

ESTRATEGIAS PARA COMPRAS SOSTENIBLES DESDE LA LÓGICA DIFUSA Y LA TEORÍA DE LOS GRUPOS DE INTERÉS

Barcellos De Paula, Luciano*; Gil Lafuente, Anna M.**

*CENTRUM Católica Graduate Business School

Pontificia Universidad Católica del Perú

Calle Daniel Alomía Robles 125-129, Santiago de Surco, Lima 33, Perú

**Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

Universidad de Barcelona Av. Diagonal 690. CP 08034. Barcelona.

España

lbarcellosdepaula@pucp.edu.pe; amgil@ub.edu

Recibido 9 de agosto 2019, aceptado 3 de diciembre 2019

Resumen

El involucramiento con los grupos de interés es cada vez más importante para la sostenibilidad empresarial, lo que se puede verificar a través de estudios científicos. Las empresas buscan la sostenibilidad como una estrategia para obtener ventajas competitivas y los proveedores juegan un papel importante para lograr este resultado. Por esta razón, se propone a partir de la Lógica Difusa y la Teoría de los Grupos de Interés desarrollar el tema de la sostenibilidad y cómo los principios del Pacto Mundial pueden integrarse en estrategias de compra sostenibles. Es un estudio conceptual que tiene como objetivo profundizar la discusión sobre sostenibilidad y proponer un modelo para evaluar el grado de cumplimiento del código de conducta por parte de los proveedores. Se muestra la utilidad de un instrumento que ayuda en el proceso de selección de proveedores y toma de decisiones, considerando la sostenibilidad como un criterio. Se utilizan los componentes básicos de la teoría de la decisión, particularmente las teorías de la relación, como las afinidades en las familias de Moore y su ilustración a través de los Reticulos de Galois. Los resultados de este documento apoyan a la Teoría de las Afinidades para llegar a los enfoques de compra sostenible. Por lo tanto, el manuscrito ofrece una contribución útil para las empresas, sociedad y academia al avanzar en la frontera del conocimiento. Además el artículo es relevante al apoyar futuras investigaciones sobre sostenibilidad en las empresas y la aplicación de la metodología en estrategias para compras sostenibles.

Palabras clave: desarrollo sostenible, sostenibilidad, lógica difusa, incertidumbre, toma de decisiones.

STRATEGIES FOR SUSTAINABLE PURCHASING FROM FUZZY LOGIC AND STAKEHOLDER THEORY

Barcellos De Paula, Luciano*; Gil Lafuente, Anna M.**

*CENTRUM Católica Graduate Business School

Pontificia Universidad Católica del Perú

Calle Daniel Alomía Robles 125-129, Santiago de Surco, Lima 33, Perú

**Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

Universidad de Barcelona Av. Diagonal 690. CP 08034. Barcelona.

España

lbarcellosdepaula@pucp.edu.pe; amgil@ub.edu

Received August 9th 2019, accepted December 3th 2019

Abstract

The stakeholders' engagement is increasingly important for business sustainability, which can be verified through scientific studies. Companies seek sustainability as a strategy to obtain competitive advantages and the suppliers play an important role in achieving this result. For this reason, it is proposed from the Fuzzy Logic and Stakeholder Theory to develop the subject of sustainability and how the principles of the Global Compact can be integrated into sustainable purchasing strategies. It is a conceptual study that aims to deepen the discussion on sustainability and propose a model to assess the suppliers' degree of compliance with the code of conduct. This shows the usefulness of an instrument that helps in the process of selecting suppliers and decision-making, considering sustainability as a criterion. The basic components of decision theory are used, particularly the theories of relation, such as the affinities in the families of Moore and its illustration through the Galois lattices. The results of this paper contribute to the Affinities Theory so as to get to the approaches for sustainable purchasing. Therefore, the manuscript offers a useful contribution for companies, society and academia to advance the frontier of knowledge. In addition, the article is relevant to support future research on sustainability in companies, and the application of the methodology in strategies for sustainable purchases.

Keywords: sustainable development, sustainability, fuzzy logic, uncertainty, decision-making.

JEL Code: C52; M10; Q01; Q56.

1. INTRODUCCIÓN

El involucramiento con los grupos de interés es cada vez más importante para la sostenibilidad en las empresas (Freeman, Harrison, J.S., Wicks, A.C., Parmar, B., & Colle, S., 2010). Las empresas buscan la sostenibilidad como estrategia para lograr ventajas competitivas en el mercado y los proveedores juegan un papel importante en el logro de estos resultados (Barbosa-Póvoa, da Silva, & Carvalho, 2018). El departamento de compras de la empresa posee un encargo en la búsqueda de la sostenibilidad ya que, en los últimos años, la cadena de suministro se ha convertido en una de las áreas más expuestas a la supervisión de las partes interesadas (Castillo, Mollenkopf, Bell, & Bozdogan, 2018). Esto es particularmente cierto con respecto a la forma en que se consideran los productos y servicios, y sus respectivos impactos sociales y ambientales (Masocha & Fatoki, 2018).

Las empresas, también conscientes de la responsabilidad por su cadena de valor y su importancia para un comportamiento responsable y sostenible, están ampliando el alcance de sus códigos de conducta a sus proveedores (Gil Lafuente & de Paula, 2010). Desde este punto de vista, la empresa enfrenta los desafíos de comprar productos y servicios de manera sostenible (Acquaye et al., 2018), contribuyendo al desarrollo sostenible e integrando las demandas de diferentes partes interesadas (de Paula & Rocha, 2017).

La compra sostenible (Park, Seo, Kim, & Ha, 2018) se refiere a una estrategia para obtener bienes o servicios que tienen en cuenta diversos aspectos éticos, laborales, económicos, sociales y ambientales en la cadena de suministro. El departamento de compras debe verificar la utilidad de la adquisición en la que los productos se eligen bajo ciertos requisitos ambientales y sociales. Cabe señalar que la razón principal en el proceso de compra continua siendo el producto, su calidad y los aspectos derivados del mismo. Por otro lado, la elección de los proveedores debe ir más allá de la selección y evaluación basada únicamente en el desempeño económico e integrarse en esta decisión haciendo cumplir los requisitos de sostenibilidad que considere apropiados y que excedan los requisitos legales aplicables. De esta manera, la empresa alienta a sus proveedores a adoptar valores comunes y los influye a iniciar un proceso de mejora continua hacia la sostenibilidad. Por lo tanto, la gestión sostenible de proveedores conduce a una mejor calidad, competitividad, reducción de costos, avances tecnológicos y mayor control del riesgo de la cadena de suministro (Fattahi & Govindan, 2018).

Para lograr estos objetivos, la empresa debe establecer un sistema de diagnóstico y ordenamiento de proveedores que estén de acuerdo con las diferentes alturas de riesgo. Del mismo modo, la organización debe establecer una metodología de evaluación de proveedores basada en criterios de compra responsable previamente identificados y definidos que cubran progresivamente los diferentes grupos de riesgo detectados. Cuando la empresa desarrolla un código de conducta para evaluar y seleccionar a sus proveedores, puede tener en cuenta los principios del Pacto Mundial. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (ONU) “El Pacto Mundial es una iniciativa voluntaria, en la cual las empresas se comprometen a alinear sus estrategias y operaciones con diez principios universalmente aceptados”(United Nations, 2008). Según el Pacto Mundial, “solicita a las empresas que mantengan, apoyen y promulguen, dentro de su esfera de influencia, un conjunto de valores fundamentales en las áreas de derechos humanos, estándares laborales, medio ambiente y anticorrupción”(United Nations, 2008).

Varias compañías ahora están adoptando éstos principios al establecer el código de conducta para sus proveedores (Berning & Venter, 2015). Según la ONU, “la sostenibilidad corporativa comienza con el sistema de valores de una empresa y un enfoque basado en principios para hacer negocios. Esto significa operar de manera que, como mínimo, cumpla con las responsabilidades fundamentales en las áreas de derechos humanos, estándares laborales, medio ambiente y anti-corrupción. Las empresas responsables promulgan los mismos valores y principios donde sea que tengan presencia, y saben que las buenas prácticas en un área no compensan el daño en otra. Al incorporar los principios del Pacto Mundial en estrategias, políticas y procedimientos, y establecer una cultura de integridad, las empresas no solo mantienen sus responsabilidades básicas con las personas y el planeta, sino que también preparan el escenario para el éxito a largo plazo”(United Nations, 2008).

La figura 1 presenta las cuatro áreas temáticas y los diez principios del Pacto Mundial.

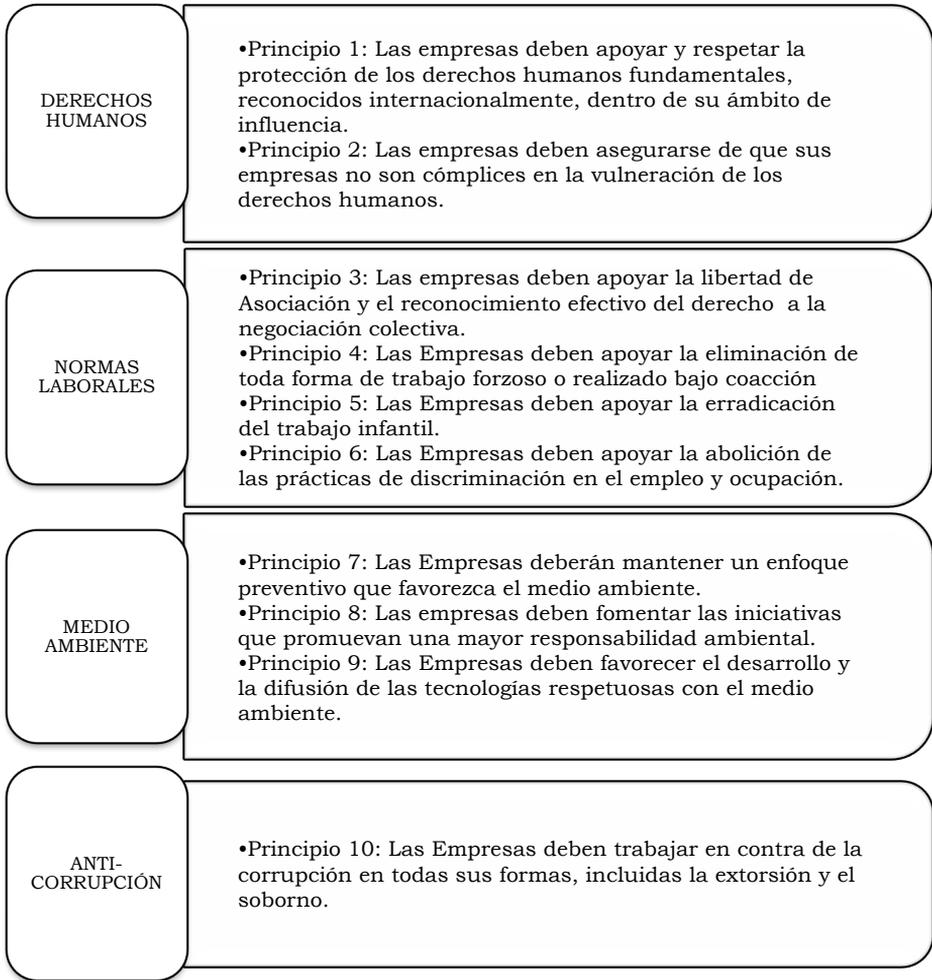


Figura 1. Las cuatro áreas temáticas y los diez principios del Pacto Mundial
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de United Nations (2008)

Sin embargo, para aumentar el control de la cadena de suministro y la reputación corporativa, la gestión de los grupos de interés (*stakeholder*) pasa a ser relevante para alcanzar estos objetivos (Freeman, Harrison, J.S., Wicks, A.C., Parmar, B., & Colle, S., 2010). La “Teoría de los grupos de interés” asume que la capacidad de una empresa de generar riqueza sostenible a lo largo del tiempo y, por lo tanto, su valor a largo plazo está fortalecido por sus relaciones con las partes interesadas

(Freeman, 1984). En la misma dirección, la preocupación comercial puede ser clara como “la integración voluntaria, por parte de las empresas, las preocupaciones sociales y ambientales en sus operaciones comerciales y sus relaciones con sus grupos de interés” (Commission, 2001). Y los proveedores son una parte muy importante en este proceso, el éxito de una empresa depende de cómo se gestionará la cadena de suministro. Otros autores (Hart & Milstein, 2003) declararon que la sostenibilidad es una tarea difícil y “multidimensional” que no puede resolverse mediante una acción particular de la empresa. En resumen, se observa la relevancia de los proveedores para alcanzar la sostenibilidad empresarial. Conjuntamente, se identifica iniciativas como el Pacto Mundial que auxilian las empresas a supervisar su cadena de suministro. Y finalmente, se refuerza que la generación de riqueza sostenible depende de la correcta gestión de los grupos de interés.

Por la relevancia del tema, este documento enfatiza las estrategias para compras sostenibles y señala que los proveedores debería ser un grupo de atención crítica en la búsqueda de la sostenibilidad empresarial. El enfoque con lógica difusa permite analizar y trabajar con sistemas complejos, como el caso de la gestión de proveedores, lo que facilita la toma de decisiones. En consecuencia, es razonable examinar las estrategias para la compra sostenible con algoritmos como la “Teoría de las afinidades” (Gil-Aluja, J. 1999). Este modelo utiliza componentes simples de la teoría de la decisión, principalmente relacionados con las teorías de relación. En este artículo, se examina las afinidades obtenidas de las “Familias de Moore” y su ilustración a través de los Retículos de Galois. Cabe destacar autores que han aplicado la “Teoría de las afinidades” relacionada con la gestión de empleados (Gil-Aluja, J. 1987), análisis financiero (Gil-Lafuente, A.M. 2001), gestión comercial (Gil-Lafuente, J. 2001), análisis de actividades económicas (Blanco-Mesa, F.; Gil-Lafuente, 2017) y gestión deportiva (Gil-Lafuente, J. 2002). Finalmente, el propósito es ofrecer un instrumento que auxilie al empresario en la toma de decisiones para evaluar y seleccionar proveedores, y realizar compras sostenibles.

Para alcanzar este propósito, el documento está organizado de la siguiente manera: la Sección 2 presenta el método de investigación, una breve introducción a “Lógica Difusa”, sus aplicaciones en diferentes sectores y la presentación de la “Teoría de las Afinidades”, un estudio bibliométrico sobre lógica difusa y sostenibilidad. La Sección 3 muestra la aplicación de la lógica difusa a través de caso teórico para conocer cómo una empresa gestiona a sus proveedores de acuerdo con el código de conducta. La Sección 4 describe los resultados con las matrices resultantes del estudio y las relaciones de afinidades. Sección

5 presenta la discusión sobre el modelo difuso aplicado en estrategias para compras sostenibles y el desempeño comparativo de la clasificación de los mejores proveedores. La sección 6 incluye las conclusiones y futuras investigaciones, seguido de las referencias.

2. METODOLOGÍA

Esta sección presenta el método de investigación, una breve introducción a “Lógica Difusa”, sus aplicaciones en diferentes sectores y la presentación de la “Teoría de las Afinidades”. A partir de un estudio bibliométrico sobre “Lógica difusa” y “Sostenibilidad” se identifica las brechas de investigación existentes y los trabajos más citados.

2.1. El método de investigación

Se adoptó el método de investigación aplicada, con un enfoque cuantitativo mediante modelado y simulación (Will M. Bertrand & Fransoo, 2002). Se utiliza un caso teórico para aplicar la metodología.

2.2. Lógica Difusa y la Teoría de las Afinidades

La “Lógica Difusa” (Zadeh, 1965) es una teoría científica en el campo de la lógica multivalente. Es la idea preliminar de una teoría matemática actualmente en aumento en áreas científicas y construida con toda la precisión que permite gestionar la subjetividad y/o la incertidumbre (Gil-Lafuente, A.M. 2001). Al principio, la “Lógica Difusa” ha sido útil en el campo de la ciencia formal pero, en las últimas décadas, investigadores de diferentes países han publicado numerosos manuscritos con aplicaciones en varios campos (Rubín, 2018).

Cabe señalar, el revolucionario y significativo apoyo a la ciencia de Kaufmann y Gil Aluja, quienes publicaron el primer manuscrito en el mundo dedicado exclusivamente al procesamiento de problemas financieros y administrativos con las matemáticas de la incertidumbre (Kaufmann, A.; Gil Aluja, 1986). Se involucró estudios muy diversos, en la gestión de inventario, inversiones, renovación de equipos y distribución de productos. En la actualidad, la “Lógica Difusa” se usa en casi todos los campos de los estudios de ciencias. Por ejemplo, en negocios, ingeniería, administración, sociología, biología y medicina. En resumen, la teoría de los subconjuntos difusos puede ser útil para resolver problemas relacionados con la incertidumbre a través de esquemas formales y mecanismos de pensamiento, como sensaciones y puntos de vista numéricos (Barcellos de Paula, L., & Gil Lafuente, 2018). En este artículo se aborda la aplicación de la “Teoría de las Afinidades” (Kaufmann, A.; Gil Aluja, J. 1991) para seleccionar los

proveedores de una empresa. A continuación se presenta el concepto, cómo se procede a construir las matrices y cómo se procede a determinar el clan, y las relaciones de afinidades.

Se definen las afinidades “como aquellas agrupaciones homogéneas a determinados niveles, estructurados ordenadamente, que ligan elementos de dos conjuntos de distinta naturaleza, relacionados por la esencia de los fenómenos que representan” (Kaufmann, A.; Gil Aluja, 1991). De acuerdo con Gil-Aluja (1999) el concepto de afinidad está basado en la existencia de tres aspectos: “El primero hace referencia al hecho de que la homogeneidad de cada agrupación se halla ligada al nivel escogido. Según la exigencia de cada característica (elementos de uno de los conjuntos) se asignará un nivel más o menos elevado definidor del umbral a partir del cual existe homogeneidad. El segundo expresa la necesidad de que los elementos de cada uno de los conjuntos se hallen ligados entre si por ciertas reglas de la naturaleza en unos casos o por la voluntad humana en otros. El tercero exige la construcción de una estructura constitutiva de un cierto orden susceptible de permitir la posterior decisión. La finalidad de la agrupación, por una parte, y el tipo y fuerza de la relación entre los elementos de uno y otro conjunto, por otra, determina de manera inequívoca todas las agrupaciones posibles” (Gil-Aluja, J. 1999).

Para proceder al establecimiento de las “relaciones de afinidad” recurriremos al llamado modelo de las familias de Moore¹. Cabe destacar el conglomerado de conocimientos elaborados a partir del concepto de “familia de Moore”, los cuales permiten la obtención de adecuadas agrupaciones. La presentación de estas agrupaciones mediante estructuras reticulares pone de evidencia las afinidades. Para ello se ha reunido a los Reticulos de Galois², a cuya belleza formal se añade su gran capacidad de representar una gran adaptabilidad, tan necesaria para aquellos en quienes recae la responsabilidad de decidir.

Se inicia el proceso a partir del conocimiento de unos subconjuntos borrosos que definen un objeto $P_j, j = 1, 2, \dots, m$, a través de unas características o elementos $C_i, i = 1, 2, \dots, n$, tal como se hace en el ámbito de las relaciones de semejanza. Los conjuntos son:

$$E_1 = \{P_j / j = 1, 2, \dots, m\}$$

¹ Kaufmann, A.; Gil Aluja, J. Técnicas de gestión de empresas, previsiones, decisiones y estrategias. 347-405. Ed. Pirámide. Madrid, 1992.

² Kaufmann, A.; Gil Aluja, J. Técnicas especiales para la gestión de expertos. Milladoiro, Santiago de Compostela, p. 151-175, 1993.

$$E_2 = \{C_i / i = 1, 2, \dots, n\}$$

Y los correspondientes subconjuntos borrosos:

$$P_{\sim j} = \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline C_1 & C_2 & C_3 & \dots & C_n \\ \hline \mu_1^{(j)} & \mu_2^{(j)} & \mu_3^{(j)} & & \mu_n^{(j)} \\ \hline \end{array} \quad , 0 \leq \mu_i^{(j)} \leq 1, i = 1, 2, \dots, n. \\ j = 1, 2, \dots, m.$$

Estos subconjuntos borrosos pueden ser reunidos formando una relación borrosa $[R]$, tal como:

$$[R] = \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline C_1 & C_2 & C_3 & \dots & C_n \\ \hline P_1 & \mu_1^{(1)} & \mu_2^{(1)} & \mu_3^{(1)} & \dots & \mu_n^{(1)} \\ \hline P_2 & \mu_1^{(2)} & \mu_2^{(2)} & \mu_3^{(2)} & \dots & \mu_n^{(2)} \\ \hline \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \hline P_m & \mu_1^{(m)} & \mu_2^{(m)} & \mu_3^{(m)} & \dots & \mu_n^{(m)} \\ \hline \end{array}$$

En donde, como hemos señalado, $0 \leq \mu_i^{(j)} \leq 1$.

Con objeto de establecer el grado mínimo a partir del cual se considera la existencia de homogeneidad para cada elemento $C_i, i = 1, 2, \dots, n$, del conjunto E_2 se determina un límite o umbral θ_i . Por tanto a los valores de las $\mu_i^{(j)}, i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$, que cumplan $\mu_i^{(j)} \geq \theta_i$ se les asignará en una nueva matriz $[B]$, unos valores para sus elementos $\beta_i^{(j)}$ iguales a 1, mientras que cuando sea $\mu_i^{(j)} < \theta_i$, se hará $\beta_i^{(j)}$ igual a cero. De esta manera, los $\theta_i, i = 1, 2, \dots, n$ constituyen los umbrales a partir de los cuales se considera existe la deseada homogeneidad para cada elemento del conjunto E_2 . Se podría hacer lo mismo tomando como base el conjunto E_1 , si la naturaleza del problema tratado así lo exigiera.

Aquí aparece el primero de los aspectos generalizadores en relación con los esquemas basados en la obtención de distancias, ya que ahora la matriz booleana resultante $[B]$ lleva en sí misma unos distintos niveles

de los valores de la función característica de pertenencia $\mu_i^{(j)}$, para cada $C_i, i = 1, 2, \dots, n$. En definitiva se tiene:

$$[B] = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & C_3 & \dots & C_n \\ P_1 & \boxed{\beta_1^{(1)}} & \boxed{\beta_2^{(1)}} & \boxed{\beta_3^{(1)}} & \dots & \boxed{\beta_n^{(1)}} \\ P_2 & \boxed{\beta_1^{(2)}} & \boxed{\beta_2^{(2)}} & \boxed{\beta_3^{(2)}} & \dots & \boxed{\beta_n^{(2)}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_m & \boxed{\beta_1^{(m)}} & \boxed{\beta_2^{(m)}} & \boxed{\beta_3^{(m)}} & \dots & \boxed{\beta_n^{(m)}} \end{matrix}$$

En donde, evidentemente $\beta_i^{(j)} = \{0,1\}$. La matriz $[B]$ es el punto de partida para hallar las relaciones de afinidad, a los niveles θ_i escogidos.

Se considera a continuación el concepto de “power set”. Dado un conjunto finito E_1 , se designa como su conjunto más potente (power set), $\Pi(E_1)$, el formado por todas las combinaciones posibles de sus elementos tomados de 1 en 1, de 2 en 2, ..., de m en m, si m es su cardinal. Así, m si se tiene el siguiente conjunto:

$$E_1 = \{a, b, c\}$$

El conjunto de todas sus partes o “power set” es:

$$\Pi(E_1) = \{\emptyset, a, b, c, ab, ac, bc, E_1\}$$

Pasamos seguidamente a definir una familia de Moore.

Sea una familia de $\Pi(E_1), F(E_1)$, que, por tanto: $F(E_1) \subset \Pi(E_1)$

Si $F(E_1)$ verifica:

- 1) $E_1 \subset F(E_1)$
- 2) La intersección del número de partes de $\Pi(E_1)$ que pertenece a $F(E_1)$, pertenece también $F(E_1)$. Se escribe:

$(A \in F(E_1), B \in F(E_1)) \Rightarrow (A \cap B \in F(E_1))$, entonces $F(E_1)$ es una “familia de Moore”. Si añade, a efectos formales, también la relación $(E_1), \emptyset$ se puede construir el retículo de Galois.

2.3. Estudio bibliométrico

Este apartado presenta un estudio bibliométrico sobre la correlación entre Lógica Difusa y Sostenibilidad e identifica las brechas de investigación existentes y los trabajos más citados en este campo.

Además, muestra investigaciones que utilizan lógica difusa aplicada a la sostenibilidad.

Cabe señalar que el estudio se realizó el 27 de junio de 2019 a través de la Web of Science, y la información obtenida puede variar con el tiempo porque, cuando se publica, su número aumenta constantemente, los temas se expanden y, al mismo tiempo, las conexiones interdisciplinarias son producidos. También se destaca que la búsqueda realizada puede presentar pequeñas desviaciones ya que no todos los documentos que coinciden con las palabras “*Fuzzy Logic*” y “*Sustainability*”³ serán útiles en nuestra investigación. Primero, separamos nuestra investigación en dos partes: en la primera parte usamos las palabras clave “*Fuzzy Logic*” y la palabra clave “*Sustainability*” por separado. En la segunda parte elegimos la combinación usando las palabras clave “*Fuzzy logic*” y “*Sustainability*”. Los resultados se detallarán a continuación.

En nuestra búsqueda usando las palabras clave “*Fuzzy logic*”, encontramos 24,055 registros. La figura 2 muestra la distribución por año de artículos publicados desde 1995 hasta 2019.

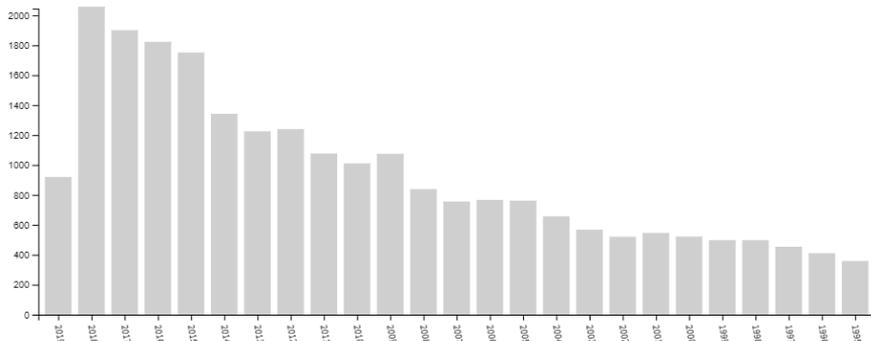


Figura 2. Estudio bibliométrico usando las palabras clave “*Fuzzy logic*”

Fuente: Web of Science (2019)

En nuestra búsqueda usando la palabra clave “*Sustainability*”, encontramos 116,294 registros. La figura 3 muestra la distribución por año de artículos publicados desde 1995 hasta 2019.

³ Se utilizó el asterisco en “sustainabilit*” pues permite buscar el singular y el plural.

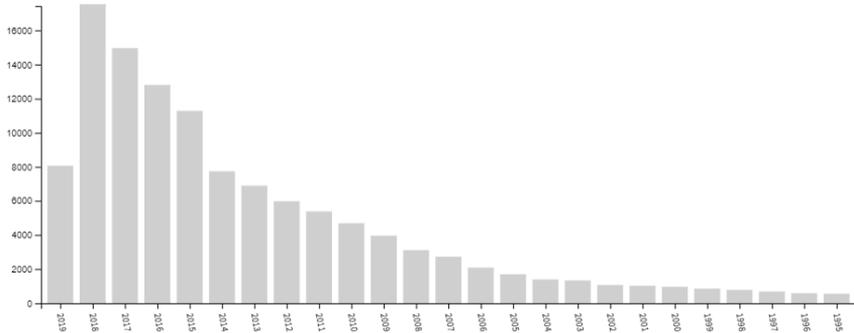


FIGURA 3. Estudio bibliométrico usando la palabra clave “*Sustainability*”
Fuente: Web of Science (2019)

Finalmente, la figura 4 muestra los resultados de las publicaciones (243 trabajos) y citas (3.760 referencias) usando las palabras clave “*Fuzzy logic*” y “*Sustainability*”. La distribución por año de artículos publicados de 1997 a 2019. No hay registros anteriores a 1997, lo que demuestra que esta es una línea de investigación reciente.

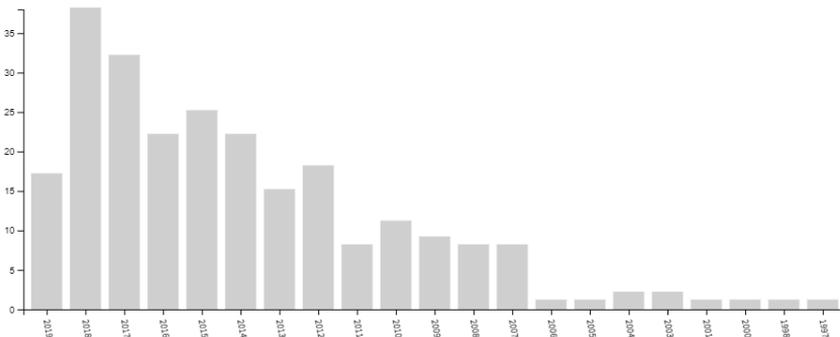


FIGURA 4. Estudio bibliométrico usando las palabras clave “*Fuzzy logic*” y “*Sustainability*”. Fuente: Web of Science (2019)

En resumen, el estudio bibliométrico indica que hay 24,055 registros para “*Fuzzy Logic*”, 116,294 registros para “*Sustainability*” y 243 registros para “*Fuzzy Logic*” y “*Sustainability*”. El estudio también indica que existe una tendencia de crecimiento de las líneas de investigación a lo largo del tiempo, y un aumento en los manuscritos publicados y las citas entre “*Fuzzy Logic*” y “*Sustainability*”, lo que refuerza el interés en este tema y permite avanzar en la frontera del conocimiento en estas líneas de investigación. Además, se observa que existe una brecha en la investigación que se puede desarrollar

utilizando la lógica difusa aplicada a la sostenibilidad. Por ejemplo, las líneas de investigación deben centrarse en la toma de decisiones relacionadas con la cadena de suministro, la gestión de grupos de interés, la definición de cuestiones relevantes o materialidad, la elección y definición de proyectos de sostenibilidad, entre otros. La tabla 1 presenta los artículos científicos más citados utilizando las palabras clave “*Fuzzy Logic*” y “*Sustainability*”.

Artículos /Autores/ Año de publicación	Revistas científicas	N° de Citas
“A novel fuzzy multi-criteria decision framework for sustainable supplier selection with incomplete information”(Büyükoçkan & Çifçi, 2011)	Computers in Industry	189
“Environmental principles applicable to green supplier evaluation by using multi-objective decision analysis”(Lu, Wu, & Kuo, 2007)	International Journal of Production Research	183
“Sustainability: an ill-defined concept and its assessment using fuzzy logic”(Phillis & Andriantiatsaholiniaina, 2001)	Ecological Economics	178
“Sustainable supplier selection: A ranking model based on fuzzy inference system”(Amindoust, Ahmed, Saghafinia, & Bahreininejad, 2012)	Applied Soft Computing	172
“Definition methodology for the smart cities model”(Lazaroiu & Roscia, 2012)	Energy	132
“Agri-environmental indicators to assess cropping and farming systems. A review”(Bockstaller et al., 2008)	Agronomy for Sustainable Development	111
“Evaluating strategies for sustainable development: fuzzy logic reasoning and sensitivity analysis”(Andriantiatsaholiniaina, Kouikoglou, & Phillis, 2004)	Ecological Economics	101
“Multi-criteria evaluation model for the selection of sustainable materials for building projects”(Akadiri, Olomolaiye, & Chinyio, 2013)	Automation in Construction	91
“Ex ante assessment of the sustainability of alternative cropping systems: implications for using multi-criteria decision-aid methods. A review”(Sadok et al., 2008)	Agronomy for Sustainable Development	72
“Risk analysis for oil & gas pipelines: A sustainability assessment approach using fuzzy based bow-tie analysis”(Shahriar, Sadiq, & Tesfamariam, 2012)	Journal of Loss Prevention in the Process Industries	70

Tabla 1. Los artículos científicos más citados que utilizan la “*Fuzzy Logic*” y “*Sustainability*”. Fuente: Elaboración propia basada en Web of Science (2019)

Se observa que los dos artículos más citados abordan los temas de evaluación y selección de proveedores. Además se identifica en todos los diez artículos la utilidad de los modelos de la lógica difusa en los procesos de toma de decisión. Se destacan investigaciones de lógica difusa aplicadas en la sostenibilidad (Urruticoechea, A., & Vernazza, 2019), en compras ecológicas (Salgado Beltrán & Gil Lafuente, 2005), en la evaluación de proveedores ecológicos (Lu, Wu, & Kuo, 2007). Además, se identifica la utilidad de la lógica difusa en la gestión de la cadena de suministro (Park et al., 2018) y la adopción de los principios del Pacto Mundial indica resultados positivos en el desempeño de las empresas (Ortas, Álvarez, & Garayar, 2015).

3. APLICACIÓN DE LA LÓGICA DIFUSA

Esta sección muestra la aplicación de la lógica difusa a través de caso teórico para conocer cómo una empresa gestiona a sus proveedores de acuerdo con el código de conducta. Se utiliza la “Teoría de las Afinidades” (Gil-Aluja, J. 1999) para evaluar cinco proveedores en las cuatro áreas temáticas del Pacto Mundial de la ONU. Se puede ajustar el número de proveedores evaluadas en función de la necesidad de cada empresa. Se inicia el proceso de evaluación considerando los cinco proveedores de la empresa, que se caracterizarán por el conjunto $E(1)=\{A, B, C, D, E\}$. Por otro lado, se define las cuatro áreas temáticas del código de conducta teniendo como referencia el Pacto Mundial, (a) Derechos Humanos, (b) Estándares laborales, (c) Medio ambiente, (d) Anti-corrupción. Se puede ejemplificar los elementos del código de conducta por el conjunto $E(2)=\{a, b, c, d\}$.

El objetivo es definir el nivel de cumplimiento de los proveedores con el código de conducta con respecto a los logros de acuerdo con el Pacto Mundial. Se recomienda que la evaluación sea realizada por especialistas sobre el tema, y que los criterios utilizados queden transparentes para los grupos de interés. Se evalúa a los proveedores por medio de la medida $[0,1]$, según la cual, a medida que la estimación se aproxima al valor 1, mejor será el logro del código de conducta. Ahora con los dos conjuntos E_1 y E_2 caracterizados y los criterios de evaluación definidos se procederá la obtención de afinidades.

De acuerdo con Gil-Aluja (1999), el camino emprendido para la obtención de afinidades permite describir el siguiente algoritmo:

- 1) Se parte de una matriz booleana $[B]$ proveniente de una relación borrosa de los conjuntos E_1 y E_2 , cortada a unos pertinentes niveles.

- 2) Obtenemos la “familia” de subconjuntos de objetos, cada uno de los cuales reúne aquellos que poseen las mismas características.
- 3) A partir de los “minitérminos” o “átomos” no vacíos se halla el correspondiente “clan”.
- 4) Para cada uno de los elementos del clan se calculan las intersecciones de los subconjuntos de características poseídas por los componentes de los respectivos elementos del clan.
- 5) Cuando existe más de un subconjunto de características que se repite como resultado de la intersección, se escoge el correspondiente elemento del clan que posee mayor números de componentes.
- 6) La reunión de los elementos del clan con los subconjuntos de características repetidas máximas forman las afinidades.

A continuación se presentan los resultados.

4. RESULTADOS

En la tabla 1 se presentan los resultados de la evaluación de los cinco proveedores. Se observa que el proveedor (C) ha recibido nota máxima (1) en derechos humanos (a) y nota (0.9) en medio ambiente (c).

	A	B	C	D	E
a	0.7	0.9	1	0.7	0.6
b	0.6	0.7	1	0.9	1
c	0.9	0.7	0.9	1	0.7
d	0.7	1	0.6	0.9	1

Tabla 1. Matriz de evaluación de proveedores
Fuente: Elaboración propia (2019)

La empresa determina el nivel $\alpha \geq 0.8$ para el nivel de cumplimiento del código de conducta de sus proveedores. Este valor se considera necesario para encontrar relaciones de afinidad entre proveedores y el código de conducta. En la tabla 2 se muestran los resultados.

	A	B	C	D	E
a		1	1		
b			1	1	1
c	1		1	1	
d		1		1	1

Tabla 2. Matriz con nivel de afinidades
Fuente: Elaboración propia (2019)

Ahora, para continuar con la fundación de “relaciones de afinidad”, se utilizará el modelo llamado “Familias de Moore”. Se percibe en la matriz incluida en la tabla 2, en la que los objetos tienen sus respectivas cualidades, a través de los siguientes subconjuntos:

$$A_A = \{c\}, A_B = \{a, d\}, A_C = \{a, b, c\}, A_D = \{b, c, d\}, A_E = \{b, d\}$$

A continuación se muestra la familia del clan F:

$$F = \{\{c\}, \{a, d\}, \{a, b, c\}, \{b, c, d\}, \{b, d\}\}$$

Posteriormente, la familia es el “clan”.

$$A_A = \{c\}, A_B = \{a, d\}, A_C = \{a, b, c\}, A_D = \{b, c, d\}, A_E = \{b, d\}$$

$$\bar{A}_A = \{a, b, d\}, \bar{A}_B = \{b, c\}, \bar{A}_C = \{d\}, \bar{A}_D = \{a\}, \bar{A}_E = \{a, c\}$$

Luego determina los átomos o minterms:

$$\begin{array}{ll} A_A \cap A_B \cap A_C \cap A_D \cap A_E = \varnothing & A_A \cap \bar{A}_B \cap A_C \cap A_D \cap \bar{A}_E = \{c\} \\ A_A \cap A_B \cap A_C \cap A_D \cap \bar{A}_E = \varnothing & \bar{A}_A \cap A_B \cap A_C \cap A_D \cap \bar{A}_E = \varnothing \\ A_A \cap A_B \cap \bar{A}_C \cap \bar{A}_D \cap A_E = \varnothing & A_A \cap A_B \cap \bar{A}_C \cap \bar{A}_D \cap A_E = \varnothing \\ A_A \cap A_B \cap \bar{A}_C \cap A_D \cap A_E = \varnothing & A_A \cap \bar{A}_B \cap A_C \cap \bar{A}_D \cap A_E = \varnothing \\ A_A \cap \bar{A}_B \cap A_C \cap A_D \cap A_E = \varnothing & \bar{A}_A \cap A_B \cap A_C \cap \bar{A}_D \cap A_E = \varnothing \\ \bar{A}_A \cap A_B \cap A_C \cap A_D \cap A_E = \varnothing & A_A \cap \bar{A}_B \cap \bar{A}_C \cap A_D \cap A_E = \varnothing \\ A_A \cap A_B \cap A_C \cap \bar{A}_D \cap \bar{A}_E = \varnothing & \bar{A}_A \cap A_B \cap \bar{A}_C \cap A_D \cap A_E = \{a\} \\ A_A \cap A_B \cap \bar{A}_C \cap A_D \cap \bar{A}_E = \varnothing & \bar{A}_A \cap \bar{A}_B \cap A_C \cap A_D \cap A_E = \{c\} \end{array}$$

$A_A \cap A_B \cap \bar{A}_C \cap \bar{A}_D \cap \bar{A}_E = \{a\}$	$\bar{A}_A \cap \bar{A}_B \cap A_C \cap \bar{A}_D \cap A_E = \varphi$
$A_A \cap \bar{A}_B \cap A_C \cap \bar{A}_D \cap \bar{A}_E = \varphi$	$\bar{A}_A \cap \bar{A}_B \cap \bar{A}_C \cap A_D \cap A_E = \varphi$
$\bar{A}_A \cap A_B \cap A_C \cap \bar{A}_D \cap \bar{A}_E = \varphi$	$A_A \cap \bar{A}_B \cap \bar{A}_C \cap \bar{A}_D \cap \bar{A}_E = \varphi$
$A_A \cap \bar{A}_B \cap \bar{A}_C \cap A_D \cap \bar{A}_E = \varphi$	$\bar{A}_A \cap A_B \cap \bar{A}_C \cap \bar{A}_D \cap \bar{A}_E = \varphi$
$\bar{A}_A \cap A_B \cap \bar{A}_C \cap A_D \cap \bar{A}_E = \varphi$	$\bar{A}_A \cap \bar{A}_B \cap A_C \cap \bar{A}_D \cap \bar{A}_E = \varphi$
$\bar{A}_A \cap \bar{A}_B \cap A_C \cap A_D \cap \bar{A}_E = \varphi$	$\bar{A}_A \cap \bar{A}_B \cap \bar{A}_C \cap A_D \cap \bar{A}_E = \varphi$
$A_A \cap \bar{A}_B \cap \bar{A}_C \cap \bar{A}_D \cap A_E = \varphi$	$\bar{A}_A \cap \bar{A}_B \cap \bar{A}_C \cap \bar{A}_D \cap A_E = \varphi$
$\bar{A}_A \cap A_B \cap \bar{A}_C \cap \bar{A}_D \cap A_E = \varphi$	$\bar{A}_A \cap \bar{A}_B \cap \bar{A}_C \cap \bar{A}_D \cap \bar{A}_E = \varphi$

Ahora, para encontrar el “clan” engendrado por la familia F, los átomos no toman todas las lagunas y uniones posibles, agregando \emptyset :

$$K = \{\emptyset, \{a\}, \{b\}, \{c\}, \{d\}, \{a, b\}, \{a, c\}, \{a, d\}, \{b, c\}, \{b, d\}, \{c, d\}, \{a, b, c\}, \{a, b, d\}, \{a, c, d\}, \{b, c, d\}, \{a, b, c, d\}, E_1\}$$

Determina la intersección de características para cada componente del clan. Mientras tanto, existe un subconjunto con características similares. Las relaciones de afinidad son, por lo tanto:

$\emptyset \rightarrow \{A, B, C, D, E\}$	$\{b, c\} \rightarrow \{C, D\}$
$\{a\} \rightarrow \{B, C\}$	$\{b, d\} \rightarrow \{D, E\}$
$\{b\} \rightarrow \{C, D, E\}$	$\{c, d\} \rightarrow \{D\}$
$\{c\} \rightarrow \{A, C, D\}$	$\{a, b, c\} \rightarrow \{C\}$
$\{d\} \rightarrow \{B, D, E\}$	$\{a, b, d\} \rightarrow \emptyset$
$\{a, b\} \rightarrow \{C\}$	$\{a, c, d\} \rightarrow \emptyset$
$\{a, c\} \rightarrow \{C\}$	$\{b, c, d\} \rightarrow \{D\}$
$\{a, d\} \rightarrow \{B\}$	$\{a, b, c, d\} \rightarrow \emptyset$

La figura 5 presenta estas agrupaciones mediante los Retículos de Galois, que evidencia las afinidades entre los proveedores y facilita la toma de decisión.

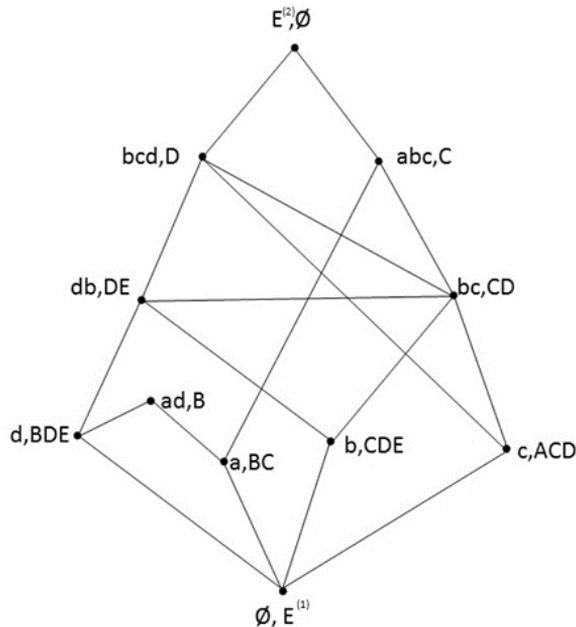


FIGURA 5. Retículo de Galois entre los proveedores
Fuente: Elaboración propia a partir de Gil-Aluja (1999)

A continuación, se discute los resultados sobre el modelo difuso aplicado en estrategias para compras sostenibles y el desempeño comparativo de la mejor clasificación de proveedores.

5. DISCUSIÓN

Los resultados muestran gráficamente las afinidades entre los diversos proveedores en relación con los temas del código de conducta de los mismos. Debe tenerse en cuenta que los proveedores C y D obtuvieron los mejores resultados en relación con la satisfacción general del código de conducta establecido por la empresa. Indica que el proveedor C logró los siguientes elementos: (a) Derechos humanos, (b) Estándares laborales, (c) Medio ambiente, y que necesita mejorar los temas relacionados con (d) Anti-corrupción. Por otro lado, el proveedor D consigue mejores resultados con: (b) Estándares laborales, (c) Medio ambiente, (d) Anti-corrupción, y debe mejorar en los temas relacionados con (a) Derechos humanos.

Los resultados proporcionan una herramienta útil en la toma de decisiones para evaluar y seleccionar proveedores, tomando como criterios los temas relacionados con la sostenibilidad, en este caso teniendo como referencia el Pacto Mundial (Berning & Venter, 2015). También permite ordenar los principales proveedores e identificar áreas de mejora para cada proveedor, permitiendo a la empresa supervisar su cadena de suministro, y adecuarse con las exigencias de otras partes interesadas (Castillo, Mollenkopf, Bell, & Bozdogan, 2018). Se refuerza la importancia de los grupos de interés para la sostenibilidad en las empresas conforme indicado por Freeman et al. (2010) y Barbosa-Póvoa, da Silva, & Carvalho (2018). Además incluye el tema de la compra sostenible (Park, Seo, Kim, & Ha, 2018) como criterio de selección de proveedores.

La “Teoría de las Afinidades” (Gil-Aluja, J. 1999) permite una flexibilidad para considerar un mayor número de proveedores, incluir otras variables en la evaluación, y aportar transparencia en los procesos de toma de decisión. A partir de los resultados, la compañía puede decidir excluir un proveedor de sus compras o desarrollar un plan de capacitación para cerrar las brechas identificadas. Como resultados se busca incrementar la calidad, ser competitivo, reducir costos, gestionar riesgos en la cadena de suministro (Fattahi & Govindan, 2018) y por consecuencia, aumentar su reputación con sus grupos de interés, principalmente con la sociedad.

6. CONCLUSIONES

Esta sección presenta las conclusiones del documento y futuras líneas de investigación sobre la lógica difusa aplicada a la sostenibilidad.

Con esta investigación se observa un aumento del interés por los temas de toma de decisión, sostenibilidad empresarial y gestión responsable de la cadena de suministro, que llaman la atención tanto de la academia y como de las empresas. Las empresas enfrentan desafíos de integrar y gestionar de manera adecuada los grupos de interés, especialmente los proveedores, que son muy importantes en los procesos de generación de riqueza sostenible y obtención de ventajas competitivas. Se verifica una tendencia positiva con el aumento de investigaciones relacionadas a estos temas y se identifica que todavía existen brechas de conocimiento para aplicar los modelos de la lógica difusa en los procesos de toma de decisión relacionados con la sostenibilidad.

El manuscrito ofrece un modelo que apoya a las empresas durante la toma de decisiones en el proceso de evaluación y selección de proveedores. Establece criterios que permite gestionar riesgos en la cadena de suministro. Es un instrumento valioso para ser utilizado en el proceso de agrupación. Este modelo también ayuda a crear asociaciones entre diferentes conceptos para los diversos niveles de satisfacción de las variables analizadas y para obtener las afinidades equivalentes. Los Reticulos de Galois visualmente muestran las correspondencias existentes entre los diversos proveedores en relación al código de conducta establecido por la empresa considerando como criterio los principios del Pacto Mundial.

Para la sociedad, el artículo trae reflexiones sobre la importancia de sostenibilidad empresarial, y cómo se puede gestionar riesgos en la cadena de suministro al evaluar y seleccionar adecuadamente los proveedores. De esta manera, las empresas contribuyen al desarrollo sostenible y la sociedad tendrá sus beneficios con empresas socialmente responsables.

A nivel académico, el documento avanza la frontera del conocimiento al presentar nuevos estudios sobre sostenibilidad, muestra las brechas de investigación y aplica un modelo de la lógica difusa, “La Teoría de las Afinidades”, en el proceso de toma de decisiones. Por estas razones, el artículo es una contribución útil que apoya futuras investigaciones sobre sostenibilidad en las empresas y la aplicación de la Lógica Difusa en estrategias para compras sostenibles.

AGRADECIMIENTOS

Le agradecemos a CENTRUM Católica Graduate Business School, Pontificia Universidad Católica del Perú y la Universidad de Barcelona por el soporte en esta investigación.

Esta investigación proviene de un estudio previo (Barcellos de Paula, 2011; de Paula & Rocha, 2017) y su divulgación ha sido autorizada legalmente por sus autores.

BIBLIOGRAFÍA

- Acquaye, A., Ibn-Mohammed, T., Genovese, A., Afrifa, G. A., Yamoah, F. A., & Oppon, E. (2018). A quantitative model for environmentally sustainable supply chain performance measurement. *European Journal of Operational Research*, 269(1), 188–205. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.10.057>
- Akadiri, P. O., Olomolaiye, P. O., & Chinyio, E. A. (2013). Multi-criteria evaluation model for the selection of sustainable materials for building projects. *Automation in Construction*, 30, 113–125. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.10.004>
- Amindoust, A., Ahmed, S., Saghafinia, A., & Bahreininejad, A. (2012). Sustainable supplier selection: A ranking model based on fuzzy inference system. *Applied Soft Computing*, 12(6), 1668–1677. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2012.01.023>
- Andriantiatsaholiniaina, L. A., Kouikoglou, V. S., & Phillis, Y. A. (2004). Evaluating strategies for sustainable development: fuzzy logic reasoning and sensitivity analysis. *Ecological Economics*, 48(2), 149–172. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2003.08.009>
- Barbosa-Póvoa, A. P., da Silva, C., & Carvalho, A. (2018). Opportunities and challenges in sustainable supply chain: An operations research perspective. *European Journal of Operational Research*, 268(2), 399–431. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.10.036>
- Barcellos de Paula, L., & Gil Lafuente, A. (2018). UNA CONTRIBUCIÓN AL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LAS EMPRESAS A PARTIR DE LÓGICA BORROSA. *Cuadernos Del CIMBAGE*, 1(20), 51–83.
- Barcellos de Paula, L. (2011). *Modelos de gestión aplicados a la sostenibilidad empresarial* (Universitat de Barcelona). Retrieved from <http://hdl.handle.net/10803/32219>
- Berning, A., & Venter, C. (2015). Sustainable Supply Chain Engagement in a Retail Environment. *Sustainability*, 7(5), 6246–6263. <https://doi.org/10.3390/su7056246>
- Blanco-Mesa, F.; Gil-Lafuente, A. M. (2017). Towards a competitiveness in the economic activity in Colombia: using Moore's families and Galois lattices in clustering. *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*, 51(3), 231–250.
- Bockstaller, C., Guichard, L., Makowski, D., Aveline, A., Girardin, P., & Plantureux, S. (2008). Agri-environmental indicators to assess cropping and farming systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 28(1), 139–149. <https://doi.org/10.1051/agro:2007052>
- Büyüközkan, G., & Çifçi, G. (2011). A novel fuzzy multi-criteria decision framework for sustainable supplier selection with

- incomplete information. *Computers in Industry*, 62(2), 164–174.
<https://doi.org/10.1016/j.compind.2010.10.009>
- Castillo, V. E., Mollenkopf, D. A., Bell, J. E., & Bozdogan, H. (2018). Supply Chain Integrity: A Key to Sustainable Supply Chain Management. *Journal of Business Logistics*, 39(1), 38–56.
<https://doi.org/10.1111/jbl.12176>
- Commission, E. (2001). *Promoting a European framework for corporate social responsibility: Green paper*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- De Paula, L. B., & Rocha, H. M. (2017). Fuzzy model applied in strategies for sustainable purchasing i. *2017 13th International Conference on Natural Computation, Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (ICNC-FSKD)*, 2915–2919.
<https://doi.org/10.1109/FSKD.2017.8393244>
- Fattahi, M., & Govindan, K. (2018). A multi-stage stochastic program for the sustainable design of biofuel supply chain networks under biomass supply uncertainty and disruption risk: A real-life case study. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 118, 534–567. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2018.08.008>
- Freeman, R. E. (1984). *Strategic Management: A Stakeholder Approach*. Pitman Series in Business and Public Policy.
- Freeman, R. E., Harrison, J.S., Wicks, A.C., Parmar, B., & Colle, S. (2010). *Stakeholder theory: the state of the art*. Cambridge ; New York: Cambridge University Press.
- Gil-Aluja, J. (1987). *Selección de personal: el problema de la polivalencia y el de la uniformidad* (C. de E. U. R. Areces (Barcelona), Ed.). Retrieved from
<https://books.google.com.pe/books?id=d11BtwAACAAJ>
- Gil-Aluja, J. (1999). *Elements for a Theory of Decision in Uncertainty*.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4757-3011-1>
- Gil-Lafuente, A. M. (2001). *Nuevas estrategias para el análisis financiero en la empresa*. Ariel.
- Gil-Lafuente, J. (2001). Model for the homogeneous grouping of the sales forces. *Congress M.S.Changsha (Hunan)*, 332–335. China.
- Gil-Lafuente, J. (2002). *Algoritmos para la Excelencia. Claves para el éxito en la gestión deportiva*. Vigo: Milladoiro.
- Gil Lafuente, A. M., & de Paula, L. B. (2010). Fuzzy logic algorithm applied in the corporate sustainability: Analysis of an empirical study in the management of suppliers. *International Review on Computers and Software*, 5(4).
- Hart, S. L., & Milstein, M. B. (2003). Creating sustainable value. *Academy of Management Perspectives*, 17(2), 56–67.
<https://doi.org/10.5465/ame.2003.10025194>

- Kaufmann, A.; Gil Aluja, J. (1986). *Introducción de la teoría de los subconjuntos borrosos a la gestión de las empresas*. Santiago de Compostela: Milladoiro.
- Kaufmann, A.; Gil Aluja, J. (1991). Selection of affinities by means of fuzzy relations and Galois lattices. *Actas Del Euro XI Congress O.R. Aachen*.
- Kaufmann, A.; Gil Aluja, J. (1992). *Técnicas de gestión de empresas, previsiones, decisiones y estrategias*. Madrid: Ed. Pirámide.
- Kaufmann, A.; Gil Aluja, J. (1993). *Técnicas especiales para la gestión de expertos*. Milladoiro, Santiago de Compostela, p. 151-175.
- Lazaroiu, G. C., & Roscia, M. (2012). Definition methodology for the smart cities model. *Energy*, 47(1), 326–332.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.09.028>
- Lu, L. Y. Y., Wu, C. H., & Kuo, T.-C. (2007). Environmental principles applicable to green supplier evaluation by using multi-objective decision analysis. *International Journal of Production Research*, 45(18–19), 4317–4331.
<https://doi.org/10.1080/00207540701472694>
- Masocha, R., & Fatoki, O. (2018). The Impact of Coercive Pressures on Sustainability Practices of Small Businesses in South Africa. *Sustainability*, 10(9), 3032. <https://doi.org/10.3390/su10093032>
- Ortas, E., Álvarez, I., & Garayar, A. (2015). The environmental, social, governance, and financial performance effects on companies that adopt the United Nations Global Compact. *Sustainability (Switzerland)*, 7(2), 1932–1956.
<https://doi.org/10.3390/su7021932>
- Park, K.-S., Seo, Y.-J., Kim, A.-R., & Ha, M.-H. (2018). Ship Acquisition of Shipping Companies by Sale & Purchase Activities for Sustainable Growth: Exploratory Fuzzy-AHP Application. *Sustainability*, 10(6), 1763. <https://doi.org/10.3390/su10061763>
- Phillis, Y. A., & Andriantiatsaholiniaina, L. A. (2001). Sustainability: an ill-defined concept and its assessment using fuzzy logic. *Ecological Economics*, 37(3), 435–456. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(00\)00290-1](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(00)00290-1)
- Rubín, C. (2018). LEGADO DE LOTFI ZADEH. *Cuadernos Del CIMBAGE*, 1(20), 1–12. Retrieved from <https://ojs.econ.uba.ar/index.php/CIMBAGE/article/view/1180>
- Sadok, W., Angevin, F., Bergez, J.-É., Bockstaller, C., Colomb, B., Guichard, L., ... Doré, T. (2008). Ex ante assessment of the sustainability of alternative cropping systems: implications for using multi-criteria decision-aid methods. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 28(1), 163–174.
<https://doi.org/10.1051/agro:2007043>

- Salgado Beltrán, L., & Gil Lafuente, A. M. (2005). Models for analyzing purchase decision in consumers of ecologic products. *FUZZY ECONOMIC REVIEW*, 10(01).
<https://doi.org/10.25102/fer.2005.01.04>
- Shahriar, A., Sadiq, R., & Tesfamariam, S. (2012). Risk analysis for oil & gas pipelines: A sustainability assessment approach using fuzzy based bow-tie analysis. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 25(3), 505–523.
<https://doi.org/10.1016/j.jlp.2011.12.007>
- United Nations. (2008). *UN Global Compact*. Retrieved from
<https://www.unglobalcompact.org/what-is-gc/mission/principles>
- Urruticoechea, A., & Vernazza, E. (2019). SOSTENIBILIDAD EMPRESARIAL: ANÁLISIS A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA BIPLLOT. *Cuadernos Del CIMBAGE*, 1(21), 87–115.
- Will M. Bertrand, J., & Fransoo, J. C. (2002). Operations management research methodologies using quantitative modeling. *International Journal of Operations & Production Management*, 22(2), 241–264.
<https://doi.org/10.1108/01443570210414338>
- 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)