



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Facultad de Economía y Empresa

Trabajo de
Fin de máster

La selección de proveedores con criterios ecológicos

Una aplicación con técnicas
de decisión multicriterio

Luis Mario Després Martínez

Tutor: Guillermo Iglesias Gómez

Máster en
Dirección y Administración de Empresas
Año 2021

Resumen

Resumen: La gestión ecológica de las empresas es hoy una realidad cada vez más presente. En un mundo cada vez más globalizado, la decisión sobre los proveedores con los que trabajar es cada vez más compleja y de mayor importancia estratégica. El trabajo que aquí se presenta aporta una aplicación de herramientas para la toma de decisiones complejas, como el caso de la selección de uno entre varios proveedores teniendo en cuenta criterios ecológicos. A su vez, se desarrollan algunos conceptos básicos para la gestión ecológica y la gestión de proveedores, criterios de selección y otros factores importantes cuando se trata del manejo de proveedores y la mejora de las ventajas competitivas de una empresa. A través del caso teórico de una empresa que busca proveedores de envases para productos frescos, se desarrollan de forma mixta las técnicas Analytic Hierarchy Process (AHP) y Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) en la asignación de importancia a los criterios y la elección de un proveedor final. Los criterios han sido seleccionados en base a una revisión de la literatura que plantea un estado de la cuestión de los criterios ecológicos empresariales. Finalmente, el trabajo aborda un análisis de sensibilidad del modelo planteando un cambio de criterios y de situaciones con los proveedores.

Palabras clave: selección de proveedores, criterios ecológicos, AHP, TOPSIS.

Abstract

Summary: Green business management is today an increasingly present reality. In a globalized world, the decision about which suppliers to work with is becoming more complex and of greater strategic importance. The work presented provides an application of tools for making complex decisions, such as the selection of one among several suppliers taking into account ecological criteria. At the same time, some basic concepts for ecological management and supplier management, selection criteria and other important factors when it comes to supplier management and the improvement of a company's competitive advantages are developed. Through the theoretical case of a company looking for suppliers of packaging for fresh produce, the techniques Analytic Hierarchy Process (AHP) and Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) are developed in a mixed way in the assignment of importance to the criteria and the choice of a final supplier. The criteria have been selected on the basis of a literature review that provides a state of the art of ecological business criteria. Finally, the paper addresses a sensitivity analysis of the model by considering a change of criteria and supplier situations.

Key words: supplier selection, ecological criteria, AHP, TOPSIS.

Índice

1. Agradecimientos	7
2. Introducción	8
3. Marco teórico y conceptual	15
2.1 La agenda ecológica	15
2.2 El ecologismo de empresa.....	20
2.3 El proveedor como parte fundamental del negocio.....	25
4. Metodología	29
3.1 Las técnicas de decisión multicriterio.....	29
3.2 AHP	32
3.3 TOPSIS.....	37
5. Análisis Aplicado	41
4.1 Estructura de análisis.....	41
4.2 Definición del caso.....	46
4.2.1 Definición del problema	46
4.2.2 Definición de la estrategia.....	47
4.3 Proceso de toma de decisión.....	48
4.3.1 Iniciación. Definición de decisores y de metodología.....	48
4.3.2 Fase 1. Selección y determinación de criterios.....	49
4.3.2.1 Determinación de criterios.....	49
4.3.2.2 Determinación de pesos.	57
4.3.2.3 Análisis de consistencia.....	58
4.3.3 Fase 2. Identificación y selección de alternativas.	59
4.3.4 Fase 3. Evaluación final de la decisión.	61
6. Conclusiones	65
7. Bibliografía	68
8. Anexos	73

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Emisiones de CO2 Globales.....	11
Ilustración 2: Publicaciones científicas sobre cambio climático.....	15
Ilustración 3: Promedios decenales de la temperatura global del aire.....	16
Ilustración 4: Estrategia de ecologismo de empresa.....	24
Ilustración 5: Estructuración del proceso de decisión.	31
Ilustración 6: Estructura Jerárquica de AHP.	34
Ilustración 7: Pasos resumidos de TOPSIS	41
Ilustración 8: Estrategia para la selección de proveedores.	43
Ilustración 9. Estructura Jerárquica AHP de la meta.....	51

Índice de tablas

Tabla 1: Criterios para la evaluación del desempeño ambiental de proveedores en Awasthi et al (2010).	28
Tabla 2: Escala fundamental de AHP (Saaty, 1980).	36
Tabla 3: Matriz de valoración AHP	37
Tabla 4: Matriz de decisión - TOPSIS	38
Tabla 5: Estrategia metodológica de análisis.	44
Tabla 6. Criterios generales más importantes sobre la selección de proveedores convencionales revisados por Banaeian et al (2015)	49
Tabla 7. Frecuencia de criterios ambientales en la selección de proveedores en Banaeian et al (2015)	50
Tabla 8. Coste monetario (€) y tiempo de entrega (días) de proveedores en criterios cuantitativos	52
Tabla 9. Puntuación cualitativa de subcriterios en Calidad	52
Tabla 10. Puntuaciones medias de subcriterios de Calidad	53
Tabla 11. Puntuación cualitativa de Subcriterio Nivel de Planificación ambiental del proveedor y media final	54
Tabla 12. % de material reciclado en envases para Subcriterio Uso de materiales reciclables del proveedor y media	55
Tabla 13. Puntuación cualitativa de Subcriterio Impactos ambientales del proveedor y media	55
Tabla 14. Matriz de promedios subcriterios de Sistema de Gestión Ambiental.	56
Tabla 15. Subcriterios normalizados de Sistema de Gestión Ambiental y promedio final de criterio de Sistema de Gestión Ambiental.	56
Tabla 16. Matriz de decisión final de datos	57
Tabla 17. Matriz de comparación de criterios basada en la escala de calificación de Saaty.	57
Tabla 18. Matriz de comparación de criterios normalizada.	58
Tabla 19. Índice de consistencia y ratio de consistencia de comparación de criterios.	59
Tabla 20. Cálculos preliminares TOPSIS	60
Tabla 21. Matriz de decisión normalizada ponderada TOPSIS.	60
Tabla 22. Determinación de solución ideal positiva y solución ideal negativa en matriz normalizada ponderada TOPSIS.	60
Tabla 23. Cálculo de la proximidad relativa a la solución ideal TOPSIS.	61
Tabla 24. Comparación de promedios con análisis de sensibilidad 1.	63
Tabla 25. Matriz de comparación de criterios en la escala de calificación con reducción de un punto a los pesos de Calidad.	63
Tabla 26. Consistencia de análisis de sensibilidad 1.	63
Tabla 27. Análisis de sensibilidad 2.	64
Tabla 28. Resultados TOPSIS con análisis de sensibilidad.	64

1. Agradecimientos

Mis agradecimientos a Guillermo Iglesias por su tiempo y su dedicación tanto en las clases como con su ayuda en este trabajo. Mis agradecimientos también al resto de profesores dedicados con el alumnado durante este máster.

Gracias a mis padres y a mis amigos por su apoyo, como siempre en todo.

2. Introducción

"No se puede pasar un solo día sin tener un impacto en el mundo que nos rodea. Lo que hacemos marca la diferencia, y tenemos que decidir qué tipo de diferencia queremos hacer"

Jane Goodall¹

Tomar decisiones forma parte del día a día de las empresas. Actuar es tomar una decisión. Las empresas participan en un entorno competitivo y lleno de amenazas, pero también de oportunidades. La planificación estratégica responde a estos entornos, valorando los recursos disponibles, competidores, objetivos y proyecciones. Sin embargo, la forma en la que las organizaciones toman decisiones está influida principalmente por sus percepciones, creencias y valores. En este punto es donde la gestión estratégica cobra importancia. Según Chandler (1962), la gestión estratégica es *"la determinación de los objetivos de la empresa y las metas a largo plazo, la adopción de las líneas de acción, y la asignación de los recursos necesarios para llegar a esas metas"*. La decisión adecuada no puede ser ajena al entorno que nos rodea. Las tendencias sociales y las evidencias científicas modulan las necesidades de nuestro modelo de vida. En los últimos años, la toma de decisiones adecuadas no se entiende sin que estas decisiones sean éticamente responsables. Cada vez es más común que las empresas definan sus valores y tomen decisiones basadas en ellos a través de programas de acción específicos. Los beneficios del compromiso ético van más allá de los meramente empresariales. Hoy, hacer lo correcto es pensar en lo colectivo, y no hay valor más social que los valores ecológicos. La toma de decisiones en el siglo XXI necesita ser ecológicamente responsable.

La importancia que hoy en día concedemos al cuidado de nuestros ecosistemas y en su consecuencia, de nuestro planeta; son fenómenos que, pese a su ampliamente aceptada concienciación, son eminentemente recientes.

¹ Primatóloga Británica (1943-). Frase obtenida de libro "Generación Terrorismo Ambiental" de Jose Manuel Ferro Veiga

En occidente, la primera gran movilización ambientalista se dio gracias al profesor Morton Hilbert, cofundador y promotor junto con el senador estadounidense Gaylord Nelson del Día de la Tierra, el 22 de abril de 1970². Actualmente es celebrado en múltiples países como día para la concienciación de las preocupaciones ambientales con el objetivo de crear una conciencia común sobre esta problemática. A lo largo de los años 70, el movimiento ecologista cogió un fuerte impulso, consiguiendo no sólo introducirse en la agenda política de las principales potencias mundiales, sino también en la agenda del ciudadano de a pie y de las empresas. En Europa, fue en 1972 cuando se celebró la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano en Estocolmo, considerada punto de inflexión importante en la introducción del ecologismo a escala global y del desarrollo de políticas ambientales.

Pese a ello, todavía hoy existe una negación de la existencia de una crisis ecológica, y, sobre todo, se niega su relación con nuestro modelo de producción. Esta negativa viene desde fuertes élites políticas, empresariales e incluso académicas, que tal y como asientan Prats et al *“[...] rechazaron las advertencias contenidas en el informe “Los límites del crecimiento”, realizado por un grupo de científicos del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) para el Club de Roma”*. (2016, p.3) Este trabajo fue muy importante para la puesta en marcha de proyectos específicos e internacionales en el cuidado del medioambiente, ya que *“[...] tuvo el mérito de anticipar los escenarios de previsible crisis ecosocial global hacia los que la humanidad se está precipitando y ya planteaba entonces la necesidad de adoptar con urgencia profundas transformaciones en los patrones de desarrollo vigentes.”* (Prats et al, 2016, p. 3)

Son muchos los frentes que provocan las alteraciones del ecosistema debido a nuestro modo de vida y producción: la conocida contaminación atmosférica y el aumento del efecto invernadero por la emisión gases, la contaminación de aguas y agotamiento del agua dulce, la destrucción de entornos biodiversos, el agotamiento de recursos naturales esenciales, la

² Datos del Día de la Tierra: ¿Por qué se celebra? ¿Dónde empezó? – NATGeo (2020)

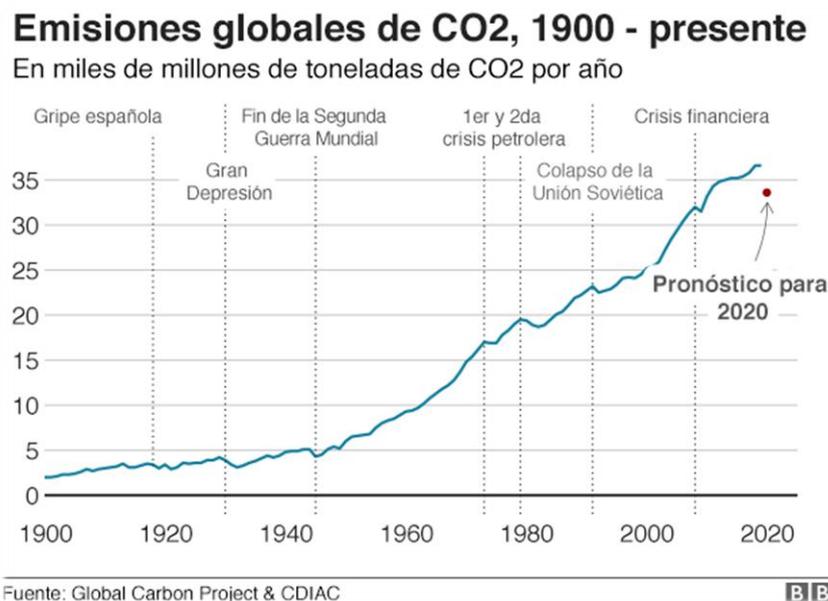
deforestación, la acidificación de las aguas y los suelos, el almacenaje y acumulación de residuos... Los impactos de dichas alteraciones son cada vez más evidentes, y afectarán a nuestra calidad de vida y a nuestro futuro si no les hacemos frente. Las empresas son nuestro motor principal, el de nuestros recursos y de nuestro modo de vida. Por fortuna, en la actualidad, la idea de lo ecológico ha ido asentándose en las políticas públicas de los Estados y, por supuesto, en la de muchas empresas que son conscientes de la existencia de este clamor social y de su importante papel en el equilibrio de nuestros ecosistemas. Esta alarma responde con el llamado ecologismo empresarial. *“En los últimos años se ha extendido la importancia de los principios de responsabilidad social corporativa desde tres perspectivas: la económica, la social y la medioambiental”* (Bravo Gil; Fraj et al, 2006, p. 60). Desde esta perspectiva, la empresa sostenible es una empresa que reconoce su entorno. A su vez, reconoce el efecto que el mismo tiene en su actividad y en la sociedad a la que sirve cumpliendo con su actividad o función. La empresa ecológica por lo tanto es una empresa responsable. Es además una empresa estratégica y planificadora, ya que tiene en cuenta el largo plazo, su efecto en el medio ambiente, su contribución a su cuidado y su responsabilidad con la sociedad.

El ecologismo empresarial no se entiende sin conceptos como el impacto medioambiental, el reconocimiento de dicho impacto, la responsabilidad empresarial y su aplicación en la minimización de dichos impactos. Como consecuencia de sus implicaciones, las empresas deben enfrentarse, al igual que el resto de nuestra sociedad, al reto mayúsculo de la problemática medioambiental.

Este hecho evidencia la enorme importancia que adquiere la responsabilidad social corporativa en la empresa del futuro, donde sin duda, lo medioambiental debe eruirse como uno de los grandes principios de actuación junto con el principio económico y el principio social. La inclusión del principio medioambiental supone no sólo un reconocimiento de su importancia, sino que también supone la asunción de un compromiso y de unos actos concretos que aborden desde nuestras posibilidades una contribución al cambio. Sin duda en

este punto, los *stakeholders*³ son elementos clave cuando queremos hablar del ecologismo en empresas. Dentro del gran grupo que abarca el conjunto de actores que conformarían dichos *stakeholders*, los proveedores son figuras esenciales, responsables de complementar la actividad o servicio en la gran mayoría de empresas actuales del mundo. Vivimos en un mundo caracterizado por una cada vez mayor especialización, competitividad y búsqueda de la máxima eficiencia, haciendo a las empresas cada vez más partícipes de su entorno y dependientes de su red de *stakeholders*. Los proveedores, las subcontrataciones y las múltiples opciones de compra que ofrece el mercado han complejizado la red de las cadenas de suministro de las empresas, punto de partida de muchas actividades empresariales. Es por ello por lo que, actualmente, muchas empresas establecen en sus sistemas de gestión ambiental normas medioambientales específicas para proveedores, como compromiso de mejora y actuación en el marco ambiental. La diferencia entre un buen proveedor y un mal proveedor no se entiende hoy sin criterios medioambientales; y la empresa del futuro es la que comprende el valor de su entorno natural y de sus relaciones.

Ilustración 1: Emisiones de CO2 Globales.



Fuente: Extraído de BBC (2020)

³ “Parte interesada” en castellano, son todos aquellos actores que tienen un interés en la empresa u organización y que puede afectar o ser afectado por dicha organización. Suele servir como concepto para agrupar los principales grupos de interesados de una empresa como los clientes, empleados, inversores, proveedores, comunidades locales, gobiernos...

El fenómeno de la globalización ha traído inmensas ventajas a nuestro mundo y un acceso casi ilimitado al conocimiento y a la información gracias a la tecnología. Sin embargo, en el mundo económico, este hecho ha provocado que muchas empresas se hayan vuelto increíblemente poderosas, incrementando sus producciones y beneficios a costa del expolio de recursos naturales, la contaminación de nuestros entornos y la subcontratación en países con mano de obra barata. Con el impulso de las corrientes ecológicas, los responsables han empezado a ser señalados y las empresas han empezado a percibir las consecuencias de reducir gastos a costa de la destrucción ambiental. *“Reducir costes mediante la explotación de mano de obra y la contaminación ambiental, en lugar de llevar al éxito económico, ha dañado a gigantes corporativos”* Adams (2014). El problema ambiental nos afecta a todos. Hoy es más urgente que nunca aceptar nuestra realidad y dirigirnos hacia el cambio.

Con estos nuevos vientos, muchas compañías están cambiando esta dinámica y los líderes corporativos empiezan a ser conscientes de sus grandes responsabilidades con la sociedad en la que conviven y con la que participan. La nueva realidad política, social y ambiental a la que nos enfrentamos en la actualidad ha traído consigo dinámicas que han modificado el pensamiento estratégico de las empresas. Así como se hace cada vez más complejo nuestro entorno, es cada vez más importante alejarse del cortoplacismo. Tener en cuenta las nuevas demandas de los consumidores en productos locales, ecológicos, de producciones sostenibles. Abordar las ventajas en imagen y reputación de la responsabilidad social corporativa sin caer en el *greenwashing*⁴. Procesos de producción con sistemas limpios y por supuesto una transparencia corporativa y comunicaciones adecuadas en las redes de interesados de las corporaciones y empresas.

⁴ También llamado “ecoblanqueamiento”, es un concepto que se utiliza para definir algunas prácticas empresariales que tienen el objetivo de vender de forma engañosa una imagen de la empresa como responsable medioambientalmente, aunque en la práctica es solo un producto de marketing que busca aprovechar una presentación positiva de sus productos y servicios; aunque en la realidad material no cumplen con compromisos ecoresponsables. Es considerada publicidad engañosa en muchos casos. Además, resulta profundamente dañina para la imagen empresarial en el caso de que se destapen dichas prácticas.

Es posible que las prácticas ecológicas parezcan cosa de grandes multinacionales, sin embargo, es cada vez más común que desde las pequeñas empresas se empiecen a percibir prácticas socialmente responsables. El compromiso es la principal base de cualquier negocio, por ello hoy día la responsabilidad social y medioambiental son vistas además de como una filosofía y cultura empresarial arraigada a nuestra sociedad; como una vía de reducción de costes, aprovechamiento de oportunidades de inversión pública y de oportunidad de negocio. No abordar esta nueva ola significará perderse en la sociedad del futuro, una sociedad preocupada por la sostenibilidad y el cuidado del medioambiente, de nuestro planeta.

El trabajo que aquí se presenta pretende proporcionar de forma simplificada y práctica una aplicación de herramientas para la toma de decisiones complejas, como el caso de la selección de uno entre varios proveedores teniendo en cuenta criterios ecológicos. Todo ello sin dejar de lado el criterio central para cualquiera empresa, el de rentabilidad económica. El problema medioambiental y el papel que las empresas tienen en él es hoy más pertinente que nunca, sobre todo si valoramos la cada vez mayor fuerza con la que dicha problemática se introduce en las agendas políticas y sociales. Tanto desde el punto de vista legal como desde el de los clientes, sin duda es esencial la valorización del ecologismo como pilar estratégico de las empresas del presente. Es por esto por lo que para dar garantías de una toma de decisiones lo más armonizada posible, las técnicas presentadas en las siguientes páginas buscarán ser garantía para que cualquier decisor pueda aprovechar estas herramientas de decisión multicriterio y vea su utilidad en el marco de las políticas ambientales de la empresa.

El trabajo pretende ofrecer a su vez algunos conceptos básicos para la gestión de proveedores, criterios de selección y otros factores importantes cuando se trata del manejo de proveedores y la mejora de las ventajas competitivas de una empresa. Es evidente que la gestión de estos no es igual para todas las empresas, ya que depende de su actividad, tamaño y modelo organizativo. Sin embargo, tratando con cierta flexibilidad los criterios presentados y siguiendo la ejemplificación presentada en el apartado de análisis, es meta de este documento ser al menos, procedimentalmente pedagógico para

que una empresa u organización pueda adaptar los modelos de toma de decisión a sus propios marcos. El trabajo busca centrarse en los proveedores por el ya comentado papel de enorme importancia que tienen en muchas empresas, principalmente las productoras de bienes.

El *objetivo general* del trabajo es el facilitar la selección de proveedores cuando queremos o debemos introducir criterios ecológicos en nuestra decisión; aplicando técnicas de decisión multicriterio que permitan elegir entre la mejor alternativa en función de nuestras metas, objetivos y criterios empresariales. Los *objetivos específicos* del trabajo son:

1. Identificar la problemática de la selección de proveedores y sus criterios a partir de la literatura especializada, resaltando las ventajas del compromiso ecológico en la empresa, así como su importancia en nuestros tiempos.
2. Sintetizar la aplicación teórico-práctica de las técnicas de decisión multicriterio elegidas.
3. Aplicar las técnicas de decisión multicriterio seleccionadas y demostrar su desarrollo práctico en la toma de decisiones ecológicamente responsables.

Sobre la *estructura del trabajo*, en primer lugar, se explicará la actual coyuntura ecológica, su problemática y el papel de las empresas en el desarrollo sostenible, la preservación del medioambiente y sus ventajas desde el punto de vista competitivo. En segundo lugar, se abordará el desarrollo metodológico,

- a. sobre conceptos clave como el ecologismo, política ambiental, normativas y aspectos ambientales; y
- b. sobre el desarrollo teórico de los métodos de decisión multicriterio, concretamente, el *Analytic Hierarchy Process* (AHP) y la *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS), herramientas con las que se aplicará y analizará una selección de proveedores con criterios ecológicos.

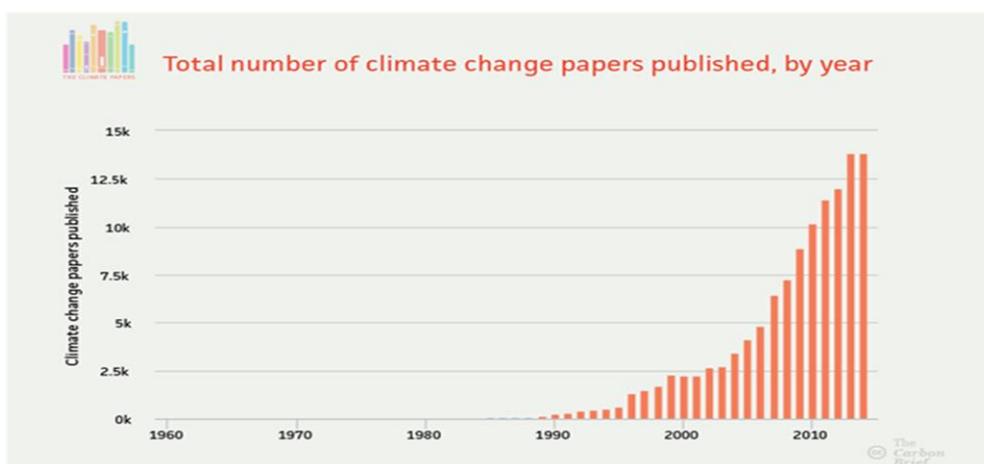
En tercer lugar, se desarrollará el análisis de caso aplicando dicha metodología, asignando criterios, alternativas y variando entre las diferentes técnicas para comparar los diferentes resultados. En cuarto y último lugar, las conclusiones nos darán una perspectiva general del análisis y de la utilidad de dichos métodos a la hora de tomar decisiones clave y estratégicamente importantes para muchas empresas en el marco del ecologismo en la empresa.

3. Marco teórico y conceptual

2.1 La agenda ecológica

Los datos que avalan la crisis ecológica a la que se enfrenta el planeta han sido vox populi a lo largo de los últimos años. El conocimiento de estos hechos nace a razón de múltiples artículos y estudios que se han centrado en el estudio del ecologismo y del cambio climático. El respeto que le debemos al conocimiento que obtenemos de la ciencia es el que le debemos dar a las múltiples investigaciones y hechos que constatan nuestra realidad. El mundo científico nos aporta la información, pero las decisiones las tomamos nosotros. Por ello; gobiernos, empresas, organizaciones y ciudadanos de a pie debemos valorar con su debido peso el conocimiento que tenemos sobre el problema global de la contaminación y del cambio climático.

Ilustración 2: Publicaciones científicas sobre cambio climático.

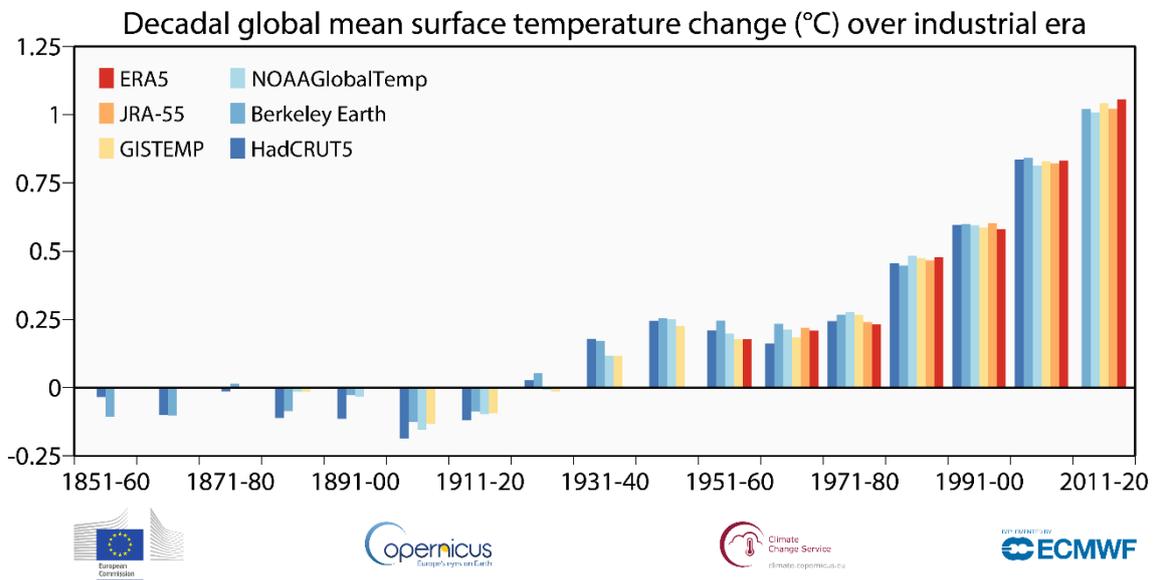


Fuente: Extraído de McSweeney (2015) *The Carbon Brief*

Como podemos ver en la *Ilustración 2*, a partir de los años 90 el crecimiento en estudios sobre ecologismo y cambio climático ha aumentado exponencialmente. El artículo sobre cambio climático de Manabe y Wetherald de 1967 “*Thermal Equilibrium of the Atmosphere with a Given Distribution of Relative Humidity*” fue pionero en explicar como el aumento del CO2 modifica la temperatura. Posteriormente, el artículo de Keeling et al de 1976 (desde Pidcock, 2015) “*Atmospheric carbon dioxide variations at Manua Loa Observatory, Hawaii*” nos demostró como nuestro modo de producción, a través de la quema de combustibles fósiles, afectaba globalmente al planeta y al aumento de la temperatura (Pidcock, 2015).

Por otro lado, el programa europeo de observación de la Tierra Copernicus ha expresado en un comunicado que, según los datos publicados por el Servicio de Cambio Climático C3S, el año 2020 “[...] estuvo a la par con el año más cálido jamás registrado, marcando el final de la década más cálida registrada [...]” (López, 2021).

Ilustración 3: Promedios decenales de la temperatura global del aire.



Fuente: Servicio de Cambio Climático de Copernicus (Nuria Lopez 2021)

Las implicaciones de esta subida son el aumento del nivel del mar, lo que implicaría la desaparición de territorios insulares. También el aumento en el número de incendios, los cuales fueron considerados como inusualmente activos por el mismo estudio en el último año. La desaparición de glaciares implica una

pérdida de reservas de agua dulce y contribuye a la subida de los niveles del mar a su vez. La investigación científica es la que ha asentado como hechos incontestables la realidad a la que nos estamos enfrentado, una presente y futura crisis ecológica sin precedentes y de carácter antropogénico.

Sin embargo, el aumento continuado de la temperatura es solo uno de los problemas que engloba la llamada agenda ecológica. El ecologismo engloba un conjunto muy variado de actitudes y movimientos políticos y sociales que buscan proteger nuestro entorno. Lo primero que debemos valorar es que no podemos separar el concepto del llamado principio de sustentabilidad. Las empresas son la institución económica principal de organización, planificación, desarrollo y materialización de una idea. Cumplen con una función social esencial, generan y organizan el trabajo y satisfacen múltiples necesidades humanas de formas muy diversas. Las empresas son y deben ser socialmente responsables puesto que son socialmente centrales en nuestro modelo de vida. Por este motivo, la sustentabilidad es un concepto central en los fundamentos teóricos con los que buscamos señalar la importancia de la perspectiva ecológica en las empresas.

Norton (1992, p. 98) expone la definición de la Comisión Brundtland en el informe "Our Common Future", que define sostenibilidad como "*El desarrollo sostenible es aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades*"⁵. Máiz (2011) diferencia sustentabilidad de sostenibilidad, exponiendo que la sustentabilidad "*se articula de modo complejo mediante la articulación de tres vectores fundamentales; a saber: 1) la biosfera, 2) las generaciones futuras y 3) la sociedad global.*" (Máiz, 2011, p. 15). Estas ideas exponen varias ideas sobre el concepto. En primer lugar, el necesario equilibrio entre la sociedad y la naturaleza y el respeto a sus límites. En este sentido, sobre la idea de presente, de respeto al entorno y de valoración de los actuales recursos y su uso racional. En segundo lugar, sobre la idea de futuro, "las generaciones futuras" que según Máiz se traducen en el "*principio de*

⁵ "*Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs*" (p.98) Extraído por Norton de la "World Commission on environment and Development". Our Common Future. Oxford, Oxford University Press. 1987, p. 43

responsabilidad y de justicia intergeneracional” (Máiz, p. 17). Como comentábamos anteriormente, lo ecológico no se entiende sin responsabilidad social corporativa en la empresa. Esta responsabilidad se traduce en un más allá sobre el presente y sobre lo meramente coyuntural. Y, en tercer lugar, la última clave para comprender la dimensión de la sostenibilidad es la de los valores. Como expone Norton (2005), los “*community-identify values*” son el conjunto de valores que como sociedad nos unen a la naturaleza y nos identifican con ella, como un paisaje, el desarrollo en el territorio o el uso de los recursos naturales “[...] *pues toda comunidad posee una dimensión a la vez social y natural, despliega su vida en un medio ambiente específico e interacciona con él* (Norton 2005: 371).” (Extraído de Máiz, 2011, p. 21).

La sostenibilidad nos introduce tres elementos en la empresa: una relación inseparable con el entorno, la responsabilidad-compromiso social y el reconocimiento de la existencia de límites, de escasez y de una necesidad de justicia. La sostenibilidad marca la asunción de un compromiso político y de valores en la estrategia empresarial, puesto que es contraria a la mera persecución de la maximización individual y la minimización de costes por encima de todo. Cada vez es más importante que las empresas asuman el compromiso, y eso es percibido por clientes, gobiernos y organizaciones como un refuerzo positivo a la actividad empresarial, que en múltiples ocasiones acaba compensando las posibles pérdidas en rendimientos económicos debido a la asunción de dicho compromiso. Es por este motivo que debe integrarse en la empresa y debe fluir por todas las ramas organización para hacerse efectiva. La agenda ecológica pone en relieve los efectos de nuestro modo de vida y de relacionarnos con nuestro entorno y sociedad, pero nuestros actos son los que marcan la sociedad que queremos ser en el futuro. Y en esto, las empresas tienen un papel esencial.

Como vinimos comentando, la Agenda Ecológica aparece con fuerza en los años 70. La Declaración de Estocolmo de 1972 asienta en 26 principios las bases de la agenda ecológica internacional, haciendo un llamamiento a las empresas a la asunción de responsabilidades con la protección del medioambiente. Otro gran hito en la Agenda es cuando en el año 1992 el

Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible publica “*Changing Course*”. Este documento asienta un precedente en el desarrollo sostenible empresarial y en las políticas corporativas ecológicas. Según Remacha (2017), el foro definió la responsabilidad ambiental de las empresas:

“[...] como «el manejo responsable y ético de los productos y los procesos con respecto a la salud, la seguridad y los aspectos ambientales», que, para hacerse efectiva, precisa que empresas e industrias se doten de políticas y procedimientos internos con el fin de integrar este planeamiento en la toma de decisiones [...]” (Remacha, 2017, p. 6).

Sin embargo, si hoy nos tenemos fijar una dirección desde el punto de vista de la dirección estratégica empresarial en el plano ecológico, tenemos que hablar de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. La ONU publica en el año 2015 sus objetivos de desarrollo ecológico después de la cumbre del mismo año. Remacha expone que “*Como novedad, los ODS⁶ contemplan a las empresas como agentes de desarrollo y abarcan campos donde éstas adquieren un papel protagonista tales como tecnologías, consumo, conectividad o energía*” (Remacha, 2017, p. 7).

Estos objetivos⁷ aúnan algunas garantías sobre el desarrollo sostenible, tales como la disponibilidad de agua o de energía asequible. Sobre modalidades de consumo y producción sostenibles, conservación de océanos y protección de ecosistemas. Una importante herramienta para empresas en la aplicación de estos objetivos de desarrollo y que ayudan a las empresas a ser partícipes de la sostenibilidad del futuro es el *SDG Compass* (2015). La SDG es una guía que familiariza a las empresas con los objetivos de desarrollo sostenible de la Agenda 2030 y ayuda a las empresas a integrar y establecer objetivos, definir prioridades y transmitir los resultados. Es sin duda la herramienta que marca el compromiso de las empresas del presente en su compromiso ecológico y con el medio ambiente. Los principios y agenda ecológica aquí presentados son la base sobre la que asentamos y entendemos la responsabilidad medioambiental empresarial.

⁶ Acrónimo de “Objetivos de Desarrollo Sostenible”

⁷ <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Es un compromiso comprendido entre los agentes sociales, científicos, gobiernos y organizaciones internacionales. La guía SDG es una buena forma de incorporar la agenda ecológica a los procesos de la empresa cuando queremos contribuir al cambio, asumiendo el deber de incorporarlo a nuestra estrategia corporativa.

2.2 El ecologismo de empresa.

Una definición de gran importancia para entender el ecologismo de empresa es la del trabajo de Banerjee, Iyer y Kashyap (2003) "*Corporate Environmentalism: Antecedents and Influence of Industry Type*", donde define ecologismo empresarial "[...] como el reconocimiento de la importancia de los problemas ambientales que enfrenta la empresa y la integración de esos temas en los planes estratégicos de la empresa"⁸ (p. 109).

La primera dimensión es la del reconocimiento del problema, sin la cual no es posible la segunda fase efectiva, la de la integración estratégica de procesos y objetivos medioambientales en la organización. En el reconocimiento debemos tener en cuenta lo que hemos venido comentando sobre el papel de la empresa, que como exponen Bravo, Fraj y Matute (2006) "[...] la empresa supone el principal consumidor y transformador de recursos provenientes del medio ambiente, y, además, es una fuente importante de contaminación [...]" (p. 60). En este papel entra la valoración del impacto que ejercemos, y en la integración estratégica de procesos, el reconocimiento del impacto y su necesidad de contribuir a reducirlo lo máximo posible.

Del mismo modo, y partiendo de Banerjee et al (2003), Bravo, Fraj y Matute exponen como factores de influencia del ecologismo de empresa "[...] el interés público y social, las fuerzas reguladoras, las ventajas competitivas y el compromiso de la dirección." (2006, p. 61). Sobre estos factores, gran parte de la literatura asienta las llamadas "motivaciones" para la inclusión de criterios ecológicos en la toma de decisiones y planificaciones de la empresa. Sobre lo

⁸ "[...] as the recognition of the importance of environmental issues facing the firm and the integration of those issues into the firm's strategic plans."

que tenemos podemos sintetizar que el ecologismo de empresa asume un papel en la problemática ambiental, estudia su entorno (intereses, fuerzas, stakeholders...) y se compromete con acciones concretas explotando los beneficios y ventajas competitivas de dicha posición. Para clarificar la dimensión total que implica el ecologismo de empresa es importante entender los factores de influencia o motivaciones para la inclusión de preocupaciones medioambientales.

En primer lugar, sobre los *intereses públicos y sociales* es donde pivotan gran parte de las demandas en el papel ecológico de la empresa. Por un lado, ya sea por la demanda directa del cliente en productos o servicios ecológicos; y por otro, por la presión de grupos de interés como organizaciones ecologistas, activistas o grupos sociales. Dentro de los intereses públicos y sociales también están las demandas específicas de presión por parte de los grupos de interés. Ello a partir de protestas, mala publicidad o efectos sobre la actividad económica de la empresa, como podría ser el caso de la disminución de ventas. Desde el punto de vista del nivel de influencia, podemos decir que los *intereses* no poseen un efecto directamente penalizador. Sin embargo, si que determinan la imagen de la empresa, su estrategia de comunicación y sus objetivos, confluyendo finalmente a afectar a sus públicos objetivos y volúmenes de negocio. Aquí entran los numerosos *stakeholders* a los que responde la empresa. Según Remacha, “*En las últimas décadas, la presión ejercida por estos actores para involucrar a las empresas en la responsabilidad ambiental ha aumentado enormemente*” (Cita a Flammer, 2013; en Remacha, 2017, p. 9). En definitiva, la incorporación del ecologismo de empresa es una forma de mejorar su imagen y de legitimar su actividad de cara a su entorno, una estrategia cada vez más capacitadora para competir en el mercado.

En segundo lugar, sobre las *fuerzas reguladoras*, tenemos un factor directamente asimilable por la empresa, ya sea o no por interés en el ecologismo empresarial. En este sentido, las fuerzas reguladoras son un “*antecedente del ecologismo de empresa*” (Bravo, Fraj y Matute, 2006, p.61-63). Esto es que la norma llega antes que la voluntad o la asunción de un compromiso medioambiental, por lo que su NO cumplimiento tiene un coste sancionador en

muchos casos. Sobre esta presión es importante señalar que desde finales de los años noventa, en España existe un impulso desde las administraciones públicas de cara al fomento de prácticas medioambientales en la empresa (Del Brio, Fernández y Junquera, 2001; Correa y Morales, 2010). Este impulso, desde lo que antes mencionamos como parte de esa presión de grupos interés, se construye desde tres agrupaciones de regulaciones. Como se cita en Del Brio, Fernández y Junquera (2001) a partir de Pearce y Turner (1990), se establecen tres grupos de instrumentos regulatorios que podríamos entender como “de presión” por parte de intereses públicos y sociales: las regulaciones ambientales, los impuestos medioambientales y las subvenciones. (Del Brio, Fernández y Junquera, 2001, pp.154-155). Sin embargo, no existe una tipología ampliamente aceptada de clasificación.

El marco legal desde el punto de vista medioambiental es lo bastante amplio como para no poder abordarlo de forma efectiva en este trabajo. Sin embargo, es importante comentar aprovechando la pertinencia de este apartado, algunos de los principios legislativos más importantes en el marco de España y la UE. Además de las mencionadas declaraciones internacionales medioambientales destacamos la Declaración de Río en 1992, la Convención de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en el mismo año y la ya mencionada Agenda 2030. Por otro lado, destacan los acuerdos sobre cambio climático como el Protocolo de Kyoto de 1997, el de Cartagena (2000), el de Nagoya (2010) y el reciente Acuerdo de París en 2015, donde se asientan bases de la agenda 2030. (Remacha, 2017, p. 10).

Desde un punto de vista más sólido en la vinculación legal es necesario hablar a nivel Estados para definir correctamente la regulación ambiental específica de cada lugar. Sin embargo, a nivel UE tenemos algunos principios en el tratado fundacional de la UE, como los artículos 11, 191 y 193. Por otro lado, existen siete programas ambientales desarrollados de forma periódica con el objetivo de marcar la política ambiental de la Comunidad Europea. De forma más específica, existen una serie de Directivas del Parlamento y del Consejo relacionadas con diferentes prácticas medioambientales como la gestión de residuos, daños medioambientales, ruidos y calidad del aire.

En el caso de España, tenemos la Ley 26/2007 de Responsabilidad Medioambiental, la Ley 22/2011 de Residuos y Suelos Contaminados y la Ley 21/2013 de Evaluación ambiental. Una normativa clave para empresas, sobre todo por la facilitación que da a la implantación de sistemas de gestión ambiental en empresas, son las normas ISO. Tenemos la ISO 14001, el estándar internacional de sistemas de gestión ambiental. La ISO 50001, estándar de sistemas de gestión energética. La ISO 45001, el estándar de gestión de seguridad y salud. (CTMA Consultores, 2019)

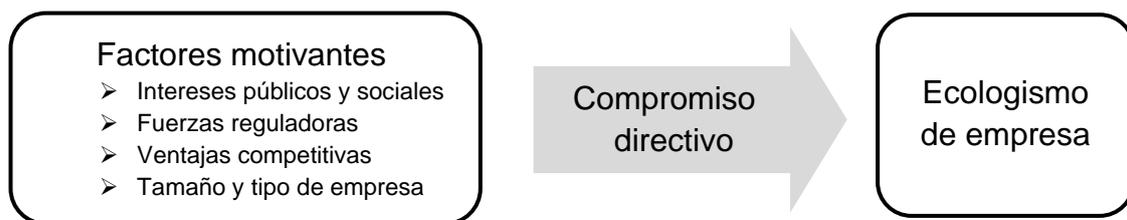
En tercer lugar, sobre las *ventajas competitivas* es donde encontramos los beneficios más directos sobre la actividad económica en la adopción de una estrategia ecológica de empresa. Con el ecologismo de empresa no solo se garantiza una legitimización de la actividad ni un cumplimiento legal de la regulación, sino que también se obtienen beneficios por el cuidado del medioambiente. El condicionamiento impuesto por la regulación y la presión de los grupos de interés es identificado por los *stakeholders* como un esfuerzo cuando la empresa dicta una voluntad que va más allá del ventajismo empresarial y se enfoca en llevar a cabo acciones específicas que mejoren el medioambiente (un bien colectivo por encima del bien individual de la empresa). Algunos de los términos relacionados con estas ventajas son la obtención de mejoras en la gestión de procesos, ahorro energético, mejora en la organización y gestiones de residuos (ecoeficiencia). También en lo relacionado con la posibilidad de incrementar ventas al mejorar la imagen empresarial, reducir costes y mejorar la resiliencia y anticipación de la empresa de cara a adaptarse a futuros cambios normativos o de tendencia ecológica en la sociedad (Remacha, 2017).

Dos factores que no se pueden olvidar en este punto como motivantes para la inclusión de una estrategia de ecologismo de empresa son, por un lado, el *compromiso directivo o empresarial*; y por otro, el carácter de la empresa en tipo y tamaño. (Del Brio, Junquera y Valle, 2001, Banerjee et al, 2003; Bravo, Fraj y Matute, 2006; Correa y Morales, 2010; Remacha, 2017). El compromiso directivo es la variable moderadora de los anteriores factores, de carácter esencialmente externo. Son las que en definitiva modelarán las actitudes

ecológicas dentro de la empresa según el esquema de la *Ilustración 4*. El compromiso directivo es, en definitiva, la asunción del compromiso ético y de valores con la problemática medioambiental. “[...] *el mayor impulsor de adopción de las cuestiones ecológicas es el compromiso de la dirección.*” (Bravo, Fraj y Matute, 2006, p. 71). Va en la línea del ya mencionado reconocimiento de la implicación y la forma de asumir responsabilidades. Según cita Remacha, “*La ética empresarial ambiental argumenta que la protección del medioambiente es un deber de las empresas*” (A partir de Hoffman, 1991; y Lecaros, 2013 en Remacha, 2017, p. 12)

El *tamaño y el tipo de empresa* afectan a las medidas ecológicas. Por un lado, siguiendo a Banerjee et al (2003), la empresa de gran tamaño acostumbra no solo a recibir una mayor atención sobre sus prácticas y procesos, sino que también recibe un mayor control por parte de su entorno. Debido principalmente al consumo de recursos y a la generación de residuos más amplios que suelen tener por su tamaño. Por otro lado, el tipo de empresa es de vital importancia, ya que aquella que se dedique a industrias de tipo pesado como la minera, la química o la alimentación; acostumbra a explotar de formas más agresivas el medioambiente.

Ilustración 4: Estrategia de ecologismo de empresa.



Fuente: Elaboración propia a partir de Banerjee et al, 2003; Bravo, Fraj y Matute, 2006; Correa y Morales, 2010;

Como podemos ver, los beneficios de ser una empresa sostenible van más allá del mero cumplimiento normativo y de la evitación punitiva. Las ventajas competitivas son parte del gran marco de oportunidades que se abre en la mejora de reputación que permite el ecologismo de empresa. La reducción de costes y la mejora de eficiencia en los procesos también forman parte de los objetivos ecológicos de empresa. Si son traducidos en acciones concretas, como, por ejemplo; sustituir usos de papel por digitalizaciones, reducción de consumos

energéticos y uso de energías limpias, programas internos de reciclaje; pueden proyectar a la empresa alineándola con aquellas más punteras. La posición que da el compromiso ético ecológico es parte de las ventajas y de los beneficios de ser una empresa sostenible y ecológica. Por otro lado, sobre los ya comentados factores de presión por parte de stakeholders, medidas legales y otras regulaciones. Con la estrategia de ecologismo de empresa partimos de una posición de ventaja anticipando posibles sanciones y anticipando necesidades de cambio de procesos y/o modelos. También evitamos posibles sanciones y problemas de imagen a la vez que se aprovecha la reputación obtenida en el compromiso. Es, sin embargo, importante reseñar que el ecologismo de empresa nunca se debe huir de lo genuino. Nunca debe ser utilizado como una simple ventaja competitiva, sino como un compromiso real definido en los valores de la organización. El interés público siempre vigilará las prácticas socialmente responsables, por lo que los falsos intereses pueden ser muy peligrosos, entendidos en muchos casos como estrategias de *greenwashing*. En cualquier caso, el ecologismo de empresa sigue siendo un compromiso, una forma de asumir responsabilidades sociales y medioambientales; y tal y como se traduce en acciones concretas, los resultados de la estrategia también se traducirán en *outputs* concretos de nuestros *stakeholders*.

2.3 El proveedor como parte fundamental del negocio.

El proveedor es cualquier empresa, organización o persona encargada de surtir con diferentes recursos a otras empresas u organizaciones, siendo dichos recursos parte importante o esencial del producto o servicio final provisto. Lemke, Goffin y Szwejczewski, en un estudio exploratorio sobre relaciones entre proveedores y asociaciones, determinan la importancia del proveedor en el cada vez más competitivo entorno internacional de las empresas. “[...] muchos fabricantes se centran en la gestión de proveedores como medio para lograr una ventaja competitiva a largo plazo.” (Lemke, Goffin y Szwejczewski, 2003, p.14). Sin duda, la calidad final de los productos va a depender también de la calidad de los proveedores que hayamos seleccionado. Por otro lado, Ariel, Hoyos y

Burbano (2004) exponen que en la actual coyuntura “*La presión competitiva en la que se ven involucradas las organizaciones ha generado la necesidad de transitar hacia el perfeccionamiento e integración de los procesos claves, en aras de lograr mejores desempeños [...]*” (Ariel, Hoyos y Burbano, 2004, p. 219). En este perfeccionamiento los proveedores son un frente de aprovisionamiento clave y con un impacto estratégico muy importante para la mayor parte de organizaciones y empresas, sobre todo, en aquellas con actividades de tipo productoras.

La importancia del proveedor no puede entenderse sin la cadena de suministro. Banaeian, Mobli, Ewa Nielsen y Omid (2015) analizan la literatura sobre la cadena, proponiendo una definición de cadena de suministro, entendiéndola como “...*la red global de actores involucrados en la ejecución de la producción y distribución de un bien predefinido desde las materias primas hasta la entrega para satisfacer la demanda del consumidor*”⁹ (Banaeian, Mobli, Ewa Nielsen y Omid, 2015, p. 151). En esta red, el proveedor es el actor principal en la cadena de suministro. Es por ello por lo que cualquier decisión que tomemos sobre la selección de un proveedor tiene una relación directa con la cadena de suministro, y, por lo tanto, sobre la calidad y características del bien o servicios finales.

Sobre la problemática que supone la selección de proveedores existen estudios de importancia como Chen (2011), De Boer, Labro y Morlacchi (2001)¹⁰; en los que se trata de desarrollar una metodología específica para seleccionar proveedores. Sin embargo, trabajos más recientes afirman sobre la complejidad de establecer un sistema estructurado debido a los entornos complejos y a la variabilidad de factores que implican la toma de decisiones sobre proveedores. En Chai et al (2013) se revisa la literatura aplicada de modelos de toma de

⁹ Original “*the global network of players involved in executing the production and distribution of a predefined good from raw materials through to delivery to satisfy a consumer demand*”

¹⁰ Chen propone una metodología específica partiendo de análisis de entorno de la organización, donde se estructura la selección y evaluación de proveedores, integrándola en la arquitectura de la cadena de suministro específica de la organización. Por otro lado, el trabajo de Boer, Labro y Morlacchi presenta una revisión de la literatura previa a Chai et al (2013) donde se destaca la importancia de la cobertura de todas las fases del proceso de selección de proveedores antes de la fase de elección final, donde si fuera necesario, aplicaríamos un modelo de toma de decisiones.

decisiones para los proveedores, asentando la problemática de la estandarización de metodologías y de la necesidad de una flexibilidad de los modelos. En esta revisión, además de facilitar y sintetizar la aplicación de modelos de tomas de decisiones para la selección de proveedores, nos proporciona como evidencia dicha complejidad de construcción de un único sistema aplicable a empresas.

Sobre las estrategias para la selección de proveedores, Sarache, Castrillón y Ortiz (2009) establecen tres temas fundamentales:

“(1) la gestión de proveedores como parte de la gestión de cadenas de abastecimiento, (2) la selección de proveedores como decisión estratégica y pilar fundamental del enfoque competitivo empresarial y (3) las técnicas y métodos de apoyo a la decisión de seleccionar proveedores.” (Sarache, Castrillón y Ortiz, 2009, p.148)

Este trabajo se centra sobre técnicas y métodos de apoyo a la selección. Sin embargo, no se obvia el papel de su gestión en la cadena de abastecimiento ni sobre su importancia como decisión estratégica y competitiva. De acuerdo con la literatura presentada, este trabajo se apoya en la idea de la complejidad al haber una multiplicidad de estrategias. Por este motivo no se presenta una estrategia específica, pero sí una metodología para la toma final de una decisión basada en criterios ecológicos. Sobre la fase final de una estrategia de selección de proveedores tenemos dos puntos críticos sobre los que se puede abordar un enfoque multicriterio, la (1) *elección final* de un proveedor y la (2) *evaluación* del desempeño. Previo a abordar este asunto cabe desarrollar el concepto de proveedor ecológico.

El proveedor ecológico difiere del proveedor al uso en que su selección se basa en criterios ecológicos (Banaeian et al, 2015). Es decir, el proveedor es ecológico cuando existe detrás de su selección una estrategia y una política específica de responsabilidad social corporativa con el medioambiente. El proveedor ecológico depende en gran medida de la *Green Supply Chain Management* (Sirvastava, 2007 a partir de Banaeian et al, 2015). Es decir, de una cadena de suministro basada en una política ecológica. Es definida como:

“...la integración del pensamiento ambiental en la gestión de la cadena de suministro, incluido el diseño de productos, el suministro y la selección de materiales, el proceso de fabricación y la entrega del producto final a los consumidores también. como gestión del final de la vida útil del producto después de su vida útil” (Banaeinan et al, 2015, p. 151)

Desde el punto de vista de la empresa, el proveedor es ecológico porque los criterios que se consideran para su selección tienen la gestión sostenible como uno de sus puntos fundamentales a la hora de tomar una decisión. Esto es, por ejemplo, el uso de criterios como que reduzcan su huella de carbono, que posean adecuadas certificaciones ambientales y ecológicas, comercio justo; que garanticen la sostenibilidad y retorno de sus envases, programas de reciclado de productos... etc. Sin embargo, es necesaria una evaluación ecológica de proveedores que dé garantía de un desempeño ambiental real tanto de cara a los decisores como a los stakeholders de la empresa. Esto es, la integración dentro de los sistemas de control y toma de decisiones de un ajuste a las normas ambientales. Por ello, un proveedor ecológico es aquel que, además del cumplimiento de sus funciones básicas de aprovisionamiento; es garantía de un desempeño ambiental acorde a los objetivos ambientales de la empresa a la que sirve y acorde al desempeño ambiental esperado de los grupos de interés de sus clientes y de sus propios grupos de interés. Existen distintos criterios para evaluar el desempeño ambiental como vemos en la *Tabla 1*:

Tabla 1: Criterios para la evaluación del desempeño ambiental de proveedores en Awasthi et al (2010).

Disponibilidad de tecnologías limpias	Noci (1997) , Lee et al. (2009)
Disponibilidad de materiales limpios	Noci (1997) , Min y Galle (1997) , Lee et al. (2009) , Walton et al. (2006)
Eficiencia ambiental / control de la contaminación / gestión de residuos	Noci (1997) , Tuzkaya et al. (2009) , Min y Galle (1997) , Lee et al. (2009) , Handfield et al. (2002) , Humphreys et al. (2003) , Walton et al. (2006)
Imagen verde	Noci (1997) , Tuzkaya et al. (2009) , Lee et al. (2009) , Humphreys et al. (2003)
Coste neto del ciclo de vida / costes medioambientales	Noci (1997) , Tuzkaya et al. (2009) , Min y Galle (1997) , Lee et al. (2009) , Humphreys et al. (2003)
Producto verde	Tuzkaya y col. (2009) , Lee et al. (2009) , Handfield et al. (2002)
Gestión ambiental y legislativa	Tuzkaya y col. (2009) , Lee et al. (2009) , Handfield et al. (2002) , Humphreys et al. (2003) , Walton et al. (2006)
Gestión de procesos ecológicos	Tuzkaya y col. (2009) , Lee et al. (2009) , Humphreys et al. (2003)

Asociación medioambiental con proveedores	<i>Min y Galle (1997)</i>
Misión ambiental	<i>Min y Galle (1997)</i>
Regulaciones ambientales	<i>Min y Galle (1997) , Handfield et al. (2002)</i>
Embalaje, logística inversa	<i>Handfield y col. (2002) , Walton et al. (2006)</i>
Programas ambientales	<i>Handfield y col. (2002)</i>
Competencias gerenciales	<i>Humphreys y otros (2003)</i>
Divulgación pública del registro ambiental	<i>Walton y col. (2006)</i>
Evaluación de EFP de proveedor de segundo nivel	<i>Walton y col. (2006)</i>

Fuente: *Awasthi, Chauhan y Goyal (2010), p. 372*

En cualquier caso, la toma de una decisión sobre proveedores forma parte de una dimensión mas compleja de criterios, incluyéndose criterios como los de tipo económico (precios, plazos de pago, eficiencia) o relacionados con el servicio (tiempos de entrega, calidad). En todos los casos y tal y como hemos mencionado, cualquier selección de proveedores, independientemente de si existe o no una inclusión de criterios de tipo ecológico, depende de la estrategia de selección de proveedores que lleve a cabo la empresa. Esta estrategia dependerá del tipo de actividad de la empresa, sus necesidades, límites, contexto y recursos. En definitiva, de un análisis del entorno y una estrategia de marketing y políticas de empresa definidas previamente.

4. Metodología

3.1 Las técnicas de decisión multicriterio

Tomar decisiones y actuar son procesos equivalentes cuando hablamos de resolver situaciones. Implica un proceso de identificación y selección de un curso de acción (Stoner, Freeman & Gilvert Jr., 1996), la mejor elección de la mejor alternativa con el fin de alcanzar unos objetivos (Certo, Samuel, 2001) y resulta fundamental para el organismo, la conducta de la organización y le suministra de los medios para el control y permite la coherencia en sus sistemas (Kast, 1979). Tomando decisiones buscamos abordar el mejor proceso y conseguir el mejor resultado posible. Cuando hablamos de decisiones de cierta complejidad tales

como las que se pueden dar en empresas u organismos públicos, el proceso se vuelve arduo y requiere de un análisis mental ordenado. Debemos explorar correctamente el entorno y las condiciones que requieren las diferentes alternativas, diseñando y analizando los posibles cursos de acción para obtener las soluciones. Además, es esencial entender que quienes toman decisiones son personas, por lo que la calidad de las opciones que eligen está influida en múltiples ocasiones por sus percepciones, creencias y valores. En las empresas, el momento de la toma de decisiones acostumbra a darse en un proceso simple construido y planificado previamente. Sin embargo, la mayoría se enfrentan a entornos cambiantes, afectados en ocasiones por agentes externos como la economía, la política o los cambios sociales y tecnológicos. Debido a esta complejidad, los criterios de selección de alternativas precisan de modelos de decisión para ayudar a los directivos en su selección final. Por ello, es normal que empresas y organizaciones opten por la aplicación de técnicas que tengan en cuenta la variada red de variables que implica la toma de decisiones. En nuestro caso, el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) y el TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) plantean metodologías ventajosas cuando se trata de tomar decisiones basadas en criterios complejos.

La elección de proveedores puede ser, sin duda, una de esas decisiones complejas. Cuando hablamos de incorporar criterios ecológicos se convierten, además, en pertinentes, así cuando una organización desea aplicarse en la responsabilidad social corporativa. Para comprender mejor la pertinencia sobre la necesidad de aplicar las técnicas aquí presentadas es necesario explorar un poco los conceptos básicos de la toma de decisiones.

Para Mellinas (2012, p. 10) las decisiones difíciles, es decir, aquellas que podrían ser abordadas con una técnica de toma de decisiones, se caracterizan por: tener alternativas con intereses contrapuestos, elementos de incertidumbre, distintos decisores para una misma decisión y una mezcla de elementos tanto fácilmente como difícilmente valorables. Otros conceptos clave en la toma de decisiones son la existencia de un objetivo a cumplir y una serie de metas medibles. Por otro lado, además de las diferentes alternativas sobre las que decidir, tenemos los criterios de decisión. Se conforman a partir de las

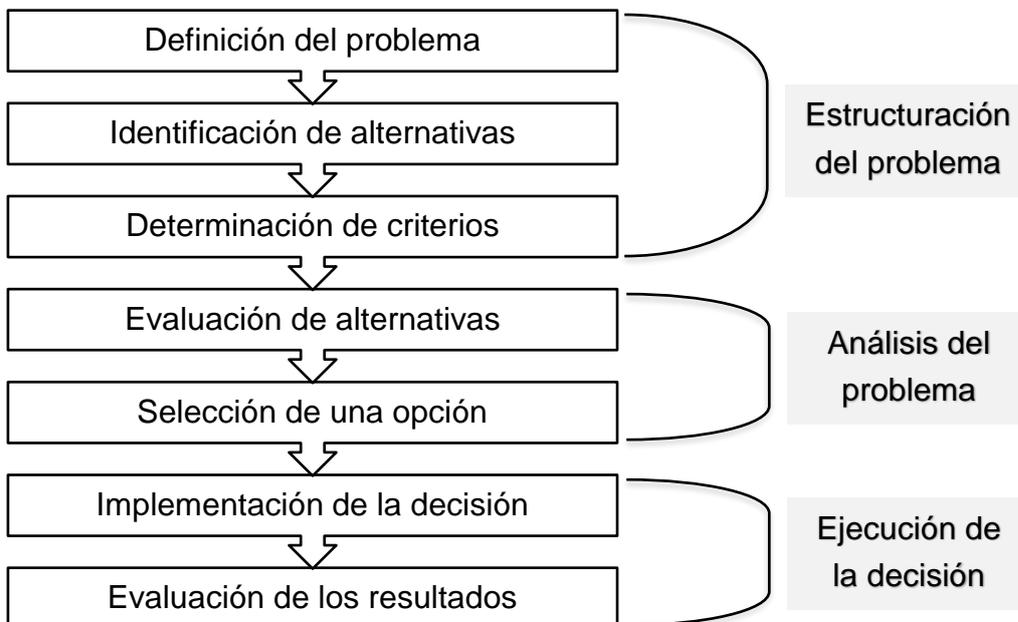
preferencias y de los mencionados objetivos y metas. A su vez, las alternativas se conforman en torno a una serie de atributos específicos que son aquellos que las caracterizan y definen, acercándolas o alejándolas de las metas y comparándolas con otras alternativas. [Munier (2011)]

Tomar una decisión es, por lo tanto, un proceso, y debe ser estructurado y desarrollado lógicamente. Mas cuando la importancia de la decisión a tomar es alta y tiene implicaciones importantes como en el caso de la selección del proveedor correcto. Según Munier, (2011, p. 1)

“Cuando existe un conjunto de proyectos, comparables o no, sujetos a restricciones y limitaciones, y cuando es necesario realizar una selección y clasificación, es decir, cuando hay una elección compleja, es conveniente utilizar la planificación estratégica para resolver este sistema, es decir, aplicar un conjunto de procedimientos generalmente secuenciales, normalmente con mucha de retroalimentación para encontrar el resultado más conveniente.”

En el punto de encontrar el resultado mas conveniente es en donde convergen las técnicas de toma de decisiones.

Ilustración 5: Estructuración del proceso de decisión.



Fuente: Elaboración propia a partir de varias fuentes (Munier, 2011; Mellinas, 2012;)

Se seleccionan AHP y TOPSIS por ser dos de las técnicas más populares a la hora de tomar decisiones programadas. Son relativamente simples y no precisan de unos conocimientos muy complejos para que cualquier decisor pueda comprender el alcance de la decisión final. Como expresa Munier (2011), la mejor forma de abordar un problema es construyendo una matriz de decisión¹¹. Esta matriz es la base sobre la que cruzamos criterios, alternativas, pesos (importancia) y valores o estados de los atributos. Pese a que el modelo nunca será exacto a la realidad y a todos los factores posibles que afectan a una decisión, sí que es una buena forma de proceder de forma muy eficaz la toma de una decisión. “[...] *no hay que evitar esfuerzos para intentar conseguir esta semejanza*” (Munier, 2011, p.12). El propio autor reseña además de la importancia de estas técnicas de toma de decisiones para los proyectos con perspectiva ecológica. “[...] *en el pasado la mayoría de los proyectos sólo se interesaban por el aspecto económico sin tener en cuenta las cuestiones sociales y medioambientales. [...] ya que los proyectos suelen afectar a la vida humana y al medio ambiente de diferentes maneras [...] hay que tener en cuenta esta condición real en cuenta, en lugar de considerar únicamente el resultado económico o financiero.*” (Munier, 2011, p.13).

3.2 AHP

El Proceso Analítico Jerárquico es una herramienta que parte de modelos matemáticos para trabajar la toma de decisiones complejas. Desarrollada por el profesor Thomas Saaty, de la Universidad de Pittsburg, durante la década de los 70; materializada en la obra “*The Analytic Hierarchy Process*” en 1980. La teoría del modelo gira en torno al concepto de complejidad, la cual forma parte de un problema de toma de decisión con criterios múltiple que puede resolverse a través de la jerarquización de los problemas planteados. De esta forma, el AHP sirve para mejorar el proceso de decisión gracias a la información que aporta y al mejor conocimiento de problemas multientorno y multicriterio. Lo bueno de este modelo es que tiene en cuenta el aspecto más cualitativo e intangible de los procesos de toma de decisiones, de modo que puede comparar diferentes

¹¹ “This is done in all cases by constructing the ‘Decision Matrix’.” (Munier, 2011, p. 12)

aspectos de la decisión, desde los más subjetivos a los más cuantificables. El método AHP es un modelo que interpreta la información y los datos directamente a través de la realización de juicios y medidas en una escala de razón dentro de una estructura jerárquica concreta. Según Saaty, “*Tres principios guían a uno en la resolución de problemas utilizando el AHP: descomposición, juicios comparativos y síntesis de prioridades [...] (Saaty, 1987, p. 166)*”

Para sintetizar, Moreno Jiménez la resume en tres aspectos:

- “1) *una técnica que permite la resolución de problemas multicriterio, multientorno y multiactores, incorporando en el modelo los aspectos tangibles e intangibles, así como el subjetivismo y la incertidumbre inherente en el proceso de toma de decisiones.*
- 2) *una teoría matemática de la medida generalmente aplicada a la dominación de la influencia entre alternativas respecto a un criterio o atributo.*
- 3) *una filosofía para abordar, en general, la toma de decisiones.*”

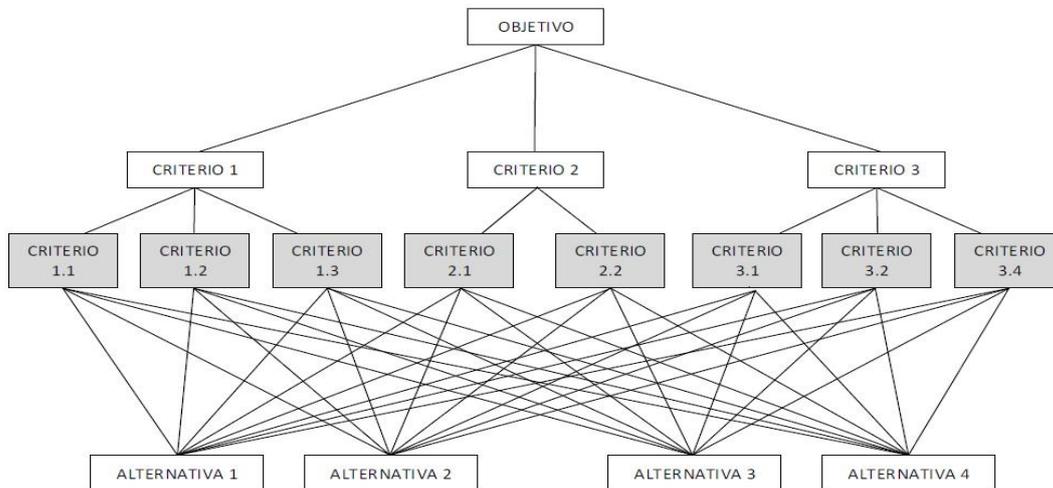
(Moreno Jimenez, p. 39, 2002)

El AHP crea un sistema jerárquico en el que un problema es representado estableciendo una meta. Los criterios y alternativas para alcanzarla son priorizados dentro de este modelo jerárquico. A continuación, se llevan a cabo comparaciones binarias entre estos datos y se evalúan asignándoles distintos niveles de importancia. Después se crea una lista ordenada de las alternativas en base al “peso” o nivel de importancia que se les haya asignado. Para concluir se lleva a cabo una síntesis y el llamado análisis de sensibilidad. En la *ilustración 5* vemos la estructura que sigue la construcción jerárquica del objetivo:

El proceso busca, en primer lugar, colocar el *objetivo* en la parte superior del esquema para escoger luego el modo adecuado de alcanzarlo mediante la priorización de los criterios. Dichos criterios se sitúan bajo el objetivo o meta para tomar la decisión. Es importante escoger adecuadamente estos criterios, dado que de ellos dependerá la toma de una decisión satisfactoria para obtener el

resultado deseado. Es también necesario que los criterios sean comprensibles y medibles para poder medir el nivel de cumplimiento del objetivo asociado.

Ilustración 6: Estructura Jerárquica de AHP.



Fuente: Yepes (2018)

En segundo lugar y según Mellinas (p. 27, 2012), estos *criterios* deben tener una serie de características definidas aquí:

- Deben ser completos. El criterio es completo si el conjunto de atributos es adecuado para indicar el grado de cumplimiento de todos los objetivos, lo cual se da si todos los objetivos del nivel más bajo de la jerarquía incluyen a todas las áreas implicadas en el problema y si los atributos asociados a estos objetivos satisfacen ser comprensibles.
- Deben ser descomponibles. Es necesario que los atributos puedan permitir la simplificación del proceso de evaluación, pudiendo descomponer en partes del problema. (p. 28)
- No deben ser redundantes. El conjunto de atributos no debe cuantificar dos veces las mismas consecuencias. (p.28)
- Deben ser minimalistas. El conjunto de atributos debe ser lo menor posible sin que se pierdan por ello aspectos importantes. Se debe representar el problema de la forma más simplificada.

En tercer y último lugar es donde tenemos las *alternativas* en donde se explicitan las opciones definidas sobre las que se debe emitir una decisión. Las alternativas se valoran por los decisores una vez sean establecidas las prioridades totales que están asociadas a cada alternativa.

El proceso por seguir de esta técnica, según Saaty (1994), son: la *etapa de modelización*, *etapa de valorización*, *etapa de priorización* y *el análisis de sensibilidad*.

En la *etapa de modelización* se crea la estructura jerárquica presentada anteriormente en la que se representen todos los aspectos relevantes en el proceso de resolución: posibles escenarios, factores y las interrelaciones entre todos ellos. La jerarquía debe estar lo más completa posible.

$$R = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & 1 & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Ecuación 1: Matriz de comparación por pares - Técnica AHP.

En la *etapa de valorización* se añaden las preferencias de los actores a través de los juicios incluidos en las denominadas *matrices de comparación* por pares. Las matrices en cuestión muestran con valores la dominación relativa de un elemento frente a otro respecto a un atributo o propiedad común. Se comparan los criterios consigo mismos a partir de la siguiente forma, donde $r_{ij} \cdot r_{ji} = 1$, cumpliéndose en la matriz la propiedad de reciprocidad. Lo que implica que se deba cumplir la fórmula anterior en los valores de la matriz.

Para comparar y decidir se crean etiquetas cualitativas a las que se les asigna un valor que da un peso mayor o menor a la etiqueta cualitativa. Para la asignación de valores en la matriz, Saaty (1980) propone la utilización de una escala para establecer los valores en las matrices donde se compara. Considerando un rango de valores entre 1 y 9; además de todos sus valores pares intermedios. Los valores opuestos serían $1/x$ siendo x el valor dado, por ejemplo; $1/9, 1/7, 1/5 \dots$. Las etiquetas cualitativas del modelo son:

Tabla 2: Escala fundamental de AHP (Saaty, 1980).

Valor	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Dos criterios contribuyen de forma similar al objetivo
3	Importancia moderada de una sobre otra	La experiencia y los juicios favorecen ligeramente el criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y los juicios favorecen fuertemente el criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el B
9	Importancia extrema	La importancia del criterio A sobre el B está fuera de toda duda
2, 4, 6, 8	Valores intermedios	Cuando es necesario matizar

Fuente: Elaboración propia a partir de Saaty, 1980, p. 23

Un proceso importante dentro de esta etapa es obtener la *consistencia* de las comparaciones. Si el proceso de comparación y valoración tiene algún error de incoherencia o presenta contradicciones, lo sabremos midiendo la consistencia de la matriz R. Para ello, se mide el índice de consistencia a partir de la siguiente fórmula:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

Ecuación 2: Cálculo de consistencia matricial - Técnica AHP.

Después se debe obtener el Ratio de consistencia, que se obtiene dividiendo el CI entre el índice de consistencia aleatorio (RI), el cual tiene un valor asociado según la dimensión de la matriz. Por ejemplo, si es una matriz $n=5$, será $RI= 1,12$. Si el valor de la división es $<0,10$ se acepta la consistencia de la matriz.

En la *etapa de priorización* se entiende como prioridad una unidad abstracta válida para cualquier escala en la que se integran las preferencias que el individuo tiene al comparar aspectos tangibles e intangibles. Es decir, prioridad como unidad abstracta que determina un estado u otro de decisión en los individuos en función tanto de criterios objetivos como de sus percepciones y

preferencias. Este procedimiento se realiza con la llamada matriz de valoración, donde se comparan las alternativas en base a cada criterio que estemos trabajando. La matriz de valoración tiene la siguiente forma:

Tabla 3: Matriz de valoración AHP

	$w1$	$w2$...	wn
	B1	B2	...	Bn
A1	X11	X12	...	X1n
A2	X21	X22	...	X2n
...
Am	Xm1	Xm2	...	Xmn

Fuente: Elaboración propia

Donde wn son los pesos asociados a los criterios, Bn los criterios y Am las alternativas. La Xnm son las prioridades de las alternativas establecidas en base al criterio.

En la *etapa de análisis de la sensibilidad* lo que se pretende es estudiar si los resultados obtenidos son algo coherente y no fruto de algún tipo de aleatoriedad en el proceso. Existe el software *Expert Choice*, desarrollado por Saaty y Forman en 1983; para la realización de análisis de sensibilidad. Estos se basan en variar los pesos asignados a los criterios para ver cómo cambian los otros pesos y alternativas, consiguiendo así valorar mejor los resultados. También se pueden hacer cambios de forma manual que nos permitan ver cómo afectan los cambios a los resultados finales.

3.3 TOPSIS

La técnica TOPSIS [Hwang y Yoon (1981)] es una herramienta que nos permite escoger entre opciones que simultáneamente están lo más cerca de la solución ideal positiva y la posición más lejana a la solución ideal negativa, es decir, permite obtener las mejores alternativas a partir de una fórmula matemática teniendo en cuenta los pesos de los valores de cada criterio. Lo positivo se conoce con el nombre de solución ideal, que maximiza los criterios de beneficios y minimiza el coste. La contraparte toma el nombre de solución

ideal negativa, en la que se maximiza el coste y se minimizan los criterios de beneficios. (p. 9 y ss. Majid et al. 2012).

La solución ideal positiva contiene a todos los valores de los criterios que pertenecen a los valores óptimos de las alternativas. Mientras que la solución ideal negativa es la solución que agrupa a todos los valores de los criterios que conciernen a los valores menos deseados de cada criterio de la calificación de las alternativas. Con el fin de establecer un orden en las alternativas, se utiliza la idea de distancia a la alternativa ideal y a la alternativa más lejana a la solución ideal negativa. El cálculo de las distancias estará condicionado por los valores de las condicionantes, siendo las *alternativas* A_i , $i=1, 2, \dots, m$, los *criterios* serán definidos por C_j , $j=1, 2, \dots, n$, los *pesos* de los diferentes *criterios* serán definidos por w_j y una i,j . También ha de ser considerada la utilidad, donde U es la *función utilidad del decisor* que operará sobre la base “ \forall ” matriz de decisión con $x_{ij}=U_j(A_i)$. La finalidad de la matriz será maximizar/minimizar según sean considerados ganancias o costes, respectivamente. El punto ideal positivo será denominado como $A^+ \in \mathfrak{R}^n$ y en contraposición, el punto de la solución ideal negativa será definido por $A^- \in \mathfrak{R}^n$. Siguiendo la racionalidad del decisor, este optaría por la opción A^+ y en su usencia, elegiría el valor que se aproximase a dicha opción. La secuencia de pasos para el desarrollo de la metodología se basa en lo siguiente:

En primer lugar, tenemos que construir la llamada matriz de decisión. Con la disponibilidad de m *alternativas* (siendo A_i , $i=1, 2, \dots, m$) que procederán a ser evaluadas a partir de los n *criterios* decididos (siendo C_j , $j=1, 2, \dots, n$) se logra la siguiente matriz de decisión:

Tabla 4: Matriz de decisión - TOPSIS

	w_1	w_2	...	w_n
	C_1	C_2	...	C_n
A_1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1n}
A_2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2n}
...
A_m	x_{m1}	x_{m2}	...	x_{mn}

Fuente: Elaboración propia

Las *valoraciones* (W_n) de las alternativas A_i siguiendo los criterios C_j será reflejados en el vector de pesos asociado $W = [w_1, w_2, \dots, w_n]$. Es decir, en la fila superior es donde cuajamos nuestras alternativas a la decisión que busquemos tomar.

En segundo lugar, pasamos a la llamada “Normalización de la matriz de decisión”. En este paso existe la posibilidad de que los elementos de la matriz de decisión no estén definidos en el mismo dominio, es decir, en \mathfrak{R} . Por ello han de ser normalizados aplicando la siguiente expresión matemática:

$$n_{ij} = x_{ij} / \sqrt{\sum_{j=1}^m (x_{ij})^2}, j = 1, \dots, n, i = 1, \dots, m$$

Ecuación 3: Fórmula de normalización matricial - TOPSIS.

Lo que se busca con este paso es lograr que todas las propiedades y estados de la matriz “hablen” el mismo lenguaje, por lo que podríamos considerarlo un tipo de proceso de calibración de los datos.

En tercer lugar, pasamos a la construcción de la matriz de decisión ya normalizada y ponderada. Para esto será necesario calcular los elementos de la matriz de decisión *normalizada ponderada* V con la siguiente formulación, donde w_j es el peso asociado a cada criterio. El peso de cada criterio es lo que nos decantará por una u otra alternativa, de ahí su importancia.

$$v_{ij} = w_j \times n_{ij}, j = 1, \dots, n, i = 1, \dots, m$$

Ecuación 4: Cálculo de normalización ponderada - TOPSIS.

En cuarto lugar, debemos realizar el cálculo de la *solución ideal positiva* (PIS) y de la *solución ideal negativa* (NIS): los valores ideales positivos A^+ y negativos A^- serán determinados calculando las siguientes expresiones matemáticas, donde J está asociado con los criterios de beneficio y J' está asociado a criterios de coste. Como expresa Roszkowska, “La *solución ideal positiva* es la solución que maximiza el criterio de beneficio y minimiza el criterio de

coste mientras que la solución ideal negativa maximiza el criterio de coste y minimiza el criterio de beneficio. (p.207, 2011).”

$$A^+ = \{v_1^+, \dots, v_n^+\} = \left\{ \left(\max_i v_{ij}, j \in J \right) \left(\min_i v_{ij}, j \in J' \right) \right\}$$

$$A^- = \{v_1^-, \dots, v_n^-\} = \left\{ \left(\min_i v_{ij}, j \in J \right) \left(\max_i v_{ij}, j \in J' \right) \right\}$$

Ecuación 5: Ecuaciones de solución ideal positiva y negativa - TOPSIS.

En quinto lugar, debemos obtener las llamadas *medidas de distancia* o de separación *entre las soluciones*, tanto la negativa ideal como la positiva ideal. Debemos tener en cuenta dos formulaciones, tanto para calcular la separación de cada alternativa de la solución ideal positiva (D_i^+) y la de la negativa (D_i^-), ya que al igual que existen las variables A^+ y A^- ; serán definidas las distancias ideales positivas d_i^+ y a las negativas d_i^- respectivamente en la ecuación 6.

$$d_i^+ = \left\{ \sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}, \quad i = 1, \dots, m$$

$$d_i^- = \left\{ \sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}, \quad i = 1, \dots, m$$

Ecuación 6: Calculo de distancias ideales positiva y negativas.

En sexto y último lugar nos correspondería el cálculo de la proximidad relativa a las soluciones, representada por R_i . Será calculada siguiendo la expresión:

$$R_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}, \quad i = 1, \dots, m$$

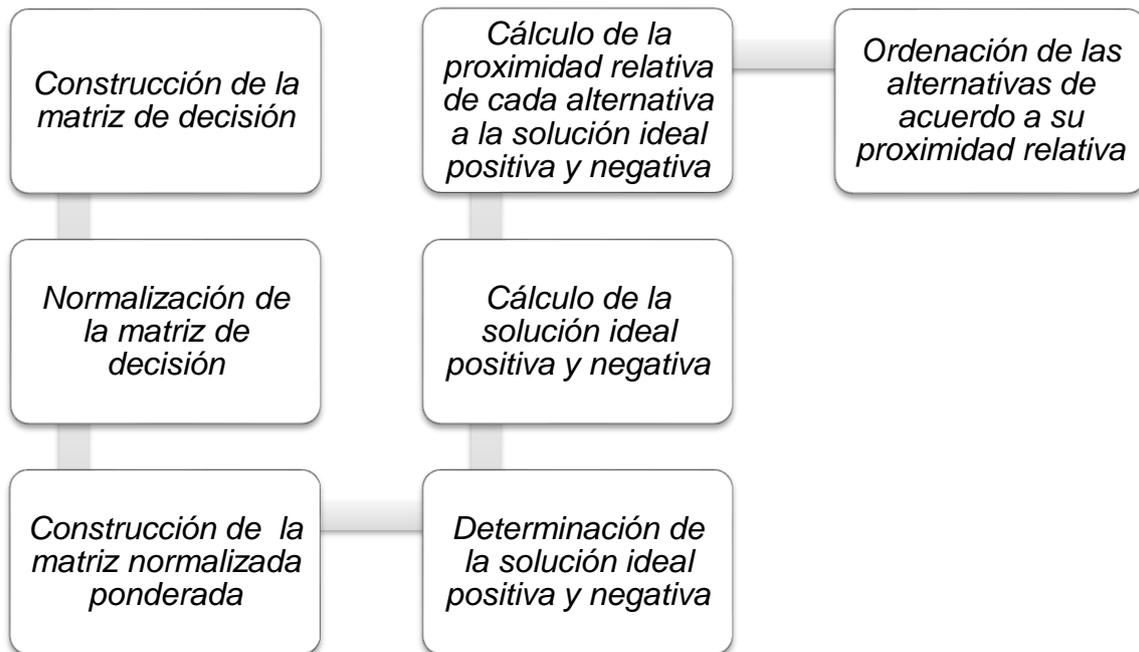
Ecuación 7: Calculo de proximidad relativa a la solución ideal.

Lo ideal será lograr un valor de R que se aproxime a la unidad, significando que la alternativa i -ésima (según los resultados sub- i) se aproxima más a la solución ideal. En este punto la expresión nos indicaría cuál es la alternativa más

cercana a lo que establecemos como solución ideal en función de criterios y el seguimiento de este procedimiento.

Exponemos aquí la síntesis de los pasos de la técnica elaborado por Mellinas (2012, p. 40)

Ilustración 7: Pasos resumidos de TOPSIS



Fuente: Elaboración propia a partir de Mellinas, p.40 2012.

5. Análisis Aplicado

4.1 Estructura de análisis

Toda selección de proveedores en una empresa forma parte de una estrategia mucho más amplia basada en los objetivos empresariales. Como comentamos anteriormente, tomar una decisión es un proceso, y debe ser estructurado y desarrollado lógicamente. Es importante volver a destacar que cualquier selección de proveedores ecológica viene determinada por el volumen y el tipo de criterios de tipo ecológico que los decisores incluyen en la toma de decisión final. Existen varios modelos operativos para la gestión de proveedores

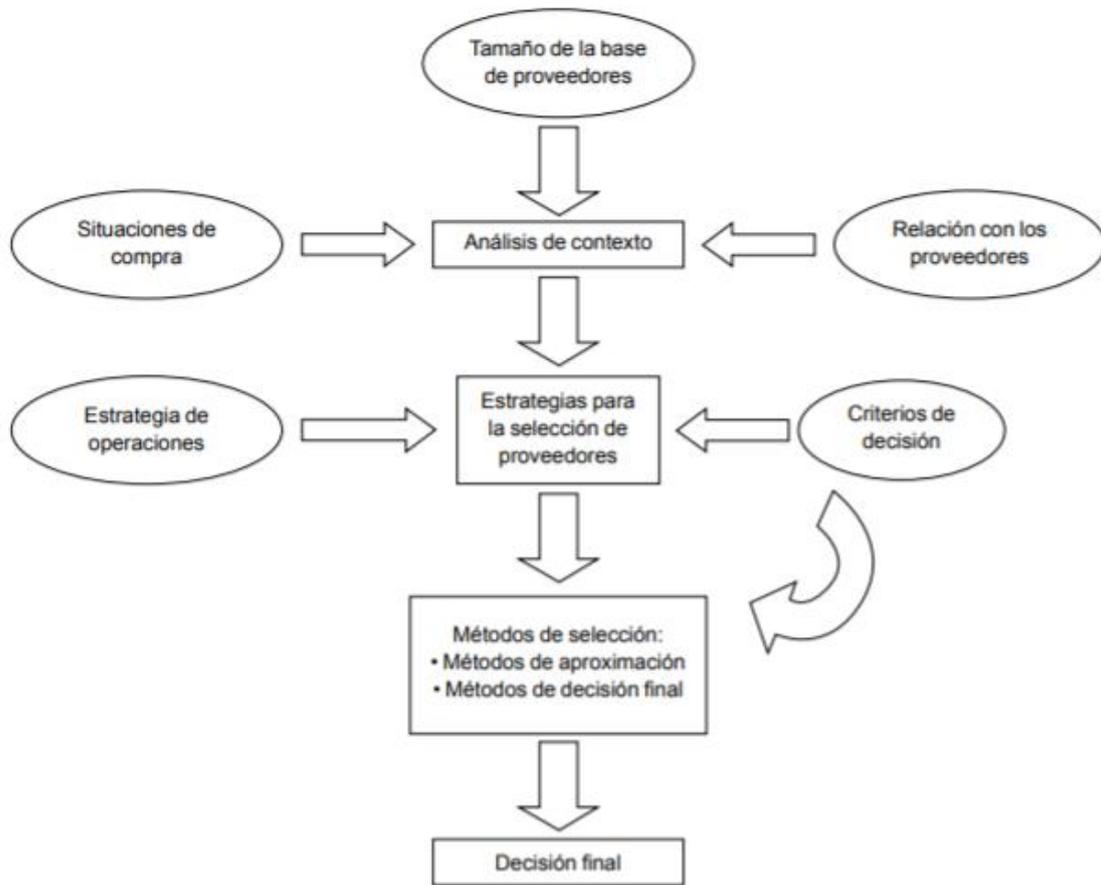
propuestos por la literatura (Awasthi et al, 2010; Banaeian, 2015; Chai et al, 2013; Martínez et al, 2015; Miranda dos Santos et al, 2019; Sarache et al 2009 y Sarache et al, 2004; Yacuzzi, 2012). De entre el conjunto de la literatura revisada, los medios operativos más recientes apuestan por unas metodologías de fases y multimétodo, donde se aplican diferentes técnicas de decisión multicriterio para cubrir las diferentes fases de decisión. Por ejemplo, Miranda dos Santos et al (2019) apuesta por una metodología en tres fases (p. 502) aplicando el método de ponderación de entropía de Shannon¹² para aplicar pesos a los criterios ambientales y un TOPSIS para obtener un ranking de proveedores. Por otro lado, Awasthi et al (2010) parten del análisis de la literatura, proponiendo la aplicación tradicional de TOPSIS difuso para una selección final de proveedores, una de las técnicas que ha sido investigada y aplicada de buena manera por múltiples investigadores en los últimos años. Banaeian et al (2015) proponen un modelo general (Figura 1., p. 156) de tres fases, muy similar al proceso representando en la Ilustración 5 de este documento, incluyendo grupos Delphi para la selección de criterios y técnicas difusas para la evaluación final de proveedores.

Como vemos, los modelos y estrategias metodológicas son variados y suelen adaptarse a las necesidades prácticas de la situación. Por ejemplo, si tenemos un alto número de criterios cualitativos a evaluar, es posible que para calcular los pesos específicos sea adecuada la aplicación de una técnica a ese proceso. Del mismo modo, es posible que sea necesaria una aproximación inicial para reducir un alto volumen de proveedores (De Boer et al. 2001). Lo que es claro es que, en cualquier caso, la técnica o método de selección siempre debe ser consecuente con la estrategia elegida. Por otro lado, Sarache et al (2009) determinan que los métodos también deben ser consecuentes con “[...] *análisis del contexto, las realidades de la cadena de abastecimiento y los criterios seleccionados*” (p.157). Partiendo del propio análisis de la literatura de Sarache et al., coincidimos en la conclusión acerca de que una buena política de selección de proveedores debe consistir en: “(1) *el análisis del contexto y las particularidades de la cadena de abastecimiento, (2) la estrategia para la función*

¹² Ver Maghsoodi et al., 2018

de aprovisionamiento y los criterios de decisión y (3) los métodos de selección como apoyo a la decisión.” (Sarache et al. p. 162)

Ilustración 8: Estrategia para la selección de proveedores.



Fuente: Elaboración propia a partir de Mellinas, p.40 2012.

El esquema aportado por este trabajo de investigación incluye de buena forma los aspectos esenciales de la selección de proveedores. En cualquiera de estos procesos puede aplicarse de forma necesaria una técnica de decisión multicriterio. Por supuesto, dependiendo de la complejidad de la fase o proceso y las particularidades de la empresa.

Basándonos en lo presentado en la *Ilustración 5*, la metodología expuesta en el apartado tercero se define en la *Tabla 5*, dividiendo la aplicación de AHP y TOPSIS en dos funciones fundamentales a la hora de seleccionar un proveedor de forma definitiva:

Tabla 5: Estrategia metodológica de análisis.

	<i>Definición del problema</i>		Fase 0
	<i>Definición de estrategia</i>		
<i>Determinación de criterios</i>		AHP	Fase 1
<i>Determinación de pesos</i>	Una vez definidos los criterios calcularemos las ponderaciones de los criterios/atributos.		
<i>Evaluación de alternativas</i>		TOPSIS	Fase 2
<i>Determinar soluciones</i>	Identificar alternativas y valorarlas de acuerdo con los criterios		
<i>Implementación de decisión</i>	Ordenar las alternativas, elegir la mejor posicionada y evaluar la elección realizando pruebas de sensibilidad del modelo.		Fase 3
<i>Evaluación de decisión</i>			

Fuente: Elaboración propia.

Previo a la aparición de una decisión, aparece un problema concreto que debe resolverse. Por ello que lo primero que debe hacer el decisor o los decisores es definir correctamente el problema, en nuestro caso, la selección del mejor proveedor. Esta selección será teniendo en cuenta un conjunto de aspectos cuantitativos y cualitativos. Estos aspectos, a los que llamaremos atributos o criterios, son los elementos que permiten al decisor o decisores hacer las comparaciones necesarias entre las diferentes alternativas. El problema debe articularse complejo, subjetivo y difuso para ser susceptible de una toma de decisiones multicriterio. Una vez identificamos el problema, pasamos a definir la estrategia que vamos a llevar a cabo para seleccionar los proveedores.

Como venimos comentando, la *estrategia* es el marco sobre el que debemos planificar la selección de proveedores. En el caso de la inclusión de criterios ecológicos, la empresa debe tener bien definida previamente cuál va a ser su actitud con el medio ambiente y el grado de responsabilidad que adquiere, ya sea por necesidad y/o voluntad. La *identificación de la estrategia de proveedores* es el primer paso que nos permite completar aquellas variables antecedentes que son necesarias para desarrollar los siguientes procesos. Nosotros proponemos la presentada en la *Ilustración 8*. Es necesario también,

acotar o delimitar cuál va a ser nuestra base de proveedores sobre la que vamos a aplicar y delimitar dichos atributos.

Establecer los criterios que serán considerados para evaluar dicha base de proveedores será el siguiente paso. Aquí es necesario clarificar qué criterios vamos a tener en cuenta y qué importancia (peso) le vamos a dar a cada uno. Para determinar criterios es necesario un conocimiento profundo de la organización y de los procesos de la cadena de suministro. Además, es recomendable revisar la literatura para conocer qué criterios suelen ser evaluados en la elección de proveedores, aunque, en definitiva, todo pivotará en torno a las necesidades de la organización. Esta selección de criterios puede abordarse de formas muy variadas, aunque lo más correcto y simple a su vez suele ser la consulta o creación de grupos de discusión donde se planteen aquellos criterios que deban tenerse en cuenta. Banaeian et al (2015) proponen el grupo Delphi, con expertos de diferentes áreas implicadas para la determinación de dichos criterios. Los procesos de toma de decisiones siempre intentan incorporar la mayor cantidad posible de información, por lo que cuanto mayor sea la información, con más acierto se tomará la decisión. Los pesos también deben ser determinados, esto es, la importancia que le damos a los criterios. El AHP es muy útil en los casos en los que el juicio, valores, o criterios de aspecto cualitativos de los decisores se implican en la decisión. La determinación de pesos es esencial para estimar la situación de los criterios en cada proveedor y respecto a cada decisor.

De entre la base de proveedores debe identificarse los proveedores que serán finalmente evaluados. Una vez elegidos, los criterios anteriores (con sus pesos específicos) son cruzados con los proveedores. Con TOPSIS buscamos elegir la mejor solución (alternativa) en función de los criterios definidos.

Por último, se implementa la solución creando un ranking en función de los datos de la solución, eligiendo la primera de este. En esta implementación es importante reevaluar los resultados y si fuera necesario, incluir otros criterios. Analizar la sensibilidad del modelo es otra parte importante para evaluar la calidad de la decisión final y de los cálculos llevados a cabo con las técnicas.

4.2 Definición del caso

Como hemos venido comentando, el trabajo pretende ahondar en la problemática de la elección de proveedores introduciendo criterios ecológicos, particularmente en la toma de la decisión final. Tenemos una empresa de distribución de alimentos frescos que funciona como intermediaria entre productores y vendedores finales en tiendas. Distribuye productos locales y sus principales clientes son tiendas especializadas, mercados municipales y otros pequeños vendedores. Se caracteriza por tener una cartera de productores de alta calidad y definidos por su modelo sostenible de producción.

4.2.1 Definición del problema

Esta empresa, de reciente creación, desea ampliar su modelo de negocio a la distribución directa al hogar con ventas al por menor. Esta idea ha provocado cambios profundos tanto en el enfoque de marketing como en las necesidades de la cadena de distribución. Una de las nuevas necesidades de la cadena es la del embalaje y etiquetado de los productos. Se pretende con esto desarrollar una marca que conecte directamente con los clientes finales y que ésta se vea representada en la presentación y distribución final de los productos frescos.

Con esta nueva estrategia aparecen nuevas necesidades, entre ellas y la que más problemas está causando a la dirección es la elección de quién va a ser el proveedor de los embalajes. Se pretende competir con la marca y agregar un valor añadido con el embalaje y la presentación. El proveedor deberá poder facilitar una variedad de envases para los diferentes tipos de alimentos. Sin embargo, se desea reducir al máximo posible el impacto de dichos envases para mantener la imagen y compromiso sostenible tanto de la propia empresa como de los productores con los que trabaja. La empresa cuenta con las siguientes necesidades respecto a la estrategia definida sobre el embalaje:

- Etiquetado personalizado con logo y marca de la empresa
- Materiales ecológicos para la fabricación de los embalajes
- Embalajes reutilizables y reciclables
- Calidad y garantía del embalaje

En conjunción, los decisores presentan una idea clara de lo que se desea, pero la ejecución es difusa, puesto que se desconoce tanto qué criterios se van a valorar como su importancia. Se reúne a los principales jefes de área para decidir sobre cómo abordar el asunto.

El problema se identifica en una necesidad de mantenimiento de la política ambiental de la empresa, la cual implica tanto su imagen como la de sus productores. También compromete las certificaciones asociadas al compromiso medioambiental que la empresa ha obtenido si se utilizasen envases no retornables o poco sostenibles.

El objetivo de la empresa es seleccionar el mejor proveedor valorando su compromiso medioambiental, la calidad de sus productos ecológicos, costes y servicio para la empresa; sin que ello cree perjuicio al rendimiento de la nueva estrategia de mercado de venta al por menor.

Se propone una metodología de evaluación de proveedores a partir de la creación de un comité de expertos de la empresa y del empleo de técnicas de decisión multicriterio que contribuya a la toma final de decisiones.

4.2.2 Definición de la estrategia

Se definen los siguientes conceptos clave en la estrategia de toma de decisión: *los decisores, los analistas, los criterios o atributos y las alternativas* (proveedores). El *analista* o grupo de *analistas* son el órgano staff encargados de la construcción de la estrategia de decisión y las técnicas a utilizar. También deben encargarse de modelar el problema y recopilar la mejor información para el proceso de la toma de decisiones. Se define, por tanto, la siguiente secuencia de pasos para el proceso:

- Iniciación. Definición de decisores y de metodología
- Fase 1. Selección y determinación de criterios.
- Fase 2. Identificación y selección de alternativas.
- Fase 3. Implementación y evaluación final de la decisión.

4.3 Proceso de toma de decisión.

4.3.1 Iniciación. Definición de decisores y de metodología.

La selección del grupo de decisores o de expertos debe articularse de forma cuidadosa. Lo ideal sería que fuera compuesto por directivos o jefes de sección responsables directamente del proceso o problema específico. Es decir, que el grupo lo compongan personas directamente involucradas en la decisión.

Siguiendo el trabajo de Delbecq et al (1975), se propone que los paneles de expertos estén integrados por grupos de entre 5 y 9 personas. Por otro lado, en la revisión de García Gómez (2010) sobre precedentes en la elección de número de expertos, plantea un mínimo de 5 personas y un máximo de 30 (García, 2010, p. 166). Teniendo esto en cuenta y valorando nuestro caso particular, integraremos un grupo compuesto por *cinco (5)* personas; tratándose de una empresa de creación reciente y con un volumen de jefaturas pequeño.

Una vez definidos los decisores el analista propone las técnicas seleccionadas para el caso, las mencionadas AHP y TOPSIS. Lo siguiente será tener definida la base de proveedores, que no necesariamente debe ser el grupo de proveedores finales sobre el que tomar la decisión. Si la base de proveedores es demasiado amplia y compleja, puede ser susceptible de una aplicación de técnicas de decisión multicriterio para la estratificación de proveedores hasta la obtención de una lista de proveedores operativa.

Sin embargo, lo normal es que las fuentes de información de los diferentes departamentos, como podría ser el de compras; debería ser suficiente para tener una lista de proveedores sobre las que tomar una decisión. Tras una valoración de la información se definen finalmente los proveedores *Prov1, Prov2, Prov3 y Prov4*; lo cuales cumplen los requisitos expuestos en la definición del problema y cumplen con las expectativas generales del grupo de expertos sobre la solución del problema.

4.3.2 Fase 1. Selección y determinación de criterios.

4.3.2.1 Determinación de criterios.

La determinación de criterios ha de fundamentarse en los juicios de los expertos seleccionados. Debe ser complementada con información de calidad y con conocimientos específicos sobre los objetivos de la decisión y de la empresa. Es común elaborar cuestionarios y grupos de discusión para evaluar aquellos criterios para tener en cuenta cuando se trata de tomar la decisión. Además de la información y juicios internos, es recomendable tener en cuenta la revisión de la literatura sobre aquellos criterios más comúnmente utilizados en el campo de nuestra decisión. En el caso de esta empresa, uno de los asuntos era sobre qué criterios ecológicos incluir en la decisión, para ello se revisa literatura y diferentes paneles de expertos sobre criterios específicos, siendo obtenidos los resultados de la *Tabla 1*¹³ para criterios ecológicos y de la *Tabla 6* para criterios generales sobre proveedores.

Tabla 6. Criterios generales más importantes sobre la selección de proveedores convencionales revisados por Banaeian et al (2015)

Autores	Los criterios más importantes como resultado de los artículos de revisión.
<i>Dickson (1966)</i>	Calidad, entrega, historial de desempeño
<i>Weber y col. (1991)</i>	Precio, entrega, instalaciones y capacidad, ubicación geográfica, capacidad tecnológica
<i>Cheraghi y col. (2004)</i>	Calidad, entrega, precio, servicio de reparación, capacidad técnica
<i>Ho et al. (2010)</i>	Calidad, entrega, precio / coste, capacidad de fabricación, servicio, gestión, tecnología
<i>Thiruchelvam y Tookey (2011)</i>	Calidad, entrega, precio

Fuente: Elaboración propia a partir de Banaeian et al (Tab 3, 2015)

Para facilitar el cribado de criterios ecológicos se presenta la *Tabla 7* donde se revisan aquellos criterios ambientales más utilizados en procesos de selección. La tabla muestra las frecuencias de uso de dichos criterios en los artículos analizados. Con este conjunto de datos y con los juicios de los expertos se pueden definir los criterios del caso.

¹³ Véase *Tabla 1* en p. 27

Tabla 7. Frecuencia de criterios ambientales en la selección de proveedores en Banaeian et al (2015)

	Govindan y col. (en prensa)	Nielsen y col. (2014)
<i>Duración</i>	1996–2011	1996-2014
<i>Número de artículos revisados</i>	33	57
Criterios		
Sistema de gestión ambiental	11	20
Imagen verde	4	8
Competencias ambientales	3	6
Diseño para el medio ambiente	3	5
Costes de mejora ambiental	2	5
Rendimiento ambiental	3	5

Fuente: Elaboración propia a partir de Banaeian et al (Tab 4, 2015)

Teniendo en cuenta las características de los productos que requiere la empresa y los objetivos, se definen los siguientes criterios a partir de las informaciones recopiladas y de las reuniones de grupo: *Coste (C1)*, *Calidad (C2)*, *Tiempo de entrega (C3)* y *Sistema de Gestión Ambiental (C4)*.

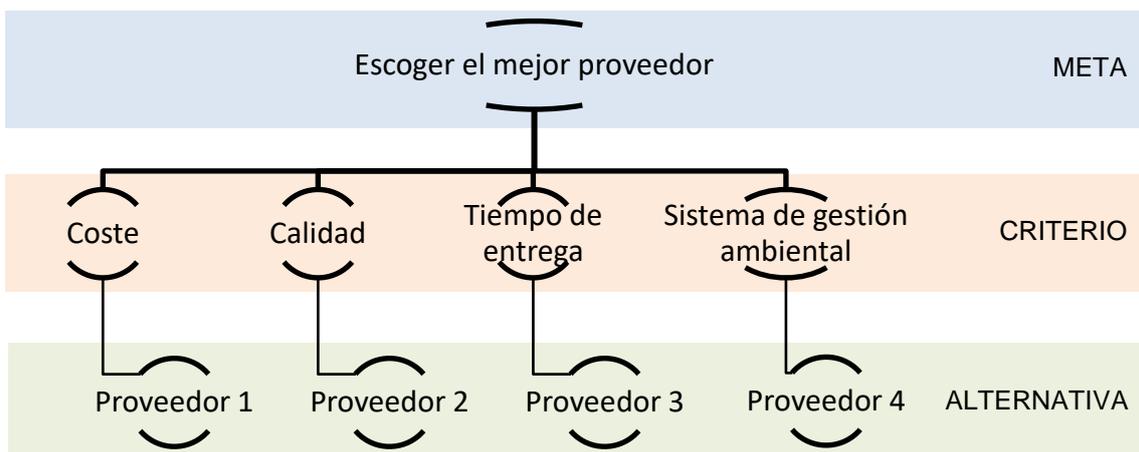
- **Coste:** Siendo una empresa de creación reciente y teniendo en cuenta el riesgo que implica esta nueva estrategia de negocio, valorar el coste de la medida y en particular, de los costes variables que significarían la adquisición externa de productos de embalaje; es algo esencial. La empresa cuenta además con márgenes estrechos entre el volumen de ventas y la cobertura de costes, por lo que minimizar al máximo posible en los proveedores es un objetivo primordial. Se expresa en valor monetario (€) sobre el precio total por lotes iguales de unidades.
- **Calidad:** Puesto que es un criterio que valorar previo a la entrega de líneas de pedido, no se puede cuantificar por % de productos defectuosos, ni por valoración de los clientes. Para ello, este criterio se basará en la medición del nivel de calidad, evaluado por el grupo de expertos y operarios. La evaluación se realizará con etiquetas cualitativas de aspecto, resistencia y seguridad alimentaria.
- **Tiempo de entrega:** Debido a la actual baja capacidad de almacenamiento de la empresa y al desconocimiento del volumen real de demanda, las adquisiciones se realizarán con stock corto. Por este

motivo, el tiempo de entrega de los lotes medirá este criterio en tiempo medio de entrega en días hábiles de reposición para cada proveedor.

- Sistema de Gestión Ambiental: Este criterio se evaluará a partir de la construcción de un indicador único medido a través del nivel de planificación ambiental del proveedor (programa de reducción de impactos ambientales, investigación y desarrollo verde), uso de materiales respetuosos con el medio ambiente y tecnología respetuosa con el medio ambiente (emisión de contaminantes: CO₂ equivalente, contenido de gases, etc.)

Una vez recogida la información, procedemos a aplicar la técnica AHP anteriormente descrita. En primer lugar, pasamos a estructurar el modelo jerárquico de nuestro problema. Como podemos observar en la ilustración X tratamos un caso con una jerarquía básica. Uno de los objetivos del trabajo es el de realizar una propuesta simple de entender, de forma que cualquier decisor pueda comprenderla y abordarla sin entrar en dimensiones más complejas. Sin embargo, los modelos de toma de decisiones permiten modelos de alta complejidad con números amplios de criterios.

Ilustración 9. Estructura Jerárquica AHP de la meta.



Fuente: Elaboración propia

En segundo lugar, debemos construir y cuantificar los criterios elegidos con respecto a cada alternativa para construir la matriz de decisión. Puesto que tenemos elementos de carácter cualitativo y cuantitativo, cuantificaremos, en

primer lugar, los valores de los criterios de tipo cuantitativo. En segundo lugar, presentamos los datos cuanti-cualitativos de los que obtenemos los criterios de *Calidad y Sistema de Gestión Ambiental*.

Sobre los criterios de *Coste y Tiempo de entrega* en los proveedores, obtenemos los siguientes datos:

Tabla 8. Coste monetario (€) y tiempo de entrega (días) de proveedores en criterios cuantitativos

	Coste (€)	Tiempo de entrega (horas)
Proveedor 1	920,00 €	23,60
Proveedor 2	580,00 €	21,00
Proveedor 3	740,00 €	14,00
Proveedor 4	680,00 €	24,00

Fuente: Elaboración propia

Para los criterios de *Calidad y Sistema de Gestión Ambiental* fue necesario construir valores promedio de evaluación por parte del grupo de expertos, debido a que son criterios con valoración de tipo cualitativa. Se obtiene la *Tabla 9 y 10* para las puntuaciones de criterio *Calidad*. El uso de las opiniones de los expertos (E₁, E₂...) debe fundamentarse no sólo en sus conocimientos y juicios, sino también en la información de calidad presentada para valorar las alternativas respecto de la meta propuesta y los objetivos de la organización.

Tabla 9. Puntuación cualitativa de subcriterios en Calidad

Subcriterio	Aspecto				Resistencia				Seg. alimentaria			
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄
Alternativas												
Proveedor 1	7,1	7,0	6,0	7,0	7,75	8,75	6,75	9,0	8,7	8,0	8,3	9,1
Proveedor 2	6,6	4,5	5,2	6,1	6,9	6,0	7,0	6,0	5,9	4,0	4,9	6,0
Proveedor 3	6,0	6,5	5,0	7,0	9,0	7,0	6,5	7,0	7,0	6,0	6,0	5,0
Proveedor 4	8,0	7,0	7,0	8,8	7,0	6,0	7,0	7,0	7,2	7,0	5,5	6,0

Fuente: Elaboración propia

Se presenta al grupo de expertos una muestra de los modelos de envase de cada proveedor y se les pide que evalúen con un cuestionario el aspecto del 1 al 10, siendo 1 un aspecto malo y 10 el mejor aspecto.

Por otro lado, se les pide que evalúen la resistencia de los envases con el mismo cuestionario, pidiendo que prueben su fuerza y la calidad de los materiales. Se les pide la misma evaluación del 1 al 10. Siendo 1 la mínima resistencia y 10 la máxima resistencia.

Finalmente, se evalúa la seguridad del envase, probando el aguante a los líquidos, si tiene pérdidas, si el interior se deteriora y si conserva el alimento. Se deja a criterio de cada experto evaluar el estado final del envase una vez han sido sometidos todos a los mismos contenidos y se les pide una evaluación del 1 al 10 similar a las anteriores.

Tabla 10. Puntuaciones medias de subcriterios de Calidad

	Aspecto	Resistencia	Seg. alimentaria	Promedio Calidad
Proveedor 1	6,78	8,06	8,53	7,79
Proveedor 2	5,60	6,48	5,20	5,76
Proveedor 3	6,13	7,38	6,00	6,50
Proveedor 4	7,70	6,75	6,43	6,96

Fuente: Elaboración propia

Las puntuaciones de la *Tabla 10* expresan la media final en base a las puntuaciones propuestas por los expertos en la *Tabla 9*. Del conjunto de puntuaciones obtenemos una media en base a los tres aspectos de la cual sacamos una puntuación promedio final de calidad en cada proveedor.

Para el criterio de *Sistema de Gestión Ambiental* su estudio la documentación presentada sobre el nivel de planificación ambiental del proveedor, los datos sobre uso de materiales reciclables y de otros materiales poco contaminantes. Finalmente, se valoran los impactos ambientales del proveedor por el número de certificaciones ambientales. Estos aspectos se miden de formas diferentes. Por un lado, el nivel de planificación ambiental se determina a partir de 3 niveles cualitativos de planificación en función del número de programas, imagen verde y competencias ambientales. El uso de materiales

se mide según el % de material reciclado utilizado en los envases, creando un promedio en los diferentes tipos de envase que la empresa desea adquirir al proveedor. Sobre los impactos ambientales se establecen 3 niveles cualitativos valorados en función de las certificaciones con las que cuenta el proveedor. El grupo de expertos evaluará los criterios cualitativos. Finalmente, se normalizarán los datos creando un promedio final en el que cada proveedor tendrá un valor final de *Sistema de Gestión Ambiental*, del mismo modo que con *Calidad*.

Nivel de planificación ambiental: Si la empresa posee programas ambientales se suma un punto a la categoría. Si la empresa tiene una imagen verde demostrada (publicidad, colaboraciones), se añade otro punto al proveedor. Si se observa en la empresa un nivel de competencia ambiental relacionada con el talento de los recursos humanos de la empresa (selección, capacitación, cultura empresarial ambiental) se suma otro punto. Finalmente, el baremo es de un mínimo de 0 y un máximo de 3.

Tabla 11. Puntuación cualitativa de Subcriterio Nivel de Planificación ambiental del proveedor y media final

	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	Media
Proveedor 1	3	2	2	2	2,25
Proveedor 2	2	3	1	2	2
Proveedor 3	2	2	3	2	2,25
Proveedor 4	1	2	2	2	1,75

Fuente: Elaboración propia

Uso de materiales reciclables: La empresa precisa de tres tipos de envase; bolsa para frutas y verduras, otro para productos cárnicos frescos y otro para pescados y mariscos que deben conservar mejor el frío y deben tener la posibilidad de contener hielo. De cada tipo de envase se solicitan los datos de % de material reciclado del tipo de envase para cada proveedor. Finalmente se calcula la media de los tres tipos de envase en cada proveedor, ya que la empresa pretende comprar por lotes de envases para facilitar el transporte y la gestión. Además, en la compra por lotes permite a la empresa un ahorro de costes. De esta manera obtenemos el puntaje del subcriterio en la *Tabla 13*.

Tabla 12. % de material reciclado en envases para Subcriterio Uso de materiales reciclables del proveedor y media

Tipo de envase	Fruta y verduras	Productos cárnicos	Pescados y mariscos	Media
Proveedor 1	100%	77%	67%	81%
Proveedor 2	80%	60%	72%	71%
Proveedor 3	90%	90%	99%	90%
Proveedor 4	100%	65%	0%	55%

Fuente: Elaboración propia

Impactos ambientales: Si presenta normas generales de gestión de impactos como la ISO 14001, se le asigna 1 punto al proveedor. Si presenta certificados relacionados con la gestión de recursos como la ISO 50001 (Sistema de Gestión de la Eficiencia Energética) u otras relacionadas se le asigna 1 punto. Por otro lado, si presentan certificados de cambio climático como ISO 14064 u otras relacionadas, se le asigna otro punto. La evaluación general será en función del volumen total de certificaciones, las etiquetas valoran el alcance de estas sobre los procesos de la empresa, principalmente relacionados con la economía circular.

Tabla 13. Puntuación cualitativa de Subcriterio Impactos ambientales del proveedor y media

	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	Media
Proveedor 1	3	1	1	3	2
Proveedor 2	1	1	1	1	1
Proveedor 3	1	2	2	1	1,5
Proveedor 4	3	2	2	2	2,25

Fuente: Elaboración propia

Para integrar finalmente un único valor del criterio *Sistema de Gestión Ambiental* se procede a normalizar los promedios de los subcriterios para la obtención de un valor medio de cada proveedor en cada subcriterio, de esta normalización obtenemos un índice que determine el grado de Sistema de Gestión Ambiental obtenido de la valoración y cuantificación de todos ellos. Se acuerda valorar los tres subcriterios con el mismo peso para el resultado final. En la *Tabla 15* vemos la matriz de subcriterios y los valores finales del promedio. En la *Tabla 16* tenemos los datos ya normalizados y con

el promedio final obtenido que mide el grado de *Sistema de Gestión Ambiental* del proveedor.

Tabla 14. Matriz de promedios subcriterios de Sistema de Gestión Ambiental.

	Media nivel de Planificación	Media Uso de Materiales	Media Impactos Ambientales
Proveedor 1	2,25	0,81	2
Proveedor 2	2	0,71	1
Proveedor 3	2,25	0,90	1,5
Proveedor 4	1,75	0,55	2,25
Norm.	8,25	2,97	6,75

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Subcriterios normalizados de Sistema de Gestión Ambiental y promedio final de criterio de Sistema de Gestión Ambiental.

	Nivel de Planificación	Uso de Materiales	Impactos Ambientales	Promedio Sistema de Gestión Ambiental
Proveedor 1	0,273	0,274	0,296	0,281
Proveedor 2	0,242	0,238	0,148	0,209
Proveedor 3	0,273	0,303	0,222	0,266
Proveedor 4	0,212	0,185	0,333	0,244

Fuente: Elaboración propia

En la *Tabla 16* tenemos los datos definitivos de Sistema de Gestión Ambiental. Utilizaremos los valores finales normalizados y basados en el promedio final, determinando el mismo peso para los 3 subcriterios.

Es importante determinar los niveles de jerarquía de los criterios y subcriterios. En nuestro caso, se ha determinado el mismo nivel de importancia. Sin embargo, si los expertos considerasen que, por ejemplo, en el caso del Sistema de Gestión Ambiental, el subcriterio Uso de materiales fuera considerado más relevante para el criterio final y la meta, sería necesario aplicar una matriz de comparación de subcriterios para obtener los pesos específicos. Con estos ponderaríamos la matriz de promedios de subcriterios normalizados para calibrarlos al peso determinado. La determinación de pesos puede realizarse a partir de la propia escala de Saaty en caso del AHP o AHP fuzzy.

4.3.2.2 Determinación de pesos.

Una vez tenemos el valor de *Coste*, *Tiempo de Entrega*, *Calidad (promedio)* y *Sistema de Gestión Ambiental (promedio)* articulamos la matriz de decisión (Tabla 17) sobre la que normalizaremos los datos. Con los valores normalizados y de acuerdo con la metodología AHP el siguiente paso será obtener los niveles de ponderación a partir de la asignación de niveles de importancia. Los niveles son los propuestos en la escala de Saaty (1987) y se desarrolla la *matriz de comparación de criterios*.

Tabla 16. Matriz de decisión final de datos

	Coste	Tiempo de entrega	Calidad	Sistema de Gestión Ambiental
Proveedor 1	920,00	23,60	7,79	0,28
Proveedor 2	580,00	21,00	5,76	0,21
Proveedor 3	740,00	14,00	6,50	0,27
Proveedor 4	680,00	24,00	6,96	0,24
Norm.	2920,00	82,60	27,00	1,00

Fuente: Elaboración propia

El objetivo de este punto es determinar los pesos con la técnica AHP para así saber a qué criterio le vamos a otorgar una mayor o menor importancia en función de los juicios determinados por el grupo de expertos. Tras la comparación de criterios realizada por los expertos se procede a normalizar la matriz de los criterios comparados. La importancia relativa nos permitirá establecer finalmente un ranking de criterios que puede ser evaluado si se observan valores de consistencia lógica si $CL = <0,10$.

Tabla 17. Matriz de comparación de criterios basada en la escala de calificación de Saaty.

	Coste	Tiempo de entrega	Calidad	Sistema de Gestión Ambiental
Coste	1	5	1/3	1/3
Tiempo de entrega	1/5	1	1/7	1/5
Calidad	3	7	1	2
Sistema de Gestión Ambiental	3	5	1/2	1
Sumatorio	7,20	18,00	1,98	3,53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Matriz de comparación de criterios normalizada.

	Coste	Tiempo de entrega	Calidad	Sistema de Gestión Ambiental
Coste	0,14	0,28	0,17	0,09
Tiempo de entrega	0,03	0,06	0,07	0,06
Calidad	0,42	0,39	0,51	0,57
Sistema de Gestión Ambiental	0,42	0,28	0,25	0,28
Pesos (vector de prioridades)	0,170	0,053	0,469	0,308

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, tenemos el valor de los pesos calculado que nos indica el vector de prioridades. Este vector nos proporciona la importancia considerada los criterios y los ordena por prioridad. Estos valores nos servirán para ponderar los pesos en el siguiente apartado.

Orden de prioridad de los criterios
Calidad > Sistema de gestión ambiental > Coste > Tiempo de entrega

El vector de prioridad establece los pesos específicos de cada criterio. Como vemos, el criterio de calidad asume la mayor importancia. El peso de lo ecológico tiene un fuerte papel frente al coste y los tiempos de entrega.

4.3.2.3 Análisis de consistencia.

Como comentamos en la teoría, es necesario valorar la consistencia de los datos matriciales a partir del Índice de Consistencia (CI) y del cálculo del Ratio de Consistencia (CR), el cual se calcula a partir del dividendo CI entre el divisor correspondiente al rango de la matriz. El divisor es el valor para el Índice de Consistencia Aleatorio para el rango. En el caso de una matriz de rango 4 como la nuestra, el valor ICA=0,882. Cabe recordar que el valor no puede ser superior a 0,10 para que sea consistente. La consistencia nos permite detectar errores en la matriz y valorar la corrección de los juicios en las comparaciones. Se obtienen los siguientes resultados para el cálculo de consistencia de la matriz normalizada de la comparación de criterios (Tabla 19).

Tabla 19. Índice de consistencia y ratio de consistencia de comparación de criterios.

Índice de consistencia y Ratio de consistencia	
CI	0,052
CR	0,059

Fuente: Elaboración propia

Los resultados demuestran que siendo “CI= 0,052 y CR=0,059” < 0,10 significa que los juicios son lógicos en las prioridades relativas establecidas, cumpliéndose la razón de consistencia.

4.3.3 Fase 2. Identificación y selección de alternativas.

En esta fase procedemos a construir y normalizar a partir de los datos la matriz de decisión de los datos obtenidos a partir de los criterios de forma que se puedan comparar entre sí. Se procede con la metodología TOPSIS. En primer lugar, desarrollamos los cálculos preliminares con un sumatorio de los datos de la matriz siguiendo la siguiente expresión de segundo grado:

$$\sum_{j=1}^m (x_{ij})^2, j = 1, \dots, n, i = 1, \dots, m$$

Ecuación 8. Sumatorio de datos matriciales

A partir del sumatorio calculamos la raíz cuadrada de la anterior expresión siguiendo la fórmula de la *Ecuación 3* de normalización matricial (p. 38). Con estos datos se procede al desarrollo de la matriz de decisión normalizada en TOPSIS. Para ponderarla y obtener las soluciones ideales será necesario calcular los valores de la matriz de decisión *normalizada ponderada* siguiendo la *Ecuación 4*¹⁴ (p.38), donde w_j es el peso asociado a cada criterio, pesos los cuales hemos obtenido del proceso anterior en AHP.

Una vez tenemos los cálculos pasamos a la normalización de la matriz con los datos calculados de la *Tabla 20*, obteniendo la matriz de la *Tabla 21*

¹⁴ $v_{ij} = w_j \times n_{ij}, j = 1, \dots, n, i = 1, \dots, m$

Tabla 20. Cálculos preliminares TOPSIS

Alternativas	Criterios			
	Coste	Tiempo de entrega	Calidad	Sistema de Gestión Ambiental
Proveedor 1	920,00	23,60	7,79	0,28
Proveedor 2	580,00	21,00	5,76	0,21
Proveedor 3	740,00	14,00	6,50	0,27
Proveedor 4	680,00	24,00	6,96	0,24
Sumatorio (Ecu. 8)	2.192.800,00	1.769,96	184,47	0,25
Normalización (Ecu. 3)	1.480,81	42,07	13,58	0,50

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Matriz de decisión normalizada ponderada TOPSIS.

Alternativas	Criterios			
	Coste	Tiempo de entrega	Calidad	Sistema de Gestión Ambiental
Proveedor 1	0,621	0,561	0,573	0,559
Proveedor 2	0,392	0,499	0,424	0,417
Proveedor 3	0,500	0,333	0,479	0,529
Proveedor 4	0,459	0,570	0,512	0,484

Fuente: Elaboración propia

Y en el siguiente paso construimos la matriz de decisión normalizada y ponderada con los pesos específicos calculados en AHP. En la misma matriz calculamos las soluciones (distancias ideales) ideal positiva e ideal negativa.

Tabla 22. Determinación de solución ideal positiva y solución ideal negativa en matriz normalizada ponderada TOPSIS.

Pesos AHP →	Criterios			
	Coste	Tiempo de entrega	Calidad	Sistema de Gestión Ambiental
	0,170	0,053	0,469	0,308
Proveedor 1	0,106	0,030	0,269	0,172
Proveedor 2	0,067	0,026	0,199	0,128
Proveedor 3	0,085	0,018	0,225	0,163
Proveedor 4	0,078	0,030	0,240	0,149
Solución ideal positiva	0,067	0,018	0,269	0,172
Solución ideal negativa	0,106	0,030	0,199	0,128

Fuente: Elaboración propia

Una vez determinadas las soluciones, se calculan las medidas de distancia (*euclidean distance*) a partir de la Ecuación 6¹⁵. Lo siguiente nos correspondería al cálculo de la proximidad relativa a las soluciones, representada por R_i en la Ecuación 7 (p.40).

Tabla 23. Cálculo de la proximidad relativa a la solución ideal TOPSIS.

Alternativas	Medidas de distancia		PUNTUACIONES FINALES	
	d_i^+	d_i^-	$d_i^+ + d_i^-$	R_i
Proveedor 1	0,041	0,083	0,123	0,669
Proveedor 2	0,083	0,039	0,122	0,320
Proveedor 3	0,049	0,049	0,098	0,502
Proveedor 4	0,040	0,054	0,094	0,572

Fuente: Elaboración propia

Lo ideal será logra un valor de R que se aproxime a la unidad, significando que la alternativa i-ésima se aproxima más a la solución ideal. Los resultados muestran que el Proveedor 1 se ajusta a la solución ideal y, por lo tanto, cumple con las necesidades y criterios de la empresa:

1º	Proveedor 1	0,669
2º	Proveedor 4	0,572
3º	Proveedor 3	0,502
4º	Proveedor 2	0,320

4.3.4 Fase 3. Evaluación final de la decisión.

Para evaluar la calidad del modelo y de la decisión proporcionada, se suele poner a examen el grado de sensibilidad de los resultados obtenidos realizando cambios. Los cambios se pueden modelar de formas muy diversas. Lo normal es moderando las prioridades en los criterios principales o eliminando la alternativa peor valorada y reprobando los cálculos. Se pueden modelar los

$$d_i^+ = \left\{ \sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}, \quad i = 1, \dots, m$$

$$d_i^- = \left\{ \sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}, \quad i = 1, \dots, m$$

datos desde el punto de vista de la valoración de los expertos restando, por ejemplo, un punto a la valoración del criterio con mayor peso. O también se pueden modelar los datos base, probando, por ejemplo, cuanto tendría que subir el coste de un proveedor para que éste pierda la primera posición en el ranking.

El análisis de sensibilidad obliga a probar los niveles de consistencia nuevamente y valorar los datos. Se puede agilizar el procedimiento con un software específico de AHP, el *Expert Choice*, donde se permite realizar diferentes análisis de sensibilidad: de valoración, sensibilidad dinámica, de gradiente...

Vamos a realizar dos pruebas específicas:

1. Prueba de sensibilidad reduciendo un punto a los pesos de calificación al criterio de *Calidad*.
2. Prueba de sensibilidad sobre qué ocurriría si una vez recalificada la calidad, dos proveedores decidieran abaratar sus precios un 10%.

La reducción de un punto a los pesos elegidos por los expertos se propone debido a la gran importancia que la empresa le da al criterio ambiental. La recomendación del analista va en la línea de otorgar proporcionalmente mayor peso a los otros criterios y observar si se producen cambios en el resultado final. Si se produjeran cambios en el resultado final de proveedores, sería adecuado valorar nuevamente las suposiciones de los criterios ambientales. Sobre la prueba sobre la calidad, se pretende valorar de cara al futuro si unos determinados productos perdieran cierta calidad cuanta debería ser la necesaria en promedio para cambiar de proveedor. Si el límite fuera muy pequeño sería importante incluir nuevos criterios para valorar los proveedores más cercanos en el vector de prioridades. En cualquier caso, los análisis de sensibilidad pretenden aportar información extra a la decisión final y pueden reforzar la misma. El caso es que estos modelos de toma de decisiones incluyen un gran número de valores subjetivos y juicios, por lo que, en definitiva, lo importante es que el resultado final contente y convenza a los decisores.

Se procede por lo tanto a recalcular los datos de las matrices con las pruebas de sensibilidad propuestas obteniendo los siguientes resultados:

Sobre la primera prueba de sensibilidad, se obtienen los siguientes datos tras reducir un punto los pesos de calificación de Calidad.

Tabla 24. Comparación de promedios con análisis de sensibilidad 1.

Con análisis	Sin análisis	
Promedio ACTUAL	Promedio ANTERIOR	Criterios
0,194	0,170	Coste
0,058	0,053	Tiempo de entrega
0,361	0,469	Calidad
0,387	0,308	Sistema de Gestión Ambiental

Fuente: Elaboración propia

Nuevo orden de prioridad de los criterios tras análisis

Sistema de Gestión Ambiental > Calidad > Coste > Tiempo de entrega

Tabla 25. Matriz de comparación de criterios en la escala de calificación con reducción de un punto a los pesos de Calidad.

	Coste	Tiempo de entrega	Calidad	Sistema de Gestión Ambiental
Coste	1	5	1/2	1/3
Tiempo de entrega	1/5	1	1/6	1/5
Calidad	2	6	1	1
Sistema de Gestión Ambiental	3	5	1	1
Sumatorio	6,20	17,00	2,67	2,53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Consistencia de análisis de sensibilidad 1.

Índice de consistencia y Ratio de consistencia	
CI	0,052
CR	0,059

Fuente: Elaboración propia

Vemos que el orden de prioridad de los criterios cambia y aún se mantiene la consistencia, situándose en primer lugar el sistema de gestión ambiental. Si la

calidad pierde importancia frente a los costes o al sistema de gestión ambiental, sin duda el criterio ecológico se impone a los demás. Lo que nos deja en clave la importancia de la realización de controles de calidad y de su correcta medición.

Una vez recalificados los criterios, dos proveedores deciden renegociar sus precios con una reducción del 10%, concretamente el proveedor 3 y el proveedor 4. Por otro lado, el proveedor 2, debido a que no puede competir en estándares de calidad, propone a la empresa el envío de sus productos a través de una empresa colaboradora al mismo precio por lote, lo que reduce las horas de entrega del proveedor 2 un 75%. Además, logran reducir su impacto ambiental al colaborar con esta empresa logística, mejorando su calificación del subcriterio de Impacto ambiental de 1 a 2,5. Por estos motivos, el grupo de expertos solicita recalificar la decisión. De lo que se obtiene lo siguiente:

Tabla 27. Análisis de sensibilidad 2.

Alternativas	Criterios			
	Coste	Tiempo de entrega	Calidad	Sistema de Gestión Ambiental
Proveedor 1	920,00	23,60	7,79	0,26
Proveedor 2	580,00	5,25	5,76	0,26
Proveedor 3	666,00	14,00	6,50	0,25
Proveedor 4	680,00	24,00	6,96	0,22

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Resultados TOPSIS con análisis de sensibilidad.

d+i + d-i	Ri	RANKING	Alternativa FINAL
0,116	0,535	2º	1º: PROVEEDOR 3
0,116	0,533	3º	2º: PROVEEDOR 1
0,088	0,548	1º	3º: PROVEEDOR 2
0,095	0,476	4º	4º: PROVEEDOR 4

Fuente: Elaboración propia

El análisis inicial de los resultados nos demuestra que en función a los juicios y criterios determinados por los expertos el *proveedor 1* es la mejor opción. Pese a ser la más cara, el peso de la calidad y de la posesión de un sistema de gestión ambiental bueno han determinado la elección. Por otro lado, el análisis de sensibilidad ha querido poner a prueba que pasaría si se recalificase la calidad, lo que ha provocado cambios en las negociaciones entre

proveedores. Recalculando los datos, se les propone a los analistas la nueva mejor decisión, siendo el *Proveedor 3* la más equilibrada. Pese a ello, las puntuaciones de los proveedores se han igualado con la renegociación y se han reducido sus distancias. Lo que nos obligaría a replantear el árbol de criterios, incluyendo otros más específicos que califiquen aspectos más concretos del producto o de la calidad. La modificación del subcriterio de impactos ambientales en el proveedor 2 vemos que modifica sustancialmente la posición del proveedor en el vector de prioridades, sobretodo en el criterio de Sistema de Gestión Ambiental. De esta valoración de la sensibilidad vemos la importancia del criterio ambiental para el posicionamiento final de los proveedores.

6. Conclusiones

La mejora del desempeño medioambiental no está alejada de las posibilidades de ninguna empresa. En todos los casos, podemos incluir criterios ambientales para tomar decisiones. La metodología AHP nos permite elegir de forma fundamentada y equilibrada la importancia que le damos a los criterios, por lo que es lo suficientemente adaptativa. La conciencia sobre el medioambiente es el primer punto de partida sobre el que además aparecen ventajas relacionadas; como la calidad, la reducción de costes y la eficiencia. La buena publicidad que se obtiene de forma indirecta y la mejor relación que la organización establece con su comunidad es sin duda un valor para tener en cuenta, cosa que el criterio de expertos concienciados puede medir de buena manera un proceso de toma de decisiones como el presentado en este trabajo.

Las metodologías aplicadas son aportes de gran utilidad para las empresas y organizaciones tal y como demuestra el ejemplo práctico. El trabajo cumple con el objetivo propuesto de demostrar la aplicación de criterios ecológicos a una decisión entre varias alternativas. Se identifica, además, en el marco teórico, la importancia del compromiso ecológico de las empresas reseñando en cómo influye la toma de decisiones responsables en la toma de una decisión final real.

El caso tenía desde un primer momento un componente decisional complejo. La cercanía de las variables entre sí, diferencias no demasiado grandes entre precios ni entre criterios de calidad, aspectos de carácter cualitativo a evaluar y un grupo de personas que deben decidir de entre varias opciones teniendo en cuenta múltiples variables. Los rendimientos medioambientales presentados a partir del Sistema de Gestión Ambiental son, sin duda, un criterio clave en la toma de decisión final del proceso. Por ellos presentamos un enfoque exploratorio de criterios ambientales para poner un estado de la cuestión. Sobre este asunto, también demostramos como se pueden aplicar en forma de subcriterios aspectos cualitativos y cuantitativos que midan el desempeño ambiental gracias al modelo AHP.

Como vimos en el análisis, la metodología permite una buena flexibilidad en la integración de cambios y es susceptible a pruebas sobre el modelo y las decisiones si fuera necesario. Por otro lado, la consistencia cubre, al menos de forma mínima, la lógica de los juicios, cumpliendo así una función de control a una de las partes más falibles del proceso.

El modelo mixto de AHP-TOPSIS nos permite aprovechar las mejores ventajas de cada técnica y fundamentar teóricamente la estructura de análisis que hemos presentado. Facilita también el trabajo de control de los resultados, puesto que se puede valorar si el problema está en los criterios, en los pesos, o en la toma de decisión final. Y podemos cambiar dichos aspectos sin necesidad de impugnar todo el modelo. AHP nos permite incluir juicios y elementos subjetivos de forma conjunta con elementos cuantitativos y más complejos. Además, el modelo de jerarquías ordena la información de tal forma que podemos incluir un buen número de subcriterios si fuera necesario. Por otro lado, TOPSIS nos aproxima a las soluciones valorando las alternativas más ideales independientemente de los valores. En nuestro caso, nos permite mezclar criterios que cuánto más cercanos a 0, más no acercan al objetivo (el caso del Coste) y a la vez, criterios que cuando mayores (caso de Calidad), mejor.

Es comprensible que aún existen muchos riesgos operativos en todo el proceso de la cadena de suministros. Sin embargo, la selección de proveedores

es una buena forma de cubrir uno de los puntos más críticos de la misma. Si además se desarrolla con un modelo de decisión multicriterio en el que se valora la importancia y los juicios de los profesionales que están tomando la decisión y asumiendo sus riesgos. No se puede dejar de lado la parte de valor subjetivo de estas metodologías y los riesgos que adquiere en el proceso.

Sería bueno complementar este trabajo con otros modelos de toma de decisión integrados con la estructura presentada, como podría ser ELECTRE o el uso de *Expert Choice* para la modelación de criterios y cálculos. De entre la literatura existente sobre este tipo de procedimientos, sin duda, la integración de dos técnicas de decisión para el alcance de resultados ha demostrado ser un proceso más efectivo que la aplicación individual de las técnicas por separado.

Para muchos aspectos difíciles de medir, la integración de aspectos subjetivos o criterios de carácter cualitativo aventaja estas técnicas en lo que la evaluación y toma de decisiones con criterios ambientales se refiere. Podemos concluir que los modelos de análisis multicriterio son buenas herramientas para la interpretación de criterios generales y, en nuestro caso, también de mecanismo ambientales. Esto es, teniendo en cuenta la dificultad para medir muchos aspectos de lo ambiental y la falta de información cuantitativa que en muchos casos se presenta cuando queremos incluir criterios ambientales.

7. Bibliografía

- ADAMS, C. A., (2014) "Sostenibilidad y la empresa del futuro", en Reinventar la empresa en la era digital, Madrid, BBVA, 2014.
- AWASTHI, Anjali, CHAUHAN, Satyaveer S., GOYAL, S.K. (2010) "A fuzzy multicriteria approach for evaluating environmental performance of suppliers", International Journal of Production Economics, Volume 126, Issue 2, 2010, Pages 370-378, ISSN 0925-5273, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.04.029>.
- BANAEIAN, Narges; MOLBI, Hossein; EWA NIELSEN, Izabela y OMID, Mahmoud (2015) "Criteria definition and approaches in green supplier selection – a case study for raw material and packaging of food industry", Production & Manufacturing Research, 3:1, 149-168, DOI: 10.1080/21693277.2015.1016632
- BANERJEE, SB, IYER, ES y KASHYAP, RK (2003). "Ambientalismo empresarial: antecedentes e influencia del tipo de industria." Journal of Marketing, 67 (2), 106–122. <https://doi.org/10.1509/jmkg.67.2.106.18604>
- BBC (11 de mayo 2020) "Coronavirus y cambio climático: por qué la pandemia no es realmente tan buena para el medio ambiente" Carlos Serrano. [Revisado 7 de julio de 2021] en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-52596472>
- BRAVO GIL, Rafael; FRAJ ANDRÉS, Elena; MATUTE VALLEJO, Jorge (2006) "La estrategia de "ecologismo de empresas" en el sector de bienes de consumo final." Universia Business Review, núm. 9, primer trimestre, 2006, pp. 58-73 Portal Universia S.A. Madrid, España
- CERTO, Samuel C. "Administración moderna: diversidad, calidad, ética y el entorno global" / Samuel C. Certo ; traducción Rigoberto Castillo, revisión técnica Luis Eduardo Puerto R. 8a231}0ed. ed. Bogotá: Pearson Educación de Colombia, 2001. Print.
- CHAI, J., LIU, J. N. K. y NGAI, E. W. T. (2013) "Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature." Expert Systems with Applications, 40, 3872-3885
- CHANDLER Jr., Alfred D. (1962) "Strategy and Structure: Chapters in the History of the Industrial Enterprise". University of Illinois at Urbana-Champaign's Academy for Entrepreneurial Leadership Historical Research Reference in Entrepreneurship, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=1496188>

- CORREA L., Maria Isabel y MORALES C., J. Régulo. (2010, abril). "Ecologismo de empresa y estrategias empresariales". XIV Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Administrativas. El Rol de las Ciencias Administrativas en el Desarrollo Social 27 al 30 de Abril del 2010 Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. ACACIA. Monterrey, Nuevo León., México.
- CTMA Consultores (15 de octubre de 2019). "¿Cumple tu empresa con las normativas medioambientales?" <https://ctmaconsultores.com/normativas-medioambientales/>
- DE BOER, L., LABRO, E. y MORLACCHI, P. (2001) "A review of methods supporting supplier selection." *European Journal of Purchasing and Supply Management*, 7, 75-89.
- DEL BRÍO, J. A.; FERNÁNDEZ, E. Y JUNQUERA, B. (2001) "Impulso medioambiental en las industrias españolas. El papel de las Administraciones Públicas." *Economía Industrial*, no. 339, 2001. pp. 153-166.
- DELBECQ, A.L., VAN DE VEN, A.H., and GUSTAFSON, D.H. (1975) "Group Techniques for Program Planning: A Guide to Nominal Group and Delphi Processes." Scott, Foresman Glenview.
- ENGEL, Jordan. (27 de abril de 2019). "Names and Locations of the Top 100 People Killing the Planet." *Decolonial Atlas*. Recuperado de: <https://decolonialatlas.wordpress.com/2019/04/27/names-and-locations-of-the-top-100-people-killing-the-planet/>
- GARCÍA Gómez, Pedro (2010) "Una propuesta metodológica para la aplicación del Proceso Analítico Jerárquico en la selección de aerogeneradores" [Tesis doctoral] CEU Universidad Cardenal Herrera. Departamento de Economía y Empresa.
- HWANG, C.L.; YOON, K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. New York: Springer-Verlag.
- KAST, Freemont, E. (1979). "Instructor's Manual with Transparency Masters to Accompany Organization and Management: A Systems and Contingency Approach" McGraw-Hill Inc., Estados Unidos.
- LEMKE, Fred; GOFFIN, Keith y SZWEJCZEWSKI, Marek (2003). "Investigating the meaning of supplier-manufacturer partnerships. An exploratory study" *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management* 2003, Vol 33, issue 1, pp12-35.
- LÓPEZ, Nuria (8 de enero de 2021). "Copernicus: 2020 warmest year on record for Europe; globally, 2020 ties with 2016 for warmest year recorded."

[Comunicado de prensa] Climate Change Service Copernicus. Recuperado de: <https://climate.copernicus.eu/copernicus-2020-warmest-year-record-europe-globally-2020-ties-2016-warmest-year-recorded> [Revisado: 20 de junio de 2021]

- MAGHSOODI, A.I.; ABOUHANZEH, G. KHALILZADEH, M.; ZAVADSKAS, E.K. (2018) Ranking and selecting the best performance appraisal method using the MULTIMOORA approach integrated Shannon's entropy *Front. Bus. Res. China*, 12 (1) (2018), p. 2, 10.1186/s11782-017-0022-6
- MÁIZ, Ramon. (2011). "Igualdad, sustentabilidad y ciudadanía ecológica" *Foro Interno. Anuario de Teoría Política. Publicaciones Universidad Complutense de Madrid*. Vol. 11 diciembre 2011, pp. 13-43 https://doi.org/10.5209/rev_FOIN.2011.v11.37007
- MAJID Behzadian, S. KHANMOHAMMADI Otaghsara, MORTEZA Yazdani, Joshua Ignatius (2012) "A state-of the-art survey of TOPSIS applications, Systems with Applications, Volume 39, Issue 17, 2012, Pages 13051-13069, ISSN 0957-4174, <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.05.056>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417412007725>)
- MARTÍNEZ Loya, Valeria; RINCÓN, Ogaz, Marisol; MORENO Jiménez, Jose María; GARCÍA Alcaraz, Jorge Luis (2015). "Selección de proveedores con enfoque multicriterio y ecológico" *Anales de Economía Aplicada* 29, 1158-1177. Universidad de Zaragoza.
- MCSWEENEY, Robert. (8 de julio de 2015) "Analysis: The most 'cited' climate change papers" [Artículo web]. *Carbon Brief. Clear on Climate*. Recuperado de: <https://www.carbonbrief.org/analysis-the-most-cited-climate-change-papers> [Revisado: 21 de junio de 2021]
- MELLINAS Fernandez. M^a Jesus, (2012) "Análisis comparativo de técnicas de generación eléctrica; AHP y topsis tuzzificado." Proyecto Fin de Carrera. Universidad Politécnica de Cartagena.
- MIRANDA DOS SANTOS. Bruno, PENTIADO Godoy, Leoni, CAMPOS M.S., Lucila. (2019) "Performance evaluation of green suppliers using entropy-TOPSIS-F", *Journal of Cleaner Production*, Volume 207, 2019, Pages 498-509, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.235>.
- MORENO-JIMENEZ, J.; (2002) "El proceso analítico jerárquico (AHP). Fundamentos, metodología y aplicaciones" *Rect@ Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA*. Vol 1, pp 28-77.
- MUNIER, Nolberto; (2011) "A Strategy for Using Multicriteria Analysis in Decision-Making" Springer Dordrecht Heidelberg London New York. DOI 10.1007/978-94-007-1512-7

- NATIONAL GEOGRAPHIC (2020). “Datos del Dia de la Tierra: ¿Por qué se celebra? ¿Dónde empezó?” Redacción National Geographic. [Revisado: 25 de junio de 2020] en: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/datos-del-dia-de-la-tierra-por-que-se-celebra-donde-empezo>
- NORTON, B (1992) Sustainability, Human Welfare and Ecosystem Health” Environmental Valuyes 1, no. 2. Pp. 92-111. <http://www.environmentandsociety.org/node/5459>
- NORTON, B. (2005) “Sustainability. A Philosophy of Adaptative Ecosystem Management. University of Chicago: Chicago U. Press.
- ONU. Organización de las Naciones Unidas (2015), La Agenda de Desarrollo Sostenible. Fecha de acceso: Junio de 2021. Extraído de: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/la-agenda-de-desarrollo-sostenible>.
- PEARCE, D. W. y TURNER, R. K. (1990). “Economics of Natural Resources and the Environment”, Theo John Hopkins University Press, Baltimore (Versión en castellano: Economía de los recursos naturales y del medio ambiente, Celeste Ediciones, Madrid, 1995).
- PIDCOCK, Roz (6 de julio de 2015) “The most influential climate change papers of all time” [Artículo web] Carbon Brief. Clear on climate. Recuperado de: <https://www.carbonbrief.org/the-most-influential-climate-change-papers-of-all-time> [Revisado: 20 de junio de 2021]
- PRATS, F.; HERRERO, Y. y TORREGO, A. (2016) “La Gran Encrucijada. Sobre la crisis ecosocial y el cambio de ciclo histórico.” Madrid, Ed. Libros en Acción.
- REMACHA, Marta (2017). “Medioambiente, desafíos y oportunidades para las empresas”. Cuadernos de la Cátedra CaixaBank de Responsabilidad Social Corporativa. Nº 33, 24 págs.
- ROSZKOWSKA, E. (2011). Modelos de toma de decisiones de criterios múltiples mediante la aplicación del método Topsis a datos nítidos y de intervalo. Recuperado de: semanticscholar.org/paper/Multi-criteria-Decision-Making-Models-by-Aplying-Roszkowska/e0bc4d05d7cd720c569565109bb5f8d67e392e33
- SAATY T. L. (1987). “The analytic hierarchy process—what it is and how it is used, Mathematical Modelling, Volume 9, Issues 3–5, 1987, Pages 161-176, ISSN 0270-0255, [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8). (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0270025587904738>)
- SAATY T.L. (1994). “Fundamentals of decision making and priority theory. Pittsburgh: RWS Publications, 1994.

- SAATY, T.L., (1980). "The Analytic Hierarchy Process." McGraw-Hill, New York.
- SAATY, Thomas L .; Peniwati, Kirti (2008). Toma de decisiones en grupo: extraer y conciliar diferencias . Pittsburgh, Pensilvania: Publicaciones de RWS. ISBN 978-1-888603-08-8.
- SARACHE C., William Ariel, HOYOS MONTOYA, Carolina y BURBANO J., Juan Carlos (2004). "Procedimiento para la evaluación de proveedores mediante técnicas multicriterio". Scientia Et Technica, X (24), 219-224. [Fecha de Consulta 4 de Julio de 2021]. ISSN: 0122-1701. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84912053040>
- SARACHE C., William Ariel; CASTRILLÓN Gómez, Ómar Danilo; ORTIZ Franco, Luisa Fernanda. (2009) "Selección de Proveedores: Una aproximación al estado del arte." Cuadernos de Administración, vol. 22, núm. 38, enero-junio, 2009, pp. 145-167 Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia
- SGD Compass (2015) "GRI; United Nations Global Compact y WBCSD. SDG Compass. The guide for business action on the SDGs" Revisado en junio de 2021. Extraído de: <http://sdgcompass.org>
- STOONER, James A. F.; FREEMAN, R. Edward; GILBERT JR., Daniel R. (1996). Administración. Editorial Prentice Hall México.
- YACUZZI, Enrique (2012) : Conceptos fundamentales del desarrollo de proveedores, Serie Documentos de Trabajo, No. 486, Universidad del Centro de Estudios Macroeconómicos de Argentina (UCEMA), Buenos Aires
- YEPES Piqueras, Victor (2018) "Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP)" Artículo, 27/11/2018. Recuperado de: victorypes.blogs.upv.es/2018/11/27/proceso-analitico-jerarquico-ahp/

8. Anexos

Véase DOC Excel adjunto con cálculos y procesos.