



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Indicador de desempeño ambiental bajo el enfoque GSCM: Validación en empresas manufactureras de la región del Eje cafetero

Mariana Trujillo Gallego

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Industrial
Manizales, Colombia

2018

Indicador de desempeño ambiental bajo el enfoque GSCM: Validación en empresas manufactureras de la región del Eje cafetero

Mariana Trujillo Gallego

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ingeniería – Ingeniería Industrial

Director (a):

William Ariel Sarache Castro, Ph.D

Línea de Investigación:

Logística

Grupo de Investigación:

GTA – Innovación y Desarrollo Tecnológico

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Industrial

Manizales, Colombia

2018

Dedicatoria

A Dios, por todas las bendiciones recibidas, por permitirme encontrar este camino y traerme hasta aquí.

A mis padres, quienes me dieron la vida, la educación, el amor, el apoyo y la inspiración para superarme día tras día.

A mi maravilloso esposo, por su amor despiadado e infinito, su paciencia y su apoyo incondicional.

A mis hermanas, quienes me han apoyado siempre en perseguir mis sueños.

“Aquel que se ha conquistado a sí mismo, ha conquistado el mundo” (James Allen)

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Colombia por acogerme durante todo mi proceso de formación profesional, por contribuir en mi crecimiento personal y por las oportunidades brindadas que me han permitido alcanzar este nuevo logro.

A la Dirección de Investigación de Manizales (DIMA) por la financiación de esta investigación y la movilidad para presentar una ponencia en un congreso internacional, mediante el proyecto: "*Desempeño ambiental en cadenas de abastecimiento: un estudio empírico en empresas manufactureras del eje cafetero*".

A mi director de tesis, el Doctor William Ariel Sarache Castro, por ser un gran modelo a seguir, por su excepcional ejemplo de sabiduría, paciencia, disciplina y honestidad, los cuales han permitido no sólo el desarrollo de mi tesis; sino que además me han impulsado a ser mejor una mejor profesional y encontrar la pasión por la vida académica e investigativa.

A mis compañeros de la línea de investigación "*Producción, Operaciones y Logística*" por su apoyo y acompañamiento durante todo el proceso de mi formación como maestrante.

Resumen

La Gestión de Cadenas de Abastecimiento Verde (Green Supply Chain Management, GSCM), surge como campo de estudio para hacer frente a las presiones derivadas de la creciente conciencia mundial en torno a la protección al medio ambiente. GSCM se define como la integración del pensamiento ambiental en la gestión de la cadena de abastecimiento, incluyendo el diseño de productos, la obtención y selección de materiales, fabricación, entrega del producto al cliente final y la gestión del ciclo de vida del producto después de su uso, entre otros.

Así mismo, dado que GSCM involucra una estrategia con énfasis en lo ambiental, se hace imperativo la medición de su desempeño. El enfoque GSCM implica la evaluación de la cadena de abastecimiento considerando un conjunto de prácticas y sub-prácticas verdes fuertemente ligadas con sus operaciones y procesos clave en el sistema abastecimiento-manufactura-entregas. Sin embargo, la revisión de literatura adelantada en la presente tesis permite establecer que, aunque existen múltiples contribuciones orientadas a medir el desempeño ambiental en las organizaciones, estas adolecen de la perspectiva integradora que se promueve desde el enfoque GSCM.

Por lo tanto, la presente tesis de maestría, propone un indicador para la medición del desempeño ambiental de las cadenas de abastecimiento, que integra las prácticas y sub-prácticas ambientales asociadas al enfoque GSCM considerando sus relaciones causales. El indicador se sustenta en 10 prácticas ambientales 46 sub-prácticas de desempeño que permiten obtener una medición integral de las actividades verdes de la cadena. Este indicador se constituye como el principal aporte del presente estudio.

El indicador fue construido a partir del desarrollo de una metodología compuesta por cinco etapas, en las cuales se aplicaron diferentes métodos para la obtención de los resultados requeridos. Entre los métodos utilizados, se destaca el método multicriterio DEMATEL, el cual se utilizó para obtener los pesos y relaciones causales de las prácticas ambientales

y sus correspondientes sub-prácticas. Para validar el indicador, éste se aplicó en 116 empresas manufactureras en tres regiones del Eje cafetero.

Entre los resultados más relevantes, se identificó tanto para el conjunto de prácticas como de sub-prácticas ambientales, un grupo causa y un grupo receptor. El grupo causa se compone de aquellas prácticas que tuvieron una influencia causal no solo en el desempeño global de las empresas sino también en el desempeño de las prácticas que conforman el grupo receptor. Así mismo, al aplicar el indicador en las empresas objeto de estudio, se observó un alto desempeño en la manufactura verde y la logística inversa; en contraste, el desempeño observado en colaboración ambiental, compras verdes y marketing verde, fue bajo. Por otra parte, al analizar las empresas por tamaño, región, subsector industrial y mercado objetivo, solo se encontraron diferencias significativas en el desempeño ambiental por tamaño de empresas y por tipo de mercado.

La identificación de las prácticas y sub-prácticas ambientales del enfoque GSCM y sus relaciones causales, la metodología propuesta, el indicador y los hallazgos empíricos en las empresas analizadas, constituyen las contribuciones más relevantes de la presente investigación

Palabras clave: Gestión de cadenas de abastecimiento verde, prácticas ambientales, indicador de desempeño ambiental, empresas manufactureras.

Environmental performance index under the GSCM approach: Validation in manufacturing companies in the coffee-region of Colombia

Abstract

Green Supply Chain Management (GSCM) emerges as a field of study to address pressures arising from the growing global awareness of environmental protection. The GSCM is defined as the integration of environmental thinking in supply chain management, including product design, procurement and materials selection, manufacturing, product delivery to final customer and product life cycle management after its use.

Likewise, since GSCM involves a strategy with an emphasis on the environment, it is imperative to measure its performance. The GSCM approach involves assessing the supply chain by considering a set of green practices and their sub-practices strongly linked to their operations and key processes in the supply-manufacturing-deliveries system. However, the literature review advanced in this thesis allows to establish that, although there are multiple contributions aimed at measuring environmental performance in organizations, they suffer from the integrative perspective that is promoted from the GSCM approach.

Therefore, the present master's thesis proposes an indicator for the measurement of the environmental performance of the supply chains, which integrates the practices and environmental sub-practices associated to the GSCM approach considering their causal relationships. The indicator is based on 10 environmental practices and 46 performance sub-practices that allow an integral measurement of the green activities of the chain. This indicator constitutes the main contribution of the present study.

The indicator was constructed from the development of a methodology composed of five stages, in which different methods were applied to obtain the required results. Among the methods used, we highlight the DEMATEL multicriteria method, which was used to obtain the weights and causal relationships of environmental practices and their corresponding

sub-practices. To validate the indicator, it was applied to 116 manufacturing companies in three regions of the coffee area.

Among the most relevant results, a set of practices and environmental sub-practices, a cause group and a receiving group were identified. The cause group consists of those practices that had a causal influence not only on the overall performance of the companies but also on the performance of the practices that make up the receiving group. Also, when applying the indicator in the companies under study, there was a high performance in green manufacturing and reverse logistics; In contrast, the performance observed in environmental collaboration, green purchasing and green marketing was low. On the other hand, when analyzing companies by size, region, industrial subsector and target market, only significant differences in environmental performance were found by size of companies and by market type.

The identification of the environmental practices and sub-practices of the GSCM approach and their causal relationships, the proposed methodology, the indicator and the empirical findings in the analyzed companies constitute the most relevant contributions of this research

Keywords: Green supply chain management, environmental performance measurement indicator, green practices, manufacturing companies.

Contenido

1. Marco teórico de la investigación	9
1.1 Gestión de cadenas de abastecimiento (SCM).....	10
1.2 Gestión de la cadena de abastecimiento verde (GSCM)	12
1.2.1 Presiones para la adopción del enfoque verde	12
1.2.2 Gestión de la cadena de abastecimiento verde (GSCM).....	16
1.2.3 Prácticas y sub-prácticas de gestión ambiental.....	21
1.3 Valoración del desempeño ambiental en el GSCM.....	29
1.3.1 Importancia y propósitos de la medición del desempeño ambiental.....	29
1.3.2 Contribuciones identificadas en torno a la evaluación del desempeño ambiental	31
1.3.3 Necesidad de una medida integral para la evaluación del desempeño ambiental	35
1.4 Conclusiones parciales	42
2. Capítulo 2: Metodología propuesta para el diseño y aplicación del indicador ..	45
2.1 Desarrollo de la metodología propuesta	46
2.1.1 Etapa 1: Diseño del instrumento de recolección de datos.....	46
2.1.2 Etapa 2. Valoración mediante la participación de expertos	50
2.1.3 Etapa 3. Análisis de influencias causales y ponderación de prácticas y sub-prácticas ambientales.....	55
2.1.4 Etapa 4. Construcción del indicador de desempeño ambiental	64
2.1.5 Etapa 5. Aplicación del indicador y análisis de la información.....	67
2.2 Conclusiones parciales	69
3. Capítulo 3: Construcción del indicador de desempeño ambiental.....	71
3.1 Diseño del Instrumento	71
3.1.1 Paso 1. Operacionalización de las prácticas y sub-prácticas ambientales	71
3.1.2 Paso 2. Prueba piloto.....	73
3.2 Etapa 2. Valoración mediante la participación de expertos.....	75
3.2.1 Paso 1. Definición del objetivo	75
3.2.2 Paso 2. Selección de expertos.....	75
3.3 Etapa 3. Análisis de influencias causales y ponderación de prácticas y sub-prácticas ambientales	81
3.3.1 Paso 1. Diseño del modelo de evaluación causal	81
3.3.2 Paso 2. Generación de la matriz de relaciones directas (A):.....	82
3.3.3 Paso 3. Normalización de la matriz de relaciones directas (D):.....	83
3.3.4 Paso 4. Obtención de la matriz de relación total (T).....	85
3.3.5 Paso 5. Ponderación de prácticas y sub-prácticas ambientales y determinación del grupo causa y el grupo receptor	86
3.4 Etapa 4. Construcción del Indicador de desempeño ambiental	93
3.5 Conclusiones parciales	101

4. Capítulo 4: Resultados	103
4.1 Etapa 5. Aplicación del indicador y análisis de información.....	103
4.1.1 Paso 1. Diseño del plan de muestreo	103
4.1.2 Paso 2. Trabajo de campo	109
4.1.3 Paso 3. Análisis de la información	111
4.2 Conclusiones parciales	140
5. Conclusiones finales	142
6. Recomendaciones y futuras líneas de investigación.....	145
7. Bibliografía	217

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1-1: Hilo conductor del marco teórico	10
Figura 1-2: Esquema simplificado de una cadena de abastecimiento.....	11
Figura 1-3: Síntesis de las presiones e iniciativas verdes	15
Figura 1-4: Modelo conceptual de las prácticas GSCM identificadas en la literatura	22
Figura 2-1: Estructura metodológica de la evaluación de desempeño ambiental bajo el enfoque GSCM.....	47
Figura 3-1: Modelo de evaluación causal para las prácticas ambientales.....	82
Figura 3-2: Grupo causa y grupo receptor para las prácticas ambientales.....	88
Figura 3-3: Diagrama causal para prácticas ambientales	89
Finalmente, los resultados obtenidos en la Etapa 3, esto es, las prácticas y sub-prácticas más importantes y los grupos causa y receptor a nivel de prácticas y sub-prácticas ambientales, se resumen en la figura 3-4.	
Figura 3-4: Resumen resultados Etapa 3.....	91
Figura 3-5: Relaciones jerárquicas que componen el indicador	94
Figura 4-1: Valoración del desempeño por práctica ambiental.....	112
Figura 4-2: Valor promedio de desempeño para cada práctica ambiental	113
Figura 4-3: Desempeño ambiental en la cadena de abastecimiento	131

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1-1: Definiciones del GSCM.....	18
Tabla 1-2: Métodos e indicadores basados en el ACV	32
Tabla 1-3: Revisión Literatura sobre indicadores para el GSCM.....	39
Tabla 2-1: Variables propuestas para medir el coeficiente de conocimiento de los posibles expertos.	54
Tabla 2-2: Patrón de puntuaciones asignadas a las fuentes de argumentación declaradas por el experto.....	54
Tabla 3-1: Operacionalización de las prácticas ambientales.....	72
Tabla 3-2: Escala de Likert propuesta para la encuesta	72
Tabla 3-3: Coeficiente alfa de Cronbach para el instrumento utilizado.....	73
Tabla 3-4: Perfil requerido de expertos.....	75
Tabla 3-5: Perfil de expertos.....	77
Tabla 3-6: Resultados obtenidos de Kc para cada experto preseleccionado	79
Tabla 3-7: Resultados obtenidos de Ka para cada experto preseleccionado	80
Tabla 3-8: Resultados obtenidos de K para cada experto preseleccionado.....	80
Tabla 3-9: Matriz de relaciones directas (A) para prácticas ambientales	83
Tabla 3-10: Matriz de relaciones directas normalizada (D) para prácticas ambientales ..	84
Tabla 3-11: Matriz de relación total (T) para prácticas ambientales	85
Tabla 3-12: Ponderación y análisis de influencias causales para prácticas ambientales	86
Tabla 3-13: Importancia y pesos de las prácticas ambientales	87
Tabla 3-14: Resumen resultados sub-prácticas ambientales.....	90
Tabla 3-15: Resumen indicadores, subindicadores, pesos, grupos causa y receptor, símbolo j	96
Tabla 3-16: Calificación según el valor de I_{GSCM}	100
Tabla 4-1: Empresas por región y por tamaño	104
Tabla 4-2: Muestra probabilística estratificada empresas manufactureras.....	106
Tabla 4-3: Muestra probabilística estratificada empresas manufactureras de Caldas ...	107
Tabla 4-4: Muestra probabilística estratificada empresas manufactureras de Risaralda	107
Tabla 4-5: Muestra probabilística estratificada empresas manufactureras del Quindío.	108
Tabla 4-6: Muestra probabilística estratificada empresas manufactureras del Norte del valle	109
Tabla 4-7: Encuestas obtenidas en el trabajo de campo	109

Tabla 4-8: Perfil de empresas encuestadas	110
Tabla 4-9: Valoración del desempeño por práctica ambiental	111
Tabla 4-10: Promedio de valoración desempeño	113
Tabla 4-11: Valoración del desempeño de las sub-prácticas de la Gestión ambiental interna	116
Tabla 4-12: Valoración del desempeño de las sub-prácticas del ecodiseño	117
Tabla 4-13: Valoración del desempeño de las sub-prácticas de la colaboración ambiental	118
Tabla 4-14: Valoración del desempeño de las sub-prácticas de las compras verdes ...	119
Tabla 4-15: Valoración del desempeño de las sub-prácticas de la Manufactura verde..	121
Tabla 4-16: Valoración del desempeño de las sub-práctica de la distribución verde.....	122
Tabla 4-17: Valoración del desempeño de las sub-prácticas del marketing verde.....	124
Tabla 4-18: Valoración del desempeño de las sub-prácticas de la logística inversa.....	125
Tabla 4-19: Valoración del desempeño de las sub-prácticas de los recursos humanos verdes	127
Tabla 4-20: Valoración del desempeño de las sub-prácticas de los sistemas y tecnologías de la información verde	128
Tabla 4-21: Resultados muestrales del indicador de desempeño ambiental (I_{GSCM})	129
Tabla 4-22: Prueba de Kruskal-Wallis para diferencia entre desempeño ambiental de las 4 regiones	132
Tabla 4-23: Prueba U de Mann-Whitney para diferencia en el indicador de desempeño entre empresas grandes y medianas.....	133
Tabla 4-24: Prueba U de Mann-Whitney para diferencia en el indicador de desempeño entre empresas grandes y medianas para las 4 regiones.....	134
Tabla 4-25: Prueba U de Mann-Whitney para diferencias entre desempeño de las prácticas ambientales entre empresas grandes y medianas.....	135
Tabla 4-26: Prueba de Kruskal-Wallis para diferencia entre desempeño ambiental de las 16 sectores industriales.....	136
Tabla 4-27: Prueba U de Mann-Whitney para diferencia en el indicador de desempeño según el mercado objetivo.....	137
Tabla 4-28: Prueba U de Mann-Whitney para diferencia en el indicador de desempeño según mercado objetivo para las 4 regiones	139

Lista de Símbolos y abreviaturas

Abreviaturas

Abreviatura	Término
SCM	Gestión de cadenas de abastecimiento
GSCM	Gestión de cadenas de abastecimiento verde
WOS	Web of Science
GAI	Gestión ambiental interna
ED	Ecodiseño
CA	Colaboración ambiental
CV	Compras verdes
MV	Manufactura verde
DV	Distribución verde
MKV	Marketing verde
LI	Logística inversa
RHV	Recursos humanos verde
STIV	Sistemas y tecnologías de la información verde
I _{GSCM}	Indicador de desempeño ambiental
D	Desempeño

Símbolos con letras griegas

Símbolo	Término	Definición
α	Alpha de Cronbach	Ver formula -

Introducción

Como resultado del desarrollo económico mundial y los altos niveles de industrialización, los problemas del deterioro ambiental que enfrenta cada país crecen a diario y están poniendo en peligro, en gran medida, el entorno natural. Para dar respuesta a esta situación, han surgido diferentes iniciativas ambientales, entre las cuales se resalta la gestión de cadenas de abastecimiento verde (GSCM), la cual ofrece la oportunidad a las empresas para que alineen sus operaciones de acuerdo con los objetivos medioambientales y de sostenibilidad.

La gestión de cadenas de abastecimiento verde, según Srivastava (2007), se puede definir como:

“Integración del pensamiento medioambiental en la gestión de la cadena de abastecimiento, incluyendo el diseño del producto, la selección y el suministro de materiales, los procesos de fabricación, la entrega del producto final a los consumidores y el manejo del producto al final de su vida útil ”. (p.55).

En concordancia con lo anterior, Ferreira *et al.* (2016) afirman que para cualquier actividad que tenga implicaciones estratégicas, como la gestión de la cadena de abastecimiento, es esencial realizar mediciones de desempeño. Dörnhöfer y Günthner (2017) agregan que los sistemas de medición apropiadamente diseñados y aplicados pueden conducir a un mejor desempeño de la cadena de suministro, reducir las incertidumbres, mejorar la transparencia y servir como herramienta de evaluación comparativa.

El desempeño ambiental, según Dubbey *et al.* (2015, p.125), se puede definir como *“la relación entre la organización y el medio ambiente e incluye los efectos ambientales de los recursos consumidos, los impactos ambientales del proceso de organización, las implicaciones ambientales de sus productos y servicios, la recuperación y procesamiento de los productos y el cumplimiento de los requisitos legales ambientales”.*

En relación con lo anterior, Galeazzo *et al.* (2014) plantean que desde el contexto de la visión basada en los recursos naturales (Natural Resource Based View, NRBV), el desempeño ambiental es el resultado de la aplicación de las prácticas verdes. De esta forma, varios estudios han proporcionado evidencia empírica del efecto positivo en el desempeño ambiental de las empresas manufactureras como resultado del nivel de implementación de las prácticas que hacen parte del enfoque GSCM y de la inversión a favor del medio ambiente (Zhu y Sarkis, 2004; Green *et al.*, 2012a; Hajmohammad *et al.*, 2013; Galeazzo *et al.*, 2014; Govindan *et al.*, 2015).

Sin embargo, aunque se han publicado muchos artículos sobre la medición del desempeño ambiental, éstos se han centrado principalmente en proponer métricas para cada práctica ambiental, en lugar de abordar el desarrollo de una métrica integral que las abarque a todas. Al respecto, Olugu *et al.* (2011, p.568) plantean lo siguiente: "*Muchas organizaciones han fracasado en la gestión de la cadena de suministro verde debido a su incapacidad para desarrollar las medidas de rendimiento y métricas necesarias para la integración de la cadena de suministro completa y la medición de su desempeño*".

Con la intención de contribuir al campo de estudio y como punto de partida de la presente investigación, se empleó una estrategia para identificar la literatura en el área de la gestión de cadenas de abastecimiento verde, usando dos procesos de revisión sistemática, que permitieron establecer el vacío de conocimiento que motivó el desarrollo de la presente investigación.

La primera revisión de la literatura estuvo orientada a reconocer algunas tendencias en el campo de estudio por medio de la ecuación ("*Green supply chain management*" OR "*Green supply*") AND ("*Manufacturing*" OR "*industry*") aplicada a las herramientas bibliográficas Web of Science, Scopus, Tree of Science y bases de datos como Emerald, Science Direct, Springer, Academic research, Emerald y Taylor & Francis. A partir ésta búsqueda, se encontraron 319 artículos de los cuales 150 fueron pertinentes desde el año 1999 hasta el 2017. Entre las principales tendencias identificadas, se pueden resaltar la medición de la relación entre los diferentes componentes de dicho enfoque; es decir, el análisis de las relaciones entre las presiones o motivos que llevan a las empresas implementar el enfoque GSCM, las prácticas ambientales y los diferentes tipos de desempeño, ya sea ambiental, económico, operacional, organizacional y social. Así

mismo, se identificaron las 10 prácticas ambientales que conforman el enfoque GSCM, los diferentes modelos existentes en la literatura para su conceptualización y las metodologías reconocidas mundialmente para la evaluación del desempeño ambiental desde dicho enfoque.

Después, dado el propósito de estudiar la medición del desempeño ambiental a partir la implementación de las prácticas ambientales, se realizó una segunda revisión sistemática de literatura con la ecuación de búsqueda ("*Green supply chain management*" OR "*Green supply*") AND ("*Manufacturing*" OR "*industry*") AND ("*Performance*") aplicada a las herramientas bibliográficas Web of Science, Scopus, Tree of Science y bases de datos como Emerald, Science Direct, Springer, Academic research, Emerald y Taylor & Francis. Con ésta ecuación, se encontraron 113 artículos de los cuales 45 eran pertinentes puesto que no sólo tenían en cuenta las prácticas ambientales del enfoque GSCM, sino que además, proponían o utilizaban diferentes métodos, metodologías, indicadores y otras herramientas para medir el desempeño ambiental. Entre las principales tendencias detectadas, se puede mencionar la aplicación de métodos para la selección de mejores prácticas ambientales de acuerdo a los objetivos de desempeño perseguidos por las empresas. Finalmente, de los 45 artículos evaluados, sólo 8 proponían un indicador de desempeño ambiental, pero ninguno integraba las 10 prácticas ambientales identificadas ni sus relaciones causales.

Los hallazgos de la revisión de literatura permitieron determinar la existencia de un vacío de conocimiento en el campo de estudio, relacionado con la ausencia de un indicador de desempeño ambiental que integrara las 10 prácticas ambientales que conforman el enfoque GSCM y sus sub-prácticas y, así mismo, que tuviera en cuenta las relaciones causales entre éstas. Del vacío de conocimiento identificado, se formuló la siguiente pregunta general de investigación:

¿Cómo deben ser integradas el conjunto de prácticas y sub-prácticas ambientales para la construcción de un indicador ambiental que, desde el enfoque GSCM, permita medir el desempeño ambiental de la cadena de abastecimiento?

La pregunta general de investigación se sistematizó por medio de cuatro sub-preguntas de investigación, así:

- 1) Desde el enfoque del GSCM ¿Cuáles son las prácticas y sub-prácticas ambientales que deben ser incorporadas en el diseño del indicador de desempeño ambiental?
- 2) ¿Cómo deben diseñarse las escalas de medición que se deben considerar en la valoración de las prácticas ambientales?
- 3) ¿Cómo se debe diseñar un indicador de corte multicriterio que permita valorar el desempeño ambiental de las empresas manufactureras?
- 4) ¿Cuáles son las fortalezas y debilidades en torno al desempeño de las empresas del Eje Cafetero colombiano en las prácticas y sub-prácticas verdes que componen el enfoque GSCM?

Dado que la presente investigación es de tipo descriptivo y no experimental, puesto que la finalidad consiste en diseñar y aplicar un indicador construido a partir de un conjunto de prácticas y sub-prácticas ambientales para medir el desempeño ambiental en las empresas manufactureras, no fue necesario el planteamiento de una hipótesis de investigación. Al respecto, Sampieri *et al.* (2010, p.80) plantean que *“Los estudios descriptivos únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren; luego, su objetivo no es indicar cómo se relacionan dichas variables”*.

En respuesta a la pregunta de investigación, el objetivo general fue el siguiente:

“Diseñar y aplicar un indicador que integre las prácticas y sub-prácticas del enfoque GSCM para medir el desempeño ambiental de la cadena de abastecimiento”.

Tal objetivo fue desarrollado a partir del cumplimiento de los siguientes objetivos específicos:

- 1) Realizar una revisión de la literatura que permita identificar los aspectos relevantes que deben ser incorporados en el diseño de un indicador de desempeño ambiental bajo el enfoque GSCM.
- 2) Aplicar un método de expertos para validar las variables y escalas a utilizar, con el fin de obtener un indicador de desempeño ambiental para las empresas manufactureras.

- 3) Diseñar un indicador de corte multicriterio para la valoración del desempeño ambiental de las empresas manufactureras.
- 4) Validar el indicador de desempeño ambiental en una muestra representativa de empresas manufactureras de la región del Eje Cafetero.

Para lograr el objetivo de la investigación, se diseñó una propuesta metodológica de 5 etapas. En ella, se operacionalizaron las prácticas y sub-prácticas ambientales identificadas en la revisión de literatura y se realizó la prueba piloto para validar el instrumento de recolección de datos; luego, se realizó la selección de expertos, quienes evaluaron tanto las relaciones causales entre el conjunto de prácticas ambientales como entre sus respectivas sub-prácticas y, así mismo, realizaron la ponderación de éstas. Tanto las relaciones causales como la ponderación de las prácticas y sub-prácticas ambientales fueron el insumo para el diseño de indicador de desempeño ambiental, el cual finalmente se validó en 116 empresas manufactureras de la región cafetera del país para sus respectivos análisis.

Por medio de la metodología propuesta se obtuvieron como resultados más relevantes los siguientes:

- i. La construcción del indicador ambiental desde el enfoque GSCM para medir el desempeño verde en las cadenas de abastecimiento.
- ii. La identificación de las 10 prácticas ambientales que conforman el enfoque GSCM y 46 sub-prácticas asociadas a éstas.
- iii. El conjunto de las prácticas causa que más influyen en el desempeño ambiental de una empresa y en el desempeño de otras prácticas ambientales que conforman el grupo receptor.
- iv. El nivel de desempeño global de las empresas manufactureras de la región del Eje Cafetero, desde el enfoque GSCM.
- v. Las prácticas y sub-prácticas ambientales con mayor nivel de implementación en las empresas manufactureras de la Región del Eje Cafetero, así como las prácticas y sub-prácticas ambientales con el nivel más bajo de implementación.
- vi. Las relaciones entre el desempeño ambiental medido desde el indicador y factores específicos como la región geográfica, el tamaño de las empresas, el subsector industrial y el mercado objetivo.

Es importante mencionar que la realización de la presente tesis es de pertinencia académica, básicamente por dos razones; primero, aborda un vacío en el conocimiento, identificado a partir de dos procesos de revisión sistemática de literatura. Segundo, como lo afirman Liang *et al.* (2006) y Wong *et al.* (2015), la medición del desempeño ambiental de la cadena de abastecimiento verde ha sido identificada como un paso importante hacia su gestión eficaz y eficiente, así como para controlar el esfuerzo de las organizaciones en el logro de un desarrollo sostenible en todos los niveles. Por lo tanto, existe la necesidad de establecer indicadores adecuados para la valoración del desempeño ambiental de las empresas, asunto que ha sido abordado en la presente tesis.

Por su parte, además de ser una investigación oportuna desde el punto de vista académico, esta tesis es de utilidad desde el punto de vista práctico, en el sentido que aporta un instrumento de medición a las empresas que estén interesadas en evaluar y mejorar su desempeño ambiental desde una perspectiva de cadena de abastecimiento. En particular, la medición del desempeño ambiental no sólo es un componente esencial en la planificación empresarial exitosa, sino que además, permite a las empresas mejorar su entorno de negocios, contribuir al fortalecimiento de sus cadenas de valor y aumentar la innovación de sus productos y/o servicios.

Para finalizar, cabe mencionar que los resultados obtenidos en la presente investigación pueden ser destacados a partir de los siguientes valores:

- 1) Valor teórico: En esta tesis se propone un indicador de desempeño ambiental compuesto por las prácticas y sub-prácticas ambientales identificadas en la literatura, las cuales conforman el enfoque GSCM. Dicho indicador fue diseñado a partir de la ponderación de las prácticas y sub-prácticas, así como la determinación de las relaciones causales entre éstas, a partir de la aplicación del método DEMATEL. La identificación de las prácticas y sub-prácticas ambientales, el estudio de sus relaciones causales, derivado de la aplicación del Método DEMATEL y, los propios hallazgos empíricos representan una contribución teórica al campo de estudio.
- 2) Valor metodológico: La presente tesis aporta una novedosa metodología para la construcción y aplicación del indicador de desempeño ambiental propuesto, que

combina diferentes herramientas para cumplir con el objetivo de la investigación; entre tales herramientas, se combina el uso de métodos de expertos, técnicas multicriterio, métodos estadísticos, entre otros, que bien pueden servir de guía para nuevas investigaciones orientadas al diseño de indicadores de desempeño en diversos campos.

- 3) Valor práctico: A partir de la aplicación del indicador en las empresas manufactureras grandes y medianas de la región del Eje Cafetero, donde se validaron las contribuciones de esta tesis, se pudo observar que el nivel de desempeño ambiental de las empresas estudiadas, no sólo a nivel global sino a nivel de las prácticas ambientales, alcanzan los resultados esperados. De esta forma, el indicador de desempeño ambiental puede ser utilizado como una herramienta de evaluación e identificación de fuentes de mejora, no sólo a nivel de empresas y sus cadenas de abastecimiento, sino a nivel sectorial y regional.

Entre los productos tangibles más relevantes que se derivaron de la presente investigación, se declaran los siguientes:

- Una ponencia internacional intitulada “*Environmental performance in supply chains: an empirical study in Colombian manufacturing companies*”, presentada en el 24th EUROMA Conference – Inspiring Operations Management (Julio de 2017, Edimburgo).
- Un proyecto de investigación intitolado “*Desempeño ambiental en cadenas de abastecimiento: un estudio empírico en empresas manufactureras del eje cafetero*” (Código Hermes 34802), financiado por la Dirección de Investigaciones (DIMA).
- Una ponencia nacional intitulada “*Un modelo conceptual para la adopción de las prácticas ambientales desde el enfoque GSCM*”, presentada en el Tercer Congreso Internacional de Industria y Organizaciones CIIO 2016 (Agosto de 2016, Cali).
- Una ponencia nacional intitulada “*Una conceptualización de la adopción de las prácticas ambientales desde el enfoque GSCM*”, presentada en el III Coloquio de Investigación en posgrados de Ingeniería Industrial. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales (Octubre de 2016, Manizales).
- Un capítulo de libro intitolado “*Green Supply Chains*” enviado para publicación, con financiación del proyecto de investigación Colciencias 11197155172.

- Un artículo de investigación “*GSCM index to asses the enviromental performace in manufacturing companies*”, enviado para publicación al Journal of Cleaner Production.

Para su presentación, la presente tesis de maestría se ha estructurado en seis capítulos, así:

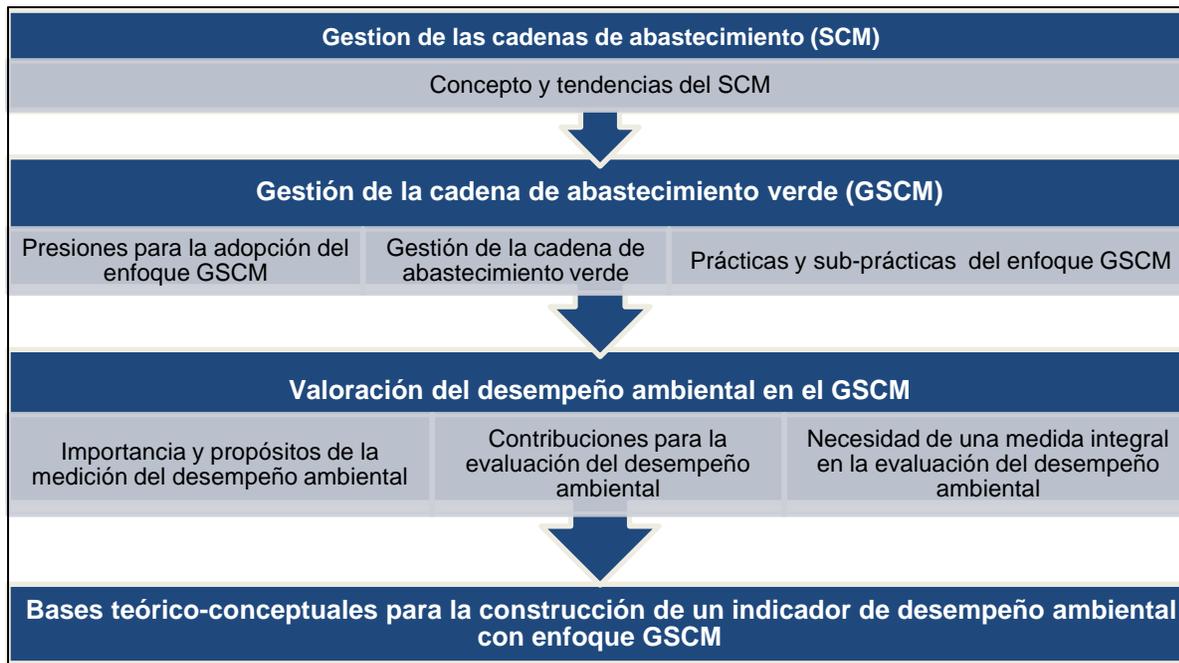
En el capítulo 1 se aborda la gestión de la cadena de abastecimiento verde como campo de estudio; allí se exponen los antecedentes en el área, los principales aspectos conceptuales, las tendencias de investigación en el campo y la identificación del vacío de conocimiento. En el capítulo 2 se expone la propuesta metodológica para alcanzar el objetivo de investigación. Seguidamente, en el capítulo 3 se presenta la construcción del indicador de desempeño ambiental. En el capítulo 4 se presentan los resultados obtenidos al aplicar el indicador de desempeño ambiental. Finalmente, se presentan las conclusiones del trabajo investigativo, se sugieren recomendaciones y futuras líneas de investigación y se adicionan los anexos citados en el cuerpo del documento y la lista de referencias consultadas.

1. Marco teórico de la investigación

La estructura del marco teórico de la presente investigación se expone en el hilo conductor de la figura 1-1. Este se ha centrado en el análisis de tres componentes principales: la gestión de cadenas de abastecimiento, el enfoque GSCM (Green Supply Chain Management) y la valoración del desempeño ambiental bajo dicho enfoque, centrado en los indicadores de desempeño ambiental.

El primer tema aborda el concepto de gestión de cadenas de abastecimiento (Supply Chain Management, SCM), su evolución y sus tendencias; entre éstas, la introducción de la iniciativa verde. El segundo tema, identifica las presiones que conducen a las empresas hacia la adopción del enfoque GSCM, seguido de su definición y las prácticas y sub-prácticas que lo conforman. La tercera sección del capítulo se enfoca en los aspectos relevantes relacionados con la necesidad de evaluar el desempeño ambiental en las empresas, incluyendo conceptos, propósitos e importancia, metodologías, herramientas e indicadores identificados en el estado del arte; igualmente, se identifican las ventajas y limitaciones, características y requerimientos que debe tener una medida integral y, la necesidad de un indicador para valorar el desempeño ambiental en las cadenas de abastecimiento verde.

Figura 1-1: Hilo conductor del marco teórico



Fuente: Elaboración propia

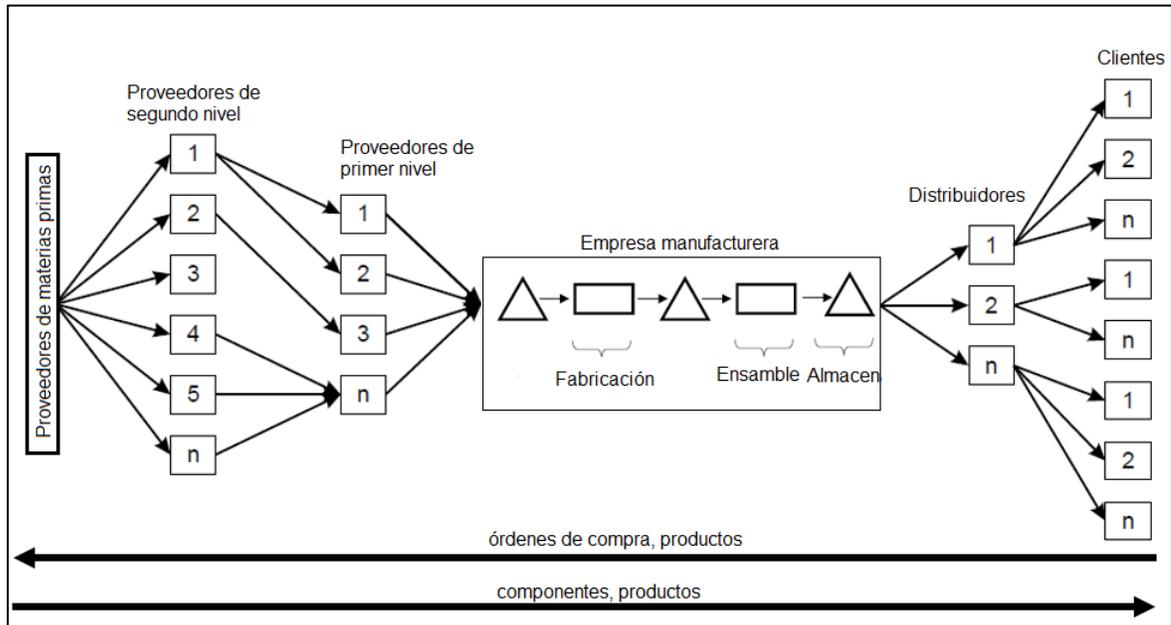
1.1 Gestión de cadenas de abastecimiento (SCM)

El concepto de Gestión de Cadenas de Abastecimiento (Supply Chain Management, SCM) nació y trajo una nueva faceta a la gestión empresarial en los años ochenta (Luque y López, 2009). Así, la SCM surgió como resultado del reconocimiento de que la creciente dependencia de las relaciones, colaboraciones e intercambio de información con los socios de la cadena de abastecimiento (Gunasekaran *et al.*, 2008; Zhu *et al.*, 2012), era necesaria para generar una mayor competitividad, rentabilidad, eficiencia y valor agregado para el cliente actuando como cadenas de cooperación, en lugar de hacerlo como organizaciones independientes con objetivos individuales (Koufteros *et al.*, 2007).

En aproximación a Hervani *et al.* (2005) y Kumar *et al.* (2015), SCM se define como la planeación, coordinación y gestión de una compleja red de actividades y actores involucrados en la entrega de un producto terminado al usuario final. Es una función vital del negocio y el proceso incluye, como lo afirma el Council of Supply Chain Management Professionals (2007), actividades de compra de materias primas, fabricación y ensamblaje de productos, almacenamiento, seguimiento de inventario, entrada y seguimiento de

pedidos, distribución a través de los diversos canales y entrega final al cliente (Ver figura 1-2).

Figura 1-2: Esquema simplificado de una cadena de abastecimiento.



Fuente: Elaboración propia a partir de los aportes de Chopra y Meindl (2001) y Hervani et al. (2005)

En la actualidad, el concepto SCM ha evolucionado al punto de centrar más la atención a la interdependencia de las relaciones entre los diferentes actores y sus funciones en una perspectiva global más amplia, debido a los avances tecnológicos, la globalización, los nuevos paradigmas de coordinación y el desarrollo de una fuerza de trabajo altamente capacitada que permite a los empleados asumir la responsabilidad y la autoridad para tomar decisiones y medidas rápidas para coordinar la cadena de suministro (Lee *et al.*, 2012). Esta posición, es apoyada por Sarache *et al.* (2015,p.208), quienes afirman que “*El concepto SCM ha sido el resultado de un proceso de evolución que parte desde las primeras concepciones sobre la logística limitada a un problema de gestión de materiales, hasta la concepción moderna que promueve la integración total de los actores, procesos y actividades de la cadena*”.

En concordancia con lo anteriormente expuesto, la evolución del concepto SCM ha traído consigo la aparición de nuevos enfoques y/o tendencias, tales como las iniciativas verdes, sostenibles, limpias y esbeltas (Bunse *et al.*, 2011; Sarache *et al.*, 2015). Respecto a las primeras, tema de interés en este trabajo, Eltayeb *et al.* (2011) plantea que la SCM se basa

en un paradigma de producción lineal, que comprende la entrada constante de los recursos naturales vírgenes y capacidad ambiental ilimitada para la asimilación de los desechos. Esto es soportado por Govindan *et al.* (2015) y Nie (2016) quienes afirman que la gestión de la cadena de suministro tradicional se ha centrado principalmente en la maximización de los beneficios empresariales y la disminución de los costos, sin tener en cuenta los residuos de los productos, la escasez de recursos naturales y las emisiones atmosféricas, producto de sus actividades industriales.

1.2 Gestión de la cadena de abastecimiento verde (GSCM)

1.2.1 Presiones para la adopción del enfoque verde

Como resultado del desarrollo económico mundial y los altos niveles de industrialización, los problemas del deterioro ambiental que enfrenta cada país crecen a diario y están poniendo en peligro, en gran medida, el entorno natural. Así, los desafíos ambientales, como el calentamiento global, el agotamiento de la capa de ozono, el aumento de los niveles de contaminación del aire y el agua, la lluvia ácida, la escasez de los recursos naturales, el desbordamiento de los sitios de desechos, entre otros, han atraído cada vez más la atención de las organizaciones y gobiernos en todo el mundo (Srivastava, 2007; Shen *et al.*, 2013; Hsu *et al.*, 2014).

En respuesta a esta situación, se han venido estableciendo reglamentos, normas y políticas ambientales a nivel mundial para proteger los recursos limitados, tales como las certificaciones ISO 14001, ISO 14031, la Directiva de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (Waste Electrical and Electronic Equipment, WEEE), y RoHS (Restriction of Hazardous Substances), entre otros (Lin *et al.*, 2013). Sin embargo, como lo afirman Zhu *et al.* (2012) y Sarache *et al.* (2015), la principal fuente de éste desequilibrio en el ecosistema se ha atribuido al sector industrial. De acuerdo con un informe publicado por El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, 2011), el sector industrial consume el 35 % de la electricidad en el mundo y es responsable de 20 % de las emisiones CO₂, lo cual, es perjudicial para toda la vida en la tierra.

Por las consideraciones anteriores, las empresas manufactureras se han visto sujetas a presiones y grupos de interés que las han llevado a adoptar diferentes iniciativas ambientales (Tate *et al.*, 2014; Zhu *et al.*, 2013). Según, Testa e Iraldo (2010), estas presiones se clasifican en presiones externas e internas. Con respecto a las presiones externas, Sarkis *et al.* (2011) y Hoejmoose *et al.* (2014), sugieren abordarlas desde la teoría institucional propuesta por Di Maggio y Powell (1983). De acuerdo con esta teoría, la acción de la organización tiende a reflejar un patrón de hacer las cosas que se convierte en legítimo dentro de ésta y su entorno. Así, cada empresa está incrustada en su propio entorno institucional que consiste en estructuras, sistemas, prácticas y relaciones establecidas con el tiempo (Hsu *et al.*, 2014). Luego, las decisiones e iniciativas de gestión del medio ambiente pueden estar influidas por tres presiones institucionales: normativa, coercitiva y mimética (Di Maggio y Powell, 1983).

Las presiones coercitivas, tales como las regulaciones impuestas por el gobierno y otros organismos reguladores, pueden obligar a las empresas a asumir comportamientos específicos a través de una combinación de imposición e incitación (Tate *et al.*, 2014; Jayaram y Avittathur, 2015). Testa e Iraldo (2010), afirman que estas presiones surgen de las amenazas de sanciones y multas por incumplimiento o de los requisitos de divulgar públicamente la información relacionada al impacto ambiental de la organización. Así mismo, Zhu y Sarkis (2006) y Lin (2013) añaden que las reglamentaciones nacionales, así como los acuerdos internacionales, alientan y refuerzan las organizaciones a ser más conscientes del medio ambiente y de aplicar las prácticas ambientales.

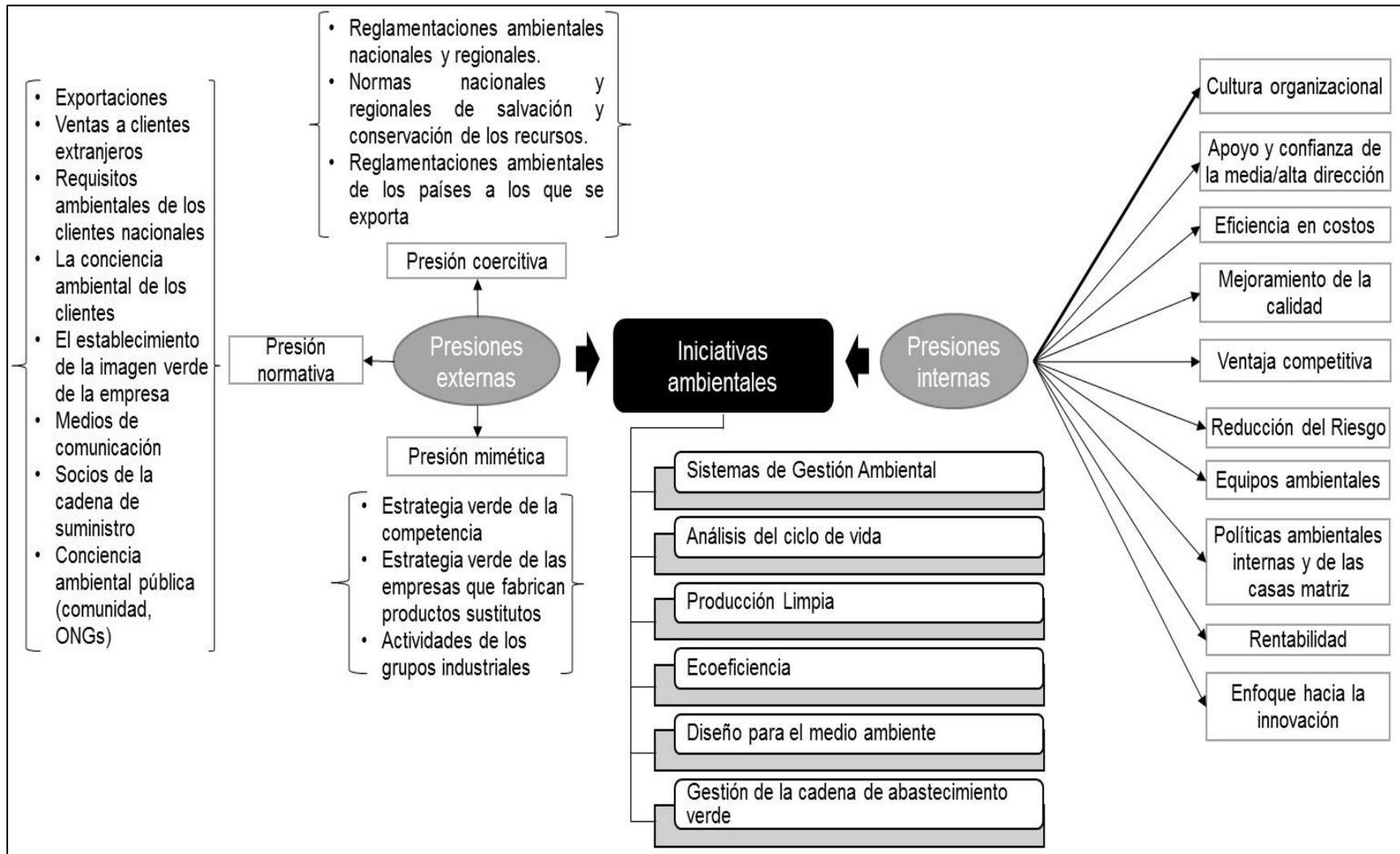
Por su parte, las presiones normativas son las generadas por grupos externos que tienen un interés directo o indirecto en la organización y hacen que las empresas se ajusten a las preocupaciones de legitimidad social en sus prácticas organizacionales (Zhu *et al.*, 2007; Zhu *et al.*, 2013). Esta perspectiva, es ratificada por Liu *et al.* (2012, p.4) quienes afirman lo siguiente: “*Se ha indicado que las comunidades tienen la capacidad de influir en la reputación social de una empresa*”. Por ejemplo, los requisitos y conciencia ambiental de los clientes nacionales y extranjeros (Zhu *et al.*, 2005) y las exigencias del mercado (normas sociales) (Zhu *et al.*, 2013). Éstas, como lo afirman Tate *et al.* (2014), surgen debido a la norma de conducta y valores que las instituciones académicas y otras asociaciones de la industria promueven.

Las presiones miméticas se producen cuando no hay un curso de acción claro o hay incertidumbre acerca de lo que constituyen prácticas eficientes y eficaces, por lo que los líderes de la organización a menudo optan por imitar las acciones de sus competidores exitosos (Di Maggio y Powell, 1983; Tate *et al.*, 2014); en las operaciones de fabricación, tal acción se define típicamente como benchmarking competitivo (Zhu *et al.*, 2013). Tate *et al.* (2014) y Luo *et al.* (2014) coinciden en señalar que las empresas son más propensas a adoptar prácticas ambientales si otras empresas con características similares también las adoptan. Investigaciones empíricas recientes han examinado la medida en que las empresas implementan actividades de gestión ambiental en respuesta a los esfuerzos de sus rivales o como acciones de imitación (Hofer *et al.*, 2012; Zhu *et al.*, 2012b; Dai *et al.*, 2014).

Por otro lado, diversos autores tales como Holt y Ghobadian (2009) y Tatoglu *et al.* (2015), hacen hincapié en que las presiones internas de las empresas también impulsan la adopción de prácticas ambientales; así, *“...limitar el análisis sólo a las presiones institucionales no permite una comprensión completa de por qué las organizaciones que operan en el mismo contexto (mercado o sector) persiguen diferentes estrategias a pesar de experimentar presiones institucionales similares; luego, puede haber motivaciones estratégicas que animen a los gerentes a adoptar acciones ambientales”* (Testa e Iraldo, 2010, p.954). De igual forma, Liu *et al.* (2012) añaden que los factores internos de una empresa pueden ser vistos como variables intermedias para ajustar la influencia de presiones externas.

Algunas de las presiones internas incluyen el apoyo y el compromiso de la alta y media dirección hacia la iniciativas ambientales (Tatoglu *et al.*, 2015), la percepción de un posible riesgo y entornos de negocio inciertos (Zhu *et al.*, 2008; Luo *et al.*, 2014), una cultura organizacional comprometida con el medio ambiente y políticas ambientales internas (Aital y Vijai, 2015), políticas de las multinacionales (Zhu y Sarkis, 2006), disminución de costos por la compra de materiales, consumo de energía y multas por accidentes ambientales (Zhu y Sarkis, 2004), rentabilidad y enfoque hacia la innovación (Aital, y Vijai, 2015), mejoramiento de la calidad y el logro de una ventaja competitiva en el mercado (Bansal y Roth, 2000). En la figura 1-3 se resumen las presiones internas y externas identificadas en los apartados anteriores.

Figura 1-3: Síntesis de las presiones e iniciativas verdes



Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión del estado del arte

Como se observa en la figura 1-3, las presiones a nivel mundial, regional y local para reducir el impacto medioambiental de los productos y servicios (Zhu *et al.*, 2005) y la constante búsqueda de ventajas competitivas como estrategia al interior de las organizaciones, pueden tener distintas consecuencias y diversas fuentes de motivación para tomar la decisión de invertir tiempo y capital en la implementación de diferentes iniciativas ambientales (González-Benito y González-Benito, 2006). Según Shen *et al.* (2013) y Falatoonitoosi *et al.* (2014), éstas iniciativas se pueden clasificar en seis niveles: 1-) Cumplimiento reactivo limitándose sólo a la legislación vigente, 2-) Sistemas de gestión ambiental como la ISO 14001 y la gestión ambiental de la calidad total (Total quality environmental management, TQEM), 3-) Minimización de residuos y producción más limpia, 4-) Ecoeficiencia, 5-) Diseño para el medio ambiente y, 6-) Gestión de la cadena de abastecimiento verde.

1.2.2 Gestión de la cadena de abastecimiento verde (GSCM)

La aparición del concepto de la gestión de la cadena de abastecimiento verde (Green Supply Chain Management, GSCM) es una de las tendencias detectadas en el estado del arte más significativas en la última década, puesto que no sólo ofrece la oportunidad a las empresas para que alineen sus operaciones de acuerdo con los objetivos medioambientales y de sostenibilidad (Falatoonitoosi *et al.*, 2014), sino que así mismo se ha convertido en una práctica comercial y en una opción estratégica organizacional (Mafini y Muposhi, 2017).

Hart (1995) y Kannan *et al.* (2014), coinciden en señalar que los primeros conceptos relacionados con el GSCM, surgieron principalmente de la necesidad de las empresas para hacer frente a los retos medioambientales significativos que no sólo se pueden tratar con recursos propios, sino que requieren la participación de otros actores de la cadena de abastecimiento que son co-responsables de su generación; de ahí que el enfoque GSCM tenga sus raíces en la orientación de la gestión ambiental hacia las operaciones “aguas arriba” y “aguas abajo” (Shen *et al.*, 2013; Kumar *et al.*, 2015). Los anteriores planteamientos, se pueden resumir con el aporte de Azevedo *et al.* (2013, p.132), quienes mencionan lo siguiente:

“En los últimos años, un enfoque más orientado hacia el exterior ha surgido, cuando una empresa extiende su responsabilidad ambiental más allá de sus límites y trata de reducir las fuentes de residuos y la contaminación a lo largo de toda su cadena de abastecimiento. Esta responsabilidad extendida se produce a través de múltiples organizaciones, aguas arriba y aguas abajo, y toma el nombre de gestión de la cadena de abastecimiento verde”

En concordancia con lo anterior, bajo un enfoque GSCM se asume total responsabilidad con respecto al conjunto de actividades que abarcan todo el ciclo de vida del producto desde el diseño, aprovisionamiento, fabricación y montaje, embalaje, logística y distribución y, disposición final (Eltayeb *et al.*, 2011). En ésta vía, Srivastava (2007) menciona que algunos ejemplos de los aspectos ambientales que no pueden abordarse plenamente sin la participación activa de los proveedores, distribuidores, clientes y consumidores finales son el uso intensivo de materias primas y recursos naturales, la producción creciente de residuos causados por los bienes de consumo y sus envases, los impactos ambientales del transporte de bienes intermedios y de consumo a sus mercados finales.

En este orden de ideas, el principal propósito del enfoque GSCM, es minimizar el daño ambiental creado por las actividades relacionadas con la cadena de suministro; esto es, desde la extracción o adquisición de materias primas hasta el uso y la eliminación de los productos finales (Beamon, 1999; Hervani *et al.*, 2005). Adicionalmente, diversos autores han recalcado otras ventajas de implementar el GSCM; en 1994, la Confederación de Industrias Británica (CBI) identificó los factores que impulsan la ventaja competitiva a través del desempeño ambiental como las expectativas del mercado, gestión de riesgos, el cumplimiento normativo y la eficiencia del negocio (Zhu *et al.*, 2005). Otros beneficios encontrados en la literatura involucran la eficiencia operativa, el crecimiento de la cuota de mercado, el desempeño financiero, la reducción de costos, el mejoramiento de la imagen corporativa y la mejora de la calidad del producto y del proceso (Rao y Holt, 2005; Zhu y Sarkis, 2006; Mafini y Muposhi, 2017).

Lo anterior, concuerda con Azevedo *et al.*, (2011) y Luthra *et al.* (2015), quienes plantean que las empresas y sus cadenas de abastecimiento deberían adoptar el enfoque GSCM como un generador de valor agregado, integrando las preocupaciones ambientales en su estrategia corporativa con miras a obtener un modelo de negocio sostenible, el

mejoramiento de su imagen verde, el aumento de la competitividad y, un mejor posicionamiento económico en el mercado. Al respecto, Van Hock y Erasmus (2000, p.29), añaden que “*el GSCM se ha convertido para las empresas en un importante nuevo arquetipo para alcanzar los objetivos de rentabilidad y cuota de mercado, mediante la reducción de sus riesgos e impactos ambientales y el aumento de su eficiencia ecológica*”.

Al parecer, no existe un consenso en la literatura sobre la definición del enfoque GSCM, puesto que al igual que el concepto de gestión de la cadena de abastecimiento, su límite depende del objetivo del investigador (Zhu y Sarkis, 2004; Srivastava, 2007); por lo que los autores han definido dicho termino de varias maneras (Shang *et al.*, 2010; Olugu *et al.*, 2011). A partir de la revisión de la literatura, se identificaron varias definiciones y varias prácticas bajo el enfoque GSCM, tal y como se expone en la Tabla 1-1:

Tabla 1-1: Definiciones del GSCM

Autores	Definición GSCM	Prácticas y/o sub-prácticas del enfoque GSCM
Beamon (1999); Olugu <i>et al.</i> (2011); Khor y Udin (2013); Ahi y Searcy (2015) ; Mafini y Muposhi (2017);	Es la extensión de la cadena de abastecimiento tradicional para incluir actividades que tienen como objetivo reducir al mínimo los impactos ambientales de un producto a lo largo de todo su ciclo de vida.	Diseño ecológico, compras verdes, fabricación verde, la conservación de los recursos, la gestión de residuos, la remanufactura, el reciclaje y la reutilización de productos
y Erasmus (2000); Rao y Holt (2005); Zhu y Sarkis (2004); Zhu <i>et al.</i> (2005); Zhu <i>et al.</i> (2008a), Diabat <i>et al.</i> (2013); Govindan <i>et al.</i> (2015)	Nueva filosofía de gestión a través del cual las organizaciones pertenecientes a la cadena de abastecimiento pueden alcanzar sus objetivos económicos y de cuota de mercado al tiempo que reducen los riesgos e impactos ambientales y mejoran su eficiencia ecológica y la de sus socios	Diseño ecológico, compra verde, manufactura verde, el embalaje verde, y logística inversa, gestión ambiental interna, cooperación con los clientes, recuperación de la inversión uso y la reutilización y el reciclado final
Zsidisin y Siferd (2001)	El conjunto de políticas de gestión de la cadena de abastecimiento, las acciones tomadas, y las relaciones formadas en respuesta a las preocupaciones relacionadas con el medio natural	Diseño, adquisición, producción, distribución, uso, reutilización y disposición de los bienes y servicios de la empresa
Hervani <i>et al.</i> (2005)	Adición del componente verde en la gestión de la cadena de abastecimiento, dirigiéndose a la influencia y las relaciones de gestión de la cadena de abastecimiento con el medio ambiente natural.	Compra verde, fabricación verde, gestión de materiales, distribución verde, green marketing y logística inversa para cerrar el bucle.
Sarkis (2006); Chithambaranathan <i>et al.</i> (2015)	El concepto GSCM supone la total responsabilidad de una organización con respecto a sus productos y servicios a partir de la extracción de materias primas hasta el uso y disposición final.	Certificación ISO14000, producción más limpia, sistemas de gestión medioambiental, diseño ecológico, compras verdes, prácticas de comercialización verdes, logística y distribución verde e incluso apoyo a la gestión final de la vida útil de

		productos a través de prácticas de logística inversa.
Vachon y Klassen (2006); Tseng y Chiou (2013); Mirhedayatian et al.(2014)	GSCM se puede definir como la mejora de prácticas ambientales de dos o más organizaciones dentro de la misma cadena de abastecimiento.	Actividades de colaboración y cooperación entre los involucrados, la planificación conjunta de soluciones para reducir el impacto medioambiental de los productos y procesos de producción y, el intercambio de información técnica.
Srivastava (2007); Eltayeb et al. (2011); Kumar et al.(2015)	GSCM es una integración de las preocupaciones ambientales naturales en la gestión de la cadena de abastecimiento mediante la implementación de diversas prácticas verdes	Diseño del producto, análisis del ciclo de vida (LCA por sus siglas en inglés),la obtención y selección de materiales, gestión al final de la vida del producto, 3R (reciclaje, reutilización y refabricación), tecnologías medioambientales y prácticas de colaboración con proveedores, distribuidores y clientes.
Gao et al. (2009); Zhang y Zhiwei (2009)	Es considerado como el modelo de gestión moderna que da cuenta del impacto medioambiental y la eficiencia de los recursos en toda la cadena de abastecimiento.	Se trata de proveedores, fabricantes, ventas y usuarios sobre la base de la teoría de fabricación verde y la tecnología de gestión de la cadena de abastecimiento.
Shang et al. (2010)	GSCM implica flujo de efectivo, flujo de materiales, flujo de información, la integración entre el proveedor, productor, distribuidor y el cliente, la gestión del medio ambiente, la promoción de la eficiencia, mínimo desperdicio y ahorro de costos	Compras verdes, fabricación verde, gestión de materiales, proveedores verdes, el marketing verde, eco-diseño verde y el stock verde.
Naini et al.(2011)	Es una faceta de la cadena de abastecimiento que promueve la reducción, la reutilización y el reciclado de los recursos involucrados tanto en actividades iniciales como finales.	Logística inversa
Govindan et al.(2013)	GSCM es una vista de la gestión ambientalmente sensible que se extiende más allá de las paredes de una empresa. Prevé la adopción de varias prácticas que refuerzan los diferentes eslabones de la cadena de producción (consumidores, proveedores, etc.).	Diseño verde, colaboración ambiental y gestión ambiental interna
Tseng et al. (2016)	Puede definirse como gestión ambiental e intercambio de información técnica con la voluntad mutua de conocer los planes operativos de cada uno y establecer metas para la mejora del medio ambiente	Las auditorías ambientales de los proveedores, las normas ambientales para los proveedores, los procedimientos operacionales estandarizados, departamento y equipos ambientales

Fuente: Elaboración propia con base en los autores referidos

Como se observa en la Tabla 1-1, la mayoría de los autores afirman que el enfoque GSCM se desprende de la idea de que las empresas deben ser más ecológicas, deben integrar las preocupaciones ambientales en sus operaciones, deben vincular a sus socios de la cadena de abastecimiento en las iniciativas verdes y deben adoptar e implementar

prácticas ambientales a lo largo del ciclo de vida del producto para mejorar la relación organizacional-ambiental.

Zhu *et al.* (2012) afirman que el GSCM ha evolucionado desde una perspectiva de cumplimiento, a un concepto integrado inter-organizacional dirigido a mejorar el bienestar ambiental y el desempeño organizacional. Por su parte, Dubey *et al.* (2015) plantean que la relación entre la organización y el medio ambiente afecta el desempeño ambiental; luego, dicha relación incluye los efectos ambientales de los recursos consumidos, los impactos ambientales de los procesos, las implicaciones ambientales de los productos y servicios, la recuperación y procesamiento de los productos y el cumplimiento de los requisitos legales ambientales.

Se puede decir entonces, que el objetivo principal del enfoque GSCM, así como la principal medida de su eficacia, debe ser su capacidad para mejorar el desempeño ambiental de las empresas que lo adoptan y de sus socios (Testa e Iraldo, 2010). De esta forma, para el propósito de ésta tesis, se acoge la definición propuesta por Kumar *et al.* (2015), quienes plantean que el GSCM es la implementación de diversas prácticas ambientales para reducir el impacto ambiental y lograr el mejoramiento del desempeño ambiental de la cadena de abastecimiento.

En este orden de ideas, los estudios basados en el enfoque GSCM van desde el diseño de marcos conceptuales para el GSCM (Beamon, 1999), revisiones teóricas del enfoque GSCM (Srivastava, 2007), estudios empíricos que evalúan las presiones y barreras que influyen en la implementación de las prácticas que conforman el enfoque GSCM (Testa e Iraldo, 2010; Zhu *et al.*, 2013); estudios empíricos que evalúan las relaciones entre las prácticas ambientales y el desempeño ambiental (Zhu y Sarkis, 2004; Mafini y Muposhi (2017)), estudios sobre prácticas específicas (Wang y Pan, 2014; Dubey *et al.*, 2015) y la evaluación del desempeño ambiental (Sellito *et al.*, 2015; Sarache *et al.*, 2015; Azevedo *et al.*, 2016).

1.2.3 Prácticas y sub-prácticas de gestión ambiental

En respuesta a las regulaciones gubernamentales y el aumento de la conciencia pública sobre el efecto de la producción industrial en el medio ambiente, las organizaciones están tomando importantes iniciativas en la transformación de las operaciones que soportan sus cadenas de abastecimiento (Büyüközkan y Çifçi, 2012); dichas iniciativas, como lo afirman Lun (2011) y Govindan *et al.* (2015), se denominan prácticas de gestión ambiental o de gestión verde.

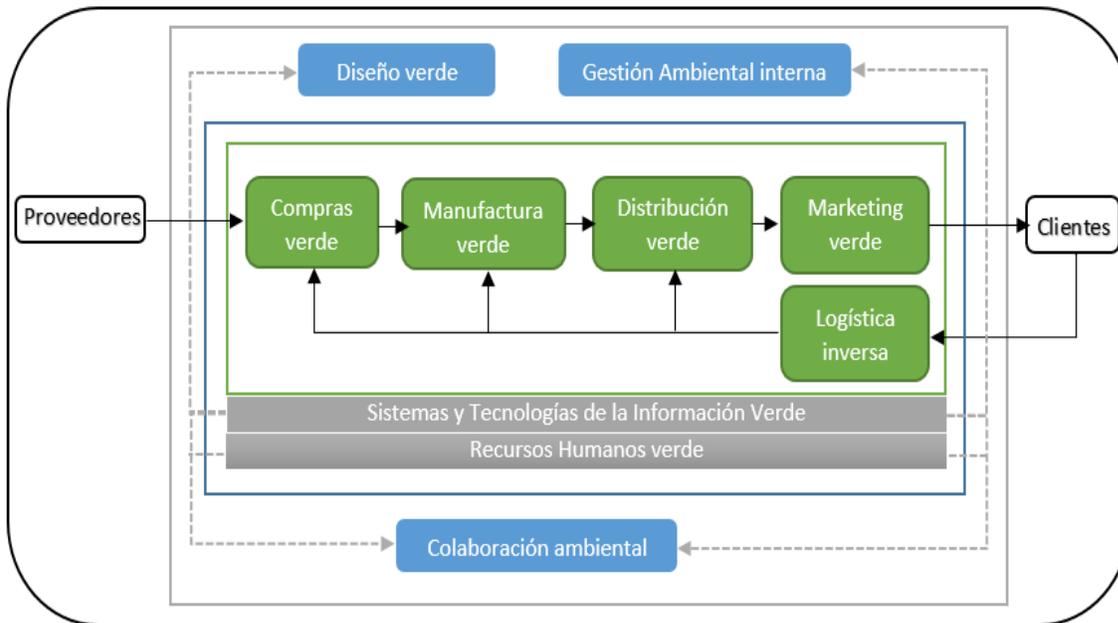
De acuerdo con Mafini y Muposhi (2017), las prácticas del GSCM consisten en la adición de conjunto de procesos verdes de la cadena de valor que corresponden a las áreas funcionales de la organización. Beamon (1999) y Galeazzo *et al.* (2014) añaden que las prácticas verdes se definen como conjunto de técnicas que limitan o reducen los posibles impactos ambientales negativos de los productos y servicios a través de todo su ciclo de vida. Por su parte, Hajmohammad *et al.* (2013), amplían más la definición al plantear que dichas prácticas se definen como el nivel de recursos invertidos en actividades y desarrollo de know-how, que conducen a la reducción de la contaminación en la fuente. Así, las prácticas de gestión ambiental pueden ayudar a las empresas a ajustarse a la normativa ambiental, examinar y mejorar sus operaciones internas y lograr una mayor eficiencia ecológica (Hart, 1995). Además, ayudan a involucrar a los empleados y a movilizar las distintas áreas de una organización para incorporar la gestión ambiental (Govindan *et al.*, 2013) y, finalmente, mejorar su desempeño ambiental (Chithambaranathan *et al.*, 2015).

En la revisión del estado del arte, las prácticas asociadas al enfoque GSCM se han clasificado de diferentes formas. Rao y Holt (2005), Azevedo *et al.* (2013), y Dey y Cheffi (2013) las reúnen en tres grupos principales, operaciones entrantes, de producción y de salida. Büyüközkan y Çifçi (2012) las agrupan en cinco conjuntos principales adicionando la logística inversa y el empaque. Dai *et al.* (2014) y Sellito *et al.* (2015), las asocian dentro de tres constructos, estratégico-táctico-operativo.

En síntesis, en la revisión sistemática de la literatura, se identificaron diez prácticas que conforman el enfoque GSCM; estas son: gestión ambiental interna, diseño verde, colaboración ambiental, compras verdes, manufactura verde, distribución verde, marketing verde, logística inversa, gestión de recursos humanos verde, sistemas y

tecnologías de la información verde. Las anteriores prácticas se conceptualizan en la figura 1-4 y, las sub-prácticas necesarias para su implementación se detallan en el Anexo A.

Figura 1-4: Modelo conceptual de las prácticas GSCM identificadas en la literatura



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 1-4, las prácticas de gestión ambiental se clasifican en tres tipos; primero, las prácticas que conforman la cadena de abastecimiento de cualquier producto, desde las compras y manufactura verde hasta la distribución verde, marketing verde, uso y devolución de productos, componentes y materiales a la planta para su disposición (logística inversa) (González-Benito y González Benito, 2006; Büyüközkan y Çifçi, 2012; Shen *et al.*, 2013). Un segundo tipo incluye aquellas prácticas como el diseño verde, la colaboración ambiental y la gestión ambiental interna, las cuales, según Fraj *et al.* (2013) y Dey y Cheffi (2013), no son fáciles de copiar para los competidores puesto que implican el desarrollo de habilidades difíciles de replicar y, además, son esenciales para implementar otras prácticas a un nivel inferior (Green *et al.*, 2012a). Finalmente, un tercer tipo son aquellas prácticas que apoyan a la organización y cuyo soporte permite el desarrollo y mejora de las demás (Ahmad, 2015; Kusi-Sarpong *et al.*, 2015); estas incluyen la gestión de recursos humanos verde y los sistemas y tecnologías de la información verde.

Una breve conceptualización de las prácticas verdes asociadas al enfoque GSCM expuesto en la figura 1-4, es la siguiente:

Diseño verde: También denominado eco-diseño y diseño para el medio ambiente (Eltayeb *et al.*, 2011; Rostamzadeh *et al.*, 2015), incluye las actividades que tienen como objetivo minimizar los impactos ambientales originados durante todo el ciclo de vida de los productos (tales como la elección de materias primas, la producción, la comercialización, uso y eliminación de productos) (Falatoonitoosi *et al.*, 2014); esto, sin comprometer otros criterios esenciales como la funcionalidad, la calidad y los costos (Hartmann y Germain, 2015; Villanueva-Ponce *et al.*, 2015).

Para lograr lo anterior, ésta práctica involucra de forma sistemática el análisis del ciclo de vida del producto (Falatoonitoosi *et al.*, 2014), la prevención de la contaminación (Diabat *et al.*, 2013), la minimización del consumo de materiales y energía (Wu *et al.*, 2015), la gestión de riesgos ambientales (Lin, 2013), la conservación y gestión de residuos (Buyukozkan y Cifci 2012), la sustitución de materiales peligrosos (Eltayeb *et al.*, 2011), los aspectos en salud y seguridad durante el proceso de fabricación (Sarkis *et al.*, 2010) y, la facilidad de desmontaje, reutilización, reciclaje y remanufactura, dirigidas a recuperar el valor del producto al final de su ciclo de vida (Khor y Udin, 2013).

Luego, uno de los principales beneficios de adoptar el diseño verde es su capacidad de ofrecer soluciones avanzadas y proactivas a los problemas ambientales y aumenta el valor y utilidad del producto (Hartmann y Germain, 2015). Así mismo, las empresas pueden reducir el tiempo de comercialización, lo que reduce los esfuerzos humanos y los riesgos ecológicos, aumenta la rentabilidad, mejora la eficiencia del proceso, mejora su imagen verde y la creación de productos y procesos que son respetuosos con el medio ambiente a lo largo de su vida útil (Falatoonitoosi *et al.*, 2014; Ma y Liu, 2011).

Gestión ambiental interna: Es un proceso sistemático que consiste en un conjunto de políticas ambientales, sistemas de gestión ambiental, evaluaciones de impacto ambiental, objetivos ambientales cuantificables, planes de acción, actividades de formación, responsabilidades y auditorías periódicas de estos elementos, con el fin de supervisar, controlar y evaluar el efecto de las acciones de la organización en el medio ambiente (Zhu *et al.*, 2008a; de Sousa *et al.*, 2015b).

La principal medida de ésta práctica, como lo afirman Zhu y Sarkis (2006) y Govindan *et al.* (2013), es el apoyo de la alta dirección, puesto que sin éste, los programas ambientales están destinados a fracasar y, mucho menos a ser iniciados. Otras medidas incluyen el apoyo de los gerentes de nivel medio y la cooperación interdisciplinaria de funciones cruzadas (Zhu *et al.*, 2005), la asignación de recursos para contratar y mantener expertos en el medio ambiente (equipos) que motiven y formen a los empleados, clientes y proveedores en los temas ambientales (Olugu *et al.*, 2011) y, los esfuerzos para crear una cultura organizacional ambiental en la que los miembros de la organización compartan un conjunto de valores y creencias relacionadas con la protección del medio ambiente (Fraj *et al.*, 2013).

Colaboración Ambiental: Se refiere a la medida en que los socios de la cadena de suministro se integran y cooperan mutuamente en la realización de actividades de la cadena de valor, tales como la adquisición, transporte, almacenamiento, distribución, fabricación y la logística inversa (Mafini y Muposhi; 2017). En el contexto de la cadena de suministro, estos socios incluyen a todos los grupos interesados como proveedores, fabricantes, mayoristas, minoristas, competidores, autoridades reguladoras y clientes (Vachon y Klassen, 2008; Wong *et al.*, 2015). Así mismo, el principal objetivo de ésta práctica es aumentar la confianza mutua, el compromiso entre los miembros de la cadena de abastecimiento y trabajar en sinergia para resolver sus conflictos y obtener un beneficio mutuo (Vachon y Klassen, 2006; Vachon y Klassen, 2007).

Con el objetivo de lograr lo anteriormente expuesto, las organizaciones intervienen para mejorar el desempeño ambiental de sus clientes y proveedores (Eltayeb *et al.*, 2011); mediante actividades como la planificación ambiental conjunta (Vachon y Klassen, 2007), el conocimiento ambiental compartido (Kusi-Sarpong *et al.*, 2015), el desarrollo conjunto de productos e innovaciones verdes (Govindan *et al.*, 2015), el intercambio de información (de Sousa *et al.*, 2015) y, la voluntad de aprender acerca de las operaciones del otro con el fin de planificar y establecer objetivos de mejora ambiental (Diabat *et al.*, 2013).

De esta forma, las asociaciones estratégicas con proveedores y clientes promueven beneficios directos a largo plazo (Kusi-Sarpong *et al.*, 2015). Lo anterior es ampliado por Dubey *et al.* (2015), quienes plantean que las relaciones de cooperación con los

proveedores, permiten un desarrollo de productos ecológicos más rápido, disminución de los costos involucrados en el desarrollo de las materias primas respetuosas con el medio ambiente y ahorro en los costos de manejo de inventario de la empresa. Luego, una relación efectiva con el cliente permite la reducción de los costos ambientales, mejorar la capacidad de respuesta a las preocupaciones ambientales de los clientes, aumentar su satisfacción y, reducir los desperdicios (Azevedo *et al.*, 2011).

Compras verdes: Incluye las actividades que tienen por objetivo asegurarse de que los insumos, partes y equipos comprados sean respetuosos con el medio ambiente (Diabat *et al.*, 2013; Lin, 2013). De esta forma, las empresas deben incorporar las cuestiones de sostenibilidad en los criterios de compra tradicionales de costo, plazo de entrega, calidad y flexibilidad (Handfield *et al.*, 2002; Hsu *et al.*, 2014).

Dado que la compras verdes están situadas al comienzo del flujo de los materiales dentro de una organización, juegan un papel clave en la transformación ecológica de los productos y actividades (Eltayeb *et al.*, 2011). Así, el rendimiento ecológico de la empresa puede ser afectado por la selección y evaluación de los proveedores (Kuo *et al.*, 2010; Bai *et al.*, 2010). Por tanto, entre los factores evaluados a los proveedores se incluyen las certificaciones ambientales (Zhu *et al.*, 2008a; Wu *et al.*, 2015), que los insumos y equipos tengan mínimas fuentes de residuos y componentes peligrosos y, así mismo, que sean fáciles de reciclar, remanufacturar o reutilizar (Hsu *et al.*, 2012; Rostamzadeh *et al.*, 2015).

Manufactura Verde: También denominada producción o fabricación verde, está asociada a prácticas de producción mezcladas con tecnologías avanzadas con el fin de reducir o prevenir la contaminación, las emisiones de gases de efecto invernadero, el reciclaje y la eliminación de residuos durante el proceso de producción tanto como sea posible (Rostamzadeh *et al.*, 2015; Tatoglu *et al.*, 2015). Entre las actividades a adoptar, se incluyen el desmontaje, la fabricación y recuperación de materiales con cero emisiones (Sarkis, 2003). Adicionalmente, Gao *et al.* (2009) afirma que también se deben considerar los problemas potenciales de seguridad industrial y las amenazas para la salud de los operadores y los usuarios del producto.

La implementación de las anteriores actividades promueven el uso reducido de materias primas (Rostamzadeh *et al.*, 2015), la disminución del consumo de energía, un menor

número de etapas de fabricación, menores gastos de seguridad ambiental y ocupacional (Rostamzadeh *et al.*, 2015), una mejor imagen corporativa (Porter y Van der Linde, 1995) y, finalmente, el aumento de la eficiencia, calidad y rendimiento de producción a un costo mínimo con poco o ningún desperdicio (Dües *et al.*, 2013; Dubey *et al.*, 2015).

Distribución Verde: Se define como la integración de las actividades de almacenamiento, (empaquete, embalaje, manipulación), gestión de inventarios y transporte de productos terminados hasta que llegan al consumidor final (Sellito *et al.*, 2015; Kusi-Sarpong *et al.*, 2015).

De acuerdo con Falatoonitoosi *et al.* (2014) y Rostamzadeh *et al.* (2015), el transporte es una de las actividades que muestran los efectos de la cadena de abastecimiento verde debido a las emisiones de gases. Esto se sustenta en el hecho de que esta práctica es la responsable del 15% de las emisiones de gases de efecto invernadero y el 23% de las emisiones de CO₂ (Salimifard *et al.*, 2012). Así, aspectos como la consolidación de entregas (Büyükožkan y Çifçi, 2012) y la elección de las formas menos contaminantes de transporte (Gao *et al.*, 2009) son actividades que se aplican en la distribución verde.

En cuanto al almacenamiento verde, las actividades incluyen la reducción de los envases primarios, secundarios y de transporte (González-Benito y González-Benito, 2006), el uso de materiales reciclables o contenedores (Büyükožkan y Çifçi, 2012), la adopción de envases retornables (Büyükožkan y Çifçi, 2012), patrones de carga reordenados (Sarkis, 2003), bajos niveles de inventario, la venta de exceso de inventario para recuperar la inversión y la venta de desechos, materiales usados y exceso de bienes de capital (Rostamzadeh *et al.*, 2015). Estas actividades ambientales, como lo afirman Gao *et al.* (2009), proporcionan beneficios como reducir el uso de materiales, aumentar la utilización del espacio en el almacén y en el contenedor, reducir la cantidad de manipulación requerida y reducir los costos logísticos.

Marketing verde: Se trata de acciones dirigidas a dar respuesta a las demandas del mercado por productos/servicios diseñados ambientalmente y la consideración de los aspectos ecológicos en las estrategias de precios, comercialización y comunicación (Gao *et al.*, 2009; Fraj *et al.*, 2013). De igual forma Leonidou *et al.* (2013) afirman que las

empresas toman la filosofía de protección del medio ambiente en el diseño y ejecución de cada uno de los elementos principales del programa de marketing, es decir, desde la investigación de mercados, hasta el desarrollo de productos, promoción, canales de distribución, precios y comercialización de los productos.

Las actividades de marketing verde, de acuerdo con Aslinda *et al.* (2014), implican el etiquetado ecológico, la participación en actividades de la comunidad para obtener su punto de vista en el desarrollo de productos verdes, usar las cuestiones ecológicas en el mensaje global de la empresa para vender nuevos estilos de vida y la idea que pueden ayudar a generar nuevas oportunidades de mercado, compromiso en invertir en iniciativas de investigación y desarrollo verde y, recordar continuamente a los clientes en la publicidad los productos ecológicos.

Logística Inversa: Se define como el proceso de planificación, ejecución y control eficiente del flujo de materias primas, inventario en proceso, productos terminados e información relacionada, desde el punto de consumo hasta el punto de origen, con el fin de recuperar el valor de los productos y materiales (Sarkis, 2003; Khor y Udin, 2013). De manera más específica, Hervani *et al.* (2005, p.334) plantea lo siguiente: *“La logística inversa “cierra el círculo” de una cadena de abastecimiento típica hacia adelante e incluye la reutilización, remanufactura, y / o reciclaje de materiales en nuevos materiales u otros productos con valor en el mercado. La idea es eliminar o reducir al mínimo los desechos (energéticos, emisiones, químicos / desechos peligrosos, sólidos)”*.

Así, la logística inversa rediseña la cadena de abastecimiento tradicional (Olugu y Wong, 2012), al incluir la recogida de los productos de los usuarios finales y devolverlos de nuevo a la fábrica para su inspección y clasificación (Srivastava, 2007); seguido de actividades de disposición como la reutilización, remanufactura y reciclaje (Lin, 2013). Luego, la reutilización es el proceso de recolección de los productos utilizados y la distribución o venta de éstos (Srivastava, 2007); la remanufactura, es el proceso de recogida de un producto usado, la evaluación de su estado, y la sustitución de las piezas defectuosas u obsoletas con piezas nuevas o reacondicionadas (Wu *et al.*, 2015); y el reciclaje, es el proceso de recolección de productos usados, desmontaje, separación en categorías de materiales, tratamiento y transformación en productos reciclados, componentes y / o materiales (Lin, 2013).

Recursos Humanos Verde: Se define como el uso de políticas, filosofías y prácticas de gestión de recursos humanos para fomentar el uso ambiental de los recursos dentro de las empresas (Mampra, 2013; Marhatta y Adhikari, 2013). Por su parte, Mathapati (2013, p.2) la define más específicamente como “*la práctica directamente responsable de la creación de la fuerza de trabajo verde que entiende, valora y practica la iniciativa verde y mantiene sus objetivos verdes durante todo el proceso de reclutamiento, contratación, capacitación, compensación y, el desarrollo del capital humano de la empresa*”.

Daily *et al.* (2007) y Unnikrishnan y Hegde (2007), plantean que para implementar ésta práctica, es importante promover una gran cantidad de conocimientos técnicos y de gestión entre todos los empleados de la organización. Para esto, es definitivo desarrollar políticas de conciencia ambiental efectivas en los procesos de contratación (Grolleau *et al.*, 2012), evaluación del desempeño (Jabbour *et al.*, 2013) y, programas de formación y capacitación (Renwick, 2008). Dichas iniciativas, pueden facilitar la evolución del conjunto de habilidades y competencias entre los empleados en "pro" de las organizaciones verdes (Ahmad, 2015).

Sistemas y Tecnologías de la Información Verde: Este concepto fue propuesto originalmente por Srivastava (1995), quien lo denominó tecnología medioambiental. Sin embargo, Ryoo y Koo (2013) plantean que el concepto de tecnología ambiental ha evolucionado a los conceptos de "Tecnologías de la Información Verde" y "Sistemas de la Información Verde".

Por un lado, las tecnologías de información verde (TIV) se refieren al uso de hardware y software para resolver los problemas del consumo de energía y reducción de residuos (Watson *et al.*, 2008); también se usan para resumir y comunicar información sobre el impacto medioambiental de los materiales, partes y componentes de los productos y sus alternativas disponibles (Hartmann y Germain, 2015). Ejemplos de las TIV corresponden al uso de la planificación de recursos empresariales (ERP), los cuales son sistemas de hardware con capacidad de reducir el consumo de energía del centro de datos (servidores, redes y dispositivos de almacenamiento), y seguir fácilmente diversas operaciones que se desarrollan en los distintos departamentos de la organización (Kusi-Sarpong *et al.*, 2015). Otros ejemplos son el intercambio electrónico de datos, que pueden propagar información

confiable y oportuna a través de múltiples entidades (Devaraj *et al.*, 2007) y, la consolidación de servidores que aumenta el ahorro de energía al requerir menos hardware en general (Watson *et al.*, 2008; Kusi-Sarpong *et al.*, 2015).

Luego, los sistemas de información verde (SIV) se refieren al desarrollo y uso de sistemas de información para apoyar las prácticas de sostenibilidad ambiental (Watson *et al.*, 2008) y supervisar los resultados de su aplicación (Green *et al.*, 2012a). Ejemplos de éstos, son los sistemas de información ambiental y sistemas de gestión de la cadena de abastecimiento verde (Watson *et al.*, 2008), software de colaboración de grupo y telepresencia construidos con dispositivos de ahorro de energía, sistemas electrónicos para el seguimiento de pedidos, manejo de inventarios, control de los flujos y rutas del transporte, entre otros (Kusi-Sarpong *et al.*, 2015).

En el Anexo A se resumen las prácticas y sub-prácticas bajo el enfoque GSCM que fueron identificadas en la revisión de literatura.

1.3 Valoración del desempeño ambiental en el GSCM

1.3.1 Importancia y propósitos de la medición del desempeño ambiental

Para cualquier actividad que tenga implicaciones estratégicas, como la gestión de la cadena de suministro, es esencial realizar mediciones de desempeño (Ferreira *et al.*, 2016). Así, Dörnhöfer y Günthner (2017) agregan los sistemas de medición apropiadamente diseñados pueden conducir a un mejor desempeño de la cadena de suministro, reducir las incertidumbres, mejorar la transparencia y servir como herramienta de evaluación comparativa. Según Chan (2003), la evaluación del desempeño describe el retorno de la información de las actividades relacionadas con los objetivos estratégicos y refleja la necesidad de mejorar en áreas de escaso desempeño.

Dubey *et al.* (2015, p.125), define el desempeño ambiental como “*la relación entre la organización y el medio ambiente e incluye los efectos ambientales de los recursos consumidos, los impactos ambientales del proceso de organización, las implicaciones ambientales de sus productos y servicios, la recuperación y procesamiento de los*

productos y el cumplimiento de los requisitos legales ambientales". Por su parte, *Bulsara et al.* (2016, p.481), lo define como "el grado en que la efectividad verde, capacidad de respuesta, la conciencia y la estrategia de inversión de la empresa son mejores para el medio ambiente que las de sus competidores".

En adición a lo anterior, *Uygun y Dede* (2016) afirman que las empresas deben evaluar la efectividad de sus implementaciones GSCM para mejorar el desempeño ecológico de la cadena de suministro. Así, bajo el enfoque GSCM la evaluación del desempeño es considerada como uno de sus pilares, puesto que puede preparar a una empresa para reducir sus riesgos, mejorar sus capacidades verdes y reducir los impactos nocivos hacia el medio ambiente (*Dey y Cheffi*, 2013). Además, proporciona un apoyo vital en la toma de decisiones y el desarrollo de la estrategia sostenible, reduce el riesgo de cierre debido a las sanciones ambientales, añade ventajas competitivas y logra una diferenciación de los productos (*Hervani et al.*, 2005; *Gao et al.*, 2009).

Se puede establecer entonces que la evaluación del desempeño ambiental tiene varios propósitos, entre los cuales se pueden mencionar la identificación y análisis de problemas potenciales como cuellos de botella y resistencias en curso que influyen en la eficiencia global de la cadena de abastecimiento verde (*Ahí y Searcy*, 2015); plantear acciones concretas en los sistemas existentes (*Björklund y Abrahamsson*, 2012); apoyar la planificación, diseño, implementación y seguimiento de alternativas para el mejoramiento ambiental (*Liang et al.*, 2006; *Naini et al.*, 2011) y, finalmente, promover el desarrollo de la cadena abastecimiento verde (*Nie*, 2016).

En este orden de ideas, en aproximación a *Ahí y Searcy* (2015) y *Bulsara et al.*(2016), la evaluación del desempeño ambiental permite a las organizaciones realizar un seguimiento de los avances respecto a su estrategia, comprobar su éxito o fracaso, confirmar acerca de lo que ya sabe, revelar lo que no se sabe, mejorar la comprensión de los procesos clave, proporcionar información sobre posibles acciones futuras, identificar áreas de mejora como un buen punto de referencia frente a los competidores o líderes de la industria, identificar su posición respecto a los otros miembros de la cadena de suministro, formar nuevos objetivos y metas, priorizar acciones y determinar cursos de acción futuras.

En adición a lo anterior, Hervani *et al.* (2005) y Govindan *et al.* (2015), afirman que uno de los propósitos principales de la medición del desempeño son las comunicaciones externas; las cuales, incluyen informes de los resultados (Bulsara *et al.*, 2016), planes y acciones ambientales, mejora de las relaciones de la comunidad y la gestión de imagen de la organización (Lin, 2013), cumplimiento con todas las peticiones de información de los socios de la cadena de abastecimiento verde (Gao *et al.*, 2009) y, el cumplimiento de las regulaciones locales, regionales, nacionales e internacionales (Hervani *et al.*, 2005).

1.3.2 Contribuciones identificadas en torno a la evaluación del desempeño ambiental

Dada la diversidad de criterios, en el sentido de buscar una mayor estandarización en cuanto a la definición de indicadores y evaluación del desempeño ambiental organizacional, han sido elaboradas diversas herramientas con reconocimiento mundial, como lo son: el Global Reporting Initiative (GRI), las normas ISO y el análisis del ciclo de vida (ACV). A continuación se da una breve descripción de cada una de estas herramientas:

- **Análisis del Ciclo de vida (ACV):** Es una metodología utilizada para ayudar en la determinación de cómo diseñar un producto para minimizar su impacto medioambiental durante y después su vida útil (Srivastava, 2007; Bulsara *et al.*, 2016). Esta metodología parte de la premisa de que todos los productos dañan el medio ambiente de una forma u otra; por lo que es preciso medir su impacto en todas las etapas de su ciclo de vida en términos de uso de energía, materiales peligrosos, emisiones, uso del suelo, consumo de agua, entre otros (Goedkoop y Spriensma, 2001; Falatoonitoosi *et al.*, 2014) como se indica en la Tabla 1-2.

Tabla 1-2: Métodos e indicadores basados en el ACV

Método	Descripción	Autor
CML 2001	Es una guía que recomienda un conjunto de categorías de impacto, métodos de caracterización y factores para una extensa lista de sustancias (recursos de la naturaleza / emisiones a la naturaleza).	Guinée <i>et al.</i> (2001)
CUMULATIVE ENERGY DEMAND (CED)	Tiene como objetivo investigar el uso de la energía a lo largo del ciclo de vida de un bien o un servicio. Se incluye 8 indicadores de impacto para cada tipo de fuente de energía renovable (biomasa, agua, solar, geotérmica, eólica, aire-agua) y no renovable (fósil, nuclear).	Huijbregts <i>et al.</i> (2010)
CUMULATIVE EXERGY DEMAND (CExD)	Al igual que en el CED, CExD evalúa el uso de energía, pero también se refiere a la calidad de la energía utilizable de los recursos e incorpora materiales no energéticos como los minerales y metales.	Boesch <i>et al.</i> (2007)
ECO-INDICATOR 99	Se basa en el inventario de las emisiones relevantes, la extracción de recursos, y el uso de suelo de todos los procesos relevantes incluidos en el ciclo de vida de un producto, el cálculo de los daños que pueden causar esos flujos a la salud humana, a la calidad del ecosistema y a los recursos y, la ponderación de las tres categorías de daño.	Goedkoop y Spriensma (2000)
ECOSYSTEM DAMAGE POTENTIAL - EDP	Caracterizan factores genéricos de uso de la tierra para la evaluación de impacto del ciclo de vida.	Köllner y Scholz (2007a,b)
ECOLOGICAL FOOTPRINT	Es una metodología para determinar la huella ecológica de un producto mediante la suma del tiempo de ocupación directa e indirecta de la tierra, el uso de la energía nuclear y las emisiones de CO ₂ por el uso de energía fósil.	Huijbregts <i>et al.</i> (2008)
ECOLOGICAL SCARCITY 1997	El método contiene la ponderación de factores para las diferentes emisiones al aire, agua y suelo (arriba y subterráneo), así como para el uso de los recursos energéticos y de algunos tipos de residuos.	Brand <i>et al.</i> (1998)
ECOLOGICAL SCARCITY 2006	El método convierte los diversos efectos medioambientales en puntos (ecofactores) por lo que estos valores se pueden añadir y compararse respecto a valores objetivos	Frischknecht <i>et al.</i> (2009)
EDIP'97 – (1997)	Traduce los datos de los inventarios acumulados de un sistema en posibles impactos en el entorno.	Hauschild y Wenzel (1997); DK LCA Center (2007)
EDIP 2003	La metodología de caracterización EDIP03 puede ser utilizado como una alternativa a EDIP97 para llevar a cabo la caracterización del sitio genérico (es decir, sin tener en cuenta la información espacial).	Hauschild y Potting (2005)
EPS 2000	Evalúa el valor añadido de todos los tipos de impactos (considerado); para comunicar una comprensión de la magnitud del impacto (en términos monetarios, para facilitar la ponderación contra otros elementos que deben tenerse en cuenta para el desarrollo del producto)	Steen (1999)
IMPACT 2002+	Propone una implementación factible de un enfoque combinado de daños de punto medio, la vinculación de todos los tipos de resultados del ciclo de vida de inventario (flujos elementales y otras intervenciones) a través de 14 categorías de punto medio y 4 de daño	Jolliet <i>et al.</i> (2003)

IPCC 2001 (CLIMATE CHANGE)	La caracterización y agregación de las diferentes emisiones gaseosas en función de su potencial de calentamiento global. Utiliza índice para estimar la contribución relativa calentamiento global debido a la emisión atmosférica de un kg de un gas de efecto invernadero en particular, en comparación con la emisión de un kg de dióxido de carbono	Albritton y Meira-Filho (2001); IPCC (2001)
IPCC 2007 (CLIMATE CHANGE)	Al igual que el IPCC 2001, caracteriza las diferentes emisiones gaseosas en función de su potencial de calentamiento global y la agregación de las diferentes emisiones, pero agrega más factores.	IPCC (2007)
ReCiPe	A igual que muchos otros métodos sobre LCA proporciona una metodología para el cálculo de los indicadores de categorías de impacto del ciclo de vida	Goedkoop <i>et al.</i> (2009)
TRACI	Es un método de punto medio orientado al LCA incluyendo las categorías de impacto (como agotamiento del ozono, uso de suelos, eco toxicidad, combustible fósil, etc.)	Bare <i>et al.</i> (2006)
USETOX	Es un modelo ambiental para la caracterización de los impactos humanos y eco toxicológicos en Análisis de Ciclo de Vida	Rosenbaum <i>et al.</i> (2008)
ECOINVENT	Propone indicadores para el ciclo de vida de inventarios que representa la suma de todos los contaminantes emitidos a una categoría, la agregación de este modo las emisiones a diferentes sub-compartimientos.	Frischknecht <i>et al.</i> (2007)

Fuente: elaboración propia

Aunque el ACV es una metodología para medir el impacto ambiental, presenta varias limitaciones en su aplicación con relación a la medición del desempeño ambiental en las cadenas de abastecimiento. Guldbrandsson y Bergmark (2012) afirman que ACV es una metodología de evaluación basada en un modelo - no es un método de medición – y por lo tanto, es menos adecuada para la supervisión del desempeño, la cual exige una gran precisión. Finalmente, Subramanian y Gunasekaran (2015) añaden que aunque los indicadores desarrollados en el análisis del ciclo de vida abordan la reducción del consumo de energía, materiales peligrosos, la huella de carbono y diversos desafíos de emisión de contaminantes, dejan de lado otras actividades de la cadena de abastecimiento, especialmente, aspectos intangibles como el marketing, los recursos humanos, el diseño de productos y los sistemas de información.

- **Normas ISO (ISO 14031)**

La ISO 14301 es un estándar internacional de la familia ISO 14000 que describe un proceso para medir el desempeño ambiental (Falatoonitoosi *et al.*, 2014). Está diseñado para ayudar a las organizaciones a lograr la certificación ISO 14001 (Ferreira *et al.*, 2016). Así, se destaca su uso como una herramienta que proporciona indicadores clave para evaluación y es apropiado para todos los tamaños y tipos de organizaciones, incluso para aquellas entidades sin un sistema de gestión medioambiental (Hervani *et al.*, 2005; Shaw *et al.*, 2010).

Al aplicar esta norma, una organización debe evaluar su desempeño en relación con su política ambiental, sus objetivos y otros criterios establecidos como parte de un sistema de gestión (Hervani *et al.*, 2005; Ferreira *et al.*, 2016). El proceso descrito en la norma se basa en el modelo de mejora de procesos de negocio Plan-Do-Check-Act (PDCA). Así mismo, la evaluación del desempeño ambiental bajo este modelo, se realiza para tres tipos de indicadores: (1) indicadores de estado medioambiental; (2) indicadores de rendimiento operativo; y (3) indicadores de rendimiento de gestión. Esta taxonomía de tres vías refleja el modelo PER "presión-estado-respuesta" desarrollado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico para evaluar la desempeño ambiental de los países, donde los indicadores de presión son aquellos que reflejan la presión ejercida por los procesos y las operaciones; los indicadores de estado reflejan el estado del ambiente y los indicadores de respuesta reflejan de manera integral al sistema de gestión (Shaw *et al.*, 2010).

A pesar de la utilización global de esta norma, diversos autores han discutido sus limitaciones; por ejemplo, Curkovic *et al.* (2005) afirma que mientras que los principios y normas de gestión medioambiental proporcionan herramientas que tienen el potencial de generar importantes mejoras en el desempeño ambiental de las organizaciones, su enfoque se limita a la creación y documentación de estándares, políticas y procedimientos ambientales. A esto, Eltayeb *et al.* (2011) añade que dichas políticas y procedimientos pueden representar esfuerzos para mejorar el desempeño ambiental sólo dentro de los límites operativos de la organización en lugar de ser extendida a lo largo de la cadena de abastecimiento. A pesar de esto, Shaw *et al.* (2010) menciona que aunque la norma ISO 14031 no fue diseñada como una herramienta de evaluación comparativa, proporciona parámetros que podrían ser utilizados para desarrollar medidas específicas para la evaluación del desempeño ambiental en la cadena abastecimiento.

- **Global Reporting Initiative (GRI)**

El GRI fue fundado en 1997 por la Coalición de Economías Ambientalmente Responsables para proporcionar un marco flexible que permitiera a las organizaciones informar sobre su desempeño económico, ambiental y social (también conocido como el "triple línea" o "sostenibilidad"). Luego, el GRI proporciona una manera fiable y transparente de intercambio y comparación de los datos de desempeño de sostenibilidad corporativa (Shaw *et al.*, 2010). Para esto, se ha determinado una lista de 57 métricas seleccionadas

cuya misión es desarrollar y difundir directrices de informes de sostenibilidad aplicables a nivel mundial que varía desde emisiones a la atmósfera hasta la salud y seguridad de los empleados (Shaw *et al.*, 2010).

La creciente adopción del marco GRI ha sido impulsado, en parte, por su flexibilidad, alcance global y la oportunidad de comparar y comunicar los esfuerzos sociales y medioambientales entre sectores. Sin embargo, como afirman Milne y Gray (2013) y Fonseca (2010), también presenta aspectos problemáticos; entre éstos, su enfoque centrado en informar sólo sobre el desempeño interno de las organizaciones sin promover medidas que muestren los efectos interactivos de las organizaciones con el ambiente externo. Otro problema, es la ausencia de indicadores integrados, los cuales han sido considerados por muchas instituciones y académicos como fundamentales en la toma de decisiones sobre la sostenibilidad (Davidson, 2005). Esto último es recalcado por Fonseca (2010, p.6), quien menciona lo siguiente *“El marco GRI proporciona orientación y protocolos sobre cómo informar sobre docenas de indicadores sociales, ambientales y económicos, pero no la forma de integrarlos; es decir, el marco no anima a los practicantes para ponderar y entender los valores relativos de indicadores, o combinarlos en índices numéricos y diagramas visuales”*.

Como se puede observar y en concordancia con Shaw *et al.* (2010) y Bulsara *et al.* (2016), el conjunto de metodologías y herramientas existentes identificadas en la literatura para la medición de los resultados de desempeño, pueden no ser adecuados para evaluar la cadena de abastecimiento verde de forma integral, siendo este un precedente importante para el desarrollo de un sistema de medición que aborde los aspectos no tenidos en cuenta en estas metodologías.

1.3.3 Necesidad de una medida integral para la evaluación del desempeño ambiental

La norma ISO 14031(2005), define el desempeño ambiental como el resultado de la evaluación de la gestión de una organización sobre sus aspectos ambientales; así, ésta evaluación se realiza a través del análisis de indicadores, los cuales son generados a partir de la recolección de información y análisis de datos a partir de criterios definidos que permiten identificar situaciones y tendencias; por lo que el desempeño puede ser visto como un objetivo estratégico con el fin de dar seguimiento a la mejora continua del

funcionamiento del proceso y actividades que se llevan a cabo en la organización. Así mismo, Hervani *et al.* (2005) y Nie (2016) plantean que los indicadores de desempeño facilitan una visión completa y objetiva del desempeño general de la cadena de abastecimiento verde y, promueve su desarrollo sostenible.

Sin embargo, como lo afirman Dörnhöfer y Günthner (2017), en la literatura académica los sistemas de medición del desempeño no están diseñados apropiadamente para la aplicación industrial, porque a menudo carecen de una perspectiva integral de los procesos de la cadena de valor y carecen de una cobertura holística que involucre los diferentes miembros de la cadena de suministro así como las diferentes áreas funcionales al interior de la empresa. Desde la perspectiva de la medición del desempeño ambiental, Azevedo *et al.* (2011) y Ferreira *et al.* (2016), afirman que aunque se han publicado muchos artículos sobre la evaluación del desempeño ambiental en las organizaciones, el énfasis en la cadena de abastecimiento (especialmente entre organizaciones) ha sido relativamente limitado. Por lo tanto, afirman que es necesario crear modelos que permitan evaluar el desempeño ambiental de la cadena de suministro, promoviendo también el monitoreo de indicadores que apoyen la toma de decisiones y la gestión (Dey y Cheffi, 2012; Ferreira *et al.*, 2016).

En relación con lo anterior, Galeazzo *et al.* (2014) sostienen que desde el contexto de la visión basada en los recursos naturales (NRBV), el desempeño ambiental es el resultado de la aplicación de prácticas verdes. De esta forma, varios estudios han proporcionado evidencia empírica sobre la magnitud del efecto positivo en los resultados del desempeño ambiental de las empresas manufactureras como resultado del nivel de implementación de las prácticas ambientales y de la inversión a favor del medio ambiente (Hajmohammad *et al.*, 2013; Galeazzo *et al.*, 2014). En la revisión de la literatura, los estudios sobre la relación entre las prácticas del enfoque GSCM y el desempeño ambiental se dividen en:

- i. Proposición de medidas e indicadores para cada práctica (Hervani *et al.*, 2005; Olugu *et al.*, 2011).
- ii. Métodos para la selección y evaluación de proveedores (Tseng y Chiou, 2013; Genovese *et al.*, 2014).
- iii. Identificación de factores que más influyen en la implementación de las prácticas del GSCM (Yang y Xia, 2011).

- iv. Identificación y jerarquización de mejores prácticas o capacidades en relación a los objetivos de desempeño o determinantes de competitividad a alcanzar (Wu *et al.*, 2015; Tseng *et al.*, 2016).
- v. Medición del nivel de implementación de las prácticas ambientales (Sellito *et al.*, 2015; Sarache *et al.*, 2015; Azevedo *et al.*, 2016).

Como lo afirman Eltayeb *et al.* (2011), a pesar de la variedad de estudios sobre la relación entre las prácticas del enfoque GSCM y los resultados de desempeño ambiental, los resultados no han sido concluyentes. En primera medida, porque algunos autores han encontrado que las prácticas de gestión ambiental pueden ser ineficaces o sólo se centran en dar una apariencia de responsabilidad ambiental a las partes interesadas, por lo que su adopción no siempre se refleja en un mejor desempeño ambiental (de Burgos-Jiménez *et al.* 2013). En segunda medida, debido a la dificultad para las organizaciones en saber exactamente lo que deben medir y cómo medirlo, existen pocos esfuerzos en proponer indicadores o medidas de desempeño que evalúen las prácticas ambientales de forma eficaz (Shaw *et al.*, 2010; Shen *et al.*, 2013). Y en tercera medida, como consecuencia de las limitaciones existentes en las herramientas actuales, tales como la dificultad de medir y comparar en términos de diversos lugares e industrias, la poca facilidad y accesibilidad a los datos y, el escaso conocimiento específico para aplicar éstas herramientas (Björklund y Abrahamsson, 2012; Bulsara *et al.*, 2016).

En este orden de ideas, Shaw *et al.* (2010) concluyeron después de realizar una extensa revisión de la literatura, que sólo se han realizado investigaciones limitadas a incorporar medidas o métricas ambientales en el banco de medidas de desempeño de la cadena de suministro. Lo que concuerda con lo planteado por Zhu *et al.* (2008a), Yang y Xia (2011) y de Soussa *et al.* (2013), quienes afirman que existe una necesidad de disponer de una herramienta única integral para la medición del desempeño desde el enfoque GSCM, que se pueda utilizar para el autodiagnóstico, planificación, ejecución, evaluación y gestión. Según de Soussa *et al.* (2013b, p.303), “*los fabricantes que deseen mejorar sus prácticas GSCM necesitan mejorar la forma en que supervisan su aplicación*”. Luego, la literatura existente reconoce la importancia de un enfoque integrador de medición de las prácticas ambientales para evaluar el desempeño ambiental, que permita capturar una imagen completa del contexto del GSCM, así como la evaluación comparativa y la mejora continua

de las organizaciones en la búsqueda de la armonización de sus operaciones con los objetivos ambientales (Tseng y Chiou, 2013; Yu y Ramanathan, 2015).

Sobre la base de las anteriores cuestiones, diferentes autores han propuesto diferentes características que debe tener los sistemas y medidas de desempeño ambiental, entre las cuales se pueden mencionar: La cobertura holística (Dörnhöfer y Günthner, 2017), la orientación al objetivo (Dörnhöfer y Günthner, 2017), la generación de valor (Dörnhöfer y Günthner, 2017), transparencia (Dörnhöfer y Günthner, 2017), eficiencia (Dörnhöfer y Günthner, 2017), importancia (Nie, 2016), alineación con los sistemas de gestión ambiental (Hervani *et al.*, 2005; Shaw *et al.*, 2010), integración de prácticas ambientales (Björklund y Abrahamsson, 2012; Wong *et al.*, 2015), combinación de medidas cuantitativas y cualitativas (de Sousa *et al.*, 2015a), integración de medidas (Mollenkopf *et al.*, 2010; Naini *et al.*, 2011) y comparabilidad (Genovese *et al.*, 2014). Estas características se amplían más en el Anexo B. De acuerdo con lo anterior, se evidencia la necesidad de desarrollar una medida que evalúe de forma integral las prácticas ambientales de las organizaciones y sirva como herramienta para la toma de decisiones.

Para dar respuesta a las cuestiones anteriores, y en concordancia con las características que debe tener una medida integral para la evaluación del desempeño ambiental bajo un enfoque GSCM, en la presente investigación se reafirma la necesidad de proponer y aplicar un indicador de desempeño ambiental basado en las prácticas GSCM. Por tanto, y con el fin de identificar contribuciones que propusieran indicadores de desempeño ambiental bajo el enfoque GSCM, se realizó una revisión sistemática de literatura mediante la cual se encontraron 45 artículos pertinentes; en éstos, se evaluaron los siguientes aspectos: el número de prácticas ambientales abordadas; la propuesta o no de un indicador de desempeño ambiental y, finalmente, el tipo de estudio. Los resultados de la comparación se encuentran en la Tabla 1-3.

Tabla 1-3.Revisión Literatura sobre indicadores para el GSCM

Autor	Prácticas GSCM										Proponen indicador	Tipo de estudio			
	Gestión ambiental interna	Ecodiseño	Colaboración ambiental	Compras verdes	Manufactura verde	Distribución verde	Marketing verde	Logística inversa	Sistemas y tecnologías de la información verde	Recursos humanos verde		Revisión	Conceptual	Investigación	Caso de estudio
Handfield et al.(2002)				X									X		
Hervani (2005)				X	X	X	X	X				X		X	
Kainumaa and Tawarab (2006)				X										X	
Zhu et al.(2008a)	X	X	X	X									X		
Jun (2009)						X		X							
Gao et al.(2009)		X			X	X	X	X						X	
Zhang y Zhiwei (2009)					X	X		X						X	
Bai et al.(2010)				X							X				
Shang et al. (2010)		X		X	X	X	X						X		
Shaw et al.(2010)	X										X				
Lau(2011)				X		X					X		X		
Naini et al.(2011)			X	X		X								X	
Olugu et al.(2011)	X	X	X	X	X			X					X		
Ma y Liu (2011)				X							X			X	
Yan y Xia (2011)		X		X	X			X	X				X		
Liu et al.(2012b)	X	X		X									X		
Olugu y Wong (2012)	X					X		X						X	
Tseng y Chiou (2012)														X	
Björklund y Abrahamsson (2012).								X						X	
Büyükoçkan y Çifçi (2012)				X										X	
Dey y Cheffi (2013)	X			X	X			X						X	
Azevedo et al.(2013)			X	X		X		X			X			X	
Lin(2013)		X	X	X				X					X		
Diabat et al.(2013)	X	X	X	X				X					X		

Así mismo, de los 45 estudios, sólo ocho proponían indicadores de desempeño ambiental que abarcaban varias prácticas ambientales del enfoque GSCM. Estos fueron los trabajos de Lau (2011), Ma y Liu (2011), Azevedo *et al.* (2013), Sellito *et al.* (2015), Sarache *et al.* (2015), Azevedo *et al.* (2016), Nie (2016) y Thanki y Thakkar (2016). Lau (2011) propone un indicador de desempeño logístico verde (GLPI por sus siglas en inglés) para facilitar la comparación entre 58 empresas de China y 49 de Japón; sin embargo, sólo se centra en el subsector de la industria de aparatos electrónicos y abarca sólo tres de las diez prácticas ambientales identificadas en ésta tesis.

Ma y Liu (2011), proponen indicador combinando dos métodos (DEA y AHP) para la selección de proveedores, incluyendo criterios ambientales y no ambientales. Sin embargo, en los criterios ambientales sólo tiene en cuenta el reciclaje y reutilización de recursos. Azevedo *et al.* (2013), proponen un indicador ecoresiliente para evaluar el desempeño ambiental y resiliente de cuatro empresas y sus cadenas de abastecimiento, pertenecientes al sector automotriz. Sin embargo, este estudio sólo tuvo en cuenta tres de las diez prácticas ambientales identificadas y aborda un solo contexto de la industria.

Sellito *et al.* (2015), evalúan el desempeño de las prácticas GSCM en el sector automotriz de China a partir de la priorización de los constructos de prácticas estratégicas, operacionales y de innovación en cada eslabón de la cadena de abastecimiento. Sin embargo, este estudio sólo aborda 7 de las 10 prácticas ambientales identificadas bajo el enfoque GSCM, el indicador es construido a partir de un método de ponderación simple, no tiene en cuenta las prácticas de apoyo y sólo evalúa dos empresas de un mismo sector.

Sarache *et al.* (2015), el cual, hasta el momento es la contribución que mayor número de prácticas ambientales y subsectores industriales ha abarcado, propuso un indicador de desempeño ambiental integrando ocho de las diez prácticas ambientales identificadas en el estado del arte. Sin embargo, el tamaño de la muestra utilizada fue pequeña, al aplicar el indicador sólo en 14 empresas. Es importante mencionar, que a nivel del contexto colombiano sólo se encontró ésta contribución.

Azevedo *et al.* (2016) proponen un índice LARG que mide el comportamiento global de 6 empresas que conforman una cadena de suministro del sector automotriz en los paradigmas lean, ágil, resiliente y verde. Nie (2016) propone un indicador verde a partir de cuatro componentes, el grado de impacto ambiental, la tasa de utilización de recursos,

el beneficio ambiental y la reputación de la organización. Thanki y Thakkar (2016) introducen un índice denominado "índice eco-esbelto" para medir la eficiencia de utilización de los recursos en el sistema de producción e identificar las oportunidades de mejora para minimizar los desechos operativos y ambientales.

Con base en lo expuesto anteriormente y los resultados de la Tabla 1-3, se puede concluir que en la revisión de la literatura no se lograron identificar contribuciones que propusieran un indicador integral para valorar el desempeño ambiental, el cual integrará las 10 prácticas ambientales identificadas en el enfoque GSCM y sus sub-prácticas. Éste hallazgo permite entonces reiterar la existencia de un vacío de conocimiento y por tanto, se refuerza la necesidad de avanzar en investigaciones que contribuyan al diseño de indicadores ambientales que integren de forma más completa y sistemática el conjunto de prácticas y sub-prácticas identificadas en al presente tesis de maestría.

1.4 Conclusiones parciales

Como resultado del desarrollo económico mundial y los altos niveles de industrialización, los problemas del deterioro ambiental que enfrenta cada país crecen a diario y están poniendo en peligro en gran medida el entorno natural. Como consecuencia de ésta situación, las empresas se han visto sujetas a crecientes presiones externas e internas que han generado la búsqueda de iniciativas de gestión ambiental.

Entre las iniciativas ambientales, se ha prestado especial atención a las que no sólo contemplan las actividades propias de la empresa, sino que también involucran las que requieren la colaboración de los actores co-responsables de la generación de los problemas ambientales; es decir, aquellas iniciativas que se extienden al contexto de toda la cadena de suministro. Se destaca el GSCM, en el cual, se asume toda la responsabilidad ambiental de las actividades de la cadena de suministro; logrando con esto, que las empresas no sólo reduzcan su impacto ambiental sino también que alcancen beneficios económicos, una mejor eficiencia del negocio y, una mayor ventaja competitiva.

Aunque no existe un consenso en la definición del GSCM, es cierto que su implementación se logra por medio de las prácticas de gestión ambiental. Estas prácticas, ayudan a las empresas a ajustarse a la normativa ambiental, a examinar y mejorar sus operaciones

internas, a involucrar a los empleados y a movilizar las distintas áreas de una organización para incorporar la gestión ambiental.

Si bien en el estado del arte se identificaron 10 prácticas ambientales (gestión ambiental interna, diseño verde, colaboración ambiental, compras verdes, manufactura verde, distribución verde, marketing verde, logística inversa, gestión de recursos humanos verde sistemas y tecnologías de la información verde), no se evidenciaron estudios que las abordara a todas de forma sistemática y conjunta. De igual forma, cada práctica posee una serie de sub-prácticas asociadas, las cuales son una contribución relevante de la presente investigación.

En la teoría del GSCM, la evaluación del desempeño ambiental es considerada como uno de sus pilares, puesto que es fuente de datos para que las empresas tomen decisiones frente a sus actuaciones, identifiquen áreas de mejora, apliquen estrategias sostenibles que reduzcan el riesgo e impacto ambiental, cumplan con la normatividad ambiental, desarrollen capacidades para la mejora continua, logren una diferenciación en los productos y añadan ventajas competitivas.

Aunque existen metodologías y sistemas de evaluación del desempeño ambiental aceptadas a nivel mundial como el análisis del ciclo de vida, la norma ISO 14031 y el Global Reporting Initiative, las cuales proponen diferentes métricas e indicadores ambientales, éstas pueden no ser adecuadas para evaluar la cadena de suministro desde un enfoque GSCM, debido a limitaciones tales como, que las medidas utilizadas no están integradas, no abarcan la totalidad de las prácticas ambientales de la cadena de suministro y su función está más direccionada a informar que a ponderar y entender los índices numéricos.

De igual forma, es posible afirmar que existen pocos esfuerzos en proponer indicadores o medidas de desempeño ambiental que de manera fácil y práctica evalúen de forma integral las prácticas ambientales en las empresas y, que así mismo, tengan en cuenta otras características importantes identificadas en el estado del arte, como la consideración de las normas ambientales, la combinación de criterios cuantitativos y cualitativos, la agregación de medidas individuales y la estandarización de criterios.

Sobre la base de los anteriores argumentos, la revisión de literatura permite identificar la falta de más trabajos que aporten indicadores integrales para la medición del desempeño ambiental. En particular, no se encontró un indicador que aborde de forma sistemática las diez prácticas ambientales identificadas en ésta tesis y sus sub-prácticas asociadas. Lo anterior ratifica la existencia de un vacío de conocimiento que da sustento a la necesidad de diseñar un indicador de desempeño ambiental basado en el enfoque GSCM.

2. Capítulo 2: Metodología propuesta para el diseño y aplicación del indicador

Como se discutió en la revisión de literatura de la presente tesis, existe un conjunto amplio de prácticas y sub-prácticas ambientales que deben ser integrados dentro del denominado enfoque GSCM. Éstas, tienen como fin determinar estado de las empresas frente al desempeño ambiental, para lo cual, deben estar estructuradas multidimensionalmente, en forma de un indicador agregado que sea cuantificable y representativo.

A pesar de que en el estado del arte existen diversas contribuciones orientadas a medir el desempeño ambiental de las empresas, no se encontraron aportes que permitieran aplicar un indicador que integre las 10 prácticas ambientales identificadas en la literatura y sus respectivas sub-práctica. Por tanto, la presente investigación pretende llenar este vacío mediante el diseño y aplicación de un indicador basado en el enfoque GSCM. Éste indicador no sólo aborda las 10 prácticas ambientales identificadas y sus sub-prácticas asociadas bajo el enfoque GSCM, sino que además incluye las relaciones causales entre éstas.

De esta forma, ésta contribución permite brindar una herramienta de evaluación comparativa para las empresas que conlleve, no sólo a la generación de soluciones para la problemática ambiental mediante la evaluación, control y mejoramiento continuo de las prácticas verdes, sino también para proporcionar a los gerentes información para apoyar su decisiones respecto el tipo de prácticas en las cuales se debe orientar los esfuerzos para mejorar su impacto positivo en el desempeño ambiental.

Por tal motivo, el presente capítulo expone los aspectos metodológicos para la construcción y aplicación de un indicador que permita medir el desempeño ambiental bajo el enfoque GSCM. Para su presentación, el capítulo expone las etapas a emplear para la

construcción y aplicación del indicador. Tanto la metodología como el indicador en sí mismo, constituyen un aporte fundamental de la presente tesis de maestría.

2.1 Desarrollo de la metodología propuesta

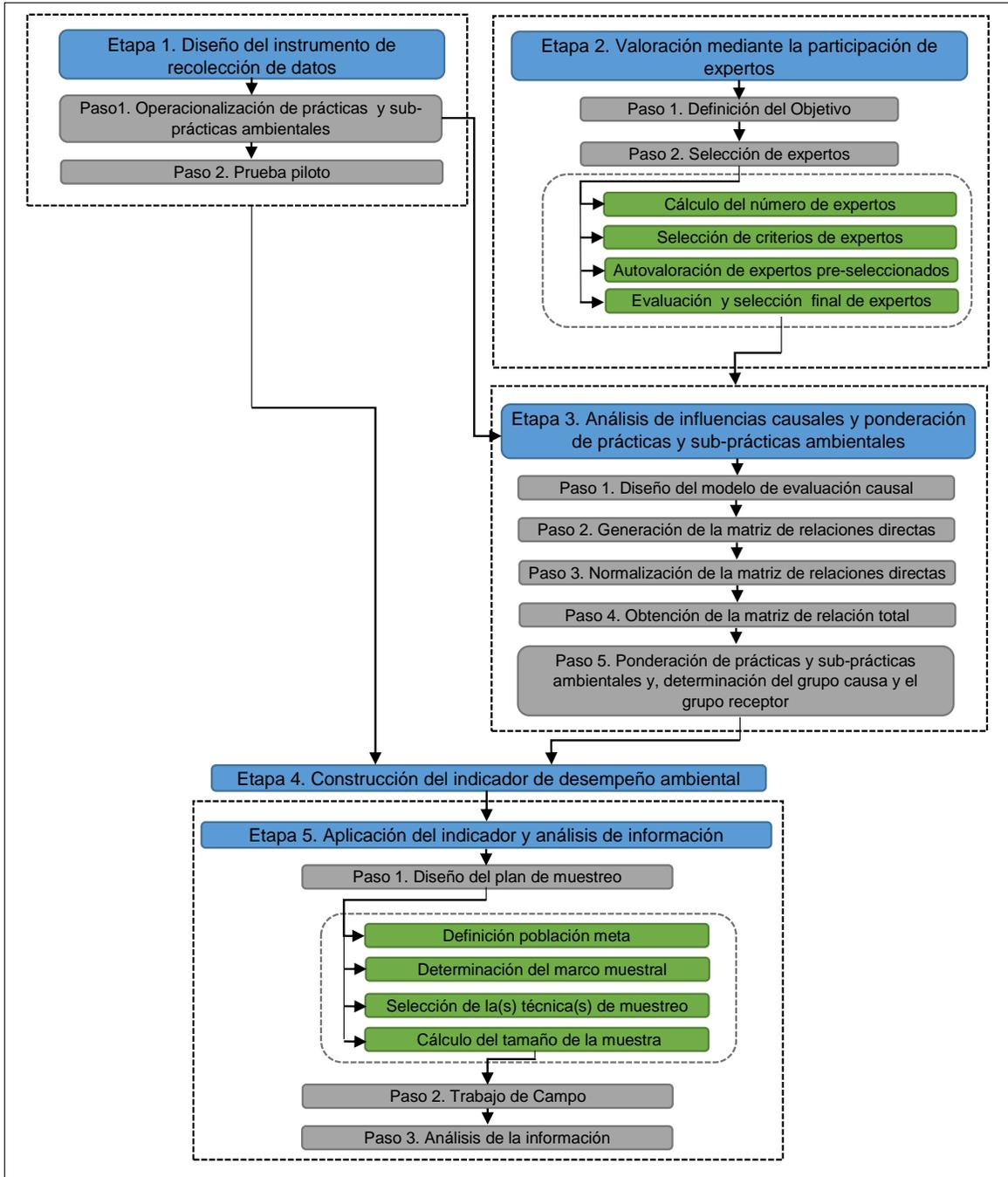
La metodología para la construcción y aplicación del indicador propuesto para la evaluación del desempeño ambiental, se compone de 5 etapas. En la primera etapa, se operacionalizan las prácticas y sus sub-prácticas asociadas, identificadas en el marco teórico, se diseña el instrumento de recolección de datos y se realiza la prueba piloto para su validación; en la segunda etapa, se realiza la evaluación y selección de los expertos. En la tercera etapa, los expertos evalúan tanto las relaciones de influencia entre el conjunto de prácticas ambientales como entre sus respectivas sub-prácticas y, así mismo, realizan la ponderación de éstas. A partir de lo anterior, en la cuarta etapa se plantea la construcción del indicador de desempeño ambiental mediante una agregación y ponderación matemática de todas las prácticas y sub-prácticas. Finalmente, en la quinta etapa se realiza la validación del indicador y el análisis de los resultados. En la figura 2-1 se ilustran las 5 etapas propuestas; la descripción y aspectos metodológicos subyacentes para cada etapa, se exponen a continuación.

2.1.1 Etapa 1: Diseño del instrumento de recolección de datos

En la investigación científica con enfoque cuantitativo, hay gran variedad de técnicas o instrumentos para la recolección de información en el trabajo de campo (Bernal, 2010). Según Giraldo *et al.* (2001), la investigación cuantitativa utiliza generalmente los siguientes instrumentos y técnicas para la recolección de información: encuestas, entrevistas, observación sistemática, escalas de actitudes, análisis de contenido, test estandarizados y no estandarizados, grupos focales y grupos de discusión, pruebas de rendimiento, inventarios, fichas de cotejo, experimentos, técnicas proyectivas y pruebas estadísticas.

Sin embargo, como lo afirman Brace (2008) y Bernal (2010), tal vez el instrumento más utilizado para recolectar los datos es la encuesta, la cual se fundamenta en un cuestionario o conjunto de preguntas respecto de una o más variables a medir que se preparan con el propósito de obtener información de las personas. El tipo de instrumento seleccionado en ésta investigación fue la encuesta y el canal de divulgación fue presencial.

Figura 2-1: Estructura metodológica de la evaluación de desempeño ambiental bajo el enfoque GSCM



Fuente: elaboración propia a partir de los aportes de Cerezal (2004), Sarache et al. (2005), Malhotra (2008), Díaz (2010), Sampieri et al. (2010), Michalus (2011), Espinosa y Salinas (2013), Sumrit y Anuntavoranich (2013), Falatoonitoosi et al. (2013) y Falatoonitoosi et al. (2014).

De acuerdo con Sampieri *et al.* (2010), para la recolección de datos por medio de la encuesta, se debe elaborar un plan detallado de procedimientos que conduzcan a recolectar y validar los datos pertinentes sobre las variables de las unidades de análisis. El procedimiento a seguir en el diseño de la encuesta se expone a continuación:

Paso 1. Operacionalización de las prácticas y sub-prácticas ambientales

De acuerdo con Zhu *et al.* (2008b) y Liu *et al.* (2012), la operacionalización de las prácticas ambientales significa determinar las variables dependientes e independientes de la investigación. La variable dependiente en éste estudio, es el indicador de desempeño ambiental bajo el enfoque GSCM, el cual medirá el nivel general de implementación de las prácticas ambientales en las empresas. De esta forma, dicho indicador será representado por las prácticas y sub-prácticas ambientales identificadas en el marco teórico, las cuales serán las variables independientes de la investigación.

Así mismo, Sampieri *et al.* (2010) agregan que la operacionalización de las variables implica convertir su concepto abstracto en uno empírico, susceptible de ser medido a través de la aplicación de un instrumento. De esta forma, los ítems a construir deben estar codificados, es decir, debe tener un valor numérico que los represente, para que puedan ser analizados cuantitativamente. Cada codificación debe corresponder a una categoría asignada por el investigador. Así, según Malhotra (2008) y Sampieri *et al.* (2010), existen cuatro escalas básicas de medición:

- Nivel de medición nominal: Es un esquema de etiquetado (o rotulado) figurado, en el cual los números sólo sirven como etiquetas (o rótulos) para identificar y clasificar objetos (Malhotra, 2008); sin embargo, como lo señala Sampieri *et al.* (2010), las categorías no tienen orden ni jerarquía.
- Nivel de medición ordinal: Es una escala de clasificación donde se asignan números a objetos para indicar la magnitud relativa en la cual éstos poseen una característica; sin embargo, los números indican la posición relativa de los objetos, pero no la magnitud de las diferencias entre ellos (Malhotra, 2008).
- Nivel de medición por intervalos: Las distancias numéricamente iguales en la escala representan valores iguales en la característica medida. Una escala de intervalo

contiene toda la información de una escala ordinal; pero también permite comparar diferencias entre los objetos (Malhotra, 2008).

- Nivel de medición de razón: Posee todas las propiedades de las escalas nominal, ordinal y de intervalo, además de un punto cero absoluto. Por lo tanto, en las escalas de razón es posible identificar o clasificar objetos, jerarquizarlos y comparar los intervalos o las diferencias (Malhotra, 2008).

Paso 2. Prueba piloto

En toda investigación cuantitativa se aplica un instrumento para medir las variables de interés. Esa medición es efectiva cuando el instrumento de recolección de datos en realidad representa a las variables que se quieren medir. Para esto, es requisito aplicar las pruebas de confiabilidad y la validez del instrumento (Sampieri *et al.*, 2010). Así mismo, en éste paso también se prueba el instrumento en una muestra piloto, para identificar y eliminar los problemas potenciales y verificar su pertinencia y eficacia. Por tanto, todos los aspectos del cuestionario deben probarse, incluyendo contenido, redacción, secuencia, formato, distribución y dificultad de las preguntas, e instrucciones (Malhotra, 2008).

- La confiabilidad mide el grado en que un instrumento produce resultados consistentes y coherentes (Sampieri *et al.*, 2010). De esta forma, la confiabilidad se calcula y evalúa para todo el instrumento de medición utilizado. Existen diversos procedimientos para calcular la confiabilidad de un instrumento de medición, los cuales utilizan fórmulas que producen coeficientes de fiabilidad que pueden oscilar entre cero y uno, donde un coeficiente de cero significa nula confiabilidad y uno representa un máximo de confiabilidad. Para el presente estudio, se utilizarán como medidas de coherencia o consistencia interna el coeficiente alfa de Cronbach, puesto que su ventaja reside en que no es necesario dividir en dos mitades a los ítems del instrumento y, simplemente se aplica una vez la medición y se calcula el coeficiente.
- La validez en términos generales, se refiere al grado en que un instrumento realmente mide la variable que pretende medir (Sampieri *et al.*, 2010). Para su medición, pueden tenerse diferentes tipos de evidencia: evidencia relacionada con el contenido y evidencia relacionada con el constructo.

- La validez de contenido se refiere al grado en que un instrumento refleja un dominio específico de contenido de lo que se mide; es el grado en el que la medición representa al concepto o variable medida (Sampieri *et al.*, 2010).
- La validez del constructo es probablemente la más importante, sobre todo desde una perspectiva científica, y se refiere a qué tan exitosamente un instrumento representa y mide un concepto teórico (Grinnell *et al.*, 2010). Así, ésta se obtiene mediante el análisis factorial. Tal método indica cuántas dimensiones integran a una variable y qué ítems conforman cada dimensión. Los reactivos que no pertenezcan a una dimensión, quiere decir que están “aislados” y no miden lo mismo que los demás ítems; por tanto, deben eliminarse (Sampieri *et al.*, 2010).

2.1.2 Etapa 2. Valoración mediante la participación de expertos

La solución al problema científico planteado, resumido en los instrumentos metodológicos desarrollados en el marco de la investigación, fue diseñada para medir el desempeño ambiental en las organizaciones. Así, ante la necesidad de aportar evidencias a favor del planteamiento teórico propuesto, es posible someter las prácticas y sub-prácticas ambientales del enfoque GSCM a una valoración mediante expertos, lo cual permita evaluar la concepción metodológica y la factibilidad de aplicación del instrumental diseñado, al objeto de estudio práctico de la investigación (Michalus, 2011).

De acuerdo con Escobar (2008) y Michalus (2011), la valoración de expertos es un método cualitativo útil, basado en la experiencia y conocimiento de un grupo de individuos considerados expertos en la materia a tratar. En esta vía, Cruz y Martínez (2012), afirman que en la literatura científica no existe acuerdo pleno respecto a la noción de experto, por lo que argumentan que subsisten casi tantas definiciones de experticia como investigadores que la estudian. Sin embargo, algunos estudios conceptuales han identificado aspectos comunes y, en general, los autores enfocan este concepto desde la óptica de la competencia profesional, de la pericia y capacidad para prever, evaluar, ofrecer valoraciones conclusivas y hacer recomendaciones viables (Landeta, 1999 y Cerezal,

2004). La siguiente, es una definición que unifica aspectos diversos y se ajusta al contexto educativo:

“Se entiende por experto a un individuo, grupo de personas u organizaciones capaces de ofrecer con un máximo de competencia, valoraciones conclusivas sobre un determinado problema, hacer pronósticos reales y objetivos sobre el efecto, aplicabilidad, viabilidad y relevancia que pueda tener en la práctica la solución que se propone, y brindar recomendaciones de qué hacer para perfeccionarla” (Crespo, 2007: 13).

Paso 1. Definición del objetivo

El objetivo que se persigue en la aplicación del método de expertos es verificar el modelo conceptual y el instrumental desarrollado, mediante la ponderación y análisis de influencias causales entre las prácticas y sub-prácticas ambientales.

Paso 2. Selección de expertos

- **Cálculo del número de expertos**

El número de expertos que se debe emplear depende del nivel de experticia y de la diversidad del conocimiento; sin embargo, la decisión sobre qué cantidad de expertos es la adecuada varía entre autores (Escobar, 2008). Así, existen diferentes criterios que van desde una cantidad mínima exigible de siete (7) individuos, hasta un máximo de 50 (Michalus, 2011). También en la literatura especializada se reportan otros métodos de cálculo a través de expresiones matemáticas (Sarache *et al.*, 2005; García y Fernández, 2008). En éste trabajo se empleará la ecuación (2-1) utilizada por Sarache *et al.* (2005):

Dónde:

$$n = \frac{P(1-P)K}{i^2} \quad (2-1)$$

i: Nivel de precisión deseado

P: Porcentaje de error que como promedio se tolera (5%)

K: Constante asociada al nivel de confianza.

- **Selección criterios de expertos**

De acuerdo con Cruz y Martínez (2012), respecto a los criterios de selección de expertos, la literatura muestra algunos tan difusos como la capacidad prospectiva y otros tan pragmáticos como el coste y la proximidad del experto. En general, pueden tomarse en consideración aspectos tales como la ética profesional, la profundidad del conocimiento, la amplitud de enfoques, el nivel de motivación, la independencia de juicios, experiencia en la realización de juicios y toma de decisiones basada en evidencia o experticia (grados, investigaciones, publicaciones, posición, experiencia y premios entre otras), reputación en la comunidad, cualidades inherentes como confianza en sí mismo y adaptabilidad, capacidad de análisis y de pensamiento y espíritu colectivista y autocrítico expresada con la propia actitud para participar y realizar autoevaluaciones de sus conocimientos sobre el tema y las fuentes de argumentación (Skjong y Wentworht, 2000; Díaz, 2010, Cruz y Martínez, 2012).

Así mismo, Calvés y Calderón (1998) plantean que los expertos seleccionados deben ser tales que sus motivaciones e intereses no se superpongan con el problema que deben abordar. En este sentido, los expertos pueden ser los propios clientes del mercado objetivo, sus representantes (para el caso de clientes corporativos) o expertos conocedores del mercado objetivo (gremios, académicos, agencias gubernamentales, etc.) (Sarache *et al.*, 2005). De esta forma, el interés en los expertos radica en el hecho que poseen valiosos conocimientos, fruto de su experiencia en uno o varios campos relacionados con la investigación, lo que permite preservar y asegurar la validez de los resultados (Michalus, 2011).

- **Autovaloración de expertos pre-seleccionados**

Para determinar la competencia de los expertos pre-seleccionados, se utilizó la metodología implementada por el Comité Estatal para la Ciencia y la Técnica de la extinta URSS para la elaboración de pronósticos científico-técnicos, cuyo objetivo consiste en determinar el nivel de competencia de un candidato a experto (Evlanov y Kutusov, 1978).

Así, la determinación de la competencia de los expertos, se obtiene mediante el coeficiente de conocimiento (K), el cual se calcula de acuerdo con la opinión del candidato sobre su

nivel de conocimiento acerca del problema que se está resolviendo y con las fuentes que le permiten argumentar sus criterios. Este coeficiente se calcula con la ecuación (2-2):

$$K = \frac{(K_c + K_a)}{2}$$

Donde K_c , según Díaz (2010), es el coeficiente de conocimiento que tiene el experto sobre la temática que se aborda y K_a , es el coeficiente de argumentación o fundamentación de los criterios del experto, determinado como resultado de la suma de los puntos alcanzados a partir de una tabla patrón.

○ **Determinación del coeficiente de conocimiento**

El coeficiente K_c se calculó sobre la base de la valoración del propio experto acerca del conocimiento o información que considera tener acerca de la temática que se aborda, mediante la valoración de una serie de preguntas en una escala de 0 a 10 puntos. El valor inferior (0) indica absoluto desconocimiento de la problemática que se evalúa, y el valor superior (10), un profundo y pleno conocimiento sobre la referida problemática. Luego, de acuerdo con Michalus (2011), el K_c de cada experto se determina mediante la ecuación (2-3):

$$K_c = \frac{\sum_{i=1}^n K_{pi}}{n} \tag{2-3}$$

Donde:

K_{pi} : es el puntaje que a través de una escala de 0 a 10 puntos, que asigna el experto a cada pregunta “P” del cuestionario.

n: número total de preguntas del cuestionario de autovaloración

En la Tabla 2-1 aparecen las preguntas planteadas sobre el nivel de conocimiento, realizadas para medir el coeficiente de conocimiento de los expertos.

Tabla 2-1: Variables propuestas para medir el coeficiente de conocimiento de los posibles expertos.

Codificación	Tema
P.1	Conocimiento general sobre gestión de cadenas de abastecimiento verde
P.2	Conocimiento en general sobre las prácticas de gestión ambiental que implementan las empresas manufactureras
P.3	Conocimiento en general sobre metodologías, enfoques y herramientas para evaluar el desempeño ambiental
P.4	Conocimiento en general sobre indicadores de desempeño ambiental
P.5	Conocimiento en general sobre la normatividad ambiental

Fuente: elaboración propia

○ **Determinación del coeficiente de argumentación**

El coeficiente de argumentación o fundamentación K_a de los criterios del experto, es determinado como resultado de la puntuación que el propio experto asignó a las principales fuentes de conocimiento en sus respuestas con respecto a una tabla patrón, la cual fue propuesta por Cruz y Martínez (2012). En la Tabla 2-2 se ilustra la escala definitiva para la determinación del coeficiente K_a en la encuesta de autovaloración.

Tabla 2-2: Patrón de puntuaciones asignadas a las fuentes de argumentación declaradas por el experto

Codificación	Fuentes de argumentación	Grado de influencia de las fuentes en sus criterios/opiniones					
		MA	A	M	B	MB	N
F _{a1}	Capacidad de análisis	0.18	0.14	0.11	0.07	0.04	0
F _{a2}	Comprensión del problema	0.12	0.10	0.07	0.05	0.02	0
F _{a3}	Amplitud de enfoques	0.12	0.10	0.07	0.05	0.02	0
F _{a4}	Conocimiento del estado actual del problema	0.13	0.10	0.08	0.05	0.03	0
F _{a5}	Nivel de motivación por resolver el problema	0.14	0.12	0.09	0.06	0.03	0
F _{a6}	Desarrollo de estudios empíricos	0.15	0.12	0.09	0.06	0.03	0
F _{a7}	Experiencia de orden empírico (práctica profesional)	0.16	0.13	0.10	0.07	0.03	0

Leyenda: MA: muy alto A: alto M: medio B: bajo MB: muy bajo N: nulo

Fuente: Adaptado de Cruz y Martínez (2012)

De esta forma, se suministra una tabla con las fuentes indicadas en las filas, en donde cada experto indica el grado de influencia de dicha fuente en sus conocimientos sobre el tema, de acuerdo con los niveles Muy Alto (MA), Alto (A), Medio (M), Bajo (B), Muy Bajo (MB), Nulo (N). Se determina entonces K_a como la suma de los puntos a partir de comparar

las casillas marcadas por el experto con la tabla patrón (ver Tabla 2-2), donde se establece a priori la puntuación asignada a cada fuente.

- **Evaluación y selección final de expertos**

Finalmente, teniendo como datos los coeficientes de conocimientos K_c y de argumentación K_a , se calcula el coeficiente de competencia de cada experto K según la ecuación (2-2), y se evalúa la competencia del experto mediante la aplicación de la siguiente escala (Cruz y Martínez, 2012):

Si $0.75 < K \leq 1.0$, se considera que el experto tiene una competencia alta.

Si $0.5 < K \leq 0.75$, se considera que el experto tiene una competencia media.

Si $K \leq 0.5$, se considera que el experto tiene una competencia baja.

2.1.3 Etapa 3. Análisis de influencias causales y ponderación de prácticas y sub-prácticas ambientales

La evaluación del desempeño ambiental bajo el enfoque GSCM es un problema complejo de toma de decisiones con múltiple criterios que incluye factores tanto cualitativos como cuantitativos, que pueden ser inconsistentes e inciertos. Para esto, se requieren métodos de toma de decisiones multicriterio (MCDM, por sus siglas en inglés) para manejar y resolver el problema de manera efectiva (Falatoonitoosi *et al.*, 2013).

Sin embargo, como lo señala Falatoonitoosi *et al.* (2014), los estudios previos sobre la evaluación de la prácticas ambientales han trabajado sólo en modelos cuantitativos como la técnica de proceso analítico jerárquico (AHP), el método de evaluación difusa y evaluación generalizada gris, sin tener en cuenta a la compleja relación causal, dependencias y retroalimentación simultánea entre los criterios del sistema (Yang *et al.*, 2013). Así, si las interacciones entre las prácticas ambientales no son consideradas, cualquier evaluación puede ser no precisa y fiable (Falatoonitoosi *et al.*, 2014; Govindan *et al.*, 2015).

Para dar respuesta a lo anterior, el presente estudio propone utilizar el método multicriterio DEMATEL, con el cual se pretende evaluar el grado de dependencia interior de la gestión

de la cadena de suministro verde, así como la visualización de la compleja relación de causalidad estructural entre los criterios del sistema que adquieren influencia de los criterios de otros niveles (Sumrit y Anuntavoranich, 2013). Una de las ventajas de esta técnica, que la hacen superior a los demás métodos de decisión, es que cada factor o criterio, pueden ejercer y recibir influencia de otros a nivel superior o inferior (Falatoonitoosi *et al.*, 2014).

Así mismo, éste método ha sido ampliamente aceptado como una de las mejores herramientas para hacer frente a problemas complejos, analizando las influencias causales y/o derivando la interdependencia entre las variables estructurándolos a través de representaciones gráficas (Espinosa y Salinas, 2013; Sumrit y Anuntavoranich, 2013). De esta forma, basado en los aportes Espinosa y Salinas (2013), Sumrit y Anuntavoranich (2013), Falatoonitoosi *et al.* (2013) y Falatoonitoosi *et al.* (2014), se presenta el siguiente subprocedimiento basado en el método DEMATEL, para encontrar las relaciones causales entre el conjunto de prácticas ambientales y el conjunto de sub-prácticas ambientales, así como su ponderación.

Paso 1. Diseño del modelo de evaluación causal

Sobre la base de las 10 prácticas ambientales del enfoque GSCM identificadas en la revisión de literatura, se deben evaluar los efectos directos e indirectos y las relaciones causales entre éstas. Dichas evaluaciones de causalidad, servirán para diseñar el indicador con el que se valorará el desempeño ambiental en las empresas.

Paso 2. Generación de la matriz de relaciones directas (A):

- **Generación de la matriz de relaciones directas (A) para las prácticas ambientales:**

Inicialmente se evalúa la relación entre las prácticas ambientales mediante una escala de comparación diseñada en cuatro niveles: 0: Sin influencia, 1: Influencia baja, 2: Influencia media, 3: Influencia alta.

Un grupo de H expertos y n criterios (prácticas ambientales) se utilizan en éste paso. Al equipo de expertos seleccionados en la Etapa 2, se le pide hacer las comparaciones por pares en términos de influencia y la dirección entre las prácticas ambientales. De esta forma, cada experto responde a las preguntas determinadas para ilustrar el grado en que

una práctica i afecta una práctica j debido a sus opiniones. Por ahora a_{ij} denota comparaciones por pares entre dos criterios y se le asigna un puntaje entero que va de 0, 1, 2 y 3. Para cada experto, se construye una matriz no negativa $n \times n$ $X^K = [x_{ij}^K]_{n \times n}$, con $1 \leq k \leq H$. Por lo tanto, $X^1, X^2, X^3, \dots, X^H$ son las matrices de los expertos H . Una puntuación alta indica que es necesaria una mayor mejoría en i para mejorar j . Entonces, es posible calcular la matriz promedio $n \times n$ A , que tiene en cuenta todas las opiniones de los expertos promediando sus puntuaciones, tal y como se muestra en la ecuación 2-4:

$$[a_{ij}]_{n \times n} = \frac{1}{H} \sum_{k=1}^H [x_{ij}^k]_{n \times n} \quad (2-4)$$

La matriz promedio $A [a_{ij}]_{n \times n}$ también es llamada la matriz de relaciones directas, la cual indica los efectos directos iniciales que cada criterio ejerce sobre y recibe de otros criterios.

- **Generación de las matrices de relaciones directas para las sub-prácticas ambientales(Am):**

Luego de generar la matriz directa (A) para las prácticas ambientales, se evalúa para cada una de éstas, la relación entre sus sub-prácticas mediante una escala de cuatro niveles: 0: Sin influencia, 1: Influencia baja, 2: Influencia media, 3: Influencia alta.

Un grupo de H expertos y n prácticas ambientales y p (sub-prácticas ambientales) se utilizan en éste paso. Al equipo de expertos seleccionados en la Etapa 2, se le pide hacer las comparaciones por pares en términos de influencia y la dirección entre las sub-prácticas de cada práctica. De esta forma, cada experto responde para cada práctica ambiental (n) a las preguntas determinadas para ilustrar el grado en que una sub-práctica i afecta una sub-práctica j debido a sus opiniones. Por ahora a_{ij} denota comparaciones por pares entre dos sub-prácticas y se le asigna un puntaje entero que va de 0, 1, 2 y 3. Para cada experto, se construye 10 matrices no negativas $p \times p$ $X_m^k = [x_{mij}^k]_{p \times p}$, con $1 \leq m \leq n$ y $1 \leq k \leq H$. Por tanto, $X_1^1, X_1^2, X_1^3, X_1^4, X_1^5, X_1^6, X_1^7, X_1^8, X_1^9, X_1^{10}, \dots, X_n^H$, son las matrices de los expertos H para las sub-prácticas de las cada una de las n prácticas ambientales. Una puntuación alta indica que es necesaria una mayor mejoría en i para mejorar j . Entonces, es posible calcular las 10 matrices promedio $p \times p$ A , que tiene en cuenta todas las

opiniones de los expertos promediando sus puntuaciones, tal y como se muestra en la ecuación 2-5:

$$[a_{mij}]_{pxp} = \frac{1}{H} \sum_{k=1}^H [x_{mij}^k]_{pxp}, m=1,2,\dots, n \quad (2-5)$$

Las matriz promedio $A_m [a_{mij}]_{pxp}$ también es llamada matriz de relaciones directas, la cual indica los efectos directos iniciales que cada criterio ejerce sobre y recibe de otros criterios.

Paso 2: Normalización de la matriz de relaciones directas (D):

- **Normalización de la matriz de relaciones directas de las prácticas ambientales (D):**

Sobre la base de la matriz de relaciones directas A , se obtiene la matriz normalizada de relaciones directas inicial $D = [d_{ij}]$, la cual se calcula dividiendo cada elemento de A por el escalar λ . Cada elemento d_{ij} de la matriz D se encuentra entre $[0, 1]$. Luego, la matriz D se puede conseguir a través de las ecuaciones (2-6), (2-7) y (2-8):

$$D = \lambda * A \quad (2-6)$$

O

$$[d_{ij}]_{nxn} = \lambda [a_{ij}]_{nxn} \quad (2-7)$$

Donde

$$\lambda = \text{Min} \left[\frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n a_{ij}}, \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{i=1}^n a_{ij}} \right], i,j=1,2,\dots, n. \quad (2-8)$$

En consecuencia, los efectos directos totales que el criterio i ejerce sobre los otros criterios, se obtienen mediante la suma de cada fila de la matriz A ; la suma de cada columna j representa la mayoría de los efectos directos sobre otros por los efectos directos totales del criterio. Del mismo modo, ya que la suma de cada columna j de la matriz A representa los efectos directos totales de otros criterios recibidos por el criterio i ; $\max \sum_{i=1}^n a_{ij}$ representa el mayor de los efectos directos totales que el criterio j recibe de los otros criterios; luego, λ toma el más pequeño de los dos como el límite superior.

- **Normalización de las matrices de relaciones directas de las sub-prácticas ambientales (D_m):**

Siguiendo el mismo procedimiento para la normalización de la matriz de relaciones directas de las prácticas ambientales (D), se obtienen 10 matrices normalizadas de relaciones directas iniciales de las sub-prácticas ambientales para cada práctica. Así, cada una de las 10 matrices normalizadas calcula dividiendo cada elemento de A_m por el escalar λ . Cada elemento d_{mij} de la matriz D_m se encuentra entre [0, 1]. Luego, la matriz D se puede conseguir a través de las ecuaciones (2-9), (2-10) y (2-11):

$$D_m = \lambda * A_m. \quad (2-9)$$

O

$$[d_{mij}]_{p \times p} = \lambda [a_{mij}]_{p \times m} \quad (2-10)$$

Donde

$$\lambda = \text{Min} \left[\frac{1}{\max_{1 \leq i \leq p} \sum_{j=1}^p a_{mij}}, \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq p} \sum_{i=1}^p a_{mij}} \right], \quad i, j=1, 2, \dots, p. \quad (2-11)$$

En consecuencia, los efectos directos totales que el criterio i ejerce sobre los otros criterios, se obtienen mediante la suma de cada fila de la matriz A_m ; la suma de cada columna j representa la mayoría de los efectos directos sobre otros por los efectos directos totales del criterio. Del mismo modo, ya que la suma de cada columna j de la matriz A_m representa los efectos directos totales de otros criterios recibidos por el criterio i ; $\max \sum_{i=1}^p a_{mij}$ representa el mayor de los efectos directos totales que el criterio j recibe de los otros criterios; luego, λ toma el más pequeño de los dos como el límite superior.

Paso 3. Obtención de la matriz de relación total (T)

- **Obtención de la matriz de relación total para prácticas ambientales (T)**

Sobre la base de la teoría de la cadena de Markov, D^s como potencia de la matriz D, por ejemplo, $D^1, D^2, \dots, D^\infty$, es la matriz absorbente que garantiza soluciones convergentes a la inversión de la matriz. Así, en la expresión (2-12), nótese que:

$$(2-12)$$

$$\lim_{s \rightarrow \infty} D^s = [0]_{n \times n},$$

$[0]_{n \times n}$ es una matriz nula ($n \times n$)

La matriz de relación $T_{n \times n}$, se obtiene mediante la ecuación (2-13), en las que I es una matriz identidad de orden $n \times n$. El elemento de t_{ij} representa los efectos indirectos que el factor i tuvo en el factor j , entonces la matriz T refleja la relación total entre cada par de factores.

$$\begin{aligned} T &= \lim_{s \rightarrow \infty} (D + D^1 + D^2 + \dots + D^s) \\ &= \sum_{s=1}^{\infty} D^s \end{aligned}$$

Donde

(2-13)

$$\begin{aligned} \sum_{s=1}^{\infty} D^s &= D^1 + D^2 + \dots + D^s \\ &= D(I + D^1 + D^2 + \dots + D^{s-1}) \\ &= D(I - D)^{-1}(1 - D)(I + D^1 + D^2 + \dots + D^{s-1}) \\ &= D(I - D)^{-1}(I - D^s) \\ T &= D(I - D)^{-1} \end{aligned}$$

- **Obtención de las matrices de relación total para las sub-prácticas ambientales (T_m)**

Siguiendo el mismo procedimiento para la obtención de la matriz de relación total para las prácticas ambientales (T), se obtienen 10 matrices de relaciones totales para las sub-prácticas ambientales de cada práctica ambiental (T_m). Así, con base en la teoría de la cadena de Markov, Dm^s como potencia de la matriz Dm , por ejemplo, $Dm^1, Dm^2, \dots, Dm^\infty$, es la matriz absorbente que garantiza soluciones convergentes a la inversión de la matriz. Así, en la ecuación (2-14), nótese que:

$$\lim_{s \rightarrow \infty} Dm^s = [0]_{n \times n}, \quad (2-14)$$

$[0]_{n \times n}$ es una matriz nula ($n \times n$)

La matriz de relación $Tm_{p \times p}$ de las sub-prácticas para cada práctica ambiental, se obtiene mediante la ecuación (2-15), en las que I es una matriz identidad de orden $p \times p$. De esta forma, se generan 10 matrices de relación total Tm con $1 \leq m \leq n$. Así, cada elemento tm_{ij} representa los efectos indirectos que el factor i tuvo en el factor j en la matriz Tm , entonces la matriz Tm refleja la relación total entre cada par de factores.

$$Tm = \lim_{s \rightarrow \infty} (Dm + Dm^1 + Dm^2 + \dots + Dm^s)$$

$$= \sum_{s=1}^{\infty} Dm^s$$

Donde

(2-15)

$$\begin{aligned} \sum_{s=1}^{\infty} Dm^s &= Dm^1 + Dm^2 + \dots + Dm^s \\ &= Dm(I + Dm^1 + Dm^2 + \dots + Dm^{s-1}) \\ &= Dm(I - Dm)^{-1}(1 - Dm)(I + Dm^1 + Dm^2 + \dots + Dm^{s-1}) \\ &= Dm(I - Dm)^{-1}(I - Dm^s) \\ Tm &= Dm(I - Dm)^{-1} \end{aligned}$$

Paso 4. Ponderación de prácticas y sub-prácticas ambientales y determinación del grupo causa y el grupo receptor

- **Ponderación de las prácticas ambientales y determinación del grupo causa y el grupo receptor**

A partir de la matriz de relación total para las prácticas ambientales (T), se utiliza los valores de $R+C$, donde C es el vector calculado con la suma de las columnas y R es el vector calculado con la suma de filas en la matriz T , según las ecuaciones (2-16) y (2-17).

$$T = [t_{ij}]_{n \times n} \quad i, j \in \{1, 2, 3, \dots, n\}$$

$$R = [r_i]_{n \times 1} = \left(\sum_{j=1}^n t_{ij} \right)_{n \times 1},$$

$$C = [c_j]_{1 \times n} = \left(\sum_{i=1}^n t_{ij} \right)_{1 \times n}, \quad (2-17)$$

De esta forma, R demuestra los efectos totales, tanto directos como indirectos, dada por i a los demás criterios $j = 1, 2, 3, \dots, n$; de igual forma, C representa los efectos totales, directos e indirectos, recibidos por el criterio i de los otros criterios $i = 1, 2, 3, \dots, n$. Luego, la relación $(r_i + c_i)$ que se llama "importancia" o "prominencia" y demuestra el grado de importancia del criterio i en el sistema y también proporciona un indicador que muestra los efectos totales tanto dados y recibidos por el criterio i .

Para determinar el grupo causa y el grupo receptor, se utilizan los valores de $R-C$, donde C es el vector calculado con la suma de las columnas y R es el vector calculado con la suma de filas en la matriz T , según las ecuaciones 2-10 y 2-11 respectivamente. Luego, la relación $(r_i - c_i)$ muestra el efecto neto que el criterio i dona a la sistema. Cuando $(r_i - c_i)$ es positivo, el criterio i será del grupo de causas y, cuando $(r_i - c_i)$ es negativo, el criterio i es del grupo receptor.

En general, si se desea mejorar la gestión de los criterios (prácticas ambientales) que pertenecen al grupo receptor, no se debe descuidar el control de aquellos que hacen parte del grupo de las causas, ya que éstas tienen una fuerte interrelación con el resto y un bajo rendimiento puede afectar negativamente sobre el resto. Para visualizar las relaciones complejas causales entre los criterios (prácticas ambientales), se utiliza un modelo estructural visible, el cual utiliza los valores de $R + C$ y $R - C$, representados en el eje x y el eje y, respectivamente (Wang *et al.*, 2012; Espinosa y Salinas, 2013).

- **Ponderación de las sub-prácticas ambientales y determinación del grupo causa y el grupo receptor**

Siguiendo el mismo procedimiento para la ponderación de las prácticas ambientales, se obtiene para cada una de las 10 matrices de relación total para las sub-prácticas ambientales (T_m), los valores $R_m + C_m$, donde C_m es el vector calculado con la suma de las columnas y R_m es el vector calculado con la suma de filas en la matriz T_m para la matriz m ($m = 1, 2, 3, \dots, n$), según las ecuaciones (2-18) y (2-19).

$$Rm = [r_i]_{px1} = \left(\sum_{j=1}^p tm_{ij} \right)_{px1},$$

$$Cm = [c_j]_{1xp} = \left(\sum_{i=1}^p tm_{ij} \right)_{1xn},$$

De esta forma, Rm demuestra los efectos totales en la matriz m ($m = 1,2,3, \dots, n$), tanto directos como indirectos, por i a los demás criterios $j = 1,2,3, \dots, n$; de igual forma, Cm representa los efectos totales en la matriz m ($m = 1,2,3, \dots, n$), directos e indirectos, recibidos por el criterio de los otros criterios $i = 1,2,3, \dots, n$. Luego, la relación ($rmi + cmi$) que se llama "importancia" o "prominencia" y demuestra el grado de importancia del criterio i en el sistema y también proporciona un indicador que muestra los efectos totales tanto dados y recibidos por el criterio i .

Para determinar el grupo causa y receptor en el conjunto de sub-prácticas ambientales, para cada matriz m de relación total para las sub-prácticas ambientales (Tm), se calculan los valores de $Rm-Cm$, donde Cm es el vector calculado con la suma de las columnas y Rm es el vector calculado con la suma de filas en cada matriz m ($m = 1,2,3, \dots, n$), según las ecuaciones (2-18) y (2-19), respectivamente. Luego, la relación ($rmi - cmi$) muestra el efecto neto que el criterio i dona a la sistema. Cuando ($rmi - cmi$) es positivo, el criterio i será del grupo de causas, y cuando ($rmi - cmi$) es negativo, el criterio i es del grupo receptor.

En general, si se desea mejorar la gestión de los criterios (sub-preguntas ambientales) que pertenecen al grupo receptor, no se debe descuidar el control de aquellos que hacen parte del grupo de las causas, ya que éstas tienen una fuerte interrelación con el resto y un bajo rendimiento puede afectar negativamente sobre el resto. Para visualizar las relaciones complejas causales entre los criterios (sub-prácticas ambientales), se utiliza un modelo estructural visible, el cual utiliza los valores de $Rm + Cm$ y $Rm - Cm$, representados en el eje x y el eje y , respectivamente (Wang *et al.*, 2012; Espinosa y Salinas, 2013).

2.1.4 Etapa 4. Construcción del indicador de desempeño ambiental

En ésta etapa, se propone el diseño del indicador sintético, que tenga en cuenta el análisis de influencias causales y la ponderación de las prácticas y sub-prácticas ambientales, procedimiento que fue realizado en la Etapa 3 de la metodología. De acuerdo con Saisana y Tarantola (2002), un indicador sintético se entiende como aquella combinación (o agregación) matemática de los indicadores que representan los distintos componentes del concepto que se pretende evaluar a partir de un sistema de partida, proporcionando una evaluación multidimensional del mismo.

En este orden de ideas, Saisana y Tarantola (2002) y Nardo *et al.* (2005), afirman que la construcción de un indicador sintético, implica establecer un procedimiento matemático para agregar un conjunto de indicadores individuales, a los que se suele referir como sub-indicadores, para medir fenómenos multidimensionales que no podrían representarse a través de una única medida. Por su parte, Gómez-Limón y Balmon (2011), Medel-González (2015) y Actis Di Pasquale (2015), añaden que para la construcción de indicadores sintéticos de cualquier índole es necesario una serie de pasos, entre los que se encuentran: la selección de indicadores, la homogenización, la normalización, la ponderación y la agregación.

- Selección: Proceso de decisión de los indicadores que integrarán el indicador agregado (Medel-González, 2015). Para esto, como lo afirma Actis Di Pasquale (2015), se debe elaborar un constructo a partir de trabajo analítico a nivel teórico, de tal forma que se puedan especificar las actividades y con posterioridad los indicadores. Así mismo, para determinar si la introducción de un indicador es relevante, se debe estudiar no sólo la confiabilidad a través de criterios estadísticos y conocimiento de la calidad de los datos, sino también la validez interna (Actis Di Pasquale, 2015). Este paso se pretende llevar a cabo en la Etapa 1 de la Metodología propuesta.
- Homogenización: Consiste en expresar los indicadores seleccionados de naturaleza diferente a un mismo criterio ya sea de maximizar o minimizar (Medel-González, 2015)
- Normalización: Mediante esta, se pretende que el conjunto de variables cuantificadas a través de diferentes unidades de medida sea transformado en un conjunto de nuevas

variables medidas en una unidad común (Gómez-Limón y Balmon, 2011). La normalización es un paso esencial en esta dirección donde las variables (que vienen con sus propias unidades) se ponen en una escala común para el tratamiento adicional. Algunos de los métodos más usados en la literatura para la normalización son: Z-score, normalización lineal, Min.-Máx. y otros como la normalización difusa (Juwana *et al.*, 2012; Koschke *et al.*, 2012). Sin embargo, Zhou (2006), Gómez-Limón y Balmon (2011) y Medel-González (2015) recomiendan aplicar el método min-max para la construcción de indicadores por dos razones; en primer lugar, una transformación de este tipo puede hacer que el indicador dado por la media aritmética sea significativo si las variables se miden con una relación de escala y, en segundo lugar, porque los valores normalizados con éste método son bastante fáciles de interpretar.

En este orden de ideas, la normalización min-max se basa en la utilización de valores mínimo (x_{min}) y máximo (x_{max}) observados en la muestra considerada para normalizar linealmente los valores de todos los elementos de la misma, de manera que los valores mínimos y máximos tomen valores normalizados de 0 y 1, respectivamente, y todos los demás elementos adopten valores relativos que varían en el intervalo (Gómez-Limón y Balmon, 2011). Así, Zhou *et al.* (2006) y Medel-González (2015) recomiendan la expresión (2-20) para la normalización de los datos mediante éste método.

$$R_{ij} = \left\{ \begin{array}{ll} \frac{x_{ij}}{\max\{x_{ij}\}} & \text{si el indicador satisface "amayorvalormejor"} \\ 1 & \text{si } x_{ij} \geq \text{meta}\{x_{ij}\} \text{ "amayorvalormejor"} \\ \frac{\min\{x_{ij}\}}{x_{ij}} & \text{si el indicador satisface "amenorvalormejor"} \\ 1 & \text{si } x_{ij} \leq \text{meta}\{x_{ij}\} \text{ "amenorvalormejor"} \end{array} \right\} \quad (2-20)$$

- Ponderación: Dado que no se puede dar la misma importancia a todos los subindicadores, es necesario ponderarlos o lo que es lo mismo, determinar y asignar las importancias relativas de los indicadores basados en criterio de expertos (Actis Di Pasquale, 2015). Según Paoli y Moraes (2011), los métodos multi-criterio están siendo utilizados en evaluaciones de impactos ambientales. Como se observó en la Etapa 3 de éste trabajo, se pretende ponderar las prácticas y sub-prácticas ambientales mediante el método DEMATEL.

- Agregación: En este, se busca conjugar los sub-indicadores en un indicador sintético a través de algún procedimiento estadístico, matemático o lógico los diferentes (Actis Di Pasquale, 2015). Así mismo, es el resumen de la información en un valor único, logrando el indicador deseado (Medel-González, 2015). De igual forma, Actis Di Pasquale (2015) propone las propiedades matemáticas que debe reunir un indicador sintético, para dar cuenta de la bondad de los métodos utilizados en su elaboración; éstas son, existencia y determinación, monotonía, pluralidad, invariancia, homogeneidad, transitividad y exhaustividad conceptual

Por otro lado, según Diewert (1976) se han desarrollado varias reglas y formas funcionales para la agregación de indicadores sintéticos. Algunos de los métodos más usados según Zhou et al. (2006), Gómez-Limón y Balmon (2011) y Actis Di Pasquale (2015), son: el método de la agregación aditiva ponderada o suma ponderada, producto ponderado, media geométrica ponderada, la formulación multicriterio basada en la distancia del punto ideal, análisis de componentes principales, la distancia P2, la agregación de conjuntos difusos.

Respecto a lo anterior, los hallazgos de Actis Di Pasquale (2015) aportan evidencia que entre los anteriores métodos mencionados, los métodos de suma y producto ponderado, son los únicos que cumplen con las propiedades matemáticas deseables en un indicador sintético.

- Agregación aditiva: También conocida como el método de la suma ponderada, representa los métodos lineales aditivos. Su formulación corresponde a la ecuación (2-21):

$$IS_j = \sum_{i=1}^n w_j I_{ij} = w_{1j} I_{1j} + \dots + w_{nj} I_{nj} \quad (2-21)$$

De acuerdo con Blancas (2010), éste tipo de indicadores asumen siempre la completa compensabilidad entre los indicadores de partida; es decir, que en un determinado caso las desventajas presentadas en un grupo de indicadores puedan ser compensadas por una mejor situación en otros.

- Producto ponderado: Es el representante de los métodos de agregación multiplicativos o geométricos. Su formulación viene dada por la ecuación (2-22):

$$IS_j = \prod_{i=1}^p (I_{ij})^{w_i} = [(I_{ij})^{w_1} \dots (I_{pj})^{w_p}] \quad (2-22)$$

De acuerdo con Blancas (2010), a diferencia de los métodos aditivos, este procedimiento de agregación favorece a aquellos elementos que presenten valores equilibrados de los diferentes indicadores y penaliza en gran medida a aquellas unidades que presentan valores bajos en algunos de los indicadores iniciales, asignándoles un valor muy bajo en el indicador sintético final.

2.1.5 Etapa 5. Aplicación del indicador y análisis de la información

Una vez construido el indicador, es necesario su aplicación en las empresas, la recolección de datos y, el análisis y procesamiento de la información. Para esto, es necesario el diseño de un plan de muestreo que arroje el número de empresas a las cuales se les debe aplicar el instrumento de recolección de datos.

Paso 1. Diseño del plan de muestreo

Siguiendo el esquema de Malhotra (2008), el proceso de diseño del plan de muestreo incluye cinco actividades: Definir la población meta, determinar el marco de muestreo, seleccionar la técnica(s) de muestreo y calcular el tamaño de la muestra.

Así, estas actividades están muy relacionados entre sí y son relevantes para todos los aspectos del proyecto de investigación, desde la definición del problema hasta la presentación de los resultados. Por lo tanto, las decisiones sobre el diseño de la muestra deben estar integradas con todas las otras decisiones del proyecto de investigación (Malhotra, 2008). A continuación se exponen las actividades para definir una muestra:

- **Definir la población meta**

El diseño del plan de muestreo comienza con la especificación de la población meta, que es el conjunto de elementos u objetos que poseen la información buscada por el

investigador y acerca del cual se harán inferencias (Malhotra, 2008). Así, la población meta debe definirse en términos de los elementos, las unidades de muestreo, el alcance/ extensión y el tiempo (Malhotra, 2008; Bernal, 2010). Un elemento es el objeto sobre el cual se desea información. En una investigación por encuesta, el elemento suele ser el encuestado. La unidad de muestreo es un elemento, o una unidad que contiene al elemento, que está disponible para la selección en alguna etapa del proceso de muestreo. La extensión se refiere a los límites geográficos y el factor tiempo es el periodo considerado (Malhotra, 2008).

- **Determinación del marco muestral**

De acuerdo con Malhotra (2008) y Bernal (2010), se refiere a la lista, el mapa o la fuente de donde pueden extractarse todas las unidades de muestreo o unidades de análisis en la población, y de donde se tomarán los sujetos objeto de estudio.

- **Selección de la(s) técnica(s) de muestreo**

En ésta actividad, se debe decidir si usará una técnica de muestreo tradicional o bayesiano, si obtendrá la muestra con o sin reemplazo y si utilizará un muestreo probabilístico o no probabilístico (Malhotra, 2008). Dado las características de la investigación, y al requerir precisión y eficiencia del muestreo, se utilizará el muestreo probabilístico, en el cual las unidades del muestreo se seleccionan al azar y cada una tiene la misma probabilidad potencial de quedar seleccionada.

- **Cálculo del tamaño de la muestra**

El tamaño de la muestra es la parte de la población que se selecciona, de la cual realmente se obtiene la información para el desarrollo del estudio y sobre la cual se efectuarán la medición y la observación de las variables objeto de estudio (Bernal, 2010).

Así mismo, el tamaño de la muestra debe estimarse siguiendo los criterios que ofrece la estadística, y por ello es necesario conocer algunas técnicas o métodos de muestreo. El método de muestreo utilizado para estimar el tamaño de una muestra depende del tipo de investigación que desea realizarse y, por tanto, de las hipótesis y del diseño de investigación que se hayan definido para desarrollar el estudio (Bernal, 2010)

Paso 2. Trabajo de campo

Un aspecto muy importante en el proceso de una investigación tiene relación con la obtención de la información, pues de ello dependen la confiabilidad y validez del estudio, dado que los datos o información que va a recolectarse son el medio a través del cual se prueban las hipótesis, se responden las preguntas de investigación y se logran los objetivos del estudio originados del problema de investigación (Sampieri *et al.*, 2010). Esta etapa de recolección de información en investigación se conoce también como trabajo de campo (Bernal, 2010). De igual forma, el trabajo de campo implica la selección, capacitación y supervisión de las personas que reúnen los datos. La validación del trabajo de campo y la evaluación de quienes lo realizan también forman parte del proceso (Malhotra, 2008)

Paso 3. Análisis de la información

Una vez que los datos se han codificado, transferido a una matriz, guardado en un archivo y “limpiado” de errores, se procede a analizarlos (Sampieri *et al.*, 2010).

- **Técnicas para el análisis de información**

Teniendo en cuenta los objetivos de la investigación y el tamaño de muestra, se propone utilizar la estadística descriptiva para describir los datos, los valores o las puntuaciones obtenidas para cada variable y análisis bivariados para identificar diferencias en algunas variables segmentadas por grupos.

2.2 Conclusiones parciales

El presente capítulo propone una metodología que permite construir y aplicar el indicador de desempeño ambiental. Así, la metodología propuesta es una contribución novedosa y pertinente. Novedosa en el sentido de que aplica el método DEMATEL para ponderar y determinar las relaciones causales entre las prácticas ambientales a partir de un panel de expertos, previamente seleccionado. Los expertos a seleccionar, deben tener la experiencia y conocimiento suficiente en el tema GSCM, de tal forma que la ponderación y el análisis de las influencias causales, aspectos principales a tener en cuenta en el diseño del indicador, sean lo más cercano posible a la realidad. Además, la metodología es pertinente, pues por medio de ella se pueden abarcar múltiples prácticas y sub-prácticas ambientales y, es aplicable en diferentes sectores industriales.

Es importante mencionar que la selección del método de agregación también añade novedad al indicador y a la metodología propuesta, ya que dependiendo de las relaciones causales identificadas entre las prácticas y entre las sub-prácticas ambientales, es posible seleccionar el(los) métodos de agregación que se acerquen más a la realidad causal entre los diferentes prácticas ambientales y proporcionen un valor muy aproximado del nivel de desempeño de las empresas manufactureras.

Finalmente, el indicador de desempeño ambiental propuesto en la metodología descrita en el presente capítulo, pretende llenar el vacío de conocimiento detectado en el Marco Teórico y aporta valor agregado, ya que no sólo integra las diez prácticas ambientales identificadas que componen el enfoque GSCM y sus sub-prácticas, sino que también tiene en cuenta sus relaciones causales.

3. Capítulo 3: Construcción del indicador de desempeño ambiental

El presente capítulo desarrolla la metodología propuesta en el capítulo 2 para el diseño del indicador que permitirá valorar el desempeño ambiental de las empresas manufactureras grandes y medianas de la región del Eje Cafetero. Inicialmente, se aborda la operacionalización de las prácticas y sub-prácticas ambientales, el diseño del instrumento de recolección de datos para las empresas y una prueba piloto; posteriormente, se aplica el método de expertos para la selección y evaluación de los expertos, quienes en la tercera etapa mediante el método DEMATEL, ponderan y realizan el análisis de influencias causales entre las prácticas y sub-prácticas ambientales, con el fin de determinar los grupos causa y los grupos receptores. En la cuarta etapa, a partir de los resultados obtenidos en la tercera, se construye el indicador para la valoración del desempeño ambiental de las empresas manufactureras bajo el enfoque GSCM.

3.1 Diseño del Instrumento

3.1.1 Paso 1. Operacionalización de las prácticas y sub-prácticas ambientales

En la Tabla 3-1 se presenta el resumen de las prácticas ambientales utilizadas en la investigación. A partir la revisión del estado del arte, la norma ISO 14031 y el Global Reporting Initiative, se identificaron en total 10 prácticas ambientales con su conjunto de sub-prácticas más representativas, las cuales fueron 46. En el Anexo C, se presentan las prácticas ambientales, sus sub-prácticas, la codificación, la escala, los autores que las soportan y, las normas ambientales que las incluyen.

Tabla 3-1: Operacionalización de las prácticas ambientales

Práctica ambiental	Operacionalización
Gestión ambiental interna	GAI
Ecodiseño	ED
Colaboración ambiental	CA
Compras verdes	CV
Manufactura verde	MV
Distribución verde	DV
Marketing verde	MKV
Logística inversa	LI
Recursos humanos verde	RHV
Sistemas y tecnologías de la información verde	STIV

Fuente: Elaboración propia

Como escala valorativa, se seleccionó la escala cuasi-intervalo Likert de 5 valores propuesta por Zhu y Sarkis (2006) para valorar las diferentes prácticas ambientales. La dirección de las afirmaciones es positiva, es decir se califica favorablemente al objeto de actitud, cuanto más de acuerdo con la frase estén los participantes, su actitud proporcionalmente más favorable (Sampieri *et al.*, 2010). La escala utilizada en el instrumento aparece en la tabla 3-2.

Tabla 3-2: Escala de Likert propuesta para la encuesta

Valor de la escala de Likert	Significado en la encuesta para cada sub-práctica evaluada
1	No se ha considerado
2	Se está planeando considerarlo
3	Se tiene en cuenta actualmente
4	Se está iniciando su implementación
5	Se ha implementado exitosamente

Fuente: Zhu y Sarkis (2006)

Finalmente, el diseño del instrumento se realizó a partir de la operacionalización de las prácticas y sub-prácticas ambientales. El instrumento tiene dos componentes, el primero relacionado con la información general de la empresa como nombre, datos del contacto, tamaño, sector y tipo de mercado en que compite la empresa. El segundo componente contiene los 10 bloques de preguntas relacionados con las prácticas y sub-prácticas ambientales descritos en Tabla 3-1. Al instrumento se le aplicaron las pruebas de validez y confiabilidad que se expondrán más adelante.

3.1.2 Paso 2. Prueba piloto

Se realizó una prueba piloto para la revisión y refinamiento de los instrumentos, así:

I. Confiabilidad:

La fiabilidad de un instrumento de medida se define como la capacidad del instrumento para medir consistentemente el fenómeno que está diseñado para evaluar. Por lo tanto, la fiabilidad se refiere a la consistencia de la prueba (Ho, 2013). Para identificar la consistencia interna se calculó el coeficiente Alfa de Cronbach para las prácticas y sub-prácticas ambientales del instrumento de medición. La muestra piloto estuvo conformada por 12 empresas.

Tabla 3-3: Coeficiente alfa de Cronbach para el instrumento utilizado

Práctica	Coeficiente α	Sub-práctica ambiental	Coeficiente α
Gestión Ambiental Interna	0,753	GAI1	0,730
		GAI2	0,739
		GAI3	0,785
		GAI4	0,922
		GAI5	0,724
Ecodiseño	0,771	ED1	0,728
		ED2	0,797
		ED3	0,795
		ED4	0,712
Colaboración Ambiental	0,944	CA1	0,931
		CA2	0,935
		CA3	0,931
		CA4	0,928
		CA5	0,934
		CA6	0,948
		CA7	0,941
		CA8	0,945
Compras verdes	0,872	CV1	0,860
		CV2	0,853
		CV3	0,863
		CV3	0,864
Manufactura verde	0,902	MV1	0,907
		MV2	0,863
		MV3	0,849
		MV4	0,874
		MV5	0,904
Distribución verde	0,866	DV1	0,883
		DV2	0,781
		DV3	0,865
		DV4	0,774
Marketing verde	0,814	MKV1	0,782

		MKV2	0,756
		MKV3	0,694
		MKV4	0,820
Logística verde	0,778	LI1	0,790
		LI2	0,751
		LI3	0,766
		LI4	0,814
Recursos humanos verde	0,766	RHV1	0,781
		RHV2	0,766
		RHV3	0,723
		RHV4	0,737
		RHV5	0,762
Sistemas y Tecnologías de la información	0,782	STIV1	0,801
		STIV2	0,793
		STIV3	0,817

Siguiendo a Hernández Sampieri *et al.* (2006, p. 439), aunque no hay una regla: “...podemos decir –de manera general– que si obtengo 0,25 en la correlación o coeficiente, esto indica baja confiabilidad, si el resultado es 0,50 la fiabilidad es media o regular. En cambio, si supera el 0,75 es aceptable, y si es mayor a 0,90 es elevada, para tomar muy en cuenta.” Según lo anterior, los coeficientes alfa de Cronbach calculados validan la consistencia interna del instrumento, a nivel global y por sub-prácticas, anotando que todas las sub-prácticas superan el nivel medio de aceptación.

II. Validez

- Validez de contenido: Para la realización de ésta prueba, se envió el instrumento a 4 académicos con conocimientos del tema y trayectoria en investigación. Esta actividad fue esencial para mejorar los instrumentos y constructos, puesto que permitió agregar ítems faltantes, simplificar y agrupar otros, eliminar ítems sobrantes, rediseñar escalas, al tiempo que se hicieron precisiones semánticas en la redacción de algunas preguntas que estaban generando confusión.

El instrumento de recolección de datos definitivo se ilustra en el Anexo D.

3.2 Etapa 2. Valoración mediante la participación de expertos

3.2.1 Paso 1. Definición del objetivo

El objetivo que persigue la valoración mediante la participación de expertos es realizar el análisis de influencias causales y ponderación de las prácticas y sub-prácticas ambientales, para facilitar el diseño del indicador de desempeño ambiental.

3.2.2 Paso 2. Selección de expertos

- **Cálculo del número de expertos**

Se aplicó la ecuación 2-1 para determinar el número mínimo requerido de expertos; se obtuvo un cálculo de 9.23 expertos, es decir, 10. Los valores utilizados fueron:

$$P = 0.03; i = + 0.11; K = 3, 8416 \text{ para } n = 9.23 \cong 10$$

- **Selección criterios de expertos**

Como la información solicitada en la encuesta requiere un conocimiento profundo y una sólida experiencia en temas de GSCM, se adoptó un enfoque intencional para seleccionar este grupo de expertos (Chan *et al.*, 2001). El panel estuvo formado por académicos e investigadores en el tema GSCM. Para identificar a los académicos elegibles para esta parte del estudio se formularon los criterios de perfiles de la Tabla 3-4.

Tabla 3-4: Perfil requerido de expertos

Característica	Descripción	Variable de medición
Participación actual / reciente en el tema de investigación GSCM	Publicación de artículos en el tema GSCM en revistas de alto factor de impacto	Citas, Índice h, Índice i10, Hoja de vida, CvLac
Perfil profesional acorde al problema de investigación	Formación académica de posgrado en temas de cadenas de abastecimiento, gestión ambiental y demás temáticas relacionadas	Título de doctorado, posdoctorado, candidato a doctor y maestría.
Experiencia	Experiencia en la academia, empresas privadas, sector público y/o ONG, sobre temas de gestión ambiental y cadenas de abastecimiento	Número de años de experiencia.
Área de trabajo relacionada con el	Se prefiere que los expertos estén en el área académica y sus áreas	Áreas de trabajo relacionadas con sostenibilidad, gestión

problema de investigación.	de trabajo estén estrechamente relacionadas con el tema de investigación.	ambiental, gestión de cadenas de abastecimiento, gestión de cadenas de abastecimiento verde.
----------------------------	---	--

Fuente: Elaboración propia

Así, el listado de expertos potenciales fue consultado en los artículos utilizados para la revisión de literatura de la investigación. De igual forma, se revisó la hoja de vida y el CvLac (para los expertos nacionales) de cada uno para ratificar que cumplieran con cada una de las características requeridas del perfil de experto. En total, se invitaron 30 expertos a participar en el proyecto de investigación y se les envió la encuesta vía correo electrónico. La tasa de respuesta fue de un 33.33% equivalente a 10 expertos (8 internacionales y dos nacionales). El tiempo de respuesta de los expertos fue de dos meses (Desde Enero 25 a Marzo 16 de 2017).

En la Tabla 3-5 se ilustra la información general de los 10 expertos que respondieron la encuesta. Como se puede observar, los expertos pertenecen a países como China, Malasia, Estados Unidos, Reino Unido, India, Brasil, México y Colombia; así mismo, entre las universidades en las que laboran, se pueden mencionar la Hong Kong Polytechnic University, University of Strathclyde y Iowa State University, entre otros; también es importante anotar que todos los expertos tienen experiencia y conocimiento en temas relacionados con el enfoque GSCM. Finalmente, para el perfil requerido, también se consideraron indicadores de google scholar como el número de citas recibidas.

Tabla 3-5: Perfil de expertos

Nombre del Experto	Cod	País	Afilación Actual	Experiencia (años)	Ultimo nivel de formación y título recibido	Área(s) principal (es) de actuación	Ámbitos ha tenido experiencia				Google Scholar		
							Unive rsidad	Empr esas privadas	Sector público (excepto academia)	ON G's	Cita s*	Indic e H**	Indice i10***
Hong Yan	E1	China	Professor and Researcher at Hong Kong Polytechnic University	>20	Phd	Business consulting, Supply Chain Management	X	X	X	X	12068	52	237
Miguel Sellitto	E2	Brasil	Professor and Researcher at UNISINOS	40	Phd	Manufacturing and Supply Chain Management, Green Supply Chain Management, Industrial Maintenance and Reliability	X	X			1073	17	33
Ana Beatriz Lopes de Sousa Jabbour	E3	Reino Unido	Professor and Researcher at University of Strathclyde	>10	Phd	Sustainable Operations Management, Green Supply Chain Management, Environmental Management	X	X			1035	16	27
Frank Montabon	E4	Estados Unidos	Professor and Researcher at Iowa State University	>20	Phd	Supply Chain Management, Environmental Management, ISO 14000	X	X			1246	13	13
Rameshwar Dubey	E5	India, China	Professor and Researcher at Symbiosis International University, India & South University of Science and	Academia : 10 Industria: 4	Postdoctorado	Supply Chain Network Modelling and Statistical Quality Control	X	X			567	12	20

			Technology of China										
Rodrigo Villanueva Ponce	E6	México	Profesor en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez	6	Phd	Green Supply Chain Management, Product Development/Design	X	X			312	7	9
Savita K. Sugathan	E7	Malasia	Professor and Researcher at Universiti Teknologi PETRONAS	>10	Phd	Green Information Technology, Green Information System, Green Supply Chain, Knowledge Management	X				62	4	2
Gabriela Scur	E8	Brasil	Porfessor at FEI University	20	Phd	Sustainability, innovation, operations strategy	X	X			42	3	1
Carlos Eduardo Moreno Mantilla	E9	Colombia	Profesor Asociado Universidad Nacional de Colombia	20	Phd	GSCM/SSCM	X	X	X		Nd	Nd	Nd
Jairo Raúl Chacón	E10	Colombia	Profesor de planta de la Escuela Colombiana de Ingeniería, programa de Ingeniería Industrial	20	Candidato a doctor	Gestión Ambiental Empresarial, análisis de ciclo de vida y Gestión sostenible cadenas de suministro	X	X	X	X	Nd	Nd	Nd

* Citas: El total de citas recibidas. **Indica que h publicaciones se han citado al menos h. *** Indica las publicaciones que se han citado al menos 10 veces.

Fuente: Elaboración propia

En general los expertos potenciales seleccionados tienen un perfil que cumple con los requerimientos reportados en la literatura para ser categorizados como posibles expertos definitivos, ya que tienen la experiencia investigativa, el perfil profesional, sus áreas de trabajo están relacionados con el tema de investigación y tienen conocimiento y experiencia en el sector tanto académico como industrial.

- **Autovaloración de expertos pre-seleccionados**

Para determinar si un experto potencial cumple con los requerimientos para participar, se emplea la autoevaluación de expertos planteada en la metodología propuesta a través de la determinación del coeficiente de conocimiento (K_c) y de argumentación (K_a).

La evaluación completa de K_c y K_a aplicada a los expertos, se realizó al final las encuestas enviadas por correo electrónico. El test de autovaloración donde se evaluaron los coeficientes de conocimiento y argumentación se presenta en el Anexo E. Los resultados obtenidos de K_c para cada experto se calcularon con la ecuación (2-3). En la Tabla 3-6 se presentan los puntajes K_{pi} a través de una escala de 0 a 10 puntos, que asignó el experto a cada pregunta “P” del cuestionario.

Tabla 3-6: Resultados obtenidos de K_c para cada experto preseleccionado

Experto	Variables coeficiente conocimiento					K_c
	K_{p1}	K_{p2}	K_{p3}	K_{p4}	K_{p5}	
E1	10	9	10	9	9	0,94
E2	10	10	10	10	6	0,92
E3	10	10	10	9	10	0,98
E4	10	10	10	10	8	0,96
E5	9	9	10	10	9	0,94
E6	9	5	8	8	9	0,78
E7	8	8	7	7	7	0,74
E8	10	10	8	8	5	0,82
E9	9	9	10	8	7	0,86
E10	9	9	8	9	7	0,84

Fuente: Elaboración propia

Entre los expertos preseleccionados, se observa que ocho de ellos estuvieron en un nivel alto (K_c mayor a 0,8) y dos en competencia media (K_c entre 0,5 y 0,8). Ya que ninguno presentó una competencia en conocimiento baja (menor a 0,5), se determinó el coeficiente de argumentación para todos los expertos.

Los resultados obtenidos de K_a para los expertos preseleccionados, aparecen a continuación en la Tabla 3-7.

Tabla 3-7: Resultados obtenidos de K_a para cada experto preseleccionado

Experto	Fuentes de argumentación							K_a
	F_{a1}	F_{a2}	F_{a3}	F_{a4}	F_{a5}	F_{a6}	F_{a7}	
E1	0,18	0,07	0,10	0,13	0,09	0,15	0,07	0,79
E2	0,18	0,12	0,10	0,10	0,09	0,15	0,16	0,90
E3	0,18	0,12	0,10	0,13	0,12	0,15	0,16	0,96
E4	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,15	0,10	0,87
E5	0,18	0,10	0,10	0,10	0,14	0,15	0,16	0,93
E6	0,18	0,12	0,10	0,08	0,09	0,12	0,13	0,82
E7	0,11	0,07	0,07	0,08	0,09	0,09	0,10	0,61
E8	0,18	0,12	0,10	0,10	0,12	0,15	0,16	0,93
E9	0,18	0,12	0,10	0,10	0,14	0,12	0,13	0,89
E10	0,14	0,10	0,10	0,13	0,12	0,12	0,16	0,87

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Tabla 3-7, las fuentes de argumentación más altas fueron la capacidad de análisis, comprensión del problema y desarrollo de estudios empíricos. Mientras que la fuente de argumentación con más bajo puntaje fue el nivel de motivación para resolver el problema.

Finalmente, se calculó el coeficiente de competencia K según la ecuación (2-2) y se evalúa la competencia del experto. En la Tabla 3-8 se exponen los cálculos del coeficiente de competencia para los posibles expertos.

Tabla 3-8: Resultados obtenidos de K para cada experto preseleccionado

Experto	Coficiente de conocimiento [Kc]	Coficiente de argumentación [Ka]	Coficiente de competencia [$K = \frac{1}{2}(Kc+Ka)$]	Nivel de competencia
E1	0,94	0,79	0,87	Alta
E2	0,92	0,90	0,91	Alta
E3	0,98	0,96	0,97	Alta
E4	0,96	0,87	0,92	Alta
E5	0,94	0,93	0,94	Alta

E6	0,78	0,82	0,80	Alta
E7	0,74	0,61	0,68	Media
E8	0,82	0,93	0,88	Alta
E9	0,86	0,89	0,88	Alta
E10	0,84	0,87	0,86	Alta

Fuente: Elaboración propia

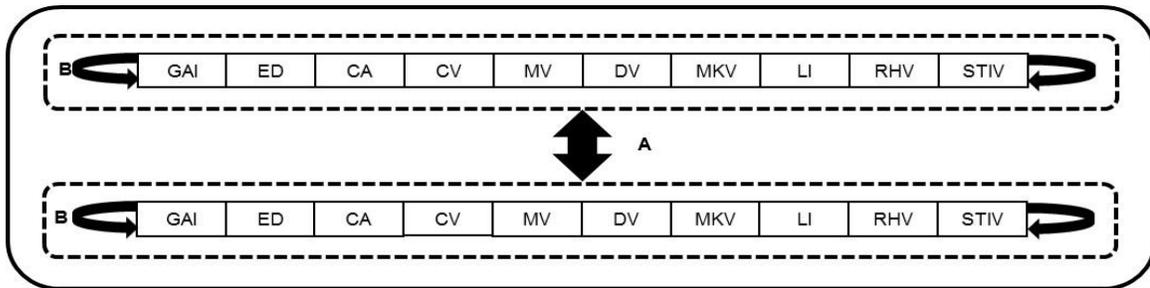
Aunque el criterio establecido es que un experto tiene alta competencia si su nivel de competencia (K) está por encima de 0,75, se incluye el experto con competencia media (E7) como válido, debido a que el $K_{(promedio)}$ (0,87) es alto (mayor que 0,75) (Michalus, 2011).

3.3 Etapa 3. Análisis de influencias causales y ponderación de prácticas y sub-prácticas ambientales

En esta etapa, tanto las influencias directas como las indirectas se lograron aplicando el método DEMATEL y, finalmente, tanto las prácticas como las sub-prácticas ambientales, se ponderaron y se dividieron en grupos de causa y receptor.

3.3.1 Paso 1. Diseño del modelo de evaluación causal

Basándose en la identificación de las prácticas y sub-prácticas ambientales, en esta etapa, se identificaron las interacciones directas e indirectas entre todos los elementos, tanto en prácticas como en sub-prácticas ambientales. Para determinar la relación entre las prácticas y sub-prácticas ambientales, se consultaron los 10 expertos seleccionados en la Etapa 2. Como resultado, se propone el modelo de evaluación causal (CEM, por sus siglas en inglés) de la figura 3-1.

Figura 3-1: Modelo de evaluación causal para las prácticas ambientales

Fuente: elaboración propia

Como se observa en la Figura 3-1, la flecha A indica las interacciones entre las prácticas ambientales y los bucles B muestran las interdependencias entre las sub-prácticas de las prácticas ambientales. Por ejemplo, si la práctica "distribución verde" depende de la práctica "gestión ambiental interna", esta relación está representada por una flecha desde el componente de "distribución" al elemento de "gestión ambiental interna".

3.3.2 Paso 2. Generación de la matriz de relaciones directas (A):

Después de definir las 10 prácticas y las 46 sub-prácticas ambientales, así como el modelo de evaluación causal entre prácticas y entresub-prácticas, se diseñó el cuestionario correspondiente (Anexo F) para realizar la ponderación y evaluar las relaciones causales entre las prácticas ambientales y, entre sus respectivas sub-prácticas. Así, un grupo de 4 expertos, revisaron y aprobaron el cuestionario diseñado para asegurar su validez del contenido. Posteriormente, se solicitó vía correo electrónico a los 10 expertos seleccionados, que diligenciaran los cuestionarios. Después de obtener los cuestionarios completados por los expertos, se aplicó el método analítica DEMATEL para ponderar las prácticas y sub-prácticas ambientales y determinar las relaciones causales entre éstas. Los resultados de los análisis se exponen a continuación.

- **Generación de la matriz de relaciones directas (A) para las prácticas ambientales:**

El cálculo de la matriz promedio A de orden $n \times n$ (aquí 10×10), se calculó usando la ecuación (2-4), La Tabla 3-9 contiene los valores a_{ij} de la matriz A, los cuales denotan el grado en que cada práctica i afecta la práctica j y son determinados por las comparaciones hechas por los expertos, asignando valores entero que oscilan entre 0 y 3. Así, cada

matriz X^K muestra los datos recogidos en términos de las 10 prácticas ambientales (n) comparadas por cada del experto k, donde $X^K = [x_{ij}^K]_{n \times n}$.

Tabla 3-9: Matriz de relaciones directas (A) para prácticas ambientales

	GAI	ED	CA	CV	MV	DV	MKV	LI	RHV	STIV
Gestión ambiental Interna (GAI)	0	2,1	1,8	2,1	2,6	2	1,8	1,9	2,2	2,3
Ecodiseño (ED)	1,7	0	1,8	2,4	2,8	1,9	2,3	2,7	1,5	1,7
Colaboración ambiental (CA)	2,2	2	0	2,6	2,3	2,4	1,8	2,4	1,4	1,7
Compras verdes (CV)	1,7	2,1	2,4	0	2,2	1,7	1,6	1,8	1,6	2
Manufactura verde (MV)	2,4	2,3	2,3	2	0	1,7	1,9	2	1,6	2,2
Distribución verde (DV)	1,5	1,7	2,2	1,5	1,7	0	1,5	1,9	1,3	1,9
Marketing verde (MKV)	1,6	2,3	1,9	2,1	1,7	1,6	0	1,6	1,3	1,7
Logística inversa (LI)	1,8	2,6	2,3	1,7	2,3	2,2	1,8	0	1,6	2,1
Recursos humanos verdes (RHV)	2,3	1,5	1,7	1,5	1,7	1,5	1,8	1,2	0	1,6
Sistemas y tecnologías de la información verde (STIV)	2,3	1,9	1,7	2	2,3	2	1,9	2,4	1,7	0

Fuente: elaboración propia

- **Generación de las matrices de relaciones directas para las sub-prácticas ambientales(A_m):**

El cálculo de cada matriz promedio A_m de orden p x p (número de sub-prácticas por cada práctica ambiental), se analizó usando la ecuación 2-5. En el Anexo G se encuentran las matrices de relaciones directas para las sub-prácticas; así, cada tabla contiene los valores a_{ij} de cada matriz A_m (1 ≤ m ≤ n), los cuales denotan el grado en que cada sub-práctica i afecta la sub-práctica j y son determinados por las comparaciones hechas por los expertos, asignando valores enteros que oscilan entre 0 y 3. Así, cada matriz X_m^k muestra los datos recogidos en términos de las 10 prácticas ambientales y las sub-prácticas p de cada práctica ambiental comparadas por cada del experto k, donde $X_m^k = [x_{mij}^k]_{p \times p}$.

3.3.3 Paso 3. Normalización de la matriz de relaciones directas (D):

- **Normalización de la matriz de relaciones directas de las prácticas ambientales (D):**

La matriz de relaciones directas normalizada (D) para las prácticas ambientales se calcula aplicando las ecuaciones 2-6, 2-7 y 2-8, tal y como se muestra a continuación:

$$\max \sum_{j=1}^n a_{ij} = \max[17,5; 18,5; 18,1; 17,9; 19,6; 17; 16,4; 17,9; 14,2; 17,2] = 19,6$$

$$\max \sum_{i=1}^n a_{ij} = \max[18,8; 18,8; 18,8; 17,1; 18,4; 15,2; 15,8; 18,4; 14,8; 18,2] = 18,8$$

$$\lambda = \text{Min} \left[\frac{1}{19,6}, \frac{1}{18,8} \right] = \frac{1}{19,6}$$

De esta forma, la matriz de relaciones directas normalizada D para las prácticas ambientales se muestra en la Tabla 3-10

Tabla 3-10: Matriz de relaciones directas normalizada (D) para prácticas ambientales

	GAI	ED	CA	CV	MV	DV	MKV	LI	RHV	STIV
Gestión ambiental interna (GAI)	0,00	0,11	0,09	0,11	0,13	0,10	0,09	0,10	0,11	0,12
Ecodiseño (ED)	0,09	0,00	0,09	0,12	0,14	0,10	0,12	0,14	0,08	0,09
Colaboración ambiental (CA)	0,11	0,10	0,00	0,13	0,12	0,12	0,09	0,12	0,07	0,09
Compras verdes (CV)	0,09	0,11	0,12	0,00	0,11	0,09	0,08	0,09	0,08	0,10
Manufactura verde (MV)	0,12	0,12	0,12	0,10	0,00	0,09	0,10	0,10	0,08	0,11
Distribución verde (DV)	0,08	0,09	0,11	0,08	0,09	0,00	0,08	0,10	0,07	0,10
Marketing verde (MKV)	0,08	0,12	0,10	0,11	0,09	0,08	0,00	0,08	0,07	0,09
Logística inversa (LI)	0,09	0,13	0,12	0,09	0,12	0,11	0,09	0,00	0,08	0,11
Recursos humanos verde (RHV)	0,12	0,08	0,09	0,08	0,09	0,08	0,09	0,06	0,00	0,08
Sistemas y tecnologías de la información verde (STIV)	0,12	0,10	0,09	0,10	0,12	0,10	0,10	0,12	0,09	0,00

- **Normalización de las matrices de relaciones directas de las sub-prácticas ambientales (D_m):**

Las 10 matrices de relaciones directas normalizadas (D_m) para las sub-prácticas ambientales de cada práctica ambiental se calcularon aplicando las ecuaciones (2-9), (2-10) y (2-11), tal y como se muestra a continuación:

$$\max \sum_{j=1}^p a_{1ij} = 9,9 ; \max \sum_{i=1}^p a_{1ij} = 11; \lambda = \text{Min} \left[\frac{1}{9,9}, \frac{1}{11} \right] = \frac{1}{11}$$

$$\begin{aligned} \max \sum_{j=1}^p a_{2ij} &= 7,9 ; \max \sum_{i=1}^p a_{2ij} = 7,9; \lambda = \text{Min} \left[\frac{1}{7,9}, \frac{1}{7,9} \right] = \frac{1}{7,9} \\ \max \sum_{j=1}^p a_{3ij} &= 15 ; \max \sum_{i=1}^p a_{3ij} = 15; \lambda = \text{Min} \left[\frac{1}{15}, \frac{1}{15} \right] = \frac{1}{15} \\ \max \sum_{j=1}^p a_{4ij} &= 7,9 ; \max \sum_{i=1}^p a_{4ij} = 8,1; \lambda = \text{Min} \left[\frac{1}{7,9}, \frac{1}{8,1} \right] = \frac{1}{8,1} \\ \max \sum_{j=1}^p a_{5ij} &= 9,6 ; \max \sum_{i=1}^p a_{5ij} = 9,7; \lambda = \text{Min} \left[\frac{1}{9,6}, \frac{1}{9,7} \right] = \frac{1}{9,7} \\ \max \sum_{j=1}^p a_{6ij} &= 6,1; \max \sum_{i=1}^p a_{6ij} = 6,5; \lambda = \text{Min} \left[\frac{1}{6,1}, \frac{1}{6,5} \right] = \frac{1}{6,5} \\ \max \sum_{j=1}^p a_{7ij} &= 7,5; \max \sum_{i=1}^p a_{7ij} = 7,6; \lambda = \text{Min} \left[\frac{1}{7,5}, \frac{1}{7,6} \right] = \frac{1}{7,6} \\ \max \sum_{j=1}^p a_{8ij} &= 6,9; \max \sum_{i=1}^p a_{8ij} = 7; \lambda = \text{Min} \left[\frac{1}{6,9}, \frac{1}{7} \right] = \frac{1}{7} \\ \max \sum_{j=1}^p a_{9ij} &= 10,1; \max \sum_{i=1}^p a_{9ij} = 9,7; \lambda = \text{Min} \left[\frac{1}{10,1}, \frac{1}{9,7} \right] = \frac{1}{10,1} \\ \max \sum_{j=1}^p a_{10ij} &= 4,9 ; \max \sum_{i=1}^p a_{10ij} = 4,7; \lambda = \text{Min} \left[\frac{1}{4,9}, \frac{1}{4,7} \right] = \frac{1}{4,9} \end{aligned}$$

En el Anexo H, se encuentran las 10 matrices de relaciones directas normalizadas (Dm) para las sub-prácticas ambientales.

3.3.4 Paso 4. Obtención de la matriz de relación total (T)

- **Obtención de la matriz de relación total para prácticas ambientales (T)**

La matriz de relaciones totales *T* (Tabla 3-11), que indica el grado relativo de relaciones directas e indirectas entre prácticas ambientales, se calcula aplicando las ecuaciones (2-12) y (2-13):

Tabla 3-11: Matriz de relación total (T) para prácticas ambientales

	GAI	ED	CA	CV	MV	DV	MKV	LI	RHV	STIV
Gestión ambiental interna (GAI)	0,0	0,1	0,08	0,1	0,13	0,09	0,08	0,09	0,09	0,11
Ecodiseño (ED)	0,08	0,0	0,08	0,11	0,15	0,09	0,1	0,13	0,06	0,08
Colaboración ambiental (CA)	0,1	0,1	0,0	0,13	0,12	0,11	0,08	0,12	0,05	0,08
Compras verdes (CV)	0,07	0,09	0,11	0,0	0,1	0,07	0,06	0,08	0,06	0,08
Manufactura verde (MV)	0,11	0,11	0,11	0,09	0,0	0,07	0,08	0,09	0,06	0,1
Distribución verde (DV)	0,06	0,07	0,09	0,06	0,07	0,0	0,05	0,08	0,04	0,07
Marketing verde (MKV)	0,06	0,1	0,08	0,09	0,07	0,06	0,0	0,06	0,04	0,07
Logística inversa (LI)	0,08	0,13	0,11	0,08	0,12	0,1	0,08	0,0	0,06	0,09
Recursos humanos verde (RHV)	0,09	0,06	0,07	0,06	0,07	0,05	0,06	0,04	0,0	0,06
Sistemas y tecnologías de la información verde (STIV)	0,1	0,09	0,08	0,09	0,12	0,09	0,08	0,11	0,06	0,0

- **Obtención de las matrices de relación total para las sub-prácticas ambientales (Tm)**

Las 10 matrices de relaciones totales Tm , que indican el grado relativo de relaciones directas e indirectas entre las sub-prácticas ambientales de cada práctica ambiental, se calcularon aplicando las ecuaciones (2-14) y (2-15). En el Anexo I se ilustran los resultados obtenidos

3.3.5 Paso 5. Ponderación de prácticas y sub-prácticas ambientales y determinación del grupo causa y el grupo receptor

- **Ponderación de las prácticas ambientales y determinación del grupo causa y el grupo receptor**

Las sumas de filas (R) y columnas (C) de la matriz T se calcularon usando las ecuaciones (2-16) y (2-17) como se muestra en la Tabla 3-12.

Tabla 3-12: Ponderación y análisis de influencias causales para prácticas ambientales

	GAI	ED	CA	CV	MV	DV	MKV	LI	RHV	STIV	R	R+C	R-C
Gestión ambiental interna (GAI)	0,81	0,95	0,92	0,92	1,02	0,88	0,85	0,92	0,77	0,9	8,93	17,28	0,57
Ecodiseño (ED)	0,89	0,86	0,92	0,94	1,03	0,88	0,87	0,95	0,74	0,88	8,95	17,80	0,11
Colaboración ambiental (CA)	0,91	0,95	0,84	0,95	1,01	0,9	0,85	0,94	0,73	0,88	8,95	17,61	0,30
Compras verdes (CV)	0,82	0,88	0,88	0,76	0,93	0,81	0,78	0,85	0,69	0,83	8,24	16,82	-0,34
Manufactura verde (MV)	0,91	0,95	0,93	0,91	0,89	0,86	0,84	0,91	0,73	0,89	8,82	18,14	-0,51
Distribución verde (DV)	0,74	0,79	0,79	0,76	0,82	0,65	0,7	0,78	0,61	0,75	7,39	15,56	-0,78
Marketing verde (MKV)	0,77	0,84	0,8	0,81	0,85	0,75	0,65	0,79	0,63	0,76	7,65	15,54	-0,24
Logística inversa (LI)	0,88	0,96	0,93	0,9	0,99	0,88	0,83	0,82	0,73	0,88	8,80	17,41	0,18
Recursos humanos verde (RHV)	0,75	0,76	0,75	0,74	0,8	0,7	0,7	0,73	0,54	0,72	7,18	14,08	0,27
Sistemas y tecnologías de la	0,89	0,92	0,89	0,9	0,98	0,86	0,83	0,92	0,73	0,78	8,69	16,95	0,43

información verde (STIV)													
C	8,36	8,84	8,66	8,58	9,32	8,17	7,89	8,61	6,9	8,26			

Según el resultado de la Tabla 3-12, el grado máximo de impacto influyente R (8,95) corresponde a las prácticas de ecodiseño (ED) y colaboración ambiental (CA). Por su parte, el grado máximo de impacto de recepción C (9,32) está relacionado con la manufactura verde. Esto significa que el ecodiseño y colaboración ambiental tienen los mayores impactos en las otras prácticas ambientales y la manufactura verde es la práctica más influenciada en esta categoría. Además, al considerar las puntuaciones ($R + C$), el grado de importancia más alto pertenece a la manufactura verde. Por lo tanto, ésta práctica desempeña un papel central entre las prácticas ambientales y captura la posición más importante en el grupo. Sin embargo, su valor ($R-C$) es negativo (-0,51), bastante por debajo de cero, por lo cual, es un factor receptor.

A partir de los resultados de la Tabla 3-12, se realiza la jerarquización de las prácticas ambientales de acuerdo a su grado de importancia, obtenida por los valores $R + C$; así mismo, a partir de la jerarquización de las prácticas ambientales, se realiza su ponderación. Los resultados se ilustran en la Tabla 3-13.

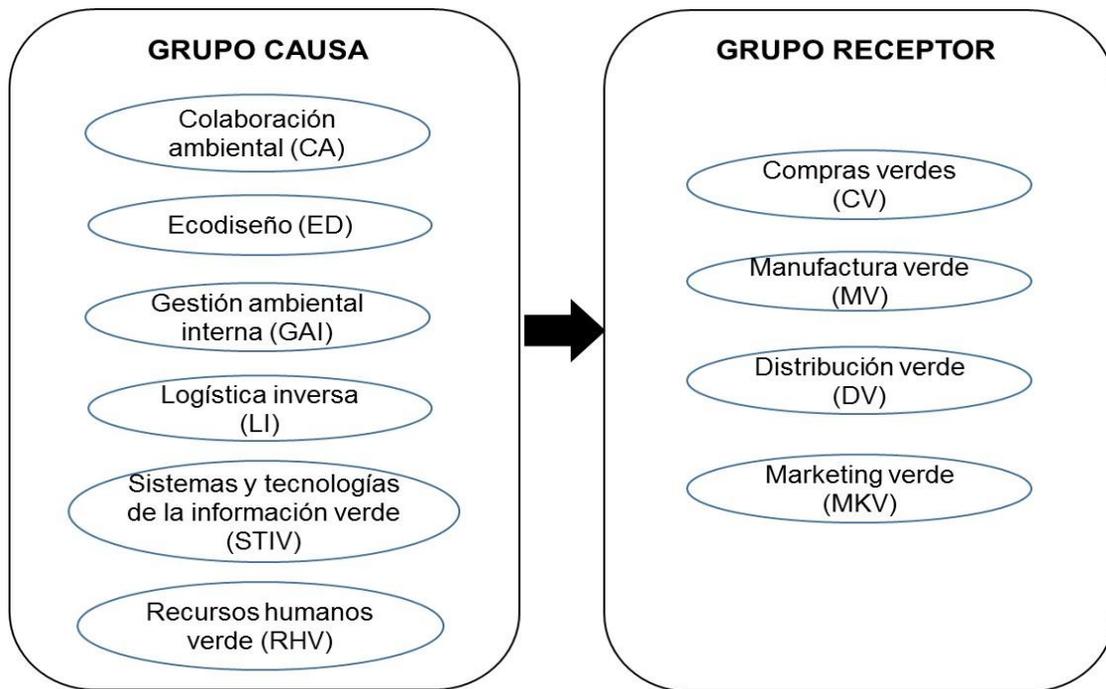
Tabla 3-13: Importancia y pesos de las prácticas ambientales

	Práctica ambiental	Importancia	Peso
1	Manufactura verde (MV)	18,14	0,108
2	Eco diseño (ED)	17,80	0,106
3	Colaboración ambiental (CA)	17,61	0,105
4	Logística inversa (LI)	17,41	0,104
5	Gestión ambiental interna (GAI)	17,28	0,103
6	Sistemas y tecnologías de la información verde (STIV)	16,95	0,102
7	Compras verdes (CV)	16,82	0,100
8	Distribución verde (DV)	15,56	0,093
9	Marketing verde (MKV)	15,54	0,093
10	Recursos humanos verde (RHV)	14,08	0,084
	Total pesos		1,000

Según la Tabla 3-13, la manufactura verde juega el papel más importante entre todas las prácticas ambientales, mientras que los recursos humanos verde es la práctica menos importante dentro del sistema.

Así mismo, partir de los resultados obtenidos en la Tabla 3-12 y los valores R+C y R-C, se determinan el grupo causa y el grupo receptor. Los resultados se muestran en la Figura 3-2.

Figura 3-2: Grupo causa y grupo receptor para las prácticas ambientales

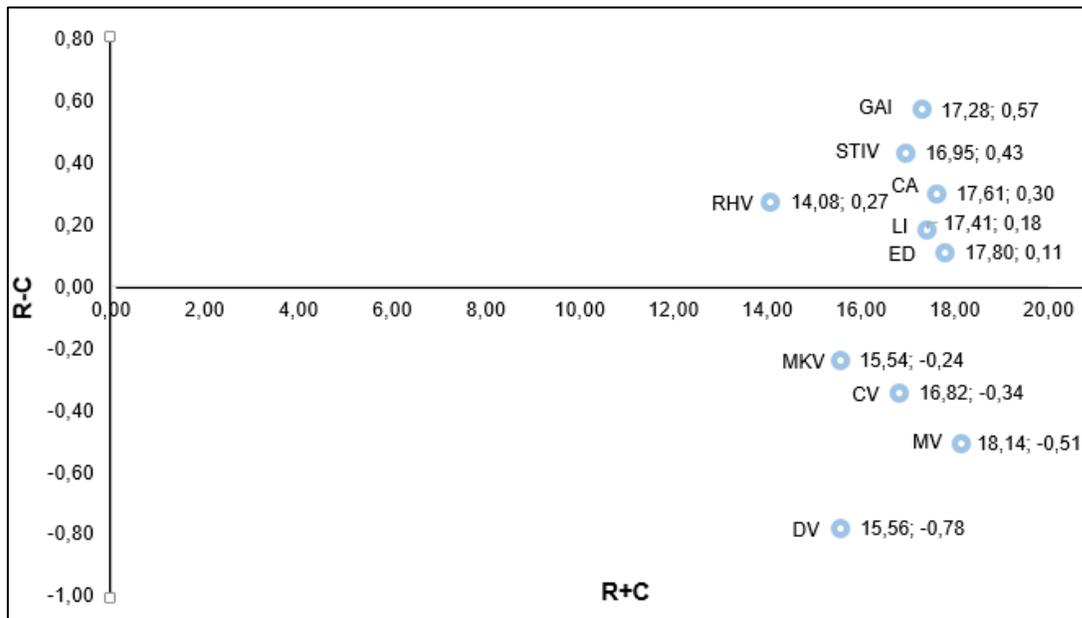


Según la Figura 3-2, el grupo causa está conformado por las prácticas de colaboración ambiental, ecodiseño, gestión ambiental interna, logística inversa, recursos humanos verde y sistemas y tecnologías de las información, mientras que el grupo receptor está conformado por las prácticas de manufactura verde, compras verdes, distribución verde y marketing verde. De igual forma, a partir de los resultados en la Tabla 3-13 y la Figura 3-2, se puede decir que, aunque la manufactura verde juega el papel más importante entre todas las prácticas ambientales, la colaboración ambiental es la práctica que tiene el mayor impacto en el grupo receptor. Por otro lado, la Manufactura verde es la práctica que recibe el mayor impacto de las prácticas que conforman el grupo causa.

Así mismo, en la Figura 3-3 se muestra el diagrama causal que representa la importancia de cada una de las prácticas ambientales basado en los resultados que se indican en la Tabla 3-12. Los elementos que están ubicados en la parte positiva del gráfico pertenecen al grupo de causa y los otros que se sitúan en la parte negativa del gráfico pertenecen al

grupo receptor. De acuerdo con el diagrama causal de la Figura 3-3, la gestión ambiental interna, el ecodiseño, la colaboración ambiental, la logística inversa, los recursos humanos verde y los sistemas y tecnologías de la información son las prácticas a las cuales se les debería prestar más atención para el desarrollo del sistema.

Figura 3-3: Diagrama causal para prácticas ambientales



Para desarrollar todo el sistema, las empresas deben concentrarse en el grupo de causa porque sus prácticas de gestión tienen impactos considerables en el sistema, especialmente en las prácticas del grupo receptor. Por tanto, mejorando el grupo causa, el sistema entero se desarrollará de forma sistémica.

Por otra parte, los resultados obtenidos y las cuatro primeras prácticas ambientales del grupo causa se ajustan a los resultados de Zhu y Sarkis (2006) y Diabat *et al.* (2013) quienes plantean que para mejorar el desempeño ambiental de las empresas, éstas deben empezar por implementar la gestión ambiental interna, el ecodiseño, la colaboración ambiental y la logística inversa. “De igual forma, los resultados obtenidos también se asemejan al estudio de Green *et al.* (2012a), quienes encontraron la importancia y carácter causal de la gestión ambiental interna, colaboración ambiental, sistemas y tecnologías de la información verde y eco diseño en el desempeño ambiental y, el carácter no causal de las compras verdes en el desempeño ambiental; la gestión ambiental interna fue identificada por los autores como imperativo estratégico para incorporar la sostenibilidad ambiental en toda la organización desde la misión hasta el desarrollo de procesos y entrega de productos y servicios que sean amigables con el ambiente; los sistemas y tecnologías de la información verdes permiten integrar y coordinar las iniciativas

ambientales con clientes y proveedores y el ecodiseño tiene un impacto directo en el desempeño ambiental. Finalmente, Green et al. (2012b) también encontró el impacto indirecto de la colaboración ambiental en el desempeño ambiental a través del monitoreo ambiental”

- **Ponderación de las sub-prácticas ambientales y determinación del grupo causa y el grupo receptor**

Las sumas de filas (R_m) y columnas (C_m) de cada matriz T_m se calcularon usando la ecuación (2-18) y (2-19). En el Anexo J se muestran los resultados obtenidos para las sub-prácticas de cada práctica ambiental. Con base en los resultados del Anexo J, es posible sacar para cada práctica ambiental, el grado de importancia de sus sub-prácticas ambientales y, el grupo causa y el grupo receptor. Los resultados se muestran en el Anexo K y se resumen en la Tabla 3-14.

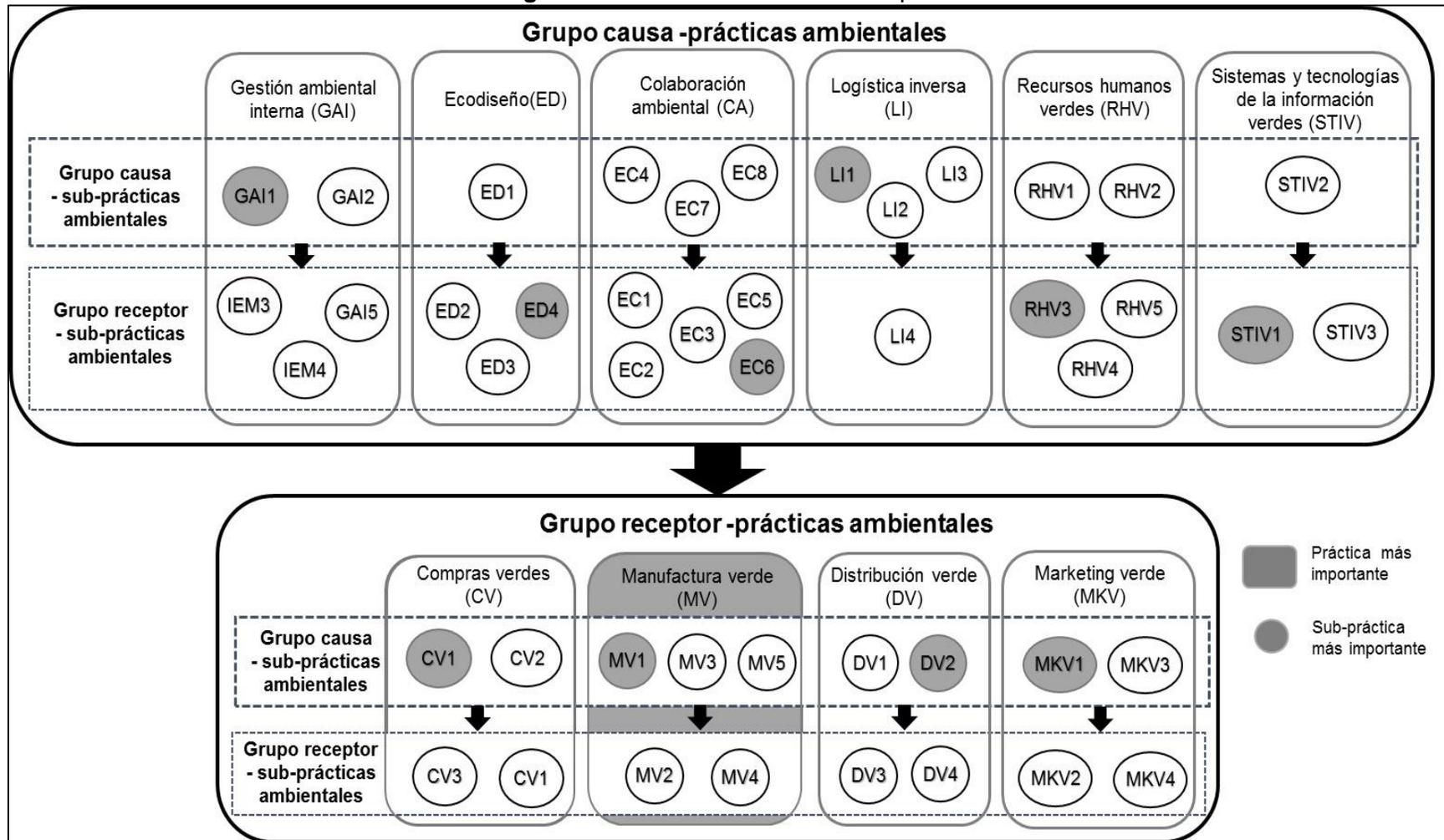
Tabla 3-14: Resumen resultados sub-prácticas ambientales

Práctica ambiental	Sub-práctica más importante	Grupo Causa
Gestión ambiental interna	Apoyo de la alta dirección (GA1).	Apoyo de la alta dirección a los esfuerzos ambientales (GA1) Existencia de gerente de medio ambiente y / o departamento / equipo ambiental independiente con responsabilidades bien definidas (GA2)
Ecodiseño	Diseño de productos/empaques para su reutilización, reciclaje, remanufactura y recuperación de materiales y / o componentes al final de su ciclo de vida (ED4)	Diseño de los productos/empaques para evitar o reducir el uso de materiales y/o procesos de manufactura contaminantes/ tóxicos/peligrosos (ED1)
Colaboración ambiental	La realización de una planificación conjunta con proveedores para anticipar y resolver problemas relacionados con el medio ambiente (CA6).	Apoyo al cliente (incluyen la creación de equipos ambientales para guiar a los clientes en el desarrollo de programas ambientales, visitar clientes locales para proporcionar asistencia técnica) (CA4) intercambio de información con clientes sobre metas, responsabilidades, estrategias, beneficios, las mejores prácticas y estándares de rendimiento relacionados con temas ambientales mediante un sistema integrado de información ambiental (CA7)
compras verdes	Selección de los proveedores o subcontratistas con inclusión de criterios medioambientales (CV1).	Selección de los proveedores o subcontratistas con inclusión de criterios medioambientales (CV1) Exigir a los proveedores o subcontratistas una certificación ambiental del sistema de gestión ambiental (SGA) como la ISO14000 (CV2)
Manufactura verde	Realización de mejoras en los procesos para la eficiencia medioambiental (reducir el uso de recursos escasos o tóxicos y	Realización de mejoras en los procesos para la eficiencia medioambiental (MV1) Planeación capacidad (instalaciones, equipo, mano de obra) para mejorar la eficiencia medioambiental en los procesos (MV3)

	el consumo de energía, agua, gas y combustible (MV1).	Confiabilidad y mantenimiento de los procesos para para la eficiencia medioambiental (MV5)
Distribución verde	Optimización en la planeación y programación de las rutas de vehículos con el fin de reducir los impactos ambientales (DV2)	Uso de modos de transporte menos contaminantes y eficientes energéticamente o, mejoras en los existentes a través de un mejor mantenimiento, formación de conductores, y actualizaciones de bajo costo (DV1). Optimización en la planeación y programación de las rutas de vehículos con el fin de reducir los impactos ambientales (DV2)
Marketing verde	Considerar los aspectos ambientales dentro de la política de precios (MKV1)	Considerar los aspectos ambientales dentro de la política de precios (MKV1) Desarrollar estudios de mercado para detectar la disposición a comprar productos con cualidades ambientales, producidos por la empresa (MKV3)
Logística inversa	Programas y/o procedimientos para la recuperación e integración materiales/componentes reciclados de nuevo en el proceso de fabricación/producción (LI1)	Programas y/o procedimientos para la recuperación e integración materiales/componentes reciclados de nuevo en el proceso de fabricación/producción (LI1) Programas y/o procedimientos para la reutilización de productos usados (LI2) Programas y/o procedimientos para la remanufactura de piezas o componentes utilizados (LI3)
Recursos humanos verde	Compromiso de los empleados de apoyo de gestión ambiental (RHV3).	Programas de formación ambiental a los empleados (RHV1) Evaluación del desempeño y recompensas basadas en criterios ambientales (RHV2)
Sistemas y tecnologías de la información verde	Implementación de sistemas que proporcionan información de seguimiento del medio ambiente (tales como toxicidad, la energía utilizada, el agua utilizada, la contaminación del aire) (STIV1).	Implementación de sistemas y/o tecnologías para controlar las emisiones y la producción de residuos (STIV2)

En el Anexo L, se muestran los diagramas causales de los resultados obtenidos en el Anexo K para las sub-prácticas ambientales por cada práctica ambiental. Los elementos que están ubicados en la parte positiva del gráfico pertenecen al grupo de causa y los otros que se sitúan en la parte negativa del gráfico pertenecen al grupo de receptor. De esta forma, para mejorar el desempeño de una práctica específica, las empresas deben concentrarse primero en las sub-prácticas que pertenecen al grupo de causa, porque éstas tienen impactos considerables en la práctica a la cual pertenecen, especialmente en las sub-prácticas del grupo receptor. Mejorando el grupo causa, la práctica ambiental se desarrollará de forma sistémica. En concordancia con lo anterior, si una empresa quiere implementar las prácticas ambientales, puede aplicar el modelo para mejorar todo el sistema de gestión ambiental. Finalmente, los resultados obtenidos en la Etapa 3, esto es, las prácticas y sub-prácticas más importantes y los grupos causa y receptor a nivel de prácticas y sub-prácticas ambientales, se resumen en la figura 3-4.

Figura 3-4: Resumen resultados Etapa 3



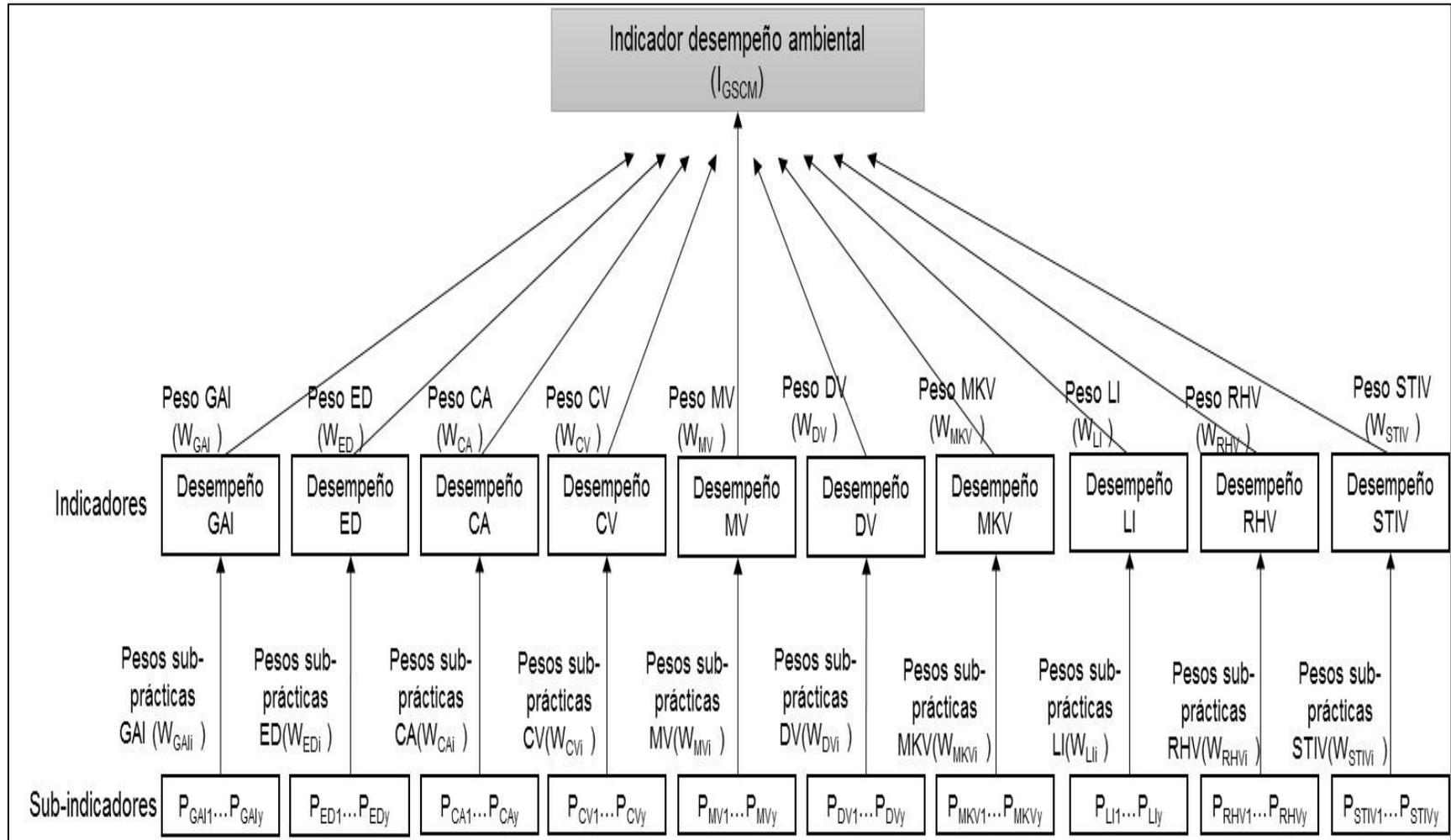
3.4 Etapa 4. Construcción del Indicador de desempeño ambiental

El principal objetivo de esta sección es proponer un indicador de desempeño ambiental bajo el enfoque GSCM, con miras a evaluar el desempeño ambiental de las empresas manufactureras en términos de sus prácticas y sub-prácticas ambientales.

El indicador se aplicará a un conjunto de n empresas, cada una con diferentes grados de implementación de las prácticas ambientales. Para el diseño del indicador, se tienen en cuenta los resultados obtenidos en la Etapa 3 de ésta investigación, los cuales representan las ponderaciones de las prácticas y sub-prácticas ambientales, los grupos causa y los grupos receptores.

En un primer paso es necesario calcular el comportamiento individual de la empresa de acuerdo con cada una de las diez prácticas ambientales. Las relaciones jerárquicas por niveles en ésta evaluación se describen en la figura 3-5. De acuerdo con ésta, el indicador sintético para una empresa ésta constituido por un conjunto de indicadores que reflejan el comportamiento de cada una de las prácticas ambientales. Estos indicadores se obtienen al combinar la información de un conjunto de sub-indicadores que son: Sub-prácticas del ecodiseño (ED1...ED4), sub-prácticas de gestión ambiental interna (GAI1...GAI5), sub-prácticas de la colaboración ambiental (CA1...CAI8), sub-prácticas de las compras verdes (CV1...CV4), sub-prácticas de manufactura verde (MV1...MV5), sub-prácticas de distribución verde (DV1...DV4), sub-prácticas del marketing verde (MKV1...MKV4), sub-prácticas de la logística inversa (LI1...LI4), sub-prácticas de los recursos humanos verde (RHV1...RHV5), sub-prácticas de los sistemas y tecnologías de la información verde (STIV1...STIV3). Cada subindicador se evalúa en una escala Likert de cinco puntos de acuerdo a la Tabla 3-2. Para cada empresa se propone un conjunto de 10 indicadores que representa las 10 prácticas ambientales.

Figura 3-5: Relaciones jerárquicas que componen el indicador



Siguiendo el orden jerárquico de la figura 3-5, para cada empresa, los indicadores pueden ser calculados agregando sus correspondientes subindicadores individuales y finalmente, el desempeño global de la empresa (I_{GSCM}), se puede calcular agregando los indicadores. Para cada empresa se puede usar la ecuación (3-1) para calcular el desempeño de cada práctica (D_x), siendo $X =$ GAI (gestión ambiental interna), ED (Ecodiseño), CA (colaboración ambiental), CV (compras verdes), MV (manufactura verde), DV (distribución verde), MKV (marketing verde), LI (logística inversa), RHV (recursos humanos verde), STIV (sistemas y tecnologías de la información verde) y $Y =$ número de sub-prácticas ambientales para una práctica X . Así, la ecuación (3-1) muestra que el desempeño de la empresa j de acuerdo con una práctica particular (X), es la función del nivel de implementación de cada sub-práctica ambiental (P_{xy}) y su peso correspondiente (w_{xy}).

$$D_x = f[w_{x1} \times P_{x1}, \dots, w_{xy-1} \times P_{xy-1}, w_{xy} \times P_{xy}] \quad (3-1)$$

Donde (D_x) representa el desempeño en la práctica ambiental X ($X =$ GAI, ED, CA, CV, MV, DV, MKV, LI, RHV, STIV). (P_{xi}) representa el nivel de implementación de la sub-práctica ambiental i de la práctica X . w_{xi} es la ponderación o grado de importancia de la sub-práctica i de la práctica X . Es importante mencionar que los pesos de las sub-prácticas fueron hallados con la aplicación del método DEMATEL en la Etapa 3. Luego de obtener el desempeño ambiental de cada práctica ambiental (D_x), es posible calcular el indicador de desempeño ambiental (I_{GSCM}), mediante la agregación de los desempeños obtenidos en cada práctica ambiental y los correspondientes pesos obtenidos mediante la ecuación (3-2).

$$(I_{GSCM}) = f \left[\begin{array}{l} w_{GAI} * D_{GAI}, w_{ED} * D_{ED}, w_{CA} * D_{CA}, w_{CV} * D_{CV}, w_{MV} * D_{MV}, w_{DV} * D_{DV}, \\ w_{MKV} * D_{MKV}, w_{LI} * D_{LI}, w_{RHV} * D_{RHV}, w_{STIV} * D_{STIV} \end{array} \right] \quad (3-2)$$

Donde (D_x) representa el desempeño de acuerdo con la práctica ambiental X ($X =$ GAI, ED, CA, CV, MV, DV, MKV, LI, RHV, STIV); y w_{GAI} , w_{ED} , w_{CA} , w_{CV} , w_{MV} , w_{DV} , w_{MKV} , w_{LI} , w_{RHV} , w_{STIV} , representan, respectivamente, el peso de las prácticas ambientales del enfoque GSCM. Los pesos reflejan la importancia de cada práctica y fueron calculados mediante el método DEMATEL en la Etapa 3.

Construcción del indicador I_{GSCM}

La metodología propuesta para evaluar el desempeño ambiental de las empresas en términos de las prácticas ambientales del enfoque GSCM se puede utilizar para derivar un indicador sintético considerando lo siguiente: el peso de las prácticas y sub-prácticas ambientales debe ser determinado por el conjunto de expertos; la evaluación de las relaciones de causalidad entre las variables debe ser realizada por expertos para una interpretación correcta del indicador.

Considerando el modelo teórico propuesto en la sección anterior, el indicador de desempeño ambiental IGSCM para las empresas manufactureras, se deriva de un conjunto de indicadores (prácticas ambientales), subindicadores (sub-prácticas ambientales), relaciones causales y ponderaciones. De esta forma, los resultados obtenidos en la Etapa 3 de la metodología, son el insumo esencial para el diseño del indicador. Estos se presentan en la Tabla 3-15.

Tabla 3-15: Resumen indicadores, subindicadores, pesos, grupos causa y receptor, símbolo j

Indicadores (prácticas)	Pesos	Grupo causa	Grupo receptor	Subindicadores (sub-prácticas)	Grupo causa	Grupo receptor	Pesos	j
GAI	0,103	X		GAI1	X		0,214	1
				GAI2	X		0,196	2
				GAI3		X	0,200	3
				GAI4		X	0,191	4
				GAI5		X	0,200	5
ED	0,106	X		ED1	X		0,249	1
				ED2		X	0,253	2
				ED3		X	0,245	3
				ED4		X	0,254	4
CA	0,105	X		CA1		X	0,122	4
				CA2		X	0,124	5
				CA3		X	0,116	6
				CA4	X		0,120	1
				CA5		X	0,131	7
				CA6		X	0,135	8
				CA7	X		0,128	2
				CA8	X		0,124	3
CV	0,100		X	CV1	X		0,262	1
				CV2	X		0,243	2
				CV3		X	0,259	3
				CV4		X	0,236	4
MV	0,108		X	MV1	X		0,209	1
				MV2		X	0,203	4
				MV3	X		0,201	2
				MV4		X	0,192	5
				MV5	X		0,194	3

Tabla 3-15: Resumen indicadores, subindicadores, pesos, grupos causa y receptor, símbolo j (continuación)

Indicadores (prácticas)	Pesos	Grupo causa	Grupo receptor	Subindicadores (sub-prácticas ambientales)	Grupo causa	Grupo receptor	Pesos	j
DV	0,093		X	DV1	X		0,248	1
				DV2	X		0,263	2
				DV3		X	0,253	3
				DV4		X	0,237	4
MKV	0,093		X	MKV1	X		0,254	1
				MKV2		X	0,247	3
				MKV3	X		0,249	2
				MKV4		X	0,250	4
LI	0,104	X		LI1	X		0,255	1
				LI2	X		0,250	2
				LI3	X		0,253	3
				LI4		X	0,243	4
RHV	0,084	X		RHV1	X		0,199	1
				RHV2	X		0,190	2
				RHV3		X	0,209	3
				RHV4		X	0,204	4
				RHV5		X	0,198	5
STIV	0,102	X		STIV1		X	0,360	2
				STIV2	X		0,345	1
				STIV3		X	0,295	3

De acuerdo con ésta tabla, los indicadores (prácticas ambientales) se definen utilizando un conjunto de sub-indicadores (que son las sub-prácticas ambientales). Tanto los indicadores como los sub-indicadores tienen pesos, los cuales fueron calculados a partir de la aplicación del método DEMATEL en la Etapa 3 de la metodología. De igual forma, también se presentan los valores j otorgados a las diferentes sub-prácticas ambientales para fines de síntesis del indicador.

El valor agregado del indicador propuesto, es que éste refleja las relaciones de causalidad entre las prácticas ambientales y sus sub-prácticas ambientales; para esto se determinaron los grupos causa y los grupos receptores en la Etapa 3 de la metodología. Por tanto, una vez determinados los indicadores, sub-indicadores, pesos y relaciones causales, es posible construir el indicador propuesto I_{GSCM} para evaluar el desempeño ambiental de una empresa individual, según la ecuación (3-5).

$$I_{GSCM} = \left(\sum_{i=1}^6 w_i D_{xi} \right) \left(\prod_{i=7}^{10} D_{xi}^{w_i} \right) \quad (3-5)$$

$$I_{GSCM} = (0.106D_{ED} + 0.105D_{CA} + 0.104D_{LI} + 0.103D_{GAI} + 0.102D_{STIV} + 0.084D_{RHV}) * ((D_{MV})^{0.108} * (D_{CV})^{0.100} * (D_{DV})^{0.093} * (D_{MKV})^{0.093})$$

Donde

$$D_{ED} = \left(\sum_{j=1}^1 w_{EDj} P_{EDj} \right) \left(\prod_{j=2}^4 P_{EDj}^{w_{EDj}} \right)$$

$$= (0.249P_{ED1}) * ((P_{ED2})^{0.253} * (P_{ED3})^{0.245} * (P_{ED4})^{0.254})$$

$$D_{CA} = \left(\sum_{j=1}^3 w_{CAj} P_{CAj} \right) \left(\prod_{j=4}^8 P_{CAj}^{w_{CAj}} \right)$$

$$= (0.120P_{CA1} + 0.128P_{CA2} + 0.124P_{CA3}) * ((P_{CA4})^{0.122} * (P_{CA5})^{0.124} * (P_{CA6})^{0.116} * (P_{CA7})^{0.131} * (P_{CA8})^{0.135})$$

$$D_{LI} = \left(\sum_{j=1}^3 w_{LIj} P_{LIj} \right) \left(\prod_{j=4}^4 P_{LIj}^{w_{LIj}} \right)$$

$$= (0.255P_{LI1} + 0.250P_{LI2} + 0.253P_{LI3}) * (P_{LI4})^{0.243}$$

$$D_{GAI} = \left(\sum_{j=1}^2 w_{GAIj} P_{GAIj} \right) \left(\prod_{j=3}^5 P_{GAIj}^{w_{GAIj}} \right)$$

$$= (0.214P_{GAI1} + 0.196P_{GAI2}) * ((P_{GAI3})^{0.200} * (P_{GAI4})^{0.191} * (P_{GAI5})^{0.200})$$

$$D_{STIV} = \left(\sum_{j=1}^1 w_{STIVj} P_{STIVj} \right) \left(\prod_{j=2}^3 P_{STIVj}^{w_{STIVj}} \right)$$

$$= (0.345P_{STIV2}) * ((P_{STIV1})^{0.360} * (P_{STIV3})^{0.295})$$

$$D_{RHV} = \left(\sum_{j=1}^2 w_{RHVj} P_{RHVj} \right) \left(\prod_{j=3}^5 P_{RHVj}^{w_{RHVj}} \right)$$

$$= (0.199P_{RHV1} + 0.190P_{RHV2}) * ((P_{RHV3})^{0.209} * (P_{RHV4})^{0.204} * (P_{RHV5})^{0.198})$$

$$D_{MV} = \left(\sum_{j=1}^3 w_{MVj} P_{MVj} \right) \left(\prod_{j=4}^5 P_{MVj}^{w_{MVj}} \right)$$

$$= (0.209P_{MV1} + 0.201P_{MV2} + 0.194P_{MV3}) * ((P_{MV4})^{0.203} * (P_{MV5})^{0.192})$$

$$D_{MV} = \left(\sum_{j=1}^2 w_{CVj} P_{CVj} \right) \left(\prod_{j=3}^4 P_{CVj}^{w_{CVj}} \right)$$

$$= (0.262P_{CV1} + 0.243P_{CV2}) * ((P_{CV3})^{0.259} * (P_{CV4})^{0.236})$$

$$D_{DV} = \left(\sum_{j=1}^2 w_{DVj} P_{DVj} \right) \left(\prod_{j=3}^4 P_{DVj}^{w_{DVj}} \right)$$

$$= (0.248P_{DV1} + 0.263P_{DV2}) * ((P_{DV3})^{0.253} * (P_{DV4})^{0.237})$$

$$D_{MKV} = \left(\sum_{j=1}^2 w_{MKVj} P_{MKVj} \right) \left(\prod_{j=3}^4 P_{MKVj}^{w_{MKVj}} \right)$$

$$= (0.254P_{MKV1} + 0.249P_{MKV2}) * ((P_{MKV3})^{0.247} * (P_{MKV4})^{0.250})$$

Para valorar el desempeño ambiental de las empresas según el valor del indicador IGSCM, se utilizaron los valores de la escala Likert propuesta en la Tabla 3-2. De esta forma, se tomó cada uno de los valores de esta tabla para construir los intervalos de la Tabla 3-16; es decir, para la calificación Muy alto ($6,09 \geq \text{IGSCM} \geq 4,39$), se calculó el indicador para el límite superior (6,09) con el valor de 5 (valor más alto de la escala Likert) suponiendo que todas las sub-prácticas ambientales estuvieran exitosamente implementadas. Dado que existía una gran diferencia al calcular el indicador para el valor del límite inferior con el valor de 4 y, que la calificación Muy alto requiere una implementación de casi todas las

prácticas ambientales, el límite inferior de dicho intervalo (4,39) se calculó suponiendo que todas las sub-prácticas ambientales del grupo causa estaban exitosamente implementadas mientras que las sub-prácticas ambientales del grupo receptor estaban iniciando su implementación; lo anterior, tomando como referencia la relación de causalidad desarrollada en la tesis, la cual plantea que para mejorar el desempeño de una práctica específica, las empresas deben concentrarse primero en las sub-prácticas que pertenecen al grupo de causa, porque éstas tienen impactos considerables en la práctica a la cual pertenecen y especialmente en las sub-prácticas del grupo receptor.

Para la calificación Alto ($4,39 > I_{GSCM} \geq 3,59$) se calculó el indicador para el límite inferior con el valor de 4 de la escala Likert, suponiendo que todas las sub-prácticas ambientales estuvieran iniciando su implementación. Para la calificación Medio ($3,59 > I_{GSCM} \geq 1,82$) se calculó el indicador para el límite inferior con el valor de 3 de la escala Likert, suponiendo que todas las sub-prácticas ambientales se estuvieran teniendo en cuenta actualmente. Para la calificación Bajo ($1,82 > I_{GSCM} \geq 0,7$) se calculó el indicador para el límite inferior con el valor de 2 de la escala Likert, suponiendo que todas las sub-prácticas ambientales apenas se estaban planeando considerarlas. Finalmente, para la calificación Muy bajo ($0,7 > I_{GSCM} \geq 0,13$) se calculó el indicador para el límite inferior con el valor de 1 de la escala Likert, suponiendo que todas las sub-prácticas ambientales no se habían considerado para su implementación.

Tabla 3-16: Calificación según el valor de I_{GSCM}

Intervalo de I_{GSCM}	Calificación
$6,09 \geq I_{GSCM} \geq 4,39$	Muy alto
$4,39 > I_{GSCM} \geq 3,59$	Alto
$3,59 > I_{GSCM} \geq 1,82$	Medio
$1,82 > I_{GSCM} \geq 0,7$	Bajo
$0,7 > I_{GSCM} \geq 0,13$	Muy bajo

Fuente: elaboración propia

3.5 Conclusiones parciales

Con base en la operacionalización de las prácticas y sub-prácticas ambientales, se realizó el diseño del instrumento de recolección de datos, el cual se validó por medio de una prueba piloto en 12 empresas pertenecientes a las 4 regiones cafeteras. Los resultados de la prueba piloto, ayudaron a refinar el instrumento y así mismo a confirmar la pertinencia de cada práctica y sub-práctica ambiental para la los fines de la investigación.

Así mismo, se seleccionaron 8 expertos internacionales y 2 nacionales para realizar la ponderación y análisis de influencias causales entre las prácticas y sub-prácticas ambientales con el método DEMATEL. De acuerdo con los resultados obtenidos, la práctica más importante en el enfoque GSCM, de acuerdo con las opiniones de los expertos, fue la manufactura verde, mientras que la práctica menos importante fue recursos humanos verde. Así mismo, el grupo causa está conformado por las prácticas de colaboración ambiental, ecodiseño, gestión ambiental interna, logística inversa, recursos humanos verde y sistemas y tecnologías de las información, mientras que el grupo receptor está conformado por las prácticas de manufactura verde, compras verdes, distribución verde y marketing verde. Lo anterior significa que, si la empresa desea mejorar su desempeño ambiental general, debe empezar por las empresas que conforman el grupo causa, las cuales no sólo mejoran el desempeño global sino que, además, tienen una alta influencia en las prácticas del grupo receptor.

Finalmente, el indicador de desempeño ambiental fue construido con las ponderaciones de las prácticas y sub-prácticas ambientales así como las relaciones causales entre éstas. De esta forma se utilizó la agregación aditiva para las prácticas y sub-prácticas que conformaron el grupo causa y el producto ponderado para las prácticas y sub-prácticas que conformaron el grupo receptor. Así mismo, a partir de la escala Likert utilizada, se obtuvieron las diferentes escalas de calificaciones para el indicador I_{GSCM} .

4. Capítulo 4: Resultados

El presente capítulo desarrolla la Etapa 5 de la metodología propuesta; es decir, la aplicación del Indicador de desempeño ambiental (I_{GSCM}) y el análisis de la información. El objetivo principal es validar el indicador propuesto en el capítulo 3 para la evaluación de desempeño ambiental en una muestra de empresas grandes y medianas del sector manufacturero de la región del Eje Cafetero.

El capítulo se estructuró en tres partes principales. Inicialmente se realiza el diseño del plan de muestreo; en la segunda sección se describe el trabajo de campo y en la tercera sección se discuten los resultados obtenidos en torno al desempeño ambiental de las empresas manufactureras grandes y medianas analizadas.

4.1 Etapa 5. Aplicación del indicador y análisis de información

4.1.1 Paso 1. Diseño del plan de muestreo

- **Definición de la Población Meta**

Según los registros obtenidos de las Cámaras de Comercio de Manizales, Pereira, Armenia y Cartago, existen actualmente 70.702 empresas en la Región del Eje Cafetero (Caldas, Risaralda, Quindío y Norte del Valle). Teniendo en cuenta la naturaleza del estudio y su posibilidad de ampliación posterior, la población objeto de estudio estuvo conformada por las empresas manufactureras grandes y medianas, por dos razones: empresas manufactureras porque la principal fuente de desequilibrio en el ecosistema se ha atribuido a las operaciones de éste sector de la economía (Zhu y Sarkis, 2006; Zhu *et al.*, 2012; Olugu *et al.*, 2011; Hsu *et al.*, 2014; Dubey *et al.*, 2015; Sarache *et al.*, 2014), y en cuanto al tamaño, se eligieron las medianas y grandes empresas, porque es donde existen un mayor número de iniciativas ambientales, puesto que tienden a atraer la atención más

crítica de las partes interesadas y también tienen más recursos para invertir en la gestión ambiental (González-Benito y González-Benito, 2006).

De acuerdo con los registros de las Cámaras de Comercio de Manizales, Pereira, Armenia y Cartago, la población objeto de estudio está compuesta por 128 empresas, 49 grandes y 79 medianas (clasificación por tamaño según la ley 905 de agosto 2 de 2004). En la Tabla 4-1 se muestra dicha población.

Tabla 4-1: Empresas por región y por tamaño

Región	Total empresas industriales	Empresas industriales grandes y medianas		Total empresas grandes y medianas	Total
		Empresas grandes	Empresas medianas		
Quindío	1619	3	9	12	70.702
Caldas	2302	24	39	63	
Risaralda	1616	18	20	38	
Norte del valle	869	4	11	15	
Total	6406	49	79	128	
		38%	62%	100%	

Fuente: Cámara de Comercio de Manizales, Pereira, Armenia y Cartago (registro mercantil, Enero 27 de 2017).

- **Determinación del marco muestral**

El marco muestral está conformado por el listado de empresas manufactureras grandes y medianas de cada región del Eje Cafetero, proporcionadas por la Cámara de Comercio de Manizales, la Cámara de Comercio de Pereira, la Cámara de Comercio de Quindío y Armenia y la herramienta informática Compite 360 suministrada por la Cámara de Comercio de Cartago, en la cual se filtró la información del Norte del Valle. Para efectos de confidencialidad, solo se mostrarán los nombres de las empresas manufactureras por región. El conjunto de empresas que conforman el marco muestral se encuentra en el Anexo M.

- **Selección Técnica de muestreo**

Una vez definida la población a estudiar y el marco muestral, es necesario determinar la muestra mínima necesaria de encuestas a recolectar, para que el instrumento tenga validez. Dado que la población es finita y, se interesa conocer el desempeño ambiental de las empresas manufactureras grandes y medianas del Eje Cafetero, se debe utilizar la técnica de muestreo probabilístico estratificado.

Según Naresh (2010), el muestreo estratificado es un proceso de dos pasos en que la población se divide en subpoblaciones o estratos. Los estratos tienen que ser mutuamente excluyentes y colectivamente exhaustivos, por lo que cada elemento de la población debe asignarse a un único estrato sin omitir algún elemento de la población. A continuación, se seleccionan los elementos de cada estrato mediante un procedimiento aleatorio, por lo regular el muestreo aleatorio simple. Así mismo, las variables de estratificación deben tener una relación estrecha con las características de interés.

De acuerdo con lo anterior, debido a que se quiere medir el desempeño ambiental de la empresas manufactureras grandes y medianas de la región del Eje cafetero, la variable de estratificación global y por cada región, será el tamaño de la empresa, dado que ésta permite que los elementos de cada estrato sean homogéneos, mientras que los elementos de los diferentes estratos son heterogéneos.

- **Cálculo del tamaño de la muestra**

Dado que la población objetivo para los fines del proyecto es relativamente pequeña en tamaño se intentó un censo, para lo cual se envió la solicitud de información a todas las empresas. Sin embargo, teniendo en cuenta límites de tiempos y que probablemente no se obtendría respuesta de todas ellas, se decidió calcular un tamaño mínimo de muestra a recolectar. Para esto, se siguieron los siguientes pasos propuestos por Naresh (2010):

- I. Determine la población (N): 128
- II. Especificar error estimado (D): 0,05
- III. Especificar el nivel de confianza (NC): 95%
- IV. Determine el valor z asociado con el NC: El valor z es 1.96
- V. Determinar la proporción de la población (P): Dado que la población es el total de empresas manufactureras grandes y medianas del Eje Cafetero, que en total son 128 empresas y a todas se les envió la encuesta, se espera que mínimo 100 la respondan. Así, la proporción de la población está representado por la tasa de respuesta esperada, la cual es de 0,78.
- VI. Determine el tamaño de la muestra (Ecuación 4-1) :

$$n = \frac{N * p * (1 - p)}{(N - 1) * \frac{D^2}{z^2} + p * (1 - p)} \quad (4-1)$$

$$n = \frac{128 * 0,78 * 0,22}{(127) * \frac{(0,05)^2}{(1,96)^2} + (0,78 * 0,22)}$$

$$n = 86 \text{ empresas grandes y medianas}$$

Posterior a este cálculo es necesario estimar la muestra mínima por estrato y conocer así las empresas requeridas, según su tamaño. Los resultados de la muestra mínima por estrato se presentan a continuación.

$$ksh = \frac{n}{N} \quad (4-2)$$

$$ksh = \frac{86}{128} = 0,671$$

$$nh = Nh * Ksh \quad (4-3)$$

Donde Ksh es la fracción constante; N es el tamaño de la población; n es el tamaño mínimo de la muestra; nh es el tamaño de muestra mínimo para cada estrato y Nh es la población de cada estrato (Sampieri et al., 2010). De manera que el total de la subpoblación se multiplicará por esta fracción constante para obtener el tamaño de la muestra para el estrato. Al sustituirse, se obtienen los valores de la Tabla 4-2.

Tabla 4-2: Muestra probabilística estratificada empresas manufactureras

Estrato	Ksh	Total población por cada estrato (Nh)	Muestra (nh)
Grandes	0,671	49	33
Medianas	0,671	79	53
Total		128	86

Fuente: elaboración propia

Luego de calcular el tamaño de muestra estratificada para toda la población de empresas grandes y medianas, se calcula el tamaño de muestra para cada región, e igualmente para cada estrato.

- Caldas

Para calcular el tamaño de la muestra probabilística estratificada para la región de Caldas, se utilizan los mismo parámetros utilizados para la muestra general, a excepción del tamaño de la población, que para este caso fue $N=63$. Así, el tamaño de la muestra se calcula aplicando la ecuación 4-1:

$$n = \frac{63 * 0,78 * 0,22}{(62) * \frac{(0,05)^2}{(1,96)^2} + (0,78 * 0,22)} = 51$$

Luego, para calcular el tamaño de muestra por estrato, se aplican las ecuaciones (4-2) y (4-3). Los resultados se muestran en la Tabla 4-3.

Tabla 4-3: Muestra probabilística estratificada empresas manufactureras de Caldas

Estrato	Ksh	Total población por cada estrato (Nh)	Muestra (nh)
Grandes	0,809	24	19
Medianas	0,809	39	32
Total		63	51

Fuente: elaboración propia

- Risaralda

Para calcular el tamaño de la muestra probabilística estratificada para la región de Risaralda, se utilizan los mismo parámetros utilizados para la muestra general, a excepción del tamaño de la población, que para este caso fue $N=38$. Así, el tamaño de la muestra se calcula aplicando la ecuación (4-1).

$$n = \frac{38 * 0,78 * 0,22}{(37) * \frac{(0,05)^2}{(1,96)^2} + (0,78 * 0,22)} = 33$$

Luego, para calcular el tamaño de muestra por estrato, se aplican las ecuaciones (4-2) y (4-3). Los resultados se muestran en la Tabla 4-4

Tabla 4-4: Muestra probabilística estratificada empresas manufactureras de Risaralda

Estrato	Ksh	Total población por cada estrato (Nh)	Muestra (nh)
Grandes	0,868	18	16
Medianas	0,868	20	17
Total		38	33

Fuente: elaboración propia

- Quindío

Para calcular el tamaño de la muestra probabilística estratificada para la región del Quindío, se utilizan los mismo parámetros utilizados para la muestra general, a excepción del tamaño de la población, que para este caso fue $N=12$. Así, el tamaño de la muestra se calcula aplicando la ecuación (4-1):

$$n = \frac{12 * 0,78 * 0,22}{(11) * \frac{(0,05)^2}{(1,96)^2} + (0,78 * 0,22)} = 12$$

Luego, para calcular el tamaño de muestra por estrato, se aplican las ecuaciones (4-2) y (4-3). Los resultados se muestran en la Tabla 4-5.

Tabla 4-5: Muestra probabilística estratificada empresas manufactureras del Quindío

Estrato	Ksh	Total población por cada estrato (Nh)	Muestra (nh)
Grandes	1	3	3
Medianas	1	9	9
Total		12	12

Fuente: elaboración propia

- Norte del valle

Para calcular el tamaño de la muestra probabilística estratificada para la región del Quindío, se utilizan los mismos parámetros utilizados para la muestra general, a excepción del tamaño de la población, que para éste caso fue $N=12$. Así, el tamaño de la muestra se calcula aplicando la ecuación (4-1):

$$n = \frac{15 * 0,78 * 0,22}{(14) * \frac{(0,05)^2}{(1,96)^2} + (0,78 * 0,22)} = 14$$

Luego, para calcular el tamaño de muestra por estrato, se aplican las ecuaciones (4-2) y (4-3). Los resultados se muestran en la Tabla 4-6.

Tabla 4-6: Muestra probabilística estratificada empresas manufactureras del Norte del valle

Estrato	Ksh	Total población por cada estrato (Nh)	Muestra (nh)
Grandes	0,933	4	4
Medianas	0,933	11	10
Total		15	14

Fuente: elaboración propia

4.1.2 Paso 2. Trabajo de campo

El trabajo de campo se realizó entre el 10 de Enero y el 31 de Marzo de 2017, incluyendo la muestra piloto. Para esta investigación se seleccionó como método de recolección de datos la encuesta y, el canal para su divulgación fue de forma presencial. Las razones para su selección obedecen al alcance y objetividad del estudio. Se realizaron en total 116 encuestas dirigidas a los responsables del Sistema de Gestión Ambiental en las empresas manufactureras grandes y medianas de 4 regiones que conforman el Eje Cafetero (Caldas, Risaralda, Quindío y Norte del Valle), superando así la muestra mínima en un 5% y logrando los porcentajes que se observan en la Tabla 4-7.

Tabla 4-7: Encuestas obtenidas en el trabajo de campo

Descripción	Encuestas requeridas			Encuestas realizadas			Porcentaje realizado
	Tamaño		Total	Tamaño		Total	
	Grandes	Medianas		Grandes	Medianas		
Caldas	19	32	51	24	30	54	106%
Risaralda	16	17	33	16	20	36	109%
Quindío	3	9	12	2	10	12	100%
Norte del Valle	4	10	14	3	11	14	100%
Total	42	68	110	45	71	116	105%

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 4-8 se muestran el perfil de las empresas encuestadas, teniendo en cuenta variables como la región, el tamaño, el subsector industrial según el Código CIU, el mercado y el cargo de la persona encuestada.

Tabla 4-8: Perfil de empresas encuestadas

Característica	No. de encuestados	Porcentaje (%)
Región		
Caldas	54	47%
Risaralda	36	31%
Quindío	12	10%
Norte del Valle	14	12%
Total	116	100%
Tamaño		
Grande	42	36%
Mediana	74	64%
Total	116	100%
Subsector industrial (CIU)		
Elaboración de productos alimenticios y bebidas	35	30%
Fabricación y confección de productos textiles	15	13%
Transformación de la madera y fabricación de productos de madera	3	3%
Fabricación de papel, cartón y productos de papel	1	1%
Actividades de impresión y de producción de copias	1	1%
Fabricación de sustancias y productos químicos	4	3%
Fabricación de productos de caucho y de plástico	14	12%
Fabricación de otros productos minerales no metálicos	7	6%
Fabricación de productos metalúrgicos básicos	1	1%
Fabricación de productos elaborados de metal	9	8%
Fabricación de aparatos y equipo eléctrico	7	6%
Fabricación de maquinaria y equipo	5	4%
Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques	5	4%
Fabricación de otros tipos de equipo de transporte	2	2%
Fabricación de muebles, colchones y somieres	4	3%
Otras industrias manufactureras	3	3%
Total	116	100%
Mercado		
Nacional	60	52%
Nacional e Internacional	56	48%
Total	116	100%
Cargo persona encuestada		
Coordinador/Líder/ Director/Gerente de Gestión Ambiental	40	34%
Coordinador/Líder/ Director Sistemas de Gestión	18	16%
Coordinador seguridad y salud en el trabajo	9	8%
Líder/ Jefe/Director de Calidad	11	9%
Jefe de producción/Jefe de operaciones/Jefe de planta	25	22%
Gerente	13	11%
Total	116	100%

Fuente: elaboración propia

Los resultados de la Tabla 4-8 indican que, el 47% (n=54) de las empresas encuestadas pertenecen a la región de Caldas. En términos del tamaño, el 64% de las empresas son medianas. Así mismo, los subsectores industriales con mayor número de encuestados son elaboración de productos alimenticios y bebidas (30%, n=35), fabricación y confección de Productos Textiles (13%, n=15) y fabricación de productos de caucho y plástico (12%,

n=14). El estudio también arrojó que casi la mitad de las empresas encuestadas (48%, N=56) comercializan sus productos tanto en el mercado nacional como internacional. Finalmente, se pudo observar que el mayor número de encuestados tienen el cargo directamente relacionado con la gestión ambiental (34%, n=40).

4.1.3 Paso 3. Análisis de la información

- **Aplicación del indicador**

Una vez realizada la encuesta de desempeño ambiental en las empresas objeto de estudio, se aplicó la ecuación (3-5) para determinar el valor del Indicador de desempeño ambiental empresarial bajo el enfoque GSCM. En el Anexo N, se muestra el listado de las empresas con los resultados de desempeño en cada una de las prácticas ambientales y el valor obtenido en indicador de desempeño ambiental (I_{GSCM}). Los análisis y resultados se describen a continuación.

- **Valoración del desempeño de las prácticas ambientales**

Teniendo en cuenta la escala utilizada para el desempeño ambiental tanto del indicador como de cada práctica (Tabla 3-65), en la Tabla 4-9 y la Figura 4-1 se muestra para cada una de las 10 prácticas ambientales, los porcentajes de empresas que obtuvieron cada calificación de la escala. Como se observa en la Tabla 4-9, más del 50% de las empresas tuvieron calificaciones altas en las prácticas de ecodiseño, manufactura verde, distribución verde y logística inversa, mientras que más del 50% de empresas tuvieron calificaciones baja en las prácticas de colaboración ambiental, compras verdes y marketing verde.

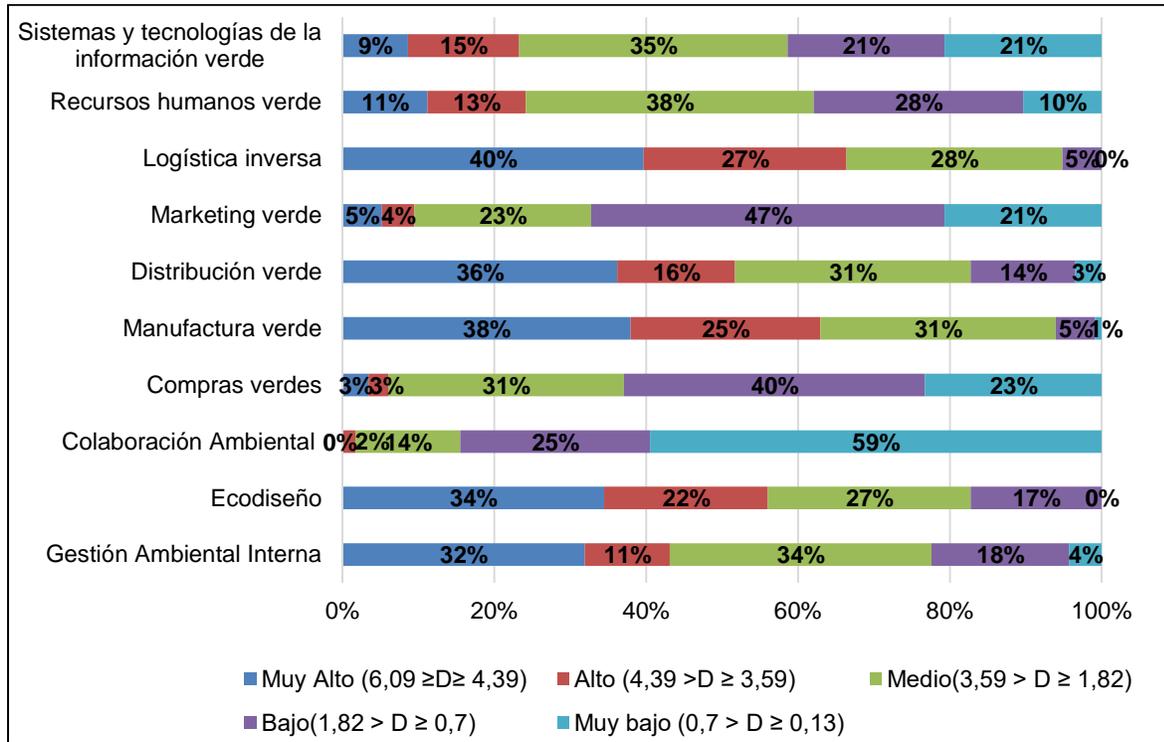
Tabla 4-9: Valoración del desempeño por práctica ambiental

Práctica ambiental	Muy Alto (6,09 \geq D \geq 4,39)	Alto (4,39 $>$ D \geq 3,59)	Medio (3,59 $>$ D \geq 1,82)	Bajo (1,82 $>$ D \geq 0,7)	Muy bajo (0,7 $>$ D \geq 0,13)	Total
Gestión Ambiental Interna	32%	11%	34%	18%	4%	100%
Ecodiseño	34%	22%	27%	17%	0%	100%
Colaboración Ambiental	0%	2%	14%	25%	59%	100%
Compras verdes	3%	3%	31%	40%	23%	100%
Manufactura verde	38%	25%	31%	5%	1%	100%
Distribución verde	36%	16%	31%	14%	3%	100%
Marketing verde	5%	4%	23%	47%	21%	100%
Logística inversa	40%	27%	28%	5%	0%	100%

Recursos humanos verde	11%	13%	38%	28%	10%	100%
Sistemas y tecnologías de la información verde	9%	15%	35%	21%	21%	100%

Fuente: elaboración propia

Figura 4-1: Valoración del desempeño por práctica ambiental



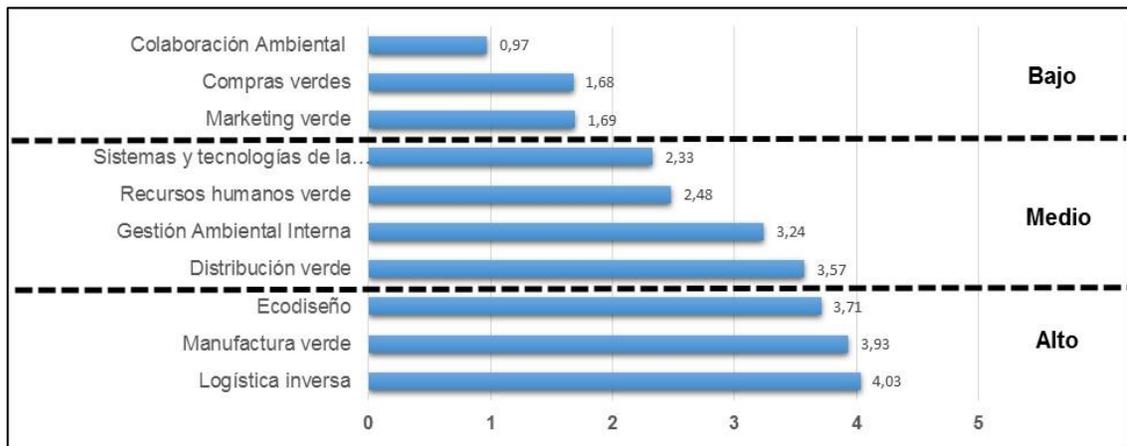
Fuente: elaboración propia (2017)

Así mismo, de acuerdo con la Tabla 4-10 y la figura 4-2, la práctica ambiental con mayor desempeño fue la logística inversa (media= 4,03, desviación estándar=1,28), seguido por la manufactura verde (media = 3.93, desviación estándar = 1,32), mientras que la práctica ambiental con menor desempeño ambiental fue la colaboración ambiental (media= 0,97, desviación estándar = 0.85), seguido de las compras verdes (media= 1,68, desviación estándar = 1,18). Esto significa que, en promedio las empresas manufactureras grandes y medianas de la región del Eje Cafetero, tienen un muy buen desempeño en las prácticas de logística inversa, ecodiseño y manufactura verde y un bajo desempeño en la colaboración ambiental, las compras verdes y el marketing verde.

Tabla 4-10: Promedio de valoración desempeño

Práctica ambiental	Estadísticos		Calificación
	Media	D.S	
Gestión Ambiental Interna	3,24	1,55	Medio
Ecodiseño	3,71	1,59	Alto
Colaboración Ambiental	0,97	0,85	Bajo
Compras verdes	1,68	1,18	Bajo
Manufactura verde	3,93	1,32	Alto
Distribución verde	3,57	1,57	Medio
Marketing verde	1,69	1,22	Bajo
Logística inversa	4,03	1,28	Alto
Recursos humanos verde	2,48	1,41	Medio
Sistemas y tecnologías de la información verde	2,33	1,47	Medio

Figura 4-2: Valor promedio de desempeño para cada práctica ambiental



Fuente: elaboración propia

El alto desempeño de la logística inversa coincide con los hallazgos de Geng *et al.* (2017) quienes en un meta análisis de la literatura en el tema GSCM, encontraron que la logística inversa es la práctica con mayor nivel de implementación en las empresas manufactureras; estos autores afirman que la razón de dicho resultado puede deberse al hecho de que el reciclaje y la recolección de piezas y componentes reutilizables pueden reducir el costo de operación en el aprovisionamiento de materiales, lo cual es beneficioso para la empresa. Lo anterior es ratificado por Eltayeb *et al.*(2011), quienes afirman que la logística inversa puede generar beneficios financieros para una empresa, mediante el aumento de los ingresos de ventas "secundarias" (venta de productos reprocesados o remanufacturados), la actuación ambientalmente responsable que puede producir un valor económico real, la mejora de la rentabilidad por las reducciones de costos que provienen del costo reducido

de los bienes vendidos y menores gastos de operación y, una mejor rotación de activos derivada de una mejor gestión del inventario de devoluciones.

Así mismo, el buen desempeño reportado en ecodiseño es consistente con los resultados obtenidos por Diabat *et al.* (2013) y Geng *et al.* (2017), quienes encontraron una alta influencia de ésta práctica en el desempeño ambiental. Este resultado también coincide con lo planteado por Lin (2013), quien afirma que el ecodiseño puede traer mejoras ambientales, disminuir el consumo de energía y mejorar el tratamiento de los residuos. Se reafirma entonces la idea, de que el ecodiseño es una técnica útil para mejorar el desempeño ambiental de los fabricantes al abordar simultáneamente la funcionalidad del producto y minimizar los impactos ambientales durante el ciclo de vida (Zhu y Sarkis, 2004).

De igual forma, el alto desempeño en la manufactura verde también fue identificado en la investigación de Mafini y Muposhi (2017), quienes afirman que dicho resultado puede atribuirse al hecho de que ésta práctica es el núcleo de las actividades de la mayoría de las empresas del sector industrial y sigue siendo la principal función del negocio. Así, aunque las funciones de adquisición y logística son importantes para cualquier empresa, siguen siendo un servicio de soporte a la función de operaciones (manufactura) de la empresa. Los resultados de ésta investigación también son similares a los encontrados por Scur y Barbosa (2017), quienes analizaron la implementación de las prácticas ambientales en empresas fabricantes de electrodomésticos en Brasil y encontraron una alta implementación de ésta práctica. Los resultados obtenidos, de acuerdo con éstos autores se sustentan en el hecho que las empresas realizan mantenimiento preventivo y predictivo de los equipos, enfocándose en el desempeño de sus productos y aumentando su vida útil, lo cual influye fuertemente en la productividad y en el desempeño ambiental.

Por otro lado, el bajo desempeño en términos de colaboración ambiental coincide con lo encontrado por Vachon y Klassen (2008) y Green *et al.* (2012). Estos autores afirman que éste resultado puede explicarse por varias barreras a su implementación, como la falta de políticas gubernamentales para crear colaboración ambiental a través de cadenas de suministro, el uso de monitoreo ambiental en lugar de la colaboración ambiental y la escasa comprensión de la gestión ambiental y la colaboración ambiental en la cadena de suministro. En las empresas analizadas, este resultado es preocupante, ya que como lo

afirman Diabat *et al.* (2013), la implementación exitosa de las prácticas de GSCM necesita tanto la coordinación hacia atrás con los proveedores como la coordinación hacia adelante con los clientes de la cadena de suministro; luego, la participación de diferentes socios logísticos es necesaria para asegurar que los productos manufacturados sean específicamente diseñados, producidos, empacados y entregados para cumplir con los objetivos ambientales y para mejorar el desempeño ambiental.

Al igual que la colaboración ambiental, el marketing verde también obtuvo un desempeño bajo. Este resultado coincide con lo encontrado por Leonidou *et al.* (2013), quienes plantean que el desarrollo de los programas de marketing dependen altamente de la inversión de recursos por parte de la alta dirección y a las diferentes motivaciones de las partes interesadas y sus requisitos con respecto al papel del marketing en el entorno natural, las cuales varían ampliamente y es probable que entren en conflicto.

El bajo desempeño de las compras verdes, también fue identificado por Scur y Barbosa (2017), quienes encontraron una baja implementación de ésta práctica en las empresas fabricantes de electrométricos en Brasil. Este resultado, de acuerdo con dichos autores, se debe al mayor costo de materiales para fabricar productos ecológicos y el número limitado de proveedores con una alta calificación ambiental debido a la demanda de materiales y componentes con componentes verdes.

Finalmente, de acuerdo con los resultados descritos anteriormente, las prácticas orientadas al exterior de la empresa, “aguas arriba” y “aguas abajo”, tales como las compras verdes, la colaboración ambiental y el marketing verde, tuvieron un bajo desempeño ambiental; lo que podría sugerir una débil integración con los actores de las cadenas de abastecimiento de las empresas analizadas. De lo anterior, se infiere que dichas empresas deben enfocarse en desarrollar programas de fortalecimiento con sus proveedores y clientes. Lo anterior es ratificado por Lee *et al.* (2012, p.1151), quienes afirman lo siguiente : *“Por lo tanto, las empresas necesitan depender de la relación comprador-proveedor, lo que ayuda a mejorar la cooperación y la coordinación entre los miembros de la cadena de suministro”*.

- **Valoración del desempeño de las sub-prácticas ambientales**
 - **Gestión ambiental interna**

Entre los resultados obtenidos en la Tabla 4-11 se puede afirmar que, en general, más del 50% de las empresas manufactureras del sector están en un período de ejecución e implementación de los proyectos relacionados con la gestión ambiental interna.

Tabla 4-11: Valoración del desempeño de las sub-prácticas de la Gestión ambiental interna

Sub-prácticas	% por nivel de implementación					Estadísticos		
	1*	2	3	4	5	Total	Media	D.S
GAI1	5%	5%	14%	25%	51%	100%	4,11	1,15
GAI2	34%	7%	9%	13%	37%	100%	3,11	1,75
GAI3	22%	14%	10%	15%	40%	100%	3,37	1,62
GAI4	21%	8%	12%	12%	47%	100%	3,58	1,62
GAI5	3%	8%	15%	32%	43%	100%	4,05	1,06

(*1: No se ha considerado; 2: Se está planeando considerarlo; 3: Se está teniendo en cuenta actualmente; 4: Se está iniciando su implementación; 5: Se ha implementado exitosamente)

Fuente: elaboración propia

Así mismo, como se observa en la Tabla 4-11, la sub-práctica que más empresas tienen implementada es el apoyo de la alta dirección a las iniciativas ambientales. Este resultado es importante, puesto que, como lo afirman diversos autores (Zhu y Sarkis, 2004; Zhu *et al.*, 2005; Zhu y Sarkis, 2006; Olugu *et al.*, 2011; Govindan *et al.*, 2013), el apoyo de la alta dirección es una parte esencial y primaria del proceso para entrar en la filosofía verde. Lo anterior es ratificado por Fraj *et al.* (2013), quienes afirman que las actividades ambientales reflejan un "modo de vida" y las visiones de los gerentes y fundadores sobre el medio ambiente se filtran en toda la organización.

Por otro lado, la existencia de un gerente de medio ambiente, es la que menos empresas tienen implementada pues sólo un 37% de empresas la reportaron, mientras que un 34% no han considerado implementarla. Este resultado es preocupante en las empresas analizadas, ya que como lo afirman Yu y Ramanathan (2015), aunque la decisión de implementar las prácticas ambientales depende de los altos mandos, su despliegue en toda la organización debe estar a cargo de profesionales en el medio ambiente. De esta forma, se puede inferir que, las empresas analizadas al no tener gerentes de medio ambiente y departamentos ambientales, el despliegue de las iniciativas ambientales se ve

afectado a lo largo de toda la organización y por ende su desempeño ambiental es más bajo.

o **Ecodiseño**

En general, las empresas manufactureras del sector (más del 50%) están en un período de ejecución e implementación de los proyectos relacionados con la el ecodiseño (ver Tabla 4-12).

Tabla 4-12: Valoración del desempeño de las sub-prácticas del ecodiseño

Sub-prácticas	% por nivel de implementación					Estadísticos		
	1	2	3	4	5	Total	Media	D.S
ED1	13%	11%	20%	22%	34%	100%	3,53	1,40
ED2	9%	5%	16%	34%	36%	100%	3,84	1,22
ED3	5%	7%	26%	28%	34%	100%	3,79	1,15
ED4	12%	7%	14%	21%	47%	100%	3,83	1,40

(1: No se ha considerado; 2: Se está planeando considerarlo; 3: Se está teniendo en cuenta actualmente; 4: Se está iniciando su implementación; 5: Se ha implementado exitosamente)

Fuente: elaboración propia

Como se observa en la Tabla 4-12, la sub-práctica que más se ha implementado (47% de las empresas) es el diseño de productos/empaques para su reutilización, reciclaje, remanufactura y recuperación de materiales y/ o componentes al final de su ciclo de vida (ED4), mientras que un 12% de las empresas no han considerado implementarla. Este resultado podría explicarse debido a los beneficios económicos secundarios derivados de éstas actividades (Eltayeb *et al.*, 2011). En esta vía, se podría inferir que las empresas analizadas implementan esta sub-práctica con el objetivo de tener beneficios económicos como los ingresos recibidos por la venta de productos reutilizados, la reducción de costos al utilizar materiales reciclados en lugar de comprar materiales y reemplazar piezas y componentes en lugar de fabricar un nuevo producto.

Por otra parte, la sub-práctica menos implementada es el diseño de los productos/empaques para evitar o reducir el uso de materiales y/o procesos de manufactura contaminantes/ tóxicos/peligrosos (ED1), ya que sólo estuvo implementada en un 34% de las empresas mientras que no ha sido considerada por el 13% de ellas. Este resultado es preocupante, puesto que de acuerdo con Rostamzadeh *et al.* (2015), el cumplimiento de los requisitos legales ambientales y programas de auditoría y los diseños de productos que evitan o reducen el uso de materiales tóxicos o peligrosos son los factores más influyentes en las prácticas de GSCM.

o Colaboración ambiental

Se puede afirmar que, en general, las empresas estudiadas no han considerado implementar proyectos relacionados con la colaboración ambiental. Estos resultados son similares a los hallados por Diabat *et al.* (2013), quienes identificaron que la colaboración con proveedores y clientes está en último lugar en el ranking de prácticas ambientales en las empresas. Ante tales hallazgos, dichos autores afirman que la aplicación de prácticas GSCM no debe limitarse a las operaciones de fabricación, puesto que su implementación exitosa necesita tanto la coordinación hacia atrás con los proveedores como la coordinación hacia adelante con los clientes de la cadena de suministro. Además, las empresas deben considerar que la creación de conocimiento puede resultar de interacciones con miembros internos, pero también surgen como resultado de la cooperación con partes interesadas externas (Fraj *et al.*, 2013).

Tabla 4-13: Valoración del desempeño de las sub-prácticas de la colaboración ambiental

Sub-prácticas	% por nivel de implementación					Estadísticos		
	1	2	3	4	5	Total	Media	D.S
CA1	62%	18%	8%	8%	4%	100%	1,74	1,16
CA2	67%	16%	10%	2%	5%	100%	1,62	1,08
CA3	61%	14%	10%	3%	11%	100%	1,90	1,37
CA4	71%	10%	10%	3%	6%	100%	1,63	1,15
CA5	56%	16%	13%	5%	9%	100%	1,96	1,3
CA6	57%	19%	11%	5%	8%	100%	1,88	1,3
CA7	63%	11%	11%	6%	9%	100%	1,86	1,3
CA8	65%	17%	9%	3%	6%	100%	1,68	1,1

(1: No se ha considerado; 2: Se está planeando considerarlo; 3: Se está teniendo en cuenta actualmente; 4: Se está iniciando su implementación; 5: Se ha implementado exitosamente)

Fuente: elaboración propia

Como se observa en la Tabla 4-13, más del 50% de las empresas no han considerado implementar las sub-prácticas de la colaboración ambiental. Así, la sub-práctica que más tienen implementada es la educación del cliente (incluyen la celebración de seminarios de sensibilización para los clientes, informar a los clientes acerca de los beneficios de las prácticas verdes, proporcionar información know-how) puesto que sólo el 11% la tienen implementada, mientras que el 61% no han considerado implementarla. El anterior hallazgo coincide con lo encontrado por Govindan *et al.* (2013) en las empresas de la industria electrónica de Brasil; estos autores afirman que la cooperación con el cliente viene de una buena imagen de sus productos en la industria.

Por otro lado, la sub-práctica que menos empresas han considerado implementar es el apoyo al cliente (creación de equipos ambientales para guiar a los clientes en el desarrollo de programas ambientales, visitar clientes locales para proporcionar asistencia técnica) (CA4), dado que el 71% de las empresas no ha considerado implementarla y sólo el 6% la tienen implementada. En las empresas analizadas, este resultado es preocupante, ya que como lo afirma Zhu y Sarkis (2006), la mejora de la sostenibilidad y las propiedades ambientales de los productos y servicios necesitan la cooperación del cliente.

- **Compras verdes**

Con base en los resultados obtenidos en la Tabla 4-14 se puede afirmar que, en general, las empresas manufactureras no han considerado implementar proyectos relacionados con las compras verdes. Este hallazgo es consistente con lo planteado por Eltayeb *et al.* (2011), quienes afirman que el bajo desempeño de ésta práctica podría deberse a que los beneficios derivados de ésta, pueden estar reflejados en las partes externas y no en la empresa; en esta vía, dicho autor afirma lo siguiente: “*la empresa se centra en mejorar el desempeño ambiental de sus proveedores, mientras que el beneficio de tal iniciativa puede reflejarse indirectamente en la empresa, a través de la obtención de materiales verdes y otros insumos, el efecto directo va a los proveedores*” (Eltayeb *et al.*, 2011:504).

Tabla 4-14: Valoración del desempeño de las sub-prácticas de las compras verdes

Sub-prácticas	% por nivel de implementación					Estadísticos		
	1	2	3	4	5	Total	Media	D.S
CV1	32%	15%	16%	16%	22%	100%	2,80	1,56
CV2	65%	9%	11%	8%	7%	100%	1,83	1,29
CV3	63%	9%	10%	7%	10%	100%	1,92	1,40
CV4	55%	10%	11%	9%	15%	100%	2,17	1,52

(1: No se ha considerado; 2: Se está planeando considerarlo; 3: Se está teniendo en cuenta actualmente; 4: Se está iniciando su implementación; 5: Se ha implementado exitosamente)

Fuente: elaboración propia

Como se observa en la Tabla 4-14, la sub-práctica más implementada por las empresas manufactureras fue la selección de los proveedores o subcontratistas con inclusión de criterios medioambientales (CV1) ya que un 22% de las empresas la tienen implementada. Este resultado, a pesar de ser el más alto dentro de las sub-prácticas de la práctica de compras verdes, es preocupante, ya que como lo afirman Chiou *et al.* (2011) el seleccionar los proveedores incluyendo criterios ambientales garantiza que los materiales comprados tengan un componente verde. De esta forma, al no asegurar la responsabilidad ambiental

desde la fuente, se vuelve más difícil y complejo para las empresas implementar las iniciativas verdes.

Por otra parte, aa práctica menos considerada por las empresas para su implementación fue exigir a los proveedores o subcontratistas una certificación ambiental del sistema de gestión ambiental (SGA) como la ISO14000 (CV2), ya que el 65% de las empresas no han considerado implementarla, mientras que sólo el 7% la tienen implementada. Este resultado también es preocupante, debido a los beneficios obtenidos al implementar un SGA, ya que como lo afirman Testa e Iraldo (2010, p. 959) *“al extender el sistema de gestión a las relaciones con pequeños proveedores o subcontratistas (o incluso apoyando a estos actores en el desarrollo de su propio SGA y en coordinación con el SGA del adoptante), por ejemplo, las barreras e inconvenientes de una gestión de la cadena de suministro se pueden eliminar”*.

De igual forma, Chiou *et al.* (2011) afirman que aunque la implementación de sistemas de gestión ambiental implica desembolsos de capital, es una valiosa inversión a futuro; así, las organizaciones deben invertir continuamente en GSCM, y en particular en la ecologización del proveedor y la innovación ecológica, para cumplir con regulaciones ambientales cada vez más estrictas y con miras a construir y mantener una ventaja competitiva sostenible en el mercado global. Por tanto, a partir de los resultados observados, se podría inferir que a pesar de los beneficios que proporciona un SGA, dado que las empresas analizadas no lo tienen implementado debido a los altos costos derivados de su implementación, tampoco se lo pueden exigir a sus proveedores.

o Manufactura verde

Entre los resultados obtenidos en la Tabla 4-15 se puede afirmar que, en general, más del 50% de las empresas manufactureras del sector están en un período de ejecución e implementación de los proyectos relacionados con la manufactura verde.

Tabla 4-15: Valoración del desempeño de las sub-prácticas de la Manufactura verde

Sub-práctica	% por nivel de implementación					Estadísticos		
	1	2	3	4	5	Total	Media	D.S
MV1	3%	7%	22%	29%	40%	100%	3,97	1,06
MV2	2%	12%	20%	28%	38%	100%	3,89	1,10
MV3	4%	10%	22%	30%	33%	100%	3,77	1,14
MV4	7%	7%	14%	33%	40%	100%	3,91	1,20
MV5	13%	10%	20%	22%	34%	100%	3,55	1,39

(1: No se ha considerado; 2: Se está planeando considerarlo; 3: Se está teniendo en cuenta actualmente; 4: Se está iniciando su implementación; 5: Se ha implementado exitosamente)

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con los resultados de la Tabla 4-15, la sub-práctica más implementada por las empresas es la confiabilidad y mantenimiento de los procesos (MV4) para la eficiencia medioambiental (reducir el uso de recursos escasos o tóxicos, reducir residuos y el consumo de energía, agua, gas, combustible), ya que el 73% de las empresas la están implementando (33%) o ya la tienen en ejecución (40%). Este resultado podría estar ligado a lo encontrado por Scur y Barbosa (2017), quienes identificaron y analizaron las prácticas de gestión de la cadena de suministro verde adoptadas por 5 fabricantes de electrodomésticos de Brasil; éstos autores afirman que el alto desempeño en la manufactura verde en dichas empresas, se debía a que sus equipos estaban debidamente instalados de acuerdo a sus proyectos y en buenas condiciones de trabajo; lo anterior, dado que dichas empresa realizaban mantenimiento preventivo y predictivo, enfocándose en el desempeño de sus productos y aumentando su vida útil.

Por otro lado, la sub-práctica que no ha sido considerada por un mayor número de empresas (13%) fue la automatización de los procesos (MV5). Este resultado posiblemente esté ligado a lo planteado por Kusi-Sarpong (2015) quien menciona que la baja sistematización y automatización de los procesos se debe posiblemente a la alta inversión de capital que éstos conllevan; sin embargo añade que *“la automatización de los procesos permite mejorar las eficiencias operativas y liberar capacidad adicional (uso eficiente de los recursos), permitiendo así a las empresas minimizar costos, utilizar eficientemente los recursos y aumentar la producción”*. (p.90). Por tanto, a partir de los resultados obtenidos en las empresas analizadas, se puede inferir que el bajo desempeño de la automatización de proceso se puede deber a los altos costos de implementación que las empresas no están dispuestas a incurrir.

Otra de las posibles razones por la que la automatización de procesos para la eficiencia medioambiental todavía no ha sido considerada, puede estar ligada con lo encontrado por

Mittal y Sangwan (2014), quienes plantean que las dos principales barreras para la implementación de las actividades de manufactura verde son : 1) La falta de conocimiento / información en términos de información insuficiente sobre las opciones tecnológicas disponibles y el acceso limitado a la literatura verde y, 2) el riesgo tecnológico asociado a la tecnología inmadura y no probada en términos de tecnologías, materiales, operaciones y procesos industriales de última generación, que a menudo no es de fácil acceso ni barato para la empresas.

Una comparación del estado actual del proceso de manufactura verde en las empresas analizadas, frente a otros estudios similares realizados por Vachon y Klassen (2006), Scur y Barbosa (2017), revela que existe una conciencia generalizada sobre la necesidad de establecer actividades verdes en la manufactura para disminuir el consumo de agua, energía así como la emisión de gases de efecto invernadero y residuos.

○ Distribución verde

Entre los resultados obtenidos en la Tabla 4-16 se puede afirmar que, en general, más del 50% de las empresas manufactureras del sector están en un período de ejecución e implementación de los proyectos relacionados con la distribución verde.

Tabla 4-16: Valoración del desempeño de las sub-práctica de la distribución verde

Sub-prácticas	% por nivel de implementación					Estadísticos		
	1	2	3	4	5	Total	Media	D.S
DV1	17%	16%	21%	16%	31%	100%	3,28	1,48
DV2	16%	3%	19%	13%	49%	100%	3,77	1,48
DV3	7%	7%	22%	21%	44%	100%	3,88	1,25
DV4	8%	8%	15%	20%	50%	100%	3,97	1,29

(1: No se ha considerado; 2: Se está planeando considerarlo; 3: Se está teniendo en cuenta actualmente; 4: Se está iniciando su implementación; 5: Se ha implementado exitosamente)

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con los resultados de la Tabla 4-16, la sub-práctica más implementada por las empresas fue la organización de los almacenes y centros de distribución para obtener una máxima eficiencia energética (DV4), ya que el 70% de las empresas la están implementando (20%) o ya la tienen implementada (50%). Este resultado es importante para las organizaciones analizadas, en la medida que el poner un lente verde en las operaciones de los almacenes y centros de distribución puede ayudar al medio ambiente

y traducirse en ganancias de productividad, mejor utilización de los activos, mejor servicio al cliente y menores costos operativos (Esty y Simmons, 2011).

Por otro lado, la sub-práctica que menos ha sido considerada por las empresas para su implementación (17%) es el uso de modos de transporte menos contaminantes y eficientes energéticamente o, mejoras en los existentes a través de un mejor mantenimiento, formación de conductores, y actualizaciones de bajo costo (DV1). Una de las posibles razones de éste resultado, puede estar ligada a lo encontrado por Lau (211), quien plantea que las empresas que obtienen un bajo desempeño en ésta actividad, se preocupan solamente por el cumplimiento regulatorio y el ahorro en costos, en lugar de una sensibilización ambiental, disponibilidad de materiales y tecnologías ecológicas alternativas y el desarrollo de capacidad única para competir a largo plazo. Estos resultados son similares a los planteados por Meza (2017), quien afirma que en temas de logística verde, las empresas colombianas están centradas más en el ahorro de recursos y el empaquetamiento verde que en actividades como el transporte verde. De esto se puede inferir que probablemente sea necesario mejorar la eficiencia en estos procesos, innovar aún más en soluciones bajo costo en los vehículos e invertir en tecnologías limpias para el movimiento de cargas.

A partir de lo anterior y siguiendo a Meza (2017), para estar alineados con las tendencias mundiales, es necesario que la logística verde en Colombia tenga una tendencia creciente, con un marco regulatorio cada vez más exigente, un estado que estimule la adopción de prácticas amigables con el medio ambiente y la formación de consumidores más exigentes.

o Marketing verde

Los resultados obtenidos de la Tabla 4-17 indican que, en general, las empresas manufactureras no han considerado implementar proyectos relacionados con el marketing verde. Este resultado coincide con lo encontrado por Leonidou *et al.* (2013), quienes afirman que el bajo desempeño de ésta práctica se debe a la baja inversión de recursos en ésta práctica de gestión y la aversión al riesgo en el despliegue de los programas de marketing verde por parte de la alta dirección.

Tabla 4-17: Valoración del desempeño de las sub-prácticas del marketing verde

Sub-prácticas	% por nivel de implementación					Estadísticos		
	1	2	3	4	5	Total	Media	D.S
MKV1	52%	22%	9%	6%	12%	100%	2,05	1,39
MKV2	16%	16%	17%	14%	37%	100%	3,40	1,51
MKV3	53%	22%	13%	8%	5%	100%	1,91	1,20
MKV4	47%	17%	7%	9%	19%	100%	2,35	1,59

(1: No se ha considerado; 2: Se está planeando considerarlo; 3: Se está teniendo en cuenta actualmente; 4: Se está iniciando su implementación; 5: Se ha implementado exitosamente)

Fuente: elaboración propia

Así mismo, de acuerdo con los resultados de la Tabla 4-17, la sub-práctica más implementada por las empresas es el compromiso con la preservación del medio ambiente en las comunicaciones corporativas (MKV2), ya que el 51% de las empresas la tienen implementada (37%) o están en proceso de hacerlo (14%). Una de las posibles razones de este resultado, como lo afirman Fraj *et al.* (2013) se debe a que la implementación de acciones para comunicar la responsabilidad ambiental de la empresa puede generar oportunidades para aumentar las ventas y los ingresos y ganar cuota de mercado. Adicionalmente, no requiere cambios organizativos complejos y puede ser útil para captar la atención de los compradores industriales que buscan establecer relaciones con proveedores ambientalmente responsables.

Por otra parte, la sub-práctica menos considerada por las empresas es el desarrollo de estudios de mercado para detectar la disposición a comprar productos con cualidades ambientales producidos por la empresa (MKV3), ya que sólo el 5% de las empresas encuestadas la tienen implementada mientras que el 53% no la han considerado. Este resultado coincide con lo planteado por Echeverri (2010), quien afirma que los empresarios consideran que el desarrollar productos verdes aumentará sus costos de producción y, además, porque su mercado meta no aprecia ni valora aún este concepto como criterio de decisión de compra. Luego, mientras que la demanda de productos ecológicos por parte de consumidores verdes en países desarrollados está en casi un 50% y se duplica cada tres años, la participación de Colombia representa sólo un 2%. En esta vía, en Colombia, no es necesario sólo crear nuevas políticas ambientales, sino generar acciones que sensibilicen a la sociedad civil y empresarial hacia esta tendencia de marketing verde y aumentar más el número de personas que estén dispuestas a comprar productos ambientalmente amigables.

Así mismo, la utilización de etiquetas ecológicas o certificación ambiental (MKV4) también tuvo un bajo nivel de implementación ya que sólo el 19% de las empresas la tienen implementada mientras que el 47% no la han considerado. Este resultado, de acuerdo con Fraj *et al.* (2013), es normal, ya que las empresas lo ven como un requisito previo para acceder a ciertos clientes, pero no es una estrategia para diferenciarse en los mercados industriales. Además, como agrega este autor, su adquisición no implica que la gestión ambiental sea óptima ya que los requisitos se convierten en obstáculos para satisfacer tales demandas; por ejemplo, cambios en el diseño del producto, problemas relacionados con el uso de envases recuperables, etc.

o Logística inversa

Entre los resultados obtenidos en la Tabla 4-18 se puede afirmar que, en general, más del 50% de las empresas manufactureras del sector están en un período de ejecución e implementación de los proyectos relacionados con la logística inversa. Este resultado puede vincularse con los hallazgos de Eltayeb *et al.* (2011), quienes afirman que el alto nivel de implementación de esta práctica en las empresas se debe a su relación con los beneficios económicos obtenidos entre otros, por las reducciones de costos.

Tabla 4-18: Valoración del desempeño de las sub-prácticas de la logística inversa

Sub-práctica	% por nivel de implementación					Estadísticos		
	1	2	3	4	5	Total	Media	D.S
LI1	22%	4%	15%	16%	44%	100%	3,56	1,59
LI2	21%	5%	16%	16%	43%	100%	3,55	1,57
LI3	12%	5%	13%	16%	53%	100%	3,94	1,40
LI4	2%	3%	8%	14%	73%	100%	4,53	0,91

(1: No se ha considerado; 2: Se está planeando considerarlo; 3: Se está teniendo en cuenta actualmente; 4: Se está iniciando su implementación; 5: Se ha implementado exitosamente)

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con los resultados de la Tabla 4-18, la sub-práctica más implementada por las empresas (73%) son los programas y/o procedimientos para la eliminación responsable de desechos y residuos (separación y preparación) (LI4), mientras que sólo un 2% no han pensado en considerarla. Una de las posibles razones de éste resultado podrían ser las presiones coercitivas ya que ésta sub-práctica está incluida en la normatividad ambiental y legislación actual sobre gestión, tratamiento y eliminación de desechos (Scur y Barbosa; 2017). Otra razón es debido a que dicha sub-práctica es más fácil y menos costosa de implementar que el diseño para el reciclaje (Khor y Udin, 2013).

Por otra parte, los programas y/o procedimientos para la recuperación e integración materiales/componentes reciclados de nuevo en el proceso de fabricación/producción (LI1) fue la práctica menos implementada por las empresas ya que un 22% no la han considerado para su implementación. Resultados similares fueron obtenidos por Scur y Barbosa (2017), quienes también encontraron que esta sub-práctica es la más adoptada dentro de la logística inversa por las empresas fabricantes de electrodomésticos en Brasil; según estos autores, este resultado se explica porque no todas las empresas son capaces de producir productos reciclables debido al alto costo de los materiales con componentes verdes y mucho menos de recogerlos al final de su ciclo de vida.

Al comparar los resultados obtenidos con otros países, Colombia sólo le aporta el 7% de inversión a la logística inversa (Arevalo Escobar; 2017). En efecto, ese porcentaje es muy bajo en relación a otros países, en donde le estiman más puntos porcentuales, ya que esto corresponde a inversiones que no pueden dejarse perder y el cual equilibraría los costos. En adición, Torres (2013) afirma que aunque la logística inversa ha tomado impulso en el país y ha tocado la fibras de algunas organizaciones, se observa que, generalmente, los empresarios no tienen claro cuáles son las ventajas que este término tiene para el desarrollo de la cadena de abastecimiento dentro de los procesos internos y externos de una organización.

A partir de lo anterior se puede inferir que a pesar del crecimiento de la logística inversa en Colombia, se debe seguir trabajando en la renovación del pensamiento ambiental, tanto de los consumidores como de los productores, y principalmente de estos últimos, los cuales deben aprender a ver las oportunidades en las devoluciones, al verlos no como desechos indeseables sino la potencialidad que éstos pueden ofrecer en el mercado.

o Recursos humanos verdes

Según los resultados de la Tabla 4-19, no hay una clara tendencia entre las prácticas que componen los recursos humanos verdes. Así, mientras que más del 50% de las empresas tienen implementado sub-prácticas como programas de formación ambiental a los empleados (RHV1) y compromiso de los empleados al apoyo de la gestión ambiental (RHV3), más del 50% de las empresas no han considerado implementar sub-prácticas

como evaluación del desempeño y recompensas basadas en criterios ambientales (RHV2) y el trabajo en equipo en pro del medio ambiente (equipos verdes).

Así mismo, la sub-práctica más implementada por las empresas son los programas de formación ambiental a los empleados (RHV1), ya que el 42% de las empresas ya la tienen implementada y un 23% están en proceso de hacerlo. Estos resultados son similares a los obtenidos por Jabbour *et al.* (2015), quienes evaluaron los factores humanos críticos para las innovaciones ambientales en las empresas manufactureras de Brasil y encontraron que la formación ambiental es el primer factor que proporciona un contacto sistemático con los conceptos ambientales específicos. Según estos autores, la formación ambiental busca proporcionar una comprensión conceptual de las emisiones de carbono y también sobre cómo utilizar las herramientas y tecnologías que están disponibles para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero durante la fabricación de productos.

Tabla 4-19: Valoración del desempeño de las sub-prácticas de los recursos humanos verdes

Sub-prácticas	% por nivel de implementación					Estadísticos		
	1	2	3	4	5	Total	Media	D.S
RHV1	16%	9%	10%	23%	42%	100%	3,68	1,48
RHV2	37%	16%	10%	17%	19%	100%	2,65	1,57
RHV3	9%	9%	23%	34%	23%	100%	3,53	1,22
RHV4	14%	15%	28%	28%	16%	100%	3,16	1,26
RHV5	44%	14%	12%	11%	19%	100%	2,47	1,59

(1: No se ha considerado; 2: Se está planeando considerarlo; 3: Se está teniendo en cuenta actualmente; 4: Se está iniciando su implementación; 5: Se ha implementado exitosamente)

Fuente: elaboración propia

Por otro lado, el trabajo en equipo en pro del medio ambiente (equipos verdes) (RHV5) fue la sub-práctica menos considerada para las empresas para su implementación ya que el 44% de las empresas no han considerado implementarla y sólo el 19% la tienen implementada. Una de las razones de este resultado, puede deberse a que esta sub-práctica sólo es implementada por aquellas empresas que pueden enfrentar más desafíos que otras cuando se ocupan de los cambios climáticos y retos en innovación (Jabbour *et al.*, 2015). Lo anterior concuerda con lo planteado por Fraj *et al.* (2013), quienes afirman que la participación de los empleados es esencial para mejorar el control de la contaminación y que la existencia de equipos de equipos verdes multifuncionales facilita la cooperación y el intercambio de conocimientos para resolver las ineficiencias ambientales y el desarrollo de iniciativas ambientales proactivas, las cuales pueden

beneficiar a las empresas mejorando la coordinación e integración y favoreciendo la innovación.

A partir de lo anterior, se puede inferir que en las empresas analizadas, aunque existe la formación ambiental, ésta no está siendo aplicada en dirección a los objetivos ambientales, haciéndole falta lo que Aguilar (2017) denomina “valor compartido”, en el sentido de que las personas unan sus esfuerzos para obtener un beneficio común, formando equipos verdes interdisciplinarios que generen soluciones ambientales desde diferentes perspectivas y generando innovaciones no sólo ambientales sino también organizacionales.

o Sistemas y tecnologías de la información verde

Según los resultados de la Tabla 4-20, se puede afirmar que, en general, más del 50% de las empresas manufactureras del sector están en un período de ejecución e implementación de los proyectos relacionados con los sistemas y tecnologías de la información verde

Tabla 4-20: Valoración del desempeño de las sub-prácticas de los sistemas y tecnologías de la información verde

Sub-prácticas	% por nivel de implementación					Estadísticos		
	1	2	3	4	5	Total	Media	D.S
STIV1	21%	16%	9%	19%	35%	100%	3,33	1,58
STIV2	27%	9%	8%	17%	39%	100%	3,32	1,68
STIV3	36%	16%	14%	17%	17%	100%	2,64	1,53

(1: No se ha considerado; 2: Se está planeando considerarlo; 3: Se está teniendo en cuenta actualmente; 4: Se está iniciando su implementación; 5: Se ha implementado exitosamente)

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con los resultados de la Tabla 4-20, la sub-práctica más implementada por las empresas es la implementación de sistemas y/o tecnologías para controlar las emisiones y la producción de residuos (STIV2), dado que el 39% de las empresas ya la tienen implementado y el 17% está en proceso de hacerlo. Una de las posibles razones de éste resultado podría ser que monitoreo a través de los sistemas de información, representan la columna vertebral para los esfuerzos de gestión ambiental, apoyando los sistemas internos de gestión ambiental de la empresa, ya que los datos generados pueden ser analizados para generar la información necesaria para tomar decisiones que conduzcan a

una mejor sostenibilidad ambiental a lo largo de la cadena de suministro (Green *et al.* (2012b).

Por otra parte, la sub-práctica menos implementada por las empresas fue la implementación de plataformas, sistemas de información, páginas web y otras alternativas informáticas para animar las prácticas verdes de los consumidores (SITV3), ya que sólo el 17% de las empresas la tienen implementada y un 36% no han considerado implementarla. Este resultado podría tener relación con el bajo desempeño de las prácticas externas directamente relacionadas con clientes y proveedores como lo son las compras verdes, la colaboración ambiental y el marketing verde; en el sentido que la sistematización de las operaciones permiten facilitar la coordinación y cooperación con los diferentes actores de la cadena de abastecimiento (Kusi-Sarpong *et al.*, 2015). En esta vía, se podría inferir que el tener un bajo desempeño en la implementación de sistemas de información ayuda a la baja integración de la empresa con los diferentes actores de su cadena de suministro.

- **Indicador de desempeño ambiental (I_{GSCM})**

En las empresas objeto de estudio, el indicador de desempeño ambiental promedio (I_{GSCM}) fue de 1,88 (ver tabla 4-21). Así mismo, el valor del indicador más alto obtenido fue 4,81 y 0,23 fue el menor. De acuerdo con la escala propuesta en la Tabla 3-16, el desempeño ambiental global de las empresas manufactureras grandes y medianas de la región del Eje Cafetero se puede calificar como Medio.

Tabla 4-21: Resultados muestrales del indicador de desempeño ambiental (I_{GSCM})

Estadístico	Global
Media	1,88
Mediana	1,73
Moda	1,82
Desviación estándar	1,02
Mínimo	0,23
Máximo	4,81

Fuente: elaboración propia

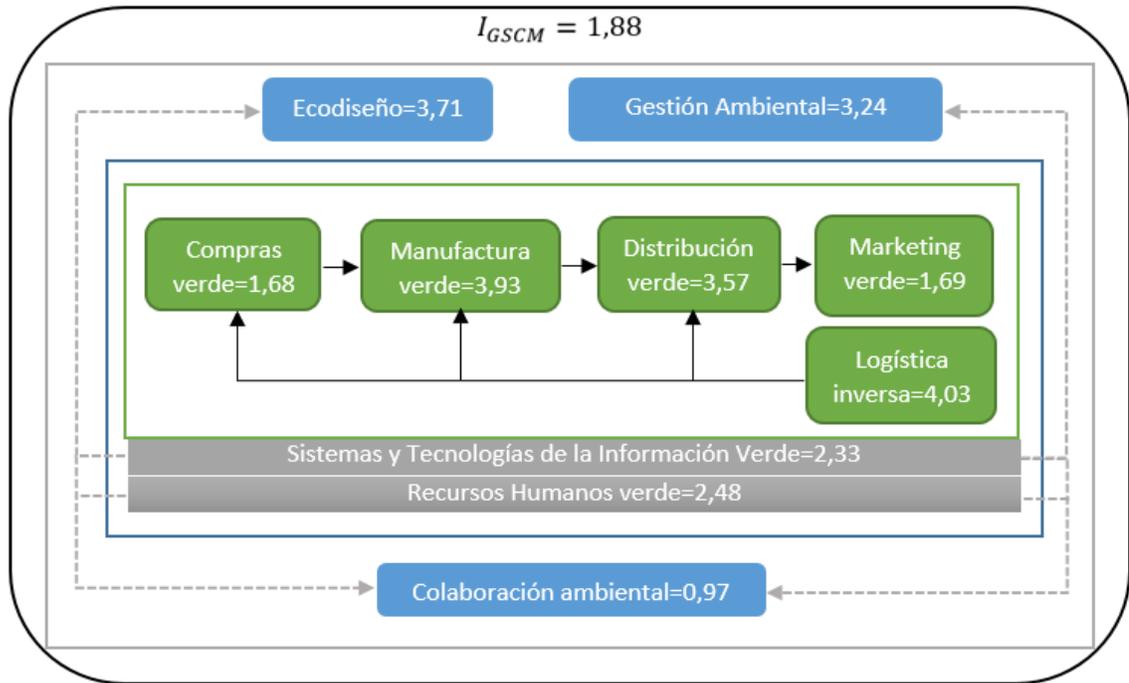
Sin ser elevado ni bajo, el indicador de desempeño ambiental obtenido está en un nivel medio para el conjunto de empresas objeto de estudio. Una de las posibles razones de este resultado podría ser un problema de difusión de prácticas y educación ambiental

debido a las diferencias socioeconómicas y culturales (Scur y Barbosa; 2017). Así mismo, Lau (2011) añade que, en países en vías de desarrollo, éstos resultados se deben a que los principales impulsores para la implementación de las prácticas ambientales siguen siendo el cumplimiento normativo y el ahorro de costos. Así mismo, éste autor agrega que algunas barreras que obstaculizan un alto nivel de implementación de las prácticas ambientales en países en vías de desarrollo son: 1) la relativamente baja conciencia pública sobre la sostenibilidad y la protección del medio ambiente, por lo tanto, una menor presión sobre los fabricantes para que se vuelvan ecológicos; 2-) la falta de políticas, reglamentos y directivas ambientales; 3-) la inversión limitada en tecnología verde, la investigación y el desarrollo para aumentar la eficiencia y lograr economías de escala; 4-) el exceso de énfasis en la producción a bajo costo y los beneficios a corto plazo que las ganancias a largo plazo con el fin de mantener la competitividad en el mercado global; y, 5) la falta de recursos, capacidades y experiencia en la gestión de cadenas de abastecimiento verde, particularmente en los pequeños fabricantes.

A partir de lo anterior, se podría inferir que el nivel de desempeño ambiental encontrado en las empresas analizadas, podría deberse a limitaciones no sólo de tipo legal, sino también tecnológico, económico y cultural. En el factor legal, al Gobierno Colombiano, le hace falta un mayor despliegue normativo en la mayoría de los sectores industriales, ya que la visión de la logística nacional y las políticas en materia ambiental no son tan ajustadas como las legislaciones de países internacionales (Arevalo Escobar; 2017). En el factor económico, como lo afirman varios autores (Chiou *et al.*, 2011; Kusi-Sarpong, 2015), el costo de la aplicabilidad de las prácticas ambientales es muy alto y pocos empresarios están dispuestos a realizar las inversiones que se requieren para desplegar las iniciativas ambientales en sus cadenas de abastecimiento. A nivel tecnológico, la falta de conocimiento/información sobre las opciones tecnológicas disponibles y la alta complejidad y costo de las tecnologías (Mittal y Sangwan, 2014). Otro de los factores que influye a la poca aplicabilidad de las prácticas verdes, es la falta de cultura respecto a la responsabilidad ambiental por parte de las organizaciones y la poca sensibilización ambiental de la sociedad civil que llevan a una demanda baja de productos verdes (Arevalo Escobar, 2017).

Tanto los resultados de desempeño ambiental para cada práctica ambiental de la cadena de abastecimiento como el desempeño global (I_{GSCM}) obtenido en las empresas analizadas, se resumen en la figura 4-3.

Figura 4-3: Desempeño ambiental en la cadena de abastecimiento



o **Desempeño ambiental (I_{GSCM}) por región**

Para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas a nivel poblacional en el desempeño ambiental entre las 4 regiones objeto de estudio (Caldas, Risaralda, Quindío y Norte del Valle), se aplicó la prueba de medias no paramétrica de Kruskal-Wallis para K-muestras independientes. De acuerdo con los resultados de la Tabla 4-22, (Chi-cuadrado (gl=3)=2,62, significancia (p=0,454) mayor a 0,05), se puede concluir que, no existen diferencias estadísticamente significativas en el desempeño ambiental promedio entre las empresas de Caldas, Risaralda, Quindío y Norte del Valle. Estos resultados indican que el desempeño ambiental en las 4 regiones es similar.

Tabla 4-22: Prueba de Kruskal-Wallis para diferencia entre desempeño ambiental de las 4 regiones

Variable	Descriptivos		Prueba de Kruskal Wallis	
	Media	Des. Estándar	Descripción	Valor
Caldas	2,019	1,085	Chi-cuadrado	2,620
Risaralda	1,687	0,915	gl	3
Quindío	1,762	1,245	Sig. asintótica	,454
Norte del Valle	1,934	0,743		

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_k$

H1: $\mu_1 \neq \mu_2$

No se rechaza Ho

(Sig. $\geq 0,05$)

Los anteriores hallazgos difieren de los diferentes resultados encontrados en la literatura. De esta forma, Venkat y Wakeland (2006), midieron el desempeño ambiental en las cadenas de suministro utilizando las emisiones de CO₂ como indicador y concluyeron que los niveles de CO₂ dependían especialmente de la longitud y ubicación geográfica de la cadena de suministro. Tatoglu *et al.* (2015), encontró diferencias significativas en la aplicación de las prácticas ambientales en tres diferentes regiones de Turquía; especialmente, encontró que la región con mayor dominio industrial y económico, con mercados de consumo altamente sofisticados y capacidad de albergar grandes grupos industriales presentaron una mayor aplicación de las prácticas ambientales ya que diversos autores. Así, se podría inferir que dicho resultado podría deberse a que las 4 regiones presentan condiciones de infraestructura, disponibilidad de servicios y redes industriales similares para la implementación de las prácticas ambientales.

○ **Desempeño ambiental (I_{GSCM}) por tamaño de empresa**

Para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas en el desempeño ambiental entre empresas grandes y medianas, se aplicó la prueba de medias no paramétrica U de Mann-Whitney para 2-muestras independientes. Los resultados de la Tabla 4-23 (U de Mann-Whitney=798, p-valor altamente significativo ($p=0,000$) menor a 0,05) permiten concluir que existen diferencias estadísticamente significativas en el desempeño ambiental promedio entre las empresas grandes y medianas. Estos resultados indican que en la población objeto de estudio las empresas grandes presentan un mejor desempeño que las empresas medianas.

Tabla 4-23: Prueba U de Mann-Whitney para diferencia en el indicador de desempeño entre empresas grandes y medianas

Prueba U de Mann-Whitney		Descriptivos		
Descripción	Valor	Estadísticos	Medianas	Grandes
U de Mann-Whitney	798,00	Media	1,56	2,44
W de Wilcoxon	3573,00	Des. Estándar	0,83	1,08
Z	-4,34	Minimo	0,23	0,46
Sig. asintótica (bilateral)	0,00	Maximo	3,62	4,81
Ho: $\mu_1 = \mu_2$				
H1: $\mu_1 \neq \mu_2$				
Se rechaza Ho (Sig. <0,05)				

Los resultados anteriores coinciden con lo reportado por Agi y Nishant (2017), quienes hicieron un análisis jerárquico de 19 factores que influyen en la implementación del GSCM y encontraron que el tamaño de la empresa es el primer factor que influye. Así mismo, Geng *et al.* (2017) y Scur y Barbosa (2017) también encontraron que las empresas grandes tienen un mejor desempeño ambiental que las medianas. Una de las razones de éste resultado, puede deberse a que la mayoría de las medianas y pequeñas empresas carecen de recursos financieros y recursos humanos con experiencia en la adopción de las prácticas de GSCM (Lee *et al.*, 2012). De igual forma, las grandes empresas son más propensas a implementar las prácticas ambientales puesto que además de tener los recursos y las capacidades técnicas, consideran que éstas son fuente de una ventaja competitiva (Dai *et al.*, 2014), mientras que las empresas medianas y pequeñas sólo adoptan prácticas ambientales cuando se enfrentan a una presión tanto de la regulación ambiental como de las exigencias ecológicas del mercado (Vachon y Klassen; 2007; Mohanty y Prakash, 2014).

Para comprobar si el resultado anterior se replicaba en cada una de las regiones analizadas, se aplicó la prueba de medias no paramétrica de U de Mann-Whitney para 2-muestras independientes con el fin de determinar para cada región si existía diferencias estadísticamente significativas a nivel poblacional en el desempeño ambiental entre empresas grandes y medianas. Los resultados para cada región se muestran en la Tabla 4-24

Tabla 4-24: Prueba U de Mann-Whitney para diferencia en el indicador de desempeño entre empresas grandes y medianas para las 4 regiones

Región	Prueba U de Mann-Whitney		Descriptivos		
	Descripción	Valor	Estadísticos	Medianas	Grandes
Caldas	U de Mann-Whitney	133,5	Media	1,54	2,71
	W de Wilcoxon	661,5	Des. Estándar	0,79	1,08
	Z	-3,847	Mínimo	0,23	0,46
	Sig. asintótica (bilateral)	0,000	Máximo	3,41	4,81
Risaralda	U de Mann-Whitney	80	Media	1,38	2,12
	W de Wilcoxon	311	Des. Estándar	0,83	0,88
	Z	-2,487	Mínimo	0,32	0,65
	Sig. asintótica (bilateral)	0,012	Máximo	3,5	3,51
Quindío	U de Mann-Whitney	7	Media	1,57	2,72
	W de Wilcoxon	62	Des. Estándar	0,98	2,48
	Z	-0,645	Mínimo	0,51	0,96
	Sig. asintótica (bilateral)	0,519	Máximo	3,62	4,48
Norte del valle	U de Mann-Whitney	16	Media	1,96	1,83
	W de Wilcoxon	22	Des. Estándar	0,76	0,81
	Z	-0,078	Mínimo	0,9	1,02
	Sig. asintótica (bilateral)	0,938	Máximo	3,59	2,64

Ho: $\mu_1 = \mu_2$ H1: $\mu_1 \neq \mu_2$

Se rechaza Ho (Sig. <0,05)

De acuerdo con los resultados de la Tabla 4-24, existen diferencias estadísticamente significativas en el desempeño ambiental promedio entre las empresas grandes y medianas para las regiones de Caldas (U de Mann-Whitney=113,5 y un p-valor altamente significativo ($p=0,000$) menor a 0,05) y Risaralda (U de Mann-Whitney=113,5 y un p-valor altamente significativo ($p=0,012$) menor a 0,05). Estos resultados indican que en las empresas manufactureras de Caldas y Risaralda, las empresas grandes presentan un mejor desempeño que las empresas medianas.

Sin embargo, no hay diferencias estadísticamente significativas en el desempeño ambiental promedio entre las empresas grandes y medianas para las regiones del Quindío (U de Mann-Whitney=7 y un p-valor ($p=0,519$) mayor a 0,05) y del Norte del Valle (U de Mann-Whitney=7 y un p-valor ($p=0,519$) mayor a 0,05). Estos resultados indican que en las empresas manufactureras del Quindío y Norte del Valle, el desempeño ambiental de las empresas grandes es similar al de las empresas medianas

A partir de los anteriores hallazgos, se puede concluir que el resultado encontrado para todas las empresas manufactureras grandes y medianas de la región del Eje cafetero, no es el mismo para todas las regiones. Lo anterior, porque aunque existen diferencias en el

desempeño ambiental entre las empresas grandes y medianas para las regiones de Caldas y Risaralda, no existen diferencias en el desempeño ambiental entre las empresas grandes y medianas para las regiones del Quindío y Norte del Valle.

A nivel específico, como se observa en la Tabla 4-25, se encontraron diferencias estadísticamente significativas de la mayoría de las prácticas ambientales. Se puede ver que las empresas grandes presentan un mejor desempeño ambiental en todas las prácticas ambientales, teniendo una alta diferencia respecto a las empresas medianas en las prácticas de gestión ambiental interna, recursos humanos verdes y sistemas y tecnologías de la información verde. Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el desempeño de las prácticas de ecodiseño y distribución verde entre ambos tipos de empresas; esto significa que el desempeño promedio en estas prácticas para ambos tipos de empresas fue bastante similar. Así mismo, en el Anexo O se encuentran las tablas cruzadas en las que se relacionan los porcentajes de empresas grandes y medianas por cada nivel de implementación las subprácticas ambientales.

Tabla 4-25: Prueba U de Mann-Whitney para diferencias entre desempeño de las prácticas ambientales entre empresas grandes y medianas

Prácticas ambientales	Prueba de U		Mediana		Grande	
	U de Mann-Whitney	Sig.	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
GAI	572	,000	2,63	1,41	4,31	1,18
ED	1494,5	,732	3,65	1,67	3,82	1,46
CA	1196	,038	0,82	0,72	1,23	0,99
CV	968	,001	1,35	0,84	2,26	1,45
MV	1014,5	,002	3,65	1,31	4,42	1,22
DV	1550	,982	3,56	1,62	3,58	1,48
MKV	971,5	,001	1,43	1,07	2,16	1,34
LI	1190	,035	3,85	1,29	4,34	1,23
RHV	839,5	,000	2,07	1,26	3,21	1,38
STIV	630	,000	1,77	1,28	3,31	1,27

De acuerdo con los resultados del Anexo O, el 50% de las empresas medianas consideran que no hay apoyo de la alta dirección hacia el apoyo de las iniciativas ambiental. Lo anterior concuerda con Lau (2011), quien afirma que la falta de apoyo de la alta dirección para la inversión en los programas ambientales es debido a que éstos son vistos como una pesada carga económica.

Así mismo, se observa que el bajo desempeño en las empresas medianas en los recursos humanos verde, se explica porque que el 52% de estas empresas respondieron que no hay equipos en pro del medio ambiente, en comparación con las empresas grandes donde 47,11% ya existen los equipos ambientales. De igual forma la alta diferencia en los sistemas y tecnologías de la información verde, se puede explicar por el hecho que el 35.5% de las empresas medianas respondieron no tener implementados de sistemas y/o tecnologías para controlar las emisiones y la producción de residuos, en comparación con las empresas grandes, donde el 64.3% de las empresas lo tienen implementado.

○ **Desempeño ambiental ((I_{GSCM}) por subsector industrial**

Para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas en el desempeño ambiental entre los 16 sectores industriales, se aplicó la prueba de medias no paramétrica de Kruskal-Wallis para K-muestras independientes. Los resultados de la Tabla 4-26 (Chi-cuadrado (gl=15) =18,096 y una significancia (p=0,258) mayor a 0,05) permiten concluir que, no existen diferencias estadísticamente significativas en el desempeño ambiental promedio entre las diferentes sectores industriales.

Tabla 4-26: Prueba de Kruskal-Wallis para diferencia entre desempeño ambiental de las 16 sectores industriales

Variable	Descriptivos		Prueba de Kruskal Wallis	
	Media	Desv. Estándar	Descripción	Valor
(1)Alimenticios y bebidas	2,15	1,07	Chi-cuadrado gl Sig. asintótica	18,096 15 ,258
(2) Textil	2,03	1,14		
(3) Productos en madera	0,84	0,53		
(4) Papel y cartón	3,21	0,00		
(5) Impresión	1,33	0,00		
(6) Químicos	2,50	1,56		
(7) Plástico y caucho	1,92	1,05		
(8) Productos minerales	1,99	0,74		
(9) Metalúrgicos básicos	1,35	0,00		
(10) Metalmecánico	1,26	0,38		
(11) Aparatos y equipo eléctrico	2,01	1,06		
(12) Maquinaria y equipo	1,18	0,67		
(13) Vehículos automotores	1,42	0,85		
(14) Otros tipos de equipo de transporte	1,86	0,42		
(15) Muebles y colchones	1,89	1,12		
(16) Otras industrias manufactureras	1,20	0,59		

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_k$

H1: $\mu_1 \neq \mu_2$

No se rechaza Ho (Sig. $\geq 0,05$)

Los resultados anteriores coinciden con lo encontrado por Tatoglu *et al.* (2015) quienes evaluaron las prácticas ambientales en las empresas turcas por sector, tamaño y ubicación geográfica; luego, dichos autores tampoco encontraron diferencias significativas en el grado de adopción de las prácticas ambientales entre diferentes sectores industriales. Así mismo, la conclusión de que el sector industrial no tiene ningún efecto significativo sobre las decisiones de las empresas de implementar las prácticas ambientales podría explicarse en parte por la insuficiencia de los organismos reguladores y responsables de la formulación de políticas en la aplicación de medidas sectoriales específicas (Tatoglu *et al.*, 2015).

○ **Desempeño ambiental ((I_{GSCM}) según el mercado objetivo**

Para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas en el desempeño ambiental entre las empresas que exportan y las que sólo operan en el mercado nacional, se aplicó la prueba de medias no paramétrica de U de Mann-Whitney para 2-muestras independientes. Los resultados de la Tabla 4-27 (U de Mann-Whitney=1232,5 y un p-valor ($p=0,013$) menor a 0,05) permiten concluir que existen diferencias estadísticamente significativas en el desempeño ambiental promedio entre las empresas que exportan y las que sólo operan en el mercado nacional. Estos resultados indican que en la población objeto de estudio, las empresas que exportan presentan un mejor desempeño ambiental.

Tabla 4-27: Prueba U de Mann-Whitney para diferencia en el indicador de desempeño según el mercado objetivo

Prueba U de Mann-Whitney Descripción	Prueba U de Mann-Whitney		Descriptivos	
	Valor	Estadísticos	No exportan	Exportan
U de Mann-Whitney	1232,500	Media	1,65	2,13
W de Wilcoxon	3062,500	Des. Estándar	0,90	1,08
Z	-2,472	Mínimo	0,32	0,23
Sig. asintótica (bilateral)	,013	Máximo	3,62	4,81

Ho: $\mu_1 = \mu_2$

H1: $\mu_1 \neq \mu_2$

Se rechaza Ho (Sig.< 0,05)

Una de las razones del resultado obtenido, podría deberse a que las organizaciones que exportan tienen mayores niveles de presión para adoptar la gestión ambiental (Zhu *et al.*, 2007; Geng *et al.*, 2017). Ante esto, Lai *et al.* (2014) afirman que la razón por la cual existe esta diferencia es debido al requisito de que los fabricantes orientados a la exportación cumplan con la legislación aplicada por diferentes gobiernos, como las WEEE (Directivas

de la Comunidad Europea sobre Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos) para entrar en los mercados internacionales.

Lo anterior, es consistente con los hallazgos de Lai y Wong (2012), quienes encontraron un mayor desempeño en las empresas exportadoras de China debido a las presiones de los consumidores internacionales y del gobierno luego entrar en la organización mundial del comercio (WTO por sus siglas en inglés). Zhu *et al.* (2013) hicieron un estudio transversal en cuatro industrias chinas y examinaron la influencia de las presiones externas incluidas las regulaciones de exportación, comprobando que éstas últimas influyen en la adopción de las prácticas GSCM. Geng *et al.* (2017) hicieron un metanálisis con 1626 empresas manufactureras orientadas a la exportación y 24.054 empresas manufactureras no orientadas a la exportación, explorando el nivel de implementación de algunas prácticas ambientales y confirmando que las empresas exportadoras tenían un mayor desempeño ambiental. Por tanto, podría inferirse que el alto desempeño de las empresas exportadoras del Eje Cafetero se debe a la necesidad de cumplir con las regulaciones ambientales internacionales.

Para comprobar si el resultado anterior se replicaba en cada una de las regiones analizadas, se aplicó la prueba de medias no paramétrica de U de Mann-Whitney para 2-muestras independientes con el fin de determinar para cada región si existían diferencias estadísticamente significativas a nivel poblacional en el desempeño ambiental entre empresas que exportan y las que sólo operan en el mercado nacional. Los resultados para cada región se muestran en la Tabla 4-28.

De acuerdo con los resultados de la Tabla 4-28, sólo existen diferencias estadísticamente significativas en el desempeño ambiental promedio entre las empresas que exportan y las que sólo operan en el mercado internacional para la región de Risaralda (U de Mann-Whitney=67 y un p-valor altamente significativo ($p=0,003$) menor a 0,05). Estos resultados indican que en las empresas manufactureras de Risaralda, las empresas que exportan presentan un mejor desempeño que las que no.

Tabla 4-28: Prueba U de Mann-Whitney para diferencia en el indicador de desempeño según mercado objetivo para las 4 regiones

Región	Prueba U de Mann-Whitney		Descriptivos		
	Descripción	Valor	Estadísticos	Nacional	Exportan
Caldas	U de Mann-Whitney	362,5	Media	1,95	2,07
	W de Wilcoxon	797,5	Des. Estándar	0,91	1,22
	Z	0	Mínimo	0,42	0,23
	Sig. asintótica (bilateral)	1	Máximo	3,45	4,81
Risaralda	U de Mann-Whitney	67	Media	1,19	2,12
	W de Wilcoxon	220	Des. Estándar	0,68	0,88
	Z	-2,995	Mínimo	0,32	0,48
	Sig. asintótica (bilateral)	0,003	Máximo	2,55	3,51
Quindío	U de Mann-Whitney	4	Media	1,52	2,95
	W de Wilcoxon	59	Des. Estándar	0,99	2,16
	Z	-1,289	Mínimo	0,51	1,42
	Sig. asintótica (bilateral)	0,197	Máximo	3,62	4,48
Norte del Valle	U de Mann-Whitney	15	Media	1,8	2,1
	W de Wilcoxon	51	Des. Estándar	0,85	0,59
	Z	-1,162	Mínimo	0,9	1,02
	Sig. asintótica (bilateral)	0,245	Maximo	3,59	2,64

Ho: $\mu_1 = \mu_2$ H1: $\mu_1 \neq \mu_2$

Se rechaza Ho (Sig. <0,05)

Por otro lado, no existen diferencias estadísticamente significativas en el desempeño ambiental promedio entre las empresas que exportan y las que operan sólo en el mercado nacional para las regiones de Caldas (U de Mann-Whitney=362,5 y un p-valor ($p=1,000$) mayor a 0,05), Quindío (U de Mann-Whitney=4 y un p-valor= 0,197 mayor a 0,05) y Norte del Valle (U de Mann-Whitney=15 y un p-valor ($p=0,245$) mayor a 0,05). Esto significa que los desempeños ambientales de las empresas según el mercado objetivo en estas tres regiones son similares.

A partir de los resultados anteriores, se puede concluir que el resultado encontrado para todas las empresas analizadas, no es el mismo para todas las regiones. Lo anterior, porque sólo existen diferencias estadísticamente significativas en el desempeño ambiental según el mercado objetivo para la región de Risaralda.

4.2 Conclusiones parciales

Al aplicar el indicador de desempeño ambiental en las empresas objeto de estudio, se pudo observar que más de la mitad tuvieron un alto desempeño en las prácticas de ecodiseño, manufactura verde, distribución verde y logística inversa, mientras que más de la mitad de las empresas tuvieron un bajo desempeño en las prácticas externas directamente relacionadas con proveedores y clientes, como la colaboración ambiental, compras verdes y el marketing verde, siendo la primera, la de menor desempeño. Con estos resultados, puede inferirse que en las empresas analizadas existe una baja integración con los actores de las cadenas de abastecimiento.

Así mismo, el indicador de desempeño a nivel general de todas las empresas estuvo en un nivel medio, lo cual, de acuerdo con resultados similares en la literatura sobre países vías de desarrollo como Colombia, es un resultado esperado debido a barreras de tipo legal, económicas, tecnológicas y culturales. De acuerdo con la literatura y los análisis de los resultados obtenidos, dichas barreras son entre otras, la baja conciencia tanto de los consumidores como de los productores sobre la sostenibilidad y la protección del medio ambiente, la falta de políticas, reglamentos y directivas ambientales por parte del gobierno, la baja inversión en tecnología verde, investigación y desarrollo, la falta de recursos, capacidades y experiencia y, un pensamiento reactivo por parte de las empresas limitado sólo a reducir costos y cumplimiento de los requisitos mínimos ambientales.

Por otro lado, sólo se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el desempeño ambiental por tamaño y por mercado objetivo. Así, se encontró que existían diferencias estadísticamente significativas en el desempeño ambiental entre las empresas grandes y medianas, siendo las primeras las de mayor desempeño. Lo anterior, de acuerdo con la literatura encontrada, puede deberse a que las empresas grandes no sólo poseen más recursos y capacidades, sino que además tienen mayores presiones por parte de un mayor número de partes interesadas que las llevan a implementar las diferentes prácticas ambientales. Sin embargo, éste resultado no se replicó en todas las regiones analizadas, ya que sólo se encontraron diferencias significativas en el desempeño ambiental entre las empresas grandes y medianas de las regiones de Caldas y Risaralda.

Finalmente, también se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el desempeño ambiental entre las empresas que exportan y las que sólo operan en los

mercados nacionales, siendo las primeras, las de mayor desempeño ambiental. El anterior resultado, de acuerdo con la literatura, puede deberse entre otros, a las normas y leyes ambientales por parte de los países internacionales. Sin embargo, éste resultado no se replicó en todas las regiones analizadas, ya que sólo se encontraron diferencias significativas en el desempeño ambiental entre las empresas que exportan y las que sólo operan en los mercados nacionales en la región de Risaralda.

5. Conclusiones finales

La gestión de cadenas de abastecimiento verde (GSCM) es una iniciativa ambiental que nace de las presiones generadas por la creciente conciencia mundial de protección del medio ambiente. Esto permite a las empresas integrar el pensamiento verde en sus cadenas de abastecimiento y alinearse con los objetivos mundiales medioambientales. De igual forma, al ser una estrategia ambiental, para su mejora continua se hace indispensable que las empresas evalúen la efectividad de sus implementaciones bajo el enfoque GSCM para mejorar el desempeño ecológico de la cadena de abastecimiento. Desde este enfoque, la evaluación del desempeño es considerada como uno de sus pilares, puesto que puede preparar a una empresa para reducir sus riesgos, mejorar sus capacidades verdes y reducir los impactos nocivos hacia el medio ambiente.

Gracias a la revisión de la literatura en este campo de estudio, se identificaron las diferentes presiones externas e internas que influyen en la adopción de las diferentes iniciativas ambientales, las prácticas y sub-prácticas ambientales que conforman el enfoque GSCM, las metodologías y herramientas para la evaluación del desempeño ambiental y las características que debe de tener una medida integral de desempeño ambiental. Al abordar el tema específico del desempeño ambiental, por medio de una revisión sistemática de literatura en el campo de estudio, no se encontraron aportes que propusieran un indicador de desempeño ambiental integral que abarque todas las prácticas y sub-prácticas ambientales del enfoque GSCM identificadas en la presente tesis, siendo éste el vacío del conocimiento abordado en la presente tesis de maestría.

De esta forma, la metodología propuesta se constituye como un segundo aporte de la tesis, puesto que propone detalladamente, mediante 5 etapas, los pasos a seguir para el diseño y aplicación del indicador de desempeño ambiental, logrando una combinación articulada de diferentes métodos, que van desde la operacionalización y validación de las prácticas y sub-prácticas ambientales en el instrumento de recolección de datos, hasta la evaluación

y selección de expertos, la ponderación y análisis de influencias causales entre las prácticas y sub-prácticas ambientales, el diseño de indicador a partir de la información obtenida en el paso previo y, finalmente, su validación en una muestra de 116 empresas manufactureras grandes y medianas de la región del Eje Cafetero de Colombia.

Gracias a las prácticas y sub-prácticas ambientales identificadas en la literatura, así como los resultados obtenidos al aplicar el método de expertos y el método DEMATEL, se pudo realizar el diseño del indicador de desempeño ambiental, el cual es un resultado en sí mismo y otra contribución relevante de ésta investigación. El indicador está conformado por 10 prácticas ambientales y 46 sub-prácticas ambientales repartidas en un grupo causa y un grupo receptor. El grupo causa, el cual influye en el grupo receptor, estuvo conformado por las prácticas de colaboración ambiental, ecodiseño, gestión ambiental interna, logística inversa, recursos humanos verde y sistemas y tecnologías de la información verde. Por su parte, el grupo receptor estuvo conformado por las prácticas de compras verdes, manufactura verde, distribución verde y marketing verde. De igual forma, con base en las ponderaciones según los expertos consultados, la práctica más importante es la manufactura verde, mientras que la práctica menos importante son los recursos humanos verde.

A partir de los resultados obtenidos en la aplicación del indicador en las empresas del Eje Cafetero Colombiano, se encontró que más de la mitad de ellas tuvieron calificaciones altas en las prácticas de ecodiseño, manufactura verde, distribución verde y logística inversa, mientras que más de la mitad tuvieron calificaciones bajas en las prácticas de colaboración ambiental, compras verdes y marketing verde. Con base en lo anterior, puede concluirse que el bajo desempeño en dichas prácticas externas que están directamente relacionadas con clientes y proveedores sugieren una baja integración de las empresas analizadas con los diferentes actores de la cadena de abastecimiento

Así mismo, al analizar el desempeño ambiental para todas las empresas analizadas, se observó que éste está en un nivel medio. Lo cual, de acuerdo con la literatura, es un resultado esperado para un país en vías de desarrollo como Colombia, debido a diferentes barreras de tipo legal, económicas, tecnológicas y culturales, como lo son entre otras, la falta de políticas, reglamentos y directivas ambientales por parte del gobierno, la falta de sensibilización ambiental de la sociedad civil, la baja inversión en investigación y desarrollo

tecnológico y el pensamiento reactivo de las empresas centrado sólo en reducir costos y obtener beneficios a corto plazo.

Al evaluar el desempeño ambiental de las empresas por región, tamaño, subsector industrial y mercado objetivo, se encontró que las empresas grandes tienen un mejor desempeño ambiental que las medianas. Así mismo, las empresas que exportan arrojaron un mejor desempeño ambiental que las empresas que sólo operan en los mercados nacionales. De acuerdo con la literatura, las posibles razones de los anteriores resultados podrían ser que, las empresas con mayores presiones por parte de las partes interesadas, así como por las normas internacionales, tienden a invertir mayores recursos y capacidades en las iniciativas ambientales y, por tanto, tienden a tener un mejor desempeño ambiental. Por otro lado, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el desempeño ambiental entre las diferentes regiones y entre los diferentes subsectores industriales. Se puede afirmar que para estos casos, la región y el subsector industrial al que pertenecen las empresas analizadas, no son factores diferenciadores para su desempeño ambiental.

6. Recomendaciones y futuras líneas de investigación

Para fortalecer la investigación realizada se sugieren los siguientes aspectos, los cuales se pueden abordar por medio de trabajos futuro.

Primero, la presente investigación identifica las presiones, prácticas ambientales, sub-prácticas ambientales, metodologías, herramientas e indicadores para la evaluación del desempeño ambiental; sin embargo, es necesario ahondar en ellas, bien sea por medio de revisiones de literatura o analizando su aplicación en otros contextos. Específicamente, se podrían determinar que presiones afectan a las empresas manufactureras y determinar el tipo de relación entre éstas y el desempeño ambiental, de tal forma que pueda explicarse cómo intervienen éstas en el proceso de toma decisiones de la organización.

Una recomendación, sería la síntesis de las sub-prácticas ambientales para facilitar la aplicación de los métodos de validación de los instrumentos y así mismo facilitar el entendimiento de éstos por parte de las empresas.

En cuanto a los resultados obtenidos, las prácticas directamente relacionadas con los actores de la cadena de abastecimiento, como la colaboración ambiental, las compras verdes y el marketing verde, son las actividades en las que deben enfocarse el desarrollo de políticas y futuras investigaciones para que puedan determinar las razones su bajo desempeño en las empresas manufactureras y proporcionar soluciones que conlleven a una mayor integración de las cadenas de abastecimiento.

Por otro lado, se podrían formular investigaciones afines a la presente, que aborden las siguientes recomendaciones:

A partir de la identificación de las prácticas que conforman el grupo causa y el grupo receptor, se pudo visualizar que hay prácticas en diferentes niveles de acuerdo a los objetivos de desempeño de la organización. Con base en esto, una futura línea de investigación podría estar enfocada en diseñar un modelo que explore dichos niveles y la relación entre éstos con los objetivos de desempeño y sirva como herramienta para la toma de decisiones.

Generar investigaciones enfocadas a mejorar el desempeño de las prácticas de colaboración ambiental, compras verdes y marketing verde, ya que como se demostró en las pruebas de análisis estadístico, éstas prácticas son las que tienen el nivel más bajo de desempeño.

Se propone analizar la relación entre el desempeño ambiental medido desde el indicador propuesto con otros tipos de desempeño organizacional como el económico, ambiental, operacional y social.

También se propone analizar las relaciones presiones-desempeño ambiental (medido desde el indicador I_{GSCM}) y desempeño organizacional incluyendo variables de control como el tamaño de las empresa, ubicación geográfica, mercado y subsector industrial.

De igual forma, se propone identificar los diferentes perfiles de empresas de acuerdo a su desempeño ambiental y analizar la relación del desempeño ambiental del mejor perfil con otros tipos de desempeño, de tal forma que su modelo de implementación de las prácticas ambientales pueda ser replicado a las empresas que actualmente presentan bajos niveles de desempeño ambiental.

En cuanto al alcance de la investigación, para lograr una aproximación más cercana a la situación ambiental del país, se sugiere la aplicación del indicador en un mayor número de empresas, subsectores industriales y regiones del país

A. Anexo A: Sub-prácticas de las prácticas ambientales bajo el enfoque GSCM

Práctica verde	Sub-practiclas	Autor(es)
Gestión Ambiental Interna	Los esfuerzos medioambientales de nuestra firma reciben todo el apoyo y compromiso de la alta dirección	Banerjee et al. (2003); Zhu y Sarkis (2004); Zhu et al. (2005); Zhu y Sarkis (2006); Green et al. (2012b); Zhu et al. (2013); Diabat et al. (2013); Govindan et al. (2013); Zhu et al. (2012a); Fraj et al.(2013); Dai et al.(2014)
	Cooperación crosfuncional para las mejoras ambientales	Zhu y Sarkis (2004); Zhu et al. (2005); Green et al. (2012b); Zhu et al. (2012a); Diabat et al. (2013) ; Azevedo et al.(2013)
	Número de iniciativas de gestión ambiental	Olugu et al.(2011); Olugu y Wong (2012)
	Formación específica a los trabajadores en temas ambientales	Banerjee (2002); Banerjee et al. (2003); Zhu y Sarkis (2006); Olugu et al. (2011); Olugu y Wong (2012); Zhu et al. (2012); Fraj et al.(2013); Zhu et al.(2013); Yu y Ramanathan (2015)
	Porcentaje de empleados formados en temas ambientales	Hervani et al.(2005); Shaw et al.(2010)
	Disponibilidad de una declaración clara de la misión , política , principios y valores instando a la conciencia ambiental en todas las áreas de operación	Banerjee (2002); Banerjee et al. (2003); Shaw et al.(2010); Olugu et al.(2011); Olugu y Wong (2012); Fraj et al.(2013); Yu y Ramanathan (2015)
	Apoyo al GSCM por parte de los mandos medios	Zhu y Sarkis (2004); Zhu et al. (2005); Zhu y Sarkis (2006); Zhu et al. (2012a); Zhu et al. (2013); Diabat et al. (2013)
	Costo asociaco al cumplimiento ambiental	Olugu y Wong (2012)
	Numero de certificaciones ambientales	Zhu y Sarkis (2004); Zhu et al. (2005) ; Zhu y Sarkis (2006); Green et al.(2012b); Zhu et al.(2012a); Zhu et al.(2013); Govindan et al.(2013); Azevedo et al.(2013); Diabat et al.(2013); Govindan et al.(2015).

	Gestión total de la calidad del medio ambiente	Zhu y Sarkis (2004); Zhu et al. (2005); Green et al.(2012b); Zhu et al. (2012a); Diabat et al. (2013); Kusi-Sarpong et al. (2015).
	Eco-etiquetado de los productos	Zhu et al. (2012a); Zhu et al. (2013); Diabat et al. (2013)
	Existencia de programas de prevención de la contaminación	Zhu et al. (2012); Zhu et al.(2013)
	El sistema de evaluación de desempeño interno incorpora factores ambientales	Zhu et al. (2012) ; Zhu et al.(2013)
	Disponibilidad de programas de auditoría y evaluación ambiental	Zhu y Sarkis (2004); Zhu et al. (2005); Zhu y Sarkis (2006); Green et al. (2012b); Olugu et al.(2011); Olugu y Wong (2012); Zhu et al. (2012); Govindan et al.(2013)
	Informes ambientales para la evaluación interna	Zhu et al. (2012); Zhu et al.(2013)
	Nivel de esfuerzo para la construcción de una cultura ambiental	Tatoglu et al.(2015)
	El uso de energía y recursos renovables en la cadena de abastecimiento (por ejemplo, la energía eólica, biodiesel, etc.)	Tatoglu et al.(2015)
	Establecimiento de objetivos anuales de reducción de conservación de energía, reciclaje o desecho	Yu y Ramanathan (2015)
	Procedimientos en el sistema de gestión ambiental para evitar el consumo excesivo de agua y energía y para controlar las emisiones atmosféricas y la generación de efluentes;	de Soussa et al.(2015a)
	Existencia de gerente de medio ambiente y / o un departamento / equipo ambiental independiente con responsabilidades bien definidas	Yu y Ramanathan (2015)
	Comisiones internas para supervisar los indicadores, proponer acciones correctivas y recoger y difundir ideas, información y tecnología para aumentar la conciencia de los empleados	de Soussa et al.(2015a)
	Puntajes de auditoría interna	Hervani et al.(2005); Shaw et al.(2010)
	Quejas de la comunidad	Hervani et al.(2005); Shaw et al.(2010)
Diseño Verde	Número de productos verdes	Hervani et al.(2005); Shaw et al.(2010)
	Diseño de productos para evitar o reducir el uso de materiales ambientalmente peligrosos como el plomo, mercurio, cromo y cadmio	Zhu y Sarkis (2004); Zhu et al. (2005); Srivastava (2007); Zhu y Sarkis (2006); Eltayeb et al.(2011); Zhu et al. (2012); Azevedo et al.(2013); Zhu et al.(2013); Diabat et al. (2013); Rostamzadeh et al.(2015)
	Diseño de los procesos para la minimización de los residuos	Zhu et al. (2012); Zhu et al.(2013)
	Numero de productos eco etiquetados	Olugu y Wong (2012)
	Existe estrecha coordinación e integración de los diferentes departamentos y áreas funcionales dentro de una organización para mejorar los resultados del diseño	Hartmann y Germain (2015)

	Integración con proveedores y clientes para mejorar los resultados del diseño	Hartmann y Germain (2015)
	Rediseño de productos para reducir el impacto en la salud y la seguridad de las personas que interactúan con el producto	Sarkis et al.(2010)
	Diseño para la remanufactura (un diseño que facilita reparaciones, reconstrucción, rehabilitación y actividades destinadas a la devolución del producto a la nueva y mejor condición)	Zhu y Sarkis (2004); Zhu et al. (2005); Zhu y Sarkis (2006); Sakis et al. (2010); Eltayeb et al.(2011); Zhu et al. (2012); Azevedo et al. (2013); Diabat et al. (2013); Zhu et al.(2013); Rostamzadeh et al.(2015)
	Diseño para el reciclaje (un diseño que facilita el desmontaje del producto de desecho, la separación de partes de acuerdo con el material, y el reprocesamiento del material)	Zhu y Sarkis (2004); Zhu et al. (2005); Zhu y Sarkis (2006); Sakis et al.(2010); Eltayeb et al.(2011); Zhu et al. (2012); Azevedo et al. (2013); Diabat et al. (2013); Zhu et al. (2013); Rostamzadeh et al.(2015); Sari (2017)
	Diseño para la reutilización (un diseño que facilita la reutilización de un producto o parte de ella)	Zhu y Sarkis (2004); Zhu et al. (2005); Zhu y Sarkis (2006); Sakis et al.(2010); Eltayeb et al.(2011); Zhu et al. (2012); Azevedo et al.(2013); Diabat et al. (2013) Zhu et al.(2013); Rostamzadeh et al.(2015).
	Diseño para la eficiencia de los recursos (incluida la reducción de los materiales y el consumo de energía de un producto durante el uso y la promoción del uso de los recursos renovables y la energía)	Zhu y Sarkis (2004); Zhu et al. (2005); Zhu y Sarkis (2006); Sakis et al.(2010); Eltayeb et al.(2011); Zhu et al. (2012); Azevedo et al.(2013); Diabat et al. (2013) Zhu et al.(2013); Rostamzadeh et al.(2015).
	Número de productos que se pueden reciclar, reutilizar, remanufacturar, desensamblar o desmontar? (bien sea todo o sus componentes)	Diabat et al. (2013)
	Nivel de contenido biodegradable en productos	Olugu et al.(2011); Olugu y Wong (2012)
	Nivel de participación en el mercado controlado por los productos verdes. Esta es una medida de la proporción de ventas de la industria de los productos verdes de la empresa	Olugu et al.(2011); Olugu y Wong (2012)
	Número de devoluciones del cliente	Hervani et al.(2005); Shaw et al.(2010)
Colaboración Ambiental	Cooperación interfuncional para las mejoras ambientales	Zhu y Sarkis (2006); Zhu et al.(2013); Azevedo et al.(2013)
	Educación del proveedor (Incluyen la celebración de seminarios de sensibilización para los proveedores, visitas de formación, de educación y de campo a proveedor, informar a los proveedores acerca de los beneficios de las prácticas verdes, proporcionar información know-how)	Eltayeb et al. (2011); Diabat et al. (2013); Luo et al.(2014)
	Apoyo al proveedor (Incluyen la creación de equipos ambientales para guiar a los proveedores en el desarrollo de programas ambientales, visitar proveedores locales para proporcionar en el sitio de asistencia técnica, y la prestación de asistencia financiera a los proveedores para mejorar su desempeño ambiental)	Eltayeb et al. (2011); Diabat et al. (2013); Giovanni y Vinzi (2014); Dai et al.(2014)

Cooperación con los proveedores para lograr colectivamente objetivos medioambientales	Zhu y Sarkis (2004); Zhu et al. (2005); Vachon and Klassen (2006,2008); Green et al.(2012b); Zhu et al.(2013), Diabat et al. (2013) ; Giovanni y Vinzi (2014); Dai et al.(2014)
Adopción de sistema logístico just-in-time para la cooperación con proveedores	Zhu et al. (2012); Zhu et al.(2013)
Numero de iniciativas verdes con proveedores	Olugu y Wong (2012)
Las empresas conjuntas (la empresa compradora colabora conjuntamente con sus proveedores y establece programas comunes a largo plazo para desarrollar innovaciones y soluciones verdes como las tecnologías limpias y diseños de productos verdes)	Eltayeb et al. (2011); Diabat et al. (2013)
Cooperar con el proveedor para reducir los empaques	Zhu et al. (2012); Zhu et al.(2013)
El desarrollo de la comprensión mutua de responsabilidades en relación con el desempeño ambiental	Vachon and Klassen (2006,2008); Green et al.(2012b); Giovanni y Vinzi (2014), Schoenherr et al.(2014); Dai et al.(2014)
Toma de decisiones conjuntas sobre las maneras de reducir medioambiental global impacto de los productos	Vachon and Klassen (2006,2008); Schoenherr et al.(2014); Dai et al.(2014)
La realización de la planificación conjunta con proveedores para anticipar y resolver problemas relacionados con el medio ambiente	Vachon and Klassen (2008); Green et al.(2012b); Giovanni y Vinzi (2014); Schoenherr et al.(2014)
Educación del cliente ((Incluyen la celebración de seminarios de sensibilización para los clientes, informar a los clientes acerca de los beneficios de las prácticas verdes, proporcionar información know-how)	Eltayeb et al. (2011); Diabat et al. (2013)
Intercambio de información sobre las metas, las responsabilidades, las estrategias, los beneficios, las mejores prácticas, estándares de rendimiento relacionados con temas ambientales con los proveedores mediante un sistema integrado de información ambiental	Wong et al.(2015)
Apoyo al cliente (ncluyen la creación de equipos ambientales para guiar a los clientes en el desarrollo de programas ambientales, visitar cleintes locales para proporcionar asistencia técnica)	Eltayeb et al. (2011); Diabat et al. (2013)
Las empresas conjuntas	Eltayeb et al. (2011); Diabat et al. (2013)
Frecuencia de envío de productos al cliente (Transaction cost theory)	Luo et al.(2014)
Los esfuerzos conjuntos con los clientes (tales como la planificación, toma de decisiones la fijación de objetivos, la medición del desmepeño) para resolver un problema relacionado con el medio ambiente	Zhu y Sarkis (2004); Vachon and Klassen (2008); Green et al.(2012b); Dai et al.(2014); Giovanni y Vinzi (2014); Schoenherr et al.(2014)
Intercambio de información sobre las metas, las responsabilidades, las estrategias, los beneficios, las mejores prácticas y estándares de	Wong et al.(2015)

	rendimiento relacionados con temas ambientales con los clientes mediante un sistema integrado de información ambiental	
	La coordinación de las iniciativas medioambientales con las partes interesadas de la comunidad a través de la comunicación, compromiso, acuerdo voluntario, la construcción de relaciones, las iniciativas comunitarias, el control y la normalización de las respuestas	Wong et al.(2015)
	Colaboración con socios de la cadena de abastecimiento en el reciclaje y la remanufactura utilizando proveedores tercerizados y logística inversa.	Zhu et al. (2012a); Zhu et al.(2013); Jayaram y Avittathur (2015)
	La cooperación con los clientes para el diseño ecológico	Zhu y Sarkis (2004); Zhu et al. (2005); Zhu y Sarkis (2006); Zhu et al. (2008a); Zhu et al. (2012); Zhu et al.(2013), Govindan et al.(2013); Diabat et a. (2013)
	La cooperación con los clientes para la producción más limpia	Zhu y Sarkis (2004); Zhu et al. (2005); Zhu y Sarkis (2006); Zhu et al. (2008a); Zhu et al. (2012); Zhu et al. (2013), Diabat et al. (2013)
	Cooperación con los clientes para el empaque verde	Zhu y Sarkis (2004); Zhu et al. (2005); Zhu y Sharkis (2006); Zhu et al. (2008a); Zhu et al. (2012); Zhu et al. (2013), Diabat et al. (2013)
	Cooperación con los clientes para utilizar menos energía durante el transporte del producto	Zhu y Sharkis (2006); Zhu et al. (2008a); Zhu et al. (2012); Zhu et al.(2013); Diabat et al. (2013)
	Cooperación con los clientes para la retirada del producto	Zhu et al. (2012); Zhu et al.(2013),
	Cooperación con los clientes para las relaciones de logística inversa	Zhu et al. (2012); Zhu et al.(2013)
Compras verdes	Número promedio de unidades defectuosas	Mirhedayatian et al.,(2014)
	Costo de materiales ambientales	Olugo y Wong (2012)
	El tiempo promedio de entrega	Mirhedayatian et al.,(2014)
	Programa de incentivos con proveedores	Schoenherr et al.(2014); Dai et al.(2014)
	Base de proveedores certificados con ISO14000	Zhu y Sarkis (2004); Hervani et al. (2005); Zhu et al. (2005); Zhu y Sarkis (2006); Shaw et al. (2010); Eltayeb et al. (2011); Zhu et al. (2012a); Azevedo et al. (2013); Zhu et al. (2013), Diabat et al. (2013); Schoenherr et al.(2014); Chithambaranathan et al.(2015), Dai et al.(2014)
	Los proveedores son seleccionados usando criterios ambientales	Vachon y Klassen (2006); Holt y Ghobadian (2009), Chiou et al. (2011); Green et al. (2012b); Zhu et al. (2012a); Zhu et al.(2013), Giovanni y Vinzi (2014); Dai et al.(2014); Rostamzadeh et al.(2015); Sari(2017)
	Notificación a proveedores de necesidades de abastecimiento ambientales	Vachon y Klassen (2006); Dai et al.(2014)

	Auditoría ambiental para la gestión interna de los proveedores	Zhu y Sarkis (2004); Zhu et al. (2005); Zhu y Sarkis (2006); Eltayeb et al. (2011); Zhu et al.(2013), Diabat et al. (2013); Schoenherr et al.(2014); Jayaram y Avittathur (2015); Chiou et a.(2011); Dai et al.(2014); Rostamzadeh et al.(2015)
	Proporcionar especificaciones de diseño a los proveedores que incluyen requisitos ambientales para los artículos comprados	Zhu y Sarkis (2004); Zhu, Sarkis y Geng (2005); Zhu y Sarkis (2006); Zhu et al. (2012); Zhu et al.(2013); Diabat et al.(2013)
	Proporcionar a los proveedores los requisitos ambientales detallados, escritos	Zhu y Sarkis (2004); Green et al.(2012b); Dai et al.(2014)
	Evaluación del desempeño ambiental de los proveedores	Zhu y Sarkis (2004); Zhu et al. (2012a); Dai et al.(2014)
	Evaluación ambiental de proveedores tercerizados	Zhu y Sarkis (2004); Zhu et al. (2005); Zhu et al. (2012a); Zhu et al.(2013); Schoenherr et al.(2014)
	Exigir a los proveedores utilizar empaques ecológicos (degradable y no peligrosos)	Zhu et al. (2012); Zhu et al.(2013)
	Compra de materiales / productos fáciles de reciclar	Zhu y Sarkis (2004); Mirhedayatian et al.(2014); Hsu et al.(2014)
	Comprar materiales / productos / servicios no tóxicos.	Zhu y Sarkis (2004)
	Compra de materiales / productos / servicios de bajo consumo de agua y energía	Zhu y Sarkis (2004)
	Comprar materiales de embalaje / productos de baja densidad	Zhu et al. (2005)
	Compra materiales / productos / servicios con minimas emisiones, residuos sólidos o químicos	Hsu et al.(2014)
	Envío de cuestionarios ambientales a los proveedores con el fin de vigilar su cumplimiento	Dai et al.(2014)
	Retroalimentar a los proveedores con los comentarios acerca de los resultados de sus evaluaciones	Dai et al.(2014)
	Proporcionar seminarios de sensibilización ambiental y sesiones de capacitación para los proveedores	Chiou et al.(2011)
Manufactura Verde	Kilogramos o toneladas de dióxido de carbono por año	Shaw et al.(2010)
	Costo del consumo de energía	Olugu y Wong (2012)
	Consumo de energía durante un período determinado de tiempo	Genovese et al.(2014); Olugu et al.(2011); Olugu y Wong (2012)
	Consumo de agua durante un período determinado de tiempo	Genovese et al.(2014); Olugu et al.(2011); Olugu y Wong (2012)
	Consumo de gas durante un período determinado de tiempo	Olugu et al.(2011); Olugu y Wong (2012)
	Costo del uso del agua	Zhu et al.(2008a); Dey y Cheffi (2013)
	Numero de tecnologías limpias	Shaw et al. (2010); Dubey et al. (2015)
	Utilización de remanufactura	Rostamzadeh et al.(2015)
	Producción esbelta	Rostamzadeh et al.(2015)

	Producción Limpia	Rostamzadeh et al.(2015); Sari (2017)
	Nivel de los residuos generados durante la producción.	Olugu et al.(2011); Olugu y Wong (2012); Rostamzadeh et al.(2015)
	Nivel de capacidad de utilización	Rostamzadeh et al.(2015); Sari (2017)
	Cantidad de bienes entregados a tiempo	Srivastava (2007); Rostamzadeh et al.(2015)
	Número de programas de reducción consumo de energía	Azevedo et al.(2013)
	La disponibilidad de la optimización de procesos para la reducción de residuos	Olugu et al.(2011); ; Olugu y Wong (2012)
	Tiempo de espera de la fabricación. Este mide el retardo desde el momento en que el pedido está listo para la fabricación hasta su finalización	Olugu et al.(2011); Olugu y Wong (2012)
	La integración de procesos y automatización de la producción interna	Kusi-Sarpong et al. (2015).
	Número de accidentes y derrames	Hervani et al.(2005); Shaw et al.(2010)
Distribución Verde	Existencia de sistemas de eficiencia energética en el funcionamiento de los almacenes	Holt y Ghobadian (2009)
	Transporte ambientalmente amigable de bajo consumo de energía	Holt y Ghobadian (2009); Lau(2011); Rostamzadeh et al.(2015)
	Optimización en la planeación y programación de las rutas de vehículos con el fin de reducir los impactos ambientales	Holt y Ghobadian (2009); Lau(2011); Azevedo et al.(2013)
	Mejorar el enrutamiento de vehículos usando GPS (Global Positioning System) y otros sistemas	Sari (2017)
	Aumento de la capacidad de carga útil del vehículo	Sari (2017)
	Inversión en vehículos que están diseñados para tener menos impactos ambientales o son ecoeficientes	Holt y Ghobadian (2009); Rostamzadeh et al.(2015); Sari (2017)
	Se da prioridad a la consolidación de una entrega en la planificación y programación de los flujos	Gonzalez-Benito y Gonzalez-Benito (2006); Lau(2011)
	El uso de combustibles verdes con bajo contenido de azufre, uso de motores que funcionan con gas natural o sistema ferroviario, y combustibles alternativos como el gas natural líquido	Gonzalez-Benito y Gonzalez-Benito (2006); Rostamzadeh et al.(2015)
	Uso de tecnologías más limpias en los envases	Lau(2011)
	Uso de envases, empaques y embalajes reciclables o reutilizables en la logística	Gonzalez-Benito y Gonzalez-Benito (2006); Sari (2017)
	Uso de materiales ecológicos para envases primarios	Gonzalez-Benito y Gonzalez-Benito (2006)
	Uso de materiales ecológicos para embalaje	Rao y Holt (2005); Hervani et al. (2005); Rostamzadeh et al.(2015); Sari(2017)
	Mantener bajos niveles de inventario	Zhu et al. (2008b); Azevedo et al.(2013); Rostamzadeh et al.(2015)
	Venta del exceso de inventarios / materiales	Zhu y Sarkis (2004); Zhu et al. (2008a,b); Rostamzadeh et al.(2015)
	Venta de chatarra y materiales utilizados	Rostamzadeh et al.(2015)
	Venta de materiales o existencias en exceso	Kannan et al.(2014)
Venta de bienes de capital en exceso	Shang et al. (2010); Rostamzadeh et al.(2015)	

	Venta de equipos usados (después de comprar nuevos)	Kannan et al.(2014)
	Numero de días en inventario	Azevedo et al.(2013)
	Lead time	Olugu et al.(2011); Olugu y Wong (2012); Azevedo et al.(2013)
	Uso de soluciones intermodales para reducir el transporte por carretera	Lau(2011)
	Tiempo de entrega promedio de los productos a los clientes luego de ser manufacturado	Olugu et al. (2011); Olugu y Wong (2012)
	Reciclaje de los residuos del proceso de fabricación	Jayaram y Avittathur (2015)
Logística Inversa	Captura de la información ambiental, tales como los residuos del proceso y el reciclaje de materiales	Jayaram y Avittathur (2015)
	Reutilización (el proceso de recogida de productos usados, y la distribución y la venta de ellos)	Hervani et al. (2005); Eltayeb et al. (2011); Diabat et al.(2013); Azevedo et al.(2013); Khor y Udin (2013); Sari (2017)
	Remanufactura de piezas o componentes utilizados (el proceso de recogida de un producto utilizado y la sustitución de las piezas defectuosas o no actualizados con piezas nuevas o renovadas)	Hervani et al. (2005); Eltayeb et al. (2011); Diabat et al. (2013); Jayaram y Avittathur (2015); Kusi-Sarpong et al. (2015); Sari (2017)
	Reciclaje de las piezas y el material de embalaje (el proceso de recogida, desmontaje, la separación y el procesamiento de productos utilizados en productos y materiales reciclados)	Hervani et al. (2005); Gonzalez-Benito y Gonzalez-Benito (2006); Eltayeb et al. (2011); Diabat et al. (2013); Lau (2011); Azevedo et al.(2013); Jayaram y Avittathur (2015); Khor y Udin (2013); Sari (2017)
	Eliminación responsable de desechos y residuos (separación y preparación)	Gonzalez-Benito y Gonzalez-Benito (2006); Sari (2017)
	El uso de residuos de otras empresas	Rostamzadeh et al.(2015)
	Grado en que la empresa integra materiales reciclados de nuevo en su proceso de fabricación principal	Olugu et al.(2011);Olugu y Wong (2012)
	Nivel de producto que se elimina en vertedero o se incinera (la cantidad esperada debe ser inferior al 15%)	Olugu et al.(2011);Olugu y Wong (2012)
	El tiempo de recuperación de materiales. Esta métrica es el tiempo total empleado en desmontaje, trituración, reproceso del material.	Olugu et al.(2011);Olugu y Wong (2012)
	Porcentaje de uso de los recursos renovables	Hervani et al., (2005); Shaw et al.(2010)
	Costo de eliminación	Hervani et al., (2005); Shaw et al.(2010)
	Porcentaje de productos recuperados después de su uso	Kusi-Sarpong et al. (2015).
	Sistemas y tecnologías de la información verde	Contiene planes de acción detallados / estrategias que apoyan la dirección de la sostenibilidad de la empresa.
Las inversiones en Sistemas y tecnologías de Información son para alinear las tecnologías con las prácticas verdes.		Ryoo y Koo (2013)
Existencia de sistemas de planificación de recursos empresariales		Hartmann y Germain (2015)
Existencia de sistemas de gestión de inventarios		Hartmann y Germain (2015)
Existencia de un sistema de administración de transporte		Hartmann y Germain (2015)

	Software específico para el rastreo de productos	Hartmann y Germain (2015)
	Software de programación de la producción	Hartmann y Germain (2015)
	Software de colaboración y sistemas de telepresencia para apoyar el trabajo virtual en equipo y las reuniones de empleados distribuidos globalmente para evitar su transporte aéreo grupo de	Green et al. (2012b); Kusi-Sarpong et al. (2015)
	Sistema que porporcionan información de seguimiento del medio ambiente (tales como toxicidad, la energía utilizada, el agua utilizada, la contaminación del aire)	Green et al.(2012b)
	Existencia de sistemas para controlar las emisiones y la producción de residuos	Green et al.(2012b)
	Sistemas que porporcionan información para animar las opciones verdes de los consumidores	Green et al.(2012b)
	Sistemas empleados para mejorar la toma de decisiones por los ejecutivos, poniendo de relieve los problemas de sostenibilidad	Green et al.(2012b)
	Declaración del papel de los SI en la política energética	Green et al.(2012b)
	El uso de hardware eficiente en energía y los centros de datos	Kusi-Sarpong et al. (2015)
	La consolidación de servidores que utilizan software de virtualización	Kusi-Sarpong et al. (2015)
	El apoyo de la alta dirección a las actividades ambientales	Jabbour et al. (2015)
Recursos Humanos Verdes	Análisis y descripción ambiental del trabajo	Jabbour et al.,(2015)
	Reclutamiento y selección ambiental	Jabbour et al.,(2015); Benito y González-Benito (2006); Ahmad (2015)
	Formación ambiental	Jabbour et al.,(2015)
	El empoderamiento de los empleados aplicado a las cuestiones ambientales	Jabbour et al.,(2015); Benito y González-Benito (2006)
	El trabajo en equipo en pro del medio ambiente (equipos verdes)	Jabbour et al.,(2015); Benito y González-Benito (2006)
	Evaluación del desempeño y las recompensas basadas en criterios ambientales	Jabbour et al.,(2015) Benito y González-Benito (2006); Hervani et al., (2005); Shaw et al.(2010); Ahmad (2015)
	Compromiso de los empleados de apoyo de gestión ambiental	Jabbour et al.,(2015) Benito y González-Benito (2006)
	Cultura organizacional Ambiental	Jabbour et al.,(2015) Benito y González-Benito (2006)
	Aprendizaje organizacional Ambiental	Jabbour et al.,(2015) Benito y González-Benito (2006)
	Considerar los aspectos ambientales dentro de la política de precios	Leonidou et al.(2013); Fraj et al.(2013)
Marketing Verde	Empleo de tácticas de precios (por ejemplo, rebajas, descuentos) para alentar acciones ambientales (por ejemplo, la reutilización, el reciclado) por los usuarios finales	Leonidou et al.(2013)
	No cobrar precios más altos para las versiones de productos más amigables con el medio ambiente.	Leonidou et al.(2013)

	Colaboración con proveedores y distribuidores para desarrollar programas de marketing con el medio ambiente	Leonidou et al.(2013)
	Se comunica el respeto al medio ambiente de un producto mediante la colocación de sus características o ingredientes en los esfuerzos de marca	Leonidou et al.(2013)
	Hacer hincapié en los aspectos ambientales de nuestros productos en nuestros anuncios	Leonidou et al.(2013)
	Destacar compromiso con la preservación del medio ambiente en las comunicaciones corporativas	Leonidou et al.(2013)
	Las promociones y la publicidad destacan e informar a los clientes sobre los esfuerzos medioambientales de la empresa	Leonidou et al.(2013); Fraj et al.(2013)
	Desarrollar estudios de mercado para detectar las necesidades verdes en el mercado	Fraj et al.(2013)
	Formar alianzas verdes o acuerdos de colaboración con las agencias gubernamentales	Fraj et al.(2013)
	Utilice las etiquetas ecológicas o certificación ambiental	Fraj et al.(2013)
	Usando las cuestiones ecológicas en el mensaje global de la empresa para vender nuevos estilos de vida y la idea que pueden ayudar a generar nuevas oportunidades de mercado.	Aslinda et al.(2014)

B. Anexo B: Características de un sistema de medición eficaz

Característica	Aporte	Autor
Cobertura holística	La cobertura holístico se centra en el alcance de la medida. El alcance se puede definir a lo largo del proceso y la cadena de suministro, integrando cliente y la perspectiva de la competencia, así como la aplicabilidad en un ambiente multi-sitio (diferentes sitios en una sola empresa)	Dörnhöfer y Günthner (2017)
Orientación al objetivo	El diseño de sistemas y medidas de desempeño debe estar orientado para el cumplimiento de los objetivos de la empresa, integración vertical y estabilidad	Dörnhöfer y Günthner (2017)
Generación de valor	El valor generado por la aplicación de los sistemas y medidas de desempeño se refleja en mejora continua y la evaluación comparativa. Para posibilitar la mejora continua el sistema de medición o medida necesita integrarse en un ciclo de mejoramiento; para esto las relaciones de causa y efecto es la clave para identificar mejoras y controlar costos.	Dörnhöfer y Günthner (2017)
Transparencia	Para incrementar la aplicación continua, es importante la transparencia, la cual es impulsada por la comparabilidad interna y las métricas no conflictivas. Así, las relaciones deben ser indicadas e interpretadas para garantizar un entendimiento común	Dörnhöfer y Günthner (2017)
Eficiencia	Considerando la disponibilidad de datos y concentrándose en un número limitado de métricas, se asegura la eficiencia. La orientación hacia la disponibilidad de datos durante el diseño evita problemas de datos, típicamente observados en la implementación	Dörnhöfer y Günthner (2017)
Importancia	Los indicadores deben dividirse en los niveles de evaluación, en cada nivel, estos deben destacar el desempeño que se está midiendo.	Nie (2016)
Alineación con los Sistemas de Gestión ambiental	Afirman que los sistemas de gestión ambientales influyen en el desempeño ambiental, dado que éstos fueron diseñados específicamente para gestionar e informar sobre el desempeño ambiental de las empresas	Hervani et al. (2005)
	Las organizaciones necesitan una mayor orientación sobre la gestión del desempeño ambiental de cadena de abastecimiento, ya sea a través de sistemas de gestión ambiental existentes o legislación gubernamental	Shaw et al. (2010)
	La integración de las normas medioambientales en la medición del desempeño pueden aumentar las iniciativas de innovación.	Bulsara et al. (2016)
Integración de prácticas ambientales	Las prácticas del GSCM deben ser integradas y necesitan la cooperación de funciones cruzadas en lugar de estar orientada a una sola función o departamento	Zhu y Sarkis, (2006)

	La principal limitación para las técnicas actuales es que se centran demasiado en medir el desempeño de las organizaciones individuales y no evalúan el rendimiento de toda la red de abastecimiento.	Zhu et al. (2007); Zhu et al. (2008a); Dey y Cheffi (2013)
	De acuerdo con la literatura, no se ha examinado los efectos de cada práctica individual o las conexiones entre las prácticas individuales y métricas de desempeño.	Azevedo et al. (2011)
	Señalan la necesidad de una visión integral del desempeño que mida los procesos internos (midstream) junto con los procesos externos (aguas arriba y aguas abajo)	Yang y Xia (2011); Olugu et al. (2011); Björklund y Abrahamsson (2012)
	La adopción de prácticas verdes requiere que los gerentes se concentren en sus prácticas internas de forma individual, así como en un formato integrado.	Gupta y Kumar, (2013)
	GSCM actual es insuficiente, ya que sólo tiene en cuenta las construcciones dentro de la organización, que en su mayoría cubren el desempeño ambiental de las actividades de producción	Dey y Cheffi (2013)
	Son todavía limitados los modelos conceptuales que integren y evalúen la prácticas de forma agregada	Sellito et al.(2015)
	El enfoque se ha mantenido en los indicadores ambientales en relación con el ciclo de vida de un producto y la eficiencia energética, dejando de lado prácticas de diseño y desarrollo de productos, tecnologías de la información y recursos humanos.	Subramanian y Gunasekaran (2015)
	La mayoría de los estudios previos descuidan la perspectiva holística en la gestión de la cadena de abastecimiento verde, que incluya las funciones internas, proveedores, clientes y grupos de interés.	Wong et al. (2015)
	El vínculo entre el GSCM y el desempeño de la empresa ha sido estudiado a fondo, y se ha argumentado que es poco probable que las empresas funcionen bien si aplican sus capacidades de forma aislada ya que estas capacidades están vinculadas a los flujos de materiales, valores financieros e información de una empresa. Todos estos procesos implican todas las capacidades de la empresa	Tseng et al.(2016)
Combinación de medidas cuantitativas y cualitativas	La investigación futura requiere la medición del desempeño ambiental del GSCM basada en criterios cuantitativos y cualitativos.	Hervani <i>et al.</i> (2005); Bulsara <i>et al.</i> (2016)
	La transición hacia una economía más eficiente en recursos implicará el seguimiento de los indicadores cuantitativos, con el fin de evaluar los impactos de los sistemas de producción y consumo	de Sousa <i>et al.</i> (2015a)
	Los indicadores propuestos pueden contener indicadores cuantitativos, pero también pueden contener indicadores cualitativos, pero es necesario cuantificar los indicadores cualitativos para facilitar la comparación entre diferentes cadenas de suministro	Nie (2016)
Integración de medidas	Varios marcos de medición de desempeño se han creado, muchos de ellos basados en el cuadro de mando integral; sin embargo, son insuficientes puesto que tienden a ser muy prescriptivos y no muestran un indicador de desempeño global.	Hervani <i>et al.</i> (2005); Shaw <i>et al.</i> (2010); Naini <i>et al.</i> (2011)
	La integración es importante porque permite a los tomadores de decisiones mantener todos los indicadores a la vista, reconocen su interconexión, identificar los beneficios que se apoyan mutuamente y valorar mejor los inevitables compensaciones entre dimensiones	Fonseca (2010)

	La abundancia de medidas en la literatura ocultan una falta de enfoques integrados para la medición del desempeño en la GSCM	Zhu et al. (2008a); Dey y Cheffy (2013).
	Hay una falta de métricas integradas y métodos de medición que cubren las estrategias verdes en toda la cadena de abastecimiento.	Mollenkopf et al. (2010)
	A menudo las empresas están utilizando múltiples métricas para medir las diversas actividades de la cadena de abastecimiento para la evaluación del desempeño, que hace que el proceso de evaluación y comparación de éste sea más difícil y complicado. Así, diversos indicadores de rendimiento medioambiental podrían ser agregados juntos para formar un indicador agregado.	Shaw et al. (2010) Dey y Cheffi (2013); Genovese et al. (2014).
	Incluso en aquellos estudios que tratan de forma individual la medición de las prácticas individuales hay poca información que detalla cómo la adopción de una práctica puede apoyar la mejora de un indicador	de Soussa et al. (2015)
Comparabilidad	Los indicadores deben ser utilizados como punto de referencia para monitorear el comportamiento ambiental de todos y cada empresa en cualquier industria.	Genovese et al. (2014); Nie (2016)
	Debido a que hay muchas medidas, el proceso de evaluación comparativa es casi imposible; así, un índice agregado, proporcionará a las organizaciones una medida titular para monitorear evaluar y comparar efectivamente la totalidad de su GSCM.	Shaw et al. (2010)
	Existe una falta de medidas de rendimiento estandarizadas en términos de unidades de uso, estructura, formato, etc.	Hervani et al. (2005)

C. Anexo C: Operacionalización de prácticas y sub-prácticas ambientales

Práctica	Sub-práctica ambiental	Cod	Nivel de medición (valor asignado)	Autores	Normas
GESTIÓN AMBIENTAL INTERNA	Apoyo de la alta dirección a los esfuerzos ambientales	GAI1	Escala Likert (1 = no se ha considerado, 2 = se está planeando considerarlo, 3=Se está teniendo en cuenta actualmente, 4= Se está iniciando su implementación, 5= Se ha implementado exitosamente) (Zhu y Sarkis, 2006)	Banerjee et al. (2003); Zhu y Sarkis (2004); Zhu et al. (2005); Zhu y Sarkis (2006); Green et al.(2012b); Zhu et al.(2013); Diabat et al. (2013); Govindan et al.(2013); Banerjee et al. (2003); Zhu, Sarkis y Lai (2012); Fraj et al.(2013); Dai et al.(2014)	

	Existencia de gerente de medio ambiente y / o un departamento / equipo ambiental independiente con responsabilidades bien definidas	GAI2	Escala Likert	Yu y Ramanathan (2015)	
	Disponibilidad de programas de auditoría y evaluación ambiental de carácter regulatorio y/o normativo.	GAI3	Escala Likert	Zhu y Sarkis (2004); Zhu et al. (2005); Zhu y Sarkis (2006); Green et al.(2012b); Olugu et al.(2011); Olugu y Wong (2012); Zhu et al. (2012); Govindan et al.(2013)	NC-ISO 14031 (ISO, 2005).
	Declaración explícita de la misión, política, principios, valores y objetivos ambientales	GAI4	Escala Likert	Banerjee (2002); Banerjee et al. (2003); Shaw et al.(2010); Olugu et al.(2011); Olugu y Wong (2011); Fraj et al.(2013); Yu y Ramanathan (2015)	
	Apoyo de los mandos medios a las iniciativas de gestión ambiental	GAI5	Escala Likert	Zhu y Sarkis (2004); Zhu et al. (2005); Zhu y Sarkis (2006); Zhu et al. (2012); Zhu et al.(2013); Diabat et al. (2013)	
ECODISEÑO	Diseño de los productos/empaques para evitar o reducir el uso de materiales y/o procesos de manufactura contaminantes/ tóxicos/peligrosos	ED1	Escala Likert	Zhu y Sarkis (2004); Zhu, Sarkis y Geng (2005); Srivastava (2007); Zhu y Sarkis (2006); Eltayeb et al.(2011); Zhu, Sarkis y Lai (2012); Azevedo et al.(2013); Zhu et al.(2013); Diabat, Khodaverdi, y Olfat (2013); Rostamzadeh et al.(2015)	NC-ISO 14031 (ISO, 2005)
	Diseño de los procesos para la minimización de los residuos	ED2	Escala Likert	Zhu et al. (2012); Zhu et al.(2013)	NC-ISO 14031 (ISO, 2005)
	Diseño de los productos/empaques para la eficiencia de los recursos (incluida la reducción de residuos, el consumo de materiales, energía, agua y combustible durante su vida útil)	ED3	Escala Likert	Zhu y Sarkis (2004); Zhu, Sarkis y Geng (2005); Zhu y Sarkis (2006); Sakis et al.(2010); Eltayeb et al.(2011); Zhu, Sarkis y Lai (2012); Zhu et al.(2013); Rostamzadeh et al.(2015)	NC-ISO 14031 (ISO, 2005)
	Diseño de productos/empaques para su reutilización, reciclaje, remanufactura y recuperación de materiales y / o componentes al final de su ciclo de vida	ED4	Escala Likert	Zhu y Sarkis (2004); Zhu et al. (2005); Zhu y Sarkis (2006); Sakis et al.(2010); Eltayeb et al.(2011); Zhu et al. (2012); Azevedo et al.(2013); Diabat et al. (2013); Zhu et	NC-ISO 14031 (ISO, 2005)

				al.(2013); Rostamzadeh et al.(2015); Sari (2017)	
COLABORACIÓN AMBIENTAL	Educación de proveedores (Incluyen la celebración de seminarios de sensibilización para los proveedores, visitas de formación, de educación y de campo a proveedor, informar a los proveedores acerca de los beneficios de las prácticas verdes, proporcionar información know-how)	CA1	Escala Likert	Eltayeb et al.(2011); Diabat et al. (2013); Luo et al.(2014)	
	Apoyo a proveedores (Incluyen la creación de equipos ambientales para guiar a los proveedores en el desarrollo de programas ambientales, visitar proveedores locales para proporcionar asistencia técnica in situ)	CA2	Escala Likert	Eltayeb et al.(2011); Diabat et al. (2013); Giovanni y Vinzi (2014); Dai et al.(2014)	
	Educación del cliente (Incluyen la celebración de seminarios de sensibilización para los clientes, informar a los clientes acerca de los beneficios de las prácticas verdes, proporcionar información know-how)	CA3	Escala Likert	Eltayeb et al.(2011); Diabat et al. (2013)	
	Apoyo al cliente (ncluyen la creación de equipos ambientales para guiar a los clientes en el desarrollo de programas ambientales, visitar clientes locales para proporcionar asistencia técnica)	CA4	Escala Likert	Eltayeb et al.(2011); Diabat et al. (2013)	
	Intercambio de información con proveedores sobre metas, responsabilidades, estrategias, beneficios, las mejores prácticas y estándares de rendimiento relacionados con temas ambientales mediante un sistema integrado de información ambiental	CA5	Escala Likert	Wong et al.(2015)	
	La realización de una planificación conjunta con proveedores para anticipar y resolver problemas relacionados con el medio ambiente	CA6	Escala Likert	Vachon and Klassen (2008); Green et al.(2012b); Giovanni y Vinzi (2014); Schoenherr et al.(2014)	

	Intercambio de información con clientes sobre metas, responsabilidades, estrategias, beneficios, las mejores prácticas y estándares de rendimiento relacionados con temas ambientales mediante un sistema integrado de información ambiental	CA7	Escala Likert	Wong et al.(2015)	
	La realización de una planificación conjunta con clientes para anticipar y resolver problemas relacionados con el medio ambiente	CA8	Escala Likert	Vachon and Klassen (2008); Green et al.(2012b); Giovanni y Vinzi (2014); Schoenherr et al.(2014)	
COMPRAS VERDES	Selección de los proveedores o subcontratistas con inclusión de criterios medioambientales	CV1	Escala Likert	Vachon y Klassen (2006); Holt y Ghobadian (2010), Chiou et al. (2011); Green et al.(2012b); Zhu et al. (2012); Zhu et al.(2013), Giovanni y Vinzi (2014); Dai et al.(2014); Rostamzadeh et al.(2015); Sari (2017)	
	Exigir a los proveedores o subcontratistas una certificación ambiental del sistema de gestión ambiental (SGA) como la ISO14000	CV2	Escala Likert	Zhu y Sarkis (2004); Hervani et al. (2005); Zhu et al. (2005); Zhu y Sarkis (2006); Shaw et al.(2010); Eltayeb et al.(2011); Zhu et al. (2012); Azevedo et al. (2013); Zhu et al.(2013), Diabat et al. (2013); Schoenherr et al.(2014); Chithambarathan et al.(2015), Dai et al.(2014)	
	Evaluación del desempeño ambiental de los proveedores	CV3	Escala Likert	Zhu y Sarkis (2004); Zhu et al. (2012); Dai et al.(2014)	
	Proporcionar especificaciones de diseño a los proveedores que incluyen requisitos ambientales para los artículos comprados	CV4	Escala Likert	Zhu y Sarkis (2004); Zhu, Sarkis y Geng (2005); Zhu y Sarkis (2006); Zhu et al. (2012); Zhu et al.(2013); Diabat, Khodaverdi, y Olfat (2013)	
MANUFACTURA VERDE	Realización de mejoras en los procesos para la eficiencia medioambiental (reducir el uso de recursos escasos o tóxicos y el consumo de energía, agua, gas y combustible)	MV1	Escala Likert	Kusi-Sarpong et al. (2015); Scur y Barbosa (2017); Sari (2017)	

	Programación y control de la producción para mejorar la eficiencia medioambiental (reducir el uso de recursos escasos o tóxicos, reducir residuos y el consumo de energía, agua, gas, combustible, etc)	MV2	Escala Likert	Kusi-Sarpong et al. (2015).	
	Planeación capacidad (instalaciones, equipo, mano de obra) para mejorar la eficiencia medioambiental en los procesos (reducir el uso de recursos escasos o tóxicos, reducir residuos y el consumo de energía, agua, gas, combustible, etc)	MV3	Escala Likert	Rostamzadeh et al.(2015); Sari (2017)	
	Confiabilidad y mantenimiento de los procesos para para la eficiencia medioambiental reducir el uso de recursos escasos o tóxicos, reducir residuos y el consumo de energía, agua, gas, combustible, etc)	MV4	Escala Likert	Scur y Barbosa (2017)	
	Automatización de procesos para mejorar la eficiencia medioambiental (reducir el uso de recursos escasos o tóxicos y el consumo de energía, agua, gas, combustible, etc)	MV5	Escala Likert	Kusi-Sarpong et al. (2015); Sari (2017)	
DISTRIBUCIÓN VERDE	Uso de modos de transporte menos contaminantes y eficientes energéticamente o, mejoras en los existentes a través de un mejor mantenimiento, formación de conductores, y actualizaciones de bajo costo	DV1	Escala Likert	Holt y Ghobadian (2010); Esty y Simmons(2011); Lau(2011); Rostamzadeh et al.(2015); Sari (2017)	NC-ISO 14031 (ISO, 2005)
	Optimización en la planeación y programación de las rutas de vehículos con el fin de reducir los impactos ambientales	DV2	Escala Likert	Holt y Ghobadian (2010); Esty y Simmons(2011); Lau(2011); Azevedo et al.(2013); Sai (2017)	
	Consolidación y alteración de entregas (Eliminar los elementos innecesarios de los envíos, eliminar el exceso de empaques y embalajes, consolidar entregas, llenar el transporte retorno con carga)	DV3	Escala Likert	Gonzalez-Benito y Gonzalez-Benito (2006); Esty y Simmons(2011); Lau(2011); Sari (2017)	

	Organización de los almacenes y centros de distribución para obtener una máxima eficiencia (maximizar la capacidad de almacenamiento en el espacio existente, métodos de recogida de pedidos para minimizar el tiempo de recorrido y manejo de productos, uso de equipos e instalaciones eficientes de energía, automatización de las operaciones de almacenamiento y recogida de productos)	DV4	Escala Likert	Holt y Ghobadian (2010); Esty y Simmons(2011)	
LOGÍSTICA INVERSA	Programas y/o procedimientos para la recuperación e integración materiales/componentes reciclados de nuevo en el proceso de fabricación/producción	LI1	Escala Likert	Hervani et al. (2005); Gonzalez-Benito y Gonzalez-Benito (2006); Eltayeb et al. (2011); Olugu et al.(2011);Olugu y Wong (2012); Diabat et al. (2013); Lau (2011); Azevedo et al.(2013); Jayaram y Avittathur (2015); Khor y Udin (2013); Sari (2017)	Global Reporting Initiative (GRI, 2006) y NC-ISO 14031 (ISO, 2005).
	Programas y/o procedimientos para la reutilización de productos usados (el proceso de recogida de productos usados distribución y venta)	LI2	Escala Likert	Hervani et al. (2005); Eltayeb et al. (2011); Diabat et al.(2013); Azevedo et al.(2013); Khor y Udin (2013); Sari (2017)	NC-ISO 14031 (ISO, 2005)
	Programas y/o procedimientos para la remanufactura de piezas o componentes utilizados (sustitución de las piezas defectuosas con piezas nuevas o renovadas)	LI3	Escala Likert	Hervani et al. (2005); Eltayeb et al. (2011); Diabat et al. (2013); Jayaram y Avittathur (2015); Kusi-Sarpong et al. (2015)	
	Programas y/o procedimientos para la eliminación responsable de desechos y residuos (separación y preparación)	LI4	Escala Likert	Sarkis (2003); Gonzalez-Benito y Gonzalez-Benito (2006); Scur y Barbosa (2017); Sari (2017)	
RECURSOS HUMANOS VERDE	Programas de formación ambiental a los empleados	RHV1	Escala Likert	Banerjee (2002); Hervani et al.(2005); Banerjee et al. (2003); Zhu y Sarkis (2006); Shaw et al.(2010)Olugu et al.(2011); Olugu y Wong (2011); Zhu et al. (2012); Fraj et al.(2013); Zhu et al.(2013); Yu y Ramanathan (2015); Jabbour et al.,(2015)	NC-ISO 14031 (ISO, 2005); Global Reporting Initiative (GRI, 2006).
	Evaluación del desempeño y recompensas basadas en criterios ambientales	RHV2	Escala Likert	Jabbour et al.,(2015) Benito y González-Benito (2006); Hervani et	NC-ISO 14031 (ISO, 2005).Global

				al., (2005); Shaw et al.(2010); Ahmad (2015)	Reporting Initiative (GRI, 2006)
	Compromiso de los empleados al apoyo de la gestión ambiental	RHV3	Escala Likert	Jabbour et al.,(2015); González-Benito y González-Benito (2006)	
	El empoderamiento de los empleados aplicado a las cuestiones ambientales	RHV4	Escala Likert	Jabbour et al.,(2015); González-Benito y González-Benito (2006)	
	El trabajo en equipo en pro del medio ambiente (equipos verdes)	RHV5	Escala Likert	Jabbour et al.,(2015); González-Benito y González-Benito (2006)	
MARKETING VERDE	Considerar los aspectos ambientales dentro de la política de precios	MKV1	Escala Likert	Leonidou et al.(2013); Fraj et al.(2013)	
	Destacar el compromiso con la preservación del medio ambiente en las comunicaciones corporativas	MKV2	Escala Likert	Leonidou et al.(2013); Fraj et al.(2013)	
	Desarrollar estudios de mercado para detectar la disposición a comprar productos con cualidades ambientales, producidos por la empresa	MKV3	Escala Likert	Fraj et al. (2013); Mafini y Muposhi (2017).	
	Utilización de etiquetas ecológicas o certificación ambiental	MKV4	Escala Likert	Fraj et al.(2013)	
SISTEMAS Y TENOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN VERDE	Implementación de sistemas que proporcionan información de seguimiento del medio ambiente (tales como toxicidad, la energía utilizada, el agua utilizada, la contaminación del aire)	STV1	Escala Likert	Green et al.(2012b)	
	Implementación de sistemas y/o tecnologías para controlar las emisiones y la producción de residuos	STV2	Escala Likert	Green et al.(2012b)	
	Implementación de plataformas, sistemas de información, páginas web y otras alternativas informáticas para animar las prácticas verdes de los consumidores (facturas digitales, sistemas B2B, firmas digitales)	STV3	Escala Likert	Green et al.(2012b)	

D. Anexo D: Instrumento de recolección de datos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

PROYECTO “DESEMPEÑO AMBIENTAL EN LAS EMPRESAS MANUFACTURERAS DE LA REGION DEL EJE CAFETERO”.

El presente proyecto tiene como objetivo identificar el nivel de implementación de diferentes iniciativas ambientales en las empresas del sector manufacturero de la Región del Eje Cafetero. Por su carácter investigativo, se garantiza que toda la información será estrictamente para propósitos académicos y se procesará con total privacidad. Por favor diligenciar la información con la mayor precisión y objetividad posible. Gracias.

Nombre de quien diligencia la encuesta: _____

Nombre de la empresa _____

Número de empleados _____

¿Cuál es el puesto que ocupa usted en la empresa? _____

Correo empresarial _____

Teléfono empresa y extensión _____ Celular _____

¿En qué sector de la industria se encuentra su empresa clasificada? _____

Tamaño de la empresa: Grande () Mediana ()

La empresa compite en mercados: Nacionales () Internacionales ()

- I. A continuación encontrará algunas prácticas que realizan las organizaciones para mejorar su desempeño ambiental en todas las etapas de la cadena de suministro. Por favor, indique con una equis (X) en cada actividad, el grado en que percibe que su empresa la está implementando (Escala de cinco puntos: 1 = no se ha considerado, 2

= se está planeando considerarlo, 3=Se está teniendo en cuenta actualmente, 4= Se está iniciando su implementación, 5= Se ha implementado exitosamente).

Práctica ambiental	Actividades ambientales	1	2	3	4	5
Gestión ambiental interna	Apoyo de la alta dirección a los esfuerzos ambientales					
	Existencia de gerente de medio ambiente y / o un departamento / equipo ambiental independiente con responsabilidades bien definidas					
	Disponibilidad de programas de auditoría y evaluación ambiental de carácter regulatorio y/o normativo.					
	Declaración explícita de la misión, política, principios, valores y objetivos ambientales					
	Apoyo de los mandos medios a las iniciativas de gestión ambiental					
Ecodiseño	Diseño de los productos/empaques para evitar o reducir el uso de materiales y/o procesos de manufactura contaminantes/ tóxicos/peligrosos					
	Diseño de los procesos para la minimización de los residuos					
	Diseño de los productos/empaques para la eficiencia de los recursos (incluida la reducción de residuos, el consumo de materiales, energía, agua y combustible durante su vida útil)					
	Diseño de productos/empaques para su reutilización, reciclaje, remanufactura y recuperación de materiales y / o componentes al final de su ciclo de vida					
Colaboración ambiental	Educación de proveedores (Incluyen la celebración de seminarios de sensibilización para los proveedores, visitas de formación, de educación y de campo a proveedor, informar a los proveedores acerca de los beneficios de las prácticas verdes, proporcionar información know-how)					
	Apoyo a proveedores (Incluyen la creación de equipos ambientales para guiar a los proveedores en el desarrollo de programas ambientales, visitar proveedores locales para proporcionar asistencia técnica in situ)					
	Educación del cliente (Incluyen la celebración de seminarios de sensibilización para los clientes, informar a los clientes acerca de los beneficios de las prácticas verdes, proporcionar información know-how)					
	Apoyo al cliente (incluyen la creación de equipos ambientales para guiar a los clientes en el desarrollo de programas ambientales, visitar clientes locales para proporcionar asistencia técnica)					
	Intercambio de información con proveedores sobre metas, responsabilidades, estrategias, beneficios, las mejores prácticas y estándares de rendimiento relacionados con temas ambientales mediante un sistema integrado de información ambiental					
	La realización de una planificación conjunta con proveedores para anticipar y resolver problemas relacionados con el medio ambiente					
	Intercambio de información con clientes sobre metas, responsabilidades, estrategias, beneficios, las mejores prácticas y estándares de rendimiento relacionados con temas ambientales mediante un sistema integrado de información ambiental					
	La realización de una planificación conjunta con clientes para anticipar y resolver problemas relacionados con el medio ambiente					

Compras verdes	Selección de los proveedores o subcontratistas con inclusión de criterios medioambientales					
	Exigir a los proveedores o subcontratistas una certificación ambiental del sistema de gestión ambiental (SGA) como la ISO14000					
	Evaluación del desempeño ambiental de los proveedores					
	Proporcionar especificaciones de diseño a los proveedores que incluyen requisitos ambientales para los artículos comprados					
Manufactura verde	Realización de mejoras en los procesos para la eficiencia medioambiental (reducir el uso de recursos escasos o tóxicos y el consumo de energía, agua, gas y combustible)					
	Programación y control de la producción para mejorar la eficiencia medioambiental (reducir el uso de recursos escasos o tóxicos, reducir residuos y el consumo de energía, agua, gas, combustible, etc.)					
	Planeación capacidad (instalaciones, equipo, mano de obra) para mejorar la eficiencia medioambiental en los procesos (reducir el uso de recursos escasos o tóxicos, reducir residuos y el consumo de energía, agua, gas, combustible, etc.)					
	Planeación y requerimientos de materiales para mejorar la eficiencia medioambiental (reducir el uso de recursos escasos o tóxicos, reducir residuos y el consumo de energía, agua, gas, combustible, etc.)					
	Confiabilidad y mantenimiento de los procesos para la eficiencia medioambiental (reducir el uso de recursos escasos o tóxicos, reducir residuos y el consumo de energía, agua, gas, combustible, etc.)					
	Automatización de procesos para mejorar la eficiencia medioambiental (reducir el uso de recursos escasos o tóxicos y el consumo de energía, agua, gas, combustible, etc.)					
Distribución verde	Uso de modos de transporte menos contaminantes y eficientes energéticamente o, mejoras en los existentes a través de un mejor mantenimiento, formación de conductores, y actualizaciones de bajo costo					
	Optimización en la planeación y programación de las rutas de vehículos con el fin de reducir los impactos ambientales					
	Consolidación y aligeración de entregas (Eliminar los elementos innecesarios de los envíos, eliminar el exceso de empaques y embalajes, consolidar entregas, llenar el transporte retorno con carga)					
	Organización de los almacenes y centros de distribución para obtener una máxima eficiencia (maximizar la capacidad de almacenamiento en el espacio existente, métodos de recogida de pedidos para minimizar el tiempo de recorrido y manejo de productos, uso de equipos e instalaciones eficientes de energía, automatización de las operaciones de almacenamiento y recogida de productos)					
Logística inversa	Programas y/o procedimientos para la recuperación e integración materiales/componentes reciclados de nuevo en el proceso de fabricación/producción					
	Programas y/o procedimientos para la reutilización de productos usados (el proceso de recogida de productos usados distribución y venta)					

	Programas y/o procedimientos para la remanufactura de piezas o componentes utilizados (sustitución de las piezas defectuosas con piezas nuevas o renovadas)					
	Programas y/o procedimientos para la eliminación responsable de desechos y residuos (separación y preparación)					
	Uso de empaques, embalajes, pallets, contenedores reutilizables y reciclables					
Recursos Humanos verde	Programas de formación ambiental a los empleados					
	Evaluación del desempeño y recompensas basadas en criterios ambientales					
	Compromiso de los empleados de apoyo de gestión ambiental					
	El empoderamiento de los empleados aplicado a las cuestiones ambientales					
	El trabajo en equipo en pro del medio ambiente (equipos verdes)					
Marketing verde	Considerar los aspectos ambientales dentro de la política de precios					
	Destacar el compromiso con la preservación del medio ambiente en las comunicaciones corporativas					
	Desarrollar estudios de mercado para detectar la disposición a comprar productos con cualidades ambientales, producidos por la empresa					
	Utilización de etiquetas ecológicas o certificación ambiental					
Sistemas y tecnologías de la información verde	Implementación de sistemas que proporcionan información de seguimiento del medio ambiente (tales como toxicidad, la energía utilizada, el agua utilizada, la contaminación del aire)					
	Implementación de sistemas y/o tecnologías para controlar las emisiones y la producción de residuos					
	Implementación de plataformas, sistemas de información, páginas web y otras alternativas informáticas para animar las prácticas verdes de los consumidores (facturas digitales, sistemas B2B, firmas digitales)					

- II. A continuación encontrará algunas variables sobre el desempeño de la empresa. De esta forma, como resultado de las actividades ambientales implementadas en su empresa, valore de acuerdo a su percepción, los siguientes resultados de desempeño obtenidos en los últimos dos años (Escala de cinco puntos: 1= Totalmente en desacuerdo, 2= En desacuerdo, 3=Neutro, 4=De acuerdo, 5=Totalmente de acuerdo)

	1	2	3	4	5
Reducción de residuos peligrosos, emisiones, unidades defectuosas, etc.					
Reducción en el consumo de energía, agua, gas y combustible					
Aumento de satisfacción del cliente en relación con el diseño y desarrollo de productos					
Crecimiento en las ventas					
Cumplimiento con las regulaciones ambientales					
Aumento en la calidad del producto y servicio					

Disminución de costos					
Aumento en la productividad del negocio					
Aumento de la rentabilidad					
Aumento de la imagen corporativa de la empresa frente a la comunidad					

Muchas gracias por su colaboración

Cordialmente.

William Ariel Sarache Castro, Ph.D
Profesor
Universidad Nacional de Colombia

Mariana Trujillo Gallego, MSc(c)
Estudiante de Maestría
Universidad Nacional de Colombia

Knowledge of methodologies, approaches and tools to evaluate environmental performance																				
Knowledge about environmental performance indicators																				
Knowledge of environmental regulations																				

Self-assessment of the sources of argument

Below is a list of possible sources of argument that may have influenced your criteria / opinions regarding the subject discussed in the survey. Please mark (X) for each source, according to your perception of the influence of each.

Sources of Argument	Degree of influence of each source in your criteria/opinions (mark with an X)					
	Very high	High	Medium	Low	Very Low	Zero
Capacity for analysis						
Understanding of the problem						
Extent of approaches						
Knowledge of the current state of the problem						
Level of motivation to solve the problem						
Development of theoretical studies						
Experience of the empirical order (practice)						

Thank you for your cooperation!

F. Anexo F: Survey GSCM performance

Warm regards,

In accordance with your experience and knowledge, you have been selected as an expert to collaborate with the investigation, "Environmental performance in supply chains: an empirical study in Colombian manufacturing companies," which is currently being carried out at the National University of Colombia.

We request full cooperation in order to assess the degree of importance and influence of environmental practices and sub-practices under Green Supply Chain Management (GSCM) approach in manufacturing companies. This information is necessary to design and implement an indicator of environmental performance in manufacturing enterprises.

At the end of the survey, please complete your self-assessment as an expert.

- **Evaluation of environmental practices**

In your experience, to what extent you believe that practice i affects practice j (four numbers determine the values of relationships between different practices in your opinion: 0 = no influence, 1 = low influence, 2 = high influence, 3 = very high influence) (Table 1).

- **Evaluation of environmental sub-practices**

In your experience, to what extent you believe that sub-practice *i* affects sub-practice *j* (Four numbers determine the values of relationships between different sub-practices *i* in your opinion: 0 = no influence, 1 = low influence, 2 = high influence, 3 = very high influence)

- **Comparisons between sub-practices of ecodesign (ED)**

Sub-practice <i>i</i>	Sub-practice <i>j</i>			
	ED1	ED2	ED3	ED4
ED1. Design of products/ packaging to avoid or reduce use of polluting / toxic / hazardous products and/or their manufacturing processes	0			
ED2. Design of processes for minimization of waste		0		
ED3. Design of products / packaging for resource efficiency (including waste reduction, material consumption, energy, water and fuel over their lifetimes)			0	
ED4. Design of products/packaging for reuse, recycle, remanufacture and recovery of material, component parts at the end of their life cycles				0

- **Comparisons between sub-practices of internal environmental management (IEM)**

Sub-practice <i>i</i>	Sub-practice <i>j</i>				
	IEM1	IEM2	IEM3	IEM4	IEM5
IEM1. Commitment to GSCM from senior managers	0				
IEM2. Existence of environmental manager and/or a separate environmental department/team with well-defined responsibilities		0			
IEM3. Environmental compliance and auditing programs			0		
IEM4. Clear environmental mission statement, policy, principles, values and environmental objectives.				0	
IEM5. Support for GSCM from mid-level managers					0

○ **Comparisons between sub-practices of green purchasing (GP)**

Sub-practice i	Sub-practice j			
	GP1	GP2	GP3	GP4
GP1. Selection of suppliers or subcontractors including environmental criteria	0			
GP2. Supplier environmental management system (e.g. ISO 14000)		0		
GP3. Environmental performance evaluation of suppliers			0	
GP4. Providing design specification to suppliers which include environmental requirements for purchased items				0

○ **Comparisons between sub-practices of green manufacturing (GM)**

Sub-practice i	Sub-practice j				
	GM 1	GM 2	GM 3	GM 4	GM 5
GM1. Improvements in processes for environmental efficiency (reducing the use of scarce or toxic resources, energy, water, gas and fuel)	0				
GM2. Programming and production control to improve environmental efficiency (reducing the use of scarce or toxic resources, reducing waste and consumption of energy, water, gas, fuel, etc.)		0			
GM3. Planning capacity (facilities, equipment, labor) to improve environmental process efficiency (reducing the use of scarce or toxic resources, reducing waste and consumption of energy, water, gas, fuel, etc.)			0		
GM4. Reliability and maintenance processes for environmental efficiency (reducing the use of scarce or toxic resources, reducing waste and consumption of energy, water, gas, fuel, etc.)				0	
GM5. Process automation to improve environmental efficiency (reducing the use of scarce or toxic resources and reducing consumption of energy, water, gas, fuel, etc.)					0

○ **Comparisons between sub-practices of green distribution (GD)**

Sub-practice i	Sub-practice j			
	GD 1	GD 2	GD 3	GD 4
GD1. Switch to less-polluting modes of transportation or improve fleet efficiency through improved maintenance, driver training, and low-cost upgrades	0			
GD2. Optimize route planning, and match the right vehicles to the right routes to reduce environmental impacts		0		
GD3. Pack lighter and tighter (Eliminate unnecessary items from shipments, root out excess packaging and shipping materials wherever possible, consolidate loads, fill empty backhauls)			0	
GD4. Organize warehouses and distribution centers for peak efficiency (put-away methods, pick-up methods, clean energy-powered equipment and facilities, automation)				0

○ **Comparisons between sub-practices of green marketing (GMK)**

Sub-practice i	Sub-practice j			
	GMK 1	GMK 2	GMK 3	GMK 4
GMK1. Consider environmental aspects within price policy	0			
GMK2. Employ green arguments in advertising and promotions		0		
GMK3. Develop market research to detect the willingness to buy products with environmentally friendly qualities, produced by the company			0	
GMK4. Use eco-labels or environmental certification				0

○ **Comparisons between sub-practices of reverse logistics (RL)**

Sub-practice i	Sub-practice j			
	RL1	RL2	RL3	RL4
RL1. Programs and / or procedures for recovery and integration of recycled products, components, and/or materials back into the manufacturing / production process	0			
RL2. Programs and / or procedures for collecting used products from the field, and their redistribution or sale.		0		
RL3. Programs and / or procedures for collecting a used product from the field, assessing its condition, and replacing defective or obsolete parts with new or refurbished parts.			0	
RL4. Responsible disposal of waste and residues (separation and preparation)				0

○ **Comparisons between sub-practices of green human resources (GHR)**

Sub-practice i	Sub-practice j				
	GHR1	GHR2	GHR3	GHR4	GHR5
GHR1: Environmental training	0				
GHR2. Performance evaluation and rewards based on environmental criteria		0			
GHR3. Employee engagement in supporting environmental management			0		
GHR4. Empowerment of employees committed to environmental issues				0	
GHR5. Environmental teamwork (green teams)					0

○ **Comparisons between sub-practices of green information systems and technology (GIST)**

Sub-practice i	Sub-practice j		
	GIST1	GIST2	GIST3
GIST1. Tracking environmental information (such as toxicity, energy used, water used, air pollution)	0		
GIST2. Monitoring emissions and waste production		0	
GIST3. Implementation of platforms, information systems, web sites and other digital alternatives to encourage green consumer practices (digital invoices, B2B systems, digital signature)			0

Thank you for your cooperation!

G. Anexo G: Matrices de relaciones directas para las sub-prácticas ambientales

Tabla 1. Matriz relaciones directas A1

	GA1	GA2	GA3	GA4	GA5
GA1	0	2,5	2,8	2,9	2,8
GA2	2,1	0	2,5	2,3	2,5
GA3	2,3	1,9	0	1,8	2,4
GA4	2,2	2	2,2	0	2,2
GA5	2,2	2,1	2,3	1,7	0

Tabla 2. Matriz relaciones directas

A2				
	ED1	ED2	ED3	ED4
ED1	0	2,7	2,4	2,8
ED2	2,4	0	2,5	2,4
ED3	2,1	2,6	0	2,6
ED4	2,5	2,6	2,4	0

Tabla 3. Matriz relaciones directas A3

	CA 1	CA 2	CA 3	CA 4	CA 5	CA 6	CA 7	CA 8
CA 1	0	2,5	1,2	1	2	2,6	2,2	1,3
CA 2	2,5	0	1,3	1,3	2	2,7	2,1	1,2
CA 3	1,2	1,3	0	2,2	2,1	1,3	1,5	2,3
CA 4	1,2	1,2	2,7	0	2,3	1,8	1,9	2,1
CA 5	1,8	2	2,4	2,3	0	2	1,7	2
CA 6	2,5	2,7	1,5	1,7	2,1	0	2,2	1,9
CA 7	2,3	2,2	1,7	1,7	1,7	2,6	0	1,8
CA 8	1,7	1,5	2,3	2,4	2,3	1,9	2,1	0

Tabla 4. Matriz relaciones directas

A4				
	CV1	CV2	CV3	CV4
CV1	0	2,6	2,9	2,6
CV2	2,5	0	2,6	2,4
CV3	2,9	2,5	0	2,3
CV4	2,4	1,8	2,4	0

Tabla 5. Matriz relaciones directas A5

	MV1	MV2	MV3	MV4	MV5
MV1	0	2,4	2,5	2,5	2,3
MV2	2,4	0	2,5	2,1	2
MV3	2,5	2,7	0	2,1	2
MV4	2,3	2,1	1,9	0	2
MV5	2,4	2,4	2,1	2,4	0

Tabla 6. Matriz relaciones directas A6

	DV1	DV2	DV3	DV4
DV1	0	2,3	2	1,5
DV2	2,4	0	2	2,1
DV3	2	1,9	0	2
DV4	1,4	1,9	2,1	0

Tabla 7. Matriz relaciones directas A7

	MKV1	MKV2	MKV3	MKV4
MKV1	0	2,4	2,6	2,6
MKV2	2,2	0	1,9	2,5
MKV3	2,6	2,4	0	2,4
MKV4	2	2,5	2,1	0

Tabla 8. Matriz relaciones directas A8

	LI1	LI2	LI3	LI4
LI1	0	2,3	2,4	2,3
LI2	2,1	0	2,2	2,3
LI3	2,3	2,3	0	2,3
LI4	2	1,9	1,8	0

Tabla 9. Matriz relaciones directas A9

	RHV1	RHV2	RHV3	RHV4	RHV5
RHV1	0	2,3	2,5	2,5	2,4
RHV2	2,3	0	2,5	2,3	2,1
RHV3	2,4	2	0	2,4	2,6
RHV4	2,1	2,1	2,6	0	2,5
RHV5	1,9	1,8	2,5	2,4	0

Tabla 10. Matriz relaciones directas A10

	STIV1	STIV2	STIV3
STIV1	0	2,7	2
STIV2	2,9	0	1,7
STIV3	2	1,6	0

H. Anexo H: Matrices de relaciones directas normalizadas para las sub-prácticas ambientales

Tabla 1. Matriz relaciones directas normalizadas D1

	GA1	GA2	GA3	GA4	GA5
GA1	0,00	0,23	0,25	0,26	0,25
GA2	0,19	0,00	0,23	0,21	0,23
GA3	0,21	0,17	0,00	0,16	0,22
GA4	0,20	0,18	0,20	0,00	0,20
GA5	0,20	0,19	0,21	0,15	0,00

Tabla 2. Matriz relaciones directas normalizadas D2

	ED1	ED2	ED3	ED4
ED1	0,00	0,34	0,30	0,35
ED2	0,30	0,00	0,32	0,30
ED3	0,27	0,33	0,00	0,33
ED4	0,32	0,33	0,30	0,00

Tabla 3. Matriz relaciones directas normalizadas D2

	CA1	CA2	CA3	CA4	CA5	CA6	CA7	CA8
CA1	0,00	0,17	0,08	0,07	0,13	0,17	0,15	0,09
CA2	0,17	0,00	0,09	0,09	0,13	0,18	0,14	0,08
CA3	0,08	0,09	0,00	0,15	0,14	0,09	0,10	0,15
CA4	0,08	0,08	0,18	0,00	0,15	0,12	0,13	0,14
CA5	0,12	0,13	0,16	0,15	0,00	0,13	0,11	0,13
CA6	0,17	0,18	0,10	0,11	0,14	0,00	0,15	0,13
CA7	0,15	0,15	0,11	0,11	0,11	0,17	0,00	0,12
CA8	0,11	0,10	0,15	0,16	0,15	0,13	0,14	0,00

Tabla 4. Matriz relaciones directas normalizadas D4

	CV1	CV2	CV3	CV4
CV1	0,00	0,32	0,36	0,32
CV2	0,31	0,00	0,32	0,30
CV3	0,36	0,31	0,00	0,28
CV4	0,30	0,22	0,30	0,00

Tabla 5. Matriz relaciones directas normalizadas D5

	MV1	MV2	MV3	MV4	MV5
MV1	0,00	0,25	0,26	0,26	0,24
MV2	0,25	0,00	0,26	0,22	0,21
MV3	0,26	0,28	0,00	0,22	0,21
MV4	0,24	0,22	0,20	0,00	0,21
MV5	0,25	0,25	0,22	0,25	0,00

Tabla 6. Matriz relaciones directas normalizadas D6

	DV1	DV2	DV3	DV4
DV1	0,00	0,35	0,31	0,23
DV2	0,37	0,00	0,31	0,32
DV3	0,31	0,29	0,00	0,31
DV4	0,22	0,29	0,32	0,00

Tabla 7. Matriz relaciones directas normalizadas D7

	MKV1	MKV2	MKV3	MKV4
MKV1	0,00	0,32	0,34	0,34
MKV2	0,29	0,00	0,25	0,33
MKV3	0,34	0,32	0,00	0,32
MKV4	0,26	0,33	0,28	0,00

Tabla 9. Matriz relaciones directas normalizadas D9

	RHV1	RHV2	RHV3	RHV4	RHV5
RHV1	0,00	0,23	0,25	0,25	0,24
RHV2	0,23	0,00	0,25	0,23	0,21
RHV3	0,24	0,20	0,00	0,24	0,26
RHV4	0,21	0,21	0,26	0,00	0,25
RHV5	0,19	0,18	0,25	0,24	0,00

Tabla 8. Matriz relaciones directas normalizadas D8

	LI1	LI2	LI3	LI4
LI1	0,00	0,33	0,34	0,33
LI2	0,30	0,00	0,31	0,33
LI3	0,33	0,33	0,00	0,33
LI4	0,29	0,27	0,26	0,00

Tabla 10. Matriz relaciones directas normalizadas D10

	STIV1	STIV2	STIV3
STIV1	0,00	0,55	0,41
STIV2	0,59	0,00	0,35
STIV3	0,41	0,33	0,00

I. Anexo I: Matrices de relación total para las sub-prácticas ambientales

Tabla 1: Matriz de relaciones totales T1

	GA1	GA2	GA3	GA4	GA5
GA1	0,94	1,09	1,23	1,13	1,24
GA2	0,98	0,80	1,08	0,98	1,09
GA3	0,93	0,88	0,82	0,88	1,01
GA4	0,94	0,90	1,01	0,76	1,01
GA5	0,91	0,89	0,99	0,87	0,82

Tabla 3. Matriz relaciones totales T3

	CA1	CA2	CA3	CA4	CA5	CA6	CA7	CA8
CA1	1,07	1,23	1,12	1,07	1,26	1,34	1,22	1,09
CA2	1,24	1,11	1,14	1,11	1,29	1,36	1,24	1,11
CA3	1,06	1,08	0,98	1,08	1,19	1,18	1,11	1,08
CA4	1,16	1,17	1,22	1,04	1,30	1,30	1,22	1,16
CA5	1,26	1,29	1,28	1,23	1,24	1,40	1,29	1,22
CA6	1,34	1,37	1,26	1,23	1,40	1,32	1,35	1,24
CA7	1,29	1,30	1,22	1,19	1,34	1,42	1,18	1,20
CA8	1,26	1,27	1,27	1,24	1,38	1,39	1,31	1,11

Tabla 5. Matriz relaciones totales T5

	MV1	MV2	MV3	MV4	MV5
MV1	3,28	3,48	3,33	3,35	3,11
MV2	3,30	3,10	3,15	3,14	2,92
MV3	3,38	3,40	3,03	3,22	3,00
MV4	3,09	3,07	2,92	2,77	2,75
MV5	3,37	3,37	3,20	3,24	2,82

Tabla 7. Matriz relaciones totales T7

	MKV1	MKV2	MKV3	MKV4
MKV1	3,02	3,44	3,21	3,52
MKV2	2,92	2,86	2,84	3,17
MKV3	3,22	3,38	2,90	3,44
MKV4	2,91	3,11	2,86	2,92

Tabla 2. Matriz relaciones totales T2

	ED	ED2	ED3	ED4
1				
ED1	4,4	5,1	4,8	5,0
ED2	4,4	4,5	4,5	4,7
ED3	4,3	4,8	4,3	4,7
ED4	4,5	4,9	4,6	4,6

Tabla 4. Matriz relaciones totales T4

	CV1	CV2	CV3	CV4
CV1	3,15	3,12	3,45	3,23
CV2	3,21	2,71	3,24	3,05
CV3	3,31	3,01	3,07	3,11
CV4	2,92	2,64	2,95	2,56

Tabla 6. Matriz relaciones totales T6

	DV1	DV2	DV3	DV4
DV1	2,28	2,62	2,59	2,40
DV2	2,74	2,56	2,79	2,64
DV3	2,53	2,60	2,37	2,46
DV4	2,33	2,45	2,46	2,08

Tabla 8. Matriz relaciones totales T8

	LI1	LI2	LI3	LI4
LI1	3,48	3,77	3,73	3,94
LI2	3,55	3,36	3,56	3,77
LI3	3,69	3,73	3,44	3,90
LI4	3,19	3,22	3,17	3,15

Tabla 9. Matriz relaciones totales T9

	RHV1	RHV2	RHV3	RHV4	RHV5
RHV1	1,97	2,06	2,42	2,33	2,33
RHV2	2,07	1,79	2,33	2,23	2,23
RHV3	2,11	1,99	2,17	2,27	2,29
RHV4	2,07	1,98	2,35	2,06	2,27
RHV5	1,94	1,85	2,21	2,13	1,94

Tabla 10. Matriz relaciones totales T9

	STIV1	STIV2	STIV3
STIV1	2,74	2,89	2,53
STIV2	3,09	2,52	2,48
STIV3	2,54	2,33	1,84

J. Anexo J: Ponderación de las sub-prácticas ambientales y determinación del grupo causa y el grupo receptor

Tabla 1. Ponderación y relaciones causales para la matriz T1

	GA1	GA2	GA3	GA4	GA5	R1	R ₁ +C ₁	R ₁ -C ₁
GA1	0,94	1,09	1,23	1,13	1,24	5,63	10,33	0,93
GA2	0,98	0,80	1,08	0,98	1,09	4,94	9,50	0,38
GA3	0,93	0,88	0,82	0,88	1,01	4,53	9,66	-0,60
GA4	0,94	0,90	1,01	0,76	1,01	4,61	9,23	-0,01
GA5	0,91	0,89	0,99	0,87	0,82	4,48	9,66	-0,69
C ₁	4,70	4,56	5,13	4,62	5,18			

Tabla 2. Ponderación y relaciones causales para la matriz T2

	ED1	ED2	ED3	ED4	R ₂	R ₂ +C ₂	R ₂ -C ₂
ED1	4,39	5,06	4,76	5,02	19,23	36,78	1,68
ED2	4,37	4,52	4,50	4,71	18,10	37,32	-1,11
ED3	4,34	4,76	4,26	4,72	18,08	36,19	-0,04
ED4	4,46	4,87	4,59	4,57	18,48	37,49	-0,52
C ₂	17,55	19,22	18,11	19,01			

Tabla 3. Ponderación y relaciones causales para la matriz T3

	CA1	CA2	CA3	CA4	CA5	CA6	CA7	CA8	R ₃	R ₃ +C ₃	R ₃ -C ₃
CA1	1,07	1,23	1,12	1,07	1,26	1,34	1,22	1,09	9,41	19,09	-0,27
CA2	1,24	1,11	1,14	1,11	1,29	1,36	1,24	1,11	9,59	19,41	-0,23
CA3	1,06	1,08	0,98	1,08	1,19	1,18	1,11	1,08	8,77	18,26	-0,73
CA4	1,16	1,17	1,22	1,04	1,30	1,30	1,22	1,16	9,59	18,78	0,39
CA5	1,26	1,29	1,28	1,23	1,24	1,40	1,29	1,22	10,21	20,62	-0,20
CA6	1,34	1,37	1,26	1,23	1,40	1,32	1,35	1,24	10,51	21,23	-0,20
CA7	1,29	1,30	1,22	1,19	1,34	1,42	1,18	1,20	10,14	20,07	0,21
CA8	1,26	1,27	1,27	1,24	1,38	1,39	1,31	1,11	10,24	19,44	1,03
C ₃	9,68	9,82	9,49	9,20	10,41	10,71	9,93	9,21			

Tabla 4. Ponderación y relaciones causales para la matriz T4

	CV1	CV2	CV3	CV4	R ₄	R ₄ +C ₄	R ₄ -C ₄
CV1	3,15	3,12	3,45	3,23	12,95	25,55	0,35
CV2	3,21	2,71	3,24	3,05	12,22	23,69	0,74
CV3	3,31	3,01	3,07	3,11	12,50	25,21	-0,21
CV4	2,92	2,64	2,95	2,56	11,07	23,02	-0,88
C ₄	12,60	11,47	12,71	11,95			

Tabla 5. Ponderación y relaciones causales para la matriz T5

	MV1	MV2	MV3	MV4	MV5	R ₅	R ₅ +C ₅	R ₅ -C ₅
MV1	3,28	3,48	3,33	3,35	3,11	16,55	32,97	0,13
MV2	3,30	3,10	3,15	3,14	2,92	15,62	32,04	-0,81
MV3	3,38	3,40	3,03	3,22	3,00	16,03	31,66	0,40
MV4	3,09	3,07	2,92	2,77	2,75	14,60	30,32	-1,12
MV5	3,37	3,37	3,20	3,24	2,82	16,00	30,60	1,40
C ₅	16,42	16,42	15,63	15,72	14,60			

Tabla 6. Ponderación y relaciones causales para la matriz T6

	DV1	DV2	DV3	DV4	R ₆	R ₆ +C ₆	R ₆ -C ₆
DV1	2,28	2,62	2,59	2,40	9,91	19,79	0,03
DV2	2,74	2,56	2,79	2,64	10,73	20,96	0,51
DV3	2,53	2,60	2,37	2,46	9,96	20,18	-0,26
DV4	2,33	2,45	2,46	2,08	9,32	18,91	-0,27
C ₆	9,88	10,23	10,22	9,59			

Tabla 7. Ponderación y relaciones causales para la matriz T7

	MKV1	MKV2	MKV3	MKV4	R ₇	R ₇ +C ₇	R ₇ -C ₇
MKV1	3,02	3,44	3,21	3,52	13,18	25,25	1,12
MKV2	2,92	2,86	2,84	3,17	11,80	24,59	-0,99
MKV3	3,22	3,38	2,90	3,44	12,93	24,73	1,13
MKV4	2,91	3,11	2,86	2,92	11,79	24,84	-1,26
C ₇	12,07	12,79	11,80	13,05			

Tabla 8. Ponderación y relaciones causales para la matriz T8

	LI1	LI2	LI3	LI4	R ₈	R ₈ +C ₈	R ₈ -C ₈
LI1	3,48	3,77	3,73	3,94	14,92	28,84	1,00
LI2	3,55	3,36	3,56	3,77	14,24	28,32	0,17
LI3	3,69	3,73	3,44	3,90	14,75	28,66	0,85
LI4	3,19	3,22	3,17	3,15	12,74	27,49	-2,02
C ₈	13,92	14,08	13,90	14,75			

Tabla 9. Ponderación y relaciones causales para la matriz T9

	RHV1	RHV2	RHV3	RHV4	RHV5	R ₉	R ₉ +C ₉	R ₉ -C ₉
RHV1	1,97	2,06	2,42	2,33	2,33	11,11	21,27	0,95
RHV2	2,07	1,79	2,33	2,23	2,23	10,66	20,32	0,99
RHV3	2,11	1,99	2,17	2,27	2,29	10,82	22,30	-0,66
RHV4	2,07	1,98	2,35	2,06	2,27	10,72	21,75	-0,30
RHV5	1,94	1,85	2,21	2,13	1,94	10,07	21,13	-0,99
C ₉	10,16	9,66	11,48	11,02	11,06			

Tabla 10. Ponderación y relaciones causales para la matriz T10

	STIV1	STIV2	STIV3	R ₁₀	R ₁₀ +C ₁₀	R ₁₀ -C ₁₀
STIV1	2,74	2,89	2,53	8,15	16,52	-0,22
STIV2	3,09	2,52	2,48	8,09	15,82	0,36
STIV3	2,54	2,33	1,84	6,70	13,56	-0,15
C ₁₀	8,37	7,73	6,85			

K. Anexo K: Ranking y pesos para las sub-prácticas ambientales

Tabla 1. Importancia, pesos, grupo causa y grupo receptor para las sub-prácticas de GAI

	Sub-prácticas	Importancia	Peso	Grupo Causa	Grupo Receptor
1	GA1	10,33	0,214	GA1	GA5
2	GA5	9,66	0,200	GA2	GA3
3	GA3	9,66	0,200		GA4
4	GA2	9,50	0,196		
5	GA4	9,23	0,191		
	Total		1,000		

Tabla 2. Importancia, pesos, grupo causa y grupo receptor para las sub-prácticas de ED

	Sub-prácticas	Importancia	Peso	Grupo Causa	Grupo Receptor
1	ED4	37,49	0,254	ED1	ED2
2	ED2	37,32	0,253		ED4
3	ED1	36,78	0,249		ED3
4	ED3	36,19	0,245		
	Total pesos		1,000		

Tabla 3. Importancia, pesos, grupo causa y grupo receptor para las sub-prácticas de CA

	Sub-prácticas	Importancia	Peso	Grupo Causa	Grupo Receptor
1	CA6	21,23	0,135	CA8	CA6
2	CA5	20,62	0,131	CA7	CA5
3	CA7	20,07	0,128	CA4	CA2
4	CA8	19,44	0,124		CA1
5	CA2	19,41	0,124		CA3
6	CA1	19,09	0,122		
7	CA4	18,78	0,120		
8	CA3	18,26	0,116		
	Total pesos		1,000		

Tabla 4. Importancia, pesos, grupo causa y grupo receptor para las sub-prácticas de CV

	Sub-prácticas	Importancia	Peso	Grupo Causa	Grupo Receptor
1	CV1	25,55	0,262	CV2	CV3
2	CV3	25,21	0,259	CV1	CV4
3	CV2	23,69	0,243		
4	CV4	23,02	0,236		
	Total pesos		1,000		

Tabla 5. Importancia, pesos, grupo causa y grupo receptor para las sub-prácticas de MV

	Sub-prácticas	Importancia	Peso	Grupo Causa	Grupo Receptor
1	MV1	32,97	0,209	MV1	MV4
2	MV2	32,04	0,203	MV3	MV2
3	MV3	31,66	0,201	MV5	
4	MV5	30,60	0,194		
5	MV4	30,32	0,192		
	Total pesos		1,000		

Tabla 6. Importancia, pesos, grupo causa y grupo receptor para las sub-prácticas de DV

	Sub-prácticas	Importancia	Peso	Grupo Causa	Grupo Receptor
1	DV2	20,96	0,263	DV2	DV3
2	DV3	20,18	0,253	DV1	DV4
3	DV1	19,79	0,248		
4	DV4	18,91	0,237		
	Total pesos		1,000		

Tabla 7. Importancia, pesos, grupo causa y grupo receptor para las sub-prácticas de MKV

	Sub-prácticas	Importancia	Peso	Grupo Causa	Grupo Receptor
1	MKV1	25,25	0,254	MKV1	MKV4
2	MKV4	24,84	0,250	MKV3	MKV2
3	MKV3	24,73	0,249		
4	MKV2	24,59	0,247		
	Total pesos		1,000		

Tabla 8. Importancia, pesos, grupo causa y grupo receptor para las sub-prácticas de LI

	Sub-prácticas	Importancia	Peso	Grupo Causa	Grupo Receptor
1	LI1	28,84	0,255	LI1	LI4
2	LI3	28,66	0,253	LI3	
3	LI2	28,32	0,250	LI2	
4	LI4	27,49	0,243		
	Total pesos		1,000		

Tabla 9. Importancia, pesos, grupo causa y grupo receptor para las sub-prácticas de
RHV

	Sub-práctica	Importancia	Pesos	Grupo Causa	Grupo Receptor
1	RHV3	22,30	0,209	RHV1	RHV3
2	RHV4	21,75	0,204	RHV2	RHV5
3	RHV1	21,27	0,199		RHV4
4	RHV5	21,13	0,198		
5	RHV2	20,32	0,190		
	Total pesos		1,000		

Tabla 10. Importancia, pesos, grupo causa y grupo receptor para las sub-prácticas de
STIV

	Sub-práctica	Importancia	Pesos	Grupo Causa	Grupo Receptor
1	STIV1	16,52	0,360	STIV2	STIV1
2	STIV2	15,82	0,345		STIV3
3	STIV3	13,56	0,295		
	Total pesos		1,000		

L. Anexo L: Diagramas causales para sub-prácticas ambientales

Tabla 1. Diagrama causal para las subprácticas de GAI

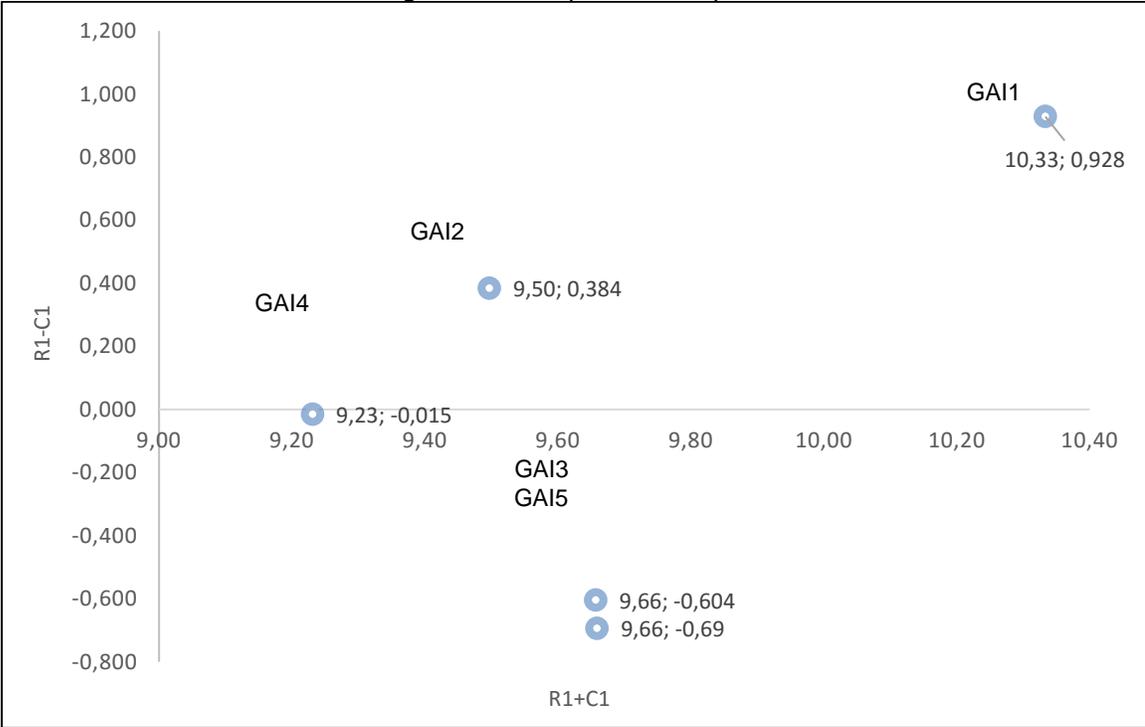


Tabla 2: Diagrama causal para las sub-prácticas del ED

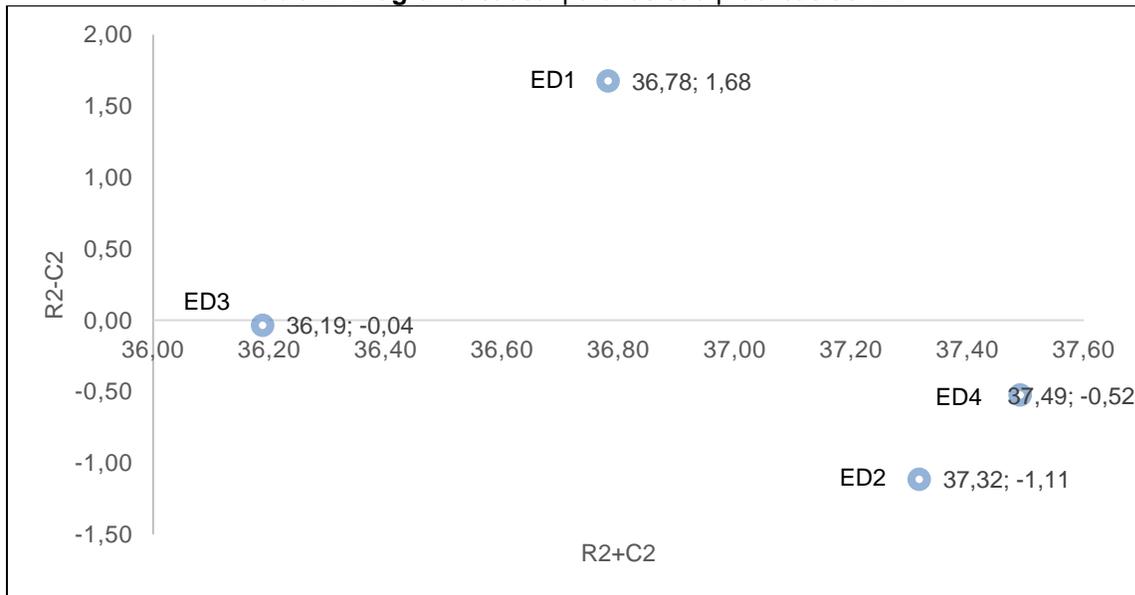


Tabla 3 Diagrama causal para las sub-prácticas de la CA

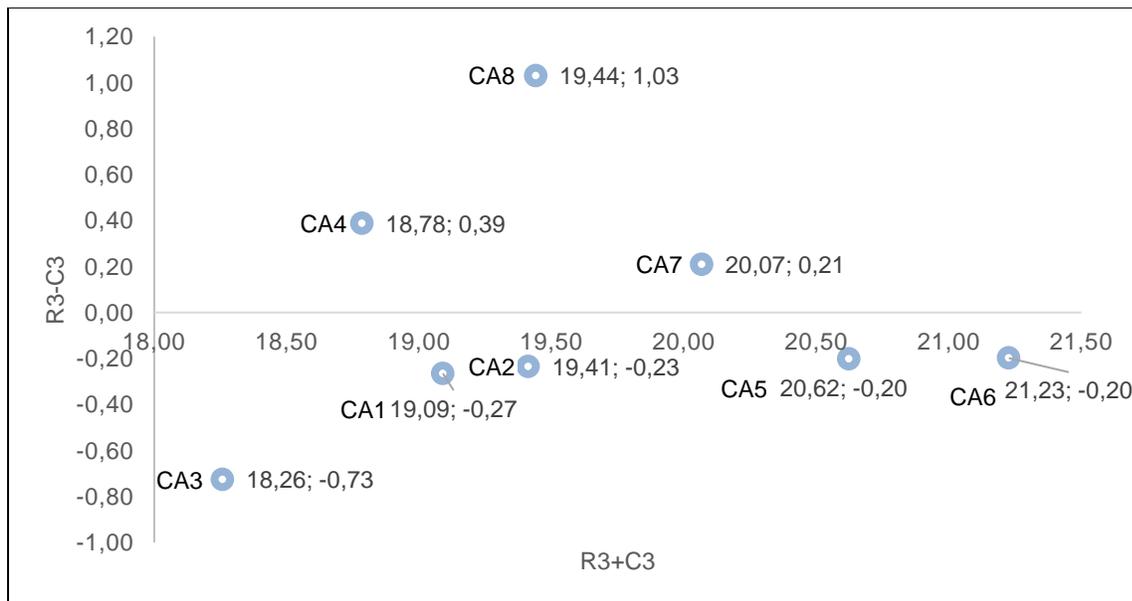


Tabla 4. Diagrama causal para las sub-prácticas de las CV

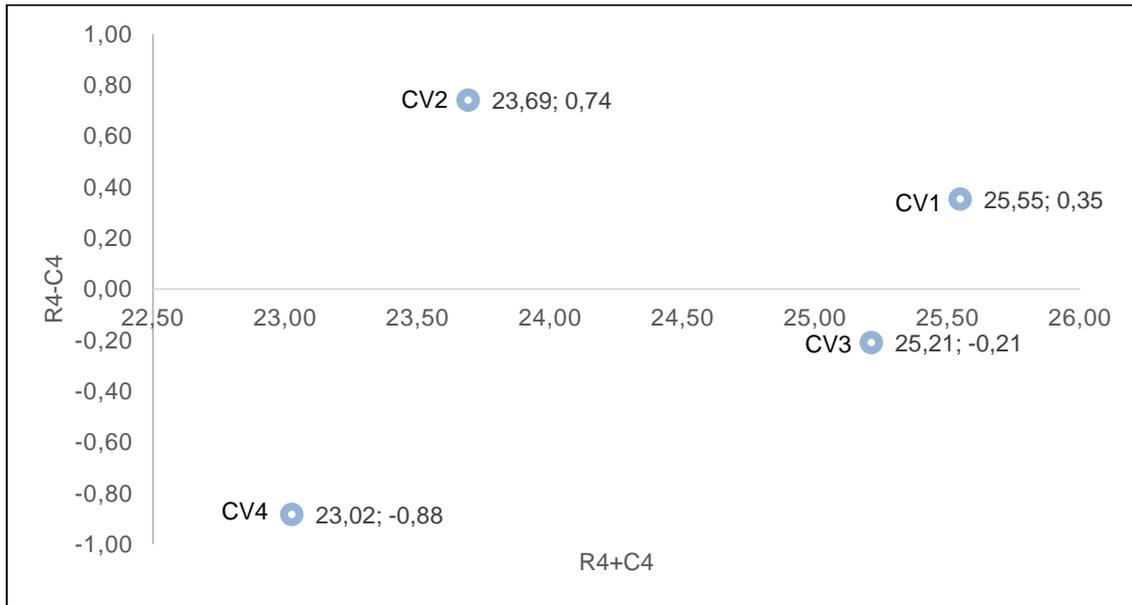


Tabla 5. Diagrama causal para las sub-prácticas de la MV

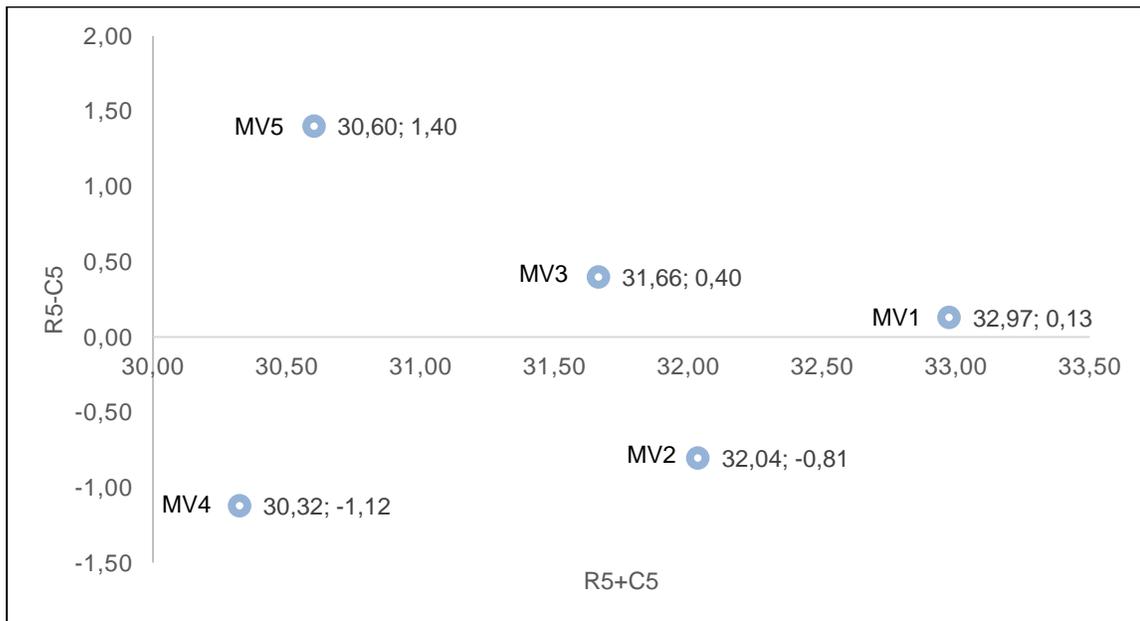


Tabla 6. Diagrama causal para las sub-prácticas de la DV

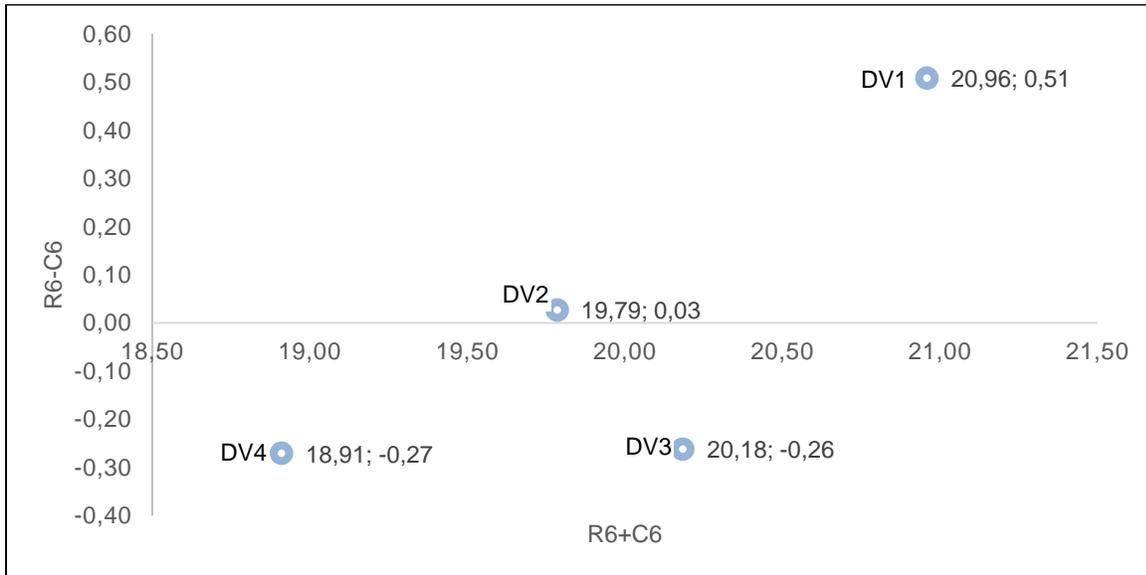


Tabla 7. Diagrama causal para las sub-prácticas del MKV

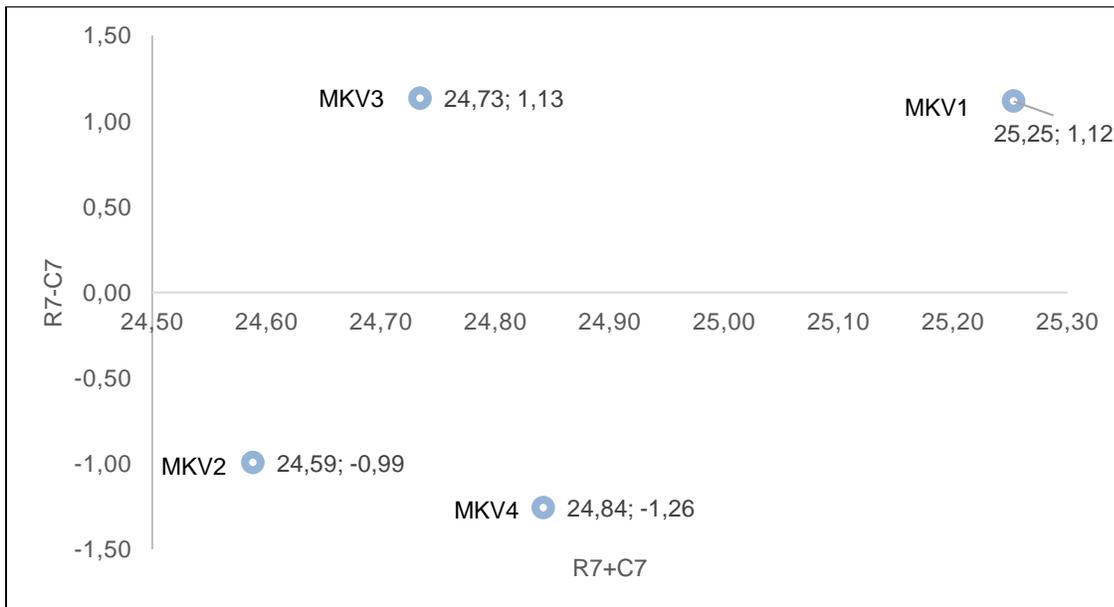


Tabla 8. Diagrama causal para las sub-prácticas de la LI

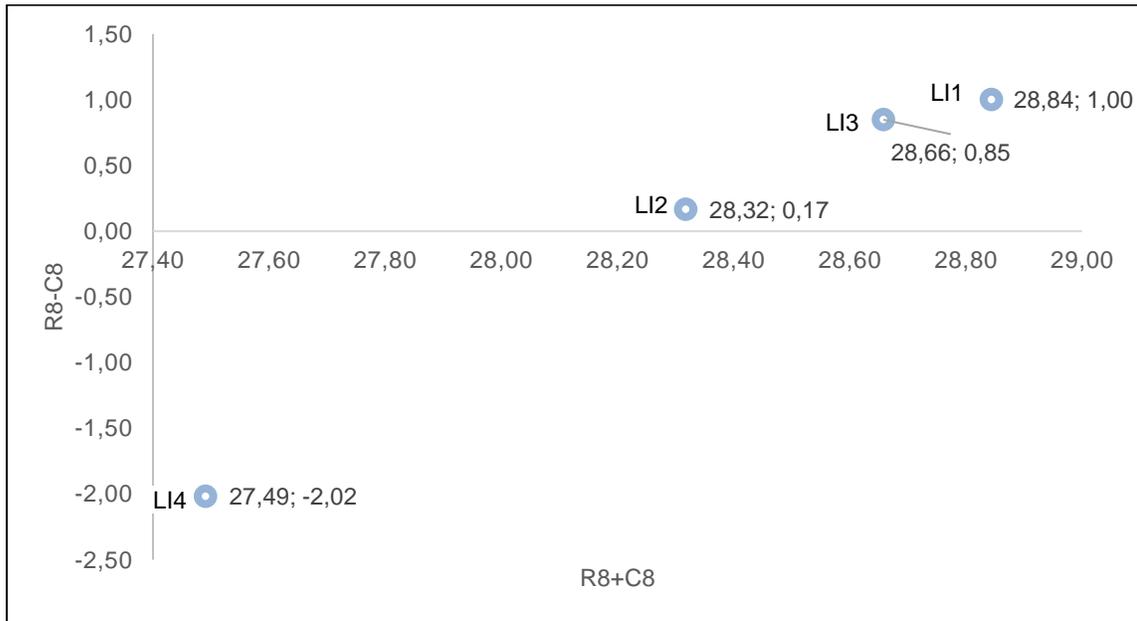


Tabla 9: Diagrama causal para las sub-prácticas de RHV

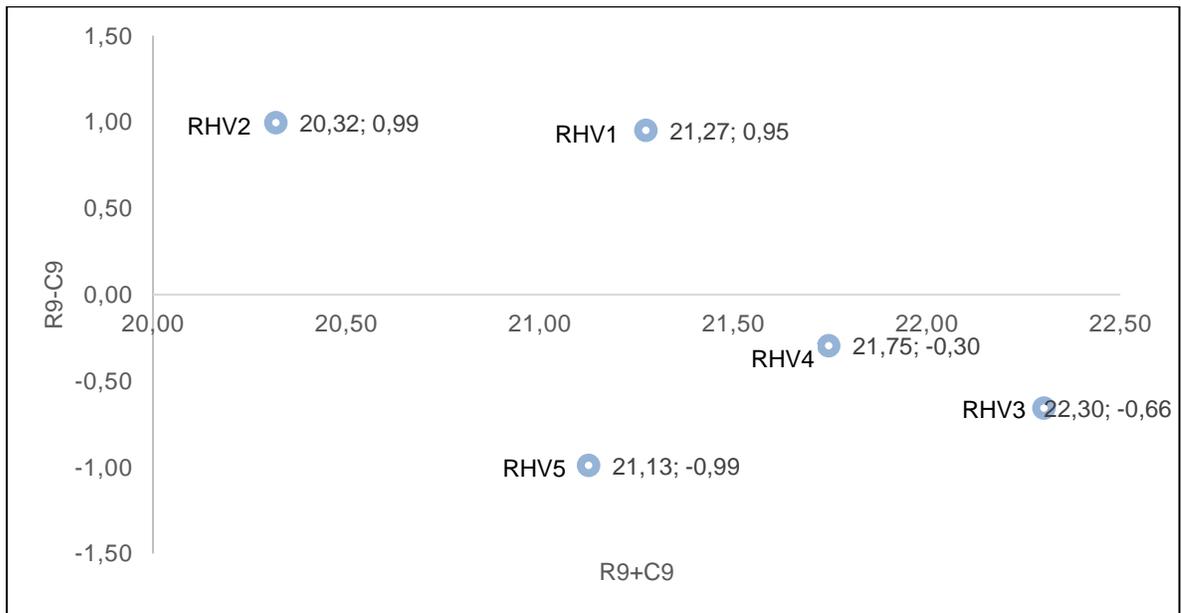
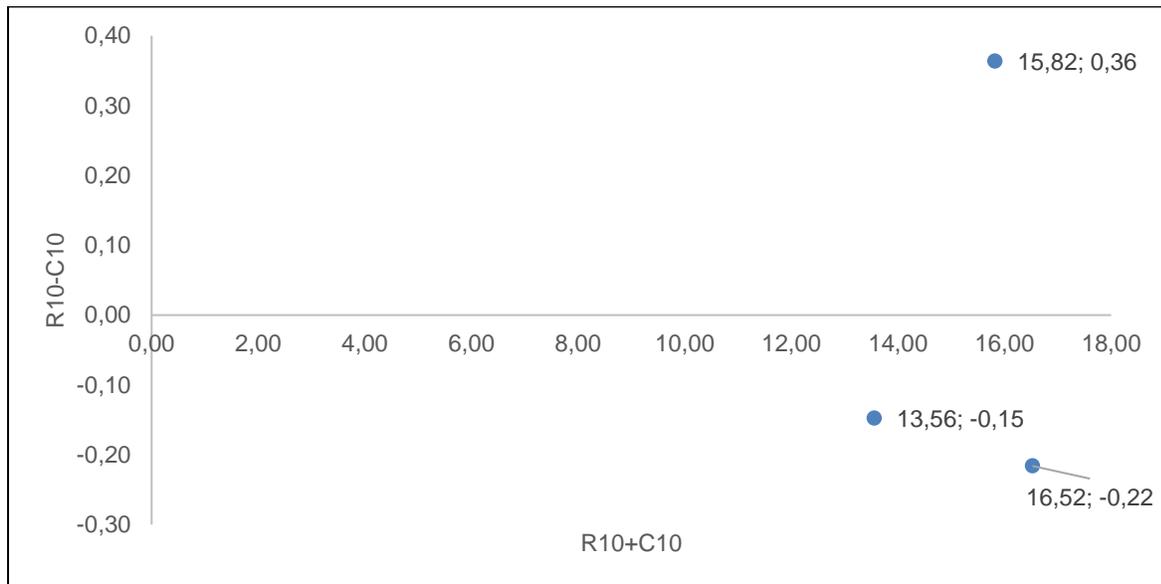


Tabla 10. Diagrama causal para las sub-prácticas de los STIV

M. Anexo M: Marco muestral

N. Anexo N: Resultados del Indicador de desempeño ambiental obtenido para las empresas objeto de estudio.

N	Región	Tamaño	Subsector	Exporta	Cargo del encuestado	GAI	ED	CA	CV	MV	DV	MKV	LI	RHV	STIV	I _{GSCM}	Clasificación
1	Caldas	Grande	Aparatos y equipo eléctrico	SI	Coordinador Sistemas de Gestión	5,30	5,28	2,35	4,53	5,71	3,95	2,96	2,24	4,97	4,25	3,84	Muy Bueno
2	Caldas	Grande	Plástico y Caucho	SI	Coordinador de seguridad y salud	3,53	5,59	1,81	2,61	5,71	3,98	2,22	5,60	3,87	3,08	3,19	Bueno
3	Caldas	Mediana	Plástico y Caucho	SI	Coordinador Ambiental	5,07	2,93	0,54	1,21	3,45	1,41	1,50	4,85	3,43	1,09	1,26	Regular
4	Caldas	Mediana	Textil	SI	Director de producción	2,15	5,14	0,44	2,53	4,51	4,76	1,56	4,48	2,94	2,31	2,19	Bueno

5	Caldas	Grande	Elaboración de productos alimenticios y bebidas	SI	Coordinador Ambiental	4,75	5,59	1,22	2,61	5,71	1,09	5,29	1,06	2,30	3,42	2,59	Bueno
6	Caldas	Grande	Textil	SI	Coordinador de seguridad y salud	5,30	5,48	0,45	2,27	5,71	5,03	2,26	5,60	3,01	3,08	2,94	Bueno
7	Caldas	Grande	Alimentos y Bebidas	SI	Líder ambiental	4,54	4,39	3,10	3,97	5,71	4,51	3,44	5,22	5,20	4,63	4,32	Muy Bueno
8	Caldas	Grande	Sustancias y productos químicos	SI	Líder Gestión Ambiental	5,30	4,13	4,09	3,53	3,85	5,07	5,03	5,60	4,28	4,27	4,30	Muy Bueno
9	Caldas	Mediana	Alimentos y Bebidas	NO	Líder Gestión Ambiental	3,62	0,90	0,75	2,30	2,14	1,34	0,60	2,62	1,99	3,08	0,93	Regular
10	Caldas	Mediana	Productos elaborados de metal	SI	Líder Gestión Ambiental	3,51	3,02	0,94	1,41	2,96	0,60	0,50	3,73	2,04	2,05	0,94	Regular
11	Caldas	Mediana	Productos elaborados de metal	SI	Coordinador planta	1,73	1,08	0,41	0,77	3,32	2,04	0,99	3,74	1,42	3,14	0,93	Regular
12	Caldas	Mediana	Maquinaria y equipo	SI	Coordinador Sistemas de Gestión	3,42	3,10	1,67	2,18	3,10	3,30	1,69	3,18	3,61	1,57	1,81	Regular
13	Caldas	Mediana	Productos metalúrgicos básicos	SI	Líder Gestión Ambiental	3,53	1,95	0,44	1,78	2,80	2,20	1,57	3,72	2,80	4,27	1,35	Regular
14	Caldas	Grande	Productos elaborados de metal	SI	Líder Gestión Ambiental	3,53	1,98	0,44	1,78	2,80	2,35	1,68	4,09	2,80	4,27	1,41	Regular

15	Caldas	Grande	Productos minerales	NO	Coordinador Sistemas de Gestión	3,13	4,00	0,49	2,71	4,40	3,08	3,91	4,09	3,82	2,38	2,40	Bueno
16	Caldas	Grande	Alimentos y Bebidas	SI	Ingeniero de servicios	4,79	3,29	2,24	5,60	5,47	4,52	1,33	5,60	2,86	4,25	3,74	Muy Bueno
17	Caldas	Grande	Alimentos y Bebidas	SI	Jefe de producción	3,46	4,21	0,37	0,74	4,18	2,62	1,57	5,60	2,67	2,83	1,58	Regular
18	Caldas	Grande	Alimentos y Bebidas	SI	Jefe de producción	3,46	4,21	0,37	0,74	4,18	2,62	2,13	5,60	3,44	2,45	1,68	Regular
19	Caldas	Grande	Fabricación de sustancias y productos químicos	NO	Jefe de Gestión ambiental	5,30	4,47	2,09	3,45	5,71	1,77	2,23	4,11	5,20	2,97	2,99	Bueno
20	Caldas	Mediana	Otras industrias manufactureras	SI	Coordinador sistemas de gestión	1,42	5,13	2,12	0,74	3,76	2,98	0,50	4,09	0,98	0,34	1,12	Regular
21	Caldas	Mediana	Elaboración de productos alimenticios y bebidas	NO	Gerente	2,79	2,95	1,87	3,03	4,04	5,07	3,73	2,97	1,41	2,00	2,57	Bueno
22	Caldas	Mediana	Elaboración de productos alimenticios y bebidas	SI	Jefe de Producción	1,10	5,16	0,69	1,55	4,26	2,62	3,51	1,97	0,45	2,05	1,48	Regular
23	Caldas	Mediana	Fabricación productos elaborados de metal	NO	Coordinador sistemas de gestión	1,20	2,15	0,86	0,77	2,31	3,31	0,60	4,60	1,19	1,09	0,90	Regular

24	Caldas	Mediana	Fabricación productos elaborados de metal	NO	Ingeniero de planta	0,82	1,97	0,45	1,21	2,19	2,38	0,89	2,69	1,54	1,09	0,74	Regular
25	Caldas	Mediana	Transformación de la madera y fabricación de productos de madera	SI	Gerente producción	0,41	0,79	0,37	0,77	1,40	2,62	0,50	1,77	0,39	0,44	0,38	Malo
26	Risaralda	Grande	Fabricación de papel, cartón y productos de papel	SI	Gerente sistemas de gestión	5,30	3,29	1,36	4,01	5,71	3,40	2,12	5,60	3,49	3,77	3,25	Bueno
27	Risaralda	Grande	Fabricación de otros tipos de equipo de transporte	SI	Coordinador sistema de gestión integral	5,30	4,23	0,63	3,24	3,65	3,77	0,66	3,73	4,10	2,79	2,15	Bueno
28	Risaralda	Grande	Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques	SI	Líder Gestión Ambiental	4,79	1,70	0,85	2,59	2,07	4,52	3,11	4,10	4,21	0,63	1,82	Bueno
29	Risaralda	Mediana	Fabricación de otros productos minerales no metálicos	SI	Líder Gestión ambiental	2,55	4,31	1,29	2,93	4,55	2,96	4,25	5,60	2,47	4,63	2,90	Bueno
30	Risaralda	Mediana	Fabricación de maquinaria y equipo	NO	Coordinador sistema de seguridad y salud	2,09	1,78	0,75	1,08	2,99	1,77	1,07	4,24	1,78	1,09	0,95	Regular

31	Quindío	Mediana	Fabricación de sustancias y productos químicos	NO	Jefe de planta	1,08	1,74	0,37	0,51	1,85	1,58	1,19	3,30	1,19	1,33	0,58	Malo
32	Norte Valle	Grande	Alimentos y Bebidas	SI	Líder de Gestión Ambiental	5,30	3,22	1,30	5,06	4,48	1,42	1,67	3,30	5,20	3,85	2,64	Bueno
33	Norte Valle	Mediana	Alimentos y Bebidas	NO	Líder calidad	1,36	5,14	0,51	1,55	3,32	2,85	3,47	4,48	2,17	1,22	1,61	Regular
34	Risaralda	Grande	Alimentos y Bebidas	SI	Líder Gestón Ambiental	5,30	3,09	1,80	3,05	3,85	2,81	3,92	4,48	3,52	3,77	2,86	Bueno
35	Risaralda	Mediana	Alimentos y Bebidas	NO	Líder control de calidad	0,59	2,79	0,41	1,32	1,17	2,12	0,60	1,50	1,35	0,57	0,50	Malo
36	Risaralda	Mediana	Plástico	NO	Jefe de Produccion	1,04	0,83	0,37	0,51	2,03	0,61	0,50	4,11	0,39	0,34	0,32	Malo
37	Risaralda	Mediana	Textil	SI	Directora de competitividad	5,30	3,22	0,41	2,52	4,01	3,49	0,75	3,62	2,42	0,79	1,59	Regular
38	Quindío	Mediana	Plástico	NO	Gerente	4,39	3,29	3,28	3,35	4,55	4,79	3,45	4,95	3,63	3,93	3,62	Muy Bueno
39	Quindío	Mediana	Productos Minerales	NO	Gerente	3,60	5,26	1,82	0,51	3,16	3,77	0,50	2,97	0,76	0,34	1,13	Regular
40	Norte del Valle	Mediana	Productos Minerales	NO	Líder Gestión Ambiental	3,94	3,10	1,53	2,13	4,76	4,22	1,75	3,54	4,10	2,46	2,46	Bueno
41	Caldas	Mediana	Maquinaria y equipo	SI	Coordinador Sistemas de Gestión	0,81	0,83	0,37	0,51	0,69	1,33	0,50	2,27	0,39	0,34	0,23	Malo
42	Caldas	Mediana	Alimentos y Bebidas	SI	Líder ambiental	3,02	2,19	0,37	1,67	4,02	1,67	1,50	5,60	1,87	0,62	1,18	Regular

43	Caldas	Grande	Alimentos y Bebidas	NO	Líder ambiental	5,07	5,48	1,87	1,55	5,71	2,96	5,04	3,73	2,32	4,25	3,28	Bueno
44	Caldas	Mediana	Plástico y Caucho	NO	Coordinador Sistemas de Gestión	2,11	2,78	0,37	0,51	3,43	3,74	0,50	5,30	1,58	0,77	1,07	Regular
45	Caldas	Grande	Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques	SI	Coordinador Sistemas de Gestión	5,07	1,06	0,37	0,51	1,63	0,51	0,71	2,25	1,64	3,08	0,46	Malo
46	Caldas	Grande	Alimentos y Bebidas	SI	Líder Gestión Ambiental	4,38	5,26	1,32	2,26	4,20	3,76	1,32	4,59	3,45	3,71	2,46	Bueno
47	Caldas	Mediana	Plástico y Caucho	SI	Líder Gestión Ambiental	5,07	2,00	0,55	1,45	5,11	1,01	1,88	3,35	3,23	3,02	1,62	Regular
48	Risaralda	Grande	Otras industrias manufactureras	SI	Coordinador Calidad	2,94	2,95	0,37	0,51	2,79	0,72	1,20	3,73	0,98	0,54	0,65	Malo
49	Risaralda	Mediana	Alimentos y Bebidas	SI	Coordinadora Sistemas de Gestión	4,79	4,31	0,99	2,27	5,35	4,26	1,59	3,35	2,54	2,77	2,52	Bueno
50	Risaralda	Grande	Textil	NO	Líder/Director /Coordinador a Gestión Ambiental	4,85	3,02	0,59	2,30	4,27	5,07	2,60	4,09	2,92	3,71	2,55	Bueno
51	Risaralda	Mediana	Textil	NO	Líder/Director /Coordinador a Gestión Ambiental	4,38	1,95	0,41	1,37	3,79	3,02	1,18	3,35	2,55	3,42	1,49	Regular
52	Risaralda	Mediana	Alimentos y Bebidas	NO	Jefe de producción	3,61	3,16	0,37	0,51	3,85	0,51	0,50	4,24	1,85	0,44	0,74	Regular

53	Risarald a	Mediana	Fabricación de productos elaborados de metal	SI	Jefe de Gestión ambiental	4,38	4,13	0,72	1,02	3,50	3,02	1,42	3,72	2,78	2,51	1,61	Regular
54	Risarald a	Grande	Equipos y aparatos electricos	SI	Líder/Director /Coordinador Gestión Ambiental	5,07	4,21	1,60	4,96	3,69	2,42	1,88	5,60	3,25	4,27	2,88	Bueno
55	Risarald a	Grande	Textil	NO	Coordinador Sistemas de Gestión	2,66	1,78	0,40	0,92	2,75	2,28	0,60	4,24	0,79	0,71	0,77	Regular
56	Quindío	Mediana	Muebles, colchones y somieres	NO	Jefe calidad	2,27	5,39	0,54	1,29	3,62	5,03	1,12	4,84	4,47	0,52	1,67	Regular
57	Caldas	Mediana	Alimentos y Bebidas	No	Jefe de Gestión Ambiental	5,08	5,59	3,09	1,96	5,71	5,32	1,12	4,85	4,69	3,08	3,41	Bueno
58	Caldas	Mediana	Alimentos y Bebidas	No	Gerente	4,78	5,59	3,72	2,16	5,35	2,17	2,93	2,60	2,86	3,33	2,81	Bueno
59	Norte del Valle	Mediana	Alimentos y Bebidas	No	Coordinador Sistemas de Gestión Ambiental	5,30	5,59	0,44	3,28	5,71	3,30	5,60	5,60	3,04	4,95	3,59	Muy Bueno
60	Norte del Valle	Mediana	Plástico y Caucho	No	Coordinador Calidad	0,78	5,49	0,37	2,04	4,35	3,43	3,03	5,30	0,39	0,62	1,40	Regular
61	Norte del Valle	Mediana	Productos Minerales	No	Gerente de Producción	1,80	0,83	0,41	0,77	2,78	2,15	2,17	2,31	2,03	1,63	0,90	Regular
62	Norte del Valle	Mediana	Textil	SI	Coordinador Sistemas de Gestión	4,14	4,30	0,77	3,03	4,76	5,03	2,12	2,98	3,08	1,98	2,58	Bueno

63	Pereira	Mediana	Equipos y aparatos electricos	NO	Gerente de Producción	1,81	2,85	0,69	0,77	2,11	4,70	0,90	2,64	1,62	0,34	0,98	Regular
64	Quindío	Mediana	Plástico y Caucho	NO	Líder Sistemas de Gestión	2,64	5,28	1,06	1,42	4,73	5,07	2,24	5,60	2,75	4,25	2,68	Bueno
65	Quindío	Mediana	Muebles, colchones y somieres	NO	Directora de Ingeniería Organizacional	0,96	0,98	0,37	0,51	2,80	0,87	1,06	2,09	1,19	0,85	0,51	Malo
66	Caldas	Mediana	Textil	NO	Coordinador Seguridad y Salud	1,88	0,95	0,37	0,51	2,43	5,61	0,50	3,88	0,45	0,34	0,82	Regular
67	Caldas	Mediana	Muebles, colchones y somieres	NO	Gerente	3,11	5,28	2,07	1,20	5,71	5,61	2,12	5,60	3,63	3,48	3,20	Bueno
68	Caldas	Mediana	Otras industrias manufactureras	NO	Gerente	1,74	5,59	0,96	0,51	5,35	5,61	0,66	4,09	1,21	1,03	1,82	Regular
69	Caldas	Mediana	Fabricación de maquinaria y equipo	NO	Director proyectos	1,97	1,12	1,94	0,51	3,11	5,61	0,71	2,61	0,39	0,52	1,09	Regular
70	Caldas	Mediana	Fabricación de maquinaria y equipo	NO	Gerente	1,67	5,59	0,54	0,51	3,94	5,61	2,26	2,98	2,30	1,72	1,82	Bueno
71	Caldas	Mediana	Fabricación y confección de productos textiles	NO	Jefe de Planta	3,27	5,59	0,37	1,03	5,35	5,61	2,26	2,62	5,20	3,08	2,47	Bueno

72	Caldas	Mediana	Actividades de impresión y de producción de copias	NO	Coordinador de seguridad y salud en el trabajo	2,40	5,59	1,27	1,55	3,70	2,61	0,75	3,74	1,65	0,57	1,33	Regular
73	Caldas	Grande	Fabricación productos elaborados de metal	NO	Gerente	1,58	5,28	0,65	1,03	5,09	5,61	0,50	5,30	0,52	1,72	1,74	Regular
74	Caldas	Grande	Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques	NO	Coordinador seguridad y salud en el trabajo	3,78	4,30	0,50	0,70	4,24	3,98	2,13	5,60	2,30	2,46	1,93	Bueno
75	Caldas	Grande	Elaboración de productos alimenticios y bebidas	NO	Coordinador/analista/líder/director de Gestión Ambiental	5,30	3,35	3,23	3,05	5,71	3,98	1,78	3,58	5,20	4,95	3,45	Bueno
76	Caldas	Mediana	Fabricación y confección de productos textiles	NO	Ingeniero de operaciones/Jefe de planta/Jefe de producción	0,54	3,88	0,43	0,51	2,09	1,30	0,60	1,86	0,45	0,54	0,42	Malo
77	Norte del Valle	Grande	Elaboración de productos alimenticios y bebidas	NO	Ingeniero ambiental	5,07	0,99	0,37	0,51	5,47	5,07	0,75	5,60	2,73	3,08	1,84	Bueno

78	Norte del Valle	Grande	Elaboración de productos alimenticios y bebidas	SI	Ingeniero ambiental	3,87	0,87	0,37	0,51	2,31	4,79	0,75	1,06	2,73	3,08	1,02	Regular
79	Norte del Valle	Mediana	Elaboración de productos alimenticios y bebidas	NO	Jefe producción	1,88	4,23	0,50	0,75	2,88	5,61	0,75	2,61	1,23	2,46	1,39	Regular
80	Quindío	Mediana	Elaboración de productos alimenticios y bebidas	NO	Jefe calidad	1,74	5,59	0,37	0,51	3,10	5,07	0,50	2,61	1,19	3,08	1,30	Regular
81	Quindío	Mediana	Elaboración de productos alimenticios y bebidas	NO	Jefe calidad	4,35	3,81	0,37	0,51	4,88	5,61	1,52	5,60	1,98	1,70	2,01	Bueno
82	Quindío	Mediana	Elaboración de productos alimenticios y bebidas	NO	Coordinador sistemas integrados de gestión	0,97	4,24	0,37	1,67	1,33	4,24	0,75	2,48	0,72	0,34	0,78	Regular
83	Risarald a	Mediana	Fabricación y confección de productos textiles	NO	Coordinador seguridad y salud en el trabajo	2,48	1,05	1,02	0,51	3,86	5,61	0,71	4,84	0,82	0,42	1,24	Regular
84	Risarald a	Grande	Fabricación de muebles, colchones y somieres	SI		2,34	3,61	0,37	1,03	4,52	5,07	2,66	5,60	2,45	3,93	2,19	Bueno

85	Risarald a	Grande	Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolqu es	SI	Líder Gestión Ambiental	4,54	4,23	1,49	1,53	4,72	5,03	1,49	4,12	4,04	0,85	2,32	Bueno
86	Risarald a	Grande	Fabricación de otros tipos de equipo de transporte	SI	Coordinador Salud y Seguridad	1,62	5,59	0,37	1,29	4,36	4,02	0,66	4,12	1,75	2,27	1,56	Regular
87	Risarald a	Mediana	Elaboración de productos alimenticios y bebidas	SI	Líder Gestión Ambiental	2,17	4,03	0,37	1,80	2,37	4,22	1,06	4,12	0,59	0,91	1,15	Regular
88	Risarald a	Mediana	Fabricación de aparatos y equipo eléctrico	NO	Gerente	3,08	5,59	0,37	0,75	2,04	1,37	1,52	1,12	1,31	3,42	0,81	Regular
89	Risarald a	Mediana	Fabricación de otros productos minerales no metáli	NO	Líder de Gestión Ambiental	5,30	3,29	0,37	1,23	3,63	5,61	0,75	3,74	4,74	1,11	1,78	Regular
90	Risarald a	Mediana	Transformaci ón de la madera y fabricación de productos de madera	NO	Jefe Gestión Humana	0,51	2,78	0,41	0,51	2,60	3,62	0,75	4,09	1,12	0,34	0,73	Regular

91	Risarald a	Mediana	Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolqu es	No	Coordinador Sistema Gestión de Calidad	1,80	0,84	0,37	0,51	1,59	3,98	0,50	1,12	0,99	0,34	0,55	Malo
92	Caldas	Mediana	Fabricación de productos de caucho y de plástico	SI	Jefe de planta	2,17	5,59	0,46	3,36	5,71	2,20	0,75	4,12	3,78	0,34	1,72	Regular
93	Caldas	Mediana	Fabricación de productos elaborados de metal	NO	Jefe de producción	1,91	4,21	2,24	0,51	3,06	5,61	0,50	5,60	0,76	0,99	1,51	Regular
94	Caldas	Mediana	Elaboración de productos alimenticios y bebidas	NO	Gerente	2,48	5,59	0,53	0,51	5,71	5,61	1,34	5,60	0,89	0,99	1,92	Bueno
95	Caldas	Grande	Fabricación de otros productos minerales no metálicos	SI	Gerente medio ambiente	5,30	4,39	0,70	1,23	5,71	2,35	1,68	4,11	5,20	4,95	2,34	Bueno
96	Risarald a	Grande	Fabricación de aparatos y equipo eléctrico	SI	Coordinador sistemas de gestión	5,30	1,86	0,47	3,69	3,85	1,87	2,23	2,61	2,41	4,95	1,92	Bueno
97	Caldas	Mediana	Fabricación de aparatos y equipo eléctrico	NO	Coordinador/J efe Calidad	0,64	5,59	0,43	1,89	4,92	5,61	1,00	5,60	0,60	2,21	1,74	Regular

98	Caldas	Grande	Fabricación y confección de productos textiles	SI	Coordinador gestión ambiental	5,30	4,96	0,37	1,83	4,61	5,61	1,12	4,12	3,45	4,95	2,52	Bueno
99	Risarald a	Mediana	Fabricación de productos de caucho y de plástico	SI	Coordinador gestión ambiental	3,23	4,23	0,42	2,35	2,80	2,62	2,49	3,36	3,63	1,42	1,60	Regular
100	Risarald a	Grande	Fabricación y confección de productos textiles	NO	Coordinador gestión ambiental	2,05	2,76	0,40	0,60	1,53	3,50	0,60	4,47	0,97	3,08	0,86	Regular
101	Caldas	Grande	Fabricación de productos de caucho y de plástico	SI	Coordinador seguridad y salud en el trabajo	1,95	3,35	1,45	0,51	5,71	3,98	0,75	5,60	0,59	3,08	1,80	Regular
102	Quindío	Grande	Elaboración de productos alimenticios y bebidas	NO	Director gestión ambiental	4,02	1,05	0,43	0,77	3,96	0,89	1,18	3,72	1,71	2,05	0,96	Regular
103	Quindío	Mediana	Transformación de la madera y fabricación de productos de madera	SI	Gerente	2,30	4,31	0,47	0,70	3,75	3,29	1,26	4,60	1,29	3,14	1,42	Regular
104	Quindío	Grande	Fabricación y confección de productos textiles	SI	Director ambiental	5,30	5,59	3,12	3,45	5,71	5,61	3,13	4,12	5,20	4,95	4,48	Excelente

105	Risarald a	Grande	Fabricación de productos de caucho y de plástico	NO	Coordinador gestión ambiental	5,08	5,22	1,07	1,12	4,26	5,61	1,67	5,60	4,28	1,77	2,55	Bueno
106	Caldas	Grande	Elaboración de productos alimenticios y bebidas	SI	Gerente Gestión Ambiental	5,30	5,59	3,10	3,45	5,71	5,61	3,90	5,60	5,20	4,95	4,81	Excelente
107	Risarald a	Mediana	Fabricación de productos de caucho y de plástico	SI	Jefe de Innovación	4,00	5,59	1,05	1,03	5,71	5,61	4,45	5,60	4,97	2,74	3,50	Bueno
108	Risarald a	Mediana	Fabricación de aparatos y equipo eléctrico	NO	Jefe de Producción	2,47	5,27	0,48	3,02	5,10	3,43	0,79	5,23	3,43	0,55	1,88	Bueno
109	Norte del Valle	Mediana	Fabricación de sustancias y productos químicos	SI	Coordinador Gestión Ambiental	4,79	3,71	1,21	1,01	5,10	3,18	1,42	5,23	3,73	2,00	2,12	Bueno
110	Norte del Valle	Mediana	Elaboración de productos alimenticios y bebidas	SI	Director calidad	1,97	5,59	0,63	0,90	5,33	4,01	0,99	5,60	1,46	3,77	1,97	Bueno
111	Norte del Valle	Mediana	Elaboración de productos alimenticios y bebidas	NO	Gerente	2,25	4,30	0,37	1,19	3,31	4,52	0,66	1,98	1,75	1,11	1,25	Regular

11 2	Caldas	Mediana	Elaboración de productos alimenticios y bebidas	NO	Líder Gestión Ambiental	5,07	2,93	0,53	1,99	5,71	5,30	1,57	3,36	3,03	2,56	2,48	Bueno
11 3	Risarald a	Mediana	Fabricación de productos de caucho y de plástico	SI	Director de calidad	1,90	1,79	0,37	0,51	2,02	0,79	0,66	5,60	1,84	0,48	0,48	Malo
11 4	Risarald a	Mediana	Fabricación de productos elaborados de metal	NO	Gerente	2,28	5,59	0,37	0,51	2,94	4,97	0,89	5,60	2,27	3,77	1,58	Regular
11 5	Risarald a	Grande	Fabricación y confección de productos textiles	SI	Líder Gestión Ambiental	5,07	5,39	1,71	3,30	4,18	3,73	4,77	3,36	3,63	4,95	3,51	Bueno
11 6	Norte del Valle	Mediana	Elaboración de productos alimenticios y bebidas	SI	Ingeniero de planta	1,54	5,59	0,76	2,27	4,38	5,61	1,06	5,60	2,30	2,77	2,30	Bueno
Total						3,24	3,71	0,97	1,68	3,93	3,57	1,69	4,03	2,48	2,33	1,88	Bueno

O. Anexo O: Porcentaje de empresas por tamaño y nivel de implementación de las prácticas ambientales

Sub-prácticas Ambientales	Mediana					Grande				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
GAI1	6,8%	8,1%	14,9%	29,7%	40,5%	2,4%	0,0%	11,9%	16,7%	69,0%
GAI2	50,0%	9,5%	10,8%	8,1%	21,6%	7,1%	2,4%	4,8%	21,4%	64,3%
GAI3	28,4%	16,2%	12,2%	17,6%	25,7%	9,5%	9,5%	7,1%	9,5%	64,3%
GAI4	31,1%	9,5%	14,9%	14,9%	29,7%	2,4%	4,8%	7,1%	7,1%	78,6%
GAI5	4,1%	10,8%	20,3%	28,4%	36,5%	0,0%	2,4%	4,8%	38,1%	54,8%
ED1	14,9%	12,2%	18,9%	17,6%	36,5%	9,5%	9,5%	21,4%	28,6%	31,0%
ED2	9,5%	4,1%	14,9%	36,5%	35,1%	7,1%	7,1%	16,7%	31,0%	38,1%
ED3	6,8%	8,1%	29,7%	24,3%	31,1%	2,4%	4,8%	19,0%	33,3%	40,5%
ED4	13,5%	6,8%	16,2%	18,9%	44,6%	9,5%	7,1%	9,5%	23,8%	50,0%
CA1	71,6%	13,5%	8,1%	4,1%	2,7%	45,2%	26,2%	7,1%	14,3%	7,1%
CA2	74,3%	14,9%	5,4%	1,4%	4,1%	54,8%	16,7%	19,0%	2,4%	7,1%
CA3	68,9%	12,2%	6,8%	2,7%	9,5%	47,6%	16,7%	16,7%	4,8%	14,3%
CA4	74,3%	9,5%	8,1%	1,4%	6,8%	64,3%	11,9%	14,3%	4,8%	4,8%
CA5	60,8%	20,3%	10,8%	2,7%	5,4%	47,6%	9,5%	16,7%	9,5%	16,7%
CA6	63,5%	16,2%	9,5%	4,1%	6,8%	45,2%	23,8%	14,3%	7,1%	9,5%
CA7	66,2%	14,9%	10,8%	4,1%	4,1%	57,1%	4,8%	11,9%	9,5%	16,7%
CA8	70,3%	14,9%	9,5%	1,4%	4,1%	54,8%	21,4%	9,5%	4,8%	9,5%
CV1	37,8%	18,9%	14,9%	13,5%	14,9%	21,4%	7,1%	19,0%	19,0%	33,3%
CV2	67,6%	13,5%	8,1%	5,4%	5,4%	59,5%	2,4%	16,7%	11,9%	9,5%

CV3	70,3%	10,8%	10,8%	5,4%	2,7%	50,0%	7,1%	9,5%	9,5%	23,8%
CV4	64,9%	13,5%	6,8%	6,8%	8,1%	38,1%	4,8%	19,0%	11,9%	26,2%
MV1	2,7%	10,8%	25,7%	27,0%	33,8%	2,4%	0,0%	14,3%	33,3%	50,0%
MV2	2,7%	18,9%	21,6%	24,3%	32,4%	0,0%	0,0%	16,7%	35,7%	47,6%
MV3	5,4%	10,8%	29,7%	29,7%	24,3%	2,4%	9,5%	9,5%	31,0%	47,6%
MV4	8,1%	9,5%	18,9%	28,4%	35,1%	4,8%	2,4%	4,8%	40,5%	47,6%
MV5	14,9%	13,5%	18,9%	24,3%	28,4%	9,5%	4,8%	21,4%	19,0%	45,2%
DV1	18,9%	8,1%	24,3%	12,2%	36,5%	14,3%	28,6%	14,3%	21,4%	21,4%
DV2	17,6%	1,4%	20,3%	12,2%	48,6%	11,9%	7,1%	16,7%	14,3%	50,0%
DV3	6,8%	8,1%	20,3%	21,6%	43,2%	7,1%	4,8%	23,8%	19,0%	45,2%
DV4	9,5%	9,5%	17,6%	17,6%	45,9%	4,8%	4,8%	9,5%	23,8%	57,1%
MKV1	59,5%	21,6%	2,7%	4,1%	12,2%	38,1%	21,4%	19,0%	9,5%	11,9%
MKV2	24,3%	18,9%	17,6%	16,2%	23,0%	2,4%	9,5%	16,7%	9,5%	61,9%
MKV3	59,5%	21,6%	9,5%	5,4%	4,1%	40,5%	21,4%	19,0%	11,9%	7,1%
MKV4	55,4%	14,9%	8,1%	10,8%	10,8%	33,3%	21,4%	4,8%	7,1%	33,3%
LI1	24,3%	5,4%	18,9%	14,9%	36,5%	16,7%	2,4%	7,1%	16,7%	57,1%
LI2	21,6%	5,4%	17,6%	18,9%	36,5%	19,0%	4,8%	11,9%	9,5%	54,8%
LI3	13,5%	4,1%	12,2%	21,6%	48,6%	9,5%	7,1%	14,3%	7,1%	61,9%
LI4	2,7%	4,1%	10,8%	14,9%	67,6%	0,0%	2,4%	2,4%	11,9%	83,3%
RHV1	17,6%	17,6%	28,4%	25,7%	10,8%	7,1%	9,5%	28,6%	31,0%	23,8%
RHV2	43,2%	18,9%	10,8%	17,6%	9,5%	26,2%	11,9%	9,5%	16,7%	35,7%
RHV3	12,2%	12,2%	24,3%	32,4%	18,9%	4,8%	4,8%	21,4%	38,1%	31,0%
RHV4	29,7%	20,3%	8,1%	18,9%	23,0%	7,1%	9,5%	28,6%	31,0%	23,8%
RHV5	52,7%	17,6%	9,5%	10,8%	9,5%	28,6%	7,1%	16,7%	11,9%	35,7%
STIV1	29,7%	20,3%	8,1%	18,9%	23,0%	4,8%	7,1%	11,9%	19,0%	57,1%
STIV2	36,5%	14,9%	10,8%	13,5%	24,3%	9,5%	0,0%	2,4%	23,8%	64,3%
STIV3	40,5%	17,6%	10,8%	14,9%	16,2%	28,6%	11,9%	19,0%	21,4%	19,0%

7. Bibliografía

- Actis Di Pasquale, E. (2015). La elaboración de indicadores sintéticos de bienestar social. Validación teórica y empírica del método de agregación/ponderación
- Ahi, P., Searcy, C. (2015). An analysis of metrics used to measure performance in green and sustainable supply chains. *Journal of Cleaner Production*, 86, 360-377
- Ahmad, S. (2015). Green Human Resource Management: Policies and practices. *Cogent Business & Management*, 2(1), 1030817
- Aital, P., Vijai, J. P. (2015). Operational practices and performances of green supply chain management in Indian firms. *International Journal of Process Management and Benchmarking*, 5(3), 352-374.
- Alfalla-Luque, R. and Medina-López, C. (2009). Supply Chain Management: Unheard of in the 1970s, core to today's Company. *Business History*, 51 (2), 202-221.
- Albritton D. L., Meira-Filho L. G. (2001) Technical Summary. In: *Climate Change 2001: The Scientific Basis - Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* (ed. Houghton J. T., Ding Y., Griggs D. J., Noguer M., van der Linden P. J. and Xiaosu D.). IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, The Edinburgh Building Shaftesbury Road, Cambridge, UK, recuperado de: www.ipcc.ch/pub/reports.htm.
- Arevalo Escobar, A. M. (2017). Factores internos que afectan la aplicación de la logística inversa en Colombia (Bachelor's thesis, Universidad Militar Nueva Granada).
- Aslinda, N., Seman, A., Norhayati Mohmad, Z., Jusoh, A., Arif, M. S. M., Bahari, A. Z., Saman, M. Z. M. (2014). The Development of Green Innovation Measurement Based on Inter Rater Agreement Approach: A Preliminary Study. In *Advanced Materials*

- Research, 903, 347-352).
- Azevedo, S. G., Carvalho, H., Machado, V. C. (2011). The influence of green practices on supply chain performance: a case study approach. *Transportation research part E: logistics and transportation review*, 47(6), 850-871.
- Azevedo, S. G., Govindan, K., Carvalho, H., & Cruz-Machado, V. (2013). Ecosilient Index to assess the greenness and resilience of the upstream automotive supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 56, 131-146
- Azevedo, S. G., Carvalho, H., & Cruz-Machado, V. (2016). LARG index: A benchmarking tool for improving the leanness, agility, resilience and greenness of the automotive supply chain. *Benchmarking: An International Journal*, 23(6), 1472-1499.
- Bai, C., Sarkis, J., Wei, X. (2010). Addressing key sustainable supply chain management issues using rough set methodology. *Management Research Review*, 33(12), 1113-1127.
- Banerjee, S.B., Iyer, E.S. and Kashyap, R.K. (2003). Corporate environmentalism: antecedents and influence of industry type, *Journal of Marketing*, 67(2), p, 106–122.
- Bansal, P. Roth, K. (2000). Why companies go green: a model of ecological responsiveness. *Academy of Management Journal*, 43(4), p. 717-736.
- Bare, J., Gloria, T., Norris, G. (2006). Development of the method and US normalization database for life cycle impact assessment and sustainability metrics. *Environmental science & technology*, 40(16), p. 5108-5115.
- Beamon, B. M. (1999). Designing the green supply chain. *Logistics information management*, 12(4), 332-342.
- Bernal, C.A. (2010). *Metodología de la investigación científica*. Tercera ed. Pearson: Colombia.
- Björklund, M., Martinsen, U., Abrahamsson, M. (2012). Performance measurements in the greening of supply chains. *Supply Chain Management: An International Journal*, 17(1), 29-39.
- Blancas, P, F. J., Contreras, R, I., Ramírez, H, J. M. (2011) Construcción de indicadores sintéticos: una aproximación para maximizar la discriminación. *Anales de ASEPUMA* no, 19(0110), 1.
- Boesch M. E., Hellweg S., Huijbregts M. A. J. and Frischknecht R. (2007) Applying Cumulative Exergy Demand (CExD) Indicators to the ecoinvent Database. *Int J LCA*, 12(3), p.181-190.

- Brace, I. (2008). Questionnaire design: How to plan, structure and write survey material for effective market research. Kogan Page Publishers.
- Brand, G., Braunschweig, A., Scheidegger, A., & Schwank, O. (1998). Weighting in Ecobalances with the ecoscarcity method–Ecofactors 1997. BUWAL (SAFEL) Environment Series, 297
- Bulsara, H. P., Qureshi, M. N., & Patel, H. (2016). Green supply chain performance measurement: an exploratory study. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 23(4), 476-498
- Bunse, K., Vodicka, M., Schönsleben, P., Brühlhart, M., Ernst, FO. (2011). Integrating energy efficiency performance in production management – gap analysis between industrial needs and scientific literature. *J.Clean.Prod.* 19(6–7), 667–679
- Büyükköçkan, G., Çifçi, G. (2012). Evaluation of the green supply chain management practices: a fuzzy ANP approach. *Production Planning & Control*, 23(6), 405-418.
- Cálves, S., & Calderón, L. (1995). Técnicas de trabajo creativo en grupos. Mimeo. Santa Clara: Universidad Central Marta Abreu de Las Villas.
- Cerezal Mezquita, J. y otros. (2004). *Cómo investigar en Pedagogía?* C. de la Habana: ¿Cómo investigar en Pedagogía?
- Chacón Reyes, I.: "Determinación del estado de capacidad de trabajo de instalaciones motrices conservadas", Tesis presentada en opción al grado científico de doctor en Ciencias Técnicas, Ciudad de La Habana, 2001
- Chan, A. P., Yung, E. H., Lam, P. T., Tam, C. M., & Cheung, S. O. (2001). Application of Delphi method in selection of procurement systems for construction projects. *Construction Management & Economics*, 19(7), 699-718.
- Chan, F. T. (2003). Performance measurement in a supply chain. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 21, 534-548
- Chiou, T. Y., Chan, H. K., Lettice, F., Chung, S. H. (2011). The influence of greening the suppliers and green innovation on environmental performance and competitive advantage in Taiwan. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 47(6), 822-836.
- Chithambarathan, P., Subramanian, N., Gunasekaran, A., & Palaniappan, P. K. (2015). Service supply chain environmental performance evaluation using grey based hybrid MCDM approach. *International Journal of Production Economics*, 166, 163-176.
- Córdova, Martínez, C. A. (2004): *Consideraciones sobre Metodología de la Investigación.*

- Memorias de investigación. Universidad de Holguín —Oscar L. Moyall. Holguín, Cuba.
- Crespo, T. (2007). Respuestas a 16 preguntas sobre el empleo de expertos en la investigación pedagógica. Lima, Perú: San Marcos.
- Cruz, M., Martínez, M. (2012). Perfeccionamiento de un instrumento para la selección de expertos en las investigaciones educativas REDIE. *Revista electrónica de investigación educativa*, 14(2), 167-179.
- Curkovic, S., Sroufe, R., Melnyk, S. (2005). Identifying the factors which affect the decision to attain ISO 14000. *Energy*, 30(8), 1387-1407.
- Dai, J., Montabon, F. L., Cantor, D. E. (2014). Linking rival and stakeholder pressure to green supply management: Mediating role of top management support. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 71, 173-187.
- Daily, B. F., Bishop, J., Steiner, R. (2007). The mediating role of EMS teamwork as it pertains to HR factors and perceived environmental performance. *Journal of Applied Business Research*, 23, 95–109
- Davidson, K. (2005). Towards an integrated sustainability indicator framework. *International Journal of Environment, workplace and Employment*, 1(3-4), 370-382
- de Burgos-Jiménez, J., Vázquez-Brust, D., Plaza-Úbeda, J. A., & Dijkshoorn, J. (2013). Environmental protection and financial performance: an empirical analysis in Wales. *International Journal of Operations & Production Management*, 33(8), 981-1018.
- De Giovanni, P., Vinzi, V. E. (2014). The benefits of a monitoring strategy for firms subject to the Emissions Trading System. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 33, 220-233.
- de Sousa, J. A. B. L., Jabbour, C. J. C., Latan, H., Teixeira, A. A., de Oliveira, J. H. C. (2015a). Reprint of “Quality management, environmental management maturity, green supply chain practices and green performance of Brazilian companies with ISO 14001 certification: Direct and indirect effects”. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 74, 139-151.
- de Sousa Jabbour, A. B. L., de Oliveira Frascareli, F. C., & Jabbour, C. J. C. (2015b). Green supply chain management and firms’ performance: Understanding potential relationships and the role of green sourcing and some other green practices. *Resources, Conservation and Recycling*, 104, 366-374.
- Devaraj, S., Krajewski, L., Wei, J.C. (2007). Impact of Ebusiness technologies on operational performance: the role of production information integration in the supply

- chain. *J. Oper. Manag.* 25 (6), 1199-1216
- Dey, P. K., Cheffi, W. (2013). Green supply chain performance measurement using the analytic hierarchy process: a comparative analysis of manufacturing organisations. *Production Planning & Control*, 24(8-9), 702-720
- Diabat, A., Khodaverdi, R., & Olfat, L. (2013). An exploration of green supply chain practices and performances in an automotive industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 68(1-4), 949-961.
- Díaz, D. (2010). Formación por competencias del docente de categoría superior de la Universidad de Cienfuegos para la gestión de proyectos de internacionalización.
- Di Maggio, P. J., Powell, W. W. (2000). The iron cage revisited-Institutional isomorphism and collective rationality in organizational fields (Reprinted from the *American Sociological Association* vol 48, pg 147-160, 1983). *Advances in strategic management*, vol 17, 2000, 17, 143-166.
- DK LCA Center (2007) EDIP factors. Download of an electronic version (XLS format) of the most recent and updated version of precalculated characterisation factors for the EDIP LCA methodology, recuperado de: <http://www.lcacenter.dk/cms/site.asp?p=1378>.
- Dörnhöfer, M., & Günthner, W. A. (2017). A research and industry perspective on automotive logistics performance measurement. *International Journal of Logistics Management*, The, 28(1).
- Dubey, R., Gunasekaran, A., Ali, S. S. (2015). Exploring the relationship between leadership, operational practices, institutional pressures and environmental performance: A framework for green supply chain. *International Journal of Production Economics*, 160, 120-132.
- Dües, C. M., Tan, K. H., Lim, M. (2013). Green as the new Lean: how to use Lean practices as a catalyst to greening your supply chain. *Journal of cleaner production*, 40, 93-100.
- Echeverri cañas, I. I. N. A. (2010). Inserción del mercadeo verde en prácticas empresariales en colombia (casos de estudio). *Revista Luna Azul*, (31).
- Eltayeb, T. K., Zailani, S., Ramayah, T. (2011). Green supply chain initiatives among certified companies in Malaysia and environmental sustainability: Investigating the outcomes. *Resources, conservation and recycling*, 55(5), 495-506
- Escobar-Pérez, J., & Cuervo-Martínez, A. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en medición*, 6, 27-36.
- Espinosa, F. F., Salinas, G. E. (2013). Selección de Estrategias de Mejoramiento de las

- Condiciones de Trabajo para la Función Mantenimiento Utilizando la Metodología MCDA Constructivista. *Información tecnológica*, 24(3), 57-72.
- Esty, D. C., Simmons, P. J. (2011). *The green to gold business playbook: how to implement sustainability practices for bottom-line results in every business function*. John Wiley & Sons.
- Evlanov, L. G., & Kutuzov, V. A. (1978). *Expert evaluations in control*. Economica, Moscow
- Falatoonitoosi, E., Leman, Z., Sorooshian, S. (2013) Modeling for Green Supply Chain Evaluation," *Mathematical Problems in Engineering*, p. 201–208
- Falatoonitoosi, E., Ahmed, S., Sorooshian, S. (2014). A Multicriteria Framework to Evaluate Supplier's Greenness. *Abstract and Applied Analysis*, Volume 2014, 1-12
- Ferreira, L. M. D., Silva, C., Azevedo, S. G. (2016). An environmental balanced scorecard for supply chain performance measurement (Env_BSC_4_SCPM). *Benchmarking: An International Journal*, 23(6), 1398-1422.
- Fonseca, A. (2010). Barriers to Strengthening the Global Reporting Initiative Framework: Exploring the perceptions of consultants, practitioners, and researchers. In Trabajo presentado en *Accountability Through Measurement: 2nd National Canadian Sustainability Indicators Network Conference*. Toronto
- Fraj, E., Martínez, E., Matute, J. (2013). Green marketing in B2B organisations: an empirical analysis from the natural-resource-based view of the firm. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 28(5), 396-410.
- Freeman, J., Chen, T. (2015). Green supplier selection using an AHP-Entropy-TOPSIS framework. *Supply Chain Management: An International Journal*, 20(3), 327-340.
- Frischknecht, R., Jungbluth, N., Althaus, H. J., Bauer, C., Doka, G., Dones, R., Loerincik, Y. (2007). *Implementation of life cycle impact assessment methods*. Ecoinvent report.
- Frischknecht R., Steiner R. and Jungbluth N. (2009) *Methode der ökologischen Knappheit - Ökofaktoren 2006. Methode für die Wirkungsabschätzung in Ökobilanzen*. Umwelt-Wissen Nr. 0906, Bundesamt für Umwelt, Bern.
- Galeazzo, A., Furlan, A., Vinelli, A. (2014). Lean and green in action: interdependencies and performance of pollution prevention projects. *Journal of Cleaner Production*, 85, 191-200.
- Gao, Y., Li, J., Song, Y. (2009). Performance evaluation of green supply chain management based on membership conversion algorithm. In *Computing, Communication, Control, and Management ISECS International Colloquium*, 3, 237-240.

- García, L., & Fernández, S. J. (2008). Procedimiento de aplicación del trabajo creativo en grupo de expertos. *Ingeniería Energética*, 29(2), 46-50.
- Genovese, A., Lenny Koh, S. C., Kumar, N., & Tripathi, P. K. (2014). Exploring the challenges in implementing supplier environmental performance measurement models: a case study. *Production Planning & Control*, 25(13-14), 1198-1211.
- Giraldo, J. F. M., Corzo, J. Q., Molina, R. A. M. (2001). *Cómo desarrollar competencias investigativas en educación*. Ediciones Magisterio.
- Goedkoop, M., Spriensma, R. (2001). *The eco-indicator99: A damage oriented method for life cycle impact assessment: Methodology report*
- Goedkoop M., Heijungs R., de Schryver A., Struijs J. and van Zelm R. (2009) *ReCiPe 2008 - A life cycle impact assessment method which comprises harmonized category indicators at the midpoint and the endpoint level / Report I: Characterisation*. Ministerie van VROM, Den Haag (Netherlands).
- Gómez-Limón, J. A., Balmón, M. A. (2011). Evaluación de la sostenibilidad de las explotaciones de olivar en Andalucía. *Analistas Económicos de Andalucía*
- González-Benito, J., González-Benito, Ó. (2006). The role of stakeholder pressure and managerial values in the implementation of environmental logistics practices. *International Journal of Production Research*, 44(7), 1353-1373.
- Govindan, K., Kannan, D., Mathiyazhagan, K., Jabbour, A. B. L. D. S., & Jabbour, C. J. C. (2013). Analysing green supply chain management practices in Brazil's electrical/electronics industry using interpretive structural modelling. *International Journal of Environmental Studies*, 70(4), 477-493.
- Govindan, K., Khodaverdi, R., Vafadarnikjoo, A. (2015). Intuitionistic fuzzy based DEMATEL method for developing green practices and performances in a green supply chain. *Expert Systems with Applications*, 42(20), 7207–7220
- Green Jr, K. W., Zelbst, P. J., Meacham, J., & Bhadauria, V. S. (2012a). Green supply chain management practices: impact on performance. *Supply Chain Management: An International Journal*, 17(3), 290-305.
- Green Jr, K. W., Zelbst, P. J., Bhadauria, V. S., & Meacham, J. (2012b). Do environmental collaboration and monitoring enhance organizational performance?. *Industrial Management & Data Systems*, 112(2), 186-205.
- Grinnell, R., Unrau, Y., Williams, M. (2010). *Research methods for BSW students*. Pair Bond Publications.

-
- Grolleau, G., Mzoughi, N., Pekovic, S. (2012). Green not (only) for profit: An empirical examination of the effect of environmental-related standards on employees recruitment. *Resource and Energy Economics*, 34, 74–92.
- Guinée, J. B., Gorrée, M., Heijungs, R., Huppes, G., Kleijn, R., De Koning, A., De Bruijn, H. (2001). *Life cycle assessment; An operational guide to the ISO standards; Parts 1 and 2*. Ministry of housing, spatial planning and environment (VROM) and centre of environmental science (CML), Den Haag and Leiden, The Netherlands.
- Guldbrandsson, F., & Bergmark, P. (2012, September). Opportunities and limitations of using life cycle assessment methodology in the ICT sector. In *Electronics Goes Green 2012+ (EGG)*, 2012 (pp. 1-6). IEEE.
- Gunasekaran, A., Lai, K.H., and Cheng, T.C.E. (2008). Responsive supply chain: a competitive strategy in the networked economy. *Omega*, 36 (4), 549–564
- Gupta, S., Kumar, V. (2013). Sustainability as corporate culture of a brand for superior performance. *Journal of World Business*, 48(3), 311-320
- Hajmohammad, S., Vachon, S., Klassen, R. D., & Gavronski, I. (2013). Reprint of Lean management and supply management: their role in green practices and performance. *Journal of Cleaner Production*, 56, 86-93.
- Handfield, R., Walton, S., and Sroufe, R. (2002). Applying environmental criteria to supplier assessment: a study of the application of the analytical hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 141, 70–87.
- Hart, S.L. (1995). A natural resource-based view of the firm. *Acad. Manag. Rev.* 20 (4), 986-1014
- Hartmann, J., Germain, R. (2015). Understanding the relationships of integration capabilities, ecological product design, and manufacturing performance. *Journal of Cleaner Production*, 92, 196-205.
- Hauschild M. and Wenzel H. (1997) *Environmental Assessment of Products*. Vol. 2: Scientific background. Chapman & Hall, London, Weinheim, New York.
- Hauschild M. and Potting J. (2005) Background for spatial differentiation in LCA impact assessment: The EDIP03 methodology. Environmental Project No. 996. Institute for Product Development Technical University of Denmark
- Hervani, A. A., Helms, M. M., Sarkis, J. (2005). Performance measurement for green supply chain management. *Benchmarking: An international journal*, 12(4), 330-353.
- Ho, R. (2013). *Handbook of univariate and multivariate data analysis with IBM SPSS*. CRC

press.

- Hoejmose, S., Brammer, S., Millington, A. (2012). "Green" supply chain management: The role of trust and top management in B2B and B2C markets. *Industrial Marketing Management*, 41(4), 609-620.
- Hoejmose, S. U., Grosvold, J., Millington, A. (2014). The effect of institutional pressure on cooperative and coercive 'green' supply chain practices. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 20(4), 215-224.
- Hofer, C., D. E. Cantor, and J. Dai. (2012). The Competitive Determinants of a Firm's Environmental Management Activities: Evidence from US Manufacturing Industries." *Journal of Operations Management*, 30, 69–84.
- Holt, D., & Ghobadian, A. (2009). An empirical study of green supply chain management practices amongst UK manufacturers. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 20(7), 933-956.
- Hsu, P. F., Hu, P. J. H., Wei, C. P., Huang, J. W. (2014). Green Purchasing by MNC Subsidiaries: The Role of Local Tailoring in the Presence of Institutional Duality. *Decision Sciences*, 45(4), 647-682.
- Huijbregts M. A. J., Hellweg S., Frischknecht R., Hungerbühler K. and Hendriks A. J. (2008). Ecological Footprint Accounting in the Life Cycle Assessment of Products. *Ecological economics*, 64(4), 798-807
- Huijbregts, M. A., Hellweg, S., Frischknecht, R., Hendriks, H. W., Hungerbühler, K., & Hendriks, A. J. (2010). Cumulative energy demand as predictor for the environmental burden of commodity production. *Environmental science & technology*, 44(6), 2189-2196.
- IPCC (2001) *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. In: *Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* (ed. Houghton J. T., Ding Y., Griggs D. J., Noguera M., van der Linden P. J. and Xiaosu D.). IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, The Edinburgh Building Shaftesbury Road, Cambridge, UK, recuperado de: www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/
- Jabbour, C. J., Jabbour, L. S., Govindan, K., Teixeira, A. A., & Freitas, W. R. (2013). Environmental management and operational performance in automotive companies in Brazil: The role of human resource management and lean manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, 47, 129–140.

-
- Jabbour, C. J. C., Neto, A. S., Gobbo, J. A., de Souza Ribeiro, M., de Sousa Jabbour, A. B. L. (2015). Eco-innovations in more sustainable supply chains for a low-carbon economy: A multiple case study of human critical success factors in Brazilian leading companies. *International Journal of Production Economics*, 164, 245-257.
- Jayaram, J., Avittathur, B. (2015). Green supply chains: A perspective from an emerging economy. *International Journal of Production Economics*, 164, 234-244.
- Jolliet O., Margni M., Charles R., Humbert S., Payet J., Rebitzer G. and Rosenbaum R. (2003). IMPACT 2002+: A New Life Cycle Impact Assessment Methodology. *Int J LCA*, 8(6), 324-330
- Jun, X. (2009). Model of cluster green supply chain performance evaluation based on circular economy. In *Intelligent Computation Technology and Automation. ICICTA'09. Second International Conference IEEE*, 3941-944
- Juwana, I., Muttill, N., Perera, B.J.C., 2012. Indicator-based water sustainability assessment—a review. *Sci. Total Environ.* 438, 357–371.
- Kainumaa, Y. and Tawarab, N. (2006). A multiple attribute utility theory approach to lean and green supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 101, 99–108.
- Kannan, D., de Sousa Jabbour, A. B. L., Jabbour, C. J. C. (2014). Selecting green suppliers based on GSCM practices: Using fuzzy TOPSIS applied to a Brazilian electronics company. *European Journal of Operational Research*, 233(2), 432-447.
- Khor, K. S., Udin, Z. M. (2013). Reverse logistics in Malaysia: Investigating the effect of green product design and resource commitment. *Resources, Conservation and Recycling*, 81, 71-80.
- Köllner T., Scholz R. (2007a). Assessment of land use impact on the natural environment: Part 1: An Analytical Framework for Pure Land Occupation and Land Use Change. *Int J LCA*, 12(1), p. 16-23.
- Köllner T., Scholz R. (2007b) Assessment of land use impact on the natural environment: Part 2: Generic characterization factors for local species diversity in Central Europe. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 12(1), 16-23
- Koschke, L., Fürst, C., Frank, S., Makeschin, F., 2012. A multi-criteria approach for an integrated land-cover-based assessment of ecosystem services provision to support landscape planning. *Ecol. Indic.* 21, 54–66
- Koufteros, X., Cheng, T.C.E., and Lai, K.H. (2007). Black-box and gray box supplier

- integration in product development; antecedents, consequences and the moderating role of firm size. *Journal of Operations Management*, 25 (4), 847–870.
- Kumar, V., Holt, D., Ghobadian, A., Garza-Reyes, J. A. (2015). Developing green supply chain management taxonomy-based decision support system. *International Journal of Production Research*, 53(21), 6372-6389
- Kuo RJ, Wang YC, Tien FC. (2010). Integration of artificial neural network and MADA methods for green supplier selection. *Journal of Cleaner Production*, 18, 1161–70.
- Kusi-Sarpong, S., Bai, C., Sarkis, J., Wang, X. (2015). Green supply chain practices evaluation in the mining industry using a joint rough sets and fuzzy TOPSIS methodology. *Resources Policy*, 46, 86-100.
- Landeta, J. (1999). *El Método Delphi: Una Técnica de Previsión para la Incertidumbre*. Barcelona: Ariel.
- Lau, H.K. (2011). Benchmarking green logistics performance with a composite index. *Benchmarking: An International Journal*, 18(6), 873-896.
- Lee, S. M., Tae Kim, S., Choi, D. (2012). Green supply chain management and organizational performance. *Industrial Management & Data Systems*, 112(8), 1148-1180.
- Leonidou, C. N., Katsikeas, C. S., & Morgan, N. A. (2013). “Greening” the marketing mix: do firms do it and does it pay off? *Journal of the Academy of Marketing Science*, 41(2), 151-170.
- Liang, L., Feng, F., Cook, W.D., Zhu, J.D.E. (2006). A models for supply chain efficiency evaluation. *Annals of Operations Research* 145, 35-49.
- Lin, R. J. (2013). Using fuzzy DEMATEL to evaluate the green supply chain management practices. *Journal of Cleaner Production*, 40, 32-39.
- Liu, S., Kasturiratne, D., Moizer, J. (2012). A hub-and-spoke model for multi-dimensional integration of green marketing and sustainable supply chain management. *Industrial Marketing Management*, 41(4), 581-588.
- Liu, X., Yang, J., Qu, S., Wang, L., Shishime, T., Bao, C. (2012b). Sustainable production: practices and determinant factors of green supply chain management of Chinese companies. *Business Strategy and the Environment*, 21(1), 1-16.
- Lo, S. M. (2015) Impact of greening attitude and buyer power on supplier environmental management strategy. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 12(3), 12, 3145-3160

-
- Lun, Y. V. (2011). Green management practices and firm performance: a case of container terminal operations. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(6), 559-566.
- closing the loop. *Trans. Res. Part E* 44 (1), 1–18.
- Luo, J., Chong, A. Y. L., Ngai, E. W., Liu, M. J. (2014). Green Supply Chain Collaboration implementation in China: The mediating role of guanxi. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 71, 98-110.
- Ma, X., Liu, T. (2011). Supplier selection analysis under the green supply chain. In *Automation and Logistics (ICAL)*, 2011 IEEE International Conference on (pp. 205-209). IEEE.
- Mafini, C., & Muposhi, A. (2017). The impact of green supply chain management in small to medium enterprises: Cross-sectional evidence. *Journal of Transport and Supply Chain Management*, 11(1), 1-11.
- Malhotra, N. K. (2008). *Marketing research: An applied orientation*, 5/e. Pearson Education India.
- Mampra, M. (2013). Green HRM: Does it help to build a competitive service sector? A study. In *Proceedings of tenth AIMS International Conference on Management*, January 6–9 (pp. 1273–1281).
- Marhatta, S., Adhikari, S. (2013). Green HRM and sustainability. *International eJournal Of Ongoing Research in Management & IT*. Recuperado de www.asmgroupp.edu.in/incon/publication/incon13-hr-006pdf
- Mathapati, C. M. (2013). Green HRM: A strategic facet. *Tactful Management Research Journal*, 2(2), 1–6.
- Medel-González, F., García-Ávila, L., Hernández, C., & Medel-González, M. (2015). Environmental performance evaluation procedure: application in the cuban energy sector. *Gestão & Produção*, 22(3), 463-479.
- Meza García, G. I. (2017). Análisis de la aplicación de logística verde en empresas colombianas (Bachelor's thesis, Universidad Militar Nueva Granada)
- Michalus, J.C. (2011). Modelo cooperativo de integración flexible de PyMes orientado al desarrollo local. Factibilidad de aplicación en municipios de la provincia de Misiones, Argentina. Doctoral thesis. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
- Milne, M. J., & Gray, R. (2013). W (h)ither ecology? The triple bottom line, the global reporting initiative, and corporate sustainability reporting. *Journal of business ethics*, 118(1), 13-29.

- Mirhedayatian, S. M., Azadi, M., & Saen, R. F. (2014). A novel network data envelopment analysis model for evaluating green supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 147, 544-554.
- Mittal, V. K., & Sangwan, K. S. (2014). Prioritizing Barriers to Green Manufacturing: Environmental, Social and Economic Perspectives. *Procedia CIRP*, 17, 559–564
- Mollenkopf, D., Stolze, H., Tate, W.L., Ueltschy, M. (2010). Green, lean, and global supply chains. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management* 40 (1/2), 14e41.
- Naini, S. G. J., Aliahmadi, A. R., & Jafari-Eskandari, M. (2011). Designing a mixed performance measurement system for environmental supply chain management using evolutionary game theory and balanced scorecard: A case study of an auto industry supply chain. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(6), 593-603.
- Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A., Tarantola, S., Hoffman, A., & Giovannini, E. (2005). *Handbook on constructing composite indicators*.
- NC-ISO 14031:2005. *Gestión Ambiental. Evaluación del Desempeño Ambiental*. Directrices
- Nie, X. (2016). Dynamic Assessment of Business Performance in Green Supply Chain based on Analytic Hierarchy Process Method. *International Journal of Security and Its Applications*, 10(2), 185-196.
- Olugu, E. U., Wong, K. Y., Shaharoun, A. M. (2011). Development of key performance measures for the automobile green supply chain. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(6), 567-579.
- Olugu, E. U., Wong, K. Y. (2012). An expert fuzzy rule-based system for closed-loop supply chain performance assessment in the automotive industry. *Expert Systems with Applications*, 39(1), 375-384.
- Paoli, D., Moraes, L. A. D. F. (2011). Apoio multicritério à decisão como subsídio à gestão ambiental: o caso da Aggreko Brasil. *Gestão & Produção*, 18(2), 379-390.
- Porter, M.E., van der Linde, C. (1995). Green and competitive: ending the stalemate. *Harvard Business Review* 73 (5), 120-133.
- Rao, P., Holt, D. (2005). Do green supply chains lead to competitiveness and economic performance? *International Journal of Operations & Production Management*, 25(9), 898-916.
- Renwick, D. (2008). *Green HRM: A review, process model, and research agenda (Discussion Paper Series)*. The University of Sheffield. Recuperado de

<http://www.shef.ac.uk/content/1/c6/08/70/89/2008-01.pdf>

- Rosenbaum R. K., Bachmann T. M., Gold L. S., Huijbregts M. A. J., Jolliet O., Juraske R., Köhler A., Larsen H. F., MacLeod M., Margni M., McKone T. E., Payet J., Schumacher M., van de Meent D. and Hauschild M. Z. (2008) USEtox - the UNEP-SETAC toxicity model: recommended characterisation factors for human toxicity and freshwater ecotoxicity in life cycle impact assessment. In: *International Journal of Life Cycle Assessment*, 13, p. 532-546.
- Rostamzadeh, R., Govindan, K., Esmaeili, A., & Sabaghi, M. (2015). Application of fuzzy VIKOR for evaluation of green supply chain management practices. *Ecological Indicators*, 49, 188-203.
- Ryoo, S. Y., Koo, C. (2013). Green practices-IS alignment and environmental performance: The mediating effects of coordination. *Information Systems Frontiers*, 15(5), 799-814
- Saisana, M., Tarantola, S. (2002): State of the art Report on Current Methodologies and Practices for Composite Indicator Development. Report EUR 20408 EN. Joint Research Centre. European Commission. Ispra
- Salimifard, K., Shahbandarzadeh, H., & Raeesi, R. (2012). Green transportation and the role of operation research. *Int. Conf. Traffic Transp. Eng .(ICTTE 2012) (Vol. 26, pp. 74-79)*.
- Sampieri, R., Fernández, C, C., Baptista, L, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. Quinta Ed. McGraw Hill: México D.F
- Sarache-Castro, W. A., Cárdenas-Aguirre, D. M., Giraldo, J. A. (2005). Procedimiento para la definición y jerarquización de prioridades competitivas de fabricación. *Aplicaciones en las pymes de la industria metalmecánica. Revista Ingeniería y Competitividad*, 7(2), 71-83.
- Sarache-Castro, W. A., Costa-Salas, Y. J., Martínez-Giraldo, J. P. (2015). Environmental performance evaluation under a green supply chain approach. *Dyna*, 82(189), 207-215.
- Sari, K. (2017). A novel multi-criteria decision framework for evaluating green supply chain management practices. *Computers & Industrial Engineering*, 105, 338-347.
- Sarkis, J. (2003). A strategic decision framework for green supply chain management. *Journal of cleaner production*, 11(4), 397-409.
- Sarkis, J. (2006). *Greening the supply chain*. London: Springer
- Sarkis, J., Gonzalez-Torre, P., Adenso-Diaz, B. (2010). Stakeholder pressure and the adoption of environmental practices: The mediating effect of training. *Journal of*

- Operations Management, 28(2), 163-176.
- Sarkis, J., Zhu, Q., & Lai, K. H. (2011). An organizational theoretic review of green supply chain management literature. *International Journal of Production Economics*, 130(1), 1-15.
- Schoenherr, T., Modi, S. B., Talluri, S., Hult, G. T. M. (2014). Antecedents and Performance Outcomes of Strategic Environmental Sourcing: An Investigation of Resource-Based Process and Contingency Effects. *Journal of Business Logistics*, 35(3), 172-190.
- Scur, G., Barbosa, M. E. (2017). Green supply chain management practices: Multiple case studies in the Brazilian home appliance industry. *Journal of Cleaner Production*, 141, 1293-1302.
- Sellitto, M.A., Bittencourt, S. A., Reckziegel, B.I. (2015). Evaluating the Implementation of GSCM in Industrial Supply Chains: Two Cases in the Automotive Industry. *Chemical Engineering Transactions*, 43
- Shang, K. C., Lu, C. S., Li, S. (2010). A taxonomy of green supply chain management capability among electronics-related manufacturing firms in Taiwan. *Journal of environmental management*, 91(5), 1218-1226.
- Shaw, S., Grant, D. B., & Mangan, J. (2010). Developing environmental supply chain performance measures. *Benchmarking: An International Journal*, 17(3), 320-339.
- Shen, L., Olfat, L., Govindan, K., Khodaverdi, R., Diabat, A. (2013). A fuzzy multi criteria approach for evaluating green supplier's performance in green supply chain with linguistic preferences. *Resources, Conservation and Recycling*, 74, 170-179.
- Shrivastava, P. (1995). The role of corporations in achieving ecological sustainability. *Academy of management review*, 20(4), 936-960.
- Skjong, R., & Wentworth, B. H. (2001). Expert judgment and risk perception. In *The Eleventh International Offshore and Polar Engineering Conference*. International Society of Offshore and Polar Engineers.
- Solomon, S. (2007). *Climate change 2007-the physical science basis: Working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC (Vol. 4)*. Cambridge University Press.
- Srivastava, S. K. (2007). Green supply-chain management: a state-of-the-art literature review. *International journal of management reviews*, 9(1), 53-80.
- Steen B. (1999) *A systematic approach to environmental priority strategies in product development (EPS): Version 2000 – General system characteristics*. 1999:4. Centre

- for Environmental Assessment of Products and Material Systems (CPM), Chalmers University of Technology, Gotheburg, Sweden, recuperado de: <http://www.cpm.chalmers.se/html/publication.html>
- Subramanian, N., Gunasekaran, A. (2015). Cleaner supply-chain management practices for twenty-first-century organizational competitiveness: Practice-performance framework and research propositions. *International Journal of Production Economics*, 164, 216-233.
- Sumrit, D., & Anuntavoranich, P. (2013). Using DEMATEL method to analyze the causal relations on technological innovation capability evaluation factors in thai technology-based firms. *Int Trans J Eng Manag Appl Sci Technol*, 4(2), 081-103.
- Tate, L.W., Ellram, M.L., Dooley, J.K. (2014). The impact of transaction costs and institutional pressure on supplier environmental practices. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 44(5), 353-372.
- Tatoglu, E., Bayraktar, E., Arda, O. A. (2015). Adoption of corporate environmental policies in Turkey. *Journal of Cleaner Production*, 91, 313-326.
- Testa, F., Iraldo, F. (2010). Shadows and lights of GSCM (Green Supply Chain Management): determinants and effects of these practices based on a multi-national study. *Journal of Cleaner Production*, 18(10), 953-962.
- Thanki, S. J., Thakkar, J. J. (2016). Value–value load diagram: a graphical tool for lean–green performance assessment. *Production Planning & Control*, 27(15), 1280-1297
- Torres, A. C. (2013). Importancia de la logística inversa para un desarrollo Sostenible en Colombia. *Gestión & Sociedad*, 113-126
- Tseng, M. L., Chiu, A. S. (2012). Grey-entropy analytical network process for green innovation practices. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 57, 10-21.
- Tseng, M. L., Chiu, A. S. (2013). Evaluating firm's green supply chain management in linguistic preferences. *Journal of cleaner production*, 40, 22-31.
- Tseng, M. L., Tan, K., Chiu, A. S. (2016). Identifying the competitive determinants of firms' green supply chain capabilities under uncertainty. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 18(5), 1247-1262.
- Uygun, Ö., & Dede, A. (2016). Performance evaluation of green supply chain management using integrated fuzzy multi-criteria decision making techniques. *Computers & Industrial Engineering*, 102, 502-511
- Unnikrishnan, S., Hegde, D. S. (2007). Environmental training and cleaner production in

- Indian industry—A micro-level study. *Resources Conservation and Recycling*, 50, 427–441
- Vachon, S., Klassen, R. D. (2006). Extending green practices across the supply chain: the impact of upstream and downstream integration. *International Journal of Operations & Production Management*, 26(7), 795-821.
- Vachon, S., Klassen, R. D. (2007). Supply chain management and environmental technologies: the role of integration. *International Journal of Production Research*, 45(2), 401-423.
- Vachon, S., Klassen, R. D. (2008). Environmental management and manufacturing performance: the role of collaboration in the supply chain. *International journal of production economics*, 111(2), 299-315.
- Van Hock, R., Erasmus, I. (2000). From reversed logistics to green supply chains. *Logistics Solutions Issue 2*, 28–33.
- Villanueva-Ponce, R., Garcia-Alcaraz, J. L., Cortes-Robles, G., Romero-Gonzalez, J., Jiménez-Macías, E., & Blanco-Fernández, J. (2015). Impact of suppliers' green attributes in corporate image and financial profit: case maquiladora industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 1-20.
- Wang, W. C., Lin, Y. H., Lin, C. L., Chung, C. H., & Lee, M. T. (2012). DEMATEL-based model to improve the performance in a matrix organization. *Expert Systems with Applications*, 39(5), 4978-4986.
- Wang, X., Pan, Y. (2014). Research On Supplier Evaluation And Selection Of Green Procurement. In *International Conference on Logistics Engineering, Management and Computer Science (LEMCS 2014)*. Atlantis Press.
- Watson, R.T., Boudreau, M.C., Chen, A., Huber, M.H. (2008). Green IS: Building sustainable business practices. In: Watson, R.T. (Ed.), *Information Systems. Global Text Project*, Athens, GA, USA.
- Wong, C. Y., Wong, C. W., Boon-itt, S. (2015). Integrating environmental management into supply chains: a systematic literature review and theoretical framework. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 45(1/2), 43-68.
- World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) and World Resources Institute (WRI). (2009). *The Greenhouse Gas Protocol Initiative: Scope 3 Accounting and Reporting Standard, Review Draft Switzerland*, Geneva
- Wu, K. J., Liao, C. J., Tseng, M. L., Chiu, A. S. (2015). Exploring decisive factors in green

- supply chain practices under uncertainty. *International Journal of Production Economics*, 159, 147-157.
- Yan, L., Xia, L. H. (2011). Study on performance measurement for green supply chain management. Proceedings of the 2011 IEEE International Conference on Cyber Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER), Kunming, China, 293-297
- Yang, Y. P. O., Shieh, H. M., & Tzeng, G. H. (2013). A VIKOR technique based on DEMATEL and ANP for information security risk control assessment. *Information Sciences*, 232, 482-500.
- Yu, W., Ramanathan, R. (2015). An empirical examination of stakeholder pressures, green operations practices and environmental performance. *International Journal of Production Research*, 53(21), 6390-6407
- Zhang, X., Zhiwei, Z. (2009). Study of Green Supply Chain and its Performance Based on Fuzzy AHP and Measurement System. In *E-Business and Information System Security, 2009. EBISS'09. International Conference on* (pp. 1-5). IEEE.
- Zhou, P., Ang, B. W., Poh, K. L. (2006). Comparing aggregating methods for constructing the composite environmental index: An objective measure. *Ecological Economics*, 59(3), 305-311.
- Zhu, Q., Sarkis, J. (2004). Relationships between operational practices and performance among early adopters of green supply chain management practices in Chinese manufacturing enterprises. *Journal of operations management*, 22(3), 265-289.
- Zhu, Q., Sarkis, J., Geng, Y. (2005). Green supply chain management in China: pressures, practices and performance. *International Journal of Operations & Production Management*, 25(5), 449-468.
- Zhu, Q., Sarkis, J. (2006). An inter-sectoral comparison of green supply chain management in China: drivers and practices. *Journal of cleaner production*, 14(5), 472-486.
- Zhu, Q., Sarkis, J. and Lai, K. (2007). Green supply chain management: pressures, practices and performance within the Chinese automobile industry. *Journal of Cleaner Production*, 15(11-12), 1041-1052.
- Zhu, Q., Sarkis, J. and Lai, K.-H. (2008a). Confirmation of a measurement model for green supply chain management practices implementation. *International Journal of Production Economics*, 111(2), 261-73.
- Zhu, Q., Sarkis, J., & Lai, K. H. (2008b). Green supply chain management implications for

-
- “closing the loop”. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 44(1), 1-18.
- Zhu, Q., Sarkis, J., Lai, K. H. (2012). Examining the effects of green supply chain management practices and their mediations on performance improvements. *International journal of production research*, 50(5), 1377-1394.
- Zhu, Q., Tian, Y., Sarkis, J. (2012b). Diffusion of selected green supply chain management practices: an assessment of Chinese enterprises. *Production Planning & Control*, 23(10-11), 837-850.
- Zhu, Q., Cordeiro, J., & Sarkis, J. (2013). Institutional pressures, dynamic capabilities and environmental management systems: Investigating the ISO 9000–Environmental management system implementation linkage. *Journal of Environmental Management*, 114, 232-242.
- Zsidisin GA, Siferd SP. (2001). Environmental purchasing: a framework for theory development. *European Journal of Purchasing and Supply Management*, 7(1).

