se presentan dos categorías del predio: urbano y rústico. Entendiéndose como predio urbano, a todo aquel bien inmueble que se encuentre localizado entre calles trazadas y cuenten como mínimo con dos sistemas de infraestructura urbana, o en su caso cuando tengan el uso de suelo como urbano. Mientras que el predio rústico, es todo predio que no cuente con las características que se presentan en el predio urbano.

De acuerdo con Cuéllar & Medina (2012), los suelos pueden ser afectados por trabajos internos o por aquellos que han sido realizados en su entorno, que traen consigo consecuencias de tipo positivo o negativo. Las mejoras que se realicen al terreno, de acuerdo con las Normas Técnicas Internacionales de Valuación (2017), poseen una vida restringida, pero se estima que la permanencia del terreno se prolongue más que los usos y mejoras que pueda tener.

En marco a la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (Diario Oficial de la Federación, 2016), se entiende como área urbanizada a aquel territorio ocupado por asentamientos humanos que cuenten con redes de infraestructura, equipamientos y servicios. El equipamiento urbano es referido al conjunto de inmuebles, instalaciones, construcciones y mobiliario para prestar a la población servicios urbanos para el desarrollo de actividades económicas, sociales, culturales, deportivas, educativas, de traslado y de abasto. Mientras que la infraestructura son los sistemas y redes de organización y distribución de bienes y servicios, incluyendo a las telecomunicaciones y radiofusiones. Los servicios

urbanos son aquellas actividades operativas y servicios públicos prestados directamente por la autoridad competente o concesionada para satisfacer necesidades colectivas.

Previo a la aplicación del enfoque (mercado, ingresos y costos), se selecciona uno de los siguientes procedimientos para obtener el valor del terreno; la elección del procedimiento depende de las características y condiciones en las que se presente el bien, así como de la finalidad del dictamen.

2.3 Método de homologación

La homologación es el proceso mediante el cual se logra convertir los comparables que han sido investigados en el mercado y que son semejantes al sujeto, a comparables iguales al bien inmueble en estudio; se efectúa a través del ajuste de los comparables mediante el empleo de las calificaciones obtenidas en cada uno de los criterios considerados (Talamantes & Lorenzo, 2014).

Se considera el terreno sin mejoras, se realiza la investigación directa del mercado de terrenos en venta, ya sea en ofertas o cierres y se aplican los factores de homologación.

Se conocen como factores a la calificación que se usa para premiar, establecer una igualdad o en su caso castigar la comparación entre el sujeto y el comparable, esta calificación es igual a 1.00 cuando el comparable es semejante al sujeto, puede ser mayor a 1.00 cuando el sujeto se encuentra en mejores condiciones en sus características a valorar y en caso contrario la calificación que se presentaría sería menor a 1.00.

De acuerdo con Aguilar (2015), las características a calificar en los terrenos de tipo urbanos son: factor de negociación, factor de ubicación, factor de frente, factor de calle, factor de zona; mientras que el factor topografía, factor de fondo, factor de área, factor de forma se obtienen a través de fórmulas. Las primeras cinco características mencionadas son realizadas a través de la búsqueda de información y capacidades que ha obtenido el valuador a través de la experiencia.

2.4 Factores de sostenibilidad y calidad que contribuyen al desarrollo urbano ordenado

El Centro de Investigación para el Desarrollo Sostenible (CIDS), desarrolló el Índice para una Vida Mejor, cuyo objetivo es visualizar y comparar algunos de los factores clave de sostenibilidad y calidad que contribuyen al desarrollo urbano ordenado (CIDS, 2018).

La Evaluación Cualitativa de la Vivienda y su entorno (Ecuve) brindan información sobre la zona y el entorno a comprar o desarrollar. Para esta evaluación se considera los servicios en función: Escuelas (Primaria o kínder), consultorio o centro médico, servicio de transporte. Así mismo se considera el equipamiento como: Mercado o súper, y jardines o plazas.

El equipamiento urbano es un conjunto de edificaciones y espacios los cuales son fundamentales en los asentamientos urbanos para el desarrollo social, económico así como también para promover el bienestar y permitir a la sociedad realizar actividades complementarias para su desarrollo humano. Mientras que la infraestructura son los sistemas y redes de organización y distribución de bienes y servicios.

Las escuelas son edificaciones que son destinados a la enseñanza, para el CIDS, las escuelas primarias y kínder son los niveles básicos de educación que son consideradas en el Índice para una vida mejor.

El centro médico es considerado dentro de este índice para la sostenibilidad y desarrollo urbano, esta infraestructura es destinada a la atención sanitaria de la población, para el Índice del CIDS se consideran también los consultorios médicos los cuales son infraestructuras más pequeñas en donde solo es atendido por lo general un médico.

Se considera como mercado aquel lugar público donde se encuentran locales establecidos formalmente para la comercialización de productos de primera necesidad, o en su caso se contemplan los supermercados, los cuales son aquellos establecimientos de autoservicio en donde se ofrece diversidad de productos de diferentes marcas y precios. La distancia a la que se encuentran estos establecimientos tiene gran significancia para su entorno.

Los jardines o plazas se consideran como lugares recreativos, culturales y en su caso deportivos, ya que son sitios destinados para que la población pueda relajarse y realizar

actividades de entretenimiento así como para lograr una relación cordial entre los residentes o habitantes de la zona.

El servicio de transporte es importante para un buen desarrollo y organización de las zonas urbanas, ya que brinda un mayor confort a la sociedad y le permite mayor accesibilidad de movilidad hacia áreas externas a su localidad. Para esta variable solo se considera como red de transporte a aquellas unidades colectivas que cuenten con área establecida de ascenso y descenso de pasajeros.

2.5 Las Redes Neuronales Artificiales (RNA)

La Informática ha desarrollado importantes métodos y técnicas para el procesamiento automático de la información por medio digital; una de las ramas de esta ciencia predominante es la IA, la cual en los últimos años ha destacado por sus avances en la investigación.

En 1956 durante la conferencia de John McCarthy fue cuando surgió el nombre de Inteligencia Artificial, en donde se discutió sobre como simular la inteligencia humana a través de las máquinas. La IA puede definirse como la disciplina tecnológica que tiene como objetivo la construcción de máquinas y programas con la capacidad de realizar tareas con habilidad y eficiencia iguales o superiores a las del ser humano (Alandete, 2011).

Las RNA es una de las ramas de la IA que actualmente tiene una mayor distinción. Flores (2008) alude a que las RNA emulan tanto la conformación esquemática así como el comportamiento de la estructura neuronal del cerebro; las RNA realizan el aprendizaje mediante un programa y máquina en donde se realiza la simulación y el entrenamiento con una estructura semejante a la red neuronal biológica. (ver Tabla 2-1).

Tabla 2-1 Características de cerebro humano Vs computador convencional

Características	Cerebro humano	Computador
Velocidad de proceso	Entre 10^{-3} y 10^{-2} seg.	Entre 10^{-8} y 10^{-9} seg.
Estilo de procesamiento	Paralelo	Secuencial (En serie)
Número de procesadores	Entre 10^{11} y 10^{14} seg.	Pocos
Conexiones	10,000 por procesador	Pocas

Almacenamiento del conocimiento	Distribuido	En direcciones fijas (posiciones precisas)
Tolerancia a fallos	Amplia	Poca o Nula
Tipo de control del proceso	Autoorganizado	Centralizado
Consumo de energía para ejecutar una operación/seg	10^{-16} Julios	10^{-6} Julios

Fuente: Lara,F. (s.f)

2.5.1 Características y estructura de las RNA

Las RNA son consideradas como modelos de cálculo que se caracterizan por la eficiencia de los algoritmos, ya que actúan de manera conjunta y permiten desarrollar las siguientes actividades: aprendizaje de patrones, optimización o clasificación.

Las principales características de las RNA de acuerdo con Izaurieta y Saavedra (2000) son: cuentan con una **inclinación natural** al adquirir conocimiento a través de la experiencia, este conocimiento es almacenado en un peso relativo de las conexiones interneuronales; tienen una **alta plasticidad y adaptabilidad** dándole la capacidad de cambiar dinámicamente junto con el medio; poseen un **alto nivel de tolerancia a fallas** lo que le permite mantener un buen comportamiento a las predicciones, cuentan con un **comportamiento altamente no lineal** permitiéndoles procesar información de fenómenos con origen no lineal.

Las neuronas son los elementos básicos de un sistema neuronal biológico, se puede asimilar que la neurona artificial es la unidad procesadora que posee cuatro elementos funcionales (Lara,F., s.f.) (Figura 2-2): el **elemento receptor** es aquel en el que llegan una o varias señales de entrada (x_i) cuyas señales son disminuidas o aumentadas con el factor de peso (w_i) que constituye el enlace entre la neurona de donde proviene y la neurona destino: el **elemento sumador** realiza la suma algebraica de las señales recibidas ponderándolas de acuerdo con su peso; el **elemento de función activadora** es la función empleada para la activación de una salida, es decir, para la obtención de un resultado, la función activadora constantemente es de tipo escalón o curva; el **elemento de salida** es el que muestra el resultado de acuerdo con la función activadora utilizada.

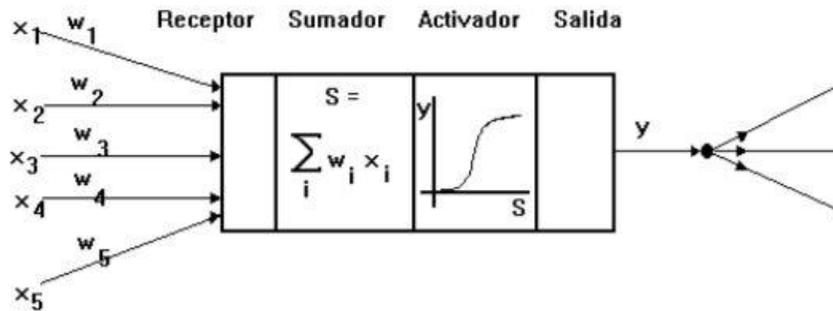


Figura 2-2 Esquema de neurona artificial

Fuente: Lara, F.(s.f.)

En las RNA los diferentes conjuntos de neuronas forman las series de procesadores elementales, las cuales constituyen los mecanismos para el cálculo y procesamiento para proporcionar el resultado. Las neuronas se encuentran agrupadas en redes y organizadas en capas de (Flores, 2008): Entrada, en donde se introducen los datos a la red; Salida en donde se presenta la respuesta de la red y Ocultas: Se realiza el procesamiento de la información, la cual recibe estímulos y a través de una regla de aprendizaje da respuesta a las neuronas de salida (ver Figura 2-3).

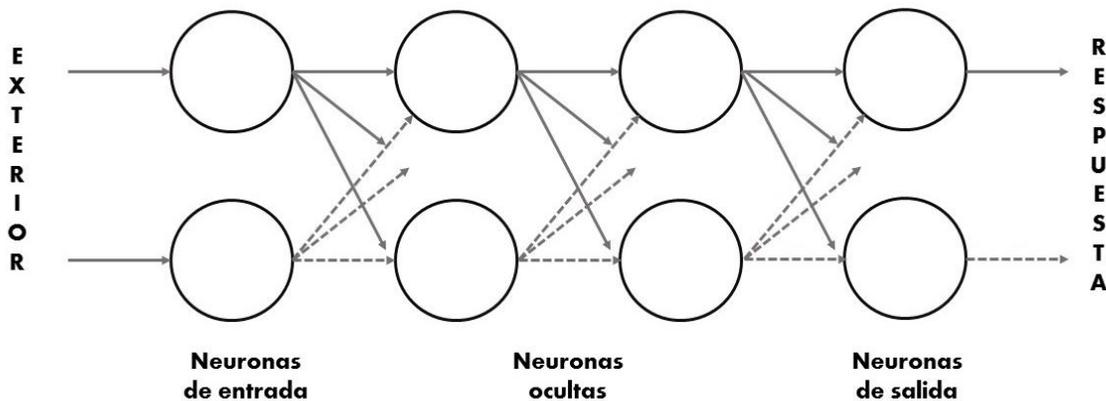


Figura 2-3 Estructura jerárquica de un sistema basado en RNA

Fuente: Propia

2.5.2 Clasificación de los modelos de RNA

De acuerdo con el tipo de respuesta de la RNA, puede ser de tipo heteroasociativo o autoasociativo; el primero consiste en que ante la aparición de un determinado patrón (A), el entrenamiento del sistema responda con otro diferente (B), mientras que las de segundo tipo son

entrenadas para que relacionen un patrón consigo mismo, es decir, ante la presencia de un patrón afectado por ruido (A') su solución sea el patrón original (A) (Flores, 2008).

Dentro de los modelos más empleados para las redes heteroasociativas y autoasociativas se encuentra las mostradas a continuación (Tabla 2-2).

Tabla 2-2 Modelos para redes heteroasociativas-modelos para redes autoasociativas

Redes heteroasociativas		Redes autoasociativas
Perceptron	Cauchy machine	Brain-State-in-a-box
Adeline/ Madeline	Learning matrix	Hopfield
Backpropagation Linear	Temporal Associative Memory	Optimal Linear
Reward Penalty	Linear Associative Memory	Associative Memory
Associative Reward	Optimal Linear Associative	Additive Grossberg
Penalty	Memory	Shunting Grossberg
Boltzmann Machine	Adaptive Resonance Theory	Self-Organism Feature
Cognition/Neocognitron	Bidirectional	Map (SOFM)
Adaptive Heuristic Critic	Drive-Reinforcement	
Counterpropagation	Fuzzy Associative Memory	
Adaptive (BAM)	Learning Vector Quantizer	
Associative Memory (BAM)		

Fuente: Lara, F. (s.f)

Las funciones de transferencia empleadas en las RNA son:

- La función lineal o identidad: Devuelve directamente el valor de activación de la neurona.
- Función escalón o signo: Representa salidas binarias, en la cual la activación de la neurona se da de acuerdo con la percepción del umbral.
- Función mixta o lineal a tramos: La activación se da de acuerdo con la unidad ingresada, la cual activará a una función lineal o a una función escalón.

•Función sigmoidea: se define en un determinado intervalo con límites superiores e inferiores, en la cual se aplica la función sigmoide o logística, o la función tangente hiperbólica, y la función sigmoide modificada.

2.5.3 Ventajas de utilizar los modelos de RNA

De acuerdo con Casas (2014) algunas de las ventajas que conceden las redes neuronales artificiales son:

Mayor capacidad computacional: Debido a la estructura con la que cuentan las redes neuronales, existe una mayor conexión y su trabajo consiste en el procesamiento de la información de manera paralela, en el cual puede procesarse un mayor número de información en comparación de los métodos tradicionales, a pesar de que la información pueda ser parcialmente redundantes, errónea o incompleta, el resultado no estará afectado excesivamente.

Robustez y tolerancia a fallos: Al trabajar con una información la cual se encuentra distribuida en variados elementos de proceso, se cuenta con una holgura mínima de fallo en comparación con procesamientos de información tradicional, teniendo ventajas en el proceso global.

Aprendizaje: En las redes neuronales al realizar las pruebas con el proceso interno que le corresponde, se realiza la comprobación de los errores, en cada una de las pruebas realizadas se busca la simulación con el error mínimo.

Adaptabilidad: Las RNA tienen la capacidad de replantear los parámetros de los cuales depende de su funcionamiento; este replanteamiento se pudiera deber a los constantes cambios que se encuentran en el entorno en el que se desarrollan, si se efectúan grandes cambios en las RNA esto puede alterar el sistema y convertirlo en inestable, por lo tanto los cambios no deben ser significativamente grandes.

2.5.4 Red Neuronal Artificial: Backpropagation

Al diversificar el modelo de aprendizaje de Widrow-Hoff a redes multicapas y funciones de transferencia diferenciables no lineales se da origen al modelo Backpropagation de las RNA. Las redes que presentan sesgos que incluyen capa sigmoidea y capa de salida lineal son posibles de aproximar cualquier función con un número finito de discontinuidades.

El modelo Backpropagation es utilizado en redes neuronales artificiales para el cálculo de la contribución de error de cada neurona después de procesar un lote de datos. En este método se utiliza comúnmente el algoritmo de optimización de descenso de gradiente para el ajuste de los pesos de las neuronas participantes a través del cálculo del gradiente de la función de pérdida.

Esta técnica es considerada como un método de aprendizaje supervisado, ya que el error se calcula en la salida y se distribuye de nuevo a través de las capas de red por lo cual se requiere de una salida conocida y deseada para cada valor de entrada. El descenso de gradiente es un enfoque iterativo que toma pasos pequeños para alcanzar a los mínimos locales de la función. Esto se utiliza para actualizar los pesos y sesgos de cada neurona en la red neuronal. La pendiente de gradiente se basa en la observación de que si la función multivariable $F(x)$ es definida y diferenciable (Demuth & Beale, 2004).

(i) Arquitectura y funciones de transferencia del modelo Backpropagation

Dentro de un modelo de tipo Backpropagation, las neuronas contenidas dentro de la RNA son capaz de generar la información de salida a través de las siguientes funciones de transferencia diferenciables: función de transferencia logarítmica sigmoideal, función de transferencia tan-sigmoideal o función de transferencia lineal.

La estructura de la red emplea el algoritmo Levenberg-Marquardt ($F(x) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m [f_i(x)]^2$)_{es} (Ecuación 1) para el entrenamiento de las capas, esta función utilizada para encontrar el mínimo de $F(x)$ que es una suma de cuadrados de funciones no lineales (Morera, 2010):

$$F(x) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m [f_i(x)]^2 \quad \text{Ecuación 1}$$

Las ventajas de emplear el modelo Backpropagation son las siguientes: El modelo soporta la clasificación de alta velocidad, este modelo puede ser utilizado para la clasificación lineal y no lineal, y soporta la clasificación de clase múltiple.

3. METODOLOGÍA

3.1 Marco teórico

Para esta investigación, se considera como caso de estudio el municipio de Corregidora, Querétaro; ya que en el período de 1990-2010 ha presentado un crecimiento demográfico de acuerdo con datos censales e intercensales de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI 2010-2015) de 6.1%, mientras que en la encuesta intercensal del 2015 fue de 5.2%, superando la tasa de crecimiento de la entidad presentada en ese periodo la cual fue registrada de 2.4% la tasa de crecimiento anual que presenta el municipio de Corregidora.

Interpretando el movimiento demográfico que está viviendo el municipio en los últimos años, se observa que ha incrementado de manera extraordinaria, trayendo consigo cambios en todos los ámbitos del crecimiento de la ciudad.

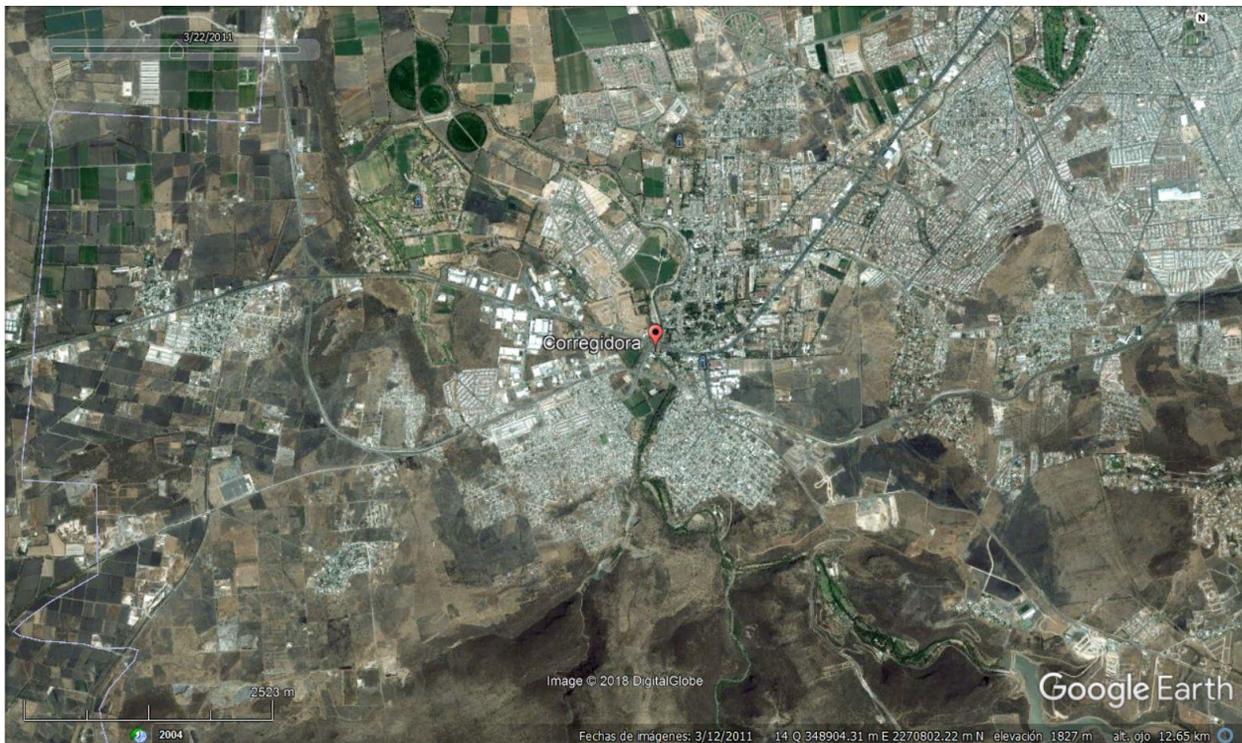


Figura 3-1 Ubicación geográfica del municipio de Corregidora, Querétaro (2018)

Fuente: Google Earth, 2018

En los últimos años dentro del municipio se han alojado inversionistas nacionales e internacionales, los cuales han traído consigo el aumento de empleo y de un crecimiento mayor de industria de la transformación. Debido a estos incrementos en el sector secundario de la economía, se ha presentado el aumento de manera apresurada en el sector de la construcción de viviendas, hoteles, zonas de entretenimiento y de parques industriales.

El municipio de Corregidora se encuentra localizado al Suroeste del Estado de Querétaro; limitando al Norte con el municipio de Querétaro, al Sur y al Oeste con el estado de Guanajuato y al Este con el municipio de Huimilpan; por lo que el municipio cuenta con una ubicación estratégica para la comunicación con el Norte y el Sur del país, además de los atractivos turísticos y servicios que ofrece, y la industrialización que se ha presentado, han sido importantes factores de crecimiento.

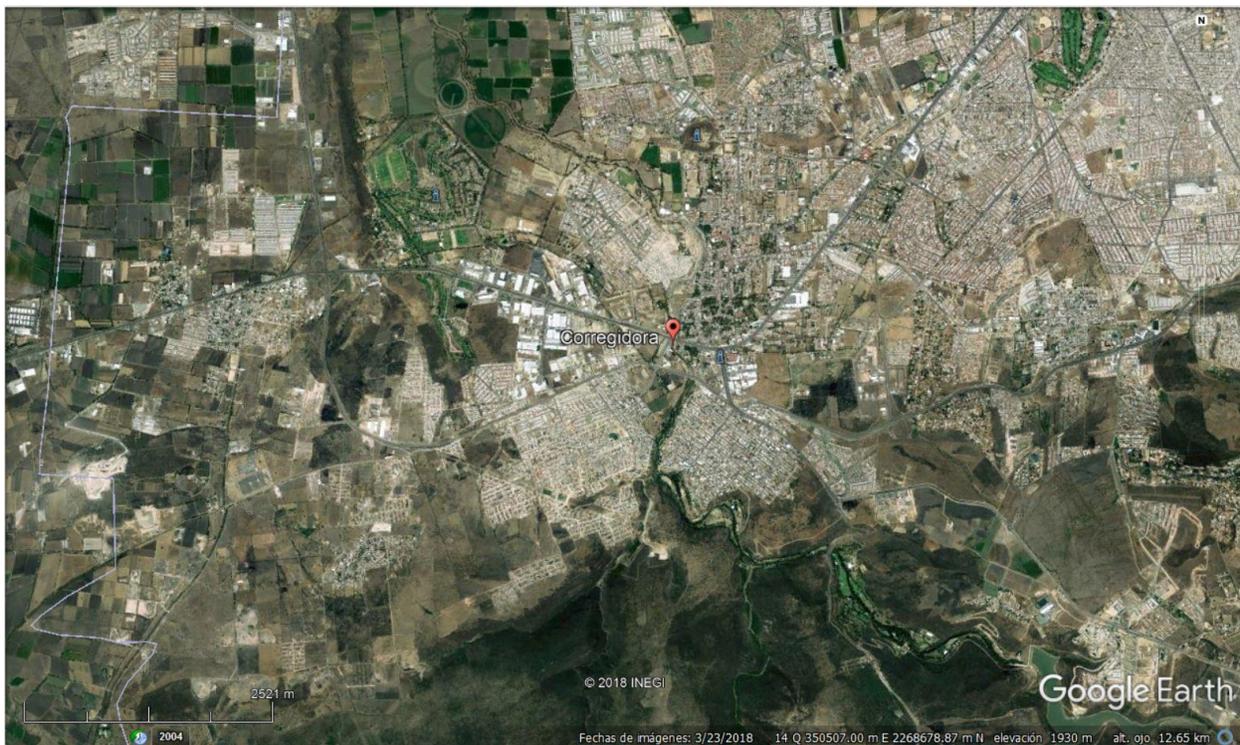


Figura 3-2 Ubicación geográfica del municipio de Corregidora, Querétaro

Fuente: Google Earth, 2018

3.2 Metodología

Para la realización de este trabajo se empleó el siguiente recurso material y herramienta digital: Computadora, Internet, Excel®, Matlab®, Google Earth Pro®, Gaia INEI V6.3.0®, Mercado inmobiliario en la zona de Corregidora.

3.2.1 Identificación y establecimiento de las variables a intervenir en la obtención del valor del suelo

Las variables que se consideraron para el desarrollo de la investigación son: precio de venta, superficie vendible, Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) cuya información fue obtenida del mes en el que se ofertó el bien inmueble; los servicios urbanos: Escuelas, Comercios, Parques, e infraestructura de red de transporte urbano.

(i) Estándares mínimos de los atributos de las variables de servicio y equipamiento

Las escuelas primarias o kínder deben encontrarse en un radio no mayor a 2 kilómetros, debe contar con un número registrado ante la Secretaría de Educación Pública (SEP) y no se considera el tamaño de la escuela.

El servicio de transporte se considera a aquellas rutas fijas, no son considerables los servicios de taxis. La distancia se mide linealmente del inmueble a la estación o parada de autobús, la cual debe estar a no más de 800 metros, como requisito la parada debe ser reconocible.

El equipamiento de mercado o súper mercado debe encontrarse en un radio no mayor a 2 kilómetros del inmueble, así mismo son aceptables por lo menos cinco locales comerciales en función o un super mercado con una superficie para la venta de mínimo 250 m² (sin incluir estacionamientos y bodegas); no son aceptados comercios ambulantes o semifijos.

Se considera como plaza y/o jardín aquellas áreas de esparcimiento terminada y de acceso público que cuente con bancas y/o juegos, de por lo menos 200 m², cuyo lado mínimo sea de 5m.; la distancia considerada para la sostenibilidad de la zona no debe ser mayor de 300m.

Por cuestiones de gestión de información en la base de datos para el diseño del modelo de la RNA, se ha considerado como distancia de 3000m en aquellas muestras en los cuales no se

cuenta con uno o algunos de los servicios, de acuerdo con las distancias indicadas en esta sección para cada uno de los equipamientos o infraestructura en donde sea requerido.

(ii) Condiciones de la muestra

La investigación estuvo basada en terrenos de clasificación predio urbano, se realizó la búsqueda de información este tipo de bien en el mercado inmobiliario de Corregidora, Querétaro; se consideraron aquellos bienes que contaran como mínimo dos sistemas de infraestructura urbana, servicios o en su caso fueran considerados con el uso de suelo como urbano, esto estipulado de acuerdo con la Ley de Catastro del Estado; por lo que fueron descartadas como variables aquellas características directas del bien inmueble tales como son: factor de negociación, factor de ubicación, factor de frente, factor de calle, factor de zona, factor topografía, factor de fondo, factor de área, factor de forma.

De acuerdo con previas investigaciones para la obtención de valor de bienes inmuebles como los terrenos con redes neuronales, se emplearon variables económicas esto dependiendo del país y de sus actividades económicas, en este estudio se consideró como variable económica para esta investigación el INPC, ya que es el indicador con mayor recurrencia a la medición de la inflación de los precios de bienes y servicios dentro de la economía.

No se consideraron viviendas o inmuebles con construcción, para evitar el uso de métodos tales como el residual, y así eludir dictámenes personales en la aplicación del método; por lo tanto sólo fueron investigados aquellos terrenos o lotes urbanos que cumplieron con los requisitos para obtener información verídica e idónea.

3.2.2 Construcción de base de datos y recopilación de información

La investigación de los bienes inmuebles data de diciembre de 2017 a noviembre de 2018, los cuales fueron investigados a través de periódicos estatales: Diario de Querétaro, A.M., Noticias de Querétaro. A través de estos medios se obtuvo la información de precios de ventas, superficie vendible y ubicación del inmueble, ya que estos proporcionan la fecha exacta de la publicación de la oferta, en caso de no hacer mención del precio de venta se consideraron aquellos que mencionaran el precio de venta por metro cuadrado de terreno y la superficie, con el cual fue posible obtener el precio de venta correspondiente a la totalidad del terreno y así mismo la ubicación.

Las distancias a los servicios fueron obtenidas por el empleo de la herramienta digital Gaia INEI V6.3.0®, mientras que la estación más próxima de transporte fue obtenida por Google Earth Pro®, el INPC fue obtenido por medio de la página de Banco de México; toda la información fue concentrada en una base de datos creada en Excel®.

Para la recolección de información se realizó con la técnica que se describe a continuación:

Se realizó la búsqueda de muestra que contará con la información de precio de venta, superficie y ubicación (Figura 3-3).

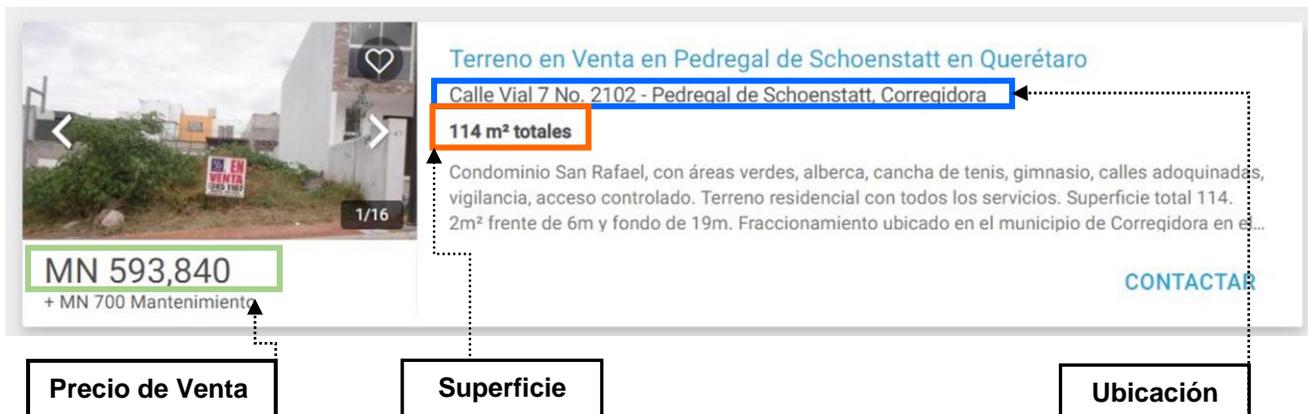


Figura 3-3 Ejemplo de muestra

Fuente: Propia

En la Figura 3-4 se muestra cómo se obtuvo la localización del inmueble de acuerdo con la ubicación mencionada en la publicación del inmueble en oferta, con la dirección referida se realizó la ubicación en el mapa digital Gaia INEI V6.3.0®, al tener el inmueble localizado nos es posible observar los equipamientos e infraestructura que se tiene al rededor; por medio de la herramienta medir de este mismo mapa digital es posible determinar la distancia lineal entre la ubicación del inmueble y la de las escuelas, comercios y parques más cercanos a esta muestra.

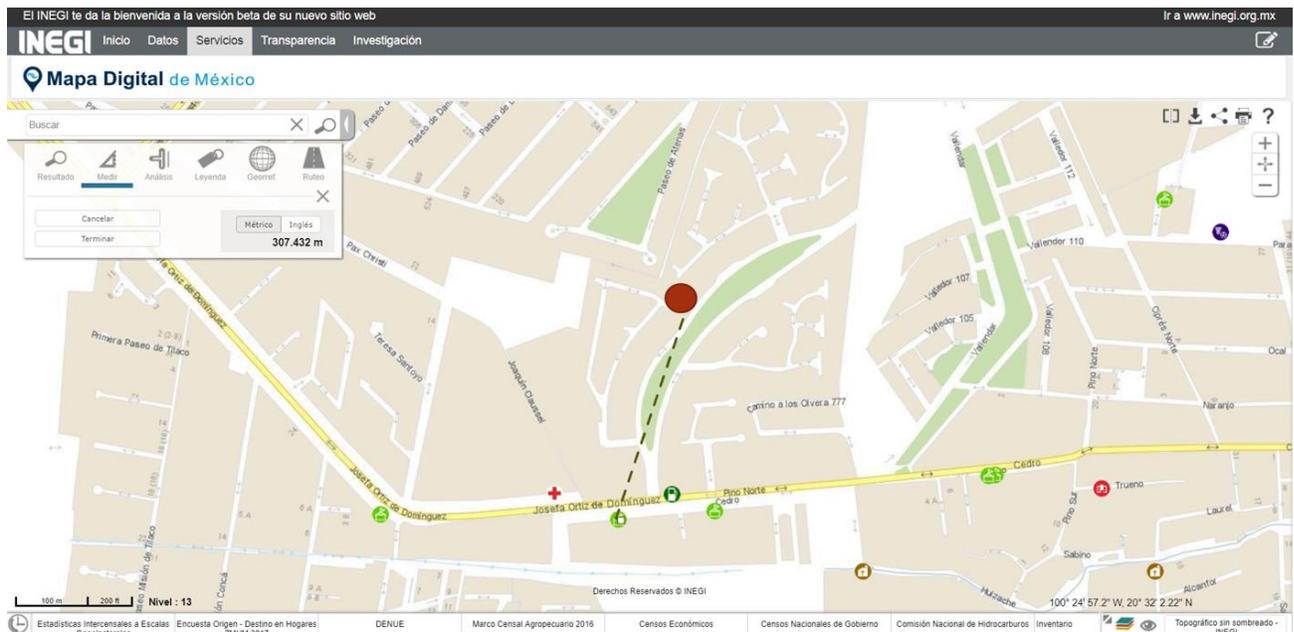


Figura 3-4 Ubicación de muestra y medición de distancias a equipamientos

Fuente: Gaia INEGI, 2018

Para la ubicación de las estaciones de ascenso y descenso de pasajeros de las unidades de autobuses urbanos, se procedió a realizar recorridos virtuales en la zona a través de la herramienta Google Earth Pro®, al tener localizada la estación establecida de autobuses se realizó la medición de la distancia existente entre la ubicación del inmueble y la estación más cercana (Figura 3-5).

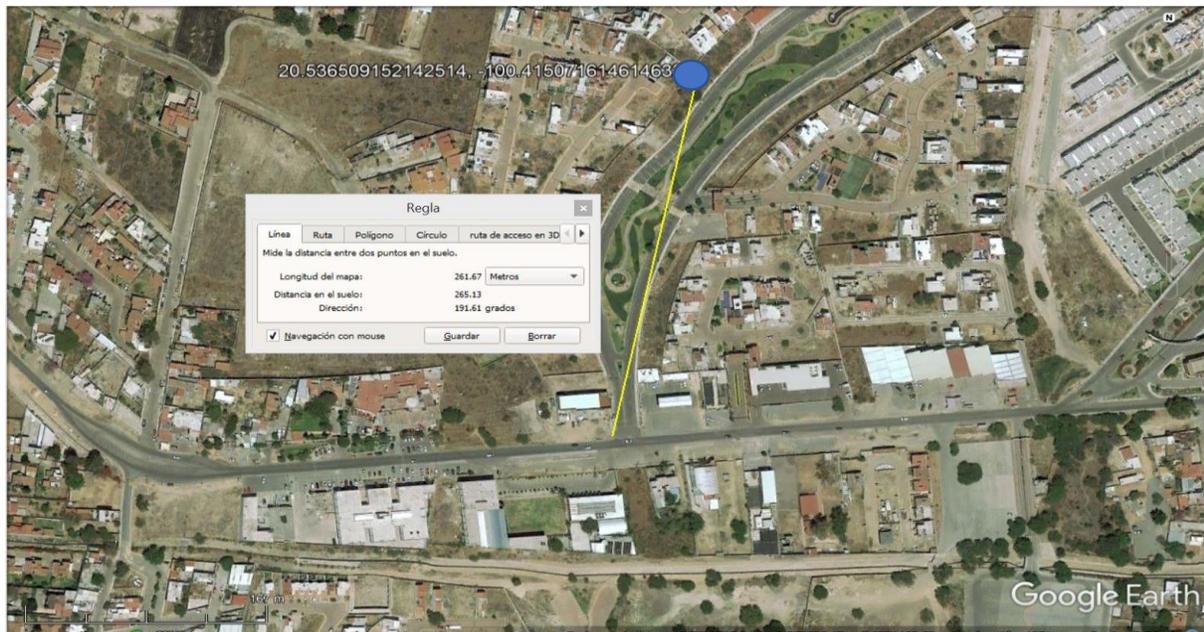


Figura 3-5 Ubicación de muestra y medición a estaciones de transporte urbano colectivo

En este proceso no se consideró la frecuencia de tiempo en la que ocurre el tránsito de los autobuses, así mismo, solo se consideró el transporte de tipo colectivo tales como los autobuses.

3.2.3 Diseño del modelo de RNA para la obtención del valor del suelo urbano

(i) Relación de las variables con respecto a la variable Precio de Venta

Se espera que el precio de venta en la que se encontró cada una de las muestras sea directamente proporcional con la superficie de terreno con la que ha sido ofertada en el mercado, aunque en muchas ocasiones se logra observar que los precios de venta dentro de una misma zona varían y que este comportamiento esperado no se efectúa, ya que en muchas ofertas, cuanto más grande sea la superficie del inmueble su valor unitario por metro cuadrado llega a ser menor que un lote de dimensiones menores.

El INPC, nos indica la inflación de los precios de bienes y servicios, este se muestra de manera ascendente a través del tiempo, por lo tanto, se considera que entre si el INPC aumenta los precios de venta de los bienes también se verán afectados en ese sentido.

Los equipamientos e infraestructura tales como escuela, parque, comercio y el transporte afectan de manera positiva al precio de venta, ya que estos servicios entre más cercanos estén de los bienes inmuebles, estas son consideradas con mejor ubicación por la accesibilidad y la comodidad que ofrecen. Por lo tanto se espera que aquellas muestras con los que se cuenten todos estos servicios y en las distancias más cercanas su valor sea mayor que aquellos con los que cuenten menos servicios y/o se encuentren más alejados.

(ii) Diseño del modelo para la obtención del valor del suelo

Las RNA constan de tres capas las cuales son indispensables para la introducción de la información, desarrollar el entrenamiento y aprendizaje, y para obtener el resultado, las cuales son establecidas en las capas de entrada, oculta y de salida.

Dentro de la capa de entrada fueron introducidas las variables implicadas para el proceso del diseño del modelo, en la capa oculta fueron colocadas el número de capas ocultas así como las neuronas en cada una de estas capas, mientras que en la capa de salida se muestra el valor de mercado analizado por la red neuronal (ver Figura 3-6).

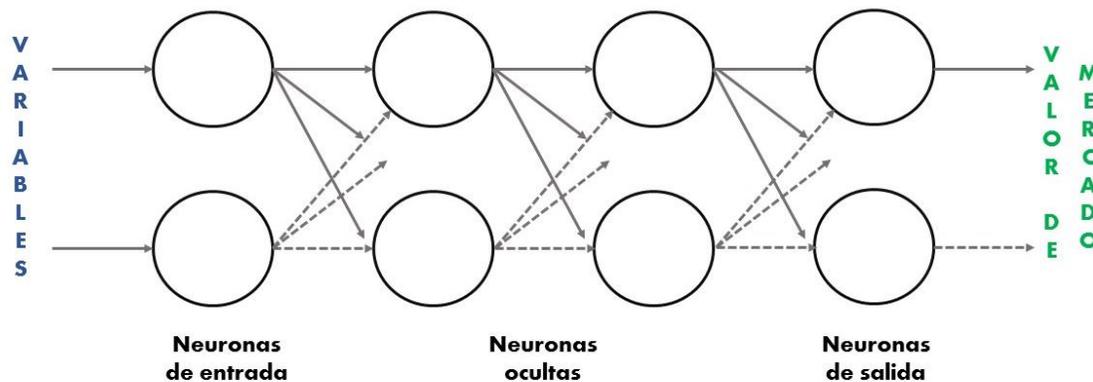


Figura 3-6 Estructura de RNA

Fuente: Propia

La estructura de los datos para el diseño del modelo de las RNA puede ser por medio de números reales, normalizados o números binarios. De acuerdo con la naturaleza de los datos obtenidos con los cuales se procesó la información de cada una de las variables para el diseño de la red neuronal artificial, se estructuró la información de la red neuronal con números reales.

Para la selección del número inicial de neuronas en la capa oculta se realizó mediante la regla de la pirámide geométrica, la cual se representa de la siguiente forma (Ecuación 2):

$$h = m \times n \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde h es el número inicial de neuronas en la capa oculta, m el número de neuronas de salida y n representa el número de neuronas de entrada.

3.2.4 Validación del modelo

La validación del modelo de la RNA se llevó a cabo mediante la predicción de valores de venta considerando datos no empleados para su entrenamiento, de acuerdo con Ljung (Ljung,

1999) de la información recopilada una tercera parte de los datos es destinado para la validación, mientras que los dos tercios de la información total es empleada para el modelo de la red neuronal artificial. El manual del programa Matlab indica que en la validación de la RNA Backpropagation se emplea el análisis de regresión lineal para la predicción de los valores destinados a validación.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos de acuerdo con la base de datos construida con información de predios urbanos en la ciudad de Corregidora, Querétaro como caso de estudio. Se describe la red neuronal propuesta mostrando el rendimiento del entrenamiento y la simulación del aprendizaje de la misma.

4.1.1 Identificación de las variables para la obtención valor del suelo

Las variables que se consideraron para el desarrollo de la investigación son: precio de venta, superficie vendible, Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC), los servicios urbanos: Escuelas, Comercios, Parques, e infraestructura de red de transporte urbano.

La variable precio de venta se identificó como la variable independiente, mientras que las variables: INPC, Escuelas, Comercios, Parques y Transporte se identificaron como las variables dependientes.

4.1.2 Construcción de base de datos

La base de datos consta de información obtenida de bienes inmuebles del periodo de diciembre de 2017 a noviembre de 2018, los cuales fueron investigados a través de periódicos estatales: Diario de Querétaro, A.M., Noticias de Querétaro, en la cual se obtuvieron originalmente 157 muestras, de las cuales fueron desechadas aquellas muestras que sobrepasaran los 3000m² de superficie, ya que la dispersión entre áreas de los inmuebles investigados eran muy grandes, lo cual no permitía un análisis estable de la red neuronal y la información fue escasa en predios mayores a la superficie mencionada (ver Tabla 4-1).

Tabla 4-1 Recolección de información en base de datos

Comparab	Fecha	Colonia/Fraccionamien	Precio de Venta	Superficie	INPC	Escuela	Parques	Comercid	Transporté
1	11/12/2017	Valle Tinto Residencial	685000	160	97.974012	1000	3000	1200	300
2	13/12/2017	San José de los Olvera (Ejic	23750000	9130	97.974012	1000	500	600	560
3	13/12/2017	La Negreta	1875000	150	97.974012	700	3000	500	3000
4	13/12/2017	Cañadas del Lago	27997762	6221	97.974012	700	3000	500	500
5	13/12/2017	Tejeda	696000	160	97.974012	400	200	1000	300
6	13/12/2017	El Condado	695130	170	97.974012	1000	3000	400	1000
7	13/12/2017	Fracc. Cañas del Lago	777462	205	97.974012	700	3000	500	500

Fuente: Propia.

Durante el proceso de recopilación de la información para la construcción de la base de datos, se observó que en internet existe abundante información de bienes inmuebles, sin embargo, muchas de los datos mostrados en este medio se logran encontrar de manera repetitiva y con cifras o datos alterados entre ellos. Sin embargo, la información que se proporciona en periódicos es menor pero se encuentran con datos puntuales para la oferta en el mercado inmobiliario.

Se realizó la observación del comportamiento de las variables de manera individual, así como la correlación existente entre cada una de las variables dependientes con la variable independiente, a través del programa Matlab®.

En la Figura 4-1 Variable Precio de Venta se observan los datos recabados del mercado inmobiliario con los cuales fue entrenada la red neuronal artificial, comprende diferentes predios urbanos ofertados durante el periodo noviembre 2017- noviembre 2018. El 78% de la información obtenida tiene un valor menor a los \$4,000,000, el 22% de los valores restantes cuentan con valores comprendidos entre los \$4,000,000 y \$12,000,000.

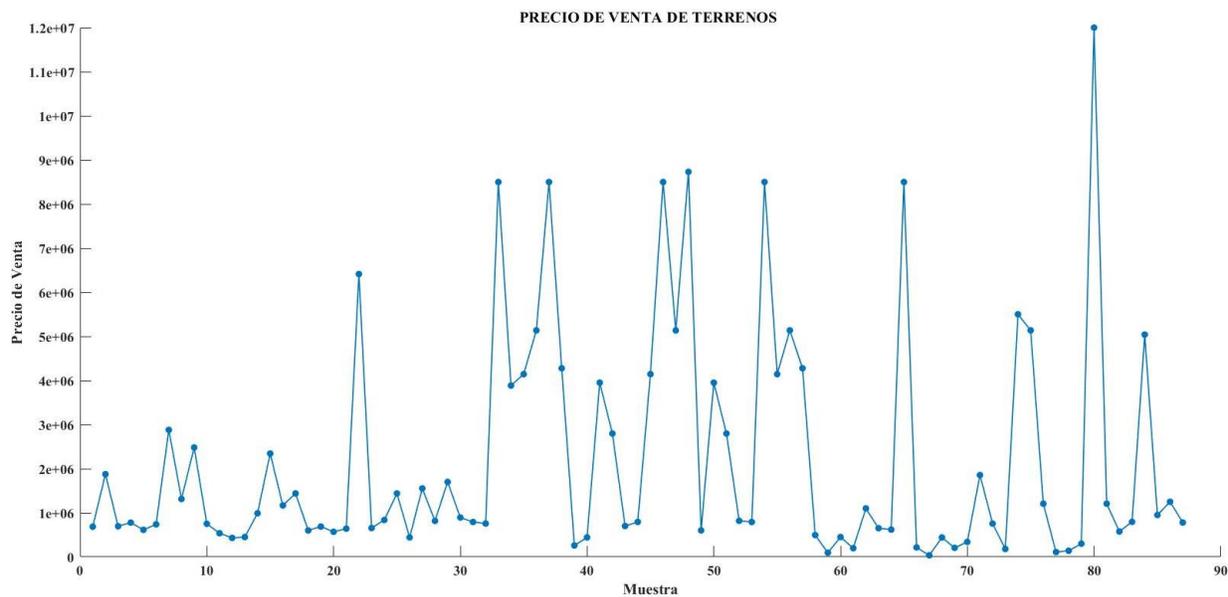


Figura 4-1 Variable Precio de Venta

Fuente: Matlab (2018).

En la Figura 4-2 Variable superficie de terrenos se muestran las superficies de los predios localizados en venta, donde el 82% de los lotes en venta son inferiores a los 1000 m², los cuales nos indican que se presenta mayor oferta de venta de predios urbanos destinados a la vivienda, mientras que el 18% son ofertados para la industria o el comercio o de macrolotes para vivienda.

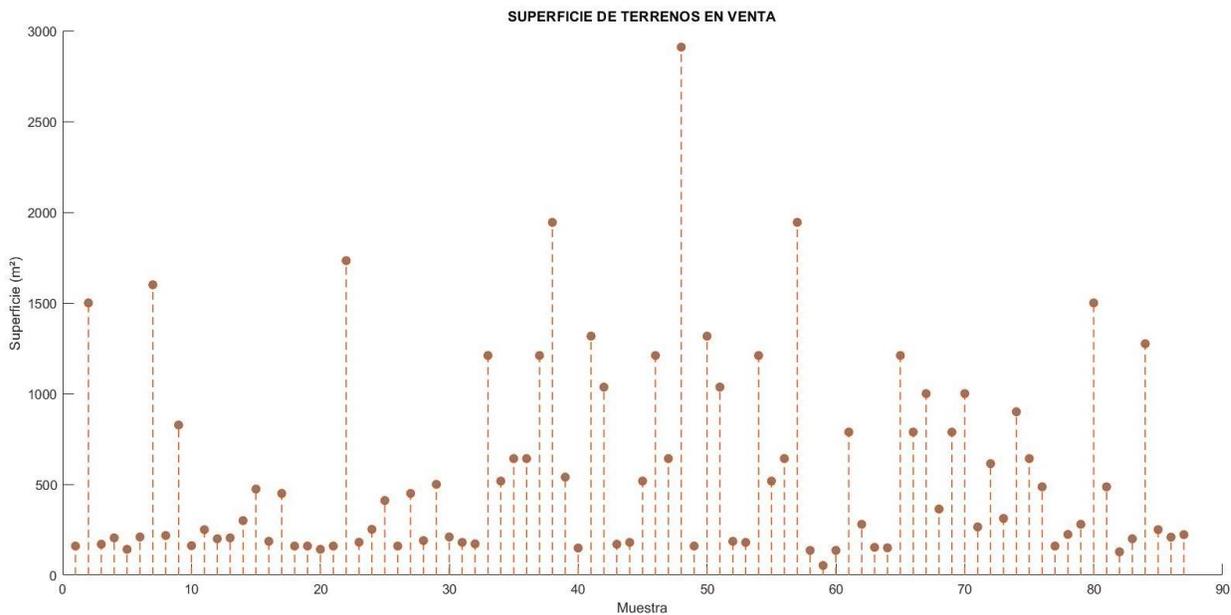


Figura 4-2 Variable superficie de terrenos

Fuente: Matlab (2018).

El Índice Nacional de Precios al Consumidor (ver Figura 4-3 Variable Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) se presenta de manera ascendente en cada uno de los meses en los que fue investigado el mercado de predio urbano. Esta variable tuvo un ajuste a partir de la segunda quincena de julio del 2018, debido a que se realizó el cambio de la base correspondiente a 100, de acuerdo con el Diario Oficial de la Federación.

Se observa que en el primer y segundo mes de investigación del mercado se obtuvo una mayor oferta de predios urbanos, presentándose una menor oferta en los meses consecutivos, de

igual manera el crecimiento de los puntos del INPC en cada uno de los meses fue variable, por lo que se observó también cambios en la economía.

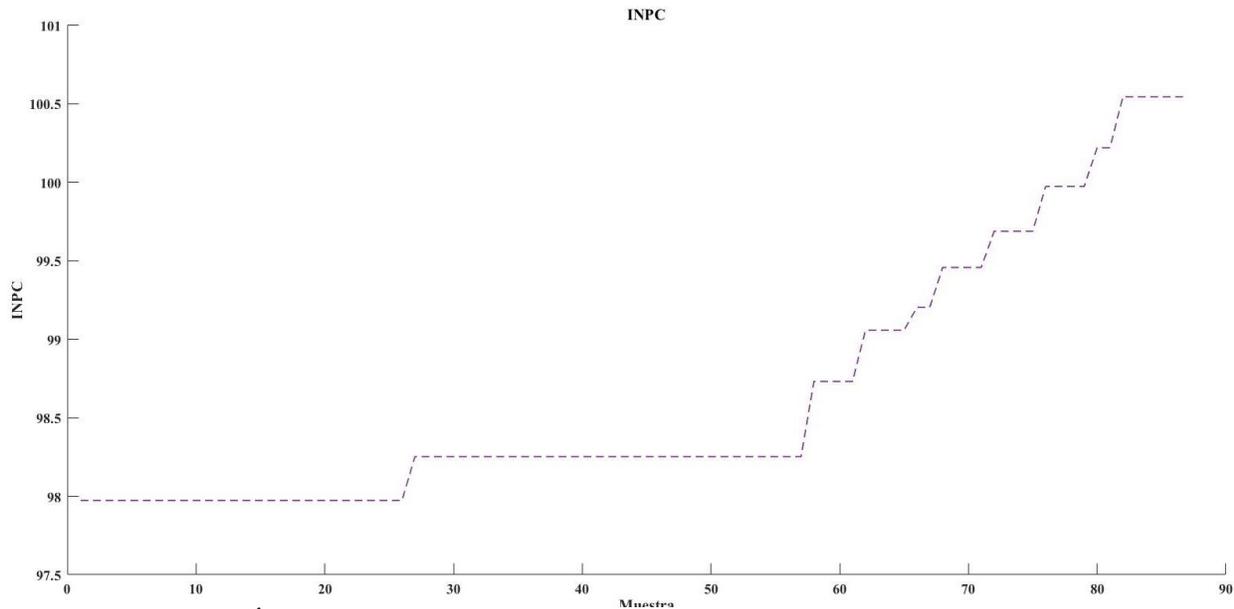


Figura 4-3 Variable Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC)

Fuente: Matlab (2018).

De acuerdo con los estándares mínimos de los atributos verificables de servicio y equipamiento que han sido determinados por el CIDS, en esta evaluación se consideran los servicios: escuelas (Primaria o kínder), servicio de transporte, así como el equipamiento urbano tales como: mercado o súper, y jardines o plazas.

Las plazas y/o jardines o aquellas áreas de esparcimiento de acceso público que cuente con bancas y/o juegos, de por lo menos 200 m² son tomadas en cuenta como variable para este trabajo de investigación, la cual ha sido nombrada como Parques (ver Figura 4-4 Variable Parques), de acuerdo con el CIDS, la distancia considerada para la sostenibilidad de la zona no debe ser mayor de 300m.

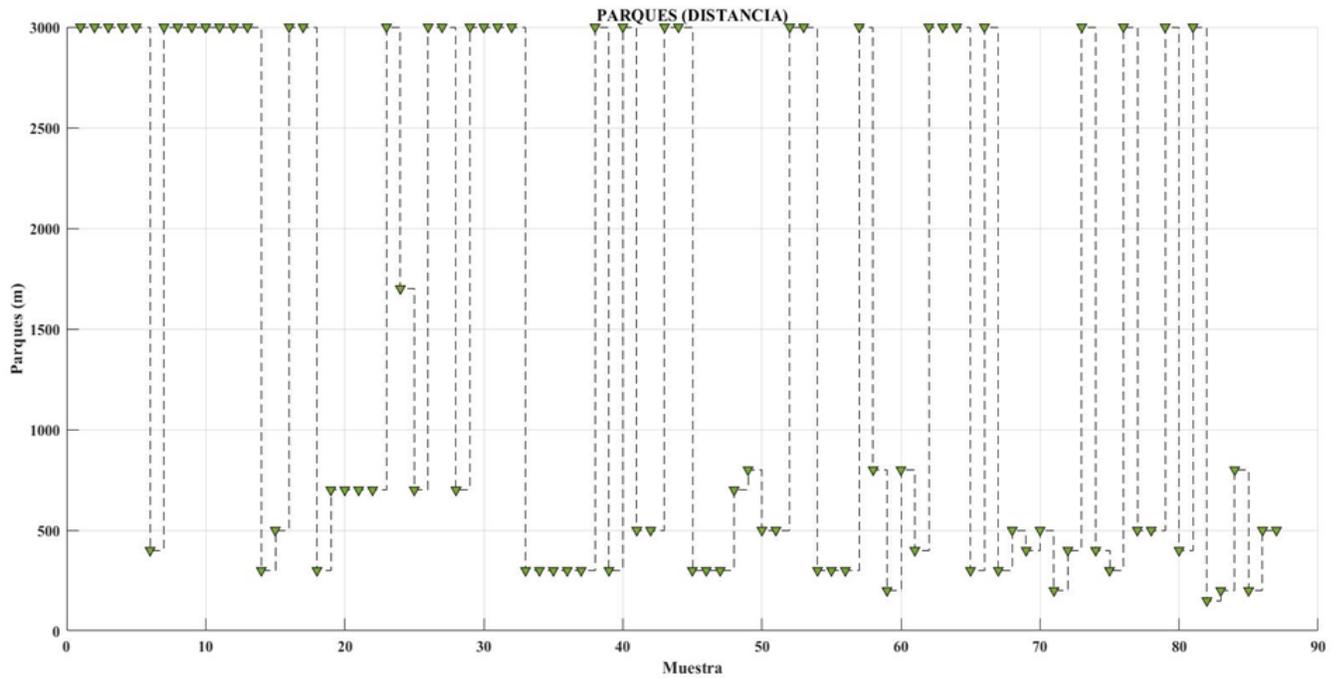


Figura 4-4 Variable Parques

En la Figura 4-5 Variable comercios, se muestra las distancias en metros en las que se encuentran localizados aquellos establecimientos de venta ya sea un mercado o súper mercado con superficie mínima para la venta de 250m², o en su caso 5 locales comerciales, las cuales no deben encontrarse en un radio no mayor a 2000 metros del inmueble. Se consideró como 3000m a aquellos sujetos de investigación en donde no se encuentra con este equipamiento para el procesamiento de información con las RNA. El análisis de esta variable nos indica que el 24% de los inmuebles investigados no contaban con servicio de comercios.

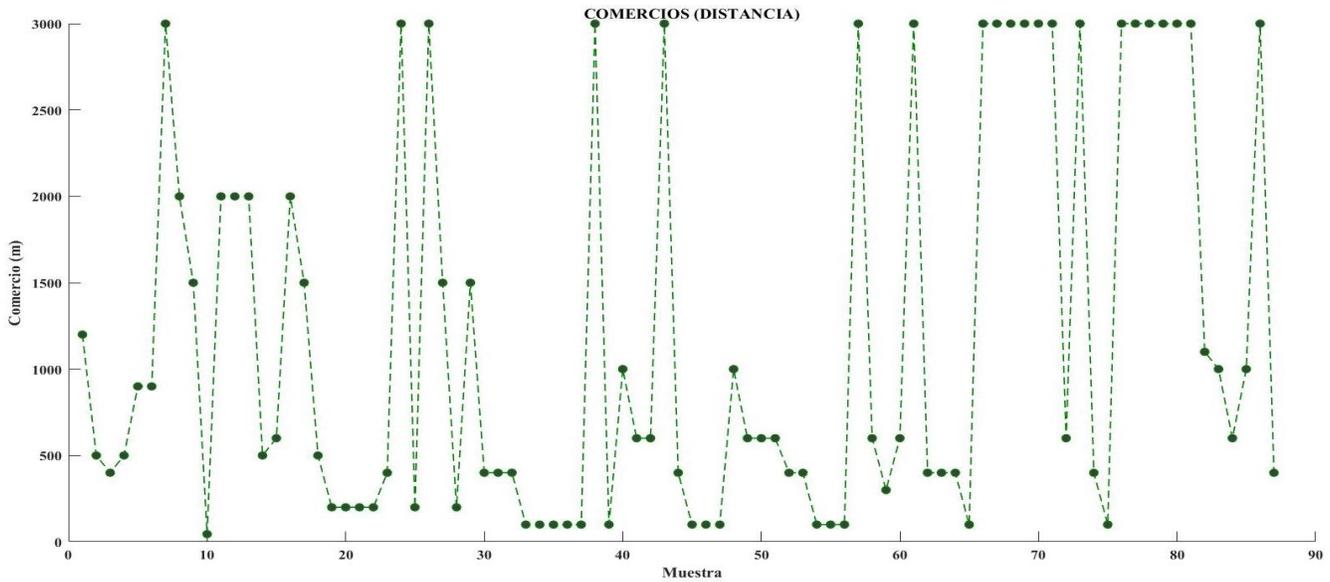


Figura 4-5 Variable comercios

Fuente: Matlab (2018).

Se consideran dentro de esta investigación las escuelas de nivel básico (primarias o kínder) sin tener en cuenta el tamaño de la escuela, teniendo en cuenta que deben encontrarse en un radio no mayor a 2000m (ver Figura 4-6 Variable escuela), sin embargo a aquellos sujetos investigados en donde no se encuentre alguna escuela la distancia ha sido considerada de 3000m para el procesamiento de la información con las RNA. De acuerdo con el análisis, se obtuvo que el 68% de los inmuebles que se encontraron en oferta tienen acceso a este servicio.

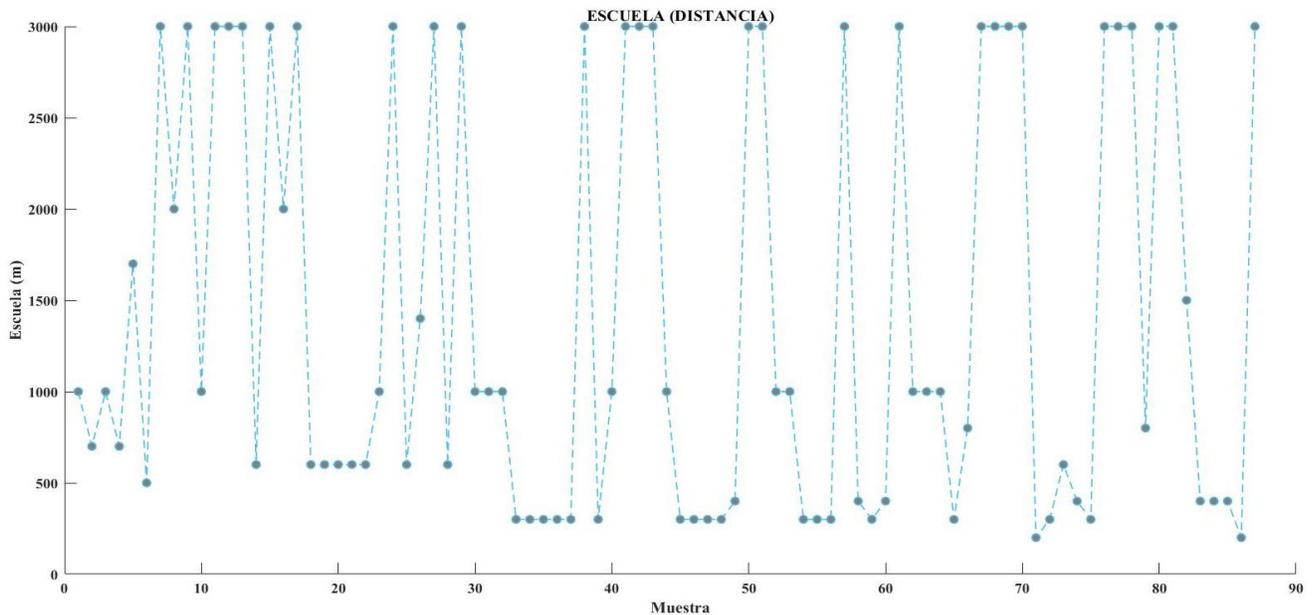


Figura 4-6 Variable escuela

Fuente: Matlab (2018).

En la Figura 4-7 Variable transporte, se muestra la distancia del inmueble a la estación o parada de autobús, la cual debe estar a no más de 800 metros y debe ser reconocible. De acuerdo con el CIDS, el servicio de transporte se considera a aquellas rutas fijas, no son considerables los servicios de taxis.

Las distancias registradas han sido consideradas desde la ubicación exacta del inmueble, si está información fue proporcionada por el anunciante o vendedor del inmueble o en caso de no contar con el dato exacto se consideró el acceso principal del condominio, o en su caso el centro del espacio geográfico de la colonia o fraccionamiento. Al igual que las variables de servicio y equipamiento, se consideró como distancia de 3000 aquellos inmuebles que no contaron con este servicio.

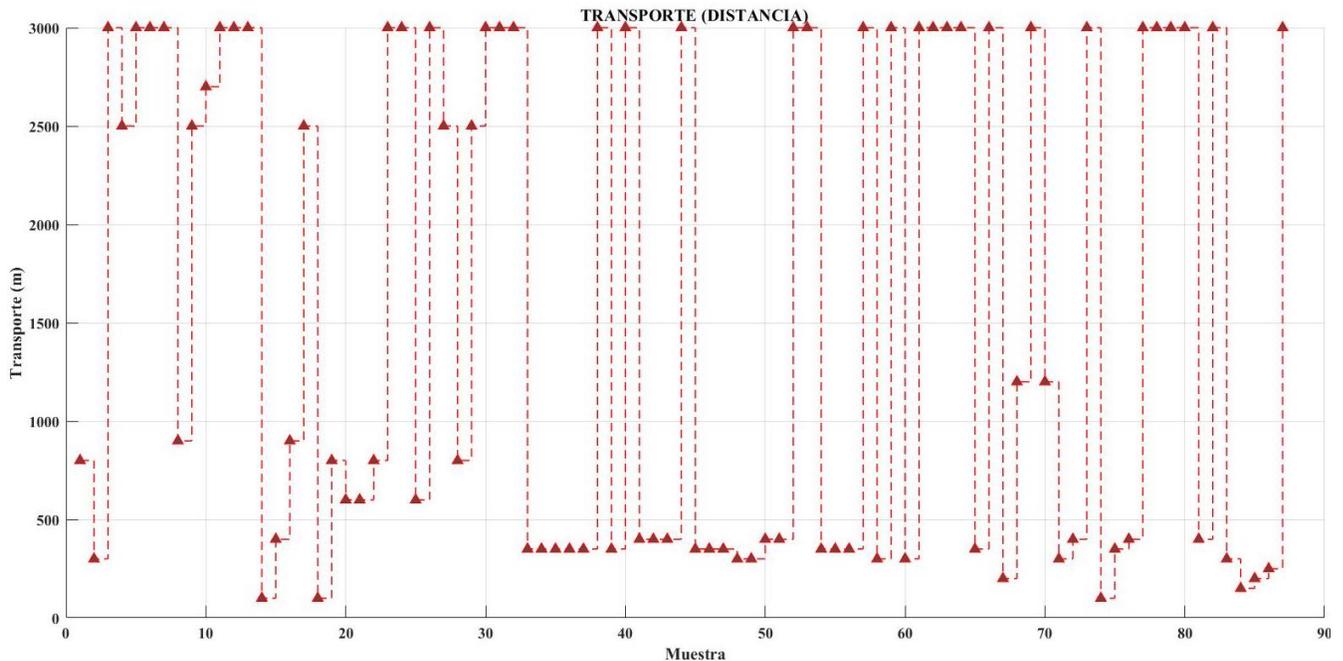


Figura 4-7 Variable transporte

Fuente: Matlab (2018).

Se procedió a realizar la correlación de cada una de las variables dependientes con las variables independientes, para interpretar la conducta entre ellos, los cuales se muestran a continuación:

Se aprecia en la Figura 4-8 Correlación de variables precio de venta- superficie la relación existente entre el Precio de Venta en la que se ofertan los bienes inmuebles y la Superficie que tiene cada una de las muestras, se observa la diversidad de precios y de superficies, por lo que existe un comportamiento no lineal entre estas variables. Se presentan predios con superficies similares o idénticas pero con diferencias notables en valores de oferta, así como inmuebles con áreas desiguales pero con precios de venta semejantes.

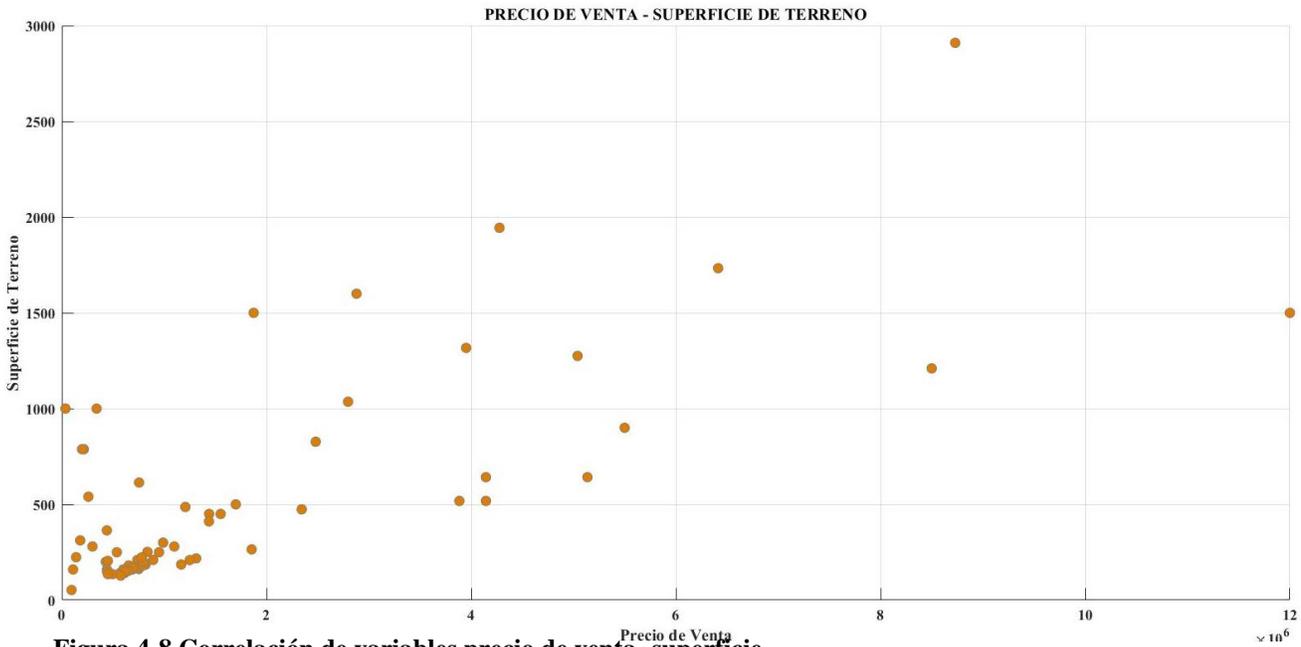
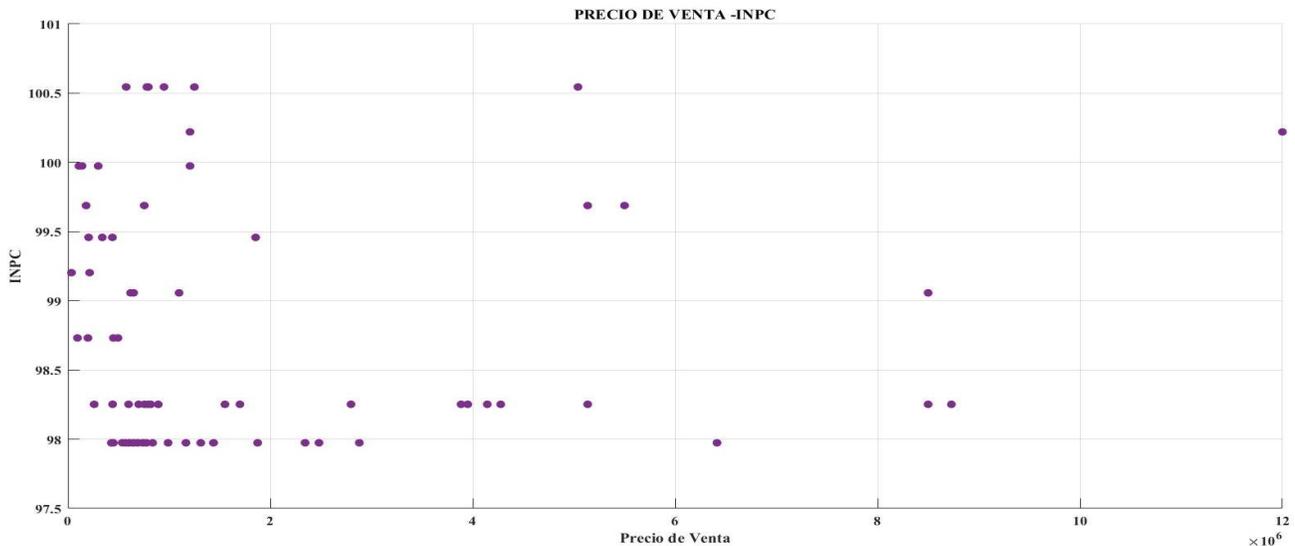


Figura 4-8 Correlación de variables precio de venta- superficie

Fuente: Matlab (2018).

En correlación de Precio de Venta con la variable dependiente INPC (ver Figura 4-9 Correlación de variables precio de venta- INPC se presenta la relación del precio de venta de los bienes inmuebles y el Índice Nacional de Precios al Consumidor que presentó en el mes de la publicación de la oferta del predio.



suelo en zonas urbanas”

Figura 4-9 Correlación de variables precio de venta- INPC

La Figura 4-10 Correlación de variables precio de venta-comercio se observa el comportamiento existente entre el Precio de venta en las que fueron ofertados los bienes inmuebles y la distancia a la que se encuentran los comercios, aquellas muestran que se encuentran en distancia 3000m refiere a los bienes que no cuentan con comercios en un radio de 2000 m.

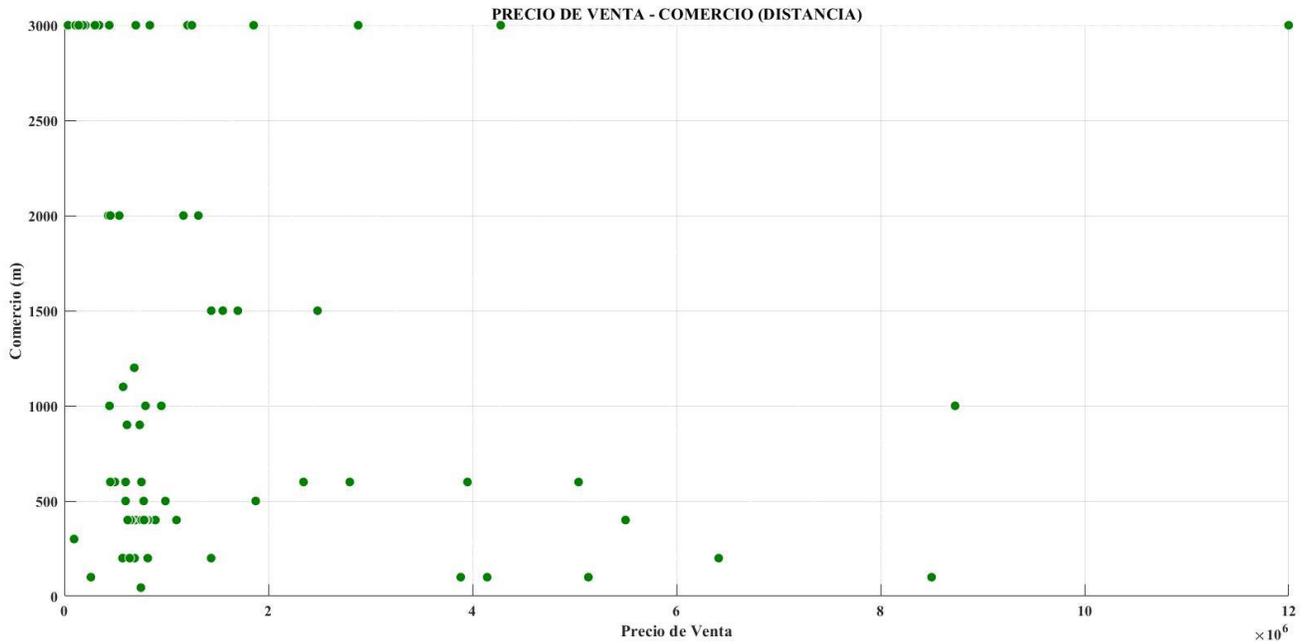


Figura 4-10 Correlación de variables precio de venta-comercio

Fuente: Matlab (2018).

La Figura 4-11 Correlación de variables precio de venta-parques y la Figura 4-12 Correlación de variables precio de venta-escuela, muestran la relación existente entre la variable Precio de Venta y la distancia a Parques y Escuelas, respectivamente, donde se muestra como distancia de 3000m a aquellos inmuebles que no cuentan con estos equipamientos urbanos.

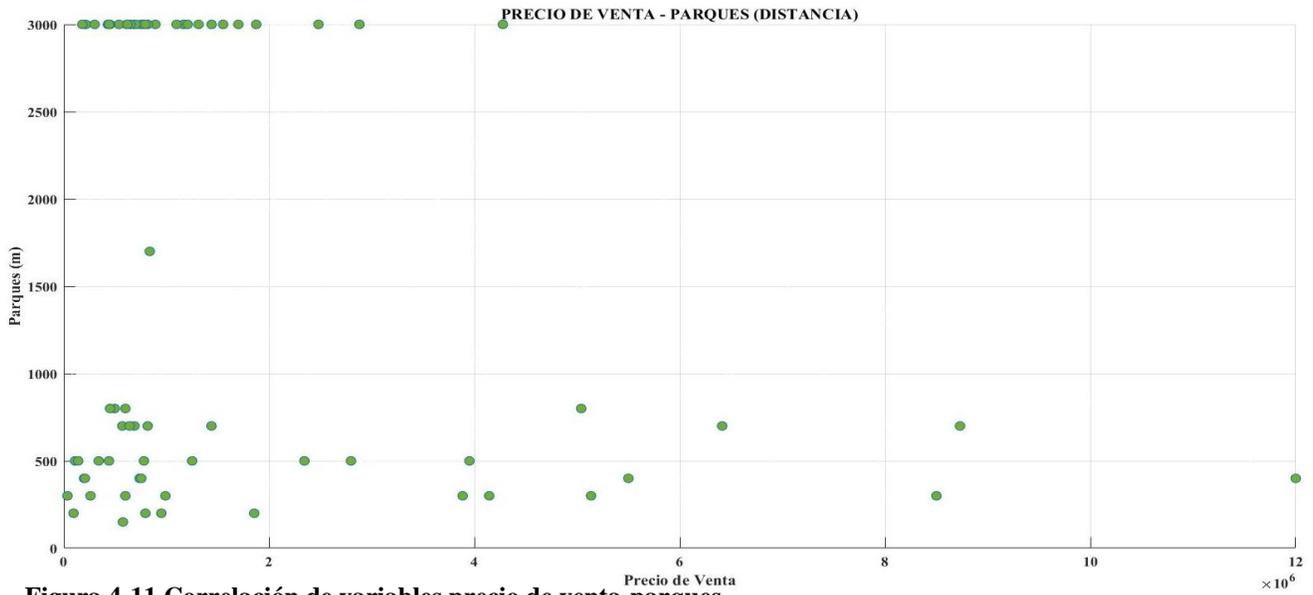


Figura 4-11 Correlación de variables precio de venta-parques

Fuente: Matlab (2018).

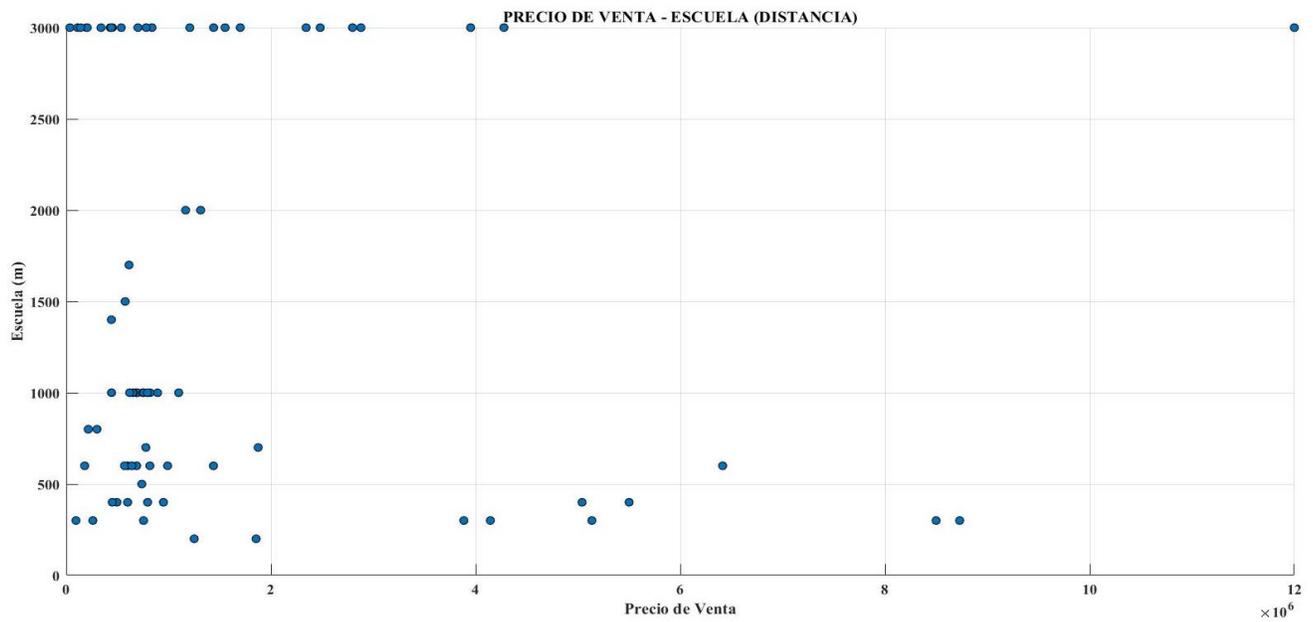


Figura 4-12 Correlación de variables precio de venta-escuela

Fuente: Matlab (2018).

Se observa que la relación entre la variable Precio de Venta y Transporte (ver Figura 4-13 Correlación de variables Precio de venta-transporte) que aquellos que no cuentan con sistema de transporte como aquellos que cuentan con este equipamiento, cuentan precios similares.

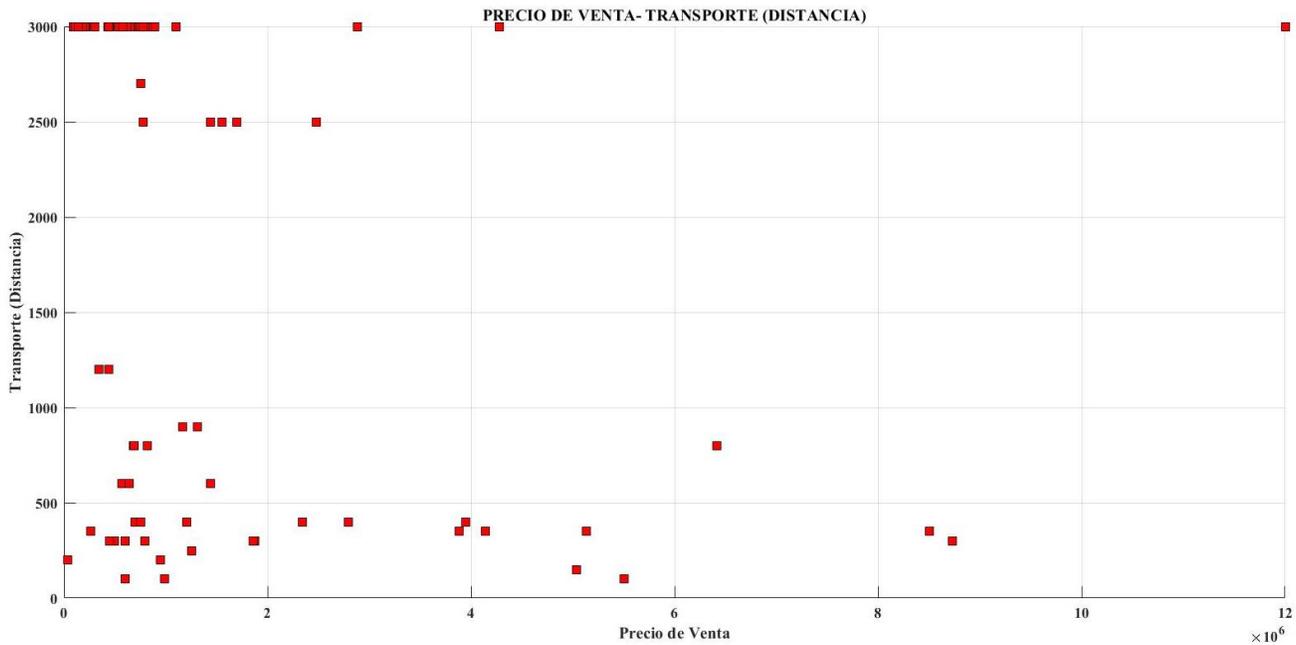


Figura 4-13 Correlación de variables Precio de venta-transporte

Fuente: Matlab (2018).

4.1.3 Obtención del valor del suelo urbano implementando RNA

La RNA está formada por tres capas, las cuales son identificadas como capa de entrada, capa oculta y capa de salida. Dentro de la capa de entrada se consideraron las variables dependientes: superficie vendible, INPC, escuelas, comercios, parques, y transporte urbano; mientras que en la capa oculta se empleó la variable independiente precio de venta, y en la capa de salida se muestra las predicciones del análisis del valor de mercado por medio de las redes neuronales artificiales. El diseño del modelo se desarrolló con 87 muestras, las cuales abarcan un intervalo en superficie de 100m² a 3000m².

Se determinó de acuerdo con la regla pirámide geométrica el número inicial de capas ocultas y de neuronas, con esta regla se realizó un primer entrenamiento de la RNA con una capa oculta y seis neuronas empleando la función Backpropagation, se ejecutaron 50 entrenamientos más considerando el aumento de capas y de neuronas para el entrenamiento para obtener el

entrenamiento apropiado, no se consiguieron resultados óptimos, por lo que se prosiguió con la interacción de otras funciones con las que posee la herramienta Neuronal Network Tool del programa Matlab, se realizaron 30 ensayos más con la del cual se obtuvo un mejor rendimiento con la función Bayesian Regularization, mejorando el rendimiento de la RNA con dos capas ocultas y 6 neuronas.

4.1.4 Resultados Backpropagation con función Levenberg-Marquardt (LM) versus Backpropagation Bayesian Regularization (BR)

La Figura 4-14 Resultados del entrenamiento con Backpropagation empleando función Levenberg-Marquardt muestra los valores de precio de venta que se ofertan en el mercado y el modelo de entrenamiento del diseño que se muestra es Levenberg-Marquardt, se observa que el diseño del modelo si hay un comportamiento que asimila al comportamiento que se encuentra actualmente en el mercado, sin embargo existe una dispersión en algunos puntos de las muestras. Mientras que en la Figura 4-15 Modelo Backpropagation con función Bayesian Regularization muestra los valores de precio de venta que se ofertan en el mercado y el modelo de entrenamiento del diseño, se obtuvo un mejor comportamiento de la red con dos capas ocultas y seis neuronas empleando la función Bayesian Regularization.

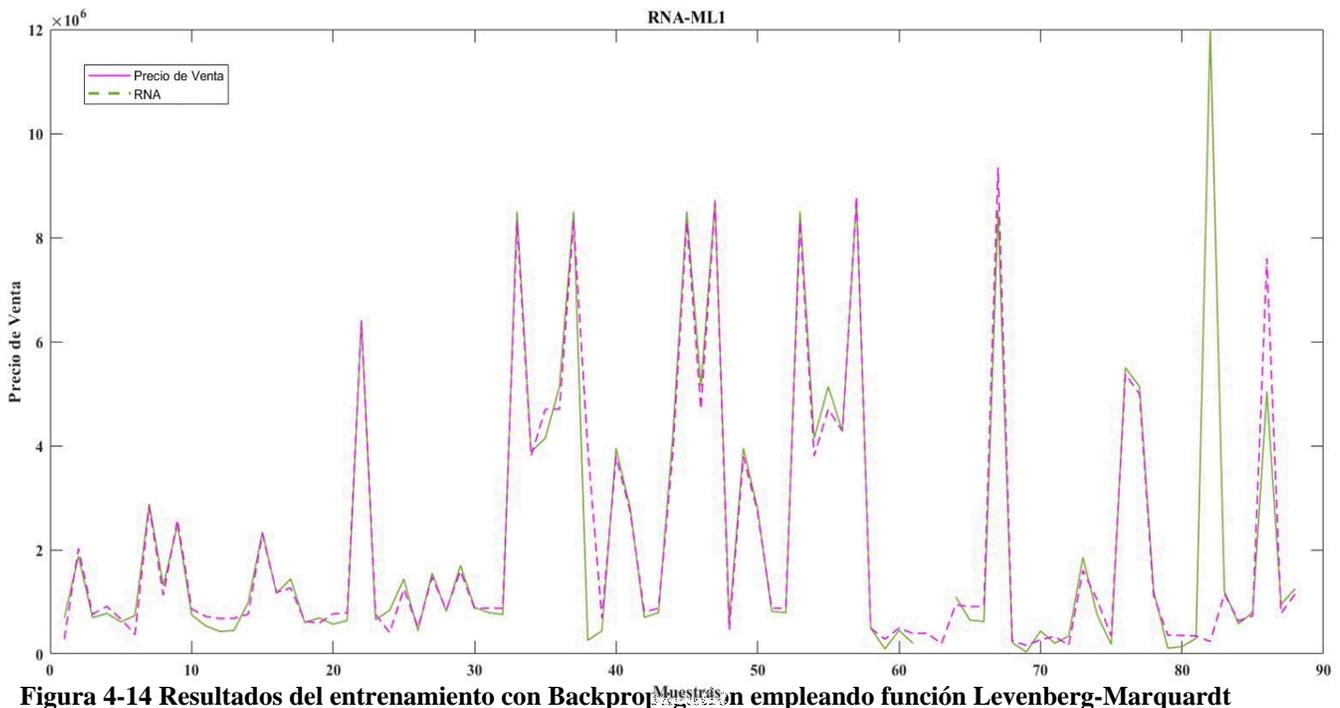


Figura 4-14 Resultados del entrenamiento con Backpropagation empleando función Levenberg-Marquardt

Fuente: Matlab (2018).

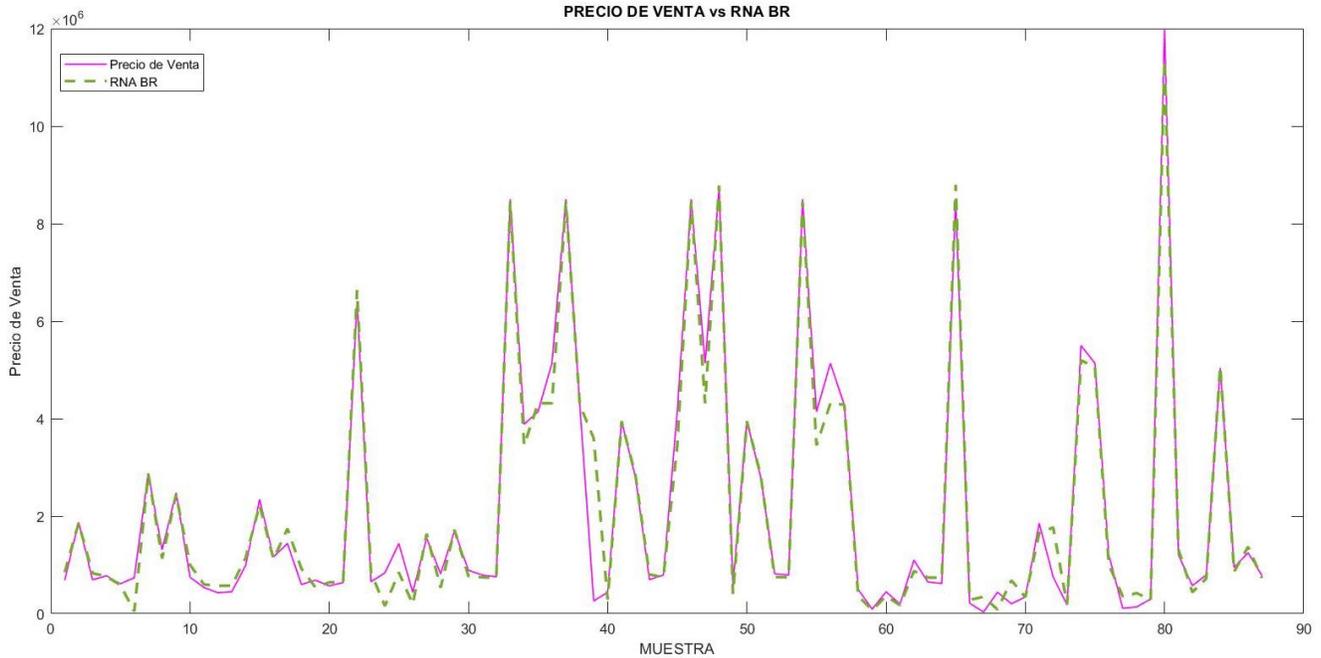


Figura 4-15 Modelo Backpropagation con función Bayesian Regularization

Fuente: Matlab (2018).

La red neuronal realizó 519 interacciones, donde se obtuvieron los siguientes resultados de entrenamiento (ver Figura 4-16 Gráficas de regresión lineal del entrenamiento) observándose que el entrenamiento fue realizado de manera correcta, obteniendo un correcto fitting manteniéndose en la línea de la regresión lineal.

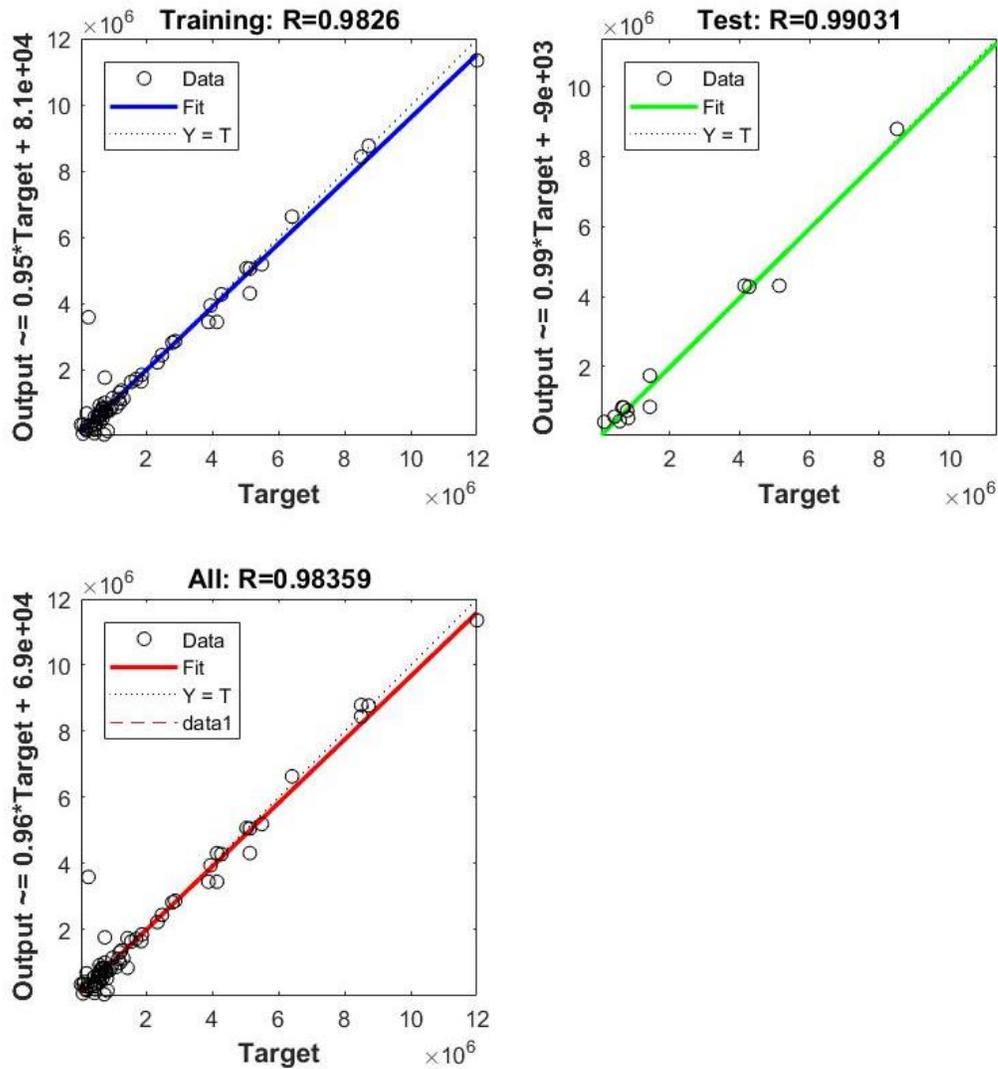


Figura 4-16 Gráficas de regresión lineal del entrenamiento

Fuente: Matlab (2018).

4.1.5 Evaluación del rendimiento de RNA con la función Bayesian Regularization

De acuerdo con Ljung (1999) se emplea para la evaluación del rendimiento de una RNA con una tercia parte de la totalidad de la información. Para este proyecto se empleó 87 datos en el desarrollo del modelo, para efectuar la validación del modelo se dispuso de la información de 28 predios urbanos.

La simulación se realizó a través del programa Matlab, donde al emplear la herramienta para el diseño, entrenamiento y simulación de redes neuronales artificiales es posible realizar la validación de los datos.

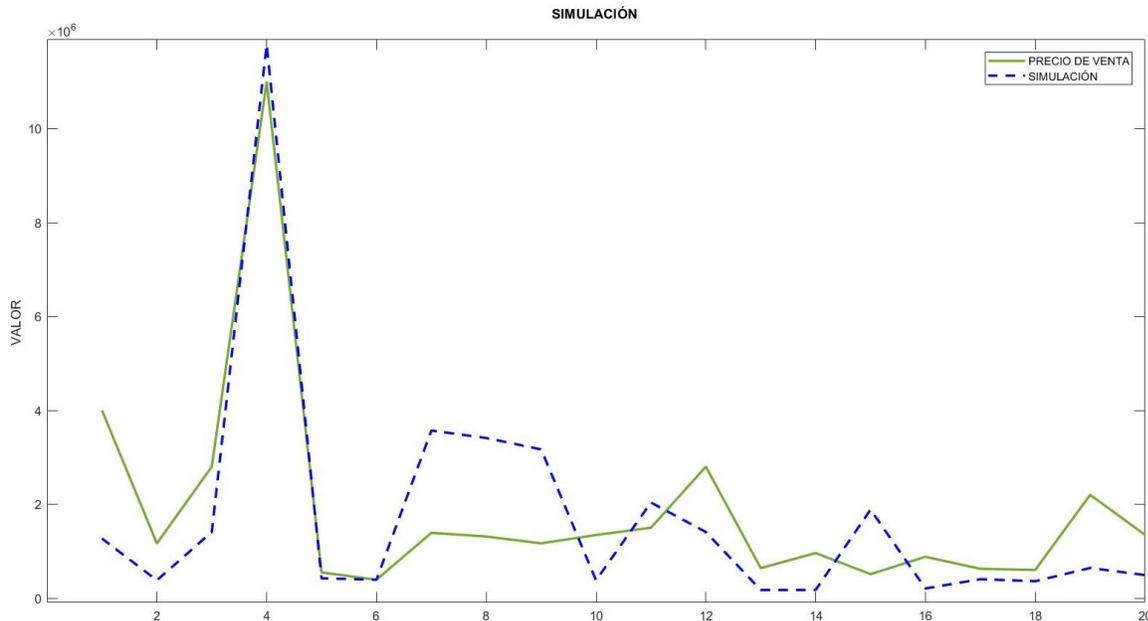


Figura 4-17 Validación del entrenamiento

Fuente: Matlab (2108).

En la Figura 4-17 Validación del entrenamiento se observa el comportamiento del entrenamiento de la red neuronal con los datos para validación, la cual ha respondido de manera favorable en muchos de los casos presentados, a pesar de que algunas de las ubicaciones de los datos empleados para la validación no pertenecieron al entrenamiento o en su caso contaban con muy pocos sujetos para el entrenamiento. En la Tabla 4-2 Comparación de precios de venta y valores de simulación se muestra la comparación de los errores de algunos de los sujetos empleados en la validación contra el valor de oferta real,

Tabla 4-2 Comparación de precios de venta y valores de simulación

<i>Sujeto</i>	Valor de Oferta	Valor Simulación	Error (%)	Error V.U.(\$)
4	11070000	11790000	7%	-360
6	392000	392000	0%	0
8	1313000	3411000	160%	-9624
10	1345000	379900	-72%	5106
12	2800000	1408000	-50%	2412

Fuente: Propia

Se observa dentro de los datos comprendidos entre el 7 y el 10 existe una diferencia muy grande entre el entrenamiento de la red neuronal (Ver Figura 4-17 Validación del entrenamiento). Al realizar un análisis más profundo en la base de datos, se observa que estos sujetos con mayor variabilidad corresponden a un solo fraccionamiento del municipio de Corregidora, Querétaro, llamado “Hacienda Carlota Vanegas”.

Se realizó la búsqueda de información de esta zona a través de internet encontrando una página oficial del condominio, en donde se ofertan los lotes comerciales con amenidades especiales dentro del condominio que ofrecen un mayor confort para los residentes, ofrece mejoras en accesibilidad y buena ubicación con servicios y equipamientos urbanos. Analizando en valores de venta se encontró que los precios varían (ver Tabla 4-3 Precios de venta de lotes en fraccionamiento "Hacienda Carlota Vanegas") donde es posible observar que lotes comerciales con menor superficie tienen un mayor valor a aquellos lotes con superficie mayor.

Tabla 4-3 Precios de venta de lotes en fraccionamiento "Hacienda Carlota Vanegas"

<i>Sujeto</i>	Precio de Venta (\$)	Superficie	Valor unitario (\$)
1	1890000	330	5736
2	1677965	235	7140
3	1352042	188	7192
4	1482000	240	6175
5	1520131	220	6910

Fuente: Propia

5. CONCLUSIONES

En este trabajo se realizó el muestreo para el municipio de Corregidora, Querétaro debido al crecimiento acelerado de la mancha urbana. Con la aplicación de las redes neuronales en la valuación inmobiliaria es posible obtener de manera más eficaz el valor del suelo; a pesar de no emplear variables directas del suelo urbano como lo son: factor de negociación, factor de ubicación, de frente, de calle, de zona, topografía, de fondo, de área y de forma.

Se observó que con la RNA considerando diferentes variables: superficie, servicios (comercio, escuela, parques), infraestructura (redes de transporte) y con la implementación de la variable económica INPC, se obtienen valores próximos a los que se presentan en la oferta inmobiliaria de suelos urbanos.

Se presenta mayor oferta de venta de lotes para la construcción de viviendas, que de lotes comerciales o industriales, pero también se presentan predios urbanos como el caso del Fraccionamiento Hacienda Carolina Vanegas que deben analizarse de manera más profunda para encontrar las variables extraordinarias que afectan de manera directa en el valor y sean consideradas en la red neuronal artificial.

La alimentación de la base de datos de la red debe ser amplia para que el error entre valor de venta y el valor de la RNA se encuentra entre un 0% y 10%, como es en el caso de aquellas zonas en donde hubo mejor aproximación de precios. Así mismo, durante esta investigación se percibió que la información que se muestra en internet se encuentra susceptible a la especulación, e igual forma en intereses de intermediarios dedicados a la promoción de las ofertas inmobiliarias, ya que al existir representantes inmobiliarios influyen en los precios de venta.

BIBLIOGRAFÍA

- Alandete, D. (27 de Octubre de 2011). John McCarthy, el arranque de la inteligencia artificial. *El País*, pág. S.N. Obtenido de https://elpais.com/diario/2011/10/27/necrologicas/1319666402_850215.html
- Buenrostro, J. (2006). Solución por sistemas borrosos al avalúo de bienes raíces urbanos. México. Recuperado el 15 de Julio de 2018, de <http://ri.uaq.mx/bitstream/123456789/1299/1/RI001099.PDF>
- Casas Fajardo, A. E. (2014). *Propuesta Metodológica para Calcular el Avalúo de un Predio Empleando Redes Neuronales Artificiales*. Recuperado el 26 de Agosto de 2017, de Universidad Nacional de Colombia: <http://www.bdigital.unal.edu.co/49434/1/51964148.2015.pdf.pdf>
- CIDS. (2018). *Centro de Desarrollo Para el Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <http://cii.infonavit.org.mx/IndicesdeCalidad/acercade.html>
- Cuéllar, L., & Medina, A. (Noviembre de 2012). *El Análisis de Mayor y Mejor Uso y su Relevancia en la Aplicación de las Normas Internacionales de Valuación*. Recuperado el 18 de Septiembre de 2017, de FECOVAL: <http://fecoval.org/wp-content/uploads/2016/09/docemonterrey.pdf>
- Demuth, H., & Beale, M. (Octubre de 2004). *Neural Network Toolbox for Use with Matlab*. EUA. Recuperado el 15 de Mayo de 2018, de http://cda.psych.uiuc.edu/matlab_pdf/nnet.pdf
- Diario Oficia de la Federación. (2009). Metodología y criterios de carácter técnico para la elaboración de trabajos valuatorios que permitan dictaminar el valor de los bienes intangibles, bienes inmuebles, bienes muebles, unidades instaladas y unidades económicas que pretendan enajenar las dep. México. Recuperado el Octubre de 2018, de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5078449&fecha=26/01/2009
- Diario Oficial de la Federación. (2017). Metodología de los servicios valuatorios regulados por el Instituto de Administración y Avalúos de Bienes Nacionales para estimar el valor comercial de los activos. México. Recuperado el Marzo de 2018, de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5485560
- Diario Oficial de la Federeación. (2016). Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano. México. Recuperado el 15 de Agosto de 2018, de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGAHOTDU_281116.pdf
- Flores, R. (2008). *Las Redes Neuronales Artificiales Fundamentos teóricos y aplicaciones prácticas*. España: Netbiblo, S.L. . Recuperado el 14 de Septiembre de 2017, de

- <https://books.google.com.mx/books?id=X0uLwi1Ap4QC&printsec=frontcover&dq=redes+neuronales+artificiales+pdf&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiUm4n4teLYAhUBXawKHWFBDGIQ6AEIKDAA#v=onepage&q=redes%20neuronales%20artificiales%20pdf&f=false>
- International Valuation Standards Council. (2017). Normas Internacionales de Valuación. Londres, Reino Unido. Recuperado el 15 de Octubre de 2017, de <http://fecoval.org/wp-content/uploads/2017/03/NORMA-I.-DE-VAL.-2017.pdf>
- Izaurieta, F., & Saavedra, C. (2000). Redes Neuronales Artificiales. Chile. Recuperado el 05 de Octubre de 2018, de https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36957207/Redes_neuronales.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1539198620&Signature=WvnErY9QcI1n8ivLnAi7ZYtaRKQ%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DRedes_Neuronales_Artificiales
- Kozłowska, A. (2008). Aplicación de redes neuronales artificiales en la valuación inmobiliaria. D.F., México.
- Kusan , H., Aytekin, O., & Özdemir, İ. (2009). The use of fuzzy logic in predicting house selling price. Turquía. doi:10.1016/j.eswa.2009.07.031
- Lara, F. (s.f.). Fundamentos de Redes Neuronales Artificiales. México. Recuperado el 06 de Octubre de 2018, de http://conceptos.sociales.unam.mx/conceptos_final/598trabajo.pdf
- Ley de Catastro. (2017). Ley de Catastro para el Edo, de Querétaro. México. Recuperado el 15 de Agosto de 2018, de http://www.esfe-gro.gob.mx/archivos/compendio_2016/Leyes_Estatales/LEY%20DE%20CATASTRO%20DEL%20ESTADO%20DE%20QUERETARO.pdf
- Ljung, L. (1999). *System Identification, Theory for the User*. Upper Saddle River: Prentice-Hall.
- Martínez, M. d. (Diciembre de 2008). Manual de Valuación de Terrenos Urbanos. Aguascalientes, México. Recuperado el 03 de Agosto de 2017, de <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/744/310174.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Morera, I. (2010). Identificación de parámetros de modelos de motores de inducción a partir de datos de catálogo. España. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4893>
- Núñez J., Rey, F., & Caridad, J. (2016). Artificial Intelligence (AI) techniques to analyze the determinants attributes in housing prices. Valencia, España. Recuperado el 14 de Octubre de 2017, de <http://www.redalyc.org/pdf/925/92549096001.pdf>

- Núñez, J., Rey, F., & Caridad, J. (2017). Redes neuronales (RN) aplicadas a la valoración de locales comerciales. *Informes de la Construcción*. doi:<http://dx.doi.org/10.3989/ic.15.053>.
- Preciado, J. (2015). Valoración de Inmuebles Urbanos: Comparativa Modelo Regresión Multivariable Versus Redes Neuronales Artificiales para la ciudad de Morelia, Michoacán, México. Valencia, España. Recuperado el 15 de Octubre de 2017, de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/62202/PRECIADO%20-%20Valoraci%F3n%20de%20inmuebles%20urbanos%20%20comparativa%20modelo%20regresi%F3n%20multivariable%20versus%20red....pdf?sequence=1>
- Salas, J. M. (Enero de 2015). El Modelo de Valuación Inmobiliaria en México. Guadalajara, México. Recuperado el 15 de Octubre de 2017, de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5343118.pdf>
- Sánchez, R. (1986). Historia moderna de la valuación en la República Mexicana. México. Recuperado el 20 de Septiembre de 2018, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/186123/HISTORIA_MODERNA_SHC P.pdf
- Secretaría de Gobierno. (2017). Ley de Valuación. México: La Sombra de Arteaga. Recuperado el 2 de Octubre de 2018, de <http://catastro.queretaro.gob.mx:82/catjuridico/Ley%20de%20Valuaci%C3%B3n%20Inmobiliaria%20del%20Estado%2020170317-01.pdf>
- Selim, H. (2009). Determinants of house prices in Turkey: Hedonic regression versus artificial neural network. Turquía. Recuperado el 27 de Junio de 2018, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417408000596?via%3Dihub>
- Talamantes B., G. L. (Abril de 2014). *Valuación de Construcciones*. Recuperado el Agosto de 2017, de Integración en Valuación y Formulación de Proyectos: <http://www.invaf.com.mx/pdf/922.pdf>
- Talamantes Barnola, G. L. (Abril de 2014). *Valuación de Construcciones*. México. Recuperado el 12 de Marzo de 2018, de <http://www.invaf.com.mx/pdf/922.pdf>
- Villada, F., Muñoz, N., & García, E. (2011). Aplicación de las Redes Neuronales al Pronóstico de Precios en el Mercado de Valores. Colombia. Recuperado el 16 de Octubre de 2017, de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642012000400003