

Algunas aplicaciones de las redes neuronales como herramientas de pronóstico en los ámbitos nacional e internacional

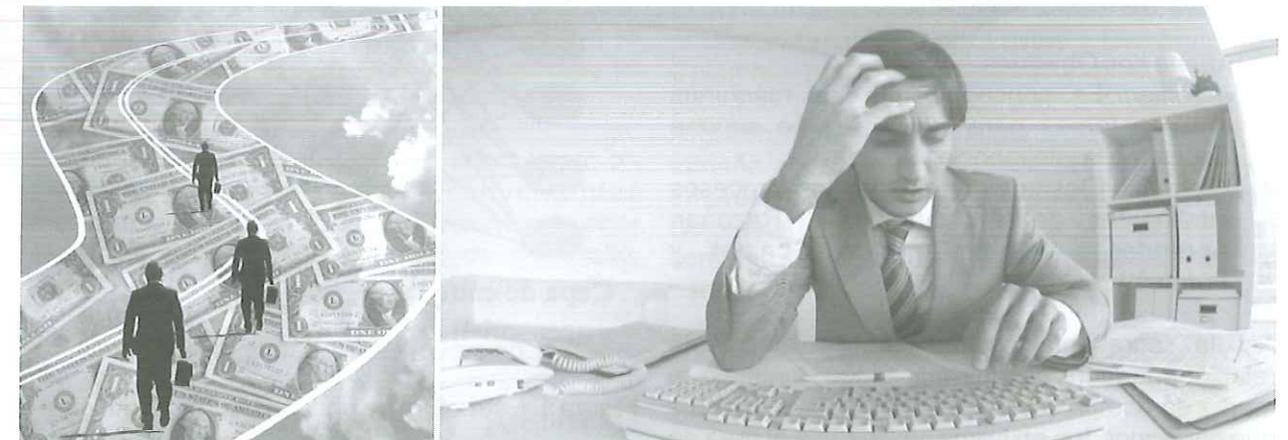
María Eugenia Serrano Acevedo

Jaime Ángel Rico Arias

Docentes Investigadores programa Ingeniería Financiera UNAB

El estudio de las redes neuronales artificiales¹ parte del estudio del sistema nervioso central como lo muestra Galván (1791) al reconocer la naturaleza eléctrica de las señales nerviosas. Luego Ramón y Cajal dio un paso importante usando la técnica del teñido celular de impregnación argéntica de Golgi, por el cual descubrió que el sistema neuronal era un ensamble de células bien definidas llamadas neuronas, que se comunicaban a través de las sinapsis. Tanto Golgi como Ramón y Cajal obtuvieron el premio Nobel por su trabajo. El mecanismo de funcionamiento neuronal fue explicado por Hodgkin y Huxley, y la naturaleza de la transmisión sináptica fue en particular estudiada por Katz. Desde entonces la investigación ha evolucionado hasta el punto que hoy en día se conocen muchas moléculas proteicas encargadas de las transmisiones neuronales denominadas neurotransmisores y neuroreceptores. (Paretto, 1992).

Planck estableció la hipótesis de membrana, a partir del estudio del transporte de cargas en soluciones iónicas, realizado por Nerst. Planck propuso que el potencial de acción consistía en la descarga del potencial difundido, causado por el incremento en la permeabilidad iónica de la membrana (Scott, 1975). La



¹ Quintero Ortiz Luis Antonio. Revista Ingenierías. Universidad de Medellín. N° 1. Página 122

unión de varias áreas del conocimiento permitió significativos avances, como la neurobiología y la psicología experimental. Las observaciones de Hubel y Wiesel en 1962, y de Mountcastle en 1957, permitieron conocer la noción de organización columnar de la corteza cortical.

En 1969 William James escribe acerca de la estructura y funcionamiento del cerebro. En este trabajo se establecieron algunos de los principios básicos sobre memoria correlacional y memoria asociativa. Se definió que la actividad para cualquier punto en el corte cerebral es la suma de las tendencias de todos los otros puntos que se descargan dentro de él (Mac Gregor, 1987).

La inteligencia artificial (IA) es el estudio de cómo hacer que los computadores hagan cosas que hasta el momento hacen muy bien los humanos (Ric, 83).

La IA es una subdisciplina de la informática, una técnica más de software que se utiliza en el desarrollo de procesos que son semejantes al método de razonamiento humano y, por tanto, son expresados en términos simbólicos más que numéricos. La capacidad más importante de los programas de IA es el manejo de símbolos agrupados en conceptos e ideas y no como colección de datos carentes de significado y relación; estos programas están diseñados para comprender conceptos (Perro, Mesa, Cuadrado) relación entre conceptos e ideas (Perro - Animal, Mesa - Objeto, Cuadrado - Figura Geométrica) y basados en esto dar como salida de sus procesos opiniones, análisis y recomendaciones.

La IA tiene dos Objetivos:

1. **Ingenieril:** Es conseguir que las máquinas realicen tareas para las cuales se supone necesaria la inteligencia humana.
2. **Científico:** Descubrir y simular los procesos inteligentes del ser humano (Razonar, Aprender a Interpretar Voz, Sonidos y Formas.)

Así la representación del conocimiento está relacionada con escribir en algún lenguaje o medio de comunicación descripciones o cuadros que corresponden en forma casi exacta al área de interés. Cuando se resuelve un problema con IA se necesitará determinar como se manipularán y

usarán los datos y el conocimiento para llegarla las conclusiones sobre el entorno, esto puede ser factible a través de las redes neuronales artificiales (RNA).

Las redes neuronales son sistemas paralelos² para el procesamiento de la información, inspirados en el modo en que las redes neuronales biológicas del cerebro procesan la información. Todo el mundo observa que el cerebro humano es superior a un computador en muchas tareas, por ejemplo, en el procesamiento de información visual: un niño de dos años reconoce objetos, caras,.... mejor y más rápidamente que el más avanzado sistema de inteligencia artificial diseñado para dicha tarea, incluso ejecutándose en un supercomputador. Solo en tareas basadas principalmente en aritmética sencilla los computadores sobrepasan al cerebro humano.

La neurona es la unidad básica de procesamiento de la red. Esta recibe varias señales de entrada, las cuales pondera según la fuerza o peso con el cual se recibe cada señal (Figura 1).

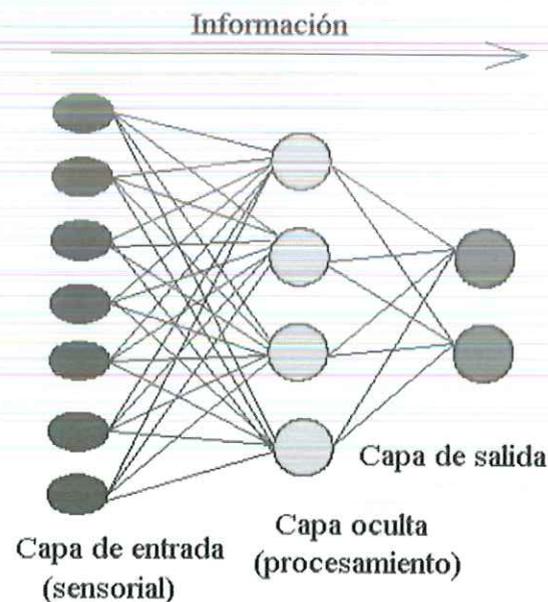


Figura 1. Estructura de una red neuronal artificial

Una vez que se tenga la suma ponderada de las entradas en el nodo, esta se pasa a través de una

función de transferencia, la cual define si produce una salida o no.

Las funciones de transferencia más usadas son: La función tangente hiperbólica, la función de error, la función normal, la función sigmoide y la función escalón. El propósito de estas funciones es alinear los valores del nodo, tal que permitan simular el comportamiento de la neurona biológica que es de paso todo o nada. Lo usual es que los valores de entrada se normalicen, y por tanto, para valores bajos, se genera una respuesta que va hacia todas las otras neuronas con las cuales esta conectada (Kamp, 1990). El estado de activación de una neurona depende del peso o magnitud de conexión que tiene con otras neuronas, y su salida dependerá también del estado de activación en que se encuentre. Esto en conjunto hace que la función de una red se deba más a la interconexión que tienen las neuronas entre sí que a la simple sumatoria de redes particulares. Las redes pueden tener sus nodos ordenados de diferentes maneras, ordenados por varias capas o en una sola capa o estructura. Las redes monocapa establecen conexiones laterales entre las neuronas que pertenecen a la única capa.

Dentro de los campos de aplicación de las redes neuronales en las finanzas se encuentran:

MERCADO DE CAPITALLES

Es aquel en el que se negocia con capitales a medio y largo plazo, en préstamos o empréstitos, así como en compraventa de acciones y participaciones en sociedades mercantiles. La bolsa es un mercado de capitales institucionalizado, aunque también se realicen operaciones con activos monetarios, es decir activos de alta liquidez³.

El Mercado de Capitales provee un conjunto de mecanismos donde los inconvenientes mencionados son subsanados en mayor o menor grado de acuerdo con su nivel de desarrollo, siendo entre sus funciones las siguientes:

- Canalizar Recursos para la Inversión.
- Asignar Precios a los Diferentes Riesgos.
- Diversificar los Riesgos y Facilitar la Obtención de Portafolios Deseados.

Transformar Plazos.

Es primordial para los administradores de carteras de bonos y acciones conocer nuevas herramientas tecnológicas que le permitan estar a la vanguardia en un mercado global y abierto en donde el manejo de la información es fundamental para minimizar el riesgo en tiempo real al momento de decidir por una alternativa ante múltiples opciones de inversión en acciones en el mercado de capitales.

El avance de los mercados financieros desde los setenta ha estado de la mano de las nuevas herramientas de cálculo, una de ellas es la aplicación de las redes neuronales que plantea el diseño de metodologías de especificación, recolección y gestión de información, que se hagan de forma integrada con las diferentes instancias encargadas de producirla, ya que uno de los problemas de los procesos de predicción consiste en la forma y disponibilidad de información necesaria.

El poco desarrollo que ha tenido el mercado en Colombia se manifiesta por diferentes factores que predominan y afectan negativamente su evolución; los más importantes son la concentración, el tamaño del mercado y la liquidez.

La concentración de mercado se expresa por el número reducido de bonos y acciones que participan en la capitalización bursátil y de las transacciones, y la concentración de la propiedad de los bonos.

El tamaño del mercado, de acuerdo⁴ con los datos promedio recopilado por Levine y Demirguc-Kun Colombia presentó la cuarta capitalización de mercado más baja de la muestra después de Argentina, Indonesia y Nigeria. Por otro lado, el tamaño se puede determinar por el número de empresas inscritas en los mercados de valores y Colombia tiene muy pocas compañías inscritas, comparado con el total de empresas que pueden hacerlo.

La liquidez entendida como la capacidad para comprar y vender bonos es muy baja a pesar del dinamismo reciente, siendo todavía el mercado de bonos colombiano uno de los menos líquidos a nivel internacional.

3 Fabozzi /Modigliani / Ferri; "Mercados e Instituciones Financieras", Editorial Prentice Hall, 1998

4 Operaciones Financieras en el Mercado Bursátil, Universidad Externado de Colombia, 2000, página 45.

2 Sistema de computación o Red capaz de ejecutar simultáneamente un proceso.

Estos factores para un inversionista que desea participar en el mercado de bonos generan incertidumbre, por esto se hace necesario el manejo de herramientas de análisis y predicción, que sean eficientes y permitan determinar la rentabilidad esperada de los bonos para estructurar portafolios de inversión a partir de patrones de comportamiento.

Es importante utilizar otras alternativas de predicción diferente a los modelos algorítmicos tradicionales para determinar el comportamiento de la rentabilidad histórica de un bono, que sean más precisos en el reconocimiento de los patrones y disminuyan el nivel de error.

El inversionista o comprador de bonos en Colombia ha entendido que este mercado debe ser observado continuamente de tal forma que pueda sacar provecho de las variaciones, comprando a un precio determinado en la mañana y poder venderlo a un precio superior una hora más tarde, aun sabiendo que este podría seguir subiendo, pero si la incertidumbre acecha es bueno no arriesgar teniendo ya utilidades. Los márgenes de utilidad pueden ser altos o bajos dependiendo de los análisis previos y seguimiento realizados al comportamiento de los bonos.

Una vez que los inversionistas puedan aplicar herramientas de predicción como las redes neuronales para determinar la tendencia futura de la rentabilidad de los bonos con un entrenamiento adecuado de la red, existirá una mayor confianza en la inversión y por ende el mercado de capitales tendría más participantes de tal forma que se irán corrigiendo los problemas de concentración y liquidez.

Los principales trabajos realizados en el campo financiero con redes neuronales se agrupan en dos temas: análisis del fracaso empresarial y predicción de los mercados financieros.

En el campo de la teoría de la formación de portafolios de inversión, Harry Markowitz ocupa uno de los lugares más destacados, aporta su modelo para la obtención de una cartera óptima, teniendo en cuenta la conducta racional del inversor que es maximizar la rentabilidad y

minimizar el riesgo. La aversión al riesgo es uno de los factores normales en el inversor por lo que exige por ello una compensación en rentabilidad.

El modelo de *Markowitz* formulado en 1952 y publicado en 1959, involucra en el estudio de la cartera la curva de la utilidad de cada inversor y la curva de indiferencia. En la cartera se trabaja con un activo libre de riesgo, el cual se combina con los demás activos financieros para encontrar la cartera óptima de un inversor particular.

APLICACIONES EN EL ÁMBITO NACIONAL

- **LA INFLACIÓN EN COLOMBIA: UNA APROXIMACIÓN DESDE LAS REDES NEURONALES.**⁵

El objetivo del trabajo fue modelar la relación entre dinero e inflación utilizando un modelo de redes neuronales. Los agregados monetarios han sido utilizados tradicionalmente como determinantes o variables explicativas de la inflación. Sin embargo, la existencia de asimetrías entre la política monetaria y la inflación al igual que la evidencia de fijación asimétrica de precios en los agentes económicos, pueden justificar la existencia de no linealidades entre dinero e inflación. Por tanto, la aplicación de esta técnica capaz de capturar estas no linealidades, puede generar pronósticos más precisos de la inflación constituyéndose en una herramienta de pronóstico y de modelación muy valiosa.

- **APLICACIÓN DE LAS REDES NEURONALES PARA LA PREDICCIÓN DEL PRECIO DE LA ENERGÍA.**⁶

El autor desarrolló un programa de software para la predicción del precio promedio diario de la energía transada en la bolsa energética de Colombia. Estas predicciones se desarrollaron entre los años 1997 y 1998 época que correspondía al periodo de hidrológicas asociadas al fenómeno climático de "El niño", el cual ocasionó un incremento desmesurado en los precios de la energía y condujo a un fuerte racionamiento en Colombia durante ese periodo, debido a que los precios tienen una alta

correspondencia con las hidrológicas que se tengan y aun con las expectativas de comportamiento climático futuro.

Para entrenar la red se le dieron como datos de entrada, las variables: caudal, nivel de los embalses, embalse ofertable y el precio retrasado conjugando así variables hidrológicas y variables de mercado. La red entrenada mostró una significativa aproximación del precio predicho al precio real, manteniendo errores significativamente bajos en todo el proceso de predicción.

- **LAS REDES NEURONALES COMO HERRAMIENTA DE PREDICCIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL FRACASO EMPRESARIAL**⁷

El proyecto propuesto contribuyó a la búsqueda de nuevas herramientas para el soporte de decisiones en el ámbito empresarial, tomando como base las Redes Neuronales Artificiales (RNA) y generando un modelo para predicción de quiebra, que permita analizar y diagnosticar la salud financiera de las organizaciones del sector industrial colombiano.

Los resultados de este estudio han sido alentadores y han generado gran expectativa, pero en muchos casos dada su naturaleza empírica no han llegado a ser concluyentes, ya que en la mayoría no se establecen criterios comparativos con métodos tradicionales para así determinar en realidad el verdadero alcance de estas soluciones y su real aporte al área en la que se están aplicando.

Para el desarrollo del modelo se eligieron 16 indicadores financieros como variables de entrada que a juicio de los especialistas son los más adecuados para diagnosticar el estado de una empresa.

- **LAS REDES NEURONALES COMO HERRAMIENTA DE PRONÓSTICO EN LAS FINANZAS.**⁸

Con este trabajo se pudo mostrar que existe una herramienta novedosa que permitió predecir la

rentabilidad de acciones dentro de la bolsa de valores de Colombia, la cual presentó un error de predicción menor al de los métodos estadísticos tradicionales. Las redes neuronales artificiales se constituyen así en una herramienta de pronóstico más precisa que los modelos de predicción convencionales, tales como: Arima, regresión lineal, Winter, Suavización exponencial simple y promedios móviles.

En esta investigación se usó como modelo la red back-propagation que fue diseñada y entrenada a partir de una base de datos conformada por las acciones de Suramericana, Cementos Caribe, Coltabaco, Corfinsura, Grupo Aval, Valores Bavaria, Cementos Paz del Río, Nacional de Chocolates, Éxito, Argos, Bavaria, Banco de Bogotá y las variables Producto Interno Bruto (PIB), Precio de la acción, Dividendo Yield, Relación precio ganancia (RPG), Q-tobin, tasa de cambio representativa del mercado (TRM), Índice general de la bolsa de valores de Colombia (IGBC), índice de precios al consumidor (IPC), Oferta monetaria (M1), tasa de interés (DTF) en el periodo de Enero del 99 a Diciembre del 2003.

- **ESTRUCTURACIÓN DE PORTAFOLIOS DE INVERSIÓN USANDO REDES NEURONALES**⁹

Este trabajo de investigación se inició con una búsqueda de la teoría de Portafolios de Markowitz, CAPM, APT y Redes Neuronales Artificiales. Se construyó una base de datos de los precios diarios de 33 acciones de la Bolsa de Valores de Colombia desde el 2001. Se realizó la Estructuración de Portafolios usando Teoría de Markowitz y se aplicó el CAPM. Con esta teoría se seleccionaron las acciones dominantes y a su vez se le asignaron iguales pesos porcentuales encontrando un portafolio óptimo con su respectiva rentabilidad y riesgo.

Para construir el Modelo Alternativo de Redes Neuronales Artificiales se utilizó una red Perceptron Multicapa con algoritmo Backpropagation, usando como datos de entrada las rentabilidades esperadas y el riesgo de las acciones escogidas. Se realizó la programación y diseño de la red, que determinó las acciones más dominantes.

Ingenierías. Universidad de Medellín. Diciembre 2002.

7 Reinoso Eduardo. Universidad Javeriana. 2001

8 Serrano Acevedo María Eugenia, Rico Arias Jaime Ángel. Universidad Autónoma de Bucaramanga. 2005

9 Serrano Acevedo María Eugenia, Rico Arias Jaime Ángel. Universidad Autónoma de Bucaramanga. 2006.

5 Misas Arango, Martha, López Enciso, Enriquely Querubín Borrero Pablo. Banco de la Republica, subgerencia de estudios económicos. Bogotá, Febrero 2002.

6 Quintero Ortiz, Luis Antonio. Las redes neuronales artificiales como herramienta para la predicción. Revista

Al analizar los modelos se concluyó que con las redes neuronales se obtiene un portafolio más confiable que con los métodos tradicionales.

• **LAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES COMO HERRAMIENTA PARA LA MEDICIÓN DE RIESGO CREDITICIO**¹⁰

En este trabajo se muestra la aplicación de las redes neuronales a la cuantificación del riesgo de crédito. Además, se hace el desarrollo teórico de los fundamentos básicos de las redes neuronales.

Para presentar las metodologías de medición de riesgo de crédito basados en redes neuronales, y aplicarlas a la base de datos de una cartera comercial, fue necesario elaborar un análisis exploratorio de cada una de las variables e investigar la correlación entre ellas. El objetivo del análisis fue encontrar algunas relaciones para grupos determinados de la población, de acuerdo con sus características particulares.

Por tanto, se cruzaron variables de cada cliente del crédito y del comportamiento, con la variable default; variable que establece un procedimiento de clasificación, y permitió determinar las ponderaciones necesarias y establecer la probabilidad de incumplimiento.

APLICACIONES EN EL ÁMBITO INTERNACIONAL

• **CONSTRUCCIÓN DE UN ALGORITMO PARA CALCULAR EL PRECIO DE LAS OPCIONES.**¹⁵

El objetivo del trabajo es conseguir un algoritmo mediante una red neuronal supervisada para calcular el precio de una opción de compra utilizando datos históricos del mercado. Para construir el algoritmo se emplearon siete variables más los valores de las primas de las opciones. El número de referencias utilizadas fue de 2384 contratos, el número total de datos utilizados 16688.

• **LAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES EN EL TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN FINANCIERA.**¹¹

En este trabajo se selecciona un conjunto de variables, generalmente ratios financieros y se utilizan redes neuronales que discriminan los rasgos que caracterizan a las empresas que tienen éxito de las que fracasan.

• **PREDICCIÓN DE ÍNDICES DE FUTUROS FINANCIEROS MEDIANTE REDES NEURONALES**¹²

Se aplican las redes neuronales artificiales a la predicción usando datos históricos del futuro financiero español Bono 10, teniendo en cuenta las comisiones y la dispersión de los precios.

• **A CROSS-VALIDATION ANALYSIS OF NEURAL NETWORK OUT-OF-SAMPLE PERFORMANCE IN EXCHANGE RATE FORECASTING.**¹⁴

En este trabajo se investiga el potencial de las redes neuronales usando dos esquemas de validación cruzada. El resultado con la red neuronal creada es más robusto que el que nos da el modelo de Random Walk.

Las redes neuronales han sido aplicadas a las finanzas, en problemas como detección de patrones, asociación y clasificación y de acuerdo con los resultados obtenidos hasta ahora, son más precisos para pronosticar que los modelos algorítmicos tradicionales ofreciendo una alternativa a los métodos de predicción convencional de variables financieras.

Como se mencionó en la situación problemática, el poco desarrollo que ha tenido el mercado de bonos en Colombia se centra en tres aspectos fundamentales, la concentración, el tamaño y la liquidez. Si se propende por la disminución de la concentración por medio de estrategias como la democratización, también es importante darle a conocer al inversionista sobre del rumbo futuro de las inversiones por medio de análisis adecuados

de los mercados y las variables que afectan el precio de los bonos.

CONCLUSIONES

Con herramientas como las redes neuronales los inversionistas se motivan a participar en la compra de bonos y esto contribuye a la disminución de la concentración y al crecimiento de nuestros mercados.

Se puede lograr una mejor participación de los inversionistas en el mercado como resultado de reducir en cierta medida el nivel de incertidumbre que enfrenta nuestro mercado de capitales por los diferentes factores internos y externos a las empresas que continuamente están cambiando el precio de los activos.

Existen diferentes formas de analizar los mercados accionarios y de bonos y si realmente son válidos los modelos propuestos para ello en la economía colombiana, además de ofrecer a los estudiantes de Ingeniería Financiera un espectro de posibles investigaciones en el ámbito financiero.

Bibliografía

Martín del Brío, Bonifacio y Sanz Molina, Alfredo. Las redes neuronales y sistemas difusos. Segunda Edición. Alfaomega. 2002.

Hilera González, José Ramón y Martínez Hernando, Víctor José. Redes Neuronales artificiales. Fundamentos, modelos y aplicaciones. Alfaomega. 2000.

Haykin, Simon. Neural Network. A comprehensive Foundation. Second Edition. Prentice Hall.

Isasi Viñuela, Pedro. Redes neuronales artificiales. Un enfoque práctico. Primera edición. Pearson, Prentice Hall. 2004.

Deboeck, Guido y Kohonen, Teuvo. Visual Exploration in Finance with Self-organizing Maps. Springer Finance. Second edition. 2000.

McNelis, Paul D. Neural Networks in Finance, Gaining predictive edge in the market. Ed. Elsevier Academic Press. Primera edición. 2005.

Shadbolt, Jimmy y Taylor, John G. Neural Networks and the financial markets. Predicting, Combining and Portfolio Optimisation. Ed. Springer. Primera Edición. 2002.

DAMODARAN. Gujarati. 2003. Econometría, Mcgraw Hill. Tercera Edición.

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO, grupo Santander. 1999. Gestión de riesgos financieros. Un enfoque práctico para países latinoamericanos.

BRAVO, Oscar. SÁNCHEZ, Marlene. Gestión Integral de Riesgos Tomo I. Bravo & Sánchez. Colombia 2006.

CARRASCAL, Arranz Ursicino. Análisis Econométrico con Eviews. Cuarta Edición. Alfaomega. 2003.

Circular Externa 088 de 2000. Diciembre 2000. Capítulo XX. Parámetros mínimos de administración de riesgos que deberán cumplir las entidades vigiladas para la realización de sus operaciones de tesorería.

COMITÉ DE SUPERVISIÓN BANCARIA DE BASILEA. 2004. Convergencia Internacional de medidas y normas de capital, marco revisado. Banco de pagos internacionales.

CORCHUELO, Jorge. MARTÍNEZ, Clemencia. Modelos de evaluación de riesgo en decisiones financieras. Universidad Externado de Colombia. Colombia. 2004.

DE LARA HARO, Alfonso. 2004. Medición y control de riesgos financieros. Incluye riesgo de mercado y de crédito. Limusa Noriega Editores.

DIZ CRUZ, Evaristo. 2004. Introducción a la teoría de riesgo. Global Ediciones ECOE.

ELIZONDO, Alan. 2004. Medición Integral del riesgo de crédito. Limusa Noriega Editores.

ERICSSON, Jan y RENAULT, Oliver. Liquity an Credit Risk. The Journal of finance. Vol LXI, N° 5. Octubre del 2006.

10 Serrano Acevedo María Eugenia, Rico Arias Jaime Ángel. Universidad Autónoma de Bucaramanga. 2009.

11 García Estévez Pablo, "Aplicaciones de las redes neuronales en las finanzas". Universidad Complutense de Madrid. Abril 2002.

12 Cinca Serrano, Carlos/ Gallizo Larraz, José Luis. "las redes neuronales artificiales en el tratamiento de la información financiera". Universidad de Zaragoza. 1992.

13 Bosch, Joan/ Garrido, Lluís/ Gómez Sergio. "Predicción de índices de futuros financieros mediante redes neuronales".

14 Hu, Michael/ Zhang, Peter/ Jiang, Christine/ Patuwo, Eddy. "A Cross-validation Analysis of Neural Network Out-of-Sample Performance in Exchange Rate Forecasting. Decision Sciences, volume 30 Number 1, U.S.A.

- FREIXAS, Xavier y ROCHET, IJean Charles. Economía Bancaria. Editorial Antoni Bosh. 1997.
- GESTIÓN DEL RIESGO ICONTEC. 2002. Norma Técnica Colombiana NTC 5254.
- GREENE, William. Análisis Econométrico. Prentice Hall. Madrid 1999.
- JORION, Philippe. 2003. Valor en riesgo. Limusa Editores, MexDer.
- MARTÍNEZ, Jorge Arturo. La naturaleza del riesgo. Instituto Tecnológico de Monterrey. México.
- MÁRQUEZ DÍEZ-CANEDO, Javier . Una nueva visión del riesgo de crédito. Editorial Limusa. 2006. México
- MEJÍA QUIJANO, Rubi Consuelo. 2006. Administración del riesgo, un enfoque empresarial. Fondo Editorial Universitario EAFIT.
- GESTIÓN DEL RIESGO. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA, ICONTEC. Bogotá.
2004. RODRÍGUEZ TABORDA, Eduardo. 2002. Administración del Riesgo. Alfaomega. CESA.
- ROSILLO CORCHUELO, Jorge y MARTÍNEZ ALDANA, Clemencia. 2004. Modelos de evaluación de riesgo en decisiones financieras. Universidad Externado de Colombia.
- SOLEY SANS, Jorgely RAHNEMA, Ahmad. 2004. Basilea II, una nueva forma de relación banca-empresa. Mc. Graw Hill.
- THE INSTITUTE OF INTERNAL AUDITORS AUSTRALIA. 2004. Guía para el uso de la norma NTC 5254, gestión del riesgo dentro del proceso de auditoría interna ICONTEC.
- VILARIÑO SANZ, Ángel. 2001. Turbulencias Financieras y riesgos de mercado. Prentice Hall.
- ZAPATA GALINDO, Alexander. 2003. Modelando el riesgo de crédito en Colombia: Matrices de transición para la cartera comercial. Asobancaria. Apuntes de Banca y Finanzas N°.6.