

# APLICACIÓN DE REDES NEURONALES PARA EL PRONÓSTICO DE SISMOS

Luis Carlos Manrique Ruiz, Edgar Gutiérrez Franco.

Centro de Investigación en Tecnologías Avanzadas de Decisión “Carlos Jordana” (CITAD). Facultad de Ingeniería, Universidad de la Sabana

**Resumen-** En la naturaleza suceden acontecimientos que no dan espera para poder actuar, es el caso de inundaciones, incendios, temblores, entre otros; los anteriores representan en ocasiones grandes pérdidas, tanto humanas, físicas, económicas, entre otras; el presente trabajo propone un modelo de Inteligencia Artificial basado en Redes Neuronales Artificiales (RNA) el cual ayuda a pronosticar cuando podrá suceder un temblor<sup>1</sup> y con que escala, estas redes tiene la característica que van “aprendiendo” a medida que suceden los acontecimientos y se busca que finalmente se pueda predecir cuando y en que magnitud se manifestarán los próximos sismos.

Se realiza este análisis utilizando dos tipos de RNA con el fin de poder realizar un mejor tipo de pronóstico y así poder ayudar a las poblaciones, personal y entidades que se utilizarán serán redes de backpropagation y redes de base radial.

Se toman los datos del primer bimestre del año 2006 del comportamiento sismológico de Colombia, con el fin de poder ayudar a las poblaciones, personal y entidades que se preocupen por el estudio de estos acontecimientos.

Para realizar este estudio se utilizó la herramienta *Neural Networks* que contenida en *Matlab*, se utilizó con este software por su buen desempeño y su versatilidad en el manejo de los datos.

**Palabras Clave-** Sismo, temblor, red neuronal, inteligencia artificial, modelo, herramienta.

## I. INTRODUCCION

Los sismos, temblores, terremotos y movimientos telúricos “en realidad son sinónimos, pero en Latino América se le ha dado especial énfasis a la expresión terremoto para ser asignada a los sismos destructores o que han causado víctimas”<sup>2</sup>

Las Redes Neuronales Artificiales (RNA) comenzaron con el matemático John Von Neumann (1903-1957), y se toma

<sup>1</sup> S. Baranov, *Neural networks approach for seismic events detection*. Kola Regional Seismological Center of Geophysical Survey of Russian Academy of Sciences.

<sup>2</sup> ¿ Que diferencia hay entre Terremoto, Temblor, Sismo y Movimiento Telúrico?. Ingeominas. Disponible [[http://www.ingeminas.gov.co/preguntas\\_frecuentes/red\\_sismologica\\_nacional\\_de\\_colombia-rsnc/%BF\\_que\\_diferencia\\_hay\\_entre\\_terremoto,\\_temblor,\\_sismo\\_y\\_movimiento\\_telurico?\\_20051129258.htm](http://www.ingeminas.gov.co/preguntas_frecuentes/red_sismologica_nacional_de_colombia-rsnc/%BF_que_diferencia_hay_entre_terremoto,_temblor,_sismo_y_movimiento_telurico?_20051129258.htm)]

como base un sistema biológico como es el sistema nervioso conformado entre otros por neuronas. Se encuentra que este tipo de sistema conformado por neuronas, axones y dendritas artificiales es “robusto y tolerante a fallas, es ajustable a diferentes ambientes de aprendizaje, puede manejar información difusa, altamente paralelo, pequeño, compacto y consume poca energía”<sup>3,4</sup>, de esta manera se toma como ejemplo este tipo de modelo y se aplica, dando resultados satisfactorios en control, planeación, reconocimiento de patrones, procesamiento de imágenes, predicción, entre otros. Modelos como los generales de temblores (GEM por su correspondencia en inglés General Earthquake Models) son usados también para investigar y realizar un análisis estadístico y estocástico físico y poder realizar sus pronósticos, y que incluye la semejanza a la dinámica de redes no lineales, incluyendo así redes neuronales<sup>[3]</sup>.

Por esta razón se estudian comportamientos que aparentemente no corresponden a un buen modelo de pronósticos y que si se aplica de una manera tradicional tendría errores de grandes dimensiones que finalmente el pronóstico no sería bueno.

Para este estudio se utiliza la herramienta *Matlab* por las bondades que este ofrece en el tratamiento de datos y a su vez por contar con un *toolbox* en Redes Neuronales, por su complejidad y su facilidad de uso.

## II. DESARROLLO

Para realizar este estudio se utilizan los datos del primer bimestre del año 2006 del comportamiento sismológico de Colombia, obtenidos en el Observatorio Sismológico del Suroccidente, posteriormente se analizan los datos teniendo en cuenta que el objetivo es saber cuando y con que magnitud se manifestará el siguiente sismo. Se extrapolan tanto los datos de entrada como los datos de salida con el fin de disminuir la varianza en su análisis. Estos se analizan usando las Redes Neuronales de Back Propagation y Redes de base radial (RBR) con el fin de contemplar cual de estas puede ayudar mejor a realizar el pronóstico y a colaborar a la población colombiana. Para esto se hacen varias pruebas que corresponden a un cambio en el número de neuronas, de capas ocultas, número de épocas y así se logra determinar cual tiene el error  $J^2$  de salida mas reducido así mismo en las

<sup>3</sup> Raúl. Rojas, *Neural Networks, a systematic introduction*. Ed. Springer-Verlag, Berlin, New-York, 1996.

<sup>4</sup> *Redes Neuronales*. Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Tecnológica de Pereira. Disponible [<http://ohm.utp.edu.co/neuronales/main.htm>]

RBR y se utiliza una función exponencial para manipular los datos.

Se procede a realizar las iteraciones utilizando 5, 10, 15, 20; 20, 50, 100 épocas y se deja constante el número de capas ocultas para saber como funciona mejor el sistema.

### III. RESULTADOS

Se analiza las RNA y se encuentra que al utilizar 20 neuronas y 100 épocas se encuentra un error de salida  $j^2$  de  $2.9 \times 10^{-7} \%$

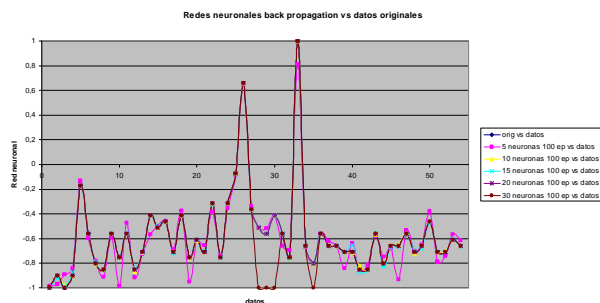


Fig. 1. Redes neuronales de backpropagation vs. datos originales

Los datos obtenidos son los siguientes:

TABLA 1. Resultados obtenido RNA

	5 neuronas 20 épocas	5 neuronas 50 épocas	5 neuronas 100 épocas	10 neuronas 20 épocas	10 neuronas 50 épocas	10 neuronas 100 épocas
error $j^2$	2,13%	4,68%	0,64%	1,07%	0,15%	0,00%
	15 neuronas 20 épocas	15 neuronas 50 épocas	15 neuronas 100 épocas	20 neuronas 20 épocas	20 neuronas 50 épocas	20 neuronas 100 épocas
error $j^2$	2,05%	0,21%	0,01%	20,28%	0,00%	0,0000029%

Para las RBR se encuentra:

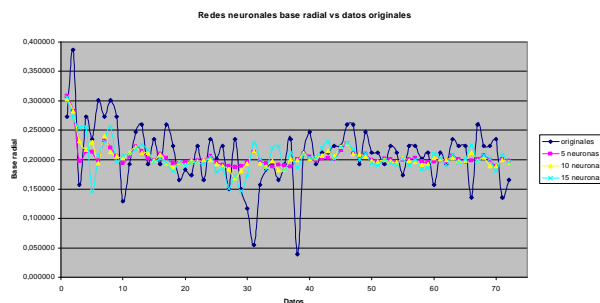


Fig. 2. Redes de Base radial vs. datos originales

TABLA 2. Resultados obtenidos RBR

	5 neuronas	10 neuronas	15 neuronas	20 neuronas	25 neuronas
error $j^2$	0,22%	0,24%	0,25%	0,29%	0,32%

Se encuentra que el menor error de salida conseguido corresponde al uso de 5 neuronas con un 0.22%.

Estos datos se realizaron manteniendo el número de capas, esto se hizo con el fin de poder reducir los errores de salida al variar el número de neuronas, el número de épocas.

### IV. CONCLUSION

Las redes de Backpropagation se ajustan mejor para este tipo de problemas, teniendo un error menor que las de base radial, Este método es más fácil de usar pues no hay que realizar otras funciones para analizar los datos, sin embargo hay que “jugar” cambiando el número de neuronas, capas, épocas para obtener un mejor resultado. Se encuentra un valor óptimo con error mínimo equivalente a  $2.9 \times 10^{-7} \%$  al utilizar 20 neuronas con 100 épocas en una red de backpropagation.

Las redes de base radial tienen un error mayor cada vez que se aumentan el número de neuronas para este tipo de problema.

Es útil tener un buen conjunto de datos para poder analizarlos y así poder realizar una predicción mas acertada, sin embargo no hay técnicas que puedan decir cuantas capas, neuronas, épocas utilizar para obtener el mejor ajuste del conjunto de datos.

Se espera con este tipo de estudio poder difundir el uso de Inteligencia Artificial para analizar este tipo de datos y poder colaborar a la población colombiana y prevenir pérdidas humanas.

### REFERENCIAS

- [1] G. Giacinto, R. Paolucci, F. Roli, *Application of Neural Network and statistical pattern Recognition algorithms to earthquake risk evaluation*. Dept. of Structural Eng., Technical University of Milan, ITALY.
- [2] Incorporated research institutions of seismology. Página web: [http://www.iris.edu/seismo/qaques/1967huiila/pdf/020967\_1352\_0021\_04.pdf]
- [3] John B. Rundle, Andrea. Donnellan, *General Earthquake Models: Progress & Prospects*. University of Colorado, Boulder.
- [4] Lakkos Spiros, *A neural network scheme for earthquake prediction based on the seismic electric signals*. Centre for Information Engineering, Department of computer science.
- [5] Observatorio Sismológico del Suroccidente, enero y febrero de 2006. Universidad del Valle. Disponible. [http://osso.univalle.edu.co]
- [6] Raúl. Rojas, *Neural Networks, a systematic introduction*. Ed. Springer-Verlag, Berlin, New-York, 1996.
- [7] S. Baranov, *Neural networks approach for seismic events detection*. Kola Regional Seismological Center of Geophysical Survey of Russian Academy of Sciences.