

INDUSTRIA 4.0 Y LAS REDES GLOBALES DE VALOR: ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA TOMA DE DECISIONES MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS MULTICRITERIO



Óscar Alejandro Vásquez Bernal¹
Woody Figueroa Peinado²

1 Docente Asociado. Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD. oscar.vasquez@unad.edu.co

2 Docente investigadora. Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO. woody.figueroa@uniminuto.edu

ANTECEDENTES

Con el fin de comprender la importancia del proceso de toma de decisiones en la metodología de análisis multicriterio frente a los diferentes enfoques de la Cuarta Revolución Industrial (Industria 4.0) y las redes globales de valor es importante realizar una revisión de los diferentes conceptos y teorías en que se fundamenta.

TOMA DE DECISIONES Y LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS MULTICRITERIO

En la vida diaria estamos enfrentados a tomar decisiones continuamente, tomando como base una serie de aspectos que el individuo debe considerar para dar cumplimiento a un objetivo trazado. En las organizaciones, el proceso de toma de decisiones puede estar enfocado a un grupo de personas de diferentes niveles jerárquicos, dada la importancia en el desarrollo de sus actividades, podrán establecerse decisiones de tipo estratégico, táctico u operativo, alineados a un objetivo común en la empresa. Dentro del proceso de toma de decisiones existen diferentes criterios que entran en conflicto con base en unas alternativas que el decisor contempla para enfocarse en satisfacer un objetivo determinado.

En el proceso de toma de decisiones se presentan varios actores y elementos de actuación que involucran analizar los beneficios, costos y oportunidades. En el desarrollo de proyectos se presentan aspectos que generan incertidumbre, donde el decisor requiere determinar, a partir del análisis de la información disponible, la decisión más adecuada que cumpla con unos objetivos en una organización.

Dependiendo de la complejidad del proyecto, se puede presentar que la decisión no sea solo de una persona sino de un equipo de trabajo, donde se requiere un consenso para el cumplimiento del objetivo deseado.

El análisis de decisión multicriterio es una técnica que tiene en cuenta los criterios que entran en conflicto y las compara con un conjunto de alternativas de solución para enfocarse en el cumplimiento de un objetivo o meta. Este conjunto de alternativas se denomina “conjunto de elección”. Para escoger dentro de ese conjunto de elección, el decisor tiene diversos puntos de vista denominados criterios (Barba-Romero y Pomerol, 1997).

Vásquez-Bernal, (2019) cita a Barba-Romero y Pomerol, (1997), el decisor debe tomar una decisión frente a un conjunto finito de alternativas comparables que están en un conjunto de elección. Las características tanto cualitativas como cuantitativas que describen esas alternativas se denominan atributos y cuando esos atributos definen las preferencias del decisor, los atributos se convierten en criterios. Un criterio expresa con mayor o menor precisión las preferencias del decisor con respecto al atributo.

Existen diferentes metodologías relacionadas con la recolección y organización de información, la comparación de los diferentes aspectos a considerar en la decisión (criterios) a partir de unas iniciativas de solución (alternativas), con el fin de dar cumplimiento a una meta o un objetivo establecido. La metodología de análisis multicriterio es ampliamente utilizada, dada su aplicación en diferentes contextos de toma de decisiones.

Por otra parte, se presentan múltiples técnicas relacionadas con la metodología de análisis multicriterio que facilitan su manejo y operación; no obstante, se han presentado discusiones de su amplio número, que se considera confuso para muchos investigadores. Esta preocupación ha sido analizada por Saaty y Ergu, (2015), en el cual indican que existen cerca de 100 métodos (o técnicas) y han sido aplicadas, de las cuales proponen 16 técnicas. Los autores consideran que, una de las formas de establecer la técnica más adecuada es por medio de responder la pregunta ¿qué método es más confiable para dar la respuesta correcta? Para ello, es importante considerar las características del decisor (experiencia, conocimiento del problema, las preferencias de decisión) y el tipo de decisión con base en cuatro aspectos (Saaty y Ergu, 2015):

- Buena comprensión de un problema de elección para minimizar la duda y la incertidumbre.
- Una estructura completa que represente todos los factores que intervienen en los criterios y alternativas.

- Una o varias escalas cardinales de medición para representar los juicios.
- Prioridades derivadas de los juicios numéricos.

No importa qué tipo de técnica de análisis multicriterio sea utilizada, una decisión involucra la definición de criterios y evaluación de alternativas por cada criterio (Saaty y Ergu, 2015). Análogamente, otros aspectos a considerar en la escogencia de una técnica están relacionadas con la simplicidad de ejecución (fácil de desarrollar), una estructura comprensiva (alcance y exhaustividad), una estructura comprensiva que involucre subestructuras de mérito dentro de la influencia del BOCR (Beneficio, Oportunidad, Costo, y Riesgo) desde las perspectivas en lo político, social, económico, legal, ambiental, tecnológico y militar (Saaty y Ergu, 2015).

A partir de esta ilustración, para el desarrollo del proyecto se considera el uso de la técnica del proceso de análisis jerárquico (Analytical Hierarchy Process), dadas sus amplias aplicaciones en la ingeniería y su aplicación en la logística y sus áreas específicas.

MARCO CONCEPTUAL

Con el fin de enfocar la investigación en los temas relacionados con la metodología de análisis multicriterio, es pertinente conocer algunos conceptos relacionados. Tomando como base a Barba-Romero y Pomerol, (1997), citado por Vásquez Bernal, (2019):

- Decisor: es el individuo o el conjunto de personas que están enfrentadas a la toma de decisiones; también puede entenderse como los sujetos encargados de analizar una decisión. Por ejemplo, la persona (investigador del proyecto) o grupo de expertos que analizan las diferentes alternativas y los criterios para tomar la decisión.
- Analista / Facilitador: es el individuo que realiza el modelamiento de la situación objeto de estudio, efectúa las observaciones y recomendaciones relacionadas con los resultados presentados en el análisis. Por ejemplo, la persona (investigador del proyecto) que realiza los respectivos cálculos, y análisis de características por medio de una metodología establecida previamente.

- Alternativas: son las diferentes posibilidades de elección que tiene el decisor para satisfacer la decisión, las cuales son comparables entre sí, porque presentan características propias para el análisis.
- Atributos: son aquellas características que describen a las alternativas. Describen los rasgos diferenciadores de las alternativas.
- Criterios: son las preferencias de un decisor incluidas en un atributo. Es la información que el decisor debe aportar en relación con los atributos de las alternativas.
- Conjunto de elección: es el conjunto de alternativas comparables que el decisor tiene a disposición.
- Matriz de decisión: es la interrelación entre las cualidades de las alternativas y las características de los atributos, cuyo resultado es la evaluación entre las alternativas y los criterios.
- Meta: el Diccionario de la Real Academia Española (2017), la define como el fin hacia donde se dirigen las acciones. Presenta una relación muy fuerte con los objetivos teniendo en cuenta que la meta indica hacia dónde se quiere llegar, mientras que el objetivo establece cómo se dirigirán las acciones para el cumplimiento de la meta.
- Objetivos: los propósitos que especifican lo que se espera lograr, por lo tanto, el conocimiento de los objetivos es esencial para una toma de decisiones acertada, y esta noción es ampliamente aceptada por los investigadores y profesionales de la ciencia de la decisión (Bond, Carlson, Keeney, 2010).

Los sistemas de medición del desempeño de la cadena de suministro son fundamentales para evaluar el grado de desarrollo en función de las necesidades de integración, la incorporación tecnológica, la tercerización de las operaciones en el marco de la globalización; fundamental para evaluar la eficiencia de la gestión de la cadena de suministro. Existen tres aproximaciones a los sistemas de medición, desde la perspectiva, desde los procesos y desde la jerarquía. (Balfaqih H. *et al*, 2016).

Las técnicas más utilizadas para determinar los sistemas de medición son: Método Delphi o encuestas, AHP (Proceso de análisis jerárquico – Analytic Hierarchy Process),

Análisis de incertidumbres, DEA (análisis envolvente de datos, Data Envelopment Analysis), Simulación, ANP (Proceso de Analítico en Red – Analytic Network Process). Es recomendable que la definición de métricas se realice con el equipo de *stakeholders* o grupos de interés de allí la relevancia de las técnicas de método Delphi y AHP. (Balfaqi H. *et al*, 2016).

La metodología de análisis de decisiones multicriterio ayuda a enfocar un problema por medio de unos pasos que estructuran la información de forma sistemática a través de un objetivo, unos criterios y unas alternativas a considerar por el decisor, el cual establece la importancia de los atributos y les otorga preferencia a las diferentes posibilidades de elección. De otro lado las técnicas utilizadas dentro de la metodología extienden un abanico de posibilidades para utilizar la herramienta más adecuada para estructurar el problema que ayude a la toma de decisiones más acertada reduciendo la incertidumbre.

Con base en los conceptos anteriores, se realiza una revisión sistemática de la teoría relacionada con la metodología de análisis multicriterio, sus aplicaciones y enfoques.

REVISIÓN DEL ESTADO DE CONOCIMIENTO: UNA EXPLORACIÓN DE LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE DECISIONES MULTICRITERIO

El análisis de decisiones multicriterio aborda los conceptos, métodos y técnicas que ayudan a los individuos o grupos de interés a tomar decisiones que generan puntos en conflicto de los diferentes puntos de vista de las partes interesadas (Belton y Stewart, 2002). A pesar de la existencia de una literatura científica relacionada con el

análisis de decisiones multicriterio, las herramientas y los métodos siguen siendo en gran medida desconocidos para los científicos, técnicos y gerentes a todos los niveles (Barba-Romero y Pomerol, 1997).

Diversos autores han desarrollado revisiones del estado de conocimiento en cuanto a la aplicación de la metodología de análisis multicriterio y de una de sus técnicas, el proceso de análisis jerárquico (Analytical Hierarchy Process) para la toma de decisiones en la gestión de proyectos, estrategia de operaciones, diseño de productos y procesos, planeación y programación de recursos, gestión de la cadena de suministro (Subramanian y Ramanathan, 2012). De otra parte, es posible hacer la integración de la técnica AHP con otras técnicas, aplicaciones y áreas específicas de aplicación según Ho, (2008), siendo en mayor porcentaje en la logística y las áreas relacionadas con la selección de rutas de transporte, selección de proveedores y subcontratistas, selección y ubicación de almacenes, así como la selección de planes de programación.

Con el fin de efectuar una revisión actualizada y determinar nuevos referentes teóricos relacionados con el análisis multicriterio, se realiza una metodología de búsqueda sistemática en las bases de datos de revistas indexadas de SCOPUS y Science Direct, con base en palabras clave determinadas para la construcción de un algoritmo de búsqueda.

Las primeras palabras clave utilizadas son “MCDA” y “Logistics”; en SCOPUS se presentan 46 títulos desde los años 2010 a 2020. Realizando la depuración de información teniendo en cuenta los últimos cinco años (2015 a 2020) y algunas particularidades con las abreviaturas, se encuentran 29 títulos relacionados principalmente con modelos de pronóstico (Boutkhoum, Hanine, Tikniouine, Agouti, 2016); selección de proveedores de logística inversa (Guarnieri, Sobreiro, Nagano, Marqués Serrano, 2015); medición de la sostenibilidad de puertos secos (Awad-Núñez, González-Cancelas, Soler-Flores, Camarero-Orive, 2015); análisis financiero y ambiental para la viabilidad del suministro mundial de biomasa para la producción de biocombustibles a partir de la caña de azúcar (Reeb, Venditti, González, Kelley, 2016); estudio comparativo para el mapeo de zonas susceptibles de deslizamientos mediante técnicas combinadas GIS, MCDA, regresión logística (Erener, Mutlu, Sebnem Düzgün, 2016); aplicación de análisis de decisiones multicriterio en logística verde (Watróbski, 2016); modelo de decisión para la localización de almacenes de emergencia bajo modelos estocásticos y análisis multicriterio (He, Feng, Hu, Liang, 2017); estrategias de valorización de residuos de alimentos por medio de técnicas combinadas AHP y GIS (San Martín, Orive, Martínez, *et al.*, 2017); evaluación y selección de ERP mediante modelos de aná-

lisis multicriterio (Pereira, Ferreira, 2017); evaluación de vehículos eléctricos para el transporte refrigerado usando análisis multicriterio (Watróbski, Matecki, Kijewska, *et al.*, 2017); evaluación de desempeño de los procesos logísticos en hospitales en Brasil (Longaray, A., Ensslin, L. *et al.*, 2018); distribución de bienes mediante el análisis del desempeño bajo técnicas AHP y DEMATEL (Kijewska, K., Torbacki, W., Iwan, S., 2018), estudios empíricos de varios métodos de normalización para la selección de la localización de un aeropuerto (Pereira, T., Ferreira, F.A., Araújo, C., 2019); evaluación de la sostenibilidad de logística de última milla y estrategias de distribución en las redes de alimentos (Melkonyan, A., Gruchmann, T., Lohmar, F., Kamath, V., Spinler, S., 2020); priorización de barreras a resolver para la implementación de logística de reversa de desperdicios electrónicos en Brasil bajo análisis multicriterio (Vieira, B.O., Guarnieri, P., E Silva, L.C., Alfinito, S., 2020).

Con el fin de ampliar la búsqueda y evitar algunos problemas con el significado de palabras clave, se refina la búsqueda con las palabras clave “Logistics y MCDM” en la base de datos SCOPUS y por medio de la aplicación Bibliometrix y Biblioshiny se realiza el análisis de la información. De la búsqueda se obtienen 232 documentos en un periodo de tiempo del 2005 a 2021 (Tabla 1).

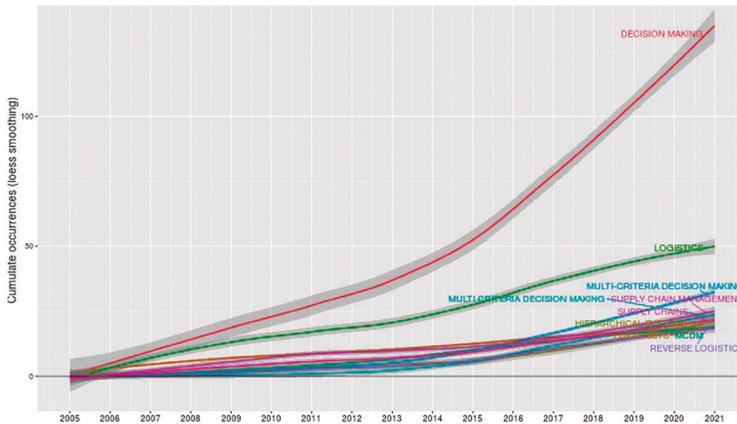
Tabla 1. Información principal de la búsqueda en Scopus

Franja de tiempo de búsqueda	2005-2021
Tipos de documentos	232
Artículos	160
Libros	1
Capítulos de libro	7
Documentos de conferencia (Memorias)	52
Documentos de revisión de conferencias	3
Editoriales	2
Revisiones	7
Autores	543
Documentos de un solo autor	26
Documentos de múltiples autores	517
Autores por documento	2,34
Coautores por documento	2,92
Índice de colaboración	2,58

Nota: Resultados de la búsqueda de Scopus para la ecuación de búsqueda “Logistics” y “MCDM” en el período 2005 al 2021.

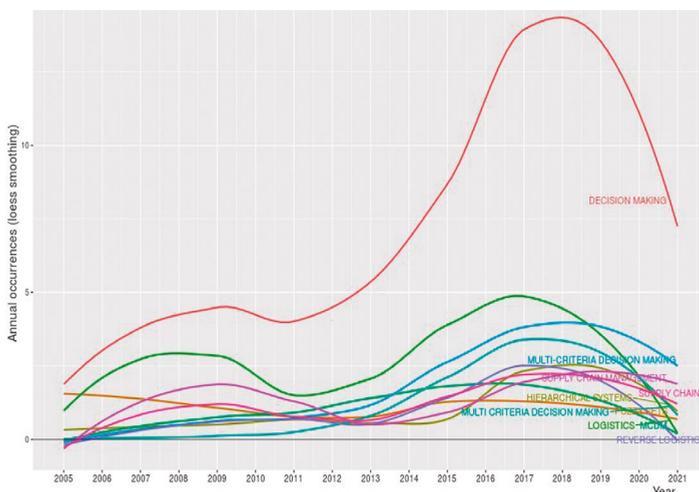
Por otra parte, se realiza el análisis de los temas de mayor importancia observándose que las palabras como “decision making”, “logistics” y “multicriteria decision making” son las que generan mayor impacto acumulado en la búsqueda. (Figura 1). Análogamente se realiza el análisis de la importancia de los temas por año, en donde se observa una tendencia incremental en los temas de “decision making” y “logistics” (Figura 2).

Figura 1. Importancia de los temas acumulada



Nota: Importancia de los términos decision making y logistics. Tomado del software: Bibliometrix, 2021.

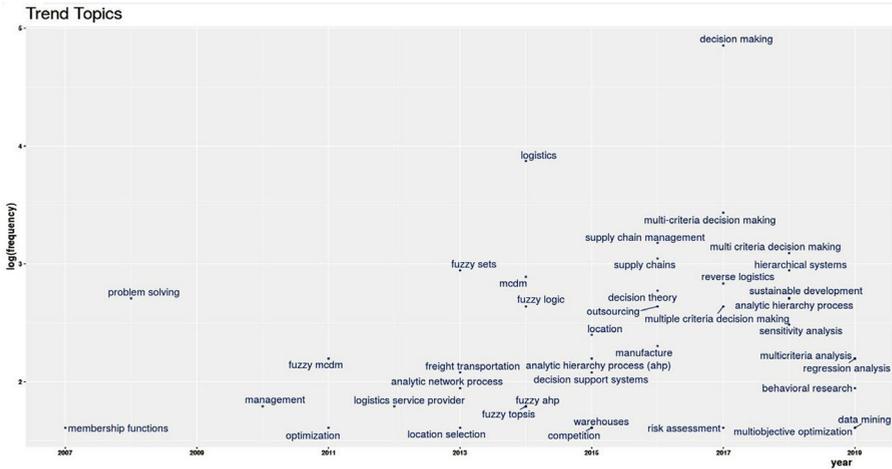
Figura 2. Comportamiento de la importancia de los temas por año de publicación



Nota: Importancia acumulada por años de los de los términos decision making y logistics. Tomado del software: Bibliometrix, 2021.

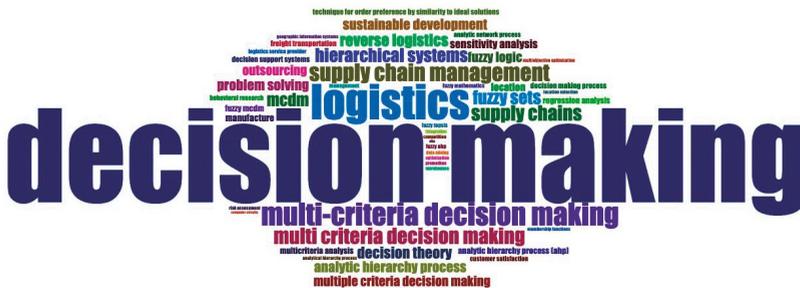
La tendencia de búsqueda indica que el término “decision making” presenta mayor cantidad de veces en los últimos cinco años, seguida por “Logistics” y “Multicriteria Decision Methods”. La dispersión de la frecuencia y tendencia de las palabras clave, se observa en la figura 3 y análogamente en el gráfico de nube de palabras (Figura 4).

Figura 3. Frecuencia y tendencia de las palabras clave



Nota: Importancia acumulada por años de los términos relacionados con decision making y logistics. Tomado del software: Biblioshiny, 2021.

Figura 4. Nube de palabras



Nota: Importancia de los de los términos relacionados con decision making y logistics expresado en nube de palabras. Tomado del software: Biblioshiny, 2021.

Manteniendo los parámetros de búsqueda anteriores, en la base de datos de Science Direct la búsqueda genera 326 documentos. Se realiza una revisión preliminar de aquellos artículos relacionados con la aplicación de análisis multicriterio, desempe-

ño logístico, metodología y perspectivas de los *stakeholders*, aplicaciones tecnológicas, gestión de la cadena de suministro inversa sostenibilidad social análisis multiatributo en grupos de toma de decisiones resiliencia en las cadenas de suministro y riesgos en la cadena de suministro en 56 artículos, de los cuales se analizan en detalle 31 artículos.

Los artículos de mayor relevancia están enfocados en el desarrollo de redes de suministro regenerativas sostenibles (de Souza; Bloemhof-Ruwaard; Borsato, 2019), resolución de problemas complejos multicriterio con la presencia de información no determinística (Sawicka, 2020), aplicación de ISO 31000 como procedimiento sistemático para la gestión del riesgo en redes de suministro (Rebula de Oliveira; Silva Marins; Martins; Pamplona, Valerio; 2017), revisión sistemática sobre sistemas de soporte de decisiones en la gestión de residuos sólidos usando tecnologías de la información e investigación de operaciones (de Souza; Montenegro González; Faceli; Casadei, 2017), revisión sistemática del diseño de red de las cadenas de suministro (Eskandarpour; Dejax; Miemczyk; Péton; 2015), gestión de redes de riesgo de la cadena de suministro - SCRNM (Qazi,; Dickson; Quigley; Gaudenzi; 2018), evaluación de la sostenibilidad social de las organizaciones dentro de la gestión de la cadena de suministro (D'Eusanio; Zamagni; Petti; 2019), uso de los métodos del MCDA en la evaluación de los proyectos de transporte (Macharis; Bernardini; 2015), el rol de los *stakeholders* y su participación (de Gooyert; Rouwettea; van Kranenburga; Freemanb; 2017), selección de proveedores resilientes en la logística 4.0 (Hasana; Jianga; Ullahb; E-Alama; 2020), modelos cuantitativos para la gestión de riesgo de la cadena de suministro (Fahimniaa; Tang; Davarzani; Sarkis; 2015), la medición de la importancia del índice de desempeño logístico usando una técnica de análisis multicriterio (Rezaei; van Roekel; Tavasszy; 2018), los niveles de madurez de la logística 4.0; la inteligencia artificial, sus tendencias y perspectivas futuras (Oleśków-Szłapkaa; Wojciechowska; Domańska; Pawłowskib; 2019), marco generalizado de la selección de métodos multicriterio (Watróbski; Jankowski; Ziembaa; Karczmarczyk; Ziółoa; 2019), diseño y evaluación de soluciones de transporte global de carga, un caso de estudio de Polonia (Zak; Galinska; 2018), análisis y evaluación de las tres dimensiones de la sostenibilidad por medio de un estudio Delphi (Gbededoa; Liyanagea; 2020).

A partir de esa revisión se encuentran dos artículos que impactan de forma importante la investigación: La medición de la importancia del índice de desempeño logístico usando una técnica de análisis multicriterio (Rezaei; van Roekel; Tavasszy; 2018) y los niveles de madurez de la logística 4.0; la inteligencia artificial, sus tendencias y perspectivas futuras (Oleśków-Szłapkaa; Wojciechowska; Domańska; Pawłowskib;

2019). Estos autores ratifican la importancia de utilizar metodologías para la toma de decisiones y su enfoque hacia las redes de valor y la logística.

APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE DECISIONES MULTICRITERIO, EL ÍNDICE DE DESEMPEÑO LOGÍSTICO E INDUSTRIA 4.0

Este apartado tiene como propósito determinar la relación existente entre el índice de desempeño logístico (LPI por sus siglas en inglés), las tendencias de la industria 4.0 y la metodología de análisis multicriterio. A partir de la revisión sistemática de la teoría se encuentran artículos de interés relacionados con la temática, los cuales han sido analizados, contrastándolos con la revisión de los conceptos que los diferentes gremios, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales nacionales e internacionales tienen acerca de la temática objeto de análisis.

Rezaei *et al.*, (2018), realizan un análisis de la importancia en la medición del índice de desempeño logístico a partir de la revisión sistemática del índice de desempeño logístico de los años 2010, 2012, 2014 y 2016 (Arvis *et al.*, 2016) con el fin de priorizar los componentes que generan mayor impacto en la competitividad de las naciones en el aspecto logístico. Rezaei *et al.*, (2018), indican que en la literatura existente no hay información suficiente para establecer una ponderación de pesos que otorguen la importancia de cada uno de los componentes de LPI; por lo tanto, plantean su análisis en la aplicación del método “Best Worst Method” (BWM) para la identificación de los pesos de los componentes de LPI. Dada la profundidad de los resultados en la aplicación del método en una población de 539 expertos de universidades y 536 expertos profesionales en 6 diferentes continentes de los cuales 107 encuestas han sido respondidas, un número importante de expertos a nivel global han sido contactados, especialmente ubicados en los países de alto ingreso. Entretanto, al revisar los resultados, en los países de los grupos de bajos ingresos fueron pocos los expertos

consultados. Esto es una oportunidad para profundizar el estudio en un país como Colombia.

Con respecto a la revolución de la industria 4.0, las tendencias y nuevas perspectivas con la gestión de materiales y flujos de información para la integración de redes de suministro globales complejas aún están separados de la logística y al integrarlo con esta, como logística 4.0 mejora en los procesos de transporte y almacenaje dado el intercambio de información entre las partes interesadas del sistema logístico (Oleśków-Szłapkaa, *et al.*, 2019). Del mismo modo, la inteligencia artificial ha sido vista como la fuerza motriz de la industria 4.0 y la logística 4.0, mediante el rol transformador en la generación de la economía y la sociedad a partir de los sistemas cognitivos y el aprendizaje de máquina (Fraunhofer Institute, 2019 citado por Oleśków-Szłapkaa, *et al.*, 2019). Así las cosas, la evaluación de los niveles de madurez frente a la tendencia de la logística 4.0 es un tema que ha motivado a los autores (Oleśków-Szłapkaa, *et al.*, 2019).

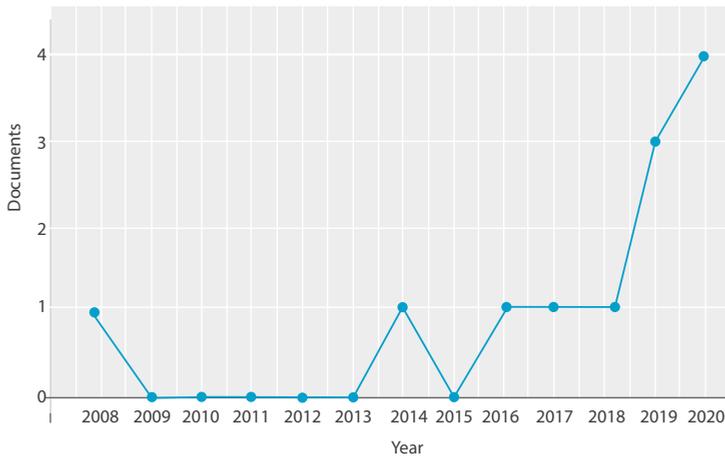
ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA LA TOMA DE DECISIONES (MCDM) Y LAS REDES GLOBALES DE VALOR

La metodología de análisis multicriterio es ampliamente aplicada para el análisis de toma de decisiones y, en combinación con otras técnicas, refinan la aplicación en los diferentes campos de la ingeniería otorgando capacidad de análisis, que a su vez se ha venido aplicando de manera creciente para medir el desarrollo y desempeño de la cadena de suministro y los modelos de gestión como un enfoque investigativo promisorio (Figuroa-Peinado, Vásquez-Bernal, Pinzón-Hoyos, Díaz-Pulido y Gómez-Méndez, 2021).

Se hace una primera exploración en base de datos con la ecuación de búsqueda “Global Value Chain” y MCDM “Multicriteria Decision Making”, filtrando la búsqueda

en Scopus desde el 2008. En la figura 5 se observa la revisión y obtención de 12 documentos con publicaciones desde el 2008 hasta el 2020, siendo este último año con mayor producción, con 4 artículos (Figuroa-Peinado, Vásquez-Bernal, Pinzón-Hoyos, Díaz-Pulido y Gómez-Méndez, 2021).

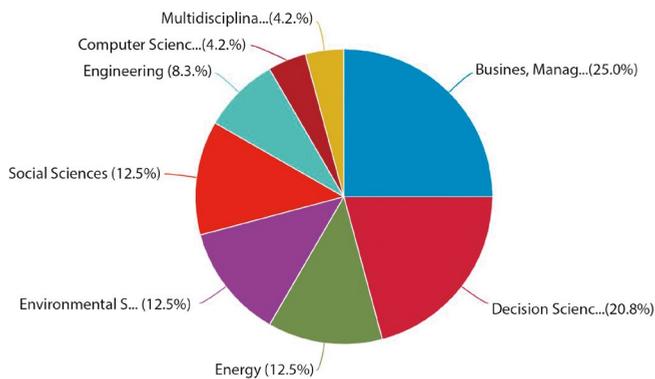
Figura 5. Producción Científica Criterio “Global Value Chain” and MCDM



Nota: Comportamiento de la producción científica en la ecuación de búsqueda “Global Value Chain” and MCDM. Tomado de: SCOPUS (2020).

Las áreas de conocimiento corresponden a gestión empresarial, ciencias de decisión, energía, ciencias ambientales, ciencias sociales, ingeniería, ciencias computacionales y multidisciplinario (Figura 6).

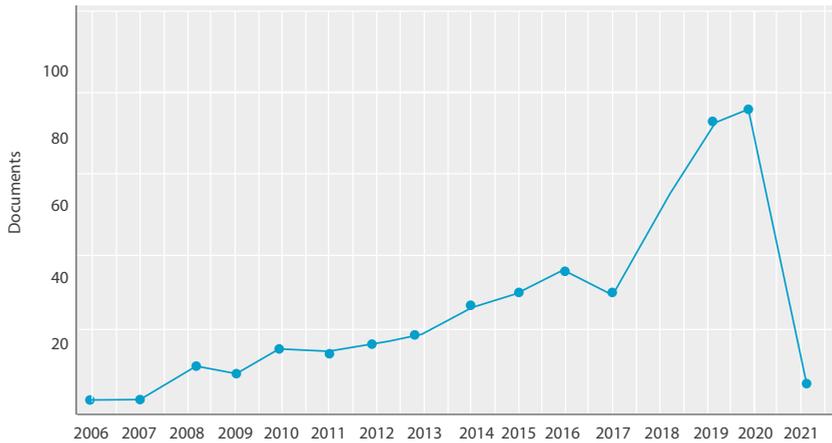
Figura 6. Áreas de Conocimiento “Global Value Chain” and MCDM



Nota: Áreas de conocimiento de la producción científica en la ecuación de búsqueda “Global Value Chain” and MCDM. Tomado de: SCOPUS (2020).

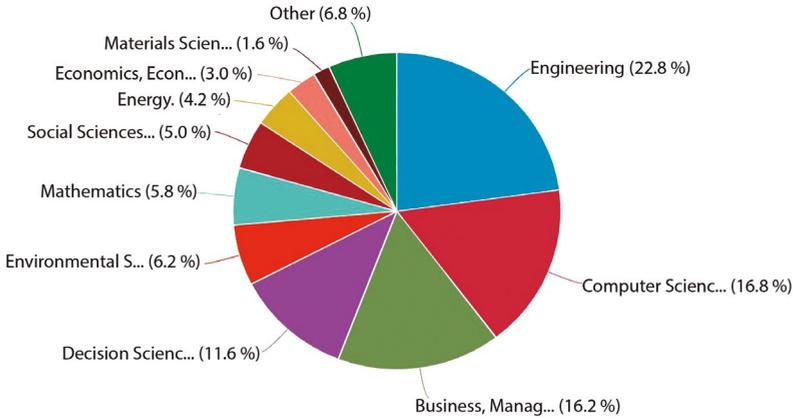
El concepto de red global de valor a partir de la búsqueda se asocia más bien a *supply chain*. De esta manera se hace una segunda exploración con la ecuación de búsqueda “*Supply Chain* “and “*MCDM*”, en la cual se encuentran 493 documentos, encontrando publicaciones desde el 2006 hasta el 2021 (Figura 7).

Figura 7. Producción Científica Criterio “*Global Value Chain*” and *MCDM*



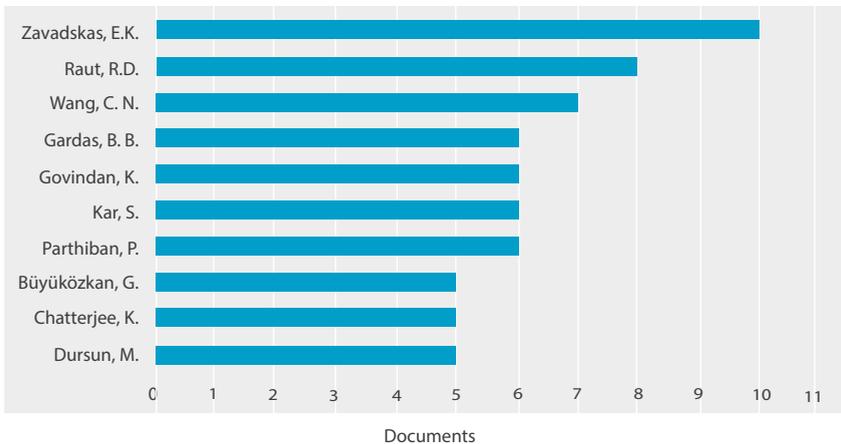
Nota: Áreas de conocimiento de la producción científica en la ecuación de búsqueda “*Global Value Chain*” and *MCDM*. Tomado de: SCOPUS (2020).

Las áreas de conocimiento en donde se concentra la investigación a partir de esta ecuación de búsqueda son: ingeniería (22,8 %), ciencias computacionales (16,8 %), gestión y negocios (16,2 %), ciencias de decisión (6,2 %) y ciencias ambientales (6,2 %). Figura 8.

Figura 8. Áreas de Conocimiento “Supply Chain” and MCDM

Nota: Áreas de conocimiento de la producción científica en la ecuación de búsqueda “Supply Chain” and MCDM. Tomado de: SCOPUS (2020).

A continuación, se indica el top 10 de autores según esta ecuación de búsqueda, destacándose en el top 5, Zavadskas, E.K., con 10 publicaciones, Raut, R.D., con 8 publicaciones, Wang, C.N. con 7 publicaciones, Gardas, B. B. y Govindan, K. cada uno con 6 publicaciones (Figura 9).

Figura 9. Top 10 autores “Supply Chain” and MCDM

Nota: Producción científica por autores más representativos en la ecuación de búsqueda “Supply Chain” and MCDM. Tomado de: SCOPUS (2020).

Posteriormente se realiza una nueva búsqueda refinada, con las publicaciones más recientes desde el 2015 para lo cual la búsqueda se reduce a 352 documentos, con lo cual se realiza revisión de documentos destacando las publicaciones que aportan más contenido para el objeto de investigación. (Figueroa-Peinado, Vásquez-Bernal, Pinzón-Hoyos, Díaz-Pulido y Gómez-Méndez, 2021)

Govindan, Mangla, y Luthra (2017), definen y priorizan indicadores para medir el desempeño de la cadena de suministro utilizando análisis de jerarquía de procesos AHP aplicado al caso de empresas manufactureras en India. Los pasos desarrollados son en primer lugar la identificación de las tendencias sobre indicadores de desempeño de la cadena de suministro basado en literatura y a partir de allí, definición de indicadores y dimensiones; posteriormente se realiza la recolección de información en empresas, luego la selección de los indicadores más comunes basado en el juicio de expertos y, por último, análisis y selección final de indicadores priorizados aplicando la aproximación del análisis difuso de jerarquía de procesos. (Figueroa-Peinado, Vásquez-Bernal, Pinzón-Hoyos, Díaz-Pulido y Gómez-Méndez, 2021)

Los indicadores de gestión se categorizan en 6 dimensiones: colaboración e intercambio de información, gestión de relaciones con el cliente (CRM), competitividad, nivel organizacional, innovación y confiabilidad de la cadena de suministro. Los hallazgos en niveles de priorización definidos por pesos, así como el conjunto de indicadores seleccionados se indican a continuación (Tabla 2).

Tabla 2. Dimensiones MCDM y AHP de indicadores para medir el desempeño de la cadena de suministro.

Dimensión/ peso	Indicadores
<p>1. COLABORACIÓN 0,2349</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad orientada a la selección de proveedor. • Colaboración estratégica en la red de suministro (proveedores, clientes, comercializadores). • Gestión de relaciones en compras y aprovisionamiento. • Integración de actividades en la red de suministro (ventas, finanzas, producción, compras). • Programas de mejoramiento de desempeño de proveedores. • Coordinación entre los miembros de la red de suministro. • Confianza entre los miembros.

Dimensión/ peso	Indicadores
2. NIVEL ORGANIZACIONAL 0,2055	<ul style="list-style-type: none"> • Compromiso para la gestión. • Planeación de objetivos estratégicos. • Involucramiento de expertos para la incorporación tecnológica. • Visión y políticas organizacionales. • Competencia de la fuerza laboral y programas de entrenamiento. • Incentivos financieros. • Involucramiento de empleados. • Apoyo para la incorporación tecnológica.
3. CRM 0,1862	<ul style="list-style-type: none"> • Satisfacción de clientes. • Lealtad de clientes. • Gestión de servicio al cliente. • Rentabilidad de servicio al cliente.
4. COMPETITIVIDAD 0,148	<ul style="list-style-type: none"> • Efectividad de sistemas de información (EDI, ERP, CODE BAR, RFID). • Alto rendimiento y precisión de entregas. • Optima utilización de recursos. • Gestión del Lead time. • Gestión de la rotación del inventario. • <i>Benchmarking</i>.
5. CONFIABILIDAD 0,1315	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de la Orden. • Gestión de la Demanda. • Flexibilidad de la Cadena de suministro. • Gestión del flujo de productos. • Agilidad.
6. INNOVACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de nuevos productos y comercialización. • Compartiendo riesgos en la cadena de suministro. • Conformación de equipos dinámicos, cross-funcionales e interconectados. • Introducción de tecnologías en la cadena de suministro. • Mejoramiento de nuevos procesos de negocio. • Integración sostenible.

Nota: Dimensiones e indicadores para medir el desempeño logístico aplicando la metodología de análisis multicriterio y la técnica de análisis de jerarquía de procesos. Basado en: Govindan, Mangla, y Luthra (2017).

Por su parte, Agrawal, Mohanty, Agrawal, A.M, (2020), analizan los factores que inciden en la gestión de la cadena de suministro y el impacto de sus interrelaciones, se utiliza la técnica MCDM, y el modelo Dematel. Por su parte, Büyüközkan, Güler, Mukul, (2019), miden la madurez de la *supply chain* a partir de la analítica de datos y MCDM. De otro lado, Abdel-Basset, Mohamed, Zaied, Gamal, y Smarandache, (2020)

abordan el método Plithogenic que permite hacer comparaciones entre los diferentes decisores aplicando la técnica MCDM, analizan problemas de localización de un centro de distribución y evaluación de una planta de producción (Figuroa-Peinado, Vásquez-Bernal, Pinzón-Hoyos, Díaz-Pulido y Gómez-Méndez, 2021).

Otros autores, como Surahman, Viddy, Fanany Onnilita Gaffar, Haviluddin, y Saleh Ahmar, (2018) analizan atributos para la toma de decisiones en la cadena de suministro aplicando MCDM buscando un modelo *Lean y Agile*. A su vez, Banasik, Bloemhof-Ruwaard, Kanellopoulos, Claassen, y van der Vorst, (2018), incorporan parámetros de incertidumbre para establecer los *trade - offs* o intercambios entre los criterios sociales, económicos y ambientales en *supply chain* utilizando MCDM, estableciendo dos criterios de decisión, desde el componente económico y el componente ambiental. Siendo las alternativas, la planeación de la distribución, la planeación del aprovisionamiento y la gestión del inventario (Figuroa-Peinado, Vásquez-Bernal, Pinzón-Hoyos, Díaz-Pulido y Gómez-Méndez, 2021).

Desde la perspectiva de proveedores o actores en la red de suministro, Kaur, Singh, y Majumdar, (2018), establecen la optimización en costos en la cadena de suministro para tomar decisiones sobre cuando contratar servicios *outsourcing* o servicios *off-shore*, creando un modelo cuantitativo integrado de decisión de operaciones *off-shore* (internacionalización de proveedores) y el *outsourcing* (tercerización de operaciones, con proveedores locales) aplicando la metodología de análisis multicriterio y el análisis de jerarquía de procesos. El modelo identifica la conveniencia de un producto para ser producido en diferentes locaciones geográficas de manera eficiente y efectiva. De esta manera, las decisiones de localización de operaciones están sujetas a la volatilidad y el tipo de industria (Figuroa-Peinado, Vásquez-Bernal, Pinzón-Hoyos, Díaz-Pulido y Gómez-Méndez, 2021).

Los criterios de decisión definidos para seleccionar una proveedor global o local se agrupan en siete categorías, la tecnología, el mercado, la confiabilidad, el componente financiero, la flexibilidad, la innovación y la flexibilidad. Que a su vez se dividen en subcriterios para realizar la comparación de alternativas (Tabla 3).

Tabla 3. Criterios para la toma de decisiones en la conformación de proveedores locales y globales en la cadena de suministro

Criterios	Sub- criterios
TECNOLOGÍA	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidades técnicas y tecnológicas. • ERP
MERCADO	<ul style="list-style-type: none"> • Reputación. • Localización geográfica.
CONFIABILIDAD	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de respuesta. • Confiabilidad de producto. • Confiabilidad en la entrega. • Soporte de ingeniería. • Certificación de Calidad. • Soporte posventa.
FINANCIERO	<ul style="list-style-type: none"> • Costos del producto. • Gestión costos logísticos. • Salud Financiera. • Precios.
FLEXIBILIDAD	<ul style="list-style-type: none"> • Producción flexible.
INNOVACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Programas de mejoramiento continuo.
SOSTENIBILIDAD	Responsabilidad social y ambiental.

Nota: Dimensiones e indicadores para la toma de decisiones en la conformación de proveedores locales y globales en la cadena de suministro aplicando la metodología de análisis multicriterio y la técnica de análisis de jerarquía de procesos. Basado en: Kaur, Singh, y Majumdar (2018).

Otros autores analizan la gestión del riesgo en la cadena de suministro; es así como Chatterjee y Kar. (2016), analizan la vulnerabilidad en la selección de proveedores *off-shore* para la *supply chain* en el sector de la electrónica, aplicando la MCDM considerando criterios de riesgos ambientales, suministro, de la demanda, del proceso, riesgos en el control y en el aseguramiento (Figueroa-Peinado, Vásquez-Bernal, Pinzón-Hoyos, Díaz-Pulido y Gómez-Méndez, 2021).

La globalización hace la cadena de suministro más vulnerable a eventos no esperados; de allí la importancia de seleccionar proveedores resilientes en la toma de decisiones. Según Svenson citado por Mohamed (2020), la cadena de suministro está sujeta a riesgos intrínsecos en sus procesos debido a interrupciones no previstas, entendidos como eventos no planificados que pueden ocurrir afectando el flujo normal o esperado de materiales. Por su parte, Govindan citado por Mohamed (2020),

una cadena de suministro resiliente es la que tiene la capacidad de operar después de alteraciones o eventos no esperados. En el mismo sentido, Simhi-levi citado por Mohamed (2020) crea un índice de gestión de riesgos hacia una cadena de suministro sostenible desde la perspectiva de la satisfacción del cliente.

De esta manera, Mohammed (2020), aplican el análisis multicriterio para la toma de decisiones y se aplica la técnica TOPSIS³ considerando los paradigmas de sostenibilidad, resiliencia y el modelo tradicional, y establecen el concepto de cadenas de suministro resilientes, que proviene de la combinación de “green” sostenible y resiliencia.

Otros autores consideran la generación de valor agregado en la cadena de suministro, como es el caso de Gurusurthy y Kodali (2008) que utilizan MCDM y Análisis de Valor Agregado PVA para definir cómo aplicar *Lean Manufacturing System* en la empresa. A su vez, Torkabadi, Pourjavad y Mayorga (2019), analizan barreras desde diferentes factores para la producción sostenible en la cadena de suministro, establece marcos de referencia desde enfoques internos y externos de la empresa, utiliza la técnica de análisis de redes de proceso. (Figueroa-Peinado, Vásquez-Bernal, Pinzón-Hoyos, Díaz-Pulido y Gómez-Méndez (2021).

3 Technique of Order Preference. Similarity to the Ideal Solution.

CONCLUSIONES

La revisión del estado de conocimiento de las palabras clave tales como “logistics”, “MCDM”, “Industry 4.0” generan resultados interesantes que se atribuyen al hallazgo de dos artículos que son estratégicos para la definición de los criterios y las alternativas.

Los artículos relacionados con la medición de la importancia del índice de desempeño logístico usando una técnica de análisis multicriterio (Rezaei; van Roekel; Tavasszy; 2018) y los niveles de madurez de la logística 4.0; la inteligencia artificial, sus tendencias y perspectivas futuras (Oleśków-Szłapka; Wojciechowska; Domańska; Pawłowski; 2019), ratifican la importancia de utilizar metodologías para la toma de decisiones y su enfoque hacia las redes de valor y la logística.

La metodología de análisis multicriterio para la toma de decisiones y el análisis de jerarquía de procesos se han venido implementando de manera creciente aplicado a medir el desarrollo de la cadena de suministro, desde la toma de decisiones para la selección de proveedores domésticos o globales, la medición del desempeño de la cadena de suministro y los modelos de gestión.

La madurez de las redes globales de valor desde la metodología de análisis multicriterio incorpora modelos tradicionales, con enfoques transaccionales de costos y eficiencias, así como nuevos paradigmas asociados a los conceptos lean, agile, resiliencia, innovación, tecnología y sostenibilidad. No se encuentra una postura unificada para el grado de madurez de las redes globales de valor aplicando el análisis multicriterio en la toma de decisiones.

REFERENCIAS

Aguaron, J., y Moreno Jimenez, J. (2003). The geometric consistency index: Approximated thresholds. *European Journal of Operations Research*, 147(1), 137-145.

Analdex. (2019). *Analdex.org*. Obtenido de Analdex: <https://www.analdex.org/wp-content/uploads/1992/11/2018-08-06-ndice-de-desempeo-logstico-World-Bank.pdf>

ANDI. (2018). *ANDI*. Obtenido de Encuesta Nacional Logística: <http://www.andi.com.co/Uploads/Encuesta%20Nacional%20Log%C3%ADstica%202018.pdf>

ANI. (2017). <http://conferencias.cepal.org/>. Obtenido de Gobernanza del transporte: http://conferencias.cepal.org/gobernanza_transporte/Lunes%2030/Pdf/Andr%C3%A9s%20Figueredo.pdf

ANIF. (7 de 09 de 2018). *ANIF*. Obtenido de Septiembre 17 Logística del Transporte en Colombia: Índice del Banco Mundial (LPI): <https://www.anif.com.co/comentario-economico-del-dia/logistica-del-transporte-en-colombia-indice-del-banco-mundial-lpi>

Arvis, J., Saslavsky, D., Ojala, L., Shepherd, B., Busch, C., Raj, A., y Naula, T. (2016). *Connecting to compete: Trade Logistics in the Global Economy*. Washington D.C.: Word Bank.

Awad-Núñez, S., González-Cancelas, N., Soler-Flores, S., y Camarero-Orive, A. (2016). A Methodology For Measuring Sustainability Of Dry Ports Location Based On Bayesian Networks And Multi-Criteria Decision Analysis. *Transportation Research Procedia*, 13, 124-133.

Ayyub, B. M. (2010). *Methods of Expert-Opinion. Elicitation of Probabilities and Consequences for Corps Facilities*.

Ballou, R. H. (2004). *Logística. Administración de la cadena de Suministro* (Quinta ed.). Mexico D.F.: Pearson. Recuperado el 12 de Junio de 2019

Ballou, R. H. (2006). The evolution and future of logistics and supply chain management. *Produção*, 16(3), 375-386. Recuperado el 8 de Junio de 2019, de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132006000300002

Banco Mundial. (2019). *Connecting to Compete 2018*. Washington D.C. USA: Banco Mundial.

Banco Mundial. (2017). *Connecting to Compete 2016*. Washington D.C.: Banco Mundial.

Banco Mundial. (2020). *Bancomundial.org*. Obtenido de Who we are: <https://www.bancomundial.org/es/who-we-are>

Banco Mundial. (2020). *Doing Bussiness*. Obtenido de Informes Globales: <https://www.doingbusiness.org/en/reports/global-reports/doing-business-2020>

Banco Mundial. (2020). *Doing Bussiness*. Obtenido de CHAPTER 6 Ease of doing business score and ease of doing business ranking: https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/32436/9781464814402_Ch06.pdf

Banco Mundial. (2020). *Doing Bussiness*. Obtenido de Comercio Transfronterizo: <https://espanol.doingbusiness.org/es/methodology/trading-across-borders>

Barba-Romero, S., y Pomerol, J. (1997). *Decisiones Multicriterio. Fundamentos Teóricos y Utilización Práctica*. Alcalá: Servicio de Publicaciones Universidad de Alcalá.

Belton, V., y Stewart, T. (2002). *Multiple Criteria Decision Analysis. An Integrated Approach*. Kluwer Academic Publisher.

Bond, S., Carlson, K., y Keeney, R. (2010). Improving the Generation of Decision Objectives. *Decision Analysis*, 7(3), 238-255.

Borsodi, R. (1927). *The Distribution Age, a study of the economy of modern distribution*. New York: D. Appleton and Company. Recuperado el 9 de Junio de 2019, de <https://soilandhealth.org/wp-content/uploads/0303critic/030308borsodi.dist.age/030308toc.htm>

Boutkhoul, O., Hanine, M., Tikniouine, A., y Agouti, T. (2015). Multi-Criteria Decisional Approach Of The Olap Analysis By Fuzzy Logic: Green Logistics As A Case Study. *Arabian Journal For Science And Engineering*, 40(8), 2345-2359.

Bowersox, D. J. (Enero de 1969). Physical Distribution Development, Current Status, and potential. *Journal of Marketing*, 63-70. Recuperado el 8 de Junio de 2019, de <http://eds.b.ebscohost.com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2ysid=34a405a8-71e2-41f3-aa57-722ce063f309%40pdc-v-sessmgr01>

Bowersox, D. J., Closs, D. J., y Cooper, B. (2007). *Administración y logística en la cadena de suministros* (Segunda ed.). Mexico D.F.: McGRRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A.

Buendía Rice, E. A. (2013). El papel de la Ventaja Competitiva en el desarrollo económico de los países. *Análisis Económico*, 28(69), 55-78. Recuperado el 6 de 9 de 2020, de <https://www.redalyc.org/pdf/413/41331033004.pdf>

Cabuya Padilla, B. (2016). *MODELO DE PREDICCIÓN Modelo de predicción del LPI con indicadores externos usando el método PCA. caso estudio Colombia*. Valencia, España: UNiversidad Politécnica de Valencia.

CEPAL. (2006). *Fernando Fajnzylber – Una visión renovadora del desarrollo de América Latina*. Santiago de Chile: CEPAL. Obtenido de <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/2458/S0600410.pdf?sequence=1>

Cho, D.-s., y Moon, H.-c. (2013). *From Adam Smith To Michael Porter: Evolution Of Competitiveness Theory (Extended Edition)*. Singapore: World Scientific. Recuperado el 6 de 9 de 2020, de <https://search-ebscohost-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=564502&lang=es&site=ehost-live>

CIVITAS. (2014). *Innovative Urban Transport Solutions*. Bruselas: CIVITAS. Obtenido de <https://civitas.eu/sites/default/files/civitas-plus-innovative-urban-transport-solutions-www-final.pdf>

Colombia Competitiva. (2020). *Avances en el IGC 2020*. Recuperado el 12 de 9 de 2020, de ¿Qué es y cómo se mide el Índice Global de Competitividad?: <http://www.colombiacompetitiva.gov.co/sneci/indicadores-internacionales/indice-competitividad-global>

Compite. (2020). *Informe Nacional de Competitividad 2019-2020*. Bogotá D.C.: Compite.

CSCMP. (3 de Junio de 2019). *Council of Supply Chain Management Professionals*. Recuperado el 3 de Junio de 2019, de CSCMP Supply Chain Management Definitions and Glossary: https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921

de Gooyert, V., Rouwettea, E., van Kranenburga, H., y Freemanb, E. (2017). Reviewing the role of *stakeholders* in Operational Research: A stakeholder theory perspective. *European Journal of Operational Research*, 262, 402-410.

de Souza, V., Bloemhof-Ruwaard, J., y Borsanto, M. (2019). Towards Regenerative Supply Networks: A design framework proposal. *Journal of Cleaner Production*, 221, 145-156.

de Souza, V., Melare, A., Montenegro Gonzalez, S., Faceli, K., y Casadei, V. (2017). Technologies and decision support systems to aid solid-waste management: a systematic review. *Waste Management*, 59, 567-584.

Deloitte. (2019). *Deloitte*. Obtenido de Deloitte-Reporte-Global-Competitividad: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/gt/Documents/finance/191009-Deloitte-Reporte-Global-Competitividad.pdf>

D'Eusano, M., Zamagni, A., y Petti, L. (2019). Social sustainability and supply chain management: Methods and tools. *Journal of Cleaner Production*, 235, 178-189.

Erener, A., Mutlu, A., y Sebnem Düzgün, H. (2016). A Comparative Study for Landslide Susceptibility Mapping Using Gis-Based Multi-Criteria Decision Analysis (McdA), Logistic Regression (Lr) And Association Rule Mining (Arm). *Engineering Geology*, 203, 45-55.

Eskandarpour, M., Dejaj, P., Miemczyk, J., y Péton, O. (2015). Sustainable supply chain network design: An optimization-oriented review. *Omega*, 54, 11-32.

Estrada mejía, S., Restrepo de Ocampo, I. S., y Silva, B. (2010). Análisis De Los Costos Logísticos En La Administración De La Cadena De Suministro. *Scientia Et Technica*, 272-277. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/849/84917249050.pdf>

Fahimniaa, B., Tang, Davarzani, H., y Sarkis, J. (2015). Quantitative models for managing supply chain risks: A review. *European Journal of Operational Research*, 247, 1-15.

Figuroa Peinado, W, Vásquez Bernal, O.A, Pinzón Hoyos, B, Diaz Pulido, J.M y Gomez Méndez, J.D (2021). Análisis Bibliométrico de la medición de la madurez de las redes globales de valor: un enfoque exploratorio. En: 19 th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Prospective and trends in technology and skills for sustainable social development” “Leveraging emerging technologies to construct the future”, Buenos Aires -Argentina, July 21-23, 2021. <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.528>

Foresight. (2019). *New Technology and Automation in Freight Transport and Handling Systems*. Londres: Foresight. Recuperado el 3 de 10 de 2020, de https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/781295/automation_in_freight.pdf

Gbededoa, M., y Liyanagea, K. (2020). Descriptive framework for simulation-aided sustainability decision-making: A Delphi study. *Sustainable Production and Consumption*, 22, 45-57.

Ghiani, G., Laporte, G., y Musmanno, R. (2013). *Introduction to Logistics Systems Management*. Chichester: John Wiley and Sons.

Guarnieri, P., Sobreiro, V. A., Nagano, M. S., y Marques Serrano, A. L. (2015). The Challenge Of Selecting And Evaluating Third-Party Reverse Logistics Providers In A Multicriteria Perspective: A Brazilian Case. *Journal Of Cleaner Production*, 96(4333), 209-219.

Hasana, M., Jianga, D., Sharif, E.-A., Ullahb, A., y E-Alama, M. (2020). Resilient supplier selection in logistics 4.0 with heterogeneous information. *Expert Systems With Applications*, 139(112799).

He, J., Feng, C., Hu, D., y Liang, L. (2017). A Decision Model for Emergency Warehouse Location Based on A Novel Stochastic Mcd a Method: Evidence from China. *Mathematical Problems In Engineering*, 2017(7804781).

Ho, W. (2008). Integrated Analytic Hierarchy Process and its Applications. A Literature Review. *European Journal of Operational Research*, 186(1), 211-228.

Kijewska, K., Torbacki, W., y Iwan, S. (2018). Application of Ahp And Dematel Methods In Choosing And Analysing The Measures For The Distribution Of Goods In Szczecin Region. *Sustainability (Switzerland)*, 10(7).

Krugman, P. R., y Obstfeld, M. (2006). *Economía Internacional, Teoría y política*. Madrid: Pearson Educación, SA.

Laseter, T., y Oliver, K. (2003). *When Will Supply Chain Management Grow Up?* Recuperado el 1 de Junio de 2019, de Strategy+Business: <https://www.strategy-business.com/article/03304?pg=0>

Liu, X. (2014). China-based logistics research: a review of the literature and implications. *International Journal of Physical Distribution y Logistics Management*, 44(5), 392-411. Obtenido de <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-08-2012-0225>

Lombana, J., y Rozas Gutierrez, S. (2009). Marco Analítico de la competitividad. Fundamentos para la Competitividad Regional. *Revista Científica Pensamiento y Gestión*, 1-18.

Longaray, A., Ensslin, L., Ensslin, S., Dutra, A., y Munhoz, P. (2018). Using McdA To Evaluate the Performance Of The Logistics Process In Public Hospitals: The Case Of A Brazilian Teaching Hospital. *International Transactions in Operational Research*, 25(1), 133-156.

Macharis, C., y Bernardini, A. (2015). Reviewing the use of Multi-Criteria Decision Analysis for the evaluation of transport projects: Time for a multi-actor approach. *Transport Policy*, 37, 177-186.

Martí Selva, M., Puertas Medina, R., y Garcia, L. (2014). Importance of the logistics performance index in international trade. *Applied Economics*, 46(24), 2982-2992. Recuperado el 3 de 10 de 2020, de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00036846.2014.916394>

Melkonyan, A., Gruchmann, T., Lohmar, F., Kamath, V., y Spinler, S. (2020). Sustainability Assessment of Last-Mile Logistics and Distribution Strategies: The Case of Local Food Networks. *International Journal of Production Economics*, 228(107746).

Mieg, H. A. (2009). Two Factors of Expertise? Excellence and Professionalism of Environmental Experts. *High Ability Studies*, 20(1), 91-115.

Ministerio de Relaciones Exteriores de Brasil. (2020). *itamaraty.gov.br*. Obtenido de Banco Mundial: [http://www.itamaraty.gov.br/es/sem-categoria/6445-banco-mundial-es#:~:text=surgir%C3%B3%20a%20partir%20de%20la,y%20Desarrollo%E2%80%9D%20\(BIRD\)](http://www.itamaraty.gov.br/es/sem-categoria/6445-banco-mundial-es#:~:text=surgir%C3%B3%20a%20partir%20de%20la,y%20Desarrollo%E2%80%9D%20(BIRD)).

Mintransportes, BID. (2018). *Sistema Logístico Nacional, Una Estrategia para la Competitividad*. Estudio BID, Ministerio de Transportes/BID, Bogotá. Recuperado el 3 de 10 de 2020, de <https://plc.mintransporte.gov.co/Portals/0/Estudios%20BID/Libro%20Blanco.pdf?ver=2018-12-14-113134-343>

Moreno Jimenez, J., Aguaron, J., y Escobar, M. (2008). The core of consistency in AHP-group decision making. *Group Decision and Negotiation*, 17(3), 249-265.

Moreno Jimenez, L. (2002). *El Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Fundamentos, metodología y aplicaciones*.

Oleśków-Szłapkaa, J., Wojciechowska, H., Domańska, R., y Pawłowski, G. (2019). Logistics 4.0 Maturity Levels Assessed Based on GDM (Grey Decision Model) and Artificial Intelligence in Logistics 4.0 – Trends and Future Perspective. *Procedia Manufacturing*, 39, 1734-1742.

ONL. (2018). *Observatorio Nacional de Logística*. Obtenido de Presentación Encuesta Nacional Logística : <http://onl.dnp.gov.co/es/Publicaciones/SiteAssets/Paginas/Forms/AllItems/Presentaci%c3%b3n%20Encuesta%20Nacional%20Log%c3%adstica%202018.pdf>

ONL. (2018). *Observatorio Nacional de Logística*. Recuperado el 20 de 11 de 2020, de Encuesta Nacional Logística 2018: <http://onl.dnp.gov.co/es/enl/Paginas/2018.aspx>

ONL. (2020). *Encuesta Nacional Logística 2020*. Recuperado el 20 de 11 de 2021, de Encuesta Nacional Logística 2020: <https://onl.dnp.gov.co/logistica/Paginas/default.aspx>

Ortiz Torres, M., M., P., Valdés, F., y Arias Castillo, E. (2013). Desempeño logístico y rentabilidad económica. Fundamentos teóricos y resultados prácticos. *Economía y Desarrollo*, 182-193. Recuperado el 18 de 9 de 2020, de <http://www.econdesarrollo.uh.cu/index.php/RED/article/view/264>

Padilla, R. (27-29 de 9 de 2006). *competitividad.org.do*. (CEPAL, Ed.) Recuperado el 9 de 9 de 2020, de Instrumentos de medición de la competitividad: <http://www.competitividad.org.do/wp-content/uploads/2009/01/2.1Indicadoresdecompetitividad1.pdf>

Pereira, T., y Ferreira, F. A. (2017). A Multicriteria Decision Making Model For Assessment And Selection Of An Erp In A Logistics Context. *Aip Conference Proceedings*.

Pereira, T., Ferreira, F. A., y Araújo, C. (2019). A Multicriteria Decision Model For The Selection Of An Information System For A Logistics Company Using Mmassi/Itopen Access. *International Journal for Quality Research*, 13(4), 837-848.

Porter, M. (Marzo - Abril de 1990). The competitive advantage of nations. *Harvard Business Review Home*, 73-95. Obtenido de <https://hbr.org/1990/03/the-competitive-advantage-of-nations>

Porter, M. E. (1985). *Competitive Advantage Creating and Sustaining Superior Performance*. New York: Free Press. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/156634860/Competitive-Advantage-Creating-and-Sustaining-Superior-Performance-Michael-Porter-1985>

Qazi, A., Dickson, A., Quigley, J., y Gaudenzi, B. (2018). Supply chain risk network management: A Bayesian belief network and expected utility based approach for managing supply chain risks. *International Journal of Production Economics*, 196, 24-42.

Ramirez Díaz, L. (2006). La competitividad... ¿a qué se refiere? *Ensayos de Economía*, 107-117.

Rebula de Oliveira, U., Silva Marins, F., Martins Rocha, H., y Pamplona Salomon, V. A. (2017). The ISO 31000 standard in supply chain risk management. *Journal of Cleaner Production*, 151, 616-633.

Reeb, C. W., Venditti, R., González, R., y Kelley, S. (2016). Environmental Lca And Financial Analysis To Evaluate The Feasibility Of Bio-Based Sugar Feedstock Biomass Supply Globally: Part 2. Application Of Multi-Criteria Decision-Making Analysis As A Method For Biomass Feedstock Comparisons. *Bioresources*, 11(3), 6062-6084.

Rey, M. F. (2008). *Encuesta Nacional Logística – Resultados del Benchmarking Logístico – Colombia 2008*. Latin America Logistics Center (LALC). Cali Colombia: Latin America Logistics Center (LALC). Recuperado el 20 de 11 de 2020, de <https://www.icesi.edu.co/blogs/logisticawww/files/2012/05/REPORTE-ENL-COLOMBIA.pdf>

Rezaei, J., van Roekel, W., y Tavasszy, L. (2018). Measuring the relative importance of the logistics performance index indicators using Best Worst Method. *Transport Policy*, 68, 158-169.

Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw Hill.

Saaty, T. (2012). *Decision Making for Leaders: The Analytical Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*. Pittsburgh: University of Pittsburgh.

Saaty, T., y Ergu, D. (2015). When in a Decision-Making Method Trustworthy? Criteria for Evaluating Multicriteria Decision-Making Methods. *International Journal of Information Technology y Decision Making*, 14(6), 1171-1187.

San Martín, D., Orive, M., Martínez, E., Vázquez, L., y Zufía, J. (2017). Decision Making Supporting Tool Combining Ahp Method with Gis For Implementing Food Waste Valorization Strategies. *Waste and Biomass Valorization*, 8(5), 1555-1567.

Sawicka, H. (2020). The methodology of solving stochastic multiple criteria ranking problems applied in transportation. *Transportation Research Procedia*, 47, 219-226.

SCC. (2012). *Scor, Supply Chain Operations, Revision 11.0*. Recuperado el 11 de Junio de 2019, de <https://docs.huihoo.com/scm/supply-chain-operations-reference-model-r11.0.pdf>

Servera-Francés, D. (Septiembre-Diciembre de 2010). Concepto y evolución de la función Logística. *Innovar Journal*, 20(38), 217-234. Recuperado el 10 de Junio de 2019, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81819024018>

Shaw, A. W. (1916). *Some problems in Market Distribution*. Boston: Harvard University Press. Recuperado el 11 de Junio de 2019, de <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015063904661yview=1upyseq=4>

Subramanian, N., y Ramanathan, R. (2012). A Review of Applications of Analytic Hierarchy Process in Operations Management. *International Journal of Production Economics*, 138(2), 215-241.

Suñol, S. (abril-junio de 2006). Aspectos teóricos de la competitividad. *Ciencia y Sociedad*, 31(2), 179-198. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7438487.pdf>

Vásquez-Bernal, O. A. (2019). *Diseño de una Metodología de Análisis Multicriterio para la Certificación de los Profesionales de Ingeniería en Colombia*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Vásquez-Bernal, O. A., y Cortes-Aldana, F. A. (2018). A goal-based and multi-criteria decision analysis approach to the certification of professional engineers in Colombia. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 16(1), 84-88.

Vieira, B. O., Guarnieri, P., Silva, L. C., y Alfinito, S. (1 de May de 2020). Prioritizing Barriers to Be Solved to The Implementation Of Reverse Logistics Of E-Waste In Brazil Under A Multicriteria Decision Aid Approach. *Sustainability*, 12(10), 1-30.

Von Bertalanffy, K. L. (1976). *Teoria General de Sistemas*. Mexico D.F.: Editoriao, Fondo de Cultura Económica.

Watróbski, J. (2016). Outline of Multicriteria Decision-Making In Green Logistics. *Transportation Research Procedia*, 16, 537-552.

Watróbski, J., Jankowski, J., Ziembaa, P., Karczmarczyk, A., y Ziółoa, M. (2019). Generalised framework for multi-criteria method selection. *Omega*, 86, 107-124.

Watróbski, K., Matecki, K., Kijewska, K., Karczmarczyk, A., y Thompson, R. G. (2017). Multi-Criteria Analysis of Electric Vans For City Logistics. *Sustainability*, 9(1453), 1-30.

WEF. (2019). *A Platform for Impact*. Ginebra Suiza: WEF. Obtenido de http://www3.weforum.org/docs/WEF_Institutional_Brochure_2019.pdf

WEF. (2019). *The Global Competitiveness Report 2019*. Ginebra Suiza: WEF.

WEF. (2020). *World Economic Forum*. Obtenido de Our Mission: <https://es.weforum.org/about/world-economic-forum>

Zak, J., y Galinska, B. (2018). Design and Evaluation of Global Freight Transportation Solutions (Corridors). Analysis of a Real-World Case Study. *Transportation Research Procedia*, 30, 350-362.