



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635

## “Diagnóstico de nefropatía diabética mediante proteinuria usando redes neuronales”

Ing. González Avalos Mario Alberto

[marioglezavalos@gmail.com](mailto:marioglezavalos@gmail.com)

Instituto Tecnológico de Durango

Dr. Celis Porras Jesús

[jcelisp@gmail.com](mailto:jcelisp@gmail.com)

Instituto Tecnológico de Durango

### Resumen

La [diabetes](#) es una en la [enfermedad](#) que impide que el cuerpo use [glucosa](#) de forma adecuada. Si la glucosa se queda en la [sangre](#) en lugar de metabolizarse, puede provocar toxicidad. La diabetes es uno de los problemas más graves de salud en la actualidad, ataca los diferentes órganos de los pacientes siendo uno de ellos los riñones causando daño a las nefronas, lo que se conoce como nefropatía diabética, los principales síntomas son los siguientes:

- Ascitis (acumulación de líquido en el espacio que existe entre el revestimiento del abdomen y los órganos abdominales)
- Edema de miembros inferiores
- Pérdida de apetito
- Cansancio

La nefropatía diabética es responsable de cerca del 30% de los enfermos en diálisis periódica y la primera causa de transplante renal en los países occidentales.



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

Las redes neuronales han tenido gran aplicación en el campo de la medicina con el fin de ayudar al clínico en la toma de decisiones. Tienen utilidad para pronosticar la evolución de distintas patologías o intervenciones terapéuticas, clasificar o reconocer muestras anatomopatológicas, pruebas de imagen o establecer probabilidades diagnósticas a partir de síntomas o pruebas complementarias.

### **Abstract**

Diabetes is a disease in which prevents the body use glucose properly. If glucose stays in the blood instead of being metabolized, can cause toxicity. Diabetes is one of the most serious health problems today, attacks different organs of patients still one kidneys causing damage to the nephrons , which is known as diabetic nephropathy , the main symptoms are:

- Ascites (accumulation of fluid in the space between the lining of the abdomen and abdominal organs)
- Edema of lower limbs
- Loss of appetite
- Tiredness

Diabetic nephropathy is responsible for about 30% of patients on regular dialysis and the leading cause of renal transplantation in Western countries.

Neural networks have been widely used in the medical field in order to help clinicians in making decisions. Have utility for predicting the evolution of various diseases or therapeutic interventions, classify or recognize pathological samples, imaging or diagnostic probabilities established from symptoms or tests.

### **Palabras clave**

Redes neuronales, Reconocimiento de patrones, Nefropatía diabética, Proteinuria



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635

## I Introducción

La [diabetes](#) mellitus (DM) es un conjunto de trastornos metabólicos<sup>1</sup>, que afecta a diferentes órganos y tejidos, dura toda la vida y se caracteriza por un aumento de los niveles de [glucosa](#) en la sangre: [hiperglucemia](#). La causan varios trastornos, siendo el principal la baja producción de la [hormona insulina](#), secretada por las [células  \$\beta\$](#)  de los [Islotes de Langerhans](#) del [páncreas endocrino](#), o por su inadecuado uso por parte del cuerpo, que repercutirá en el metabolismo de los [hidratos de carbono](#), [lípidos](#) y [proteínas](#). La diabetes mellitus y su comorbilidad constituyen actualmente la principal causa de preocupación en salud pública<sup>2</sup>. El daño que el exceso de glucosa en sangre causa a las [nefronas](#) se llama nefropatía diabética.

### Estadios de la nefropatía diabética<sup>3</sup>

- Estadio I: No provoca síntomas. Existe hiperfiltración glomerular y los análisis de orina y creatinina son normales. Tampoco hay alteraciones histológicas.
- Estadio II: Aparece aproximadamente después de 5 años de evolución. Es silente. Mantiene función renal normal y no hay pérdida de albúmina. Alteraciones mínimas en el glomérulo como inicio de engrosamiento de membranas basales o ligero aumento de la matriz mesangial.
- Estadio III: Presencia de microalbuminuria (más de 30 mg de albúmina en 24 horas o 20 mg/litro de orina). La creatinina en sangre es normal. La



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

hipertensión arterial asociada puede empeorar la lesión renal. Expansión mesangial y de las membranas basales.

- Estadio IV: Proteinuria persistente, disminución la función renal. Creatinina sérica en límites altos de lo normal o elevados (mayor o igual de 1.3 mg/dl en la mujer o varones de menos de 65 kg de peso o mayor o igual 1.5 mg/dl en varones). Puede presentarse como síndrome nefrótico. Histología: glomerulosclerosis parcheada. Engrosamiento de membranas basales. Expansión mesangial. Aparición después de 15 años del diagnóstico. Se asocia a retinopatía en más del 75%, coronariopatía en más del 45% y enfermedad cerebro vascular en más de 25% de los casos.
- Estadio V: Proteinuria. Creatinina mayor de 200  $\mu\text{mol/litro}$  o 2.2 mg/dl, Hipertensión arterial. Glomerulosclerosis, lesiones nodulares, fibrosis intersticial, atrofia tubular. Aparición en general después de 20 años de evolución.

### Redes Neuronales

La mayor parte de las neuronas poseen una estructura de árbol llamadas dendritas que reciben las señales de entrada que vienen de otras neuronas a través de las uniones llamadas sinapsis. Algunas neuronas se comunican solo con las cercanas, mientras que otras se conectan con miles.

Las neuronas y las conexiones entre ellas constituyen la clave para el procesado de la información. Observe la figura 1:



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”  
Multidisciplinario  
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
ISBN: 978-607-95635

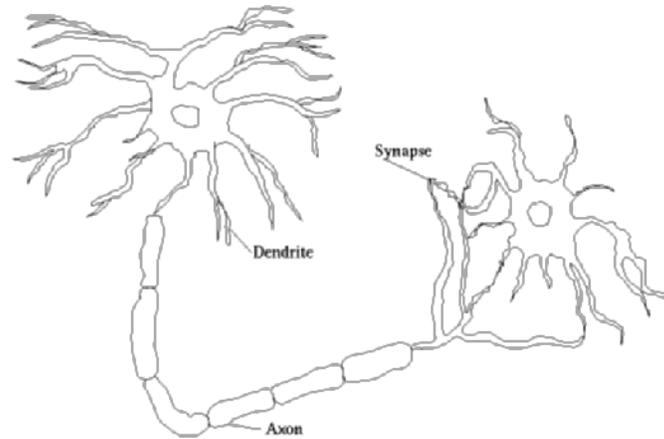


Figura 1 Neurona biológica

Hay tres partes en una neurona:

1. el cuerpo de la neurona,
2. ramas de extensión llamadas dendritas para recibir las entradas, y
3. un axón que lleva la salida de la neurona a las desdirías de otras neuronas.

Las redes de neuronas artificiales (denominadas habitualmente como RNA o en [inglés](#) como: "ANN") son un [paradigma](#) de [aprendizaje](#) y [procesamiento automático](#) inspirado en la forma en que funciona el [sistema nervioso](#) de los animales. Se trata de un [sistema](#) de interconexión de [neuronas](#) que colaboran entre sí para producir un estímulo de salida.

El Primer modelo de red neuronal fue propuesto en 1943 por McCulloch y Pitts en términos de un modelo computacional de "actividad nerviosa". El modelo de McCulloch-Pitts es un modelo binario, y cada neurona tiene un escalón o umbral prefijado<sup>4</sup>. Este primer modelo sirvió de ejemplo para los modelos posteriores de Jhon Von Neumann, Marvin Minsky, Frank Rosenblatt, y muchos otros.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

Cada neurona recibe una serie de entradas a través de interconexiones y emite una salida (figura 2). Esta salida viene dada por tres funciones<sup>5</sup>:

1. Una [función de propagación](#) (también conocida como [función de excitación](#)), que por lo general consiste en el [sumatorio](#) de cada entrada multiplicada por el peso de su interconexión (valor neto). Si el peso es positivo, la conexión se denomina excitadora; si es negativo, se denomina inhibitoria.
2. Una [función de activación](#), que modifica a la anterior. Puede no existir, siendo en este caso la salida la misma función de propagación.
3. Una [función de transferencia](#), que se aplica al valor devuelto por la función de activación. Se utiliza para acotar la salida de la neurona y generalmente viene dada por la interpretación que queramos darle a dichas salidas. Algunas de las más utilizadas son la [función sigmoidea](#) y la [tangente hiperbólica](#).

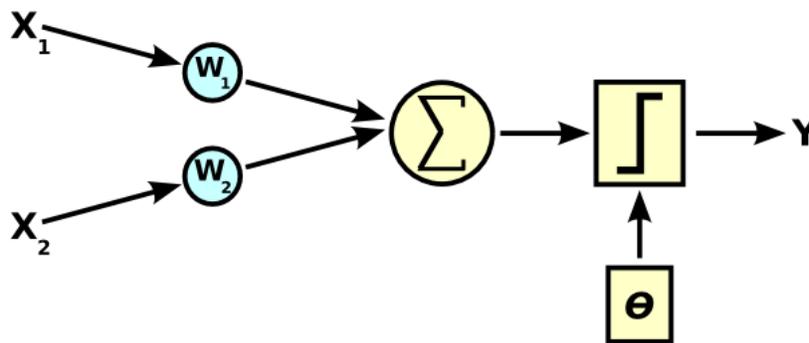


Figura 2 Red neuronal artificial



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

Las RNA tienen muchas ventajas debido a que está basado en la estructura del sistema nervioso, principalmente el [cerebro](#).

- **Aprendizaje:** Las RNA tienen la habilidad de aprender mediante una etapa que se llama *etapa de aprendizaje*. Esta consiste en proporcionar a la RNA datos como entrada a su vez que se le indica cuál es la salida (respuesta) esperada.
- **Auto organización:** Una RNA crea su propia representación de la información en su interior, descargando al usuario de esto.
- **Tolerancia a fallos:** Debido a que una RNA almacena la información de forma redundante, ésta puede seguir respondiendo de manera aceptable aun si se daña parcialmente.
- **Flexibilidad:** Una RNA puede manejar cambios no importantes en la información de entrada, como señales con ruido u otros cambios en la entrada.
- **Tiempo real:** La estructura de una RNA es paralela, por lo cual si esto es implementado con computadoras o en [dispositivos electrónicos](#) especiales, se pueden obtener respuestas en tiempo real.

Una aplicación común de las redes neuronales estáticas es la clasificación de patrones en clases, normalmente se conocen ejemplos tomados de experiencias pasadas y la idea es entrenar una red neuronal para que los aprenda. La capacidad de aprender con ejemplos y clasificar patrones, son cualidades de las redes neuronales multicapa que se han explotado en medicina<sup>6</sup>.

## II Metodología

Mediante una base de datos elaborada con 5010 datos de proteinuria de un total de 442 pacientes diabéticos y diabéticos con nefropatía, se realizó procesamiento



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

de la información, obteniendo el espectro de Fourier. Utilizando el método no paramétrico kruskal-wallis, se realizó la extracción de características con las cuales se entrenaría la red neuronal.

### III Resultados

Se obtuvo el espectro de frecuencias con 10000 de la base de datos utilizando la transformada rápida de Fourier (imagen 3)

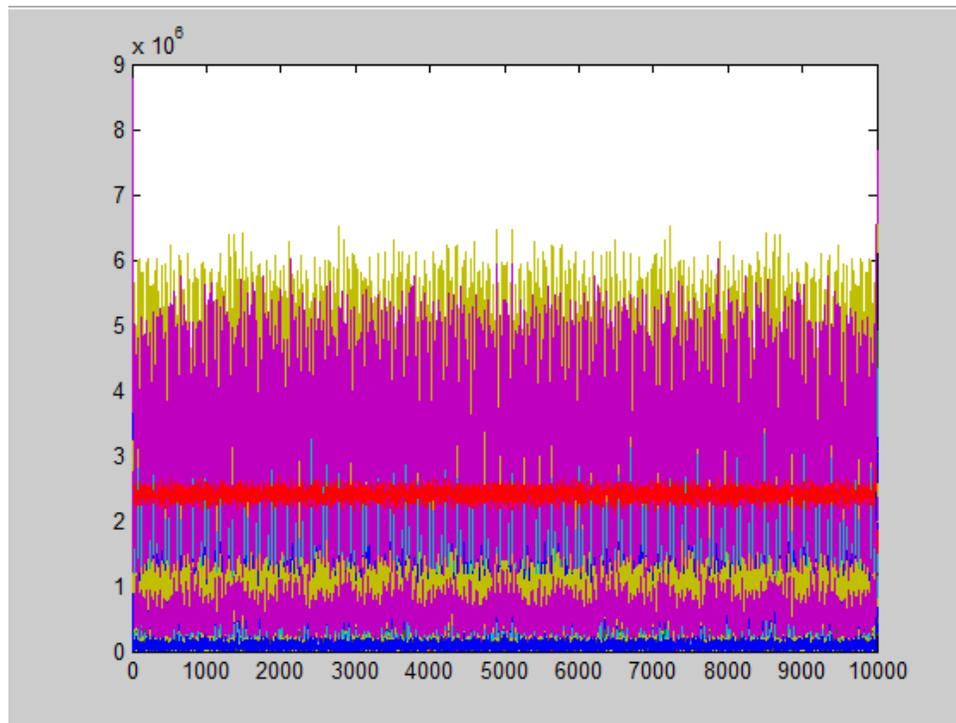


Figura 3 Espectro de Fourier con 10000 frecuencias.

Usando kruskall-wallis se obtuvieron 224 frecuencias con información para el diagnóstico (imagen 4).



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

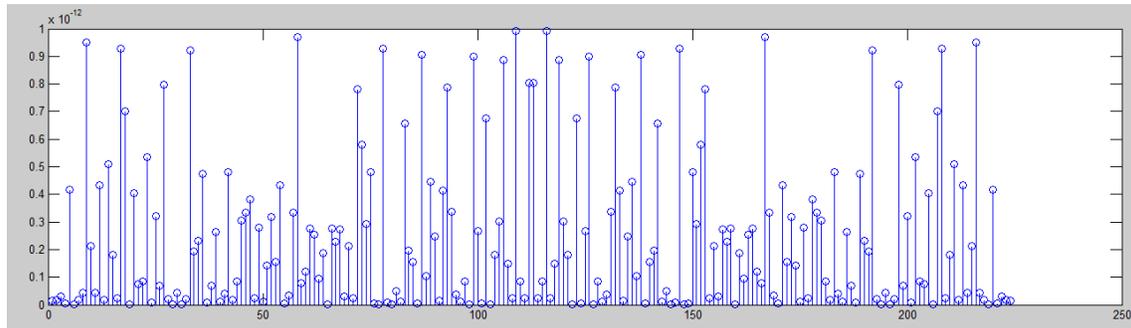


Figura 4 Frecuencias características

Una vez identificadas las frecuencias características se creó la red neuronal para el reconocimiento de patrones (imagen 5), y se procedió a su entrenamiento.

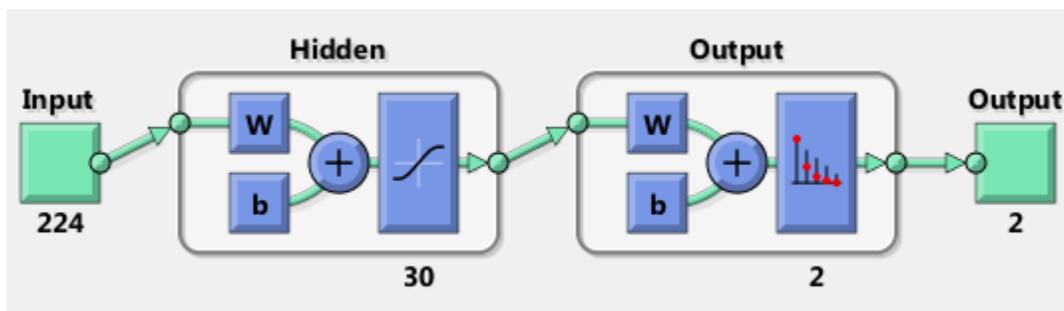


Figura 5 Red neuronal

Se logró obtener un modelo neuronal para el diagnóstico de nefropatía diabética con 92.4 de sensibilidad y 7.6 de especificidad (figuras 6 y 7)



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

		Test Confusion Matrix		
		1	2	
Output Class	1	2 3.0%	0 0.0%	100% 0.0%
	2	5 7.6%	59 89.4%	92.2% 7.8%
		28.6% 71.4%	100% 0.0%	92.4% 7.6%
		1	2	
		Target Class		

Figura 6 Matriz de confusión

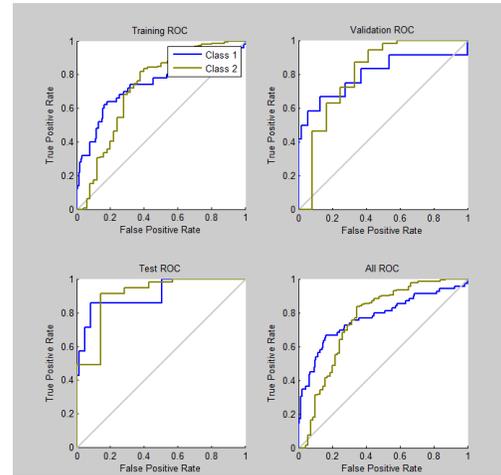


Figura 7 Comportamiento de la red en sus diferentes etapas

## IV Conclusiones

El uso de las redes neuronales es una gran opción para el diagnóstico de diferentes patologías; es factible el uso de un modelo neuronal entrenado con proteinuria para el diagnóstico de la nefropatía diabética, facilitando así el trabajo clínico.

## V Bibliografía

- 1 Harrison Principios de Medicina Interna 16a edición
- 2 World Health Organization Department of Noncommunicable Disease Surveillance
- 3 Schwenger V, Mussig C, Hergesell O, Zeier M, Ritz E. Incidence and clinical characteristics of renal insufficiency in diabetic patients. Dtsch Med Wochenschr. 2001
- 4 Digital neural networks, S. Y. Kung, 1993 by PTR Prentice Hall, Inc.
- 5 Neural Networks, Theoretical Foundations and Analysis", C.Lau, 1991, IEEE Press
- 6 Gorban, A.N. et al. Medical, psychological and physiological applications of multineuron neural simulator. Proceedings of the Second International Symposium on Neuroinformatics and Neuro