

## EL TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN FINANCIERA CON REDES NEURONALES ARTIFICIALES

Rosmeri Mayta H.\* y Victor Pérez Q.

### RESUMEN

En el presente trabajo se plantean las innovaciones más recientes y destacables en los paradigmas : sistemas expertos y redes neuronales artificiales, primero describiendo ambos sistemas y luego revisando las áreas de trabajo. Finalmente, por su novedad, se destacan las aplicaciones más relevantes de los modelos neuronales que utilizan información financiera; es el caso del análisis del fracaso empresarial y la predicción en los mercados financieros, donde la complementariedad entre modelos estadísticos y neuronales están desempeñando un papel eficaz .

**Palabras clave :** Redes neuronales artificiales. Sistema experto. Inteligencia artificial.

### ABSTRACT

In the present work, the most recent and remarkable innovations in paradigms are considered: expert systems and artificial neural networks, first describing both systems and then reviewing working areas. Finally, and because of its novelty, the most outstanding applications of neural models using financial information are remarked, such as the case of the analysis of enterprise failure and predictions on financial markets, where the complementary feature between statistical and neural models plays at present an effective role.

**Key words :** Artificial neural networks. Expert system. Artificial intelligence.

### INTRODUCCIÓN

Desde mediados de siglo, la contribución de la informática fue fundamental para procesar la información que la empresa generaba en su entorno, proporcionando a la gerencia en disposición de los medios suficientes, una amplia capacidad de decisión en el desarrollo de su actividad. No obstante, en este proceso no se produjeron aún adelantos sustanciales, sencillamente, los avances informáticos simularon las funciones ejecutadas por el procedimiento manual, consiguiendo que los requerimientos informativos legales a cubrir por las entidades se asegurasen de forma rápida y eficaz, pero ignorando un ámbito mucho más amplio que tuviese por objetivo cubrir las nuevas necesidades de toma de decisiones para la gestión de empresas en una economía industrializada y enormemente competitiva.

En la actualidad, los sistemas de ayuda a la decisión, han reemplazado el término *información* por el de *conocimiento*, lo cual permite incluir en el proceso de toma de decisiones aspectos cualitativos en el tratamiento de datos, así como el saber acumulado de especialistas en el área de trabajo objeto

del problema a resolver, elementos, que hasta ahora no habían sido considerados en los sistemas aplicados. Los desarrollos más recientes de la Inteligencia Artificial han resaltado la importancia de los sistemas soporte de ayuda a la toma de decisiones y de la información cualitativa, sugiriendo modelos desarrollados para asistir al decisor en la resolución de problemas.

- Los sistemas expertos tratan de representar el conocimiento de forma simbólica, partiendo de la premisa de que los expertos humanos utilizan gran número de reglas heurísticas específicas en un determinado campo, las cuales son incorporadas al sistema.
- Las redes neuronales artificiales tratan de representar el conocimiento de un modo conexionista y adaptativo, replicando la estructura neuronal del cerebro humano. Lo fundamental en este paradigma es el aprendizaje mediante patrones o ejemplos.

### SISTEMAS BASADOS EN REGLAS: LOS SISTEMAS EXPERTOS.

Los sistemas expertos son la rama de la Inteligencia Artificial más empleada en la gestión empresarial. Su origen se sitúa a mediados de los años setenta, sin embargo, es a partir de la década de los

\*Ingeniero Industrial. instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Industrial. UNMSM.  
E-mail . d260027@unmsm.edu.pe , d260012@unmsm.edu.pe,

ochenta cuando se desarrollan aplicaciones en toda su plenitud. Un sistema experto (S.E.) recopila en un programa informático el conocimiento de especialistas en una materia. Sus dos componentes principales son la *base de conocimientos* y un *programa de inferencia*. El saber de un experto se representa mediante el uso de símbolos, creando una base de conocimiento, posteriormente se diseña un programa de inferencia que manipula la información simbólica almacenada en dicha base de conocimiento mediante procesos de búsqueda.

La tarea de adquisición del conocimiento es una tarea compleja que precisa de varios actores. El ingeniero del conocimiento, especialista informático que extrae el conocimiento del especialista humano y lo plasma en el programa informático. El especialista humano, que es quien posee el conocimiento, la experiencia. El usuario del sistema, encargado de utilizar el sistema experto. También puede aparecer el ejecutor, si además de conocimiento hay que implantar en el sistema preferencias, creencias, gustos, etc.

La empresa es un terreno ideal para la implantación de sistemas expertos. En efecto, casi todas las empresas disponen de un ordenador que realiza las funciones básicas de tratamiento de la información: contabilidad general, decisiones financieras, gestión de la tesorería, almacén, planificación, producción, etc.. por otro lado, este trabajo implica manejar grandes volúmenes de información y realizar operaciones numéricas como las que diariamente se generan en la empresa para después tomar decisiones. Aplicaciones de SE en el área de la *Administración de Empresas* :

- **Auditoría:** Es el que más aplicaciones de sistemas expertos ha desarrollado: los SE ayudan en la labor de revisión de cuentas, decidiendo los programas a seguir, determinando los tipos de muestra y los tamaños, calculando los errores en que se puede incurrir al analizar grandes volúmenes de transacciones contables, desarrollando una revisión analítica y formulando juicios en la materia.
- **Fiscalía:** En el trabajo fiscal, un campo con gran potencial de aplicación de los SE es la interpretación de reglas impositivas procedentes de la legislación tributaria donde se trata de adaptar la normativa en términos ventajosos para la empresa.
- **En la planificación económica de la empresa:** Los SE ayudan en la toma de decisiones, asesorando en temas de previsión financiera, control de gestión, análisis de desviaciones, etc. Igualmente, son útiles para analizar las cuentas anuales de las empresas: estados de situación, resultados y en general la información económico financiera.
- **En la contabilidad legal:** Puede beneficiarse, al proporcionar el SE una base normativa am-

plia para la preparación de las cuentas anuales o su revisión.

Uno de los grandes problemas a los que se enfrenta el analista es el gran caudal de información a manejar, que puede afectar negativamente a la toma de decisiones. Ante tal circunstancia los sistemas expertos pueden ser unos valiosos aliados, proporcionando una forma de controlar toda esa cantidad de datos. Los sistemas expertos recopilan los datos, los analizan y asimilan. Convierten grandes volúmenes de datos en información útil. En este sentido conviene distinguir un sistema experto de los simples programas de ordenador: también las hojas de cálculo, bases de datos y programas convencionales manejan habitualmente información y alivian la pesada tarea de realizar cálculos numéricos pero no incluyen procedimientos de representación del conocimiento.

Estos sistemas basados en reglas puede superar a la capacidad de síntesis humana, por ejemplo cuando se requiere analizar un gran volumen de datos en un corto espacio de tiempo. El experto humano se verá obligado a despreciar parte de la información desechando la que no considere relevante; sin embargo, el sistema experto, dada su mayor velocidad de proceso, puede analizar toda la información, sin que aparezca fatiga u otros efectos propios del ser humano que empeoran los resultados. Estos sistemas, convenientemente contruidos, pueden también superar al experto humano cuando la decisión exige aplicar conocimientos de varios campos.

Pese a su innegable potencia y utilidad, los sistemas expertos presentan una serie de inconvenientes como son su programación y mantenimiento, la dificultad y el elevado coste en tiempo y dinero .

## LAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES.

La computación programada, basada en reglas de decisión y algoritmos codificados en programas que se ejecutan sobre ordenadores digitales, ha dominado el procesamiento de la información en las últimas décadas. El avance de la Electrónica y las Ciencias de la Computación ha permitido que hoy en día podamos disponer sobre nuestra mesa de trabajo de ordenadores de gran potencia. Pese a ello, existen tareas que ni los grandes supercomputadores son capaces de resolver, o lo hacen de un modo poco eficiente, mientras que el cerebro lo viene haciendo desde hace millones de años con suma facilidad y eficiencia.

Por esta razón, los científicos volvieron la vista hacia el cerebro tratando de estudiarlo desde el punto de vista de la computación. Las diferencias que separan cerebro y ordenador son enormes. La estructura del cerebro es radicalmente diferente. No está compuesto por un único microprocesador altamente complejo y eficiente, sino por miles de millones

de ellos, las neuronas, que realizan de modo impreciso y relativamente lento un tipo de cálculo muy simple. Pese a ello, estos sistemas resuelven ciertas tareas como la visión o el control motor que manejan grandes cantidades de información redundante, defectuosa y cambiante como ninguna máquina que el hombre haya podido construir hasta la fecha. En este proceso del pensamiento científico surgen los sistemas neuronales artificiales, con la idea de tomar las características esenciales de la estructura neuronal del cerebro para crear sistemas que lo mimeticen en parte, mediante sistemas electrónicos o mediante simulación por ordenador, aprovechando sus propiedades de cálculo. Estos sistemas están compuestos por multitud de procesadores simples que operan sobre la base de reconocimiento de patrones, y que pueden adquirir, almacenar y utilizar conocimiento experimental, obtenido a partir de ejemplos. Esta forma de adquirir el conocimiento es una de sus características más destacables: no se programa de forma directa, como en los sistemas expertos, sino que se adquiere a partir de ejemplos, por ajuste de parámetros de las neuronas mediante un algoritmo de aprendizaje. En cuanto al modo interno de trabajo las redes neuronales recuerdan más a los modelos estadísticos multivariantes.

Sistemas expertos y redes neuronales se asemejan en cuanto al objetivo de modelizar el conocimiento, pero son radicalmente opuestos en cuanto a cómo aspiran a conseguirlo. Como vemos, los sistemas expertos se acercan más al razonamiento deductivo y las redes neuronales al inductivo. La gestión empresarial utiliza frecuentemente ambos esquemas de razonamiento, por lo que ambas técnicas tienen cabida. Además, ambos modelos son perfectamente compatibles, de forma que se pueden integrar en un único sistema, que se suele conocer como red experta. Probablemente este tipo de sistemas mixtos, si son capaces de recoger las ventajas de ambos modelos, conozcan un gran desarrollo en un futuro cercano.

Los elementos básicos de neurocomputación son las neuronas artificiales. Estas se agrupan en capas, constituyendo una red neuronal. Una o varias redes, más los interfaces con el entorno, conforman el sistema global. Un conjunto de capas constituyen una red neuronal, aunque también existen estructuras de una única capa. Una determinada red neuronal está confeccionada y entrenada para llevar a cabo una labor específica. Existen diferentes modelos de conexiones entre capas, en general se suelen distinguir dos básicos: las arquitecturas hacia adelante o *feedforward* y las realimentadas o *feedback*. En las arquitecturas *feedforward*, la información siempre se propaga hacia adelante. En las arquitecturas realimentadas, las señales pueden en ocasiones fluir hacia atrás a través de lazos de realimentación. Un sistema neuronal incluye una o varias redes neuronales, los interfaces de entrada y salida con el medio exterior, y puede incluir otros subsistemas no necesariamente de tipo neuronal. A modo de ejemplo, las redes expertas son simbiosis entre un sistema experto y una red neuronal.

El procedimiento para operar con redes neuronales queda reflejado en la figura 1. Originalmente la red neuronal no dispone de ningún tipo de conocimiento útil almacenado. Para que ejecute una tarea es preciso entrenar o enseñar a la red neuronal. El entrenamiento se realiza mediante patrones

Ejemplo. Existen dos tipos de aprendizaje: supervisado y no supervisado. Si la red utiliza un tipo de aprendizaje supervisado debemos proporcionarle parejas de patrones entrada-salida y la red neuronal aprende a asociarlos. En terminología estadística equivale a los modelos en los que hay vectores de variables independientes y dependientes. Si el entrenamiento es no supervisado, únicamente debemos suministrar a la red los datos de entrada para que extraiga los rasgos característicos esenciales. Estas redes neuronales no supervisadas están relacionadas con modelos estadísticos como el análisis de conglomerados o las escalas multidimensionales.

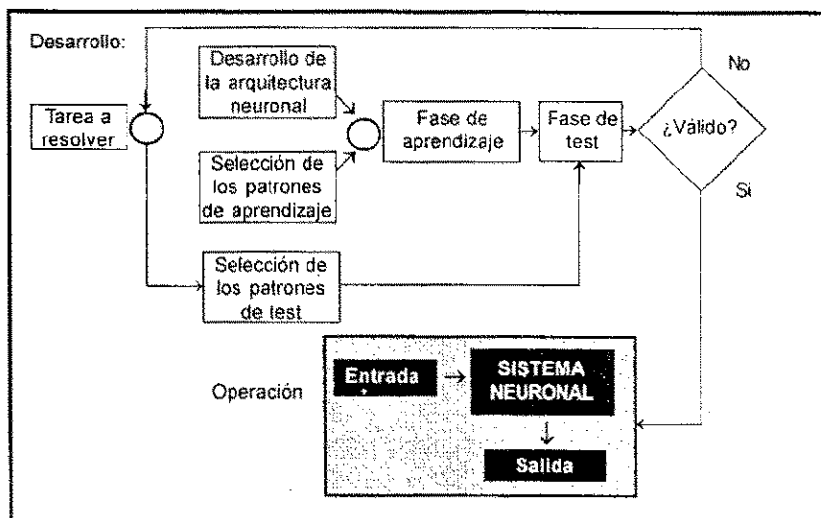


Figura 1. Modo de trabajo con redes neuronales.

## AREAS DE APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS.

Las redes neuronales tratan de resolver de forma eficiente problemas que pueden encuadrarse dentro de tres amplios grupos: optimización, reconocimiento y generalización. Estos tres tipos engloban un elevado número de situaciones, lo que hace que el campo de aplicación de las redes neuronales en la gestión empresarial sea muy amplio.

**En los problemas de optimización:** Se trata de determinar una solución que sea óptima. Generalmente se aplican redes neuronales realimentadas, como el modelo de Hopfield. En la gestión empresarial, son decisiones de optimización encontrar los niveles de tesorería, de existencias, de producción, construcción de carteras óptimas, etc.

**En los problemas de reconocimiento:** Se entrena una red neuronal con inputs como sonidos, números, letras y se procede a la fase de test presentando esos mismos patrones con ruido. Este es uno de los campos más fructíferos en el desarrollo de redes neuronales y casi todos los modelos: perceptrón, redes de Hopfield, mapas de Kohonen, etc., han sido aplicados con mayor o menor éxito.

**En los problemas de generalización:** Problemas típicos de generalización son los de clasificación y predicción. Las redes neuronales son modelos matemáticos especializados que pueden aplicarse en dominios muy concretos. Las redes neuronales están mostrando su utilidad en muchos problemas reales. Los estudios empíricos muestran la eficiencia de las redes neuronales con datos basados en lógica difusa, patrones o rasgos ocultos para la mayoría de las técnicas incluida la capacidad humana, datos que exhiben no linealidad e información en la que se ha detectado caos.

Más recientemente Gorry y Scott-Morton (1971) han propuesto un esquema que relaciona el tipo de decisión (estructurada, semiestructurada y no estructurada) y el nivel organizacional (control operativo, de gestión y estratégico) con la herramienta a utilizar. Lógicamente en el nivel operativo dominan las decisiones estructuradas, en el nivel de gestión las semiestructuradas y en el estratégico las no estructuradas, formando una diagonal. En la figura siguiente hemos actualizado este esquema incorporando las últimas tecnologías de la información, e incluso anticipando lo que puede ser un futuro próximo.

Se puede apreciar sobre la fig. 2 que en el nivel operativo y toma de decisiones estructurada dominan los sistemas informatizados convencionales como los programas de contabilidad financiera y de costes, los de elaboración de nóminas, y en general aquellas tareas mecánicas. Son los llamados Sistemas de Proceso de Transacciones (TPS) basados en programación algorítmica convencional.

El nivel operativo con decisiones semiestructuradas todavía está dominado por los programas convencionales, en lo que habría que incluir programas de control de tesorería, control de existencias y también las hojas de cálculo y sistemas gestores de bases de datos. Conforme las decisiones son menos estructuradas, empiezan a ser aplicables sistemas expertos y sistemas de ayuda a la toma de decisiones. Así, para la gestión financiera más básica, en la que además de realizar cálculos mecánicos: tipos de interés efectivo, cuotas de amortización de préstamos, etc, también hay que tomar decisiones que manejan información incompleta o precisan incorporar el conocimiento de un especialista humano. Finalmente, para el nivel de toma de decisiones menos estructuradas pueden incorporarse modelos neuronales: por ejemplo, asesorando en la concesión de las tarjetas de crédito de unos grandes almacenes o a qué clientes se les envía catálogos por correo.

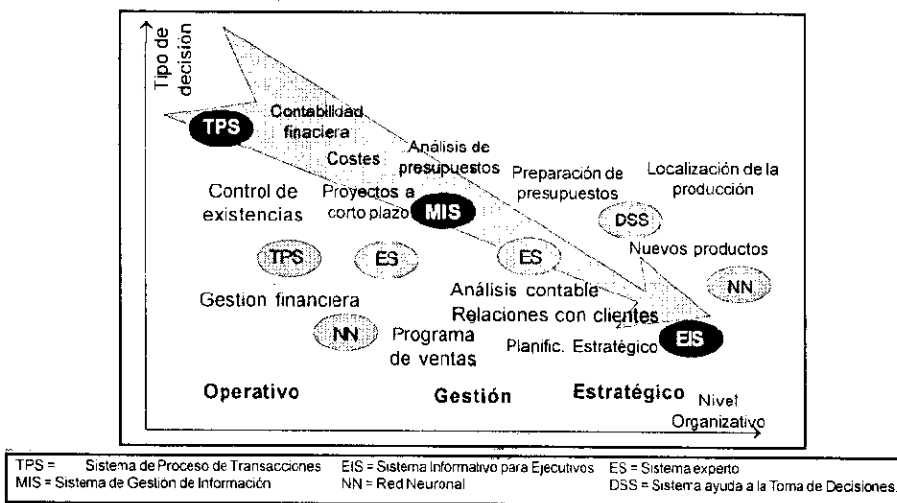


Figura 2. Las herramientas a utilizar según el tipo de decisión y el nivel organizativo. Elaboración propia a partir de Gorry y Scott-Morton (1971)

Conforme el nivel organizativo avanza en el eje de las abscisas, las decisiones se hacen más complejas. Si las decisiones son estructuradas, como en el *análisis de presupuestos y control, contabilidad analítica, análisis contable, etc.*, dominan los programas convencionales, quizá incorporando algún módulo experto. Este tipo de programas se denominan Sistemas de Gestión de Información o *Management Information Systems (MIS)*. A medida que las decisiones son menos estructuradas se hacen más necesarios los sistemas expertos. En temas puntuales como la elaboración de presupuestos, *la predicción de variables financieras como el beneficio, el cash-flow*, podrían incorporarse modelos neuronales.

En el nivel estratégico son barridos los programas convencionales manteniéndose únicamente las hojas de cálculo, por su capacidad de simulación. Los llamados *Executive Information Systems (EIS)*, o Sistemas Informativos para Ejecutivos dominan las *decisiones menos estructuradas, con tareas como la planificación estratégica y de contabilidad direcciva*. Westland (1992) ha propuesto un modelo de red neuronal autoorganizada en estos sistemas informativos, que filtra la información relevante para cada ejecutivo ya que la sobrecarga informativa es uno de los principales problemas de estos sistemas al estar basados en correo electrónico. Finalmente, determinados modelos de redes neuronales podrían aplicarse en *problemas de optimización*.

## UTILIZACIÓN DE MODELOS NEURONALES EN AREAS DE INFORMACIÓN FINANCIERA.

Los principales trabajos desarrollados con información financiera se agrupan en dos temas: análisis del fracaso empresarial y predicción en los mercados financieros. Ambos tipos de trabajos responden a dos de las principales tareas en las que se están aplicando las redes neuronales: **clasificación y predicción**, que como hemos visto anteriormente, son un caso particular de los problemas de generalización.

En la mayoría de estos trabajos se obtienen resultados excelentes con las redes neuronales.

En la revisión que hacemos a continuación, se ha seleccionado aquellos trabajos que desde nuestro punto de vista tienen más interés, bien por su carácter de pioneros, bien por comparar con gran número de técnicas o por su calidad.

### a. Estudios de Clasificación.

Abarca problemas como el estudio del fracaso empresarial, la concesión de préstamos, la calificación de obligaciones, etc.

#### \* El fracaso empresarial.

En general se trata de seleccionar un conjunto de variables, generalmente ratios financieros y utilizar un modelo matemático que discrimine o detecte los rasgos que caracterizan a las empresas que tienen éxito de las que fracasan. Son muchos los modelos estadísticos propuestos y dadas las propiedades de los sistemas neuronales de actuar como clasificadores de información y reconocimiento de patrones, tempranamente se aplicaron a esta importante materia de investigación.

#### \* Concesión de préstamos

Metodológicamente son muy similares los trabajos de concesión de préstamos a los de predicción de la quiebra. El conceder o no un préstamo es también una decisión no estructurada y la diferencia radica en que la información disponible no se extrae de bases de datos comerciales o de los registros sino que es información que suministra el propio banco o entidad financiera que encarga el estudio. En este caso la información no se compone exclusivamente de ratios financieros, sino que también hay otro tipo de datos, como por ejemplo quién es el director de la compañía, si es un cliente nuevo, etc.

#### \* Calificación de obligaciones

La calificación de obligaciones, bonos municipales, etc, es también un problema de clasificación. Las empresas e instituciones públicas emiten instrumentos financieros como bonos u obligaciones en busca de dinero para financiar sus inversiones. Pero, lógicamente, hay un riesgo de que las empresas no devuelvan este dinero y resulta interesante obtener *ratings* o calificaciones de estos bonos.

### b. Estudios de Predicción.

La predicción ha sido una de las aplicaciones que más pronto despertaron el interés de los estudiosos de las redes neuronales. En este tema los resultados no son concluyentes por dos razones: cuando las predicciones las hacen científicos que provienen del campo de las redes neuronales descuidan muchos aspectos estadísticos y viceversa. Además, bajo el epígrafe predicción se engloban estudios muy diferentes: no todas las curvas son iguales en cuanto a forma y tamaño, presencia o no de efectos estacionales, de no linealidad, predicción a corto o largo plazo, etc. Chatfield (1994) comenta que las redes neuronales se están comportando bien en predicción a largo plazo con componentes no lineales, en cambio, no están claras las mejoras observadas en series cortas y estacionales, como son típicas en las predicciones de ventas.

#### \* Análisis Técnico.

El análisis técnico pretende predecir las cotizaciones a partir de la evolución histórica de

precios y volúmenes de negociación. El primer artículo sobre redes neuronales que manejan información financiera fue realizado por White (1988), quien estudió la predicción de los precios de las acciones con un modelo de red neuronal.

#### \* Análisis Fundamental.

El análisis fundamental trata de valorar los factores económicos más importantes del entorno y contempla la evolución económico-financiera de las empresas. Wong, Wang, Goh y Quek (1992) diseñan una red neuronal borrosa que combina diferentes herramientas de Inteligencia Artificial para obtener una cartera óptima de acciones. Concretamente su modelo es una red neuronal *fuzzy*. Consta de tres módulos: el primero contiene treinta y dos reglas del tipo si-entonces proporcionadas por especialistas humanos, el segundo un procesador de reglas *fuzzy* y el tercero un perceptrón multicapa. El modelo utiliza información del mercado de valores, así como ratios financieros.

## CONCLUSIONES.

El nacimiento de la Inteligencia Artificial se sitúa en los años cincuenta; en esa fecha la informática apenas se había desarrollado, y ya se planteaba la posibilidad de diseñar máquinas inteligentes. Hoy en día esta ciencia asiste a un cambio de paradigma y se habla de vida artificial, algoritmos genéticos, computación molecular o redes neuronales. En algunas de estas ramas los resultados teóricos van muy por encima de las realizaciones prácticas.

Los sistemas expertos son la rama más conocida de la Inteligencia Artificial. La forma en que representan el conocimiento, habitualmente mediante símbolos, es apropiada cuando es posible extraer un conjunto de reglas y normas. En la vasta ciencia empresarial, existen subdominios en los que es fácil o al menos posible extraer una serie de reglas y otros en los que es menos factible. El análisis financiero es uno de ellos. No existen reglas con rango de norma, conviven recetas extraídas de la práctica empresarial con otras obtenidas mediante análisis empíricos. Es por lo tanto un reto elaborar un sistema experto de diagnóstico empresarial.

Las redes neuronales artificiales son un paradigma computacional que trata de resolver tareas que la computación algorítmica tradicional e Inteligencia Artificial convencional no han resuelto de un modo su-

ficientemente satisfactorio. Tareas tales como el reconocimiento de patrones, problemas de optimización o clasificación. En las redes neuronales artificiales el conocimiento no se programa de forma directa en la red sino que se adquiere por medio de una regla de aprendizaje por ajuste de parámetros mediante ejemplos. Como vemos es un método inductivo, que recuerda más a los modelos estadísticos que a los sistemas expertos, la otra gran rama de la Inteligencia Artificial. Diversas parcelas de la gestión empresarial utilizan frecuentemente el método inductivo, entre ellas el análisis financiero, por lo que se justifica conocer lo que las redes neuronales nos pueden ofrecer. Quizá una solución pragmática sea utilizar sistemas mixtos que incorporen un módulo de sistema experto con sus reglas junto a otros módulos estadísticos o neuronales.

En general las redes neuronales pueden cubrir un hueco importante en las decisiones no estructuradas, debido a esa capacidad de encontrar relaciones complejas entre los patrones de entrada.

## BIBLIOGRAFÍA.

1. Coakley, J.R. y Brown, C. 1993 "Using Artificial Neural Networks in the Analytical Review Process", *Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management*, January.
2. Fortuna, J.M.; Busto, B. y Sastre, J.M. 1991 "Los Sistemas Expertos: fundamentos y aplicaciones a la Contabilidad", *Partida Doble* n. 17, noviembre. pag 40-46.
3. Marose, R.A. 1990. "A Financial Neural-Network Application", *A. I. Expert*, May 1990, pag 50-53 y publicado en *Neural Networks in Finance and Investing*. Ed Trippi y Turban. Probus Publishing Company, 1992, Chicago. Madrid.
4. Ríos, J.; Pazos, A.; Brisaboa, N.R. y Caridad, S. 1991. *Estructura, Dinámica y Aplicaciones de las Redes Neuronales Artificiales*. Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, S. A., Madrid.
5. Sierra, G.; Bonson, E.; Nunez, C. y Orta, M. 1995. *Sistemas Expertos en Contabilidad y Administración de Empresas*, Ed Rama, Madrid,
6. Zaccagnini, J.L.; Alonso, G. y Caballero, A. 1992. "Inteligencia Artificial: de innovación prometedor a realidad práctica", *Partida Doble*, 29, diciembre. Madrid.