

## REDES NEURONALES Y SISTEMAS BORROSOS: UN LIBRO DE TEXTO EN ESPAÑOL

B. MARTÍN DEL BRÍO, A. SANZ MOLINA, T. POLLÁN SANTAMARÍA Y  
N. MEDRANO MARQUÉS

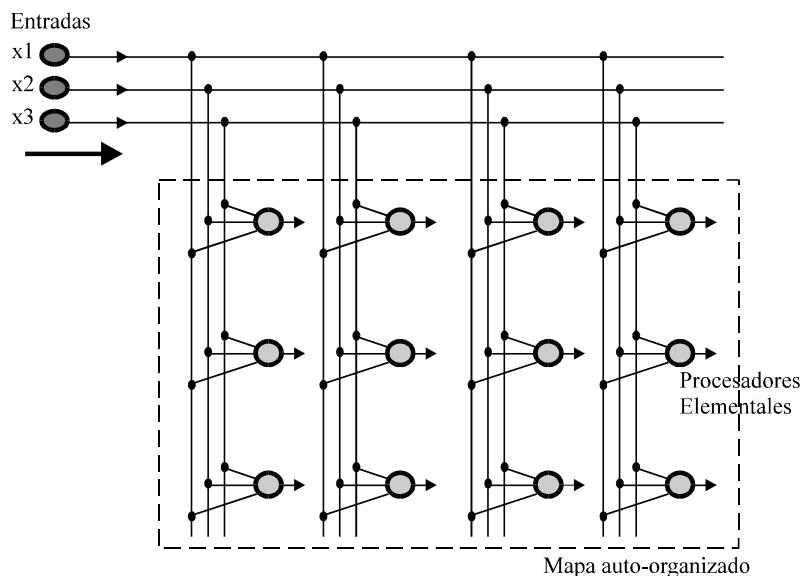
*Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones. Universidad de Zaragoza. 50015 Zaragoza, España.*

*Se presenta aquí el primer libro de texto en lengua castellana que aborda a la par las temáticas de redes neuronales artificiales y sistemas borrosos (fuzzy). Dicho libro [1] explica la teoría básica de ambos modelos de computación, incidiendo a continuación en su realización práctica (hardware y programada) y sus aplicaciones.*

### 1. Introducción. Redes neuronales y sistemas borrosos

La base conceptual de los computadores actuales es el binomio lógica booleana/máquina de Turing, paradigma de procesamiento de la información desarrollado a caballo entre los siglos XIX y XX. Sin embargo, y pese a sus indiscutibles logros, este esquema presenta problemas a la hora de abordar tareas del mundo real, donde la información se presenta masiva, imprecisa y distorsionada. Para abordar este tipo de tareas se han propuesto modelos alternativos, de los cuales las redes neuronales artificiales (*artificial neural networks*) y los sistemas basados en lógica borrosa (*fuzzy logic*) son los que cuentan con mayor popularidad. Estos nuevos modelos de computación, junto con algunos otros como los algoritmos genéticos, se engloban con los términos inteligencia computacional (por oposición a la inteligencia artificial clásica, es decir, la programada), *soft computing* (por oposición a la *hard computing* convencional, basada en computadores von Neumann), o PDP (procesamiento paralelo y distribuido). El denominador común de estas nuevas técnicas es su inspiración en las soluciones que la naturaleza ha encontrado a lo largo de millones de años de evolución para el tratamiento del tipo de información masiva y distorsionada del entorno, soluciones que copiadas en sistemas artificiales se espera que contribuyan a resolver importantes problemas tecnológicos (visión, habla, control de sistemas complejos, inteligencia artificial, etc.).

El texto que aquí presentamos [1] aborda muchas de las disciplinas de la *soft computing*, aunque incidiendo especialmente en los sistemas neuronales y borrosos. Las redes neuronales artificiales (*artificial neural networks*), mediante un estilo de computación paralelo, distribuido y adaptativo, son capaces de aprender a partir de ejemplos. Estos sistemas imitan la estructura hardware (neuronal) del cerebro para tratar de reproducir sus capacidades. En la práctica, una red neuronal artificial puede simularse mediante un programa de ordenador, o bien realizarse en circuitos electrónicos específicos.



**Figura 1:** Ejemplo de modelo de red neuronal artificial (mapa de Kohonen) [1]

Por su parte, los sistemas borrosos (*fuzzy systems*) se introducen para manejar eficazmente conceptos vagos e imprecisos como los empleados en la vida cotidiana, y que nuestro cerebro está acostumbrado a tratar. Por ejemplo, en la realidad el agua no se presenta en tan sólo dos estados, *caliente* o *fría*, como diría la lógica booleana, sino más bien *gélida*, *fría*, *templada*, *caliente*, *quemando*, o cualquier situación intermedia o combinación. A partir de estos conceptos, y como generalización de las

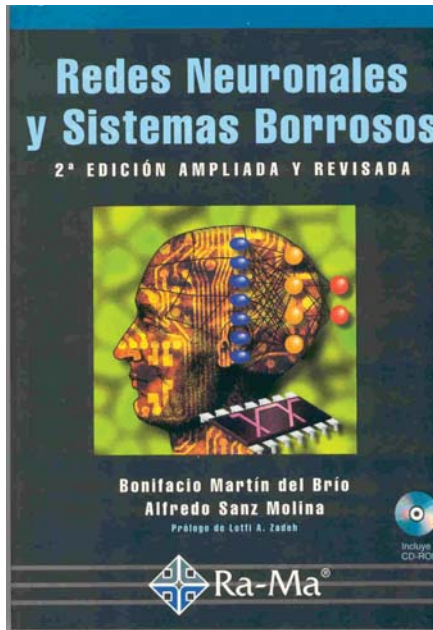
reglas de la lógica booleana, los sistemas borrosos llevan a cabo un tipo de razonamiento aproximado semejante al desarrollado por el cerebro.

Ambas tecnologías, neuronales y borrosas, pese a su (relativa) juventud, son ya ampliamente utilizadas en procesamiento de señal, reconocimiento de patrones y control, en problemas como cancelación de ecos en señales telefónicas, OCR, lectores de cheques, pilotaje de aviones o predicción de crisis bancarias. Por otra parte, los sistemas borrosos gobiernan trenes metropolitanos, estabilizan la imagen en cámaras, realizan el control en lavadoras o aconsejan si conceder un crédito. En equipos de reciente comercialización se utiliza ya como reclamo comercial el uso de *inteligencia artificial* borrosa (*fuzzy*) o neuronal (por ejemplo, cámaras de vídeo, lavadoras, aire acondicionado, soft de diseño electrónico...).

En definitiva, estas nuevas tecnologías permiten incorporar un cierto tipo de *inteligencia* en un sistema de cómputo, y dadas las múltiples aplicaciones desarrolladas en la última década se piensa que van a desempeñar un papel importante en la construcción de máquinas que emulen la capacidad humana de toma de decisiones en entornos imprecisos y con ruido.

## 2. El primer libro de texto en castellano

Cuando a principios de los años noventa comenzamos a impartir cursos sobre estas temáticas comprobamos la existencia de abundante (y excelente) bibliografía en inglés [2, 3]; aunque debido a la relativa novedad de estas disciplinas no existían entonces textos en castellano. Unos años más tarde aparecieron unas cuantas referencias [4, 5, 6], pero abordando siempre por separado ambas temáticas, cuando resultaba cada vez más patente la relación entre sistemas neuronales, *fuzzy*, algoritmos genéticos y otras técnicas de la *soft computing*, demostrándose recientemente la equivalencia entre muchas de ellas.



**Figura 2:** Portada del libro de texto [1]

nuevas tecnologías y la carencia de textos en castellano que traten ambos temas hicieron que la primera edición se agotara con cierta rapidez. Por ello nos decidimos a realizar una 2ª edición actualizada, en la que se ha incluido además un prólogo de Lotfi A. Zadeh (“padre” de la lógica borrosa), apéndice con direcciones de Internet y un CD-ROM con las versiones “demo” de dos de los simuladores comerciales más importantes.

Pensamos que *Redes Neuronales y Sistemas Borrosos* es una digna introducción a estos temas; en la actualidad está siendo utilizado como libro de texto en la universidad española en diversas asignaturas correspondientes a los planes de estudios oficiales (en carreras de ingeniería, físicas y economía), así como en cursos de doctorado, postgrado y especialización. También sabemos que el texto cuenta con una cierta difusión en Sudamérica (diversos profesores y estudiantes se han puesto en contacto con nosotros).

La intención fundamental del texto es facilitar los *primeros pasos* dentro de este apasionante campo, *especialmente a los interesados en su aplicación práctica*, tratando de huir de triunfalismos gratuitos e intentando ofrecer una visión realista. Por ello, queremos dejar claro que las redes neuronales y los sistemas borrosos no son la panacea que resolverá todos los problemas tecnológicos, sino dos potentes herramientas más a añadir a las existentes (sistemas digitales, inteligencia artificial, estadística, procesamiento de señal, etc.).

### 3. Contenido del libro de texto

El texto está organizado de la siguiente manera. En primer lugar, en la *Introducción* exponemos una breve perspectiva histórica del intento del hombre de construir máquinas y sistemas inteligentes, para presentar lo que aportan en este sentido los dos tópicos que centran nuestra atención en el libro. Tras esta perspectiva, una *Primera Parte* se dedica a las *Redes Neuronales Artificiales*, en la que en sucesivos capítulos se exponen sus fundamentos, modelos más significativos, forma de realizarlos y su aplicación práctica. Aunque se tratan

Por este motivo, a partir del Curso de Verano de Teruel ([www.unizar.es](http://www.unizar.es)) “Redes Neuronales y Sistemas Borrosos”, que impartimos por primera vez en el año 1995, decidimos confeccionar unos apuntes en esta línea, plasmando los conocimientos que adquirimos en nuestro trabajo de investigación y aplicación de estas nuevas tecnologías a problemas prácticos reales (tratamiento de datos económicos, predicción de demanda de consumo, control robot, etc., en colaboración con diversos departamentos y empresas).

Pronto observamos que estos apuntes tenían cierto “éxito”, por lo que decidimos contactar con editoriales que garantizaran su difusión tanto en España como Sudamérica; así, una primera edición del libro vio la luz en 1997 [1]. El interés que despiertan estas

muchos modelos neuronales, se estudian con mayor profundidad la Adalina, perceptrón simple y multicapa (BP y variantes), mapas autoorganizados, LVQ, RBF y Hopfield.

La *Segunda Parte* se centra en los *Sistemas Borrosos*, describiendo sus bases conceptuales y las técnicas de desarrollo de sistemas de control *fuzzy*. A continuación se tratan los sistemas borrosos con aprendizaje, incluyendo los modelos neuro-borrosos y los *algoritmos genéticos*. Finalmente se trata la implementación de sistemas borrosos y sus aplicaciones. Concluye el libro con un apéndice sobre recursos en Internet y con una amplia bibliografía.

El empleo de programas de simulación constituye un excelente apoyo para asimilar la teoría de los sistemas neuronales y los borrosos. Por ello, en esta segunda edición hemos decidido incorporar un CD-ROM en el que se incluyen las versiones de demostración de dos de los entornos de trabajo software más interesantes: Neuro-Solutions, de NeuroDimension (Gainesville, Florida; [www.nd.com](http://www.nd.com)), y fuzzyTECH, de Inform GmbH (Aachen, Alemania; [www.fuzzytech.com](http://www.fuzzytech.com)).

#### 4. Conclusiones

Se ha presentado el primer libro de texto en lengua castellana sobre sistemas neuronales y borrosos, cuya intención es rellenar un importante hueco existente en la literatura en español. Como autores no podemos ser imparciales en la valoración de la calidad del libro, por lo que preferimos ofrecer aquí un extracto del prólogo que Lotfi. A. Zadeh ha escrito para la 2ª edición: “*Redes Neuronales y Sistemas Borrosos* supone una valiosa contribución a la literatura de la *soft computing* y de los sistemas neuroborrosos. Su fácil lectura, amplio tratamiento de ejemplos reales, y la gran competencia de los autores en la materia, hacen de este texto una importante fuente de información para todo aquel interesado en comprender y familiarizarse con las herramientas básicas que proporcionan las metodologías neuronales y borrosas. Los autores y la editorial merecen nuestro agradecimiento y aplauso”.

#### 5. Agradecimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento a todos los que han colaborado en impartir los cursos de la Universidad de Verano de Teruel, especialmente a Javier Blasco, Alfonso Blesa y Francisco J. Pérez. Agradecemos de manera muy especial el interés mostrado por Lotfi A. Zadeh (“padre” de la lógica *fuzzy*) hacia nuestro trabajo y su aportación al texto.

#### Referencias

- [1] B. Martín del Brío y A. Sanz. *Redes Neuronales y Sistemas Borrosos*. Editorial RA-MA, Madrid 1997, 2ª edición ampliada 2001. ISBN 84-7897-466-0. <http://www.ra-ma.es/>
- [2] R. Hecht-Nielsen. *Neurocomputing*. Addison Wesley (1990)
- [3] J.M. Zurada. *Artificial Neural Systems*. West Publishing Company (1992)
- [4] R. Rejero y F. Nicolás. *Sistemas de Control Basados en Lógica Borrosa*. OMRON Electronics-IKERLAN (1995)
- [5] J.R. Hiler y V.J. Martínez. *Redes Neuronales Artificiales*. Editorial RA-MA (1995)
- [6] S. Barro y J. Mira (editores). *Computación Neuronal*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Santiago de Compostela (1995).