



Revista de Ciencias Sociales

Depósito legal ppi 201502ZU4662
Esta publicación científica en formato
digital es continuidad de la revista impresa
Depósito Legal: pp 197402ZU789
• ISSN: 1315-9518 • ISSN-E: 2477-9431

Universidad del Zulia. Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales
Vol. XXXI, Núm 3
JULIO-SEPTIEMBRE, 2025

Revista de Ciencias Sociales

Esta publicación científica en formato
digital es continuidad de la revista impresa
Depósito Legal: pp 197402ZU789
ISSN: 1315-9518

Redes neuronales en la valoración crediticia bajo incertidumbre en pequeñas y medianas empresas de Ecuador*

Luna Altamirano, Kléber Antonio**
Melean Romero, Rosana Alejandra***
Andrade Cordero, Celio Froilán****
Orellana Orellana, Carlos Patricio*****

Resumen

Las pequeñas y medianas empresas manufactureras de la ciudad de Cuenca Ecuador, enfrentan un riesgo financiero debido a su poca capacidad de cumplimiento de requisitos para la concesión de créditos por parte de las entidades financieras ecuatorianas. El objetivo de la investigación es desarrollar la técnica del expertizaje y contraexpertizaje, herramientas que ofrece la lógica difusa con el propósito de nutrir un grafo de redes neuronales para determinar los requisitos de menor cumplimiento, para acceder a créditos financieros por las organizaciones estudiadas. En lo metodológico, la investigación es de tipo explicativo, con enfoque cuantitativo, cuyo propósito es reducir la incertidumbre en la información obtenida de los expertos financieros de las empresas en estudio. Dentro de los resultados, se evidencia que en la aplicación de las herramientas del expertizaje, contraexpertizaje y redes neuronales, los requisitos de menor cumplimiento son similares, siendo el “flujo de caja proyectado” y el “plan de negocios”. Se concluye que con este aporte los directivos de las empresas conocerán cuáles son los requisitos bancarios de menor cumplimiento, a partir de ello podrán tomar decisiones correctas con el propósito de llegar a la obtención de créditos financieros.

Palabras clave: Expertizaje; lógica difusa; pequeñas y medianas empresas; redes neuronales; requisitos financieros.

* El presente artículo pertenece al proyecto de investigación titulado: “Gestión empresarial en la incertidumbre como técnica de mejora para la toma de decisiones en empresas del sector industrial de Cuenca Ecuador”, aprobado bajo el código: PIC5P23-35, el cual se asocia a la XIV convocatoria de Proyectos de Investigación: Las 5P del Desarrollo, realizado por la Universidad Católica de Cuenca.

** Posdoctor en Gestión del Conocimiento y Políticas Públicas. Doctor en Ciencias Sociales mención Gerencia. Magister en Administración de Empresas mención Recursos Humanos y Marketing. Economista. Docente Investigador de la Unidad Académica de Ciencias Económicas y Empresariales en la Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Azuay, Ecuador. E-mail: klunaa@ucacue.edu.ec ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4030-8005>

** Posdoctora. Doctora en Ciencias Sociales mención Gerencia. Magister en Gerencia de Empresas mención Gerencia Industrial. Licenciada en Administración. Profesora/Investigadora adscrita al Centro de Estudios de la Empresa en la Universidad del Zulia, Maracaibo, Zulia, Venezuela. Acreditada por el Programa de Estimulo a la Innovación e Investigación del Observatorio Nacional de Ciencia y Tecnología (ONCTI), Nivel B. E-mail: rosanamelean@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8779-738X>

*** Doctor en Ciencias Sociales mención Gerencia. Magister en Administración de Empresas mención Recursos Humanos y Marketing. Ingeniero Comercial. Docente de la Unidad Académica de Ciencias Económicas y Empresariales en la Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Azuay, Ecuador. Responsable del Centro de Capacitación y Actualización Profesional. E-mail: candrade@ucacue.edu.ec ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2660-6783>

**** Doctor en Ciencias Sociales mención Gerencia. Magister en Administración de Empresas. Ingeniero Empresarial. Docente Investigador en la Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Azuay, Ecuador. Investigador REG-INV-23-06451 SENESCYT. E-mail: corellanao@ucacue.edu.ec ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0958-7253>

Neural networks in credit assessment under uncertainty in small and medium-sized enterprises in Ecuador

Abstract

Small and medium-sized manufacturing companies in the city of Cuenca, Ecuador, face financial risk due to their limited ability to meet credit requirements from Ecuadorian financial institutions. The objective of this research is to develop the technique of expertise and counter-expertise, tools offered by fuzzy logic, to feed a neural network graph to determine the least met requirements for accessing financial credit by the organizations studied. Methodologically, this research is explanatory, with a quantitative approach, aimed at reducing uncertainty in the information obtained from the financial experts of the companies studied. The results show that when applying the tools of expertise, counter-expertise, and neural networks, the least met requirements are similar: "projected cash flow" and "business plan." It is concluded that with this contribution, company managers will know which banking requirements are the least met, and from this they will be able to make correct decisions in order to obtain financial credits.

Keywords: Expertise; fuzzy logic; small and medium-sized enterprises; neural networks; financial requirements.

Introducción

Las pequeñas y medianas empresas (pymes) son indispensables para la economía, puesto que un segmento considerable de la población depende de sus actividades. Poseen capacidad y responsabilidad de desempeñar papeles esenciales en la generación de innovación, se esfuerzan por aumentar su productividad y se enfocan en desarrollar productos nuevos y únicos, que le ayudan a superar desafíos y mantenerse competitivas en los mercados (Bolisani y Bratianu, 2017; Kindström et al., 2024).

Las pymes juegan un rol importante en la economía de los países, forman parte de la estructura productiva de las economías e inciden en una parte importante de la población con impacto en diversos sectores económicos (Kraus et al., 2013; Clauss et al., 2022; Zhou et al., 2023). Demuestran una notable flexibilidad para adaptarse a cambios tecnológicos y sociales, aportando a la generación de empleo; sin embargo, son especialmente susceptibles a las fluctuaciones del mercado (Kraus et al., 2013; Eggers, 2020; Wenzel et al., 2020).

En el sector manufacturero, las pymes ofrecen múltiples oportunidades laborales, impactan favorablemente en la generación de ingresos y contribuyen a la mejora del nivel de vida. Esta realidad también se observa en Ecuador, donde existe un número significativo de pymes concentradas en los sectores industrial, comercial, servicios y manufactura. En algunas ocasiones, pueden encontrarse con restricciones dentro del entorno productivo, especialmente en lo relacionado con el valor agregado, las obligaciones fiscales, las exportaciones (Donato, 2015; Ritter y Pedersen, 2020; Chavosh et al., 2021; Andino et al., 2022).

Por estas razones, las pymes no consiguen satisfacer los estrictos estándares de garantías ni los requisitos que las instituciones financieras imponen para acceder a préstamos financieros (García et al., 2015; Delgado y Chávez, 2018). No logran expandirse ni superar los diez años de existencia, principalmente porque la mayoría no cumple con criterios de garantías y requisitos exigidos para acceder a créditos (Çakar y Ertürk, 2010; Cerrato et al., 2016), los recursos limitados y

la falta de preparación hacen que no cuenten con estrategias alternativas para acceder a créditos bancarios (Shepherd, 2003; Kraus et al., 2013; Eggers, 2020).

Esta situación provoca limitaciones que impiden su crecimiento y desarrollo, lo que se traduce en una ejecución limitada de proyectos, poca creación de empleo, reducción en la eficiencia financiera y menores probabilidades de expandirse a nuevos mercados, carencia de incentivos resalta las restricciones existentes, convirtiéndose en un desafío a superar ante la insuficiencia de opciones de financiamiento. Esta realidad, revela la vulnerabilidad en la economía del país (Arévalo y Pastrano, 2015; Peñarreta, 2017).

Las empresas de mayor tamaño y alcance tienen una facilidad mayor para obtener recursos financieros y una capacidad más alta de autofinanciamiento, en contraste con las de menor tamaño, que están en desventaja y enfrentan limitaciones (Schultze y Leidner, 2002; Larrán et al., 2010; Franco et al., 2019). El sector financiero muestra preocupación, aunque impone requisitos que se transforman en desafíos financieros y generan limitaciones en el acceso (Larrán et al., 2010).

Ante este panorama, el objetivo de la investigación es construir un grafo de redes neuronales a partir de la aplicación de la técnica del expertizaje y contraexpertizaje que permite determinar los requisitos de menor cumplimiento por las pequeñas y medianas empresas manufactureras de la ciudad de Cuenca Ecuador, para acceder a créditos en las diferentes entidades financieras.

La investigación es de tipo explicativo con enfoque cuantitativo, cuya finalidad es reducir la incertidumbre en la información obtenida de los expertos financieros de las empresas en estudio. Esta incertidumbre se define como la falta de seguridad o confianza en cuanto al resultado de un evento futuro, a diferencia del riesgo (Olarte, 2006; Boloş et al., 2019; Muhamediyeva y Abdul-Azalova, 2022).

Al desarrollar estas técnicas, las pymes pueden conocer cuáles serán los requisitos financieros que menos cumplen y que se

transforman en los más importantes para acceder a la concesión de créditos por parte de las entidades financieras, con ello los directivos y gerentes podrán tomar decisiones acertadas en beneficio de sus organizaciones en el área financiera. Las pequeñas y medianas empresas deben minimizar sus desventajas en cuanto a economías de escala para competir de forma más equitativa con otras empresas en el entorno financiero global (Uhlner et al., 2013; Alegre et al., 2013; Partanen et al., 2018).

1. Fundamentación teórica

1.1. Pymes y requisitos financieros

Las Pymes son empresas que se caracterizan por aspectos como el volumen de ventas, capital social, número de empleados y nivel de producción o activos. Aunque no existe un enfoque único para conceptualizarlas, es fundamental ofrecer una visión general de los elementos comunes que utilizan los diversos enfoques para comprenderlas (Shepherd, 2003; Franco et al., 2019; Ávila et al., 2019).

Asimismo, las pymes son reconocidas como las generadoras de empleo y muestran una notable capacidad para adaptarse a los cambios (García-Muiña et al., 2019; Kusa et al., 2021). Es imperativo aprovechar las oportunidades en los mercados locales y globales, con el objetivo de contribuir no solo económicamente a la empresa, sino también en las dimensiones ambientales y sociales (Mählmeyer et al., 2017; Niemeyer et al., 2022). Para promover su crecimiento, es crucial fomentar el avance tecnológico, particularmente en el sector financiero, de manera que se facilite el acceso a créditos bancarios (Madrid-Guijarro et al., 2009; Uhlner et al., 2013; Maes y Sels, 2014).

Las pymes enfrentan obstáculos considerables que dificultan su capacidad de sobrevivir y prosperar. Una de las principales limitaciones que impide su crecimiento es la dificultad para acceder a financiamiento por la falta de cumplimiento en sus requisitos (Bhuiyan y Baghel, 2005; Snihur y Tarzijan,

2018; Franco et al., 2019). Esto se debe a la carencia de ofrecer las garantías exigidas por las instituciones financieras, lo que crea un obstáculo significativo para su progreso financiero (Gitman y Zutter, 2012; Avila et al., 2019). Las pymes se destacan por su vulnerabilidad, realizan inversiones constantes con un retorno lento y riesgo elevado y tienen limitadas oportunidades para acceder a préstamos financieros (Martínez-Conesa et al., 2017; Partanen et al., 2018).

El limitado financiamiento que proporcionan los gobiernos en turno, no se debe a que el acceso sea necesariamente complicado, sino que este tipo de negocios no logra cubrir plenamente sus necesidades (Rhee et al., 2010; Ávila et al., 2019; Franco et al., 2019), no consiguen obtener acceso a préstamos financieros que les permitan aumentar su capital de trabajo y llevar a cabo inversiones que impulsen su crecimiento empresarial (Rosenbusch et al., 2011; Byukusenge et al., 2016). Uno de los requisitos destacados es la duración en el mercado de las pymes, su historial juega un papel importante para acceder con más facilidad a oportunidades de financiamiento (Kottaridi et al., 2019; Piñeiro-Chousa et al., 2020).

En este contexto, la inserción de las pymes en el sector financiero ecuatoriano representa un desafío inherente a la gestión que desarrollan, a la vez que limita las posibilidades de pasar de ser una pequeña empresa a una mediana y por ende a una de mayor crecimiento

1.2. Lógica difusa

El uso del término “difuso” se justifica al describir estas afirmaciones, puesto que los valores de verdad no deterministas que se utilizan suelen asociarse con una sensación de incertidumbre, esto implica la capacidad de asignar más valores de verdad a las proposiciones que simplemente “falso” o “verdadero” en el sentido tradicional (Zadeh, 1965). El motivo principal fue tratar asuntos ambiguos en la realidad, a través de la creación

de un sistema difuso que proporciona un método natural para abordar problemas donde la ausencia de criterios claramente definidos genera imprecisión (Pérez y Melero, 2006; Yadav et al., 2018).

La lógica difusa es una herramienta altamente eficaz al manejar la incertidumbre que emerge en el entorno empresarial, al mismo tiempo que enfrenta la subjetividad que caracteriza las opiniones de los expertos (Reig y González, 2002; Cavus, 2010). La incorporación de la teoría de subconjuntos borrosos en la gestión empresarial es crucial, utilizando números borrosos triangulares como método para gestionar la incertidumbre (Kaufmann y Gil, 1986; Aleksić et al., 2013; Luna et al., 2020). Esta técnica se enfoca en disminuir la incertidumbre de manera más imparcial, eliminando la ambigüedad y la subjetividad, lo que a su vez fortalece la predicción futura al proporcionar un cálculo más fiable (Díaz et al., 2017; Almadi et al., 2022).

En este sentido, la lógica difusa radica en la creación de conceptos, grados de pertenencia y formas de razonamiento que se asemejan a los procesos cognitivos humanos (Kosko, 1995; Vidyadhar et al., 2016; Lee y Wong 2017). Las condiciones de incertidumbre se caracterizan por la carencia de comprensión no solo sobre el resultado final, sino también por la incapacidad de prever este suceso en términos de probabilidades concretas (Achanga et al., 2012; Agrawal et al., 2017).

Los sistemas de lógica difusa, muestran mayor flexibilidad y tienen en cuenta la imprecisión, subjetividad y ambigüedad (incertidumbre) de los datos, posibilitan la creación de soluciones eficaces que respaldan la toma de decisiones (Rico y Tinto, 2008; Luna et al., 2023).

Se resalta la importancia de aplicar la lógica difusa en la gestión empresarial para superar los métodos tradicionales (Singh et al., 2014; García et al., 2018; Luna et al., 2022). Las aplicaciones de la teoría de subconjuntos borrosos y los sistemas de inferencia difusos en la solución de problemas financieros cuestionan los modelos convencionales de

toma de decisiones financieras (Medina, 2006; Singh et al., 2018; Hergiligi et al., 2019). Por tanto, como herramienta se asume aplicarla en la investigación buscando mitigar subjetividades de métodos y herramientas tradicionales.

1.3. Redes neuronales

Las redes neuronales, son sistema de procesamiento de información que toma inspiración de la estructura del cerebro humano, formado por elementos interconectados que colaboran para resolver problemas (Dvali, 2018; Vanchurin, 2020). Está formada por varias capas y nodos interconectados que permiten el aprendizaje a partir de ejemplos y el reconocimiento de patrones en los datos (Yú et al., 2018; Alber et al., 2019).

En este contexto, las redes neuronales se han convertido en una rama principal del aprendizaje automático (Buscema, 2002; Ding et al., 2013) que emulan las actividades del cerebro, aprenden a partir de ejemplos y sobresalen en tareas que pueden ser complicadas para los ordenadores tradicionales (Tino et al., 2015; Tafarroj et al., 2017; Sun et al., 2020).

Las redes neuronales son fundamentales en diversos aspectos de las operaciones empresariales, proporcionando beneficios significativos (Gubareva y Shemyakova, 2021; Vehner y Nikulcha, 2023) en las diversas áreas de la organización. En el ámbito financiero, se emplean para evaluar dificultades financieras a través del análisis de indicadores financieros, ofreciendo predicciones precisas y con bajas tasas de error (Kristanti et al., 2023; Li et al., 2023). Ofrecen un enfoque más integral que los métodos lineales convencionales, que permiten realizar previsiones más precisas

(Kang y Guo, 2023; Liu, 2024).

La versatilidad y efectividad de las redes neuronales las hacen imprescindibles para mejorar la toma de decisiones y el desempeño en las distintas operaciones de la empresa (Leoshchenko et al., 2020; Abousaber y Abdalla, 2023). Como herramienta, muestra interconexiones que permiten comprender desde una perspectiva integrada y sistémica la realidad organizacional, desde análisis precisos que exijan asertividad y proyección.

2. Metodología

La investigación es de tipo explicativo, con enfoque cuantitativo. Se explica el desarrollo de las técnicas del expertizaje y contraexpertizaje, herramientas propias de la lógica difusa, para luego realizar un trazo de redes neuronales que permita determinar los requisitos de menor cumplimiento por las pymes para la concesión de créditos bancarios en las entidades financieras ecuatorianas.

Según el Instituto de Estadísticas y Censos (INEC, 2023), en la ciudad de Cuenca, Ecuador, existen 308 pymes manufactureras. De esta población, se seleccionó una muestra de 171 organizaciones aplicando la fórmula estadística de probabilidad, con un 5% de margen de error y un 95% de confianza. Para recopilar información, se diseñó un cuestionario utilizando la escala endecadaria, instrumento propio de la lógica difusa. Mediante la técnica de la encuesta, se obtuvo información de expertos financieros, así como de directivos y gerentes de las pymes. Inicialmente, fue necesario describir los requisitos para el otorgamiento de créditos financieros, y su importancia de cumplimiento a través de bandas, como se explica en el Cuadro 1.

Cuadro 1
Requisitos para la concesión de créditos financieros a pymes

	Descripción	Intervalos de confianza (bandas)
R1	Condición legal de la empresa	(0,4, 0,8)

Cont... Cuadro 1

R2	Estados financieros	(0,6, 0,8)
R3	Flujo de caja proyectado	(0,8, 1,0)
R4	Certificado de cumplimiento de obligaciones en el SRI, IESS y Superintendencia de Compañías	(0,5, 0,8)
R5	Nombramiento de representante legal	(0,3, 0,6)
R6	Escrituras, comodato, contrato o certificado de arrendamiento	(0,7, 0,9)
R7	Declaraciones mensuales de IVA	(0,7, 0,9)
R8	Permisos de funcionamiento	(0,2, 0,5)
R9	Registro mercantil	(0,4, 0,6)
R10	Referencias bancarias	(0,3, 0,6)
R11	Capacidad de pago	(0,3, 0,5)
R12	Puntualidad en el pago	(0,4, 0,5)
R13	Honestidad	(0,6, 0,7)
R14	Historial crediticio	(0,7, 0,8)
R15	Plan de negocios	(0,8, 1,0)

Fuente: Elaboración propia, 2025.

3. Lógica difusa y redes neuronales

Utilizando la información obtenida de expertos financieros, directivos y gerentes de las pymes estudiadas, se ejemplifica la teoría del expertizaje y contraexpertizaje.

3.1. Teoría del Expertizaje y Contraexpertizaje

El expertizaje, implica recabar las opiniones y criterios de un grupo selecto de expertos altamente capacitados en un campo específico, con el objetivo de reducir la incertidumbre. Un experto es una persona que tiene las habilidades, destrezas y conocimientos en un área o tema específico,

adquiridos mediante experiencia empírica, profesional o académica (Medina, 2006).

En esta investigación el experto está representado por funcionarios del área de finanzas, directivos y gerentes de pymes manufactureras, quienes opinaron sobre los requisitos de menor cumplimiento para acceder a créditos financieros. Las opiniones de los expertos se recogen mediante la escala endecadaria, que abarca un rango de 0 a 1. Los factores de influencia se distribuyen de manera diferenciada según la posición en dicho rango, como se muestra en el Cuadro 2. Utilizar una evaluación que varía de 0 a 1 permite expresar los niveles de precisión en relación con la noción de incidencia, y esto se conoce como evaluación en una escala endecadaria (Kaufmann y Gil, 1989).

Cuadro 2
Escala endecadaria

Grado de Presunción α	Incidencia
0	No tiene importancia
0,1	Tiene mínima importancia
0,2	Tiene poca importancia
0,3	Tiene algo de importancia
0,4	Tiene una influencia importancia

Cont... Cuadro 2

0,5	Tiene importancia como no tiene importancia
0,6	Tiene bastante importancia
0,7	Tiene una importante importancia
0,8	Tiene mucha importancia
0,9	Tiene muchísima importancia
1	Máxima importancia

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Basándose en el Cuadro 2, y de la muestra de 171 pymes, se consulta a un grupo de 20 expertos, siendo los únicos que fueron accesibles a entregar información, entre ellos financieros, directivos y gerentes de las pymes, quienes entregan sus opiniones con relación

al primer requisito, en base a la interrogante: ¿Qué importancia tiene el requisito financiero “condición legal de la empresa” con relación a su cumplimiento? Las opiniones en bandas se evidencian en la Tabla 1.

Tabla 1
Opinión expertos

Nº Expertos	Respuesta Pesimista (Rp)	Respuesta Optimista (Ro)	Nº Expertos	Respuesta Pesimista (Rp)	Respuesta Optimista (Ro)
Experto 1	0,4	0,8	Experto 11	0,4	0,8
Experto 2	0,6	0,9	Experto 12	0,3	0,6
Experto 3	0,5	0,7	Experto 13	0,2	0,8
Experto 4	0,4	0,8	Experto 14	0,4	0,7
Experto 5	0,3	0,6	Experto 15	0,4	0,9
Experto 6	0,2	0,8	Experto 16	0,6	0,9
Experto 7	0,4	0,7	Experto 17	0,5	0,7
Experto 8	0,5	0,9	Experto 18	0,4	0,7
Experto 9	0,3	0,9	Experto 19	0,3	0,8
Experto 10	0,5	0,7	Experto 20	0,2	0,6

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Con relación a la opinión pesimista, 0,2 se repiten tres veces, 0,3 se repiten cuatro veces, y así sucesivamente hasta a completar con las opiniones de todos los expertos. Respecto a la opinión optimista, 0,6 se repiten tres veces, 0,7 se repiten seis veces, hasta completar con todos los expertos. Se realiza la normalización de la serie, consiste en dividir los valores de la frecuencia alcanzados en cada grado de presunción de la escala endecadaria entre el número de expertos (20), en cada banda, para la respuesta pesimista (Rp) el valor $3 \div 20 = 0,15$; y, $4 \div 20 = 0,20$, así sucesivamente, igual procedimiento se realiza para la respuesta optimista (Ro). La acumulación de frecuencias

consiste en sumar los valores desde el final de la serie hasta alcanzar la unidad; a partir de ese punto, todos los valores adicionales se consideran la unidad.

En cambio, el contraexpertizaje es un método aritmético basado en subconjuntos difusos que ayuda a reducir la entropía en las variables o categorías analizadas a través de la aplicación de la siguiente fórmula: $E_i + ([E_s - E_i] \times \text{expertón})$ (Rico y Tinto, 2010). En esta investigación, se calcula el rango inferior y superior, representado por la banda [Rp - Ro]; en el contexto del estudio, donde para cada valor encontrado en la acumulación de frecuencias se llama expertón.

La fórmula se aplica sustituyendo los valores correspondientes:

$$R_p + [(R_o - R_p) \times \text{expertón}] \quad (1)$$

$$0,40 + [(0,80 - 0,40) \times 1,0] = 0,80$$

Este procedimiento se realiza para todas las respuestas pesimistas como optimistas, abarcando desde un grado de presunción de cero hasta uno. Después, se suman las bandas que van desde la unidad hasta 0,1, y

el resultado se divide entre 10, excluyendo el grado de presunción cero. Al aplicar esta técnica la banda inicial del requisito condición legal de la empresa [0,4, 0,8], se reduce la incertidumbre dentro de la banda, resultando un nuevo intervalo de confianza de [0,56, 0,71]. Todos los pasos específicos se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2
Valores Expertizados y Contraexpertizados

GRADO DE PRESUNCIÓN α	FRECUENCIA		NORMALIZACIÓN DE LA FRECUENCIA		ACUMULACION DE FRECUENCIAS (expertón)		BANDAS CONTRAEXPERTIZADAS	
	(Rp)	(Ro)	(Rp)	(Ro)	(Rp)	(Ro)	(Rp)	(Ro)
0	0	0	0,00	0,00	1,00	1,00	0,80	0,80
0,1	0	0	0,00	0,00	1,00	1,00	0,80	0,80
0,2	3/20	0	0,15	0,00	1,00	1,00	0,80	0,80
0,3	4/20	0	0,20	0,00	0,85	1,00	0,74	0,80
0,4	7/20	0	0,35	0,00	0,65	1,00	0,66	0,80
0,5	4/20	0	0,20	0,00	0,30	1,00	0,52	0,80
0,6	2/20	3/20	0,10	0,15	0,10	1,00	0,44	0,80
0,7	0	6/20	0,00	0,30	0,00	0,85	0,40	0,74
0,8	0	6/20	0,00	0,30	0,00	0,55	0,40	0,62
0,9	0	5/20	0,00	0,25	0,00	0,25	0,40	0,50
1	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,40
TOTAL	20	20	1,00	1,00			5,56	7,06

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Se repite este procedimiento tantas veces como sea requerido hasta que el requisito optimista de la banda se mantenga constante, lo cual indica la máxima presunción o el valor ideal del primer requisito. Después de realizar el tercer contraexpertizaje, se obtiene el valor

de (Ro) de 0,65, indicando así el nivel máximo de presunción.

Análogamente, el procedimiento del expertizaje y contraexpertizaje se realiza para los demás requisitos financieros. La Tabla 3, enuncia los resultados.

Tabla 3
Bandas contraexpertizadas

	Requisitos financieros	Intervalos de confianza (bandas)	Máximo nivel de presunción
R1	Condición legal de la empresa	[0,56, 0,71]	0,65
R2	Estados financieros	[0,69, 0,85]	0,81
R3	Flujo de caja proyectado	[0,87, 0,95]	0,93

Cont... Tabla 3

R4	Certificado de cumplimiento de obligaciones en el SRI, IESS y Superintendencia de Compañías	[0,59, 0,67]	0,63
R5	Nombramiento de representante legal	[0,42, 0,53]	0,49
R6	Escrituras, comodato, contrato o certificado de arrendamiento	[0,78, 0,86]	0,83
R7	Declaraciones mensuales de IVA	[0,78, 0,89]	0,86
R8	Permisos de funcionamiento	[0,35, 0,43]	0,40
R9	Registro mercantil	[0,48, 0,55]	0,52
R10	Referencias bancarias	[0,46, 0,53]	0,49
R11	Capacidad de pago	[0,39, 0,46]	0,44
R12	Puntualidad en el pago	[0,43, 0,48]	0,46
R13	Honestidad	[0,63, 0,67]	0,65
R14	Historial crediticio	[0,74, 0,77]	0,75
R15	Plan de negocios	[0,86, 0,95]	0,94

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Al desarrollar la técnica del expertizaje y contraexpertizaje, se contribuye a disminuir la entropía e incertidumbre, a eliminar la subjetividad e imprecisión que suelen derivarse de métodos de cálculo tradicionales. Con referencia a la Tabla 3, se determinaron para cada exigencia el valor de máximo nivel de presunción. El requisito “flujo de caja proyectado” representa el valor más alto, es decir el que se aproxima a la unidad, seguido del “plan de negocios”, “declaraciones mensuales de IVA”, y “Escrituras, comodato, contrato o certificado de arrendamiento”, representando a nivel de análisis los requisitos de menor cumplimiento por parte de las pymes manufactureras de la ciudad de Cuenca Ecuador. Estos requisitos serán validados mediante la aplicación de redes neuronales, donde se demuestra la autenticidad de estos novedosos instrumentos.

Las herramientas del expertizaje y contraexpertizaje propias de la lógica difusa, presentan dos conceptos clave en el contexto de la toma de decisiones y la gestión empresarial. Ambas técnicas tienen como propósito común la reducción de la incertidumbre, aunque lo abordan desde perspectivas diferentes, el expertizaje, desde la consulta y la experiencia humana; y el contraexpertizaje, desde una

herramienta matemática específica, juntos estos enfoques pueden complementarse para mejorar la precisión y la confiabilidad en la toma de decisiones, especialmente en contextos donde la complejidad y la incertidumbre son prominentes.

3.2. Redes neuronales

La red neuronal descrita es un modelo de aprendizaje supervisado utilizado para clasificar casos en tres categorías distintas: Los requisitos financieros, las covariables representan diferentes características de los datos financieros y empresariales de una entidad, estas características se estandarizan para asegurar que cada covariable contribuya de manera equilibrada al entrenamiento del modelo, evitando que alguna característica con valores mayores domine el proceso de aprendizaje (Leoshchenko et al., 2020; Gubareva y Shemyakova, 2021).

Estas son configuradas de la siguiente forma: Flujo de caja proyectado, certificado de cumplimiento, nombramiento representante legal, escrituras o contrato de arrendamiento, declaraciones de IVA, permisos de funcionamiento, registro mercantil, referencias bancarias, capacidad de pago, puntualidad de

manera $\sigma(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$, e es la base del logaritmo natural. El objetivo es minimizar la función de error (suma de cuadrados). La función de error para un solo ejemplo se define como: $E = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$, y_i es el valor real, \hat{y}_i es el valor predicho por el modelo, y n es el número de unidades de salida. Para todo el conjunto de entrenamiento, el error total se acumula como: $E_{total} = \sum_{j=1}^m E_j$, m es el número de ejemplos en el conjunto de entrenamiento.

b. Algoritmo de entrenamiento

La iniciación del algoritmo se basa en los Pesos W inicializados aleatoriamente y los Umbrales b inicializados aleatoriamente. La propagación hacia delante de cada neurona en la capa oculta calcula su salida usando la función *sigmoide*. Ahora se define la función de activación mediante la siguiente fórmula:
 $O_j = \sigma(\sum_{i=1}^n w_{ij}x_i + b_j)$

La propagación hacia atrás o *backpropagation* realiza la actualización de pesos usando el descenso del gradiente, para ello se usa la siguiente fórmula: $\Delta w_{ij} = -\eta \frac{\partial E_{total}}{\partial w_{ij}}$, donde η es la tasa de aprendizaje.

c. Diagrama de la red neuronal

En el diagrama de la red del modelo (ver Figura I), se muestra la estructura y

funcionamiento que se implementó para poder predecir los requisitos financieros, se utiliza varias estrategias identificadas como covariables que en la red se consideran como los pesos, una capa oculta con 6 neuronas y una capa de salida con 3 unidades que representan diferentes estados de requisitos financieros (0.1, 0.8 y 0.9). Las conexiones entre las capas están ponderadas, donde las ponderaciones sinápticas positivas se muestran en gris y las negativas en azul. La capa de salida tiene 3 unidades correspondientes a las categorías de los requisitos financieros, con la función de activación *softmax*, lo que convierte las salidas en probabilidades sumando 1 para la clasificación.

La entropía cruzada se usa como función de error para evaluar la precisión del modelo. Durante el entrenamiento, el modelo mostró un error de entropía cruzada de 16.139 y un porcentaje de pronósticos incorrectos del 50%; mientras que, en las pruebas, el error de entropía cruzada fue de 5.799 con un 14,3% de pronósticos incorrectos, indicando un mejor rendimiento en datos no vistos.

El análisis de las estimaciones de parámetro provee información de las diferentes características (predictoras) y las unidades en la capa oculta afectan la salida del modelo de red neuronal. Se analiza cada parte de la red neuronal, y en última instancia, en las predicciones de requisitos financieros en la capa de salida. A continuación, se examina el impacto de estos parámetros en la Tabla 4.

Tabla 4
Estimaciones de parámetro

Predictor	Capa oculta 1						Capa de salida		
	H (1:1)	H (1:2)	H (1:3)	H (1:4)	H (1:5)	H (1:6)	[Requisitos Financieros =1.00]	[Requisitos Financieros =8.00]	[Requisitos Financieros =9.00]
(Sesgo)	0,132	-0,404	-0,226	0,253	0,189	0,420			
Capa de entrada									
Flujo de caja proyectado	0,171	-0,349	0,540	-0,824	0,245	-0,794			
Certificado de cumplimiento	0,068	-0,120	-0,356	0,169	-0,040	0,451			

Cont... Tabla 4

Capa de entrada	Nombramiento representante legal	-0,488	-0,751	-0,655	0,724	-0,067	-0,169			
	Escrituras o contrato de arrendamiento	-0,218	-0,118	-0,258	-0,470	0,134	0,389			
	Declaraciones IVA	-0,595	0,011	0,151	-0,379	0,533	-0,247			
	Permisos de funcionamiento	0,850	0,417	0,459	-0,020	-0,166	-0,148			
	Registro mercantil	-0,145	0,065	-0,165	-0,325	0,198	-0,482			
	Referencias bancarias	-0,434	0,132	0,477	0,341	0,483	0,277			
	Capacidad de pago	0,101	-0,134	0,231	0,401	-0,126	0,373			
	Puntualidad en el pago	-0,039	0,169	0,216	0,330	-0,080	-0,247			
	Honestidad	-0,037	-0,012	-0,249	-0,444	0,641	0,006			
	Historial crediticio	-0,187	-0,630	-0,209	0,438	0,688	-0,102			
Capa oculta I	Plan de negocios (Sesgo)	-0,076	-0,359	0,780	-0,179	0,425	-0,476	0,469	-0,225	-0,472
	H (1:1)							0,042	-0,057	-0,170
	H (1:2)							-0,042	0,469	0,281
	H (1:3)							-0,070	-0,134	-0,821
	H (1:4)							-0,355	0,536	-0,310
	H (1:5)							0,005	0,148	-0,269
	H (1:6)							0,177	-0,165	0,449

Fuente: Elaboración propia, 2025.

Las estimaciones de parámetro para la capa de entrada a la capa oculta muestran cómo cada una de las 13 covariables influye en las unidades ocultas. Flujo de caja proyectado, tiene una fuerte influencia positiva en H (1:3) (0.540) y negativa en H (1:4) (-0.824), indicando un impacto considerable en estas unidades. Certificado de cumplimiento, afecta moderadamente H (1:6) (0.451); mientras que el nombramiento del representante legal, tiene un peso predominantemente negativo, especialmente en H (1:2) (-0.751). Contrato de arrendamiento, muestra influencias menores, siendo moderadamente negativo en varias unidades.

Declaraciones de IVA, tiene pesos tanto negativos como positivos, con un notable 0.533 en H (1:5). Permisos de funcionamiento, tiene una fuerte influencia positiva en H (1:1) (0.850) y H (1:2) (0.417). Registro

mercantil y referencias bancarias, presentan influencias mixtas, siendo positiva en H (1:5) (0.198) y H (1:3) (0.477), respectivamente. Capacidad de pago y puntualidad en el pago, también muestran influencias mixtas, con una notable activación en H (1:5) (0.401). Honestidad e historial crediticio, tienen pesos negativos y positivos variados, destacando la influencia positiva en H (1:5) (0.641) y (0.688), respectivamente. Finalmente, plan de negocios, tiene un peso significativo en H (1:3) (0.780).

Las estimaciones de parámetro de la capa oculta a la capa de salida muestran cómo las activaciones de las unidades ocultas influyen en la predicción de los requisitos financieros. La unidad H (1:1), tiene una influencia moderadamente positiva en Requisitos financieros = 1.00» (0.042), y negativa en 9 00 (-0.170). H (1:2) muestra una

influencia significativamente positiva en 8.00» (0.469), y 9.00 (0.281). Por otra parte, H (1:3) tiene un fuerte peso negativo en 9.00 (-0.821), lo que sugiere una considerable reducción en la probabilidad de esta categoría. H (1:4), tiene una influencia positiva en 8.00 (0.536), y negativa en 9.00 (-0.310).

Las influencias de H (1:5) son menores y mixtas en todas las categorías; mientras que H (1:6) muestra una influencia positiva significativa en 9.00 (0.449). Estos patrones de pesos demuestran cómo las combinaciones de activaciones en las unidades ocultas afectan las probabilidades finales de las categorías de salida, guiando las predicciones del modelo.

El estudio de las estimaciones de parámetro indica cómo cada covariable influye en las unidades de la capa oculta y cómo estas unidades, a su vez, afectan las predicciones finales. Los pesos muestran que algunas covariables, como permisos de funcionamiento e historial crediticio, tienen una influencia significativa en varias unidades ocultas,

indicando su importancia en la determinación de los requisitos financieros. Además, las ponderaciones entre las capas ocultas y la de salida sugieren cómo estas activaciones se combinan para predecir las categorías de los requisitos financieros. La comprensión de estos parámetros es crucial para ajustar y mejorar el modelo para una mayor precisión y robustez en las predicciones.

En cuanto a la importancia de las variables independientes, en el modelo de red neuronal, tal y como se muestra en la Tabla 5, se encuentra que la variable flujo de caja proyectado, es la más significativa, con una importancia de 0.140 y una importancia normalizada del 100,0%. Este particular destaca la crítica influencia en la determinación de los requisitos financieros. El plan de negocios, también mostró una alta relevancia, con una importancia de 0.110 y una importancia normalizada del 78,4%, subrayando robustez para la evaluación financiera.

Tabla 5
Importancia de las variables independientes

	Importancia	Importancia normalizada
Flujo de caja proyectado	0,140	100,0%
Certificad de cumplimiento	0,060	43,1%
Nombramiento representante legal	0,077	55,0%
Contrato de arrendamiento	0,107	76,2%
Declaraciones de IVA	0,046	32,9%
Permisos de funcionamiento	0,072	51,4%
Registro mercantil	0,023	16,2%
Referencias bancarias	0,102	72,7%
Capacidad de pago	0,048	34,5%
Puntualidad de pago	0,096	68,4%
Honestidad	0,055	39,5%
Historial crediticio	00,064	45,6%
Plan de negocios	,110	78,4%

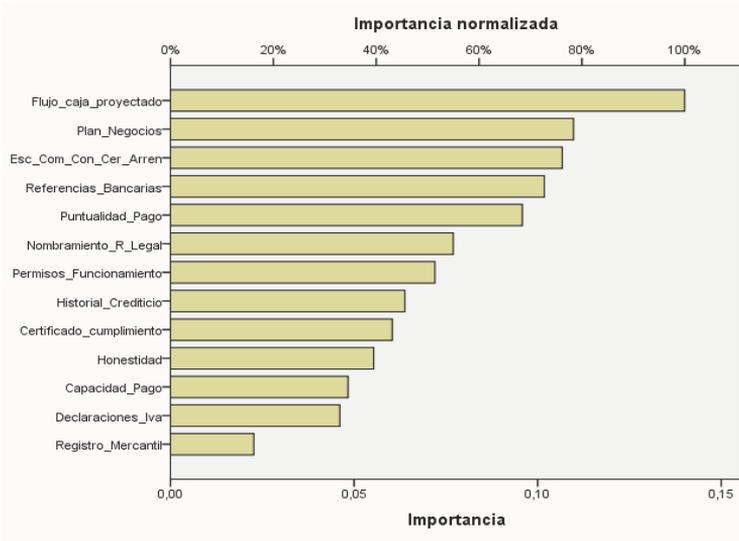
Fuente: Elaboración propia, 2025.

Otras variables se destacan como el contrato de arrendamiento, con una importancia de 0.107 (76,2%), y referencias bancarias

con 0.102 (72,7%). En contraste, variables como registro mercantil y declaraciones de IVA presentaron una menor influencia, con

importancias de 0.023 (16,2%) y 0.046 (32,9%) respectivamente. Estos resultados indican que, aunque todos los factores considerados contribuyen al modelo, aquellos relacionados directamente con la capacidad de generar

y gestionar flujo de caja y la presentación de un plan de negocios sólidos son los más determinantes para cumplir con los requisitos financieros. A continuación, se puede observar el comportamiento del resultado en el Gráfico I.



Fuente: Elaboración propia, 2025.

Gráfico I: Resultado del comportamiento de variables independientes sobre los impagos

Las redes neuronales tienen fortaleza en la capacidad de generalizar el conocimiento a partir de datos, consisten en nodos o capas interconectados que trabajan en conjunto para reconocer patrones, aprender de datos y hacer predicciones o clasificaciones. Este proceso permite que las redes descubran relaciones complejas entre los datos que muchas veces resultan invisibles para los métodos tradicionales.

Conclusiones

Las pymes son importantes para el crecimiento económico de los países. Sin embargo, muchas de estas empresas se

encuentran con problemas de conocer cuáles son los requisitos de menor cumplimiento para solicitar créditos financieros. Se logró estructurar una lista de requisitos que solicitan las entidades financieras ecuatorianas, con el propósito de analizar su cumplimiento, y que esto conduzca no solo a tener probabilidades de aprobación, sino que asegure condiciones de crédito más favorables y una relación sólida y transparente con la entidad financiera.

El incumplimiento de requisitos puede afectar el monto del crédito que se puede otorgar, puesto que las entidades financieras están más dispuestas a prestar sumas mayores a quienes cumplen con los criterios establecidos. Además, si disponen de todos los requisitos acelera el proceso de aprobación

del crédito, debido a que reduce la necesidad de evaluaciones y verificaciones adicionales. Mantener un buen historial de cumplimiento con los requisitos bancarios mejora el prestigio financiero, lo cual es beneficioso para futuras solicitudes de crédito y relaciones con otras instituciones financieras, es fundamental para acceder a créditos de manera eficiente y en condiciones favorables, lo que contribuye a una mejor gestión financiera y al logro de los objetivos económicos.

Con la aplicación de determinadas técnicas de la lógica difusa, se alimentó un grafo de redes neuronales, a partir del cual se identificaron los requisitos de menor cumplimiento por las pymes manufactureras. El uso de estas herramientas de avanzada de la lógica difusa, reduce la incertidumbre, y vaguedad, desafía los métodos tradicionales, a menudo subjetivos, asegurando la calidad de los procesos, promoviendo un crecimiento y desarrollo sostenible que mejora sus metas. Gracias a esta contribución, las pymes manufactureras de Cuenca, Ecuador, podrán visualizar desde una nueva óptica los requisitos de menor cumplimiento para acceder a créditos financieros.

La investigación presenta ciertas limitaciones, como el escaso conocimiento de los directivos y funcionarios del área financiera sobre las técnicas de expertizaje, contraexpertizaje y redes neuronales, así como la falta de un *software* que facilite el uso de estas herramientas y la capacitación del personal en su manejo. En futuras investigaciones, se intentará abordar estos aspectos. Este aporte servirá para que investigaciones posteriores enfoquen su horizonte desde la perspectiva del cambio organizacional basado en el nuevo conocimiento.

Referencias bibliográficas

- Abousaber, I., y Abdalla, H. F. (2023). Review of using technologies of artificial intelligence in companies. *International Journal of Communication Networks and Information Security*, 15(1), 101-108. <https://doi.org/10.17762/ijcnis.v15i1.5743>
- Achanga, P., Shehab, E., Roy, R., y Nelder, G. (2012). A fuzzy-logic advisory system for lean manufacturing within SMEs. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 25(9), 839-852. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2012.665180>
- Agrawal, R., Asokan, P., y Vinodh, S. (2017). Benchmarking fuzzy logic and ANFIS approaches for leanness evaluation in an Indian SME: A case study. *Benchmarking: An International Journal*, 24(4), 973-993. <https://doi.org/10.1108/BIJ-06-2016-0083>
- Alber, M., Lapuschkin, S., Seegerer, P., Hägele, M., Schütt, K. T., Montavon, G., Samek, W., Müller, K.-R., Dähne, S., y Kindermans, P.-J. (2019). iNInvestigate neural networks! *Journal of Machine Learning Research*, 20, 93. <https://www.jmlr.org/papers/v20/18-540.html>
- Alegre, J., Sengupta, K., y Lapiedra, R. (2013). Knowledge management and innovation performance in a high-tech SMEs industry. *International Small Business Journal*, 31(4), 454-470. <https://doi.org/10.1177/0266242611417472>
- Aleksić, A., Stefanović, M., Arsovski, S., y Tadić, D. (2013). An assessment of organizational resilience potential in SMEs of the process industry, a fuzzy approach. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 26(6), 1238-1245. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2013.06.004>
- Almadi, A. I. M., Al Mamlook, R. E., Almarhabi, Y., Ullah, I., Jamal, A., y Bandara, N. (2022). A fuzzy-logic approach based on driver decision-making behavior modeling and simulation. *Sustainability*, 14(14),

8874. <https://doi.org/10.3390/su14148874>
- Andino, T. S., Rodríguez, R. E., Párraga, M. I., y Molina, C. A. (2022). Pequeñas y medianas empresas y la política comercial internacional del Ecuador. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXVIII(4), 448-469. <https://doi.org/10.31876/rcs.v28i4.39141>
- Arévalo, K. P., y Pastrano, E. V. (2015). Diagnóstico de las fuentes no tradicionales de financiamiento empleadas por las PYMES del Cantón Quevedo. Ecuador. *Revista Publicando*, 2(3), 149-162. <https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/article/view/41>
- Ávila, P., Mendoza, A. A., Pinargote, H. M., y Fernández, L. (2019). Decisiones de financiamiento de las pymes ecuatorianas. *Suplemento CICA Multidisciplinario*, 3(8), 30-42. <https://uleam.suplementocica.org/index.php/SuplementoCICA/article/view/78>
- Bhuiyan, N., y Baghel, A. (2005). An overview of continuous improvement: From the past to the present. *Management Decision*, 43(5), 761-771. <https://doi.org/10.1108/00251740510597761>
- Bolisani, E., y Bratianu, C. (2017). Knowledge strategy planning: An integrated approach to manage uncertainty, turbulence, and dynamics. *Journal of Knowledge Management*, 21(2), 233-253. <https://doi.org/10.1108/JKM-02-2016-0071>
- Boloş, M.-I., Bradea, I.-A., y Delcea, C. (2019). A fuzzy logic algorithm for optimizing the investment decisions within companies. *Symmetry*, 11(2), 186. <https://doi.org/10.3390/sym11020186>
- Buscema, M. (2002). A brief overview and introduction to artificial neural networks. *Substance Use & Misuse*, 37(8-10), 1093-1148. <https://doi.org/10.1081/JA-120004171>
- Byukusenge, E., Munene, J., y Orobia, L. (2016). Knowledge management and business performance: Mediating effect of innovation. *Journal of Business and Management Sciences*, 4(4), 82-92. <https://nru.uncst.go.ug/handle/123456789/6025>
- Çakar, N. D., y Ertürk, A. (2010). Comparing innovation capability of small and medium sized enterprises: Examining the effects of organizational culture and empowerment. *Journal of Small Business Management*, 48(3), 325-359. <https://doi.org/10.1111/j.1540-627X.2010.00297.x>
- Cavus, N. (2010). The evaluation of Learning Management Systems using an artificial intelligence fuzzy logic algorithm. *Advances in Engineering Software*, 41(2), 248-254. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2009.07.009>
- Cerrato, D., Crosato, L., y Depperu, D. (2016). Archetypes of SME internationalization: A configurational approach. *International Business Review*, 25(1, Part B), 286-295. <https://doi.org/10.1016/j.ibusrev.2015.05.010>
- Chavosh, M., Mansour, S., y Karamipour, A. (2021). An AHP-based multi-criteria model for assessment of the social sustainability of technology management process: A case study in banking industry. *Technology in Society*, 65, 101602. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101602>
- Clauss, T., Breier, M., Kraus, S., Durst, S., y Mahto, R. V. (2022). Temporary business model innovation-SMEs' innovation response to the Covid-19 crisis. *R&D Management*, 52(2), 294-312. <https://doi.org/10.1111/radm.12498>
- Delgado, D. D., y Chávez, G. P. (2018). Las

- Pymes en el Ecuador y sus fuentes de financiamiento. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*, (Abril). https://www.eumed.net/rev/oel/2018/04/pymes-ecuador-financiamiento.html#google_vignette
- Díaz, J. F., Coba, E., y Navarrete, P. (2017). Fuzzy logic and financial risk. A proposed classification of financial risk to the cooperative sector. *Contaduría y Administración*, 62(5), 1687-1703. <https://doi.org/10.1016/j.cya.2017.10.001>
- Ding, S., Li, H., Su, C., Yu, J., y Jin, F. (2013). Evolutionary artificial neural networks: A review. *Artificial Intelligence Review*, 39, 251-260. <https://doi.org/10.1007/s10462-011-9270-6>
- Donato, V. N. (2015). Informe 2013 / 2014: Evolución reciente, situación actual y desafíos para 2015. Tema especial: El entorno local y el acceso a infraestructura de las PyME industriales. *Observatorio Pyme*. <https://www.observatoriopyme.org.ar/courses/informe-2013-%E2%80%932014.-evoluci%C3%B3n-reciente%2C-situaci%C3%B3n-actual-y-perspectivas-2015>
- Dvali, G. (2018). Black holes as brains: Neural networks with area law entropy. *Fortschritte der Physik*, 66(4), 1800007. <https://doi.org/10.1002/prop.201800007>
- Eggers, F. (2020). Masters of disasters? Challenges and opportunities for SMEs in times of crisis. *Journal of Business Research*, 116, 199-208. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.05.025>
- Franco, M. D. C., Gómez, F., y Serrano, K. (2019). Determinantes del acceso al crédito para la PYME del Ecuador. *Revista Conrado*, 15(67), 295-303. <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/961>
- García, A., Luna, D., Cobos, A., Lameiras, D., Ortiz-Moreno, H., y Güereca, L. P. (2018). A methodological framework of eco-efficiency based on fuzzy logic and Life Cycle Assessment applied to a Mexican SME. *Environmental Impact Assessment Review*, 68, 38-48. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2017.10.008>
- García T., Galo H., Villafuerte O., y Marcelo F. (2015). Las restricciones al financiamiento de las Pymes del Ecuador y su incidencia en la política de inversiones. *Actualidad Contable Faces*, 18(30), 49-73. <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/actualidadcontable/article/view/6734>
- García-Muiña, F. E., González-Sánchez, R., Ferrari, A. M., Volpi, L., Pini, M., Siligardi, C., y Settembre-Blundo, D. (2019). Identifying the equilibrium point between sustainability goals and circular economy practices in an Industry 4.0 manufacturing context using eco-design. *Social Sciences*, 8(8), 241. <https://doi.org/10.3390/socsci8080241>
- Gitman, L. J., y Zutter, C. J. (2012). *Principios de administración financiera*. Pearson Educación.
- Gubareva, E. A., y Shemyakova, E. (2021). Neural networks in the digital economy. In E. G. Popkova, V. N. Ostrovskaya y A. V. Bogoviz (Eds.), *Socio-economic Systems: Paradigms for the Future* (Vol. 314, pp. 827-835). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-56433-9_87
- Herghiligiu, I. V., Robu, I.-B., Pislaru, M., Vilcu, A., Asandului, A. L., Avasilcăi, S., y Balan, C. (2019). Sustainable environmental management system integration and business performance: A balance assessment approach using fuzzy logic. *Sustainability*, 11(19), 5311. <https://doi.org/10.3390/su11195311>

- Instituto de Estadísticas y Censos - INEC (2023). Registro Estadístico de Empresas (REEM) – 2023. Definitivo INEC. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/directoriodeempresas/>
- Kang, H., y Guo, D. (2023). Value evaluation of data resources based on artificial neural network in digital economy. *Soft Computing*, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s00500-023-08361-z>
- Kaufmann, A., y Gil, J. (1986). *Introducción de la teoría de los subconjuntos borrosos a la gestión de las empresas*. Editorial Milladoiro
- Kaufmann, A., y Gil, J. (1989). *Modelos para la investigación de efectos olvidados*. Editorial Milladoiro.
- Kindström, D., Carlborg, P., y Nord, T. (2024). Challenges for growing SMEs: A managerial perspective. *Journal of Small Business Management*, 62(2), 700-723. <https://doi.org/10.1080/00472778.2022.2082456>
- Kosko, B. (1995). *Pensamiento borroso: La nueva ciencia de la lógica borrosa*. Editorial Crítica.
- Kottaridi, C., Louloudi, K., y Karkalakos, S. (2019). Human capital, skills and competencies: Varying effects on inward FDI in the EU context. *International Business Review*, 28(2), 375-390. <https://doi.org/10.1016/j.ibusrev.2018.10.008>
- Kraus, S., Moog, P., Schleppehorst, S., y Raich, M. (2013). Crisis and turnaround management in SMEs: A qualitative-empirical investigation of 30 companies. *International Journal of Entrepreneurial Venturing*, 5(4), 406-430. <http://dx.doi.org/10.1504/ijev.2013.058169>
- Kristanti, F. T., Safriza, Z., y Salim, D. F. (2023). Are Indonesian construction companies financially distressed? A prediction using artificial neural networks. *Investment Management and Financial Innovations*, 20(2), 41-52. [https://doi.org/10.21511/imfi.20\(2\).2023.04](https://doi.org/10.21511/imfi.20(2).2023.04)
- Kusa, R., Duda, J., y Suder, M. (2021). Explaining SME performance with fsQCA: The role of entrepreneurial orientation, entrepreneur motivation, and opportunity perception. *Journal of Innovation*, 6(4), 234-245. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2021.06.001>
- Larrán, M., García-Borbolla, A., y Giner, Y. (2010). Factores determinantes del racionamiento de crédito a las PYMES. Un estudio empírico en Andalucía. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 16(2), 63-82. [https://doi.org/10.1016/S1135-2523\(12\)60112-9](https://doi.org/10.1016/S1135-2523(12)60112-9)
- Lee, C. S., y Wong, K. Y. (2017). A fuzzy logic-based knowledge management performance measurement system for SMEs. *Cybernetics and Systems*, 48(4), 277-302. <https://doi.org/10.1080/01969722.2017.1284532>
- Leoshchenko, S., Oliinyk, A., Subbotin, S., y Zaiko, T. (2020). Using recurrent neural networks for data-centric business. In D. Ageyev, T. Radivilova y N. Kryvinska (Eds.), *Data-Centric Business and Applications: Evolvments in Business Information Processing and Management*. (Vo. 42, pp. 73-91). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-35649-1_4
- Li, X., Wang, J., y Yang, C. (2023). Risk prediction in financial management of listed companies based on optimized BP neural network under digital economy. *Neural Computing and Applications*, 35(3), 2045-2058. <https://doi.org/10.1007/s00521-022-07377-0>
- Liu, H. (2024). Neural dynamics: Unraveling the impact of digital economy on

- regional growth. *Soft Computing*, 28(3), 2649-2669. <https://doi.org/10.1007/s00500-023-09571-1>
- Luna, K. A., Melean, R. A., y Ferrer, M. A. (2023). Matriz de efectos olvidados para la reactivación económica de empresas del sector cerámico en Ecuador. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXIX(3), 355-374. <https://doi.org/10.31876/rcs.v29i3.40717>
- Luna, K. A., Sarmiento, W. H., y Andrade, D. J. (2022). Financial ratios with fuzzy logic approach. New estimation perspective. *Revista Venezolana de Gerencia*, 27(99), 959-972. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.27.99.7>
- Luna, K. A., Sarmiento, W. H., y Ordoñez, J. (2020). Innovación en empresas de Cuenca- Ecuador: Empleo de modelística inteligente en el sector textil. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXVI(3), 148-162. <https://doi.org/10.31876/rcs.v26i3.33239>
- Madrid□ Guijarro, A., Garcia, D., y Van Auken, H. (2009). Barriers to innovation among Spanish manufacturing SMEs. *Journal of small business management*, 47(4), 465-488. <https://doi.org/10.1111/j.1540-627X.2009.00279.x>
- Maes, J., y Sels, L. (2014). SMEs' radical product innovation: The role of internally and externally oriented knowledge capabilities. *Journal of Small Business Management*, 52(1), 141-163. <https://doi.org/10.1111/jsbm.12037>
- Mählmeyer, V., Rampeltshammer, L., y Hertwig, M. (2017). European Works Councils during the financial and economic crisis: Activation, stagnation, or disintegration? *European Journal of Industrial Relations*, 23(3), 225-242. <https://doi.org/10.1177/0959680116685951>
- Martinez-Conesa, I., Soto-Acosta, P., y Carayannis, E. G. (2017). On the path towards open innovation: Assessing the role of knowledge management capability and environmental dynamism in SMEs. *Journal of Knowledge Management*, 21(3), 553-570. <https://doi.org/10.1108/JKM-09-2016-0403>
- Medina, S. (2006). Estado de la cuestión acerca del uso de la lógica difusa en problemas financieros. *Cuadernos de Administración*, 32(19), 195-223. https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/cuadernos_admon/article/view/4313
- Muhamediyeva, D., y Abdul-Azalova, M. (2022). Application of the theory of fuzzy logic for analysis of management systems of business processes of an enterprise. *Scientific Collection InterConf*, 22(113), 467-471. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.06.2022.049>
- Niemeyer, J. F., Rudolf, S., Kvaratskhelia, L., Mennenga, M., y Herrmann, C. (2022). A creativity-driven case-based reasoning approach for the systematic engineering of sustainable business models. *Procedia CIRP*, 105, 470-475. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.02.078>
- Olarte, J. C. (2006). Incertidumbre y evaluación de riesgos financieros. *Scientia et Technica*, 3(32), 347-350. <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/6301>
- Partanen, J., Kauppila, O.-P., Sepulveda, F., y Gabriellsson, M. (2018). Turning strategic network resources into performance: The mediating role of network identity of small-and medium-sized enterprises. *Strategic Entrepreneurship Journal*, 14(52), 178-197. <https://doi.org/10.1002/sej.1296>

- Peñarreta, M. (2017). Acceso al financiamiento y emprendimiento en la región 7 de Ecuador. *Revista Publicando*, 4(13), 62-73. <https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/article/view/777>
- Pérez, I., y Melero, R. (2006). Evaluación de aspirantes a docentes en la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle del Momboy mediante un modelo difuso de soporte de decisiones. *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 8(3), 454-474. <https://ojs.urbe.edu/index.php/telos/article/view/2703>
- Piñero-Chousa, J., López-Cabarcos, M. A., Romero-Castro, N. M., y Pérez-Pico, A. M. (2020). Innovation, entrepreneurship and knowledge in the business scientific field: Mapping the research front. *Journal of Business Research*, 115, 475-485. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.11.045>
- Reig, J., y González, J. F. (2002). Modeloborroso de control de gestión de materiales. *Spanish Journal of Finance and Accounting/ Revista Española de Financiación y Contabilidad*, XXXI(12), 431-459. <https://doi.org/10.1080/02102412.2002.10779453>
- Rhee, J., Park, T., y Lee, D. H. (2010). Drivers of innovativeness and performance for innovative SMEs in South Korea: Mediation of learning orientation. *Technovation*, 30(1), 65-75. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2009.04.008>
- Rico, M. A., y Tinto, J. (2008). Matemática borrosa: Algunas aplicaciones en las ciencias económicas, administrativas y contables. *Contaduría Universidad de Antioquia*, (52) 199-214. <https://doi.org/10.17533/udea.rc.2169>
- Rico, M. A., y Tinto, J. (2010). Herramientas con base en subconjuntos borrosos. Propuesta procedimental para aplicar expertizaje y recuperar efectos olvidados en la información contable. *Actualidad Contable Faces*, 13(21), 127-146. <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/actualidadcontable/article/view/7273>
- Ritter, T., y Pedersen, C. L. (2020). Digitization capability and the digitalization of business models in business-to-business firms: Past, present, and future. *Industrial Marketing Management*, 86, 180-190. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2019.11.019>
- Rosenbusch, N., Brinckmann, J., y Bausch, A. (2011). Is innovation always beneficial? A meta-analysis of the relationship between innovation and performance in SMEs. *Journal of Business Venturing*, 26(4), 441-457. <https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2009.12.002>
- Schultze, U., y Leidner, D. E. (2002). Studying knowledge management in information systems research: Discourses and theoretical assumptions. *MIS Quarterly*, 26(3), 213-242. <https://doi.org/10.2307/4132331>
- Shepherd, D. A. (2003). Learning from business failure: Propositions of grief recovery for the self-employed. *The Academy of Management Review*, 28(2), 318-328. <https://doi.org/10.5465/amr.2003.9416377>
- Singh, S., Olugu, E. U., Musa, S. N., y Mahat, A. B. (2018). Fuzzy-based sustainability evaluation method for manufacturing SMEs using balanced scorecard framework. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 29, 1-18. <https://doi.org/10.1007/s10845-015-1081-1>
- Singh, S., Olugu, E. U., y Fallahpour, A. (2014). Fuzzy-based sustainable manufacturing assessment model for SMEs. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 16, 847-860. <https://doi.org/10.1007/s10098-013-0676-5>

- Snihur, Y., y Tarzijan, J. (2018). Managing complexity in a multi-business-model organization. *Long Range Planning*, 51(1), 50-63. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2017.06.010>
- Sun, H., Qiu, C., Lu, L., Gao, X., Chen, J., y Yang, H. (2020). Wind turbine power modelling and optimization using artificial neural network with wind field experimental data. *Applied Energy*, 280, 115880. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115880>
- Tafarroj, M. M., Mahian, O., Kasaean, A., Sakamatapan, K., Dalkilic, A. S., y Wongwises, S. (2017). Artificial neural network modeling of nanofluid flow in a microchannel heat sink using experimental data. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 86, 25-31. <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2017.05.020>
- Tino, P., Benuskova, L., y Sperduti, A. (2015). Artificial neural network models. In J. Kacprzyk y W. Pedrycz (Eds.), *Springer Handbook of Computational Intelligence* (pp. 455-471). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-43505-2_27
- Uhlaner, L. M., Van Stel, A., Duplat, V., y Zhou, H. (2013). Disentangling the effects of organizational capabilities, innovation and firm size on SME sales growth. *Small Business Economics*, 41, 581-607. <https://doi.org/10.1007/s11187-012-9455-7>
- Vanchurin, V. (2020). The world as a neural network. *Entropy*, 22(11), 1210. <https://doi.org/10.3390/e22111210>
- Vidyadhar, R., Sudeep, R., Vinodh, S., y Antony, J. (2016). Application of fuzzy logic for leanness assessment in SMEs: A case study. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 14(1), 78-103. <https://doi.org/10.1108/JEDT-05-2014-0029>
- Vehner, E., y Nikulcha, V. (2023). Features of the use of artificial neural networks in digital marketing. *Herald of Khmelnytskyi National University. Economic Sciences*, 316, 312-318. <https://doi.org/10.31891/2307-5740-2023-316-2-49>
- Wenzel, M., Stanske, S., y Lieberman, M. B. (2020). Strategic responses to crisis. *Strategic Management Journal*, 42(2), 3161. <https://doi.org/10.1002/smj.3161>
- Yadav, H. B., Kumar, S., Kumar, Y., y Yadav, D. K. (2018). A fuzzy logic based approach for decision making. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 35(2), 1531-1539. <https://doi.org/10.3233/JIFS-169693>
- Yu, J., Yang, L., Xu, N., Yang, J., y Huang, T. (2018). Slimmable neural networks. *arXiv:1812.08928*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1812.08928>
- Zadeh, L. A. (1965). "Fuzzy Sets". *Information and Control*, 8(3), 338-353. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)
- Zhou, H., Uhlaner, L. M., y Jungst, M. (2023). Knowledge management practices and innovation: A deliberate innovation management model for SMEs. *Journal of Small Business Management*, 61(4), 2126-2159. <https://doi.org/10.1080/00472778.2021.1888383>