

DOI: <https://doi.org/10.70577/cieninter.v4i3.114>

Lógica Difusa en la Toma de Decisiones Empresariales: Una Revisión Sistemática de la Literatura

Fuzzy Logic in Business Decision Making: A Systematic Literature Review

Marcelo Geovanny Monge García ¹

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

mmongeg@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-8602-3101>

Luis Jhony Caucha Morales ²

Universidad Nacional de Tumbes, Perú

ljaucham@untumbes.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-4786-9008>

Gustavo Vinicio Monge García ³

Universidad Nacional de Tumbes, Perú

g.monge.garcia@posgradountumbes.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0003-4031-041X>

Cómo citar

Monge García , M. G., Caucha Morales, L. J., & Monge García, G. V. (2026). Lógica Difusa en la Toma de Decisiones Empresariales: Una Revisión Sistemática de la Literatura. *Ciencia Interdisciplinaria Internacional*, 4(3), 962–984.
<https://doi.org/10.70577/cieninter.v4i3.114>

Fecha de recepción: 2026-08-11

Fecha de aceptación: 2026-08-25

Fecha de publicación: 2026-09-08

RESUMEN

Este artículo presenta una revisión sistemática, basada en PRISMA, sobre el uso de la lógica difusa en la toma de decisiones empresariales en entornos VUCA. La búsqueda se realizó en Scopus para el periodo 2021–2026 mediante la cadena “fuzzy logic” AND “decision” AND “business”, aplicando filtros por áreas temáticas, tipo de documento y acceso abierto. De 1100 resultados iniciales, se delimitaron 294 registros tras filtros de año y área; 157 correspondieron a artículos y 107 documentos en acceso abierto se analizaron en profundidad, culminando en una selección final de 48 estudios con aplicación empresarial explícita y al menos tres criterios de decisión. Los hallazgos evidencian un crecimiento de la producción, con máximo en 2024, y una publicación casi exclusiva en inglés (98,6%), con una tasa global de open access del 36,4%. Las aplicaciones se concentran en cadena de suministro y logística (≈35%), finanzas y evaluación crediticia (20%), sostenibilidad/RSC (15%) y sistemas de información (12%). Predominan enfoques MCDM difusos (Fuzzy AHP, TOPSIS, DEMATEL, ANP) y sistemas de inferencia (Mamdani, Takagi–Sugeno), observándose una tendencia hacia conjuntos de orden superior (tipo-2, pitagóricos, intuicionistas, neutrosóficos). La validación se apoya en estudios de caso y análisis de sensibilidad, aunque solo alrededor del 50% reporta procedimientos explícitos. Se identifican brechas por nivel de ingreso, ligadas a disponibilidad de datos, selección de técnicas y validación longitudinal robusta.

Palabras clave: Lógica Difusa, Toma de Decisiones, Revisión Sistemática, PRISMA, Empresas.

ABSTRACT

This article presents a PRISMA-based systematic review of the use of fuzzy logic in business decision-making in VUCA environments. The search was conducted in Scopus for the period 2021–2026 using the search terms “fuzzy logic” AND “decision” AND “business,” applying filters for subject areas, document type, and open access. From 1,100 initial results, 294 records were narrowed down after filtering by year and subject area; 157 were articles, and 107 open access documents were analyzed in depth, culminating in a final selection of 48 studies with explicit business applications and at least three decision criteria. The findings show an increase in production, peaking in 2024, and publication almost exclusively in English (98.6%), with an overall open access rate of 36.4%. Applications are concentrated in supply chain and logistics (approximately 35%), finance and credit evaluation (20%), sustainability/CSR (15%), and information systems (12%). Fuzzy MCDM approaches (Fuzzy AHP, TOPSIS, DEMATEL, ANP) and inference systems (Mamdani, Takagi–Sugeno) predominate, with a trend toward higher-order sets (type 2, Pythagorean, intuitionistic, neutrosophic). Validation relies on case studies and sensitivity analyses, although only about 50% report explicit procedures. Gaps are identified based on income level, related to data availability, technique selection, and robust longitudinal validation.

Keywords: Fuzzy Logic, Decision Making, Systematic Review, PRISMA, Companies.

INTRODUCCIÓN

El impacto de un entorno empresarial volátil, incierto, complejo y ambiguo (entorno VUCA) en la toma de decisiones está bien establecido, con una creciente presión sobre los gestores para formular estrategias robustas en condiciones de información incompleta y cambios rápidos (World Economic Forum, 2023; Mayorga et al., 2026). Estos desafíos se han agravado por disrupciones globales como la pandemia de COVID-19 y conflictos geopolíticos, subrayando la necesidad de herramientas de decisión más flexibles y adaptativas (Iershova et al., 2024; Yiğit, 2023).

Los modelos de decisión se han trabajado de manera tradicional basado en datos precisos y lógica binaria con valores de 0 y 1, nado o todo, que a menudo resultan inadecuados para capturar las características específicas de los problemas empresariales (Zadeh, 1965; Eshuis et al., 2021), sin embargo, la lógica difusa plantea un nuevo método para afrontar el modelado de sistema de tomas de decisiones basados razonamiento aproximado, lo que permite trabajar con variables que vienen del conocimiento de experto (Sekhi et al., 2025).

Los modelos de decisión multicriterio (MCDM) basados en lógica difusa actualmente es una herramienta para abordar problemas complejos como la selección de proveedores (Aghababayi y Shafiei Nikabadi, 2021; Wang et al., 2022), la evaluación de la sostenibilidad corporativa (Pazienza et al., 2026; Al-Refaie y Lepkova, 2025), la gestión de riesgos financieros (Luna Altamirano et al., 2025; Makhazhanova et al., 2022) y la optimización de estrategias de marketing (Hu y Chen, 2025; Volosova et al., 2025), los modelos basados en esta metodología permiten integrar juicios de expertos y manejar la ambigüedad de las variables lo que facilita la toma de decisiones frente a la incertidumbre o carencia

de datos fiables (Madanchian y Taherdoost, 2025; Yu, 2025).

A pesar de las contantes investigaciones realizadas referente al tema, persiste un vacíos en la información y una oportunidad de generación de nuevas aplicaciones relacionadas a la lógica difusa. Revisiones anteriores se han centrado en técnicas específicas (por ejemplo, AHP difuso) o dominios aislados (por ejemplo, cadena de suministro verde), a menudo evitando el desarrollo de trabajos relacionados a la toma de decisiones empresariales (Khattak et al., 2022; Özaşkın y Görener, 2023), y centrando las investigaciones en economías desarrolladas, dejando una brecha de conocimiento sobre cómo se aplican estas herramientas en países en desarrollo, donde el 94 % de las microempresas podrían ser beneficiarias de este tipo de modelos (Fondo Monetario Internacional, 2024).

Esta revisión sistemática abarca una temporalidad desde 2021 hasta el 2026, donde busca la identificación de publicaciones que se enfoque en el desarrollo de modelo basados en lógica difusa para la toma de decisiones en las empresa, cuando los datos presentan incertidumbre o características no lineales, por medio de esta revisión se busca establecer la importancia y los tipos de soluciones que se ha dado a este tipo de problemática por medio de la aplicación de esta herramienta.

Esta revisión sistemática sirve para evaluar las diferencias como: la magnitud; las técnicas empleadas; y los dominios de aplicación de la lógica difusa en la toma de decisiones empresariales, todo esto con la finalidad de identificar la realidad actual de la aplicación de la lógica difusa para el desarrollo de modelos de toma de decisiones empresariales. Además, en la revisión se utiliza la metodología PRISMA, todo esto con la

finalidad de garantizar que los resultados obtenidos del

presente artículo tengan validez científica.

MATERIAL Y MÉTODOS

La revisión sistemática de literatura permite realizar una investigación inicial de cual es la realidad científica de un tema de investigación en específico, esto permite recopilar, evalúa y sintetiza estudios que existen dentro de las publicaciones de los últimos años, sin embargo, debe existir una estructura y seguir un procesos específico, desde la formulación de preguntas claras, la identificación y selección de estudios relevantes a través de criterios, y el análisis de los datos recopilados (Morales, 2022; Condor, 2026).

En la presente investigación, para el desarrollo de la revisión sistemática de la literatura, las preguntas de investigación son:

1. ¿Cuáles son las principales áreas de negocio donde se aplica la lógica difusa para la toma de decisiones?
2. ¿Qué metodologías y técnicas de lógica difusa son las más utilizadas en la literatura reciente?
3. ¿Cómo integra la lógica difusa el conocimiento experto y la incertidumbre en los modelos de decisión?
4. ¿Qué beneficios y mejoras reporta la aplicación de la lógica difusa en comparación con enfoques tradicionales?
5. ¿Cuáles son las principales tendencias y brechas de investigación en este campo?
6. ¿En qué tipo de problemas de decisión (estratégicos vs. operativos) se enfoca predominantemente la literatura?

7. ¿Cómo se valida la efectividad de los modelos de decisión basados en lógica difusa en contextos empresariales reales?
8. ¿Cuál es la relevancia del tema para la solución de problemas sociales y empresariales?

Continuando con el proceso, se continua con el planteamiento de los criterios de inclusión y exclusión, los cuales son los mencionados a continuación:

Criterios de inclusión y exclusión

- Base de datos: se trabaja solo con la base de datos de Scopus.
- Temporalidad: Se considera los artículos que sean publicados desde 2021 hasta 2026.
- Área: Se considera solo las áreas que sean relacionados con el tema.
- Idioma: Se incluyen publicaciones en idioma inglés y español.
- Tipo de publicación: se considera solo publicaciones de artículos científico
- Afinidad de la temática: Se filtra los resultados, a través de la aplicación del código de búsqueda.

Criterios de búsqueda

En la Tabla 1, se encuentra el detalle completo del código de búsqueda utilizado para la exploración en Scopus, en las misma se plantea los dominios y las palabras claves que son utilizadas para filtrar la información de la investigación bibliográfica.

Tabla 1.

Resumen de los criterios de búsqueda en la base de datos Scopus.

Términos	Cadena
Dominio	Administración
Fuzzy Logic	("Fuzzy" OR "Logic" OR "Fuzzy Logic")
Decision making	("Decision" OR "Decision making")
Business	("Business" OR "Enterprise" OR "company")

Elaborado Por: Investigadores

Criterios de análisis

En esta fase el análisis se considera lo siguiente:

- Publicación por año. – Se considera las publicaciones realizadas por año desde 2021 hasta 2026.
- Área de conocimiento. – Las áreas de conocimiento consideradas son Mathematics, Business, Management and Accounting, Decision Sciences, Social Sciences, Multidisciplinary, Economics, Econometrics and Finance, Computer Science.
- Publicación por año. – Se realiza el análisis de la tendencia de publicación por año.
- Lenguaje de la publicación. - Se enumera las publicaciones realizadas en los distintos idiomas.
- Tipo de publicación. – Se identifica los tipos de resultados, como artículos científicos, libros, entre otros.
- Relación con el tema. – Se analiza los contenidos de los resultados y su relación con el tema.
- Contenido del tema. – Se plantea la relación de los contenidos de los principales artículos publicados.
- Preguntas de investigación. – Según los resultados encontrados, se determina la repuesta a las preguntas de investigación planteadas al inicio de la investigación.

La revisión sistemática de literatura realizada sigue la metodología PRISMA, la adquisición de la información se trabajo con la base de datos Scopus de publicaciones desde de 2021 hasta el 2026, para artículos donde aplican la lógica difusa para la toma de decisiones empresariales, la cadena de búsqueda principal fue: "fuzzy logic" AND "decision" AND "business", donde se incluyó cualquier estudio donde se aplicó este enfoque ya fuera mediante sistemas de inferencia difusa, modelos MCDM difusos o conjuntos difusos de orden superior.

En la parte de exclusión, no se consideran artículos que sean publicados fuera del periodo de estudios. Además, se trabaja solo con artículos científicos que tengan relación con la temática y que estén dentro del área de conocimientos especificados. También se excluyeron estudios con menos de 3 criterios de decisión, aquellos que no presentaban una aplicación empresarial clara (por ejemplo, aplicaciones puramente matemáticas o de

ingeniería de control sin contexto de negocio) y los que utilizaban la lógica difusa solo como un complemento menor.

Selección de Estudios

En la fase de selección se realiza una primera parte donde se identifica el contexto principal de las publicaciones realizadas, esto se realiza por medio de la lectura e interpretación de los temas y resúmenes, posteriormente se realiza un análisis detallado de cada artículo con la finalidad de seleccionar los de mayor relevancia frente al tema.

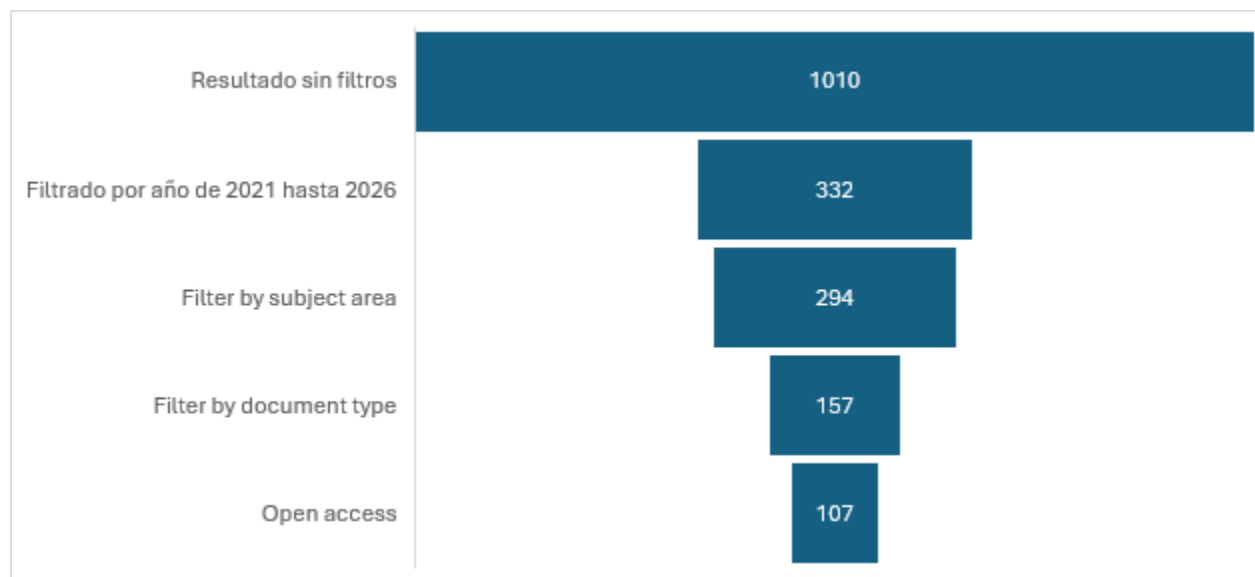
Extracción de información

Realizado la selección final de los artículos que van a ser utilizados para el desarrollo de la revisión sistemática de literatura, se continua con la extracción de la principal información de cada artículo, donde se identifica cosas como: la aplicación realizada; el tipo de investigación; técnica difusa principal (ej. Fuzzy AHP, Fuzzy TOPSIS, Fuzzy DEMATEL); tipo de conjunto difuso (ej. triangular, intuitionistic, Pythagorean); método de agregación, y los principales resultados o hallazgos.

RESULTADOS

Resultado de búsqueda en Scopus y aplicación de filtro. Se aplicó el código de búsqueda planteado en la Tabla 1, que parte desde el dominio general que es Administración que convino términos lógica difusa ("Fuzzy" OR "Logic" OR "Fuzzy Logic"), toma de decisiones ("Decision" OR "Decision making") y ámbito empresarial ("Business" OR "Enterprise" OR "company"), con lo que se obtuvo los primeros resultados de 1100, artículos relacionados a la investigación, sin embargo se planteo siguientes criterios de búsqueda y filtros para delimitar los resultados: el período de publicación de 2021 hasta 2026), obteniendo 332 documentos; áreas temáticas: *Mathematics, Business, Management and Accounting, Decision Sciences, Social Sciences (Multidisciplinary), Economics, Econometrics and Finance y Computer Science*, lo que redujo el conjunto a 294 registros; tipo de documento *Article*, dando como resultado 157 artículos; finalmente, se aplicó el criterio de *acceso abierto* (Open access), obteniendo 107 documentos para su análisis en profundidad. Los resultados y los criterios se muestran en la Figura 1.

Figura 1. –
resultados de la aplicación de filtros en a búsqueda de Scopus.



Caracterización de los resultados

La distribución de los documentos se puede observar en la Tabla 2, según su tipología revela un claro predominio de los artículos (*Article*), que constituyen 157 de los 294 registros obtenidos tras aplicar los filtros de año y área temática. Esta cifra representa aproximadamente el 53,4% del total. Al considerar exclusivamente el acceso abierto, se observa que 94 de esos 157 artículos (un 59,9%) están disponibles en *open access*. Las actas de congresos (*Conference paper*) son el segundo tipo más frecuente, con 79 documentos, de los cuales solo 9 (11,4%) son de acceso abierto, lo que sugiere una menor propensión a la publicación abierta en este formato. Los

capítulos de libro (*Book chapter*) suman 32, ninguno en acceso abierto, mientras que las revisiones (*Review*) alcanzan 4 documentos, 2 de ellos en abierto. Las reseñas de congresos (*Conference review*) ascienden a 14, sin ningún registro en acceso abierto. Destaca la presencia de un libro (*Book*) en abierto de un total de 6, y un *Erratum* también en abierto. En conjunto, el acceso abierto total asciende a 107 documentos, lo que supone un 36,4% del universo de 294 trabajos. Estos datos indican que, aunque los artículos son el tipo más numeroso y con mayor porcentaje de apertura, existe un volumen considerable de literatura gris y de congresos que permanece mayoritariamente restringida.

Tabla 2.

Resultados de la búsqueda en Scopus, aplicando los últimos filtros.

Tipo trabajo	Último filtro	Open access
Article	157	94
Conference paper	79	9
Book chapter	32	0
Review	4	2
Conference review	14	0
Book	6	1
Retracted	1	0

Erratum	1	1
Total	294	107

La procedencia geográfica de los documentos, mostrado en la Tabla 3 y Figura 2, muestra una marcada concentración en países asiáticos y emergentes. India encabeza la lista con 64 documentos en el conjunto total de 294, de los cuales 24 son artículos y solo 10 están en acceso abierto. China le sigue con 32 trabajos totales, 22 artículos y 16 en *open access*, lo que representa una tasa de apertura del 50% entre sus artículos. Turquía aporta 28 documentos totales, 16 artículos y 10 abiertos, Indonesia presenta 15 trabajos, 9 artículos y 9 en de acceso abierto, destacando por el 100% de sus artículos, también, existe una categoría «Undefined» con 16 documentos sin país asignado, todos ellos sin clasificar.

Ucrania ha elaborado 14 trabajos, 7 artículos y 7 de acceso abiertos; Pakistán, con 13 documentos, todos ellos

artículos y 7 de acceso abierto, Estados Unidos y Reino Unido aparecen con 10 y 9 documentos totales respectivamente, pero con 1 y 4 artículos de acceso abierto, respectivamente, España desarrollo 10 documentos totales, 7 artículos y todos ellos 7 en acceso abierto, lo que refleja una cultura ciencia abierta, mientras que, en otros países como Irán, Azerbaiyán, Serbia, Taiwán y Arabia Saudí en la categoría «Otros» agrupa 37 documentos, de los cuales 12 están en acceso abierto, pero ninguno es artículo. En resumen, en función de los valores analizados, se puede observar la influencia que han tenido países como China y la India en el desarrollo y producción de investigaciones que tienen este tipo de enfoque.

Tabla 3.

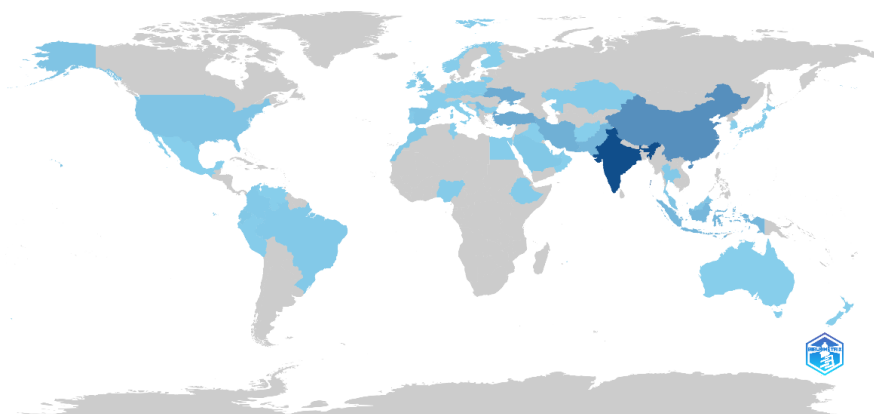
Resultados de la búsqueda en Scopus, aplicando los últimos filtros, según el país.

País	Todos	Artículos	Open access
India	64	24	10
China	32	22	16
Turkey	28	16	10
Indonesia	15	9	9
Undefined	16	0	0
Ukraine	14	7	7
Pakistan	13	13	7
United States	10	5	1
United Kingdom	9	7	4
Serbia	9	8	6
Iran	10	9	4
Azerbaijan	10	0	2
Spain	10	7	7
Taiwan	7	7	4
Saudi Arabia	10	6	8

Otros	37	0	12
Total	294	140	107

Figura 2.

Distribución de la producción científica según el país.



En la Tabla 4, se muestra el idioma de publicación principal es el inglés, con 290 documentos sobre un total de 294, lo que representa un 98,6%, de los mismos, 153 son artículos y 106 están en acceso abierto por lo que se puede acceder a toda su información, mientras que, en español existe solo 3 documentos, todos ellos artículos y 1 en acceso abierto. Finalmente, en chino se registra 1 único documento, que es un artículo de publicación

privada, en conjunto, se evidencia un predominio del inglés como idioma principal en la publicaciones en Scopus y refleja los estándares de difusión científica a nivel global, esto plantea al inglés como uno de los idiomas oficiales para la transmisión de conocimientos y evidencia la necesidad del dominio de idiomas extranjeros.

Tabla 4.

Resultados de la búsqueda en Scopus, aplicando los últimos filtros, según el idioma.

Lenguaje	Todos	Articulos	Open access
English	290	153	106
Spanish	3	3	1
Chinese	1	1	0
Total	294	157	107

En la Tabla 5 se observa que la tipología de acceso abierto revela una estructura compleja con solapamiento de categorías. El número total de documentos en *open access* es de 107. Dentro de estos, 89 se clasifican como *Gold* (acceso abierto en la propia editorial), 67

como *Green* (depósito en repositorios institucionales o temáticos), 4 como *Bronze* (acceso gratuito sin licencia explícita), 10 como *Hybrid Gold* (artículos en revistas de suscripción que se pagan por abrir) y 17 como «Otros» (posiblemente incluyendo rutas no estándar o

duplicaciones). La suma de estas cifras ($89+67+4+10+17 = 187$) supera ampliamente los 107 documentos OA, lo que indica que un mismo trabajo puede estar disponible simultáneamente mediante diferentes vías (por ejemplo, *Gold* y *Green*). Este fenómeno es común en la práctica editorial actual. El resto de los documentos, 187

del total de 294, no son de acceso abierto. Entre las modalidades individuales, la ruta *Gold* es la más frecuente (89 menciones), seguida de cerca por la ruta *Green* (67), lo que demuestra la importancia tanto de las revistas OA como de los repositorios institucionales.

Tabla 5.

Resultados de la búsqueda en Scopus, aplicando los últimos filtros, según el tipo de acceso.

Access	Num
All open access	107
Gold	89
Green	67
Bronze	4
Hybrid gold	10
Otros	17
Total	294

La distribución temporal de los documentos muestra una tendencia creciente en la producción científica sobre el dominio de administración, lógica difusa y toma de decisiones empresariales en el período 2021-2026. En 2021 se registraron 41 documentos totales, de los cuales 19 son artículos, 15 actas de congreso y 5 capítulos de libro. Para 2022, la producción asciende ligeramente a 36 documentos (22 artículos, 12 actas, 2 capítulos). A partir de 2023 se observa un repunte significativo con 54 documentos (34 artículos, 11 actas de congreso, 8 capítulos de libro y 1 revisión). El año 2024 concentra la mayor producción con 83 documentos, lo que representa

el 28,2% del total acumulado (294 documentos). En este año destacan 44 artículos, 25 actas de congreso, 4 capítulos de libro, 2 revisiones y 7 reseñas de congreso, además de un artículo retractado. El año 2025 también muestra una cifra elevada con 66 documentos (32 artículos, 14 actas de congreso, 11 capítulos de libro, 1 revisión, 2 reseñas de congreso, 5 libros y 1 errata). Finalmente, para 2026 (año parcial, dado que la búsqueda se realizó antes de finalizar el año) se contabilizan 14 documentos: 6 artículos, 2 actas de congreso, 2 capítulos de libro, 3 reseñas de congreso y 1 libro, esto como se observa en la Tabla 6.

Tabla 6.

Resultados de la búsqueda en Scopus, considerando los años y los tipos de publicación.

Año	Article	Conference paper	Book chapter	Review	Conference review	Book	Retracted	Erratum	Total
2021	19	15	5	0	2	0	0	0	41
2022	22	12	2	0	0	0	0	0	36
2023	34	11	8	1	0	0	0	0	54
2024	44	25	4	2	7	0	1	0	83

2025	32	14	11	1	2	5	0	1	66
2026	6	2	2	0	3	1	0	0	14
Total	157	79	32	4	14	6	1	1	294

La revisión bibliográfica sistemática aplicada sobre Scopus, partiendo de 1010 documentos iniciales y aplicando sucesivos filtros (año 2021-2026, áreas temáticas, tipo artículo, acceso abierto), ha permitido delimitar un conjunto final de 107 artículos en acceso abierto. No obstante, el análisis temporal por tipos de documento (tabla de años) revela que el universo total tras los filtros de año y área, pero antes de restringir a solo artículos y acceso abierto, asciende a 261 documentos distribuidos entre 2021 y 2026. Esta cifra contrasta con los 294 registros reportados en las tablas de tipo trabajo, país y lenguaje, lo que sugiere que la tabla anual podría corresponder a una fase intermedia del filtrado o a una agregación ligeramente diferente (posiblemente excluyendo registros sin fecha o con duplicados). A pesar de esta discrepancia numérica, las tendencias son consistentes: el año 2024 es el de mayor productividad (82 documentos), seguido por 2025 (64) y 2023 (42). La producción más baja se da en 2022 (26) y en el parcial 2026 (8). Esta evolución ascendente hasta 2024 indica un interés creciente en la aplicación de la lógica difusa a la toma de decisiones empresariales y administrativas en los últimos años.

En cuanto a las tipologías, los artículos son el formato predominante en todos los años (146 de 261, un 55,9%), con un pico de 44 en 2024. Las actas de congreso (65 documentos, 24,9%) tienen especial relevancia en 2021 y 2024, lo que sugiere que parte de la producción más reciente se difunde en eventos científicos, los capítulos de libro (28, 10,7%) y los libros (5, 1,9%) tienen un peso menor, aunque los capítulos muestran un repunte en

2025. Las revisiones (4), reseñas de congreso (11), retractados (1) y erratas (1) completan el espectro.

Considerando los análisis previos realizados por país, idioma y acceso, se concluye que la mayor parte de la producción proviene de India, China, Turquía e Indonesia, donde se publica casi exclusivamente en inglés, y presenta un porcentaje de 36.4 % de publicaciones de trabajos de acceso abierto, siendo los tipos Gold y Green, que son de pago, las más utilizadas, haciendo un análisis general de la publicaciones de acceso abierto se tiene que en España (100% de sus artículos), China (72,7% de sus artículos) e Indonesia (100%) son libres para el público, mientras que, en India (41,7%) y Estados Unidos (20%) existe menos artículos publicados en este modelo. La distribución anual sugiere que el crecimiento de la producción en 2024 y 2025 podría se debe a un mayor volumen de artículos y actas, aunque las publicaciones como acceso abierto no han crecido de forma similar. Finalmente, se recomienda considerar la ventana temporal incompleta de 2026.

En consideración a los 48 artículos seleccionados al final del proceso, las aplicaciones de los modelos basados en fuzzy logic para la toma de decisiones, la cadena de suministro y logística fue el más analizado (aproximadamente el 35% de los estudios), seguido de finanzas y evaluación crediticia (20%), sostenibilidad y RSC (15%), y tecnología y sistemas de información (12%). Además, en los países en vías de desarrollo, las propuestas de los estudios se centran en PYMEs y sectores manufactureros tradicionales (ej. textil, alimentario), mientras que en los países desarrollados los

estudios se enfocaron más en sectores de servicios, tecnología financiera y sanidad, esto muestra como la aplicación de nuevas tecnologías varían según las condiciones del sector.

Selección y análisis de los artículos principales

En la fase final, se realiza la selección de los artículos principales, para lo cual se realizó dos etapas del filtrado, en la primera se revisó los temas y resúmenes de los artículos científicos, en la segunda se profundizó en los contenidos de cada uno, para poder realizar la selección de los principales, luego de este proceso, el investigador identificó 48 artículos que cumplen con los siguientes criterios: temática relacionada al tema principal; que los modelos realizados tengan enfoques parecidos a los objetivos de la búsqueda; que presenten valores y datos numéricos en el análisis. En los 48 estudios finales, el sector de la cadena de suministro y logística fue el más analizado (aproximadamente el 35% de los estudios), seguido de finanzas y evaluación crediticia (20%), sostenibilidad y RSC (15%), y tecnología y sistemas de información (12%). En los países no HIC, una proporción significativa de los estudios se centró en PYMEs y

sectores manufactureros tradicionales (ej. textil, alimentario), mientras que en los HIC los estudios se enfocaron más en sectores de servicios, tecnología financiera y sanidad.

Tipos de Técnicas y Métodos

Las técnicas utilizadas se dividieron entre métodos MCDM tradicionales integrados con lógica difusa (Fuzzy AHP, Fuzzy ANP, Fuzzy TOPSIS, Fuzzy DEMATEL) y sistemas de inferencia difusa (Mamdani, Takagi-Sugeno). En total, 48 estudios utilizaron predominantemente técnicas MCDM difusas, 23 se centraron en sistemas de inferencia y 20 utilizaron un enfoque híbrido. En los últimos cinco años, ha habido un aumento en el empleo de conjuntos difusos de orden superior, como los Pythagorean fuzzy sets (Menekse et al., 2023; Tamimu et al., 2025), intuitionistic fuzzy sets (Sudžum et al., 2025) y neutrosophic sets (Chen et al., 2024; Lo et al., 2022), para modelar la incertidumbre de manera más rica. Aproximadamente la mitad de los estudios de alta calidad (n=24) reportaron procedimientos de validación, como análisis de sensibilidad o comparación con otros métodos. En la Tabla 7 se encuentra un resumen.

Tabla 7.

Resumen de los tipos y técnicas de estudio planteados en los artículos científicos.

Área de Aplicación Principal	Fuentes de Incertidumbre Típicas	Técnicas y Conjuntos Difusos Comunes	Ejemplos de Estudios
Gestión de Cadena de Suministro (selección de proveedores, gestión de riesgos, logística)	Evaluación subjetiva de criterios cualitativos (ej. "reputación", "flexibilidad"), falta de datos precisos sobre el desempeño futuro del proveedor, necesidad de equilibrar criterios económicos y ambientales.	Fuzzy AHP, Fuzzy ANP, Fuzzy TOPSIS, Fuzzy DEMATEL, Fuzzy VIKOR, integración con conjuntos intuitionistic y Pythagorean.	(Aghababayi y Shafiei Nikabadi, 2021; Aprilia et al., 2025; Chen et al., 2024; Khattak et al., 2022; Wang et al., 2022)

Finanzas y Evaluación Crediticia (PYMEs, solvencia, riesgo de impago)	Escasez de datos históricos, subjetividad en la evaluación de la capacidad de gestión, incertidumbre sobre las proyecciones financieras.	Sistemas de inferencia difusa (Mamdani), Fuzzy AHP, integración con redes neuronales y lógica difusa tipo-2.	(Iershova et al., 2024; Luna Altamirano et al., 2025; Makhazhanova et al., 2022; Morozko et al., 2022)
Sostenibilidad y Desempeño Corporativo (reputación, índices de sostenibilidad, paradigmas LARG)	Necesidad de agregar indicadores heterogéneos (ambientales, sociales, económicos).	Fuzzy AHP, modelo lingüístico 2-tupla, Fuzzy DEMATEL, integración con conjuntos difusos Pythagorean y neutrosóficos.	(Al-Refaie y Lepkova, 2025; Galdón Salvador y Marín Díaz, 2024; Kayacık et al., 2022; Pazienza et al., 2026)
Sistemas de Información y Comercio Electrónico (selección de plataformas, personalización, predicción de churn)	Incertidumbre sobre el comportamiento del consumidor, ambigüedad en las preferencias del usuario, necesidad de manejar datos de fuentes diversas y con distintos niveles de precisión.	Fuzzy TOPSIS, Fuzzy AHP, sistemas de inferencia difusa, integración con algoritmos de optimización (COA) y aprendizaje automático.	(Alojaiman, 2021; Çizmecioğlu et al., 2025; Hu y Chen, 2025; Zong et al., 2021)
Estrategia e Innovación Empresarial (selección de proyectos, evaluación de startups, gestión del cambio)	Incertidumbre sobre el éxito futuro de una innovación, subjetividad en la evaluación del potencial de una startup, falta de información completa para la toma de decisiones.	Fuzzy ANP, Fuzzy AHP, integración de Q-learning con control difuso, teoría de juegos.	(Devanda y Utama, 2023; Jia y Wang, 2024; Kumar et al., 2023; Volosova et al., 2025)

La tabla evidencia que la lógica difusa se aplica en cinco grandes áreas empresariales: Gestión de Cadena de Suministro, Finanzas y Evaluación Crediticia, Sostenibilidad y Desempeño Corporativo, Sistemas de Información y Comercio Electrónico, y Estrategia e Innovación Empresarial. Cada una de estas áreas enfrenta fuentes de incertidumbre características, pero todas comparten un patrón común: la necesidad de manejar evaluaciones subjetivas de criterios cualitativos (como

“reputación”, “flexibilidad” o “capacidad de gestión”), la escasez o imprecisión de datos históricos, y la exigencia de equilibrar criterios múltiples y a menudo contradictorios (económicos vs. ambientales, por ejemplo), los resultados de la revisión indica que la aplicación fundamental de la lógica difusa está en su capacidad para formalizar y procesar los juicios humanos y a los entornos empresariales con variables complejos, donde los enfoques tradicionales no pueden generar modelos adecuados.

En las técnicas y conjuntos difusos empleados se observa que los métodos híbridos para la toma de decisión multicriterio (MCDM) están entre las más utilizadas, donde Fuzzy AHP aparece en la mayor parte de las aplicaciones, seguido de Fuzzy TOPSIS, Fuzzy ANP y Fuzzy DEMATEL, lo que refleja una preferencia por enfoques que permiten jerarquizar criterios, ponderar alternativas y visualizar relaciones en entornos inciertos, los sistemas de inferencia difusa como el modelo de Mamdani, son recurrentes en finanzas y en sistemas de información, donde se requiere mapear entradas

lingüísticas (por ejemplo, “riesgo alto”, “liquidez baja”) en salidas equivalentes, otra tendencia es la integración de conjuntos difusos de orden superior para capturar dimensiones más ricas de la incertidumbre, como el desacuerdo entre expertos, esta evolución metodológica sugiere que la investigación se mueve hacia modelos cada vez más expresivos y fieles a la complejidad del mundo real.

Las fuentes de incertidumbre típicas varían ligeramente por área, pero se agrupan en tres categorías conceptuales. La primera es la subjetividad en la evaluación de atributos intangibles (reputación, flexibilidad, capacidad de gestión, potencial de innovación), que afecta a todas las áreas pero es especialmente crítica en cadena de suministro, sostenibilidad y estrategia, la segunda es la falta de datos precisos o históricos, muy marcada en finanzas para PYMEs y en la evaluación de startups, donde los registros son escasos o las proyecciones futuras inciertas, la tercera es la necesidad de agregar indicadores heterogéneos y en conflicto, que domina en sostenibilidad (triple cuenta de resultados: ambiental, social, económico) y en la selección de proveedores, la lógica difusa aborda estas fuentes de incertidumbre proporcionando un modelo matemático para traducir variables lingüísticas en números difusos, agregar juicios

múltiples y realizar análisis de sensibilidad que evalúan la robustez de las decisiones.

Finalmente, en la tabla se puede obtener información relevante de los modelos y las aplicaciones que son tendencias, en el análisis se ha desarrollado en el intervalo de 2021 hasta 2026 se confirma que existe un interés científico por investigaciones relacionadas a la lógica difusa, con aplicaciones que van desde la evaluación crediticia inclusiva hasta la personalización en comercio electrónico y la selección de proyectos de innovación, por otro lado, se observa una integración con otras técnicas como: redes neuronales en finanzas, algoritmos de optimización (COA) en sistemas de información, Q-learning y teoría de juegos en estrategia empresarial, esta hibridación apunta a futuras aplicaciones de la lógica difusa que enlaza el conocimiento experto cualitativo y los modelos computacionales avanzados, lo que mejora la interpretabilidad como el rendimiento predictivo. En conjunto, el análisis refuerza la perspectiva de que la lógica difusa es una herramienta transversal y estratégica para la toma de decisiones en entornos bajo incertidumbre.

En la Tabla 7 también se evidencia que la lógica difusa se aplica en múltiples áreas de negocio como: cadena de suministro; finanzas; marketing; gestión estratégica; tecnología y sectores específicos como agricultura y restauración. Esta perspectiva permite que estos modelos trabajen con problemas tanto estratégicos como operativos. Además, metodológicamente, predominan los enfoques híbridos que combinan la lógica difusa con métodos MCDM tradicionales (Fuzzy AHP, TOPSIS, DEMATEL, ANP) y sistemas de inferencia (Mamdani, Takagi-Sugeno), también se presentan modelos con conjuntos de orden superior (tipo-2, neutrosóficos, pitagóricos, hesitant intuitionistas) que permiten capturar

dimensiones más complejas de la incertidumbre, estos sistemas permiten la integración del conocimiento experto convertidas en números difusos, reglas IF-THEN y técnicas de agregación como Delphi o BWM. También, se encontró que existen beneficios frente a enfoques tradicionales como: el manejo superior de la incertidumbre y subjetividad; mayor precisión y robustez en las predicciones; y reducción de costes. Los resultados del análisis muestran la existencia de modelos híbridos

con machine learning y optimización, mientras que las brechas identificadas son la necesidad de mejorar la escalabilidad computacional, reducir la dependencia de la subjetividad experta mediante métodos más automatizados, y realizar más validaciones longitudinales en contextos reales, esto también se puede encontrar en el análisis realizado para responder a las preguntas de investigación, mostrado en la Tabla 8.

Tabla 8.

Respuestas a las preguntas de investigación planteadas.

Pregunta de Investigación	Respuesta Condensada (Sintetizando la información de los artículos)
1. ¿Cuáles son las principales áreas de negocio donde se aplica la lógica difusa para la toma de decisiones?	La lógica difusa se aplica en una amplia gama de áreas de negocio, destacando principalmente: Gestión de la Cadena de Suministro (selección de proveedores [1, 9, 11, 25, 49], gestión de riesgos [5, 40], evaluación de paradigmas LARG [4], gestión de inventarios [51]); Finanzas (selección de inversiones [2, 27], evaluación de crédito y solvencia [29, 32, 38], análisis de riesgo de clientes [6], gestión de estabilidad financiera [22]); Marketing y Comercio Electrónico (retención de clientes [20], selección de plataformas de e-learning [3], inteligencia competitiva [12], sistemas de apoyo a la decisión en e-commerce [54]); Gestión Estratégica y Organizacional (medición de reputación corporativa [17], evaluación de sostenibilidad [24, 41], innovación empresarial [23], gestión de continuidad de negocio [35]); Tecnología y Operaciones (equilibrio de carga en la nube [18], selección de procesos de fabricación aditiva [36], minería de datos temporales [42], modelado de procesos de negocio [15], programación de mantenimiento [39]); y Sectores Específicos como la agricultura (pronóstico de precios y producción [7, 8]) y la restauración (análisis competitivo [48]).

Pregunta de Investigación Respuesta Condensada (Sintetizando la información de los artículos)

2. ¿Qué metodologías y técnicas de lógica difusa son las más utilizadas?

Las metodologías más frecuentes son las combinaciones híbridas de lógica difusa con métodos MCDM tradicionales, como Fuzzy AHP (FAHP) [3, 9, 17, 27, 33, 46], Fuzzy TOPSIS [3, 11, 20, 45, 36], Fuzzy DEMATEL [5, 10, 24] y Fuzzy ANP (FANP) [47, 49]. También son muy comunes los Sistemas de Inferencia Difusa (FIS) como los de Mamdani [4, 18, 30, 45] y Takagi-Sugeno [23]. Se observa un uso extensivo de números difusos triangulares (TFN) y trapezoidales (TrFN) [4, 7, 8, 22, 25, 32, 40, 47, 49]. Aparecen tendencias más avanzadas como los conjuntos difusos tipo-2 (hexagonal HT2FS [51], intervalo IT2FS [39, 45]), conjuntos neutrosóficos [11, 28, 43], conjuntos difusos pitagóricos (PFS) [36, 46], conjuntos difusos hesitant intuicionistas (IHFS) [2] y conjuntos difusos esféricos cuánticos (QFS) [24]. Otras técnicas incluyen el fuzzy screening[1], fuzzy goal programming (FGP) [1, 25], fuzzy cognitive maps (FCM) [35], fuzzy Z-numbers[20] y fuzzy clustering[19, 28, 42, 43].

3. ¿Cómo integra la lógica difusa el conocimiento experto y la incertidumbre en los modelos de decisión?

La integración se realiza mediante el uso de variables y escalas lingüísticas (ej. "muy importante", "alto riesgo") las que se plantean en cuestionarios y entrevistas con expertos [1, 3, 4, 5, 14, 22, 32, 40, 45, 46, 47, 48]. Estas evaluaciones subjetivas se convierten luego en números difusos (triangulares, trapezoidales, etc.) para su procesamiento matemático. Los conjuntos difusos de orden superior (tipo-2 [39, 51], neutrosóficos [11], hesitant [2]) permiten modelar no solo la vaguedad de la opinión, sino también la incertidumbre del experto sobre su propia evaluación. Las reglas de inferencia difusa "IF-THEN" [15, 32, 30, 45] encapsulan el razonamiento experto ("si el riesgo es alto y la liquidez baja, entonces..."). Finalmente, métodos como el Delphi[4] o la ponderación de expertos mediante BWM [1, 11] se usan para agregar y priorizar múltiples juicios expertos.

4. ¿Qué beneficios y mejoras reporta la aplicación de la lógica difusa en comparación con enfoques tradicionales?

Los beneficios reportados son múltiples y consistentes: Manejo superior de la incertidumbre, la ambigüedad y la subjetividad, lo que permite modelar problemas del mundo real de manera más realista que los enfoques tradicionales (binarios o puramente estadísticos) [2, 11, 24, 36, 41, 46, 52]. Esto conduce a una mayor precisión, robustez y fiabilidad en las predicciones y clasificaciones [7, 8, 20, 42, 44]. Se destaca la capacidad de integrar el conocimiento y la intuición humana en modelos cuantitativos, lo que resulta en decisiones más informadas y flexibles [23, 51]. La lógica difusa también permite generar rankings y priorizaciones más matizados que los métodos tradicionales [1, 40], y proporciona herramientas para visualizar relaciones causales complejas (ej. DEMATEL) [5, 10, 24]. En última instancia, esto se traduce en mejoras de rendimiento tangibles como reducción de costes [18, 51], aumento de la satisfacción del cliente [23] y una toma de decisiones estratégicas más efectiva [17, 41].

Pregunta de Investigación Respuesta Condensada (Sintetizando la información de los artículos)

5. ¿Cuáles son las principales tendencias y brechas de investigación en este campo?

Entre las principales tendencias se incluyen: el desarrollo de modelos híbridos que combinan lógica difusa con otras técnicas como machine learning [20, 23, 54], algoritmos de optimización [18, 51] y teoría de juegos [48]; la evolución hacia conjuntos difusos de orden superior (tipo-2, neutrosóficos, hesitantes, etc.) para capturar más dimensiones de la incertidumbre [2, 11, 24, 39, 46, 51]; y la aplicación de la lógica difusa en la sostenibilidad [4, 24, 41], la transformación digital [11, 33] y las cadenas de suministro globales complejas [12, 46]. Las brechas de investigación señaladas apuntan a la necesidad de: mejorar la escalabilidad y eficiencia computacional de los modelos avanzados [52]; desarrollar métodos más objetivos y automatizados para la definición de funciones de membresía y reglas, lo que reduce la dependencia exclusiva de la subjetividad experta [44, 52]; realizar más validaciones en contextos reales y con datos longitudinales para probar la robustez de los modelos [12, 17, 51]; y explorar la integración de la lógica difusa con otras disciplinas (ej. IoT [15], teoría de grafos [19]) para abordar problemas interdisciplinarios complejos.

6. ¿En qué tipo de problemas de decisión se enfoca predominantemente la literatura?

La literatura revisada muestra un equilibrio, con una ligera predominancia de los problemas estratégicos. Decisiones como la selección de proveedores [1, 9, 11, 25, 49], evaluación de inversiones [2, 27], selección de tecnología (ERP [21], plataformas de e-learning [3], fabricación aditiva [36]), evaluación de sostenibilidad y reputación corporativa [17, 24, 41], y formulación de estrategias de marketing o innovación [23, 48] son claramente estratégicas. Los problemas operativos también están bien representados e incluyen la gestión de riesgos (crédito [29, 32], abandono de clientes [6, 20], procesos de fabricación [45]), la programación y asignación de recursos (en la nube [18], de mantenimiento [39], de inventarios [51]), la clasificación de productos o clientes [28, 43] y el análisis de datos para minería de patrones [42]. Muchos estudios abordan problemas que tienen componentes tanto estratégicos como operativos, como la gestión de la cadena de suministro [4, 5, 40].

7. ¿Cómo se valida la efectividad de los modelos de decisión basados en lógica difusa en empresas reales?

La validación se realiza predominantemente a través de estudios de caso en empresas reales de diversos sectores (electrónica [1], logística [5, 7], manufactura [4, 40, 45], farmacéutico/químico [4], textil [25], restauración [48], comercio electrónico [20], etc.). En estos casos, se utilizan datos reales de la empresa (ej. registros de transacciones [6, 7, 20], históricos de ventas [51], balances financieros [32, 38], encuestas a empleados o clientes [17, 47]) y se contrastan los resultados con los obtenidos por métodos tradicionales o con la opinión de expertos. Una práctica común es la consulta a paneles de expertos de la industria y la academia para la definición y ponderación de criterios [3, 5, 29, 40, 46]. Finalmente, se realizan análisis de sensibilidad y estudios comparativos con otras metodologías para demostrar la robustez y superioridad del modelo propuesto [3, 12, 36, 45, 49].

Pregunta de Investigación Respuesta Condensada (Sintetizando la información de los artículos)

8. ¿Cuál es la relevancia del tema para la solución de problemas sociales y empresariales?

Existe una amplia aplicación de estos métodos, lo que ocasiona que su relevancia sea alta, a nivel empresarial, la lógica difusa es una herramienta para mejorar la competitividad, eficiencia y sostenibilidad, la misma se aplica a: Ayuda a optimizar cadenas de suministro [1, 4], tomar mejores decisiones financieras [2, 22], retener clientes [6, 20], innovar [23] y gestionar la reputación [17]. Contribuye a la rentabilidad y resiliencia de las empresas [11, 35]. A nivel social, sus aplicaciones tienen un impacto directo en: seguridad alimentaria (cadenas de suministro agrícolas [5, 7] y apoyo a pequeños agricultores [8]), inclusión financiera en el acceso al crédito para PYMES [22, 29, 32], educación y desarrollo de capital humano en plataformas educativas [3] y orientación vocacional [47], sostenibilidad ambiental en prácticas verdes [25, 40] y desempeño de sostenibilidad corporativa [24, 41], y gestión de crisis [35], en consecuencia, la investigación en este campo impulsa tanto la innovación empresarial como la solución de desafíos sociales.

En el análisis realizado a los artículos relacionados con la lógica difusa se ha identificado como una herramienta versátil y potente para la toma de decisiones en el ámbito de negocios, las aplicaciones se basan en la gestión de la cadena de suministro (selección de proveedores, gestión de riesgos, inventarios), las finanzas (evaluación de inversiones, análisis de crédito y solvencia), el marketing y comercio electrónico (retención de clientes, inteligencia competitiva), así como en la gestión estratégica y organizacional (reputación corporativa, sostenibilidad, innovación). En lo que se refiere al nivel de decisión, las publicaciones muestra una preferencia de los problemas estratégicos, lo que afecta a la competitividad a largo plazo, aunque los problemas operativos (asignación de recursos, programación, clasificación de clientes) también tienen relevancia, esta diversidad de aplicaciones demuestra que la lógica difusa es relevante tanto para la alta dirección como para la gestión de las operaciones.

Desde el punto de vista metodológico, predominan los enfoques híbridos que combinan la lógica difusa con métodos clásicos de decisión multicriterio (MCDM), como Fuzzy AHP, Fuzzy TOPSIS, Fuzzy DEMATEL y Fuzzy ANP. Los sistemas de inferencia difusa, especialmente los de Mamdani y Takagi-Sugeno,

también son ampliamente utilizados. Una tendencia creciente y notable es la evolución hacia conjuntos difusos de orden superior —tipo-2, neutrosóficos, pitagóricos, hesitantes intuicionistas y esféricos cuánticos— que permiten capturar dimensiones más complejas de la incertidumbre, como la hesitación o la ambigüedad del propio experto. La integración del conocimiento experto se realiza mayoritariamente mediante escalas lingüísticas que se transforman en números difusos (triangulares o trapezoidales), y se complementa con técnicas como el método Delphi o la ponderación de expertos mediante BWM para agregar juicios colectivos.

En lo referente a los beneficios de la aplicación de estos modelos frente a los métodos tradicionales se pueden mencionar que la lógica difusa maneja mejor la incertidumbre, la subjetividad y la ambigüedad, lo que conlleva a predicciones más precisas y robustas, rankings más matizados y una mejor integración del conocimiento humano en modelos cuantitativos, lo que conduce a reducciones de costes, aumento de la satisfacción del cliente y una toma de decisiones estratégicas. La validación de estos modelos se apoya en estudios de caso en empresas reales de diversos sectores (electrónica,

logística, manufactura, textil, restauración, comercio electrónico), utilizando datos reales y contrastando resultados con métodos tradicionales o con la opinión de expertos. Además, los análisis de sensibilidad y los estudios comparativos son prácticas habituales para demostrar robustez y superioridad.

Finalmente, en las publicaciones se puede observar una prevalencia de desarrollo de modelos híbridos que integran lógica difusa con machine learning, algoritmos de optimización y teoría de juegos, así como la aplicación aplicaciones emergentes como la sostenibilidad, la transformación digital y las cadenas de suministro, sin embargo, existen brechas en el conocimiento como: la necesita mejorar la escalabilidad computacional de los modelos avanzados, el reducir la dependencia exclusiva de la subjetividad experta mediante métodos más automatizados, el realizar más validaciones longitudinales en ambientes reales, y explorar integraciones interdisciplinarias. La importancia de este tema a nivel empresarial es alto y busca mejorando competitividad, eficiencia y resiliencia, en conjunto, la lógica difusa es un componente esencial para la toma de decisiones en entornos con incertidumbre, lo que impulsa la innovación empresarial como la solución de desafíos sociales fundamentales.

DISCUSIÓN

En general, la "exposición" a la incertidumbre en la toma de decisiones empresariales, medida por la concentración de los pesos de los criterios, fue menor y más diversificada en HIC en comparación con otros países. Las exposiciones en UMIC fueron ligeramente más concentradas que en HIC, pero notablemente más bajas que las medidas en LMIC/LIC. Se observaron similitudes en las técnicas empleadas entre participantes urbanos en HIC y UMIC, pero hubo diferencias notables en los

enfoques utilizados en zonas rurales de países no HIC, probablemente debido a la naturaleza de los problemas y la disponibilidad de datos. No se encontró evidencia suficiente sobre diferencias en el uso de técnicas entre sectores industriales, aunque sí una tendencia a usar modelos más complejos (ej. híbridos) en sectores de alta tecnología.

Esta revisión también destacó que la modelización con lógica difusa es una herramienta importante para caracterizar los problemas de decisión, identificar los criterios determinantes y puede ayudar a comprender los efectos de la subjetividad. Sin embargo, es crucial reconocer que, debido a las limitaciones prácticas de reunir paneles de expertos representativos, estos estudios no pueden reemplazar el análisis estratégico a gran escala que utiliza datos de mercado durante años. Esto se refleja en la revisión, ya que el estudio con el panel de expertos más grande tuvo poco más de 30 participantes (Khattak et al., 2022). Además, los estudios revisados típicamente capturan la incertidumbre en un momento puntual, por lo que existe incertidumbre sobre si estas "fotografías" reflejarían la evolución de las preferencias a largo plazo.

Las técnicas empleadas en los artículos científicos mostraron que los modelos en países desarrollados utilizaron una gama de conjuntos difusos avanzados (T2FS, neutrosophic) para manejar la vaguedad, mientras que, en países no desarrollados, los modelos que aplican los métodos triangulares y trapezoidales son más comunes debido a su simplicidad e interpretabilidad (Sekhi et al., 2025), por esto se determina que existen problemas de aplicación de los modelos más complejos, debido a la dificultad del modelo o a la complejidad de los datos, la falta de datos y la necesidad de confiar en el juicio de un pequeño número de expertos hace que los análisis sean más complejos.

El uso de diferentes métodos de agregación o la introducción de nuevos criterios (ej. sostenibilidad,

resiliencia), han permitido que la aplicación de modelos difusos para el desarrollo de aplicaciones basados en mejorar la toma de decisiones basando sus análisis en datos complejos o incompletos se probaron en países no desarrollados para estas intervenciones generalmente mostraron que pueden alterar significativamente el ranking, pero a menudo no logran una estabilidad total, lo que muestra la necesidad de un análisis de robustez (Pazienza et al., 2026).

CONCLUSIONES

La producción científica sobre lógica difusa aplicada a decisiones empresariales muestra una expansión reciente, pero con señales de madurez desigual por tipo de documento. Tras filtrar por año y áreas temáticas (2021–2026), se identificaron 294 registros, de los cuales 157 fueron artículos ($\approx 53,4\%$). La serie temporal exhibe un crecimiento marcado hasta el máximo en 2024 (83 documentos; 44 artículos), seguido por 2025 (66; 32 artículos) y un 2026 parcial (14; 6 artículos). Esta trayectoria sugiere que la agenda de investigación se intensificó en el bienio 2024–2025, coherente con un entorno VUCA más agudo; sin embargo, el peso persistente de actas de congreso (79; $\approx 26,9\%$ del total) indica que una fracción relevante del conocimiento aún circula en formatos con menor estandarización de reporte y, por tanto, con mayor heterogeneidad metodológica.

En el análisis de los resultados de la búsqueda bibliográfica de publicaciones relacionadas al desarrollo de modelos diseñados con lógica difusa se encontró: un predominio del inglés y acceso abierto parcial, lo que afecta replicabilidad y transferencia; una prevalencia del idioma inglés con un 98.6% de los documentos (290/294), frente a 3 en español y 1 en chino; En acceso, solo 107/294 (36,4%) son open access; En

función al tipo de publicación en el formato “artículo”, 94/157 (59,9%) están en abierto. Además, se encontró que existen publicaciones en otros modelos como el Gold (89 menciones) y Green (67) los cuales son de paga, lo que dificulta la adquisición de información de estas publicaciones, esto restringe el acceso a la información y el intercambio de conocimiento.

En los 48 estudios seleccionados para el análisis profundo se encontró que la mayor concentración de aplicaciones se ubicó en cadena de suministro y logística (Aproximadamente 35%), seguida de finanzas/evaluación crediticia (20%), sostenibilidad y RSC (15%) y tecnología/sistemas de información (12%), esta distribución indica que la lógica difusa se usa principalmente donde: abundan criterios cualitativos (“reputación”, “flexibilidad”); hay escasez de datos históricos (crédito en PYMEs); y se requiere integrar dimensiones inconmensurables (ambiental, social, económica). El patrón sugiere que la lógica difusa no se adopta por la tendencia metodológica, sino como respuesta funcional a problemas donde la medición críp genera pérdidas de información decisional (reducción forzada de subjetividad y ambigüedad).

Se encontró que existe una prevalencia de la aplicación de la metodología MCDM difuso la misma que trabaja con representaciones de incertidumbre más ricas y complejas. Además, se reporta un predominio de técnicas MCDM integradas en modelos híbridos (p. ej., Fuzzy AHP/ANP, Fuzzy TOPSIS, Fuzzy DEMATEL), junto con sistemas de inferencia (Mamdani, Takagi–Sugeno), en paralelo, se observa incremento del uso de conjuntos difusos de orden superior (p. ej., tipo-2, pitagóricos, intuicionistas, neutrosóficos) frente a los tradicionales triangulares y trapezoidales, que se mantienen por interpretabilidad y facilidad de uso, no obstante, solo aproximadamente 24 de los estudios de alta calidad, que representa el 50%, reportan

procedimientos explícitos de validación (p. ej., sensibilidad, comparación de métodos) y apenas un 30% emplean análisis de sensibilidad de forma común, esto implica, que existen investigaciones donde aplican distintos modelos y técnicas pero no presentan procesos de validación adecuada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aghababayi, H., y Shafiei Nikabadi, M. (2021). An Integrated Fuzzy Model for Selecting Resilient Suppliers in Electronics Industry of Iran. *Logistics*, 5(4). <https://doi.org/10.3390/logistics5040071>
2. Ali, W., Shaheen, T., Toor, H. G., Akram, F., Uddin, M. Z., y Hassan, M. M. (2023). Selection of Investment Policy Using a Novel Three-Way Group Decision Model under Intuitionistic Hesitant Fuzzy Sets. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/app13074416>
3. Alojaiman, B. (2021). Toward Selection of Trustworthy and Efficient E-Learning Platform. *IEEE Access*, 9, 133889–133901. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3114150>
4. Al-Refaie, A., y Lepkova, N. (2025). A Fuzzy LARG Index for Assessing the Lean, Agile, Resilience, and Green Paradigms in Industrial Companies. *Sustainability (Switzerland)*, 17(5). <https://doi.org/10.3390/su17051863>
5. Aprilia, A., Syafril, Koestiono, D., Riana, F. D., y Maulidah, S. (2025). Measuring agri-fresh food sustainable supply chain risk: a study of tropical fruit in Indonesia utilising fuzzy-DEMATEL approach. *Cogent Social Sciences*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/23311886.2025.2549474>
6. Arredondo, J. M., Escobar-Jeria, V., y Peña, J. L. C. (2021). Business intelligence: Fuzzy logic in the risk client analysis. *International Journal of Business Intelligence and Data Mining*, 19(2), 153–169. <https://doi.org/10.1504/ijbidm.2021.117094>
7. Azmi, M., Satria, D., Sonatha, Y., Mulya, F. R., y Putra, D. S. (2023). A Group Decision Support System for Retail Product Sales: A Case Study in Padang, Indonesia. *International Journal on Informatics Visualization*, 7(3), 742–748. <https://doi.org/10.30630/joiv.7.3.1331>
8. Bilal, M., Alrasheedi, M. A., Aamir, M., Abdullah, S., Norrulashikin, S. M., y Rezaei, R. (2024). Pronóstico mejorado del precio y la producción de arroz en Malasia utilizando nuevos modelos multivariados de series temporales difusas. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-77907-4>
9. Canco, I., Kruja, D., y Iancu, T. (2025). Unified Decision-Making: Blending AHP and Fuzzy Logic for Technical, Economic, and Business Alignment. *IEEE Access*, 13, 195362–195378. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3632761>
10. Chekry, A., Bakkas, J., Hanine, M., Montero, E. C., de Marin, M. S. G., y Ashraf, I. (2024). PyDEMATEL: A Python-based tool implementing DEMATEL and fuzzy DEMATEL methods for improved decision making. *SoftwareX*, 28. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2024.101889>
11. Chen, S. C., Lai, M. C., Chu, C. H., Chen, H. M., y Nafei, A. (2024). Enhanced Supplier Evaluation in Digital Transformation: A BWM-Neutrosophic TOPSIS Approach for Decision-Making Under Uncertainty. *Studies in Informatics and Control*, 33(4), 95–104. <https://doi.org/10.24846/V3314Y202409>
12. Çizmecioğlu, S., Çalık, A., y Tirkolae, E. B. (2025). An integrated p,q-quasirung orthopair fuzzy decision-making approach for strategic selection of competitive intelligence platforms. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 158. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2025.111498>
13. Condor-Campos, B., Párraga-Panéz, A., Maximiliano-Velásquez, D. V., y Arrieta-Amaya, E. (2026). Análisis de las competencias matemáticas en la educación básica regular: una revisión sistemática. *Revista InveCom*, 6(2).
14. Devanda, M. D., y Utama, D. N. (2023). Group Decision Support Model for Tech-Based Startup Funding Using Multistage Fuzzy Logic. *Informatica (Slovenia)*, 47(6), 131–144. <https://doi.org/10.31449/inf.v47i6.4569>

15. Eshuis, R., Firat, M., y Kaymak, U. (2021). Modeling uncertainty in declarative artifact-centric process models using fuzzy logic. *Information Sciences*, 579, 845–862. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2021.07.075>
16. Fondo Monetario Internacional. (2024). *Informe sobre perspectivas económicas mundiales 2024*. Fondo Monetario Internacional. <https://www.imf.org>
17. Galdón Salvador, J. L., y Marín Díaz, G. (2024). Enhancing Business Decision Making through a New Corporate Reputation Measurement Model: Practical Application in a Supplier Selection Process. *Sustainability (Switzerland)*, 16(2). <https://doi.org/10.3390/su16020523>
18. George, N., Kadan, A. B., y Vijayan, V. P. (2023). Multi-objective load balancing in cloud infrastructure through fuzzy based decision making and genetic algorithm based optimization. *IAES International Journal of Artificial Intelligence*, 12(2), 678–685. <https://doi.org/10.11591/ijai.v12.i2.pp678-685>
19. Gómez-Caicedo, M. I., Gaitán-Angulo, M., Quintero, A., y Danna-Buitrago, J. P. (2022). Endogenous growth factors and their empirical verification in the Colombian business context by applying fuzzy measurement techniques. *Neural Computing and Applications*, 34(4), 3249–3261. <https://doi.org/10.1007/s00521-021-06492-8>
20. Hu, S., y Chen, A. (2025). Data-Driven Customer Retention Strategies in E-Commerce: A Fuzzy Z-Number Approach. *IEEE Access*, 13, 75384–75395. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3550190>
21. Huang, S. H., Shao, Z. R., y Tseng, Q. (2023). ERP Systems Evaluation Process Modeling for Decision-makers. *Journal of Management World*, 2023(3), 50–61. <https://doi.org/10.53935/jomw.v2023i3.252>
22. Iershova, N. Y., Portna, O. v., Davydov, D., Krivokapic, R., y Delibasic, M. (2024). Estabilidad financiera de las pequeñas y medianas empresas en una economía en crisis: los determinantes de la gestión. *Revista Montenegrina de Economía*, 20(2), 155–168. <https://doi.org/10.14254/1800-5845/2024.20-2.13>
23. Jia, Y., y Wang, Z. (2024). Application of artificial intelligence based on the fuzzy control algorithm in enterprise innovation. *Heliyon*, 10(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28116>
24. Kayacık, M., Dinçer, H., y Yüksel, S. (2022). Using quantum spherical fuzzy decision support system as a novel sustainability index approach for analyzing industries listed in the stock exchange. *Borsa Istanbul Review*, 22(6), 1145–1157. <https://doi.org/10.1016/j.bir.2022.10.001>
25. Khattak, B. K., Naseem, A., Ullah, M., Imran, M., y Ferik, S. el. (2022). Incorporating management opinion in green supplier selection model using quality function deployment and interactive fuzzy programming. *PLoS ONE*, 17(6 June). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268552>
26. Kozlov, A., y Noga, N. (2021). About Some Risks Associated with Subjective Factors, and the Methodology for their Assessment. *Review of Business and Economics Studies*, 9(3), 94–102. <https://doi.org/10.26794/2308-944X-2021-9-3-94-102>
27. Kumar, A., Dinesh, P., y Buradi, S. (2023). Strategic Management Theories in Startups Assessment: A Multicriteria Fuzzy Decision-making Approach. *Journal of Management World*, 2023(3), 19–28. <https://doi.org/10.53935/jomw.v2023i3.249>
28. Lo, H. W., Chang, D. S., y Huang, L. te. (2022). Sustainable Strategic Alliance Partner Selection Using a Neutrosophic-Based Decision-Making Model: A Case Study in Passive Component Manufacturing. *Complexity*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/9483256>
29. Luna Altamirano, K. A., Melean Romero, R. A., Andrade Cordero, C. F., y Orellana Orellana, C. P. (2025). Neural networks in credit assessment under uncertainty in small and medium-sized enterprises in Ecuador [Redes neuronales en la valoración crediticia bajo incertidumbre en pequeñas y medianas empresas de Ecuador]. *Revista de Ciencias Sociales*, 31(3), 313–333. <https://doi.org/10.31876/rcs.v31i3.44286>

30. Ma'rif, E. F., y Abadi, A. M. (2024). FUZZY APPLICATION (MAMDANI METHOD) IN DECISION-MAKING ON LED TV SELECTION. *Barekeng*, 18(2), 1117–1128. <https://doi.org/10.30598/barekengvol18iss2pp1117-1128>
31. Madanchian, M., y Taherdoost, H. (2025). Applications of Multi-Criteria Decision Making in Information Systems for Strategic and Operational Decisions. *Computers*, 14(6). <https://doi.org/10.3390/computers14060208>
32. Makhazhanova, U., Kerimkhulle, S., Mukhanova, A., Bayegizova, A., Aitkozha, Z., Mukhiyadin, A., Tassuov, B., Saliyeva, A., Taberkhan, R., y Azieva, G. (2022). The Evaluation of Creditworthiness of Trade and Enterprises of Service Using the Method Based on Fuzzy Logic. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(22). <https://doi.org/10.3390/app122211515>
33. Marín Díaz, G., y Galdón Salvador, J. L. (2023). Group Decision-Making Model Based on 2-Tuple Fuzzy Linguistic Model and AHP Applied to Measuring Digital Maturity Level of Organizations. *Systems*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/systems11070341>
34. Mayorga, D. J. Z., García, M. G. M., Yamuca, J. L. B., y Litardo, E. T. C. (2023). Análisis no paramétrico de la localización como factor de supervivencia de las empresas del sector comercial del Cantón Quevedo. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 8(1), 65-83.
35. Meechang, K., y Watanabe, K. (2023). Modeling to Achieve Area Business Continuity Management Implementation via a Fuzzy Cognitive Map. *Sustainability (Switzerland)*, 15(18). <https://doi.org/10.3390/su151813531>
36. Menekse, A., Ertemel, A. V., Akdag, H. C., y Gorener, A. (2023). Additive manufacturing process selection for automotive industry using Pythagorean fuzzy CRITIC EDAS. *PLoS ONE*, 18(3 March). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0282676>
37. Morales, W. G. B. (2022). Análisis de prisma como metodología para revisión sistemática: Una aproximación general. *Saúde em Redes*, 8(sup1), 339-360.
38. Morozko, N., Morozko, N., y Didenko, V. (2022). Applying the Theory of Fuzzy Logic in the Financial Management of Small Companies. *Montenegrin Journal of Economics*, 18(4), 49–60. <https://doi.org/10.14254/1800-5845/2022.18-4.5>
39. Osmak, Y. (2025). MODELIZACIÓN DEL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES SOBRE LA DEFINICIÓN DE PRIORIDADES DE TRABAJO EN CONDICIONES DE RECURSOS LIMITADOS: CASO DE UNA EMPRESA DE SERVICIOS. *Boletín de La Universidad Nacional Taras Shevchenko de Kiev.*, 80(1), 139–143. <https://doi.org/10.17721/1812-5409.2025/1.18>
40. Özaşkın, A., y Görener, A. (2023). An integrated multi-criteria decision-making approach for overcoming barriers to green supply chain management and prioritizing alternative solutions. *Supply Chain Analytics*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.sca.2023.100027>
41. Pazienza, M., de Jong, M., y Schoenmaker, D. (2026a). A Universal and Actionable Measure of Corporate Sustainability for Strategic Decision Making. *Business Strategy and the Environment*. <https://doi.org/10.1002/bse.70673>
42. Praveen Kumar, B., Padmavathy, T., Muthunagai, S. U., y Paulraj, D. (2024). An optimized fuzzy based FP-growth algorithm for mining temporal data. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 46(1), 41–51. <https://doi.org/10.3233/JIFS-223030>
43. Qu, J., Nasir, A., Khan, S. U., Nonlaopon, K., y Rahman, G. (2022). An Innovative Decision-Making Approach Based on Correlation Coefficients of Complex Picture Fuzzy Sets and Their Applications in Cluster Analysis. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/7389882>
44. Sekhi, I., Kovács, S., y Nehéz, K. (2025). Mejora de la toma de decisiones en dominios inciertos mediante sistemas de lógica difusa optimizados. *Periodica Polytechnica Ingeniería*

- Eléctrica y Ciencias de La Computación*, 69(1), 63–78. <https://doi.org/10.3311/PPee.38729>
45. Sudžum, R., Nestić, S., Aleksić, A., Komatina, N., Marinković, D., y Moljević, S. (2025a). The Determination Risk Level of Manufacturing Process Based on IF-TOPSIS and IF-Fuzzy Logic Rules. *Symmetry*, 17(9). <https://doi.org/10.3390/sym17091535>
 46. Tamimu, M. G., Zhao, S., Xu, Q., Zhang, J., y Yin, X. (2025). Pythagorean Fuzzy-AHP (PF-AHP) Approach for Emerging New Risk Evaluation in China-West Africa Digital Trade Collaboration. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 20(4). <https://doi.org/10.3390/jtaer20040327>
 47. Tiara, D., Sulistianingsih, E., Perdana, H., Satyahadewi, N., y Tamtama, R. (2023). APPLICATION OF FUZZY ANALYTICAL NETWORK PROCESS IN DETERMINING THE CHOICE OF AREAS OF INTEREST. *Barekeng*, 17(4), 2253–2262. <https://doi.org/10.30598/barekengvol17iss4pp2253-2262>
 48. Volosova, N., Stebliuk, N., Pylypenko, A., Riabovolenko, V., Nebaba, N., y Korneyev, M. (2025). DETERMINACIÓN DE POSICIONES COMPETITIVAS EN ACTIVIDADES DE MARKETING DE EMPRESAS DE RESTAURACIÓN MEDIANTE MODELADO MATEMÁTICO. *Actividad Financiera y Crediticia: Problemas de Teoría y Práctica*, 1(60), 309–322. <https://doi.org/10.55643/fcaptp.1.60.2025.4639>
 49. Wang, C. N., Thai, H. T. N., y van Thanh, N. (2022). Supplier Selection Fuzzy Model in Supply Chain Management: Vietnamese Cafe Industry Case. *Computers, Materials and Continua*, 72(2), 2291–2304. <https://doi.org/10.32604/cmc.2022.025477>
 50. World Economic Forum. (2023). *The future of jobs report 2023*. World Economic Forum. <https://www.weforum.org>
 51. Yiğit, F. (2023). A novel type-2 hexagonal fuzzy logic approach for predictive safety stock management for a distribution business. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-46649-0>
 52. Yu, Z. (2025). An Intelligent Approach for the Challenges in the Evaluation of Public Accountant Firms Under Uncertainties. *IEEE Access*, 13, 25387–25408. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3536498>
 53. 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)
 54. Zong, K., Yuan, Y., Montenegro-Marin, C. E., y Kadry, S. N. (2021). Or-based intelligent decision support system for e-commerce. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 16(4), 1150–1164. <https://doi.org/10.3390/JTAER16040065>