



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

PRACTICES OF GREEN MANAGEMENT IN MANUFACTURING SECTOR IN CALDAS

Jhully Paulin Martínez Giraldo

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

2015



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

PRÁCTICAS DE GESTIÓN VERDE EN EL SECTOR MANUFACTURERO DE CALDAS

Jhully Paulin Martínez Giraldo

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

2015

PRÁCTICAS DE GESTIÓN VERDE EN EL SECTOR MANUFACTURERO DE CALDAS

Jhully Paulin Martínez Giraldo

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magíster en Ingeniería Industrial

Director (a):

Ph.D., MSc., Ingeniero Industrial

William Ariel Sarache Castro

Línea de Investigación:

Desarrollo Tecnológico y Competitividad

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

2015

Son cosas chiquitas. No acaban con la pobreza, no nos sacan del subdesarrollo, no socializan los medios de producción y de cambio, no expropian las cuevas de Alí Babá. Pero quizá desencadenen la alegría de hacer, y la traduzcan en actos. Y al fin y al cabo, actuar sobre la realidad y cambiarla, aunque sea un poquito, es la única manera de probar que la realidad es transformable.

Eduardo Galeano.

Agradecimientos

A Dios por permitirme estar aquí.

A mis padres Celmira y José, mis hermanos Ana, Nikol, Jhonathan y mi familia, quienes son mi principal motivación.

A mi tutor William Sarache por encender en mi la chispa y el amor a la investigación y por todas las enseñanzas en el campo académico y personal que me impartió.

A Juan David Beltrán por ser el ancla. A todos aquellos amigos que con su apoyo y conocimiento me permitieron llegar a este paso. En especial a Mónica Valencia y a Juliana Echeverri.

Al profesor Luis Miguel Mejía por su apoyo y amor por la estadística. A la profesora Amparo Zapata por su apoyo en el desarrollo del trabajo de campo y validación, así como a los profesores de la Universidad Marta Abreu “Las Villas” quienes con su conocimiento me orientaron en el desarrollo de este trabajo.

A la Universidad Nacional de Colombia por permitir el apoyo económico para el desarrollo de esta tesis, mediante el proyecto: "Desempeño ambiental bajo enfoque de cadena de abastecimiento verde (GSCM)".

Resumen

La gestión de cadenas de abastecimiento verde (GSCM) es definida por Srivastava (2007) como la integración del pensamiento ambiental en la cadena de abastecimiento, incluyendo diseño, selección de materias primas, procesos de manufactura, entrega y manejo del producto después de su vida útil.

A partir de la necesidad de evaluar el estado actual de las prácticas de gestión verdes en las empresas, se propuso un enfoque conceptual GSCM que recoge ocho procesos principales: diseño verde, compras verdes, manufactura verde, distribución verde, marketing verde, gestión de recursos humanos verdes, innovación verde y logística inversa, así como 32 actividades verdes que componen cada uno de los procesos.

Para evaluar las prácticas verdes en el sector de la manufactura en Caldas, se propuso la construcción de un indicador de desempeño ambiental empresarial. Este indicador, se aplicó en 14 empresas manufactureras del departamento. Se observó que los procesos de diseño verde, compras verdes, manufactura verde y logística inversa están ampliamente implementados, en las empresas mientras que la distribución verde, el marketing verde y la gestión de recursos humanos verdes están en una etapa de desarrollo inicial, donde son escasamente considerados.

Se encontró también que existe un efecto de interdependencia entre los procesos de diseño verde, innovación verde, marketing verde, logística inversa, compras verdes y manufactura verde. Finalmente, se detectó que las actividades críticas para el desarrollo del enfoque GSCM en las empresas del sector, corresponden al diseño de productos con menor gasto energético; la implementación de tecnologías enfocadas a reducir el consumo energético y los residuos en producción; la reducción del uso de sustancias en la producción y la implementación de programas para que los proveedores participen en la gestión ambiental de la empresa.

Palabras clave: Gestión de cadenas de abastecimiento verdes, manufactura, prácticas verdes, indicador ambiental.

Abstract

Green Supply Chain Management (GSCM) is defined by Srivastava (2007) as the integration of environmental thinking in the supply chain, including design, selection of raw materials, manufacturing processes, delivery and handling of the product after their lifecycle.

Given the necessity to evaluate the current state of green management practices in companies, the GSCM approach is defined through eight processes and 32 activities. The processes are: Green Design, Green Purchasing, Green Manufacturing, Green Distribution, Green Marketing, Green Human Resource Management, Green Innovation and Reverse Logistics. In the case of the activities, they give assets to implement the processes.

In order to evaluate the application of the Green Practices in the manufacturing of Caldas department, a Corporate Environmental Performance Indicator was proposed and applied to 14 manufacturing companies. The evaluation shows that the process of Green Design, Green purchasing, Green Manufacturing and Reverse Logistics are widely implemented, while the Green Distribution, Green Marketing and Green Human Resource Management are in an early stage of implementation.

Some activities were identified to be a trend in the studied manufacturing sector, such as the related with the design of products that take less energy during their use, the implementation of technologies aimed to reduce energy consumption and waste generation; the minimizing in the use of substances in the production and implementation of programs for the encouragement of the providers participation in the environmental management practices of the company. Finally, it was found that there is a significant effect between the processes of Green Distribution, Green Innovation, Green Marketing, Reverse Logistics, Green Purchasing and Green Manufacturing.

Keywords: *Green Supply Chain Managment, manufacturing, green practices, environmental indicator.*

Contenido

| | |
|--|-----------|
| 1 Marco Teórico-referencial..... | 18 |
| 1.1 El enfoque Supply Chain Management | 20 |
| 1.1.1 La gestión de cadenas de abastecimiento | 20 |
| 1.1.2 Presiones que llevan a las empresas manufactureras a la adopción del enfoque verde | 21 |
| 1.2 Concepto y estructura del enfoque GSCM | 24 |
| 1.2.1 Estructura de la cadena de abastecimiento verde..... | 27 |
| 1.2.2 Modelo conceptual propuesto para el enfoque GSCM..... | 28 |
| 1.2.3 Procesos del enfoque GSCM..... | 30 |
| 1.2.4 Prácticas del enfoque GSCM..... | 31 |
| 1.3 La construcción de indicadores de desempeño ambiental como tendencia de investigación en el enfoque GSCM | 33 |
| 1.3.1 Métricas para determinar la eficiencia de las prácticas verdes..... | 35 |
| 1.3.2 Funciones y características de los indicadores de desempeño ambiental..... | 36 |
| 1.3.3 Clasificación de los indicadores de desempeño ambiental | 37 |
| 1.3.4 Requisitos para la medición del desempeño ambiental..... | 39 |
| 1.3.5 Los indicadores desempeño ambiental frente al enfoque GSCM..... | 40 |
| 1.4 Marco referencial..... | 43 |
| 1.4.1 Panorama ambiental de Caldas..... | 43 |
| 1.4.2 Caracterización del sector manufacturero de Caldas..... | 45 |
| 1.4.3 Estado actual de la gestión ambiental empresarial en Caldas | 46 |
| 2 Metodología de evaluación del desempeño ambiental bajo el enfoque GSCM .50 | 50 |
| 2.1 Metodología | 50 |
| 2.1.1 Etapa I: Selección de los expertos..... | 51 |
| 2.1.2 Etapa II: diseño del instrumento..... | 55 |
| 2.1.3 Etapa III: ponderación de procesos y actividades | 58 |
| 2.1.4 Etapa IV: construcción del indicador..... | 59 |
| 2.1.5 Etapa V: aplicación del indicador y análisis de resultados. | 60 |
| 3 Resultados y discusión. | 63 |
| 3.1 Identificación del objeto de estudio..... | 63 |
| 3.1.1 Población de estudio | 63 |
| 3.1.2 Plan de muestreo..... | 64 |
| 3.1.3 Etapa I: Selección de los expertos..... | 66 |
| 3.1.4 Etapa II: Diseño del instrumento | 70 |
| 3.1.5 Etapa III: Ponderación de procesos y actividades..... | 72 |
| 3.1.6 Etapa IV: Construcción del indicador | 76 |
| 3.1.7 Etapa V: Aplicación del indicador y análisis de resultados | 77 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 3.2 | Análisis estadístico de resultados | 78 |
| 3.2.1 | Análisis descriptivo | 79 |
| 3.2.2 | Mercado | 79 |
| 3.2.3 | Tamaño | 80 |
| 3.2.4 | Proceso 1: diseño verde | 80 |
| 3.2.5 | Proceso 2: compras verdes | 82 |
| 3.2.6 | Proceso 3: manufactura verde | 82 |
| 3.2.7 | Proceso 4: distribución verde | 84 |
| 3.2.8 | Proceso 5: marketing verde | 86 |
| 3.2.9 | Proceso 6: innovación verde | 88 |
| 3.2.10 | Proceso 7: gestión de recursos humanos verde | 89 |
| 3.2.11 | Proceso 8: logística inversa | 90 |
| 3.3 | Análisis inferencial | 92 |
| 3.3.1 | Análisis comparativo mediante pruebas de hipótesis | 92 |
| 3.4 | Análisis multivariados | 98 |
| 4 | Conclusiones y recomendaciones finales | 107 |
| 4.1 | Conclusiones | 107 |
| 4.2 | Recomendaciones | 109 |

Lista de figuras

| | <u>Pág.</u> |
|--|-------------|
| Figura 1.1: Hilo conductor del marco teórico-referencial..... | 19 |
| Figura 1.2: Esquema simplificado de una cadena de abastecimiento..... | 20 |
| Figura 1.3: Presiones hacia las empresas y las estrategias ambientales que implementan | 23 |
| Figura 1.4: Estructura de cadena de suministro verde..... | 27 |
| Figura 1.5: Modelo conceptual propuesto para el enfoque GSCM..... | 29 |
| Figura 1.6: Modelos PSR, DSR y DPSIR..... | 39 |
| Figura 2.1: Estructura metodológica de la evaluación de desempeño ambiental con enfoque GSCM..... | 51 |
| Figura 3.1: Plano Factorial por actividades para el indicador de desempeño ambiental empresarial | 100 |
| Figura 3.2: Plano Factorial por empresas analizadas | 102 |

Lista de tablas

| | <u>Pág.</u> |
|--|-------------|
| Tabla 1-1: Evolución del concepto GSCM en las últimas dos décadas..... | 25 |
| Tabla 1-2: Procesos y actividades identificadas para el enfoque GSCM | 28 |
| Tabla 1-3: Principales procesos y prácticas identificados bajo el enfoque GSCM: | 32 |
| Tabla 1-4: Algunas tendencias de investigación en el enfoque GSCM | 34 |
| Tabla 1-5: Comparación de indicadores de desempeño ambiental frente al enfoque GSCM..... | 42 |
| Tabla 1-6: Distribución de las empresas en Caldas según su actividad económica y tamaño..... | 45 |
| Tabla 2-1: Variables usadas para medir el coeficiente de conocimiento de los posibles expertos..... | 53 |
| Tabla 2-2: Fuentes de información el propuestas para determinar el coeficiente de argumentación de los posibles expertos | 54 |
| Tabla 2-3: Patrón de puntaje asignado a las fuentes de argumentación declaradas por el experto..... | 55 |
| Tabla 2-4: Pruebas estadísticas a realizar en la prueba piloto..... | 57 |
| Tabla 2-5: Métodos de agregación de indicadores | 59 |
| Tabla 2-6: Métodos estadísticos seleccionados..... | 60 |
| Tabla 3-1: Tamaño de muestra mínimo por estrato | 65 |
| Tabla 3-2: Perfil requerido de expertos..... | 66 |
| Tabla 3-3: Listado de expertos potenciales | 67 |
| Tabla 3-4: Resultados obtenidos de Kc para cada experto potencial..... | 68 |
| Tabla 3-5: Resultados obtenidos de Kc para cada experto potencial..... | 69 |
| Tabla 3-6: Resultados obtenidos asociados con la competencia de cada experto potencial. | 69 |
| Tabla 3-7: Escala de Likert propuesta para la encuesta | 71 |
| Tabla 3-8: Pruebas de confiabilidad y validez a obtenidas al aplicar en el instrumento .. | 72 |
| Tabla 3-9: Índices de concordancia obtenidos para los procesos y actividades que componen el indicador compuesto de desempeño ambiental | 73 |
| Tabla 3-10: Ponderación obtenida para los procesos y actividades que componen el indicador compuesto de desempeño ambiental | 74 |
| Tabla 3-11: resultados del Indicador de desempeño ambiental obtenido para las empresas objeto de estudio | 77 |
| Tabla 3-12: Mercado de las empresas objeto de estudio | 79 |
| Tabla 3-13: Tamaño de las empresas objeto de estudio | 80 |
| Tabla 3-14: Resumen de frecuencias para el diseño verde | 80 |
| Tabla 3-15: Resumen de frecuencias para las compras verdes | 82 |
| Tabla 3-16: Resumen de frecuencias para la manufactura verde | 83 |
| Tabla 3-17: resumen de frecuencias para la distribución verde | 85 |
| Tabla 3-18: Resumen de frecuencias para el marketing verde | 87 |
| Tabla 3-19: Resumen de frecuencias para la innovación verde..... | 88 |
| Tabla 3-20: Resumen de frecuencias para la gestión de recursos humanos verde | 90 |

| | |
|--|----|
| Tabla 3-21: Resumen de frecuencias para la logística inversa | 91 |
| Tabla 3-22: Resultados obtenidos de la prueba Kolmogorov-Smirnov para los procesos verdes evaluados en la encuesta de desempeño ambiental empresarial. | 93 |
| Tabla 3-23: Cuadro resumen de prueba de hipótesis para mercado y tamaño de las empresas del sector manufacturero. | 94 |
| Tabla 3-24: Cuadro resumen de diferencias significativas entre procesos | 95 |
| Tabla 3-25. Correlación Ordinal de Spearman | 97 |

Lista de Símbolos y abreviaturas

| Abreviatura | Término |
|-------------|-------------------------------------|
| GSCM | Green Supply Chain Management |
| EPI | Environmental Performance Indicator |
| GD | Diseño verde |
| GP | Compras verdes |
| GM | Manufactura verde |
| GDi | Distribución verde |
| GMk | Marketing verde |
| GI | Innovación verde |
| GHRM | Gestión de recursos humanos verdes |
| RL | Logística inversa |

Introducción

La preocupación por el medio ambiente es creciente y tiene una dimensión global. Debido al impacto de la contaminación en todos los sistemas, numerosas regulaciones nacionales e internacionales, además de estándares para la protección del medio ambiente han aparecido con el fin de controlar la emisión de contaminantes, conservar la energía, los recursos naturales, el entorno natural, entre otros.

Las empresas son vistas como de foco de contaminación y por ello, reciben presiones externas como los clientes, el gobierno y la sociedad, al mismo tiempo que actores como los clientes internos, la alta dirección y las demás partes interesadas. De igual forma, a nivel empresarial, el medio ambiente se ha transformado en una variable estratégica. Autores como Sarkis (2012) y Petrovic et al., (2012) afirman que la implementación de prácticas de sostenibilidad ambiental tienen un impacto en los criterios de rentabilidad, calidad y en general en la competitividad de la organización.

Para hacer frente a estos escenarios las empresas implementan enfoques de gestión ambiental, como la gestión de cadenas de abastecimiento verde, definida como la Integración del pensamiento ambiental en la cadena de abastecimiento, incluyendo diseño, selección de materias primas, procesos de manufactura, entrega y manejo del producto después de su vida útil (Srivastava, 2007).

Sin embargo, para el caso del departamento de Caldas, no se conoce la forma como las organizaciones implementan dichas prácticas de sostenibilidad empresarial bajo el enfoque de gestión de cadenas de abastecimiento verde y qué tan representativas son estas prácticas para la disminución del impacto ambiental.

A partir de lo anterior, se ha planteado como objetivo de la presente investigación evaluar el estado actual de las prácticas de gestión verdes en las empresas manufactureras de

Caldas, a partir de la aplicación del enfoque de gestión de cadenas de abastecimiento verde.

En la revisión de la literatura se evidenció que actualmente no existe un indicador de desempeño ambiental empresarial que mida los procesos y actividades propuestos, bajo el enfoque de gestión de cadena de abastecimiento verde. A partir de lo anterior, se propuso un indicador compuesto por 8 procesos (diseño verde, compras verdes, manufactura verde, distribución verde, marketing verde, gestión de recursos humanos verde, innovación verde y logística inversa) y 32 actividades que componen el enfoque GSCM.

Una vez aplicado a 14 empresas manufactureras del departamento de Caldas, se observó que los procesos de diseño verde, compras verdes, manufactura verde y logística inversa están ampliamente implementados, mientras que la distribución verde, el marketing verde y la gestión de recursos humanos verdes están en una etapa incipiente de desarrollo.

En el análisis inferencial se encontró que los procesos de diseño verde, compras verdes y distribución verde presentan relaciones de interdependencia. Finalmente los análisis multivariados permitieron la detección de unas actividades verdes críticas para el éxito de la gestión ambiental empresarial en las empresas objeto de estudio. Las actividades corresponden al diseño de productos con menor gasto energético; la implementación de tecnologías enfocadas a reducir el consumo energético y los residuos en producción; la reducción del uso de sustancias en la producción y la implementación de programas para que los proveedores participen en la gestión ambiental de la empresa.

Entre los productos tangibles más relevantes de la tesis de maestría están: un capítulo del libro *Green supply chain management in agribusiness sector* que aborda los aspectos conceptuales del enfoque GSCM (Martínez & Sarache, 2015), un artículo de investigación: *environmental performance evaluation under a green supply chain approach* que expone los resultados más relevantes de la construcción y aplicación del indicador de desempeño ambiental empresarial (Sarache et al., 2015).

También se obtuvieron dos ponencias enviadas a eventos internacionales: la 49° Conferencia anual de CLADEA¹ 2014, en España y la 9° Conferencia Internacional de Ciencias Empresariales en Cuba. Al igual que, un informe de investigación: “Modelo para la evaluación del desempeño ambiental en empresas industriales. Aplicaciones en el sector manufacturero de Caldas”, apoyado por la Dirección de Investigaciones (DIMA) que contribuyó financieramente al desarrollo de la presente tesis y finalmente un informe de pasantía en la Universidad Central de las Villas, en la cual se obtuvo contacto con docentes expertos en métodos multicriterio (Martínez, 2014).

Para su presentación, el presente del documento se ha estructurado así: el Marco Teórico-referencial que permite construir las bases teórico- conceptuales del enfoque GSCM, así como el indicador de desempeño ambiental empresarial. Seguidamente, se presenta el Marco Metodológico, donde se exponen las cinco etapas principales propuestas para la construcción del indicador de desempeño ambiental empresarial, bajo el enfoque de gestión de cadena de abastecimiento verde. El tercer capítulo presenta los resultados obtenidos al aplicar la metodología propuesta en 14 empresas manufactureras de Caldas. Finalmente, se despliega un cuerpo de conclusiones y recomendaciones generales, que plantean futuras líneas de investigación.

¹ Congreso Latinoamericano de escuelas de Administración

1 Marco Teórico-referencial

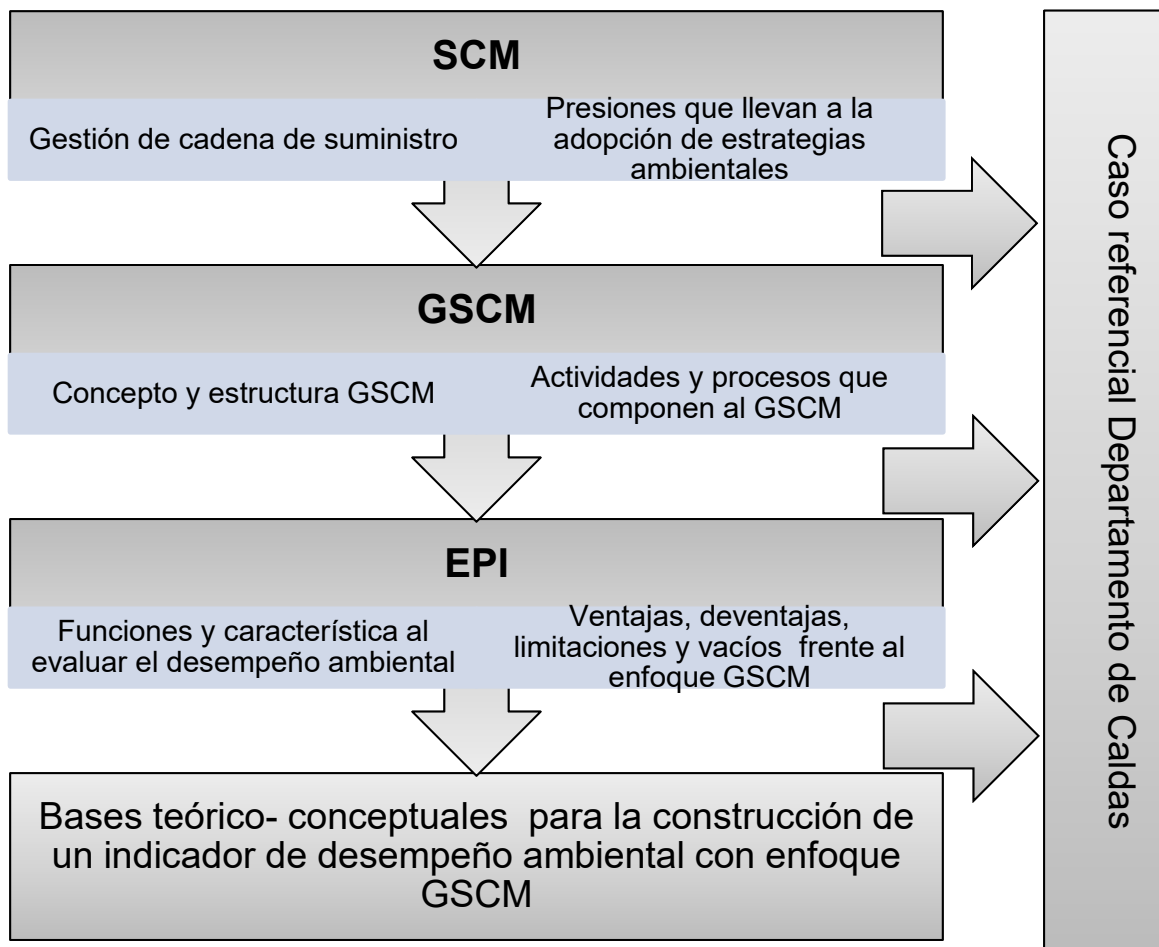
La estructura del marco teórico y referencial de la presente investigación se expone en el hilo conductor de la Figura 1.1 . Este se ha centrado en el análisis de tres componentes principales: el enfoque GSCM (*Green Supply Chain Management*), las actividades y procesos que componen dicho enfoque y las metodologías de evaluación desde el enfoque ambiental, específicamente los indicadores de desempeño ambiental. Un cuarto elemento incluido es el Marco referencial, asociado a los casos de aplicación de la gestión ambiental para Caldas.

El primer tema aborda el concepto de gestión de cadenas de abastecimiento (*Supply Chain Management, SCM*), las presiones que conducen a las empresas en la adopción de prácticas ambientales, entre ellas, el enfoque GSCM. El segundo tema inicia a partir de la construcción de un modelo conceptual del enfoque GSCM, las prácticas que componen el enfoque GSCM hasta la estructura actual y su rol en la gestión de cadenas de abastecimiento, así como las tendencias de investigación que se originan de este tema.

La tercera sección del capítulo se enfoca en los aspectos relevantes relacionados con la necesidad de evaluar el desempeño ambiental empresarial, involucrando conceptos básicos, funciones, características, clasificaciones detectadas en el estado del arte, requisitos para la aplicación de herramientas de evaluación del desempeño ambiental, al igual que las ventajas y limitaciones de una de estas herramientas, los indicadores de desempeño ambiental (*Environmental Performance Indicators, EPI*).

La cuarta sección aborda el marco referencial, en el que se presenta el estado actual del desempeño ambiental empresarial del departamento de Caldas, así como trabajos previos relacionados con el tema de investigación. Finalmente se exponen las conclusiones parciales del capítulo.

Figura 1.1: Hilo conductor del marco teórico-referencial



Fuente: elaboración propia (2015)

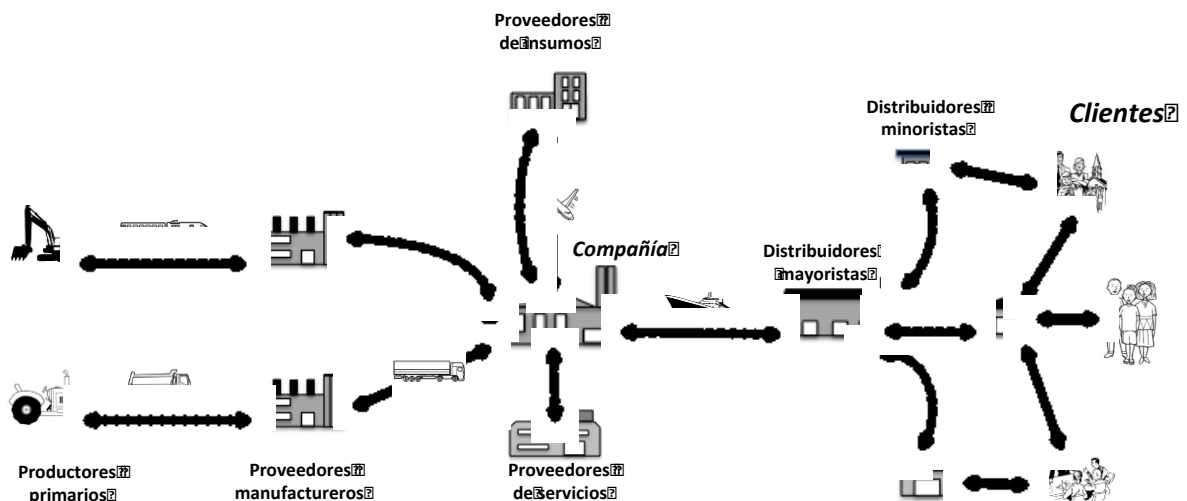
1.1 El enfoque Supply Chain Management

1.1.1 La gestión de cadenas de abastecimiento

Waters (2007) define la cadena de abastecimiento como una serie de actividades y organizaciones a través de las cuales se mueven los materiales y la información desde el proveedor inicial hasta el cliente final. De igual forma, Ballou (2004) afirma que la cadena de suministro es una colección de actividades funcionales repetidas a través de un canal en el cual la materia prima es convertida en producto terminado, con un valor agregado para los clientes. Ambos autores coinciden en la estructura básica de la cadena de suministro.

Como se expone en la Figura 1.2, una cadena de abastecimiento involucra a clientes, distribuidores (mayoristas y detallistas), manufactureros, proveedores de materiales, transportadores y proveedores de diversos servicios, entre otros.

Figura 1.2: Esquema simplificado de una cadena de abastecimiento



Fuente: Sarache (2013)

A su vez el *Council of Supply Chain Management Professionals*, (CSCMP, 2010), establece que la gestión de la cadena de abastecimiento "...abarca la planeación y gestión de todas las actividades involucradas en el suministro y adquisición, conversión y todas las actividades de gestión logística (...), esta además incluye la coordinación y colaboración

con los socios de la cadena, tales como proveedores, intermediarios, proveedores de servicios tercerizados y clientes”².

De acuerdo con Dyckhoff et al., (2004) este tópico se ha posicionado como de vital importancia en la industria y en el campo académico, debido a las relaciones de cooperación entre proveedores, clientes y otros actores de la cadena de suministro para lograr un alto valor agregado.

De igual forma, Sarache (2013) afirma que de acuerdo la interdependencia que se genera entre los eslabones de la cadena de abastecimiento, cada empresa tiene como responsabilidad primaria enlazar internamente las principales áreas funcionales y los procesos de la empresa con otras compañías, en un modelo de negocio coherente y de alto desempeño. Esto incluye además de las actividades logísticas, las operaciones de manufactura coordinadas con los procesos y actividades de marketing, ventas, diseño de productos, gestión de recursos humanos, I+D, finanzas y compras, entre otras.

Mollenkopf et al., (2009) afirman que existen tres grandes tendencias de la cadena de suministro, que en particular, están convergiendo para crear un entorno empresarial cada vez más complejo: un movimiento hacia iniciativas verdes, la utilización de los procesos esbeltos y la globalización. Estas tendencias surgen como respuesta a las presiones que enfrentan las organizaciones.

1.1.2 Presiones que llevan a las empresas manufactureras a la adopción del enfoque verde

Las empresas manufactureras son vistas como uno de los mayores focos de contaminación por sus actividades de producción, descargas a cuerpos hídricos y emisiones a la atmósfera. Generalmente, buena parte del aparato empresarial adopta modelos de negocio en los cuales el medioambiente se considera como una fuente generadora de gastos más que de beneficios. Tampoco es visto como un frente de responsabilidad desde el cual se debe rendir cuentas a los clientes, al gobierno y a la sociedad en general. Esta situación se ha identificado como la principal causa por la cual en los últimos años se ha venido dando una proliferación de normas y regulaciones

² Traducción propia

dirigidas a controlar y mitigar las afectaciones al medio ambiente que son generadas desde el aparato productivo (Herva et al., 2011; Brent & Visser, 2005).

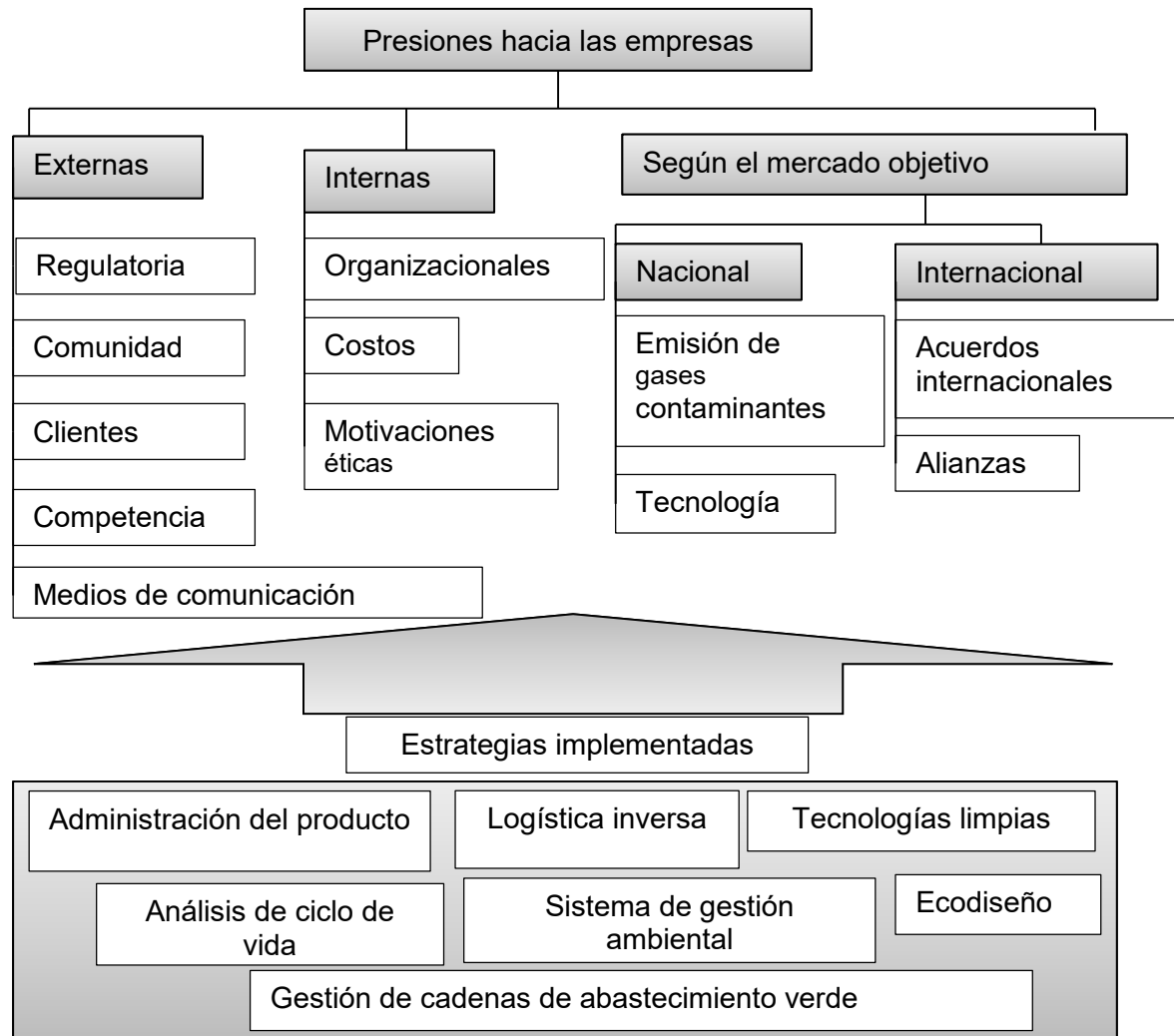
Bajo este contexto, las organizaciones se enfrentan a presiones internas y externas. Las presiones externas están relacionadas con las exigencias de protección del medio ambiente por parte de los clientes (presión del mercado), las regulaciones gubernamentales (presión regulatoria) y la competencia empresarial (presión de la competencia). Las presiones internas pueden ser preventivas y reactivas. Las presiones preventivas son derivadas de la cultura organizacional y la percepción de los empleados sobre un riesgo ambiental creado por la organización, mientras que las presiones reactivas son generadas por los costos asociados a las prácticas ambientales (Walker, et al, 2008). Otros factores influyentes provienen de motivaciones éticas y las presiones organizacionales generadas por actores de la cadena de abastecimiento, como los proveedores y los *stakeholders*³. Tales presiones pueden recaer sobre la alta dirección, los accionistas, los proveedores o los empleados (Searcy, 2011) y, de una u otra manera, conllevan al mejoramiento de procesos, productos, servicios y prácticas de gestión dirigidas a mejorar el desempeño organizacional a nivel ambiental (Xu et al., 2013; Zhu et al., 2005).

Las organizaciones responden a presiones internas y externas, así como a presiones específicas relativas al tipo de empresa y su modelo de negocio. Este conjunto de presiones no son excluyentes entre sí; por ejemplo, una compañía con operaciones globales podría verse enfrentada a un mercado con mayores restricciones ambientales en relación a los materiales usados en el producto, a presiones de los empleados exigiendo la eliminación de materiales contaminantes en el proceso, así como a políticas internacionales sobre el uso de transportes que generen mayor cantidad de gases de efecto invernadero, entre otras.

Las relaciones entre las presiones descritas, se esquematizan en la Figura 1.3. También se identifican algunas de las estrategias aplicadas por la industria para mejorar su desempeño ambiental.

³ Quienes pueden afectar o son afectados por las actividades de una empresa (Freeman & Moutchnik, 2013).

Figura 1.3: Presiones hacia las empresas y las estrategias ambientales que implementan



Fuente: elaboración propia a partir de Parry (2012); Holt & Ghobadian (2009).

Como se observa en la Figura 1.3, la adopción de estrategias ambientales obedece a las necesidades específicas de cada empresa. Algunas de estas estrategias se enfocan en el diseño del producto tales como el análisis de ciclo de vida y el ecodiseño (Short et al., 2012); otras, como la producción limpia, la manufactura ambientalmente consciente y el reciclaje, se orientan hacia la reducción de residuos generados en el proceso de transformación (Deif, 2011). Existen también estrategias aplicadas a los sistemas de gestión y a los procesos de mejora continua, tales como los sistemas de gestión ambiental y la administración del producto (Lin & Sheu, 2012).

En particular, el enfoque de gestión de cadenas de abastecimiento verde (GSCM), es uno de los que mayor interés ha generado entre los investigadores y los empresarios durante los últimos 15 años (Lin et al., 2011; Nadine, 2013), pues implica un nuevo paradigma que integra y equilibra los intereses económicos con la responsabilidad ambiental de las organizaciones desde la primera materia prima, hasta el consumo y posconsumo del producto final (Vachon & Klassen, 2006). El propósito fundamental del enfoque GSCM es incluir el desempeño ambiental como una nueva prioridad competitiva dentro de la estrategia organizacional y de manufactura. Para tal fin, se concentra en evitar operaciones, flujos de material y de energía innecesarios a lo largo del ciclo de vida de cada producto con miras a garantizar una producción eficiente y ambientalmente sostenible (Hui et al., 2001).

1.2 Concepto y estructura del enfoque GSCM

El enfoque GSCM surge como un forma de integrar la gestión ambiental en las organizaciones y responder a las presiones internas y externas, así como parte de la adopción de políticas de responsabilidad social empresarial (Vachon & Klassen, 2006). El enfoque GSCM incluye consideraciones ambientales en todas los eslabones de la cadena de abastecimiento, desde el diseño de producto, la selección de proveedores y los procesos de compra hasta las operaciones de manufactura, distribución, venta y el manejo de productos después de terminar su ciclo de vida.

Actualmente no hay consenso en el concepto GSCM. Por el contrario, se encontró que este varía en dependencia del enfoque aplicado por cada investigador (Ahi & Searcy, 2013). Algunas de las definiciones detectadas en el estado del arte, así como los procesos y actividades que cada autor ha ido incorporando a lo largo del tiempo en el alcance del concepto GSCM, se resumen en la Tabla 1-1.

Tabla 1-1: Evolución del concepto GSCM en las últimas dos décadas

| Fuente | Definición GSCM | Prácticas verdes involucradas |
|-------------------------|--|---|
| Green et al. (1997) | Modo en el cual las innovaciones en SCM y las compras pueden ser consideradas en el contexto medioambiental. | Regulación de compras en el cumplimiento de normas para generar ganancias. Incentivar la excelencia entre proveedores. Colaboración para sustitución de procesos. |
| Min. & Galle. (2001) | Hacer "verde" el producto (ambientalmente razonable), desarrollando empaques reutilizables, conservación de energía, reducción de residuos, reciclaje y la creación de una cultura organizacional ambientalmente sensible. | Reciclaje y reutilización del producto en las etapas de manufactura y distribución. Desarrollo de empaques verdes por parte de los proveedores. Selección de proveedores con base los costos por manejo de residuos. Inclusión del medio ambiente como prioridad competitiva. Desarrollo de cultura corporativa sensible al medio ambiente. |
| Sheu et al. (2005) | La combinación de la cadena de suministro en la manufactura del producto y de la cadena de logística inversa del producto utilizado. | Diseño de productos reutilizables. Colaboración empresa-cliente para el retorno del producto. Integración de logística inversa en la cadena de suministro. |
| Srivastava (2007) | Integración del pensamiento ambiental en la cadena de abastecimiento, incluyendo diseño, selección de materias primas, procesos de manufactura, entrega del producto y el manejo del producto después de su vida útil. | Adopción de las 6 R's (reutilizar, reusar, reciclar, recanibalizar, remanufacturar, logística inversa, entre otros). Reducción en la fuente. Control de la polución. Planeación para reducir la sobreproducción. Diseño ambientalmente sostenible. Programación de procesos de desensamble. |
| Seuring et al. (2008) | El manejo de material y flujos de información también como la cooperación de las compañías a lo largo de la cadena de abastecimiento, teniendo como objetivo el desarrollo sostenible, económico y social incluyendo los requerimientos de los <i>stakeholders</i> . | Colaboración proveedor-empresa. Uso de estándares como ISO 14001. Integrar el desempeño ambiental y social con los proveedores. |
| Albino et al. (2009) | Un enfoque estratégico dirigido a ampliar las medidas ambientales a toda la cadena de suministro. | Eficiencia energética como objetivo ambiental. Implementación de sistemas de gestión ambiental. Diseño concurrente con proveedores. |
| Parmigiani et al.(2011) | El impacto de las cadenas de suministro en el desempeño ambiental. | Reducción de huella de carbono, prevención de la polución, ISO 14001, manufactura ambientalmente segura, eliminación de materiales peligrosos, sustitución de materias primas, análisis de ciclo de vida, alianzas eficaces, |

| | | |
|--------------------------|--|---|
| | | desarrollar planes de cumplimiento, educación ambiental. |
| Buyukozkan et al. (2011) | Una forma de alcanzar ganancias y aumentar participación en el mercado mediante la reducción de impactos ambientales y el aumento de la eficiencia ecológica. | La responsabilidad social como criterio para selección de proveedores. Imagen verde como estrategia de marketing. Uso de tecnologías y materiales ambientalmente amigables. Cumplimiento de políticas ambientales, participación en proyectos ecológicos. Certificaciones ambientales. Control de polución. |
| Sarkis (2012) | Integración de prácticas verdes a lo largo de toda la cadena de abastecimiento, incluyendo las áreas funcionales como compras, producción y ventas, desde una visión estratégica, táctica y operativa. | Gestión, selección, auditoría y colaboración con proveedores. Reciclaje, reutilización, recuperación, y logística inversa. Análisis del ciclo de vida. Ecología industrial. Ecodiseño y diseño para el medio ambiente. Responsabilidad extendida. Administración del producto. |
| Andic et al. (2012) | Minimizar y preferiblemente eliminar los efectos negativos de la cadena de suministro en el medio ambiente. | Cooperar con empresas en prácticas amigables con el ambiente. Reducir los residuos mediante la reparación y reutilización, restauración, remanufactura, recanibalización y reciclaje. |

Fuente: elaboración propia con base en los referidos autores.

Como puede observarse, el enfoque GSCM se ha venido consolidando a lo largo del tiempo. En las primeras contribuciones, este se centró en los procesos de selección de materiales, las compras y la producción (Green et al., 1997). Dichos procesos estaban inicialmente dirigidos a la reducción de los vertimientos y a disminuir costos causados por la selección de las materias primas. Luego se expandió a otras etapas más allá del proceso productivo, integrando el desarrollo de los productos, la consolidación de una cultura ambiental y la gestión de recursos para proteger el medio ambiente en alianzas con los proveedores (Sheu et al., 2005).

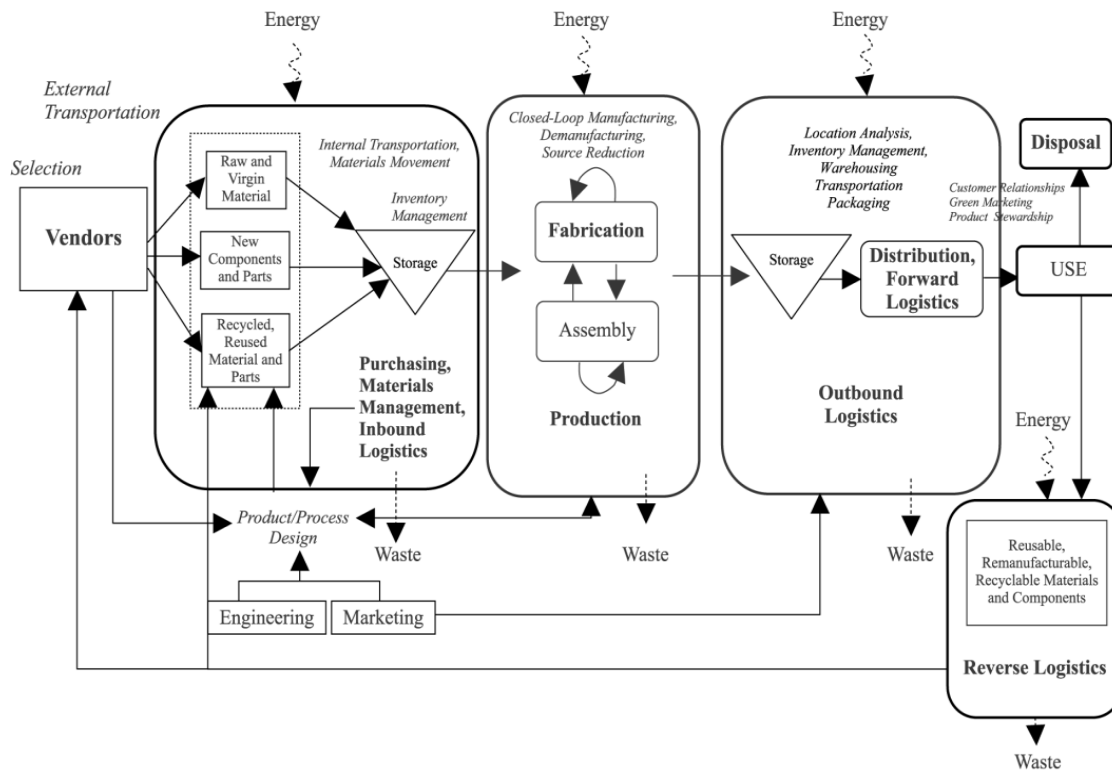
Posteriormente, a la par con la evolución del concepto de cadena de abastecimiento, otros actores como los distribuidores, los clientes y los operadores de servicios logísticos fueron involucrados en la formulación de la estrategia ambiental (Seuring et al., 2008; Nunes & Bennet., 2010; Shi et al., 2012). De acuerdo con Martínez & Sarache (2014), el proceso evolutivo del enfoque GSCM, se dio a la par con el surgimiento y desarrollo de otras

tendencias de tipo ambiental como la producción limpia, la manufactura ambientalmente consciente, el ecodiseño y la logística inversa.

1.2.1 Estructura de la cadena de abastecimiento verde

El concepto de gestión de cadenas de abastecimiento implica la integración de proveedores, manufactureros, distribuidores y clientes (Ballou, 2004). En esta vía, la estructura de un enfoque GSCM también debe sustentarse en un esquema que integre a los actores y áreas funcionales que intervienen a lo largo de la cadena de abastecimiento. La revisión del estado del arte permitió detectar que las contribuciones de Hervani et al. (2005), Srivastava (2007), Toke et al. (2010) y Al-Odeh, & Smallwood (2012) son las que mejor se aproximan a dicho enfoque. A manera de ejemplo, la Figura 1.4 expone la estructura simplificada de la cadena de abastecimiento verde propuesta por Hervani et al. (2005).

Figura 1.4: Estructura de cadena de suministro verde



Fuente: Hervani et al (2005)

Hervani et al., (2005) incorpora, los conceptos de compras verdes, manufactura verde, gestión de materiales verde, distribución verde, marketing verde y logística inversa. Por su parte, Srivastava (2007) los integra todos en tres procesos generales: diseño y operaciones verdes, logística en reversa y distribución verde. La propuesta de Toke et al. (2010) divide todos los procesos en entradas y salidas e involucra actividades tales como diseño verde (productos y empaques), marketing verde, compras verdes, producción verde y transporte sostenible.

Otra clasificación es hecha por Green et al., (2012), quienes incluyen prácticas como: las compras verdes, la cooperación con proveedores, el ecodiseño y la recuperación de la inversión, así como variables relacionadas con el desempeño operacional, el desempeño organizacional, y la inclusión de un sistema de información integral, diseñado para impactar positivamente el desempeño ambiental.

Finalmente Al-Odeh, & Smallwood (2012) incluyen diseño y empaque sostenible, producción sostenible, transporte sostenible, marketing sostenible y compras sostenibles. La Tabla 1-2 sintetiza las contribuciones de los mencionados autores en relación con los procesos y actividades forman parte del enfoque GSCM.

Tabla 1-2: Procesos y actividades identificadas para el enfoque GSCM

| Autor y año | Procesos propuestos |
|-----------------------------|--|
| Hervani et al. (2005) | Compras verdes, manufactura verde, gestión de materiales, distribución verde, marketing verde y logística inversa. |
| Srivastava (2007) | Diseño verde y operaciones verdes, logística inversa y distribución verde. |
| Toke et al (2010) | Compra, materiales y logística de entrada; producción; distribución y logística de Salida; logística inversa |
| Al-Odeh, & Smallwood (2012) | Diseño y empaque sostenible; producción sostenible; transporte sostenible y marketing; y compras sostenibles. |

Fuente: elaboración propia basada en los aportes de Martínez & Sarache (2014) y los citados autores.

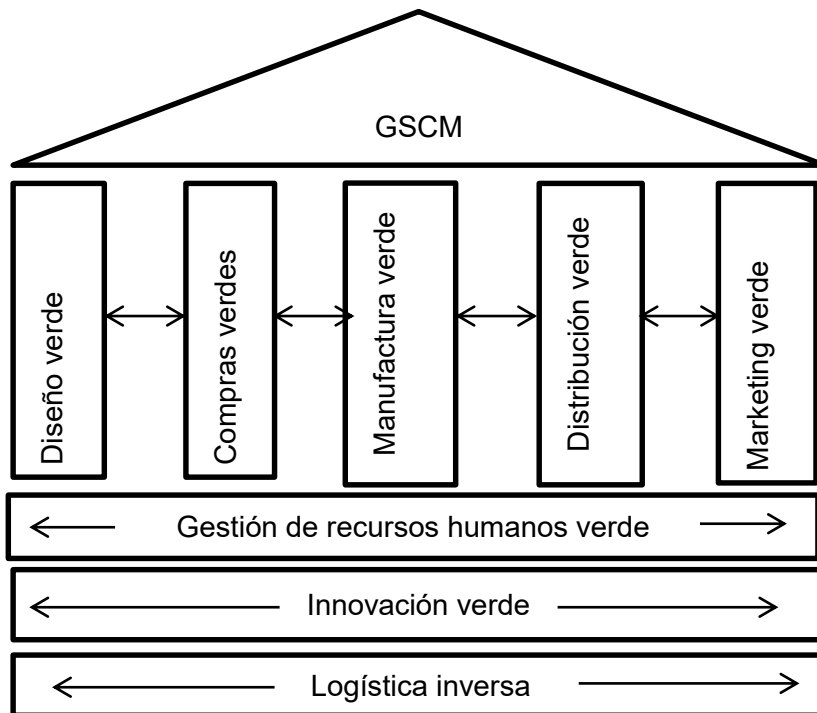
1.2.2 Modelo conceptual propuesto para el enfoque GSCM

Aunque la revisión del estado del arte permitió detectar un conjunto de contribuciones que se sustentan en una integración de actores y funciones como las señaladas en la Tabla 1-2 también se encontró que existen procesos importantes que no fueron considerados por estos autores, como la innovación verde y la integración de procesos en reversa

planteados por Seman et al., (2012) y Akdoğan et al., (2012), respectivamente. También resulta importante destacar que en las contribuciones referidas en las Tablas 1.1 y 1.2, no se había considerado al recurso humano como parte del enfoque GSCM. Sin embargo, Renwick (2013) incluyó el concepto de gestión de recursos humanos verde (*Green Human Resources Management, GHRM*) como parte integral de dicho enfoque. Esta contribución se considera fundamental, ya que son las personas las encargadas de desarrollar políticas, orientar decisiones y de construir una cultura organizacional alrededor del tema ambiental.

Con base en lo anterior, la Figura 1.5 expone un modelo conceptual basado en una contribución previa de Martínez & Sarache (2014), en el cual se sintetizan los dos grandes elementos que, a juicio de esta investigación, deben ser considerados en el enfoque GSCM: los procesos y las actividades. Los procesos son todas aquellas etapas identificadas en el enfoque GSCM. Por su parte, las actividades se refieren al conjunto de prácticas verdes que se desarrollan dentro de cada uno de los procesos.

Figura 1.5: Modelo conceptual propuesto para el enfoque GSCM



Fuente: elaboración propia con base en Martínez & Sarache (2014)

1.2.3 Procesos del enfoque GSCM

Los procesos que se proponen en la Figura 1.5 intentan seguir la ruta de la cadena de abastecimiento de cualquier producto, desde el aprovisionamiento, hasta la distribución y recuperación de los materiales e insumos retornables. Se incluyen el diseño verde, las compras verdes, la manufactura verde, la distribución verde y el marketing verde. Por otro lado, existen procesos que permean a la organización y cuyo soporte permite el desarrollo y mejora de los procesos descritos inicialmente. Estos incluyen la gestión de recursos humanos verde, la innovación verde y la logística inversa.

El diseño verde se concibe como el diseño de producto bajo estrictas premisas de protección al medio ambiente y la salud de la población (Srivastava, 2007). Sus actividades se centran en la sustitución de materiales contaminantes por materiales más ecológicos, así como la introducción de cambios estructurales en los productos con el fin de generar menos residuos y facilitar su inclusión en la llamada cadena de suministro de ciclo cerrado (Keeping & Shiers, 2001). Por su parte, las compras verdes se refieren a la adquisición de productos y servicios con bajo impacto en la salud humana y en el medio ambiente, en comparación con productos o servicios de la competencia que sirven al mismo propósito, (Zelbst et al., 2012),

La manufactura verde se centra en la adopción de tecnologías limpias y actividades de planeación orientadas a la reducción de consumo y de emisiones, al igual que el tratamiento y aprovechamiento de residuos (Srivastava, 2007). La distribución verde aborda el impacto ambiental de las actividades posteriores a la fabricación, a través de todas las etapas del proceso de comercialización hasta que el producto llega al consumidor final (Srivastava, 2007). El marketing verde se centra en la comercialización de productos seguros para el medio ambiente, así como en el desarrollo de estrategias de colaboración con los canales de distribución para reducir los efectos ambientales (Grant, 2008).

La gestión de recursos humanos verde se refiere a la gestión de recursos humanos centrada en aspectos concernientes a la gestión ambiental (Renwick, 2013); aborda actividades como el desarrollo de habilidades verdes, entrenamiento de los empleados en la gestión ambiental de la organización y decisiones relacionadas con los impactos ambientales, entre otros (Wagner, M. 2012). La innovación verde se enfoca en reducir o evitar el daño en el medioambiente, no solo en la fase de diseño de productos, sino en todos los eslabones de la cadena de abastecimiento con miras a reducir la huella ambiental

(Seman et al., 2012). Finalmente, la logística inversa se relaciona con el proceso de recuperación y creación de valor añadido mediante el uso de productos y materiales de retorno (Jack et al, 2010; Pokhare & Mutha, 2009).

1.2.4 **Prácticas del enfoque GSCM**

El estado del arte permitió identificar una serie de prácticas⁴ que soportan los procesos asociados al enfoque GSCM. Por tanto, el diseño verde, el marketing verde, las compras verdes, la manufactura verde, la distribución verde, la gestión de recursos humanos verdes, la innovación verde y la logística inversa, se componen de un conjunto de actividades necesarias para lograr su implementación. Por ejemplo, la manufactura verde, que tiene como fin mejorar la producción sostenible, abarca actividades como las 6 R's (reciclar, reusar, remanufacturar, recanibalizar, reutilizar y reducción en la fuente), así como la planeación de la producción de los materiales reciclados y la intensificación de procesos, entre otras (Sriwastrava, 2007).

Las actividades detectadas, se obtuvieron de la revisión académica en bases de datos (*Science Direct* y *Scopus*), trabajos asociados y documentos gubernamentales. Una vez filtrada la información, se seleccionaron aquellas contribuciones relevantes para el enfoque GSCM. Posteriormente se llevó a cabo un proceso de refinación, hasta llegar a un grupo más consistente de 32 actividades que, como se muestra en Tabla 1-3. En general los trabajos analizados en el Marco teórico referencial, se consideran como contribución relevantes en el estado del arte.

El estado de la práctica se obtuvo a través de la revisión de trabajos asociados a las prácticas verdes y la gestión ambiental empresarial, como los realizados por Zapata & Tamayo (2009), donde se recopilaron las prácticas de gestión ambiental más empleadas por las empresas manufactureras en Manizales, así como su relación con la productividad empresarial. También se analizaron trabajos de enfoque similar, como la tesis realizada por Velásquez (2012), donde analiza el enverdecimiento de la cadena de abastecimiento en las empresas manufactureras bogotanas.

⁴ Para este caso se usa indistintamente las prácticas y actividades

Otros documentos analizados son de índole gubernamental. Entre esos documentos se destaca el publicado por la CEPAL (2005), donde se expone el comportamiento de la gestión ambiental del sector privado, así como los requerimientos para su mejora. Otro documento relevante es el Plan de Gestión Ambiental Regional realizado por CORPOCALDAS (2011), donde se exponen las métricas que deben emplearse para determinar la gestión ambiental de la región.

En general los trabajos analizados en el marco referencial, se consideran como relevantes para la detección de los procesos y actividades verdes.

Tabla 1-3: Principales procesos y prácticas identificados bajo el enfoque GSCM:

| Proceso | N | Prácticas |
|--------------------|----|--|
| Diseño verde | 1 | Eliminar el uso de sustancias peligrosas desde el diseño de producto. |
| | 2 | Reducir en la fuente al evitar la generación de residuos en el uso del producto, desde la etapa de diseño. |
| | 3 | Diseñar productos que tengan un menor gasto energético en proceso y uso. |
| | 4 | Diseñar productos que incluyan las condiciones para remanufacturar y desensamblar. |
| Compras verdes | 5 | Dar participación a los proveedores en la gestión ambiental de la empresa. |
| | 6 | Exigir certificaciones de índole ambiental a los proveedores. |
| | 7 | Gestionar la compra de materiales no contaminantes o agotadores de la capa de ozono. |
| | 8 | Implementar el uso de 6 R's en procesos de compra. |
| Manufactura verde | 9 | Implementar el uso de tecnologías limpias para el proceso productivo. |
| | 10 | Reducir el uso de sustancias peligrosas en los procesos de fabricación. |
| | 11 | Reducir la generación de residuos a partir de materia prima reciclada en el proceso productivo. |
| | 12 | Implementar planes de ahorro energético en los procesos productivos. |
| | 13 | Implementar normas de índole ambiental en la organización. |
| Distribución verde | 14 | Disminuir las emisiones que generan un impacto en la población y el ecosistema. |
| | 15 | Usar embalajes o empaques reciclables en la etapa de distribución |
| | 16 | Etiquetar los materiales con fines de recuperación. |
| Marketing verde | 17 | Seleccionar el transporte amigable o usar vehículos con tecnología limpia. |
| | 18 | Integrar el medioambiente como argumento de marketing |
| | 19 | Patrocinar eventos ambientales así como colaborar con organizaciones ecologistas. |
| | 20 | Cooperar con los clientes y los proveedores en la formulación de objetivos ambientales. |
| | 21 | Crear de ventaja competitiva a través del concepto del producto verde |

| | | |
|-----------------------------------|----|---|
| Innovación verde | 22 | Dar participación al cliente en el diseño/proceso del producto con miras a reducir el impacto ambiental. |
| | 23 | Apoyar la creación de centros de investigación para desarrollar productos verdes |
| Gestión de recursos humanos verde | 24 | Formar el personal en gestión ambiental |
| | 25 | Incluir como criterio de selección del personal la motivación y compromiso en la gestión ambiental. |
| | 26 | Crear programas de entrenamiento medioambiental para empleados y gerentes |
| | 27 | Involucrar a los empleados en la gestión ambiental de la empresa mediante el uso de recompensas económicas y/o estímulos. |
| Logística inversa | 28 | Caracterizar los residuos reutilizables y/o productos defectuosos, para su posterior mantenimiento, reparación y retorno. |
| | 29 | Implementar las actividades 6'R en la cadena de suministro. |
| | 30 | Tratar de forma integral las emisiones de contaminantes (SO ₂ , NO _x y demás) |
| | 31 | Crear un índice de protección del medio ambiente de la conservación de reciclaje, reducción de gases y energía. |
| | 32 | Emplear métodos medición del impacto ambiental al tratar los residuos generados. |

Fuente: Sarache, Costa & Martínez (2015)

En general las actividades detectadas están asociadas a los distintos procesos verdes que componen el enfoque GSCM. Autores como Kenneth et al., (2012) proponen que la implementación de estas actividades verdes generan impactos positivos en el mercado de la empresa y su rentabilidad.

Esta integración de actividades y procesos tiene como finalidad responder a las necesidades del gobierno, los clientes y la empresa, razón por la cual debe existir un método de evaluación en la cual se pueda validar el impacto que tiene la implementación de las prácticas verdes en las partes interesadas.

1.3 La construcción de indicadores de desempeño ambiental como tendencia de investigación en el enfoque GSCM

Como se ha planteado, en el estado del arte no hay un consenso entre el concepto y la estructura del enfoque GSCM. Dados los cambios sociales, políticos y económicos a nivel global, las presiones para la adopción de un enfoque verde en la gestión organizacional, han ido en aumento en los últimos años. Dicha situación, por tanto, ha generado un escenario fértil para la investigación científica en diversas líneas relacionadas con el tema

ambiental. Al analizar las contribuciones de algunos autores relevantes, fue posible detectar diversos temas sobre los cuales se pueden adelantar trabajos de investigación. Tabla 1-4 expone una síntesis de tales contribuciones.

Tabla 1-4: Algunas tendencias de investigación en el enfoque GSCM

| Autor y año | Tendencia propuesta |
|-----------------------------|---|
| Sarkis et al. (2011) | Direccionar las investigaciones hacia la resolución de problemas relacionados con la incertidumbre en la aplicación de las actividades de GSCM, la adaptación los sistemas complejos de la teoría del aprendizaje inter-organizacional en GSCM, el efecto de las interacciones de factores internos y externos que promueven las prácticas GSCM y el desarrollo de escalas de medida para la medición del desempeño GSCM. |
| Sheu & Talley (2011) | Clasifican las perspectivas de investigación de las cadenas de abastecimiento verde en cinco tópicos principales: planificación estratégica y los modelos operativos; estrategias de asignación de recursos; gestión de relaciones multilaterales; incentivos promocionales para la sostenibilidad de las cadenas de suministro verdes y por último la solución de casos prácticos. |
| Shi et al. (2012) | Enfocar las investigaciones a la planeación, programación y control de la producción en la que se incluyan los materiales reciclados o reutilizados en el proceso y la sustitución de materias primas contaminantes. |
| Cheng et al. (2012) | Investigar en temas relacionados con la intensificación de procesos para reducciones en el consumo de energía. |
| Andic et al. (2012) | Adelantar investigaciones asociadas a las motivaciones y barreras para que los consumidores sean “verdes”, en las que se incluyan las percepciones de los consumidores. |
| Lin (2013) | Adelantar investigaciones empíricas o estudios de caso para investigar sobre los factores y su influencia en la aplicación del enfoque GSCM en las industrias. |
| Mirhedayatian et al. (2013) | Determinación de medidas del desempeño GSCM que no sólo considere los insumos iniciales y los resultados finales e incluyan las relaciones entre los eslabones de la cadena. Recomienda estudiar con mayor profundidad la compleja estructura interna del GSCM y la variabilidad de sus interrelaciones. |
| Muduli et al. (2013) | Investigaciones que permitan cuantificar el impacto de cada factor en la implementación de las prácticas GSCM en las industrias. |
| Ahi & Sercy (2013) | Estudios de mayor profundidad que permitan determinar las inconsistencias que se presentan por la confusión en la conceptualización de GSCM al alcance adecuado en la formulación de teorías. |

Fuente: elaboración propia (2015) a partir de los citados autores

En Tabla 1-4 se observa que las tendencias de investigación son variadas en este campo de estudio, probablemente debido a la relativa novedad del enfoque GSCM. No obstante, al haber identificado el conjunto de procesos y actividades clave que conforman el enfoque

GSCM, una siguiente etapa en la exploración del estado del arte sugiere abordar las contribuciones relacionadas con las métricas existentes para medir el desempeño verde en las organizaciones. Esta iniciativa, no solo es consistente con los aportes de Sarkis et al. (2011) y Mirhedayatian et al. (2013) en el sentido de desarrollar escalas y estándares de medida para determinar la eficiencia de las prácticas verdes en el enfoque GSCM, sino que además resulta de gran importancia para los propósitos de la presente investigación.

1.3.1 Métricas para determinar la eficiencia de las prácticas verdes

La medición del desempeño en la búsqueda de sostenibilidad ambiental ha sido un problema importante para las empresas. En muchos casos estas emplean estándares mínimos sólo como un requisito para mantenerse dentro del marco regulatorio. De acuerdo con Hart & Milstein (2003), las empresas deben ir más allá del ordenamiento legal y crear mecanismos de control independientes, con el fin de fomentar una sostenibilidad efectiva que abarque las numerosas perspectivas y necesidades de los diferentes grupos de interés.

Los esfuerzos realizados para controlar el impacto de las cadenas de suministro sobre el medio ambiente, requieren medirse a través de un conjunto de indicadores apropiados (Giljum et al., 2011). Esta medición tiene varias ventajas, entre ellas, la caracterización de costos asociados a las prácticas ambientales y la evaluación de su eficiencia (Diabat & Govindan., 2011; Zhu et al., 2008), además de beneficios económicos, ambientales, de responsabilidad social, diferenciación en el mercado y otros otorgados en las regulaciones (Eltayeb, et al., 2010). Por esta razón es importante encontrar la forma de hacer frente eficazmente a la medición del rendimiento sostenible de la empresa (Atkinson et al., 1997, Neely et al., 2002 y Epstein, 2008).

Existen diversas definiciones sobre los indicadores de desempeño ambiental (*Environmental Performance Indicators*, EPI). Henri & Journeault (2008) afirman que los EPI representan medidas numéricas, financieras o no financieras, que proporcionan información clave sobre el impacto ambiental, el cumplimiento de normas, las relaciones con los socios y los sistemas de organización. Una definición más completa es aportada por Hournaux et al. (2014), quien enfoca a los EPI como un proceso interno y una herramienta de gestión diseñada para proporcionar a la dirección información fiable y verificable sobre una base en curso, con miras a determinar si el desempeño ambiental

está cumpliendo con los criterios establecidos. Los EPI representan mediciones cualitativas y cuantitativas, financieras o no financieras y proporcionan información importante sobre el impacto ambiental, cumplimiento regulatorio, relaciones con proveedores, empleados y sociedad y con los sistemas organizacionales (Henri & Journeault, 2008).

Existe un gran número de EPI en la literatura consultada, que involucran diversos enfoques de medición según provengan de organizaciones estatales, agencias no gubernamentales o de la esfera académica (Petrovic, et al., 2012). Una recopilación inicial fue realizada por Handfield et al (2002) quienes integraron de 52 indicadores de desempeño ambiental, asociados al proceso de compra, usados comúnmente en grandes empresas y ligados a la generación de residuos, la calidad del aire, logística inversa y eficiencia energética.

Algunos indicadores de agencias estatales y no gubernamentales han sido desarrollados progresivamente durante los últimos diez años por organizaciones como las Naciones Unidas, el Banco Mundial, el Instituto de Recursos Mundiales (*World Resources Institute*, WRI), el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo sostenible (OCDE) y el *Global Reporting Initiative*, GRI (OCDE, 1993).

Otros indicadores de desempeño fueron propuestos por la norma ISO 14031 (1999/2004), la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA) y el *Department of Environment Food & Rural Affairs* (DEFRA) en el Reino Unido (OCDE, 2003; Johnston & Smith, 2001; AEMA, 1999). Entre los investigadores que han desarrollado indicadores de desempeño ambiental se encuentran Herva et al. (2011), Perotto et al. (2008) y Tyteca (1999), entre otros.

1.3.2 Funciones y características de los indicadores de desempeño ambiental

Los EPI son una herramienta importante para la evaluación y control del desempeño ambiental de las empresas. Proveen a los decisores una fuerte base informativa para llevar a cabo el proceso de toma de decisiones, permitiendo la identificación y mejora de los puntos críticos de las organizaciones (Medel-Gonzales, 2012). Algunas funciones de los indicadores de desempeño ambiental son: medir el desempeño ambiental alcanzado, establecer acciones correctivas, como innovaciones de proceso, producto e implementación de estrategias de gestión, priorizar las acciones para lograr beneficios eficaces en menor tiempo, reportar el desempeño ambiental a las instancias reguladoras,

los clientes y la sociedad, demostrar las mejoras en el desempeño ambiental a *stakeholders* y aumentar la conciencia ambiental de los clientes internos, entre otros (Semarnat, 2014; Medel-Gonzales, 2012).

De acuerdo con la OCDE (2003) un EPI eficiente debe tener las siguientes características: ofrecer una visión de las condiciones y presiones ambientales, así como las respuestas de la sociedad o gobierno; ser sencillos, fáciles de interpretar y capaces de mostrar las tendencias a través del tiempo; responder a cambios en el ambiente y las actividades humanas relacionadas; proporcionar una base para comparaciones; ser aplicables a escala nacional o regional, según sea el caso; estar teórica y científicamente bien fundamentados; ser capaces de relacionarse con modelos económicos y/o de desarrollo, al igual que con sistemas de información; estar disponibles con una razonable relación costo/beneficio; estar bien documentados y gozar de calidad reconocida; ser actualizados a intervalos regulares con procedimientos confiables.

1.3.3 Clasificación de los indicadores de desempeño ambiental

Debido al gran número de indicadores de desempeño ambiental, ha habido varios intentos de categorizarlos. Las clasificaciones propuestas varían según si el indicador proviene de la academia, del sector gubernamental o de otras organizaciones. El enfoque de clasificación varía según el autor, pero existen unas tendencias generales como las propuestas por la Universidad de Yale, el *Global Reporting Initiative*, la OCDE y la norma ISO 14031:99.

En uno de los primeros estudios relacionados con este tema James (1994) propuso seis categorías distintas: producción, auditoría, indicadores ecológicos, indicadores contables, indicadores económicos y de calidad. Algunos trabajos como el de Herva et al., (2011) continúan con clasificaciones similares. En él sugieren cuatro tipos de EPI: indicadores de energía y flujos de materiales, indicadores de dimensión territorial, indicadores de evaluación del ciclo de vida e indicadores de evaluación de riesgos ambientales.

Petrovic et al., (2012) clasifica los indicadores de desempeño ambiental en indicadores de condición de gestión (ICG) e indicadores de condición operacionales (ICO). Los primeros se centran en los esfuerzos de gestión dirigidos a facilitar la infraestructura para la gestión ambiental y pueden abarcar, entre otros, los programas medioambientales, los objetivos y metas, la formación, los sistemas de incentivos, la frecuencia de auditoría, inspecciones *in*

situ, la administración y las relaciones comunitarias. Los segundos se concentran en los aspectos relacionados con las operaciones de la organización, incluyendo las actividades, productos o servicios y pueden cubrir temas tales como las emisiones, el producto y el reciclaje de materias primas, el consumo de combustible de la flota de vehículos o el uso de energía (Petrovic et al., 2012).

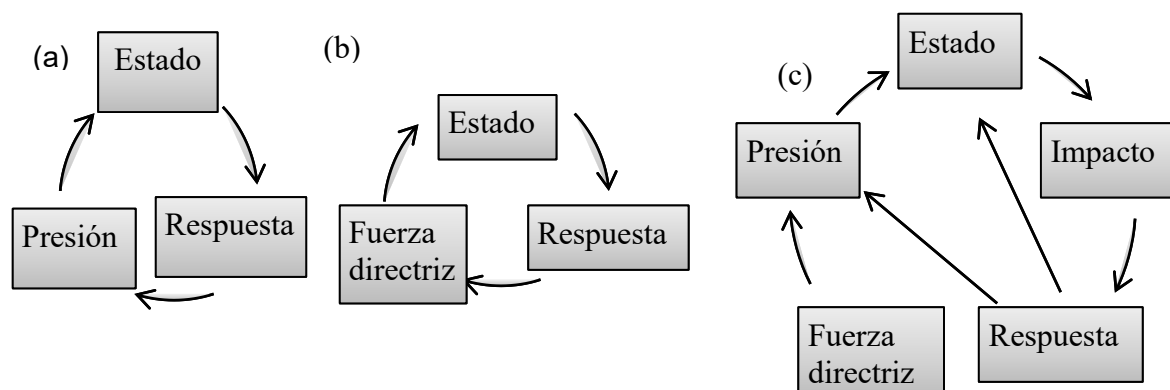
Por su parte, Jasch (2000) clasifica los indicadores de desempeño ambiental según la forma en que son expresados los valores y en función de su uso y la aplicación. Estas categorías son indicadores absolutos, indicadores relativos, indicadores indexados, representaciones globales y evaluaciones ponderadas. Otra propuesta para la clasificación está basada en la norma ISO 14031:1999.

Una clasificación ampliamente aceptada, es la propuesta por la OCDE (1993). En ella se relacionan las variables Presión- Estado-Respuesta-Fuerza Directriz-Impacto. En cada marco se reconoce una cadena causal mediante la cual se hace una distinción entre las fuerzas que actúan sobre el medio ambiente, los cambios que se generan como consecuencia y la reacción de la sociedad a estos cambios. La OCDE (1993), propone tres tipos modelos: modelos PSR (*Pressure-State-Response*), DSR (*Driving Force-State-Respond*) y DPSIR (*Driving Forces-Pressures-State-Impacts-Respond*). La diferencia entre ellos está en el grado en que se subdividen los pasos en la cadena causal (Figura 1.6)

El modelo (a) de la Figura 1.6 refleja el marco PSR que divide los indicadores en indicadores de presión, estado y respuesta a través de la siguiente premisa: "la presión sobre el medio ambiente de las actividades humanas y económicas, conducen a cambios en las condiciones de estado o ambientales que prevalecen como resultado de esa presión, y pueden provocar respuestas de la sociedad para cambiar las presiones y el estado del medio ambiente" (OCDE, 1999, p. 12). El segundo marco corresponde al modelo (b) (DSR); en este, la "presión de los componentes" se sustituye por el concepto de "fuerza motriz". Según la OCDE (1999, p. 14),

Por su parte, el modelo (c) corresponde al marco (DPSIR); este sigue esencialmente el mismo patrón general que los otros dos marcos, pero establece una distinción entre las fuerzas motrices indirectas tales como la evolución y las presiones, así como las emisiones que influyen directamente en el entorno social y económico (Niemeijer & Groot, 2008).

Figura 1.6: Modelos PSR, DSR y DPSIR



Fuente: tomado de Niemeijer & Groot (2008); OCDE (1993)

1.3.4 Requisitos para la medición del desempeño ambiental

Así como existen diversas formas de definir y clasificar la eficiencia de las prácticas ambientales, también se identificó que existen diversos puntos de vista sobre los requisitos a cumplir con miras a ser efectivos en su aplicación. Para el caso particular de un indicador, es crucial combinar la simplicidad requerida con la eficacia y la perspectiva científica necesaria para lograr fiabilidad de los procesos (Herva et al., 2011). Ride (2000), sugiere que los indicadores deberían idealmente tener las siguientes propiedades: universalidad (aplicable a muchas áreas / situaciones y escalas de medición), portabilidad (reproducibilidad), sensibilidad al cambio, simplicidad operacional, bajo costo, comparable en el tiempo y amplitud de uso (internacional).

Para Dale & Beyeler (2001), los EPI deben ser fáciles de medir, ser sensibles a las tensiones en el sistema, responder a los esfuerzos ambientales de manera previsible, predecir los cambios que pueden ser evitados por la administración, ser integradores (el traje completo de indicadores debe cubrir los gradientes ecológicos clave) y ser explicativos en relación con las respuestas de las perturbaciones, tensiones, cambios en el tiempo y variabilidad. Por su parte, Petrovic et al., (2012) establecen que los indicadores deben examinar sistemáticamente la interacción entre sistemas y su entorno y, por tanto, deben ser claramente definidos y reproducibles, sin ambigüedades, fáciles de entender, prácticos y sensibles a los cambios que se pretenden medir. Por otro lado, deben reflejar los intereses de los diferentes grupos y ser capaces de mostrar las tendencias a través del

tiempo, reflejar las políticas de la compañía y deben orientar las decisiones en todos los niveles de la sociedad y todas sus instituciones.

Kurtz et al., (2001) establecen que es necesario definir un conjunto de directrices con el fin de estructurar un EPI de forma adecuada. Para tal fin propone trabajar en cuatro fases: pertinencia conceptual, viabilidad de la aplicación, variabilidad de la respuesta e interpretación y utilidad. Cada fase se compone de 2 a 5 directrices que lleven a un máximo de 15. Tales directrices son: relevancia para la evaluación, importancia para el recurso o función ecológica en riesgo, viabilidad de los métodos de recolección de datos, viabilidad de la logística, viabilidad de la gestión de la información, viabilidad de la garantía de calidad, viabilidad de los costos monetarios, estimación del error de medición, periodo de aplicación, variabilidad temporal, variabilidad entre años, variabilidad espacial, capacidad discriminatoria, objetivos de calidad de datos, umbrales de evaluación y vinculación con las acciones de manejo. Finalmente, Niemeijer & Groot (2008) sugieren considerar 34 criterios, divididos en siete dimensiones así: científica, histórica, sistémica, intrínseca, financiera y práctica, requerimientos de datos y disponibilidad y la dimensión política y de gestión.

1.3.5 **Los indicadores desempeño ambiental frente al enfoque GSCM.**

La OCDE (2008) ha propuesto y clasificado el desarrollo de indicadores con enfoque ambiental en cuatro grupos: 1) índices⁵ basados en ciencias naturales, como el índice de toxicidad, la demanda biológica de oxígeno y el de calentamiento global; 2) índices para la evaluación de políticas que, en general, están ligadas a aspectos normativos o metas; 3) índices basados en un marco de cuentas nacionales, que incluyen las “cuentas verdes”, el índice de "*genuine savings*" del Banco Mundial, la “huella ecológica” (WWF, 2000) y “requerimiento total de materiales” (WRI et al., 1997), y 4) índices sinópticos que, mediante un conjunto muy reducido de valores, pretenden ofrecer una visión sintética de un aspecto complejo, como los índices de presión de Eurostat, el índice de desarrollo humano y los índices de sustentabilidad ambiental (OECD, 2001).

⁵ Un Índice es un conjunto agregado de indicadores (OCDE,2008)

Una de las ventajas de los índices, es que pueden integrar un gran conjunto de información en un solo valor. De esta forma, se reduce la complejidad de la información al analizar múltiples perspectivas que, de otra forma, generan conflicto. Además tienen una alta capacidad de integrar y resumir diferentes aspectos de un tema y son fáciles de interpretar por su capacidad de síntesis. Generalmente su construcción a menudo supone una implementación por fases partiendo del cálculo de indicadores referidos a los sub-sistemas investigados (CEPAL, 2009).

El principal reto de los indicadores es reflejar la situación objeto de estudio. La adecuada selección de integración de variables y subsistemas que lo componen, son algunas de las condiciones necesarias para lograr esta cualidad.

Sin embargo, los EPI no están exentos de limitaciones y desventajas generales, ya que pueden proveer mensajes confusos y no robustos si los indicadores están mal contruidos o interpretados. Ello obliga a que durante su proceso de construcción se realicen análisis de sensibilidad y robustez. Otra limitación es el posible sesgo al limitar las variables y dimensiones que componen el indicador. Para disminuir las desventajas y garantizar su validez, se emplea como método el cálculo de sub-indicadores que representen el comportamiento de los distintos subsistemas que componen la representación que se desea estudiar.

Con el fin de detectar la existencia de indicadores para medir el desempeño ambiental con base en el conjunto de procesos y actividades que fueron propuestos para el enfoque GSCM, se realizó una revisión de bibliografía especializada en las bases de datos Scopus, *Emerald*, *Science Direct* y en documentos de reconocidas agencias ambientales, para el período comprendido entre 1990 y 2014. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 1-5.

Tabla 1-5: Comparación de indicadores de desempeño ambiental frente al enfoque GSCM

| AUTORES | Compras verdes | Manufactura Verde | Distribución verde | Marketing verde | Logística inversa | Diseño verde | Innovación verde | Gestión de recursos humanos verde |
|-----------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------|--|
| Grant (1991) | | | | | X | | | X |
| Gungor & Gupta (1999) | | X | | | X | | | |
| Beamon(1999) | | X | | | X | | | |
| EEA (1999) | | | | | X | | | |
| Zsidisin & Siferd (2001) | X | X | X | | X | X | X | |
| EEA (2001) | | X | | | X | | | X |
| Hervani et al. (2005) | X | X | | | X | X | X | |
| Hermann et al. (2007) | X | X | X | | | | X | |
| Shang & Li (2010) | | X | | | | | | |
| Gupta & De Sai (2011) | | | | | | | | X |
| GRI (2011) | | X | X | | X | | | |
| Comoglio & Botta (2012) | | X | | | X | | | |
| Kafa et al. (2013) | X | X | X | | X | X | | |
| Manfredi & Goralczyk (2013) | | | | | X | | | |
| GRI (2014) | | X | X | | X | | | X |

Fuente: elaboración propia (2015) a partir de los autores citados.

Los resultados resumidos en la Tabla 1.5 permiten concluir que, en la literatura consultada, no existe un indicador compuesto que permita medir de forma integral el desempeño ambiental con enfoque GSCM. Por tanto, es necesario desarrollar un indicador que integre los procesos y actividades de la cadena de suministro verde para detectar las limitaciones que encuentran las organizaciones al implementar actividades verdes. Este debe además permitir hacer una exploración de la forma actual como las organizaciones enfrentan los nuevos retos ambientales y económicos, así como dimensionar el estado actual de las prácticas ambientales que proponen en la literatura.

1.4 Marco referencial

En la región de Caldas la política nacional ambiental toma sus principales lineamientos del plan nacional de desarrollo. La principal autoridad ambiental para el departamento es la Corporación Autónoma Regional del Caldas, CORPOCALDAS, la cual tiene como objetivo principal coordinar el manejo, la administración y el aprovechamiento de los recursos naturales renovables, además de contribuir a la consolidación de alternativas de desarrollo sostenible (CORPOCALDAS, 2013).

El plan de desarrollo del departamento de Caldas, no tiene en una categoría especial la sostenibilidad ambiental del departamento, pero entre los principales objetivos para este período (2012-2015), se encuentra la mejora de la competitividad y productividad de las cadenas productivas a través del mejoramiento de los eslabones (Plan de desarrollo Caldas, 2012), lo cual puede incluir mejoras ambientales que están dirigidas a optimizar procesos productivos.

Actualmente existen algunas regulaciones internas con las cuales el departamento direcciona a las organizaciones, como el comparendo ambiental y el plan de producción limpia. El primero, tiene como objetivo disminuir las emisiones contaminantes del departamento a través de sanciones y el segundo es un programa dirigido mediante la resolución 238 de 2010, para reconocer e incentivar a las empresas de los sectores manufacturero, comercial, servicios, agroindustrial y minería; que se caractericen por la implementación de procesos que tengan como objetivo el mejoramiento del estado actual del patrimonio ambiental, la calidad de vida y la competitividad empresarial en el departamento de Caldas (CORPOCALDAS, 2013).

1.4.1 Panorama ambiental de Caldas

Las actividades industriales, comerciales y de transporte desarrolladas en el departamento de Caldas, generan emisiones que alteran la calidad del aire, de agua, suelos y en general la salud de los habitantes en los municipios, aspecto que se evidencia mayormente en la ciudad de Manizales, donde se concentra la producción industrial y la mayor circulación del parque automotor del departamento (CORPOCALDAS, 2014).

Para tener una adecuada gestión ambiental es necesario identificar las fuentes, cuantificar sus emisiones, de tal forma que se puedan tomar las acciones correspondientes en busca

del control de este tipo de contaminación. En este caso, se analiza el estado del municipio de Manizales frente a las emisiones generadas y el efecto que tienen las empresas manufactureras sobre el medioambiente.

La calidad del aire en la ciudad de Manizales: CORPOCALDAS cuenta con una red de Calidad de Aire en Manizales para el monitoreo de la concentración PST (Partículas suspendidas totales) y PM10 (Material particulado de diámetro de 10 micras). Los resultados son obtenidos para las estaciones del edificio Altos de Milán, Invermec y la zona industrial de Maltería, categorizados como zonas de presencia de industrial.

Conforme a lo establecido en el Decreto 979/06 y al seguimiento de la Calidad del aire en la ciudad, se pueden catalogar 2 sectores de contaminación moderada en el Centro de la barrio Milán e Invermec y un sector de contaminación marginal ubicado en el sector industrial Maltería.

Ruido ambiental en la ciudad de Manizales: Con base en los lineamientos generales que plantea la Resolución 627/2006 del MAVDT, para la elaboración de mapas de ruido, CORPOCALDAS procedió a elaborarlos durante el año 2009 y 2010 en varios sectores de Manizales, Viterbo y La Dorada, en los cuales se han identificado como las principales fuentes de ruido: el tráfico vehicular, las actividades comerciales e industriales. En los resultados de las mediciones de ruido y las isófonas obtenidas, se infiere que los sectores de mayor ruido ambiental en la ciudad de Manizales en su orden son:

El sector Industrial de Milán entre calles 73-76-77 con carreras 19-21-23, con un Leq de 66,2 dB(A) para el día y de 66,0 dB(A) para la noche; en este sector el ruido diurno se asocia al tráfico vehicular y el funcionamiento de la industria y en la noche la industria es la fuente de ruido ambiental; sector sensible de la ciudad por encontrarse rodeado de residencias.

Calidad del agua de la ciudad de Manizales: El recurso hídrico se ve expuesto al crecimiento poblacional que genera crisis en los mecanismos de abastecimiento, reduciendo la disponibilidad de agua en las fuentes de fácil acceso y trasladando el conflicto por el recurso desde las áreas rurales hacia las grandes ciudades. En Caldas, los vertimientos aumentan y se convierten en serias amenazas para las fuentes de aguas

superficiales y subterráneas, limitando el aprovechamiento hídrico en los lugares subyacentes a los puntos de vertimiento (CORPOCALDAS, 2014).

Para el municipio de Manizales las cuencas prioritarias en su manejo son la Cuenca del Río Chinchiná y la cuenca del Río San Luis. Debido a la ubicación de industrias cerca de los ríos y el inadecuado manejo de los desechos domésticos, estas cuencas de vital importancia para el desarrollo de la región se encuentran en grave peligro (CORPOCALDAS, 2014).

1.4.2 Caracterización del sector manufacturero de Caldas

La industria es un sector importante para la economía dado que permite producir los bienes que demanda la sociedad en su cotidianidad. De acuerdo con un estudio realizado por Mitchell (2011) para el Departamento Nacional de Planeación, en Colombia la industria representa el 14,4% del PIB y aporta el 12,7% del empleo. La ciudad Manizales contribuyó con el 1,6% al PIB nacional (DANE, 2011). En el departamento la manufactura es el cuarto región más importante, contribuyendo con el 11,8% de los ingresos.

Según los registros obtenidos de Vivares (2012) en la Cámara de Comercio de Manizales, estaban reportadas para el 2012, un total de 14.547 empresas en Caldas. Entre ellas, el sector de la manufactura correspondía a 101 empresas, compuesto por 21 organizaciones grandes, 24 medianas y 56 pequeñas. La Tabla 1-6 presenta la distribución de las empresas en Caldas según su actividad económica y tamaño.

Tabla 1-6: Distribución de las empresas en Caldas según su actividad económica y tamaño

| Descripción de actividad (Sector) | Total | Grande | Mediana | Pequeña | Micro |
|---|-------|--------|---------|---------|-------|
| Agricultura, ganadería, caza, silvicultura | 137 | 2 | 8 | 32 | 95 |
| Industrias manufactureras | 1021 | 21 | 24 | 56 | 920 |
| Suministro de electricidad, gas y agua | 24 | 4 | 0 | 56 | 920 |
| Constructor | 262 | 3 | 14 | 54 | 191 |
| Comercio al por mayor y al por menor, reparación de vehículos automotores, motocicletas, efectos personales y enseres domésticos. | 7706 | 19 | 50 | 253 | 7384 |
| Hoteles y restaurantes | 1791 | 1 | 3 | 13 | 1774 |
| Transporte, almacenamiento y comunicaciones | 710 | 3 | 5 | 45 | 657 |
| Intermediación financiera | 368 | 30 | 50 | 33 | 255 |

| | | | | | |
|--|-------|----|-----|-----|-------|
| Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler | 1192 | 8 | 26 | 141 | 1017 |
| Administración pública y defensa; seguridad social y de afiliación obligatoria | 9 | 1 | 0 | 0 | 8 |
| Educación | 105 | 0 | 0 | 6 | 99 |
| Servicios sociales y de salud | 195 | 1 | 7 | 23 | 164 |
| Otras actividades de servicios comunitarios | 1027 | 5 | 3 | 15 | 1004 |
| Total | 14547 | 97 | 190 | 678 | 13582 |

Fuente: Vivares (2012)

1.4.3 Estado actual de la gestión ambiental empresarial en Caldas

Aunque en la revisión de la literatura no se detectaron trabajos similares que traten sobre la gestión ambiental empresarial, en el sector de la manufactura del departamento de Caldas, existen investigaciones previas y documentos gubernamentales que incluyen algunos procesos del enfoque GSCM.

Uno de los trabajos más representativos sobre la gestión ambiental empresarial en Caldas, fue desarrollado por Zapata (2007). Este trabajo tiene como finalidad estudiar el sistema de gestión ambiental a partir de la caracterización de algunas de las empresas manufactureras donde a partir de variables de evaluación competitivas, se comprende diversos escenarios ambientales, al igual que estudiar el sistema de gestión ambiental.

Otro proyecto que toma algunos componentes del enfoque GSCM es realizado por IDEA (2010). En él se efectuó una recopilación bibliográfica de estudios relacionados con el recurso agua, aire y gestión del riesgo, para el municipio de Manizales; con el fin de observar cómo ha sido el avance y en qué puntos se han enfocado los estudios a través de los últimos años, en temas que impactan el desarrollo y organización de la ciudad de Manizales.

Por su parte Ramírez (2013) identificó las competencias distintivas que inciden sobre la generación de valor en los sistemas de producción de las empresas manufactureras de Caldas y como estas han hecho a las empresas más competitivas, incluyendo al medio ambiente como una *output* de fabricación.

Entre los documentos departamentales, el plan de gestión ambiental regional para Caldas diagnostica el estado de los recursos naturales, contextualiza los principales conflictos ambientales, plantea las propuestas para su solución o mitigación. Al igual que el programa de la Gobernación de Caldas denominado: ciudades sostenibles y competitivas, donde generar procesos de planificación integrales y de largo plazo, articulación de políticas, movilización de recursos y financiación de proyectos (Gobernación de Caldas, 2012).

Otro de los proyectos sobre la sostenibilidad es desarrollado por la Gobernación de Caldas, denominado: ciudades sostenibles y competitivas. A través de 22 proyectos enfocados a las líneas estratégicas social y de hábitat pretenden que fortalecer la sostenibilidad ambiental y enfrentar positivamente el cambio climático; establecer procesos de desarrollo urbano sostenible y promover la sostenibilidad fiscal, la gobernanza y la transparencia , para lograr un encadenamiento productivo sostenible (Gobernación de Caldas, 2012).

De igual forma, en la práctica se han generado esfuerzos económicos importantes en obras de saneamiento básico, mediante la construcción de interceptores en áreas urbanas, sistemas sépticos de tratamiento en área rural, aportes en la optimización de procesos productivos, la implementación de buenas prácticas que mitiguen la generación de residuos y maximicen el uso de insumos y recursos mediante convenios de producción más limpia, suscritos con los gremios más representativos que hacen presencia en el departamento de Caldas (CORPOCALDAS, 2013).

Conclusiones del Marco Teórico-referencial

Las empresas se ven sometidas a presiones por parte de los competidores, los cambios en el mercado, la sociedad, las presiones internas y las regulaciones nacionales e internacionales, lo cual, ha direccionado cambios estructurales y conceptuales sobre la forma como la organización se relaciona con el medioambiente y los múltiples beneficios que puede obtener al verla como prioridad competitiva.

Múltiples tendencias de gestión ambiental se emplean como respuesta a las presiones que enfrentan las empresas. Especial atención tienen aquellas tendencias con un enfoque de Cadena de suministro, entre ellas se pueden mencionar el *Lean Manufacturing*, el *Global Supply Chain* y el *Green Supply Chain Management*. El impacto de estos enfoques se debe a la forma en que integran el rendimiento de las operaciones con la disminución de residuos y la mejora económica. Una de ellas, el enfoque GSCM es considerado como la base para la consolidación del paradigma de sostenibilidad ambiental.

Las prácticas verdes son empleadas por la organización para lograr una integración entre la gestión de costos, la gestión ambiental y los cambios organizacionales. Aunque estas prácticas tienen el enfoque de cadena de suministro, no están plenamente establecidas las relaciones entre cada una de ellas y el enfoque GSCM. Así mismo actualmente no existe un consenso sobre el concepto de gestión de cadenas de abastecimiento verde, así como de los procesos que lo componen y las actividades que deben implementarse, para lograr la sostenibilidad ambiental empresarial.

A partir de la revisión en la literatura se identificó un conjunto de ocho actividades y 32 procesos para medir el desempeño ambiental empresarial. Los procesos corresponden al diseño verde, las compras verdes, la manufactura verde, la distribución verde, la gestión de recursos humanos verdes, el marketing verde y la logística inversa. De igual forma cada

uno de los procesos identificados posee una serie de actividades relacionadas. Estos procesos y actividades son una contribución relevante al estado del arte.

Si bien es cierto que existen metodologías de medición del desempeño ambiental desde que surgió el concepto de GSCM, los indicadores analizados no desarrollan a cabalidad todos los procesos que componen el enfoque GSCM propuesto y en su mayoría se centran en los procesos de manufactura verde y logística inversa mientras que los procesos de gestión de recursos humanos verdes, el diseño verde y la innovación verde ha sido escasamente considerada.

De manera similar, es posible establecer que no existe un indicador para medir el desempeño ambiental de una organización que integre todo el conjunto de procesos y prácticas identificadas. En general, los indicadores existentes han sido creados principalmente por agencias internacionales, por lo cual responden al enfoque marco de Presión-Estado-Respuesta, que si bien permiten medir el desempeño desde la perspectiva ambiental, económica y social, a nivel de regiones y países, no resultan adecuados, dada su naturaleza, para medir desempeño de tipo organizacional.

Se demostró en el análisis de la literatura y principalmente en la Tabla 1-5, que no se encontraron trabajos que aporten indicadores integrales y de igual forma, no se encontró un indicador que recoja los ocho procesos y 32 actividades identificados en este Marco teórico. Lo anterior corrobora la existencia de un vacío de conocimiento que da sustento a la necesidad de diseñar un indicador de desempeño ambiental empresarial con enfoque GSCM.

2 Metodología de evaluación del desempeño ambiental bajo el enfoque GSCM

Como se discutió en el capítulo anterior, existe un conjunto amplio de procesos y actividades que fueron integrados dentro del denominado enfoque GSCM. Estos tienen como fin determinar el estado de las empresas frente al desempeño ambiental, para lo cual deben estar agregados en forma de un indicador cuantificable y representativo.

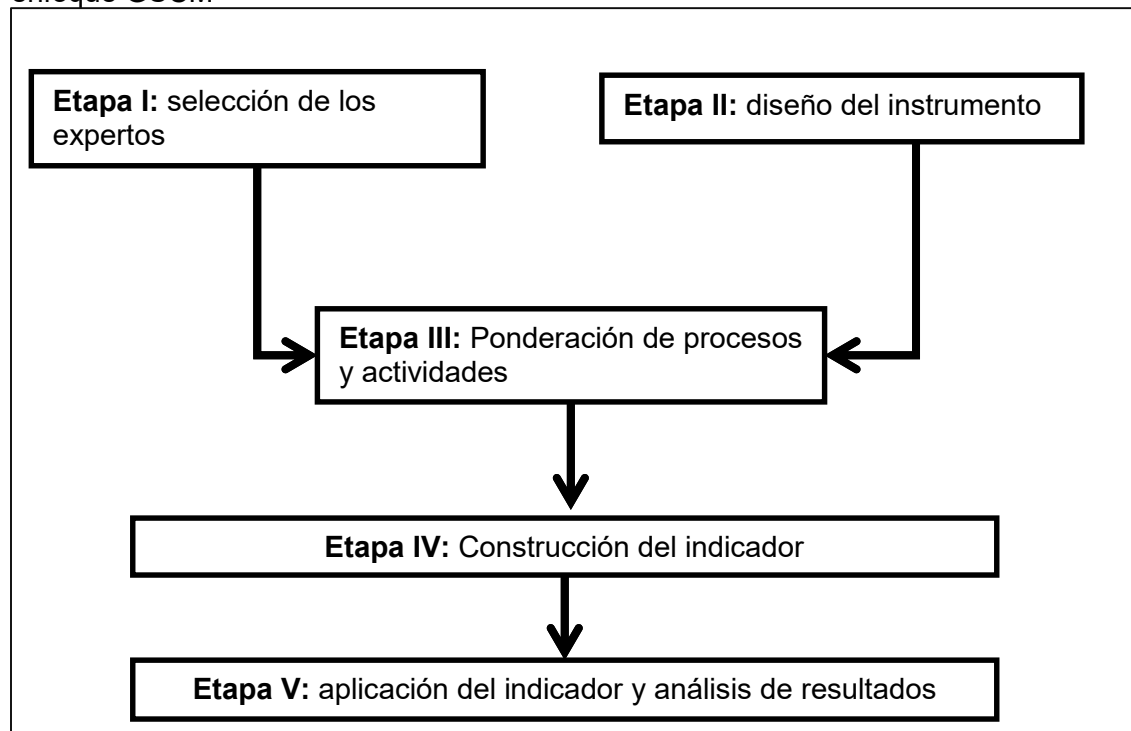
A pesar de que en el estado del arte existen diversas contribuciones orientadas a medir el desempeño ambiental de las compañías, no se encontraron aportes que permitan aplicar un indicador que integre los procesos y actividades verdes propuestas en la Figura 2.1. Por tal motivo, el presente capítulo expone los aspectos metodológicos para la evaluación del desempeño ambiental con enfoque GSCM. Tanto la metodología, como el indicador en sí mismo, se proponen como una contribución relevante de valor práctico para el sector manufacturero y de valor teórico para el campo de estudio.

2.1 Metodología

La metodología de evaluación del desempeño ambiental que se propone aborda todos los procesos y actividades del enfoque GSCM que fueron detectados en el Marco teórico-referencial. Una vez obtenidos los procesos y actividades, se realizó de forma paralela el diseño del instrumento para evaluar las actividades y procesos del enfoque GSCM en las empresas objeto de estudio. Posteriormente, se proponen la selección de expertos, quienes evalúan la importancia relativa de cada una de las actividades y procesos del enfoque GSCM.

Finalmente se plantea la construcción del indicador mediante una agregación matemática de todos los procesos y actividades, así como su posterior aplicación y análisis. Como se describió anteriormente, se han propuesto cinco etapas principales (ver Figura 2.1). La descripción y aspectos metodológicos subyacentes para cada etapa, se exponen a continuación.

Figura 2.1: Estructura metodológica de la evaluación de desempeño ambiental con enfoque GSCM



Fuente: elaboración propia (2015)

2.1.1 Etapa I: Selección de los expertos

El método de expertos es un método sistemático que tiene como finalidad conformar una opinión consensuada sobre un tema complejo. El método permite a los expertos expresar de forma anónima su opinión de forma libre, independiente y confidencial, mediante un proceso de retroalimentación controlada que permite refinar sus posiciones (Camisón et al, 2009).

Algunos criterios para determinar la validez del método de expertos son la rigurosidad en la selección de los expertos, el tamaño del panel y la metodología aplicada para el proceso

iterativo, así como los criterios para finalizar las iteraciones (Diamond, et al., 2014). Para los efectos de la presente investigación, se propone la aplicación del procedimiento de Camisón et al., (2009) que se presenta a continuación:

- **Paso 1:** formular el problema. La formulación del problema permite identificar los objetivos y ofrece las pautas iniciales sobre los requisitos que deben cumplir los expertos. Estos requisitos deben estar alineados con las limitaciones y finalidad del método.
- **Paso 2:** definir el grupo director. Una vez planteados los objetivos se constituye el grupo director, el cual permite determinar las actividades y roles que se requieren en el método a aplicar, así como la selección preliminar de expertos, el desarrollo del proceso y su posterior análisis estadístico.
- **Paso 3:** seleccionar y valorar los expertos. Una vez determinados los objetivos de la investigación, la encuesta y seleccionados los integrantes del grupo director, se procede a determinar el número de expertos. Un experto es una persona que maneja con propiedad el tema asociado a la pregunta de investigación (Kauko & Palmroos, 2014). Se aconseja que el número de expertos fluctúe entre 5 y 12 (Sarache et al., 2011).

Posteriormente, se definen las características o el perfil que deben cumplir los expertos. Michalus (2011) indica la conveniencia de que el grupo de expertos seleccionados sean especialistas en el mismo campo, pero con diversas perspectivas; personas conocedoras, con reconocida competencia y con experiencia en el tema que garantice la confiabilidad de los resultados; creativos e interesados en participar y con una experiencia anterior sobre el uso del método.

También se aconseja que los expertos a integrar en el panel sean personas calificadas e independientes entre sí, que pueden ser escogidas discrecionalmente siempre que reúnan el perfil del experto objetivo (Camisón et al., 2009).

Una de las metodologías empleadas para determinar si un experto potencial cumple con los requerimientos para participar, es la autoevaluación de expertos (Michalus, 2011). Su finalidad es medir la competencia del experto potencial seleccionado por el grupo director.

Para tal fin se aplica la ecuación (2-1) de cálculo del coeficiente de competencia (K) de expertos:

$$K = \frac{(K_c + K_a)}{2} \quad (2-1)$$

Donde K_c es el Coeficiente de conocimiento calculado a partir de la valoración del propio experto sobre el conocimiento o información que tiene acerca del problema planteado (Ramírez y Fernández, 2005). La ecuación que representa el cálculo del Coeficiente de conocimiento para cada experto, de acuerdo con Michalus (2011) es:

$$K_c = \frac{\sum_i^n K_{pi}}{n} \quad (2-2)$$

Dónde n corresponde al número de preguntas realizadas y K_{pi} es el puntaje que a través de una escala de 0 a 10 puntos asigna el experto, acerca del conocimiento que tiene sobre el tema. Cero representa un absoluto desconocimiento de la problemática que se evalúa, mientras que diez significa que el experto tiene un alto conocimiento del tema. 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 usadas para medir el coeficiente de conocimiento de los posibles expertos.

| Código | Variable implementada para medir el conocimiento del experto potencial |
|--------|---|
| P1.1 | Conocimiento en general sobre las prácticas de gestión verde que implementan las empresas manufactureras. |
| P1.2 | Conocimiento en general sobre la gestión de cadenas de abastecimiento verde. |
| P1.3 | Conocimiento en general sobre las cadenas de abastecimiento y las mejoras para aumentar su desempeño ambiental. |
| P1.4 | Conocimiento en general sobre los indicadores de desempeño ambiental. |
| P1.5 | Conocimiento en general sobre los enfoques de sostenibilidad ambiental empresarial. |

Fuente: elaboración propia a partir de Michalus (2011).

Por otro lado, K_a es el Coeficiente de argumentación o fundamentación de los criterios del experto, determinado como el resultado de la puntuación que el propio experto asigna a las principales fuentes de conocimiento en sus respuestas. Mediante una tabla con las fuentes indicadas, el experto indica el grado de influencia de dicha fuente en sus conocimientos sobre el tema (Michalus, 2011; Ramírez y Fernández, 2005). De esta

manera, K_a se calcula como la suma de los puntos alcanzados a partir de comparar las casillas marcadas por el experto con una tabla patrón, donde se establecen a priori la puntuación asignada a cada fuente (Michalus, 2011).

En la Tabla 2-2 se observan las fuentes del conocimiento que tienen los expertos potenciales incluyen: el conocimiento del estado actual sobre las prácticas ambientales y los indicadores de desempeño, así como el conocimiento impartido a empresas y la experiencia personal.

Tabla 2-2: Fuentes de información el propuestas para determinar el coeficiente de argumentación de los posibles expertos

| Codificación | Fuentes de información propuestas para los expertos potenciales |
|---------------------|--|
| P2.1 | Conocimiento del estado actual de las prácticas ambientales empresariales y su medición. |
| P2.2 | Experiencia personal en relación con las empresas y/o los temas consultados. |
| P2.3 | Conocimiento de indicadores propuestos o estudiados sobre el tema |
| P2.4 | Asesorías prestadas a las empresas sobre la problemática planteada. |
| P2.5 | Participación en investigaciones, teóricas o experimentales, relacionadas con el tema. |
| P2.6 | Conocimiento de literatura especializada y/o publicaciones de autores nacionales |
| P2.7 | Conocimiento de literatura especializada y/o publicaciones de autores extranjeros. |
| P2.8 | Intuición |

Fuente: elaboración propia a partir de Michalus (2011)

A partir de las fuentes de conocimiento propuestas en la Tabla 2-2 el experto indica el grado de influencia de dicha fuente. Los valores posibles de asignación son para las fuentes de información son alto que corresponde a un puntaje de 3, medio a un puntaje de 2 y bajo a un puntaje de 1. El valor asignado a las fuentes de argumentación declaradas por el experto está detallado en la Tabla 2-3.

Tabla 2-3: Patrón de puntaje asignado a las fuentes de argumentación declaradas por el experto.

| Fuentes de argumentación | Grado de influencia de las fuentes en sus respuestas | | |
|---|--|-------|------|
| | Alto | Medio | Bajo |
| Conocimiento del estado actual de la problemática | 0,15 | 0,12 | 0,08 |
| Experiencia personal con empresas y/o los temas consultados | 0,40 | 0,30 | 0,15 |
| Participación en investigaciones, teóricas o experimentales relacionadas con el tema. | 0,15 | 0,12 | 0,06 |
| Formación (capacitación, posgrado) | 0,07 | 0,05 | 0,02 |
| Cursos de capacitación o de posgrado dictados por Ud. | 0,08 | 0,06 | 0,04 |
| Conocimiento de literatura especializada y/o publicaciones de autores nacionales. | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Conocimiento de literatura especializada y/o publicaciones de autores extranjeros. | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Intuición | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Total | 1,00 | 0,80 | 0,50 |

Fuente: Michalus (2011)

Finalmente, se calcula el coeficiente de competencia K según la Ecuación (2-1) y se evalúa la competencia del experto mediante la aplicación de la siguiente escala:

Si $0,80 < K \leq 1,00$; se considera que el experto tiene una alta competencia.

Si $0,50 < K \leq 0,80$; se considera que el experto tiene una competencia media.

Si $K \leq 0,50$; se considera que el experto tiene baja competencia; si fuera este el caso, entonces el candidato se descarta como experto.

2.1.2 Etapa II: diseño del instrumento

Entre los instrumentos de recolección de la información se encuentran la observación directa, la encuesta y la entrevista. La selección de la técnica apropiada se determina a través de criterios como el costo, el tiempo disponible para la aplicación del instrumento, el tipo de variables a medir y el control que requiere el investigador en la prueba (May, 2011).

El instrumento de recolección de información seleccionado debe estructurarse en función de los objetivos de la investigación. Otro criterio de importancia para el investigador es el canal por el cual el instrumento de recolección de información puede ser diligenciado: por correo electrónico, por medio telefónico o mediante una encuesta presencial. La selección

del medio apropiado depende de la complejidad del problema, los recursos disponibles y el grado de interacción inherente deseada entre el director y los encuestados (May, 2011).

Para esta investigación se seleccionó como método de recolección de la información a la encuesta y el canal para su divulgación es de forma presencial. Las razones para su selección obedecen al alcance, las limitaciones de costo, tiempo y disponibilidad de la muestra de estudio.

El procedimiento a seguir en el diseño de la encuesta se expone a continuación (Sampieri et al., 2010):

La construcción de la encuesta tiene tres actividades principales: identificación de variables y la construcción de los ítems o categorías del instrumento; la selección del formato y el contexto de aplicación y finalmente la aplicación de la prueba piloto y la validación de la encuesta.

- **Identificación de variables y construcción de los ítems o categorías del instrumento.** Los ítems a construir deben estar codificados, es decir tener un valor numérico que los represente, para que puedan ser analizados cuantitativamente. Cada codificación debe corresponder a una categoría asignada por el investigador (Sampieri et al., 2010).

En general existen cuatro niveles de medición ampliamente conocidos. Sampieri (2010) los define:

El nivel de medición nominal. En este nivel hay dos o más categorías del ítem o la variable. Las categorías no tienen orden ni jerarquía. Lo que se mide (objeto, persona, etc.) se coloca en una u otra categorías, lo cual indica tan sólo diferencias respecto de una o más características. El segundo nivel es ordinal, en este nivel hay varias categorías, pero además mantienen un orden de mayor a menor. Las etiquetas o los símbolos de las categorías sí indican jerarquía.

El tercer nivel es de medición por intervalos. Además del orden o la jerarquía entre categorías, se establecen intervalos iguales en la medición. Las distancias entre categorías son las mismas a lo largo de toda la escala, por lo que hay un intervalo constante, una unidad de medida. Finalmente el cuarto nivel es el nivel de medición de razón. En este

nivel, además de tenerse todas las características del nivel de intervalos (periodos iguales entre las categorías, y aplicación de operaciones aritméticas básicas y sus derivaciones), el cero es real y es absoluto (p: 216).

Las categorías de ítems diseñados en la encuesta de valoración de actividades y procesos verdes (Tabla 1-3), debe tener la posibilidad de medir varias opciones de respuesta con la finalidad de obtener una matriz de intensidad, por lo cual se propuso una escala ordinal.

- **Selección del formato y el contexto de aplicación.** La encuesta es de tipo presencial, por lo que se espera un mayor control del proceso; además se puede obtener información cualitativa que permita contextualizar la información obtenida. Así mismo, se propone un diseño de tipo transversal, con el fin de obtener información puntual de las empresas objeto de estudio con miras a conocer su estado actual frente al conjunto de procesos y actividades del enfoque GSCM.
- **Elaboración de la prueba piloto y validación de la encuesta.** La finalidad es someter a prueba el instrumento de recolección de información, de tal forma que se analice la comprensión de las instrucciones y la concordancia de los ítems, además de evaluar el lenguaje y la redacción de la encuesta de desempeño ambiental empresarial (Sampieri et al., 2010). En este caso para la realización de la versión a validar de la encuesta se solicitó el apoyo de dos expertos para determinar ambigüedades, categorías no incluidas, términos complejos y redacción confusa. En la Tabla 2-4 están caracterizadas las pruebas estadísticas que se proponen para la prueba piloto.

Tabla 2-4: Pruebas estadísticas a realizar en la prueba piloto

| Tipo de prueba | Descripción | Técnica empleada |
|----------------|--|-------------------------------|
| Confiabilidad | Se refiere al nivel en que los diferentes ítems o preguntas de una escala están relacionados entre sí. | Coeficiente alfa de Cronbach |
| Validez | Relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas. | Coeficiente de spearman-Brown |

Fuente: elaboración propia a partir de Sampieri et al., (2010)

Se espera que los resultados obtenidos del Coeficiente alfa de Cronbach y el Coeficiente de Spearman-Brown estén entre los valores aceptables de confiabilidad y validez, que para

este este caso son 0,7 y 0,8 de acuerdo con Sampieri et al., (2010). Una vez realizada la muestra piloto, es necesario modificar, ajustar y mejorar la encuesta de recolección con base en los resultados obtenidos.

2.1.3 Etapa III: ponderación de procesos y actividades

Una vez seleccionados los expertos, estos realizan una encuesta con la finalidad de jerarquizar los procesos y actividades detectados en el capítulo anterior.

Las respuestas obtenidas deben ser compiladas y analizadas mediante estadísticos como el coeficiente de concordancia de Kendall. La prueba consiste en medir el nivel de acuerdo entre los expertos a través del indicador de concordancia de Kendall (W). En cada caso, si W es mayor o igual a 0.5, se considera que existe un buen nivel de acuerdo y por tanto, las ponderaciones se validan (Siegel, 1994). El subprocedimiento a seguir se expone a continuación (Sarache et al., 2015):

- 1) Calcular el valor medio de los rangos (T).

$$T = \frac{1}{2} M(C + 1) \quad (2-3)$$

$$D^2_i = \left[\sum_{j=1}^M A_{ij} - T \right]^2 \quad (2-4)$$

- 2) Calcular la desviación del valor medio de los juicios emitidos para cada criterio (D_i^2).

- 3) Calcular el coeficiente de concordancia de Kendall (W).

$$W = \frac{12 \sum D^2_i}{M^2(C^3 - C)} \quad (2-5)$$

Dónde:

T: Factor de comparación (valor medio de los rangos).

M: Número de expertos.

C: Número de criterios (prioridades o dimensiones).

D_i^2 : Desviación al cuadrado del valor medio para cada criterio.

A_{ij}: Orden de Importancia dada al criterio i por el experto j.

W: Coeficiente de Concordancia de Kendall.

La ponderación de las actividades se estructuró como el porcentaje obtenido al dividir el total del puntaje (valor de importancia dado por los expertos) para cada actividad entre la suma de todos los puntajes de todas las actividades que corresponden para dicho proceso.

2.1.4 Etapa IV: construcción del indicador

Los métodos de agregación más empleados, aplicables al diseño de un indicador, son la suma ponderada, el producto ponderado y la media geométrica ponderada (Zhou et al., 2010). La suma ponderada es el método más empleado por su transparencia, facilidad de entendimiento y uso por parte de personas no expertas.

El producto ponderado es un método donde las variables de pobre desempeño son penalizadas con mayor fuerza y las variables con menor desempeño tienen mayor impacto en el valor global del índice. Finalmente la media geométrica ponderada tiene como desventaja que se acerca asintóticamente al valor máximo pero sin alcanzarlo; su principal ventaja es que impide que dos productos ponderados arrojen el mismo valor (a no ser que tengan los mismos valores), lo cual no ocurre en la suma ponderada (Zhou et al., 2010). Las ecuaciones y variables que representan los métodos de agregación se resumen en la Tabla 2-5.

Tabla 2-5: Métodos de agregación de indicadores

| Técnica | Ecuación | Variables |
|----------------------------|--|---|
| Suma ponderada | $I_i = \sum_{j=1}^8 \sum_{k=1}^n (W_{Di} * W_{Aij} * F_{Pij}) \quad (2-6)$ | W _{Di} Es el peso ponderado de la dimensión. W _{Aij} Es el peso ponderado de la actividad j perteneciente a la dimensión i. F _{Pij} es el factor ponderador. |
| Producto ponderado | $I_i = \prod_{j=1}^n (r_{ij})^{w_i} \quad (2-7)$ | r _{ij} Es la variable a evaluar y w _i es el peso ponderado de la variable. |
| Media geométrica ponderada | $I_i = \prod_{j=1}^n (r_{ij} * W_i)^{1/n} \quad (2-8)$ | r _{ij} Es la variable a evaluar y w _i es el peso ponderado de la variable. |

Fuente: Zhou et al (2010)

Aunque no existen directrices absolutas para la selección de un método de agregación, Zhou et al (2010) recomiendan, que según la profundidad de la investigación y el conocimiento se tenga sobre la forma como se relacionan las variables, se empleen métodos que penalicen con más fuerza los valores más bajos.

2.1.5 Etapa V: aplicación del indicador y análisis de resultados.

Una vez estructurado el indicador, es necesario realizar un trabajo de campo, donde a través de la encuesta de desempeño ambiental empresarial, propuesta en la Fase II, se aplique el Indicador de desempeño ambiental empresarial con enfoque GSCM propuesto.

Las pruebas propuestas obedecen a la estadística descriptiva, la estadística inferencial y el análisis multivariado (Ver Tabla 2-6). Los métodos de la estadística descriptiva ayudan a presentar los datos de modo tal que sobresalga la estructura o tendencias del grupo objeto de estudio (Orellana, 2001). Por otro lado, la finalidad de la estadística inferencial es concluir y determinar la validez de las hipótesis de investigación (Fernández, 2002).

Las pruebas propuestas para el análisis de los datos obtenidos en la encuesta de desempeño ambiental empresarial, aparecen justificadas y descritas en la Tabla 2-6.

Tabla 2-6: Métodos estadísticos seleccionados.

| Usos | Descripción | Técnicas empleadas |
|--------------------------------------|---|--|
| Describir variables | Caracterizar una muestra variable por variable. | Descripción de frecuencias |
| | | Porcentajes |
| Distribución de la muestra | Determinar si la muestra tiene presenta distribución normal | Prueba de Kolmogorov-Smirnov |
| Comparar grupos | Se compara la diferencia entre grupos de lamuestras según las variables seleccionadas | Prueba T de student |
| | | Prueba Kruskall-Wallis |
| Analizar la relación entre variables | Determinar la relación entre dos o más variables | Análisis de correspondencias múltiples |
| | | Plano factorial |
| Analizar agrupaciones | Discriminar de acuerdo a unas variables si existen grupos de individuos | Análisis de clúster o conglomerados |

Fuente: elaboración propia a partir de Sampieri et al., (2010); Malhotra (1997).

Las pruebas de análisis multivariado son el clúster jerárquico, el análisis de correspondencias múltiples. El objetivo de estas pruebas es detectar las barreras y

tendencias de las prácticas verdes, así determinar que procesos son claves para las empresas objeto de estudio.

Conclusiones Parciales

El indicador propuesto pretende llenar el vacío de conocimiento detectado en el Marco Teórico-referencial, dado que integra los ocho procesos y las 32 actividades que componen el enfoque GSCM propuesto.

Para el desarrollo de un indicador de desempeño ambiental empresarial es necesario contar con una clara definición de las variables de medición, para construir una encuesta que cumpla con los criterios de confiabilidad y validez. Estos requisitos garantizan que el valor del indicador sea representativo para el objeto de estudio planteado.

Es indispensable para la ponderación de las actividades y procesos que componen el indicador que los expertos dominen y comprendan no solo el tema de investigación, sino también las limitaciones y beneficios del enfoque en gestión de cadenas de abastecimiento verde en las empresas manufactureras. De igual forma es necesario que los expertos conozcan las relaciones entre las empresas, las actividades y los procesos, de tal forma que la ponderación propuesta para el indicador sea lo más cercana posible a la realidad.

La selección del método de agregación depende de una investigación más profunda donde se determinen dependencias entre procesos, las actividades a evaluar y los indicadores que los representan. Este trabajo es una contribución que implica conocer a profundidad la dinámica de las organizaciones objeto de estudio y, por tanto, está fuera del alcance de la presente investigación. Sin embargo se propone emplear un método de complejidad intermedia que será validado posteriormente.

El diseño de la encuesta de desempeño ambiental empresarial es una de las etapas más importantes en el desarrollo del trabajo de campo. La adecuada formulación de las preguntas que componen la encuesta, garantiza que al analizar el estado actual de los procesos y actividades con el enfoque GSCM, frente a las preguntas planteadas sean representativos para la muestra de estudio.

3 Resultados y discusión.

Como se discutió en Marco metodológico, existen un conjunto amplio de procesos y actividades que deben ser integrados dentro del denominado enfoque GSCM. Por tal motivo, el presente capítulo desarrolla la construcción de la metodología de evaluación de desempeño ambiental propuesta en el capítulo anterior y los resultados obtenidos para las empresas del sector manufacturero grandes y medianas del departamento de Caldas.

El capítulo se estructuró en tres partes principales. Inicialmente se identifica el objeto de estudio; en la segunda sección se presentan los pasos realizados para la construcción de la metodología de evaluación de desempeño ambiental, entre los cuales están la obtención de pesos ponderados de los procesos y actividades, así como la construcción de la encuesta, la prueba piloto y las pruebas de validez y confiabilidad. Finalmente en la tercera sección se establecen los resultados obtenidos al aplicar la encuesta, el análisis de las prácticas verdes detectadas en el sector, así como los resultados del indicador de desempeño ambiental empresarial para las empresas manufactureras grandes y medianas analizadas.

3.1 Identificación del objeto de estudio

3.1.1 Población de estudio

Según los registros obtenidos de la Cámara de Comercio de Manizales, para el año 2014 existían 46 empresas manufactureras registradas en Caldas. De acuerdo con Iraldo (2009) y Zhu et al., (2008), las empresas grandes y medianas presentan una forma más estructurada de las prácticas de sostenibilidad ambiental empresarial. De igual forma, Aragón-Correa et al (2008), afirman que generalmente el tamaño de la empresa tiene un

efecto significativo sobre el grado de proactividad ambiental, siendo más propensas a adoptar prácticas ambientales proactivas las organizaciones más grandes. Por su parte, Hansen et al., (2010) plantean que los modelos de innovación que miden la adopción de tecnologías limpias, están enfocados a grandes empresas y rara vez a pequeñas organizaciones.

Por otro lado, cada vez más autores como Larran et al (2015), Klewitz y Hansen (2014), Hansen et al., (2010), Moore and Marning (2009), entre otros, realizan o proponen modelos de medición de prácticas ambientales a empresas medianas y pequeñas, ya que por su amplio número, empiezan a considerarse como fuentes de contaminación importante.

Sin embargo, debido la naturaleza de la presente investigación, teniendo en cuentas las limitaciones económicas y de tiempo, se seleccionaron las empresas manufactureras grandes y medianas.

La lista completa de las 24 empresas grandes y 22 empresas medianas corresponde al Anexo A:

3.1.2 Plan de muestreo

Una vez obtenido el total de población a estudiar, es necesario determinar la muestra mínima necesaria de encuestas a recolectar, para que el instrumento tenga validez. Con el total de la población, la ecuación para determinar el tamaño de muestra mínimo (Sampieri, 2010) es:

$$np = \frac{K^2 * N * p * q}{(N - 1) * e^2 + K^2 p * q} \quad (3-1)$$

N = Total de la población; p = proporción esperada (en este caso 0.5); q = 1 – p; e= error de estimación asumido (10%); K= Intervalo de z_{α} (1.96) para una confiabilidad estimada del 95%. (Ordóñez, 2001).

Para el caso de la población seleccionada el valor será:

$$n = \frac{1.96^2 * 46 * 0.5 * 0.5}{(46 - 1) * (0.1)^2 + 1.96^2 * 0.5 * 0.5} \quad (3-2)$$

$$n = 31 \text{ empresas entre grandes y medianas}$$

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.

$$sh = \frac{n}{N} \quad (3-3)$$

$$sh = \frac{31}{46} = 0,67$$

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

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 R. et al., 2010). Reemplazando los valores para las empresas manufactureras grandes y medianas, se obtiene la Tabla 3-1.

Tabla 3-1: Tamaño de muestra mínimo por estrato

| Empresa | <i>Ksh</i> | <i>Nh</i> | Tamaño de muestra mínimo por estrato |
|---------|------------|-----------|--------------------------------------|
| Grande | 0,67 | 18 | 12 |
| Mediana | 0.67 | 28 | 19 |
| Total | | | 31 |

Fuente: elaboración propia a partir de Sampieri R. et al., (2010)

Del total de la muestra, 14 empresas manufactureras entre grandes y medianas permitieron la aplicación del cuestionario, lo que corresponde a una tasa de respuesta del 30%. De acuerdo con Synodinos (2003) esta tasa de respuesta es superior a las que habitualmente se obtienen en estudios empíricos sobre empresas manufactureras.

En general, el número de cuestionarios obtenidos es adecuado en comparación con otras investigaciones en el campo de la gestión ambiental empresarial, como las realizadas por Jabbour et al., (2014) acerca de la gestión ambiental y el GSCM en empresas manufactureras brasileras, con una tasa de respuesta del 28,3%, al igual que Pereira-Moliner et al., (2012); Murillo-Luna et al., (2011); Del Brío & Junquera (2002) quienes han medido la implementación de actividades verdes en las empresas manufactureras y obtuvieron tasas de respuesta inferiores.

3.1.3 Etapa I: Selección de los expertos

Para el proceso de ponderación se empleó una base de expertos potenciales, los cuales de acuerdo a su perfil fueron encuestados para comprobar su conocimiento y pertinencia sobre el tema. En este caso, las características que deben cumplir los expertos potenciales son expuestas en la

Tabla 3-2.

Tabla 3-2: Perfil requerido de expertos

| Característica | Perfil requerido |
|--|--|
| Experiencia investigativa reconocida | Investigador reconocido en temas relacionados con cadenas de abastecimiento sostenible, logística, logística inversa, medición de desempeño ambiental. |
| Perfil profesional acorde al problema de investigación | Formación académica de posgrado, maestría o doctorado relacionada con sostenibilidad en las cadenas de abastecimiento, el desempeño ambiental empresarial, la Logística inversa, y demás temáticas relacionadas. |
| Experiencia de consultoría o docencia | Experiencia en consultoría o en docencia sobre temas de gestión ambiental empresarial. |
| Área de trabajo relacionada con el problema de investigación | Debido a la novedad del tema de investigación se propone que los expertos potenciales estén en el área académica, de tal forma que conozcan sobre las innovaciones, cambios y necesidades del sector de manufactura, las tendencias de investigación relacionadas con la sostenibilidad ambiental empresarial. |

Fuente: elaboración propia (2015)

Una vez establecidos los criterios, se estableció una lista de trece expertos potenciales que cumplieron dichos criterios. Por razones de confidencialidad en el manejo de la información, no se usan los nombres de los expertos empleados, sino que fueron codificados. El nombre del experto así como su justificación para ser considerado un experto potencial se establecen en la Tabla 3-3.

Tabla 3-3: Listado de expertos potenciales

| Codificación | Nivel de formación | Justificación para su selección |
|---------------------|---------------------------|--|
| E1 | MSc., Candidato a doctor | Su área de trabajo es el diseño de indicadores ambientales bajo el enfoque SCOR. |
| E2 | Doctorado | Su área de trabajo son las cadenas de abastecimiento y tiene amplios conocimiento sobre las tendencias de investigación en la sostenibilidad empresarial. |
| E3 | Doctorado | Su área de trabajo es la logística inversa. Es un reconocido investigador en el área. |
| E4 | Doctorado | Su área de trabajo es la logística inversa. Es un reconocido investigador en el área. |
| E5 | Doctorado | Su área de trabajo es la logística inversa y tiene amplios conocimiento sobre las tendencias de investigación en el enfoque GSCM. |
| E6 | Doctorado | Su área de trabajo es la logística y tiene amplios conocimiento sobre las tendencias de investigación en la sostenibilidad empresarial. |
| E7 | Doctorado | Su área de trabajo es la cadena de abastecimiento en el sector agroindustrial y tiene amplios conocimiento sobre las tendencias de investigación en disposición y aprovechamiento de residuos. |
| E8 | Doctorado | Su área de trabajo está relacionada con la gestión de las cadenas de suministro y tiene amplios conocimiento sobre las tendencias de investigación en cadenas de suministro. |
| E9 | Doctorado | Su área de trabajo se enfoca al estudio de la ecoeficiencia de procesos, así como el ecodiseño de productos y el Análisis de ciclo de vida. |
| E10 | Doctorado | Tiene amplia experiencia en diseño y aplicación de sistemas de gestión basados en ISO 14001, auditorías de producción más limpia y análisis de ciclo de vida. |
| E11 | Doctorado | Su área de trabajo está relacionada con el las cadenas de abastecimiento sostenibles. Es un reconocido investigador en el área. |
| E12 | Candidato a Doctor | Su área de trabajo es la gestión de calidad y tiene gran experiencia en la implementación de prácticas de gestión ambiental en las organizaciones. |
| E13 | Doctorado | Su área está relacionada con la sostenibilidad en la cadena de suministro, así como con las tendencias de investigación relacionadas con este tema. |

Fuente: elaboración propia (2014)

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 y el conocimiento del sector.

- Determinación de los expertos definitivos

Para determinar si un experto potencial cumple con los requerimientos para participar, se emplea la autoevaluación de expertos planteada en el Marco metodológico a través de las ecuaciones (2-1) y (2-2).

La evaluación completa de K_c y K_a aplicada a los expertos, se presenta en el Anexo B donde se establecen las preguntas realizadas para el desarrollo del método de autoevaluación de expertos. Los resultados obtenidos de K_c para cada experto se calculan con la ecuación (2-2). En la sentan los resultados obtenidos.

Tabla 3-4 se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 3-4: Resultados obtenidos de K_c para cada experto potencial

| Experto | P1.1 | P1.2 | P1.3 | P1.4 | P1.5 | K_c |
|---------|------|------|------|------|------|-------|
| E1 | 8 | 7 | 9 | 10 | 10 | 0,88 |
| E2 | 10 | 9 | 10 | 10 | 10 | 0,98 |
| E3 | 9 | 8 | 9 | 9 | 9 | 0,88 |
| E4 | 7 | 8 | 8 | 7 | 7 | 0,74 |
| E5 | 9 | 9 | 9 | 8 | 8 | 0,86 |
| E6 | 6 | 7 | 6 | 6 | 8 | 0,66 |
| E7 | 8 | 7 | 7 | 6 | 7 | 0,7 |
| E8 | 6 | 7 | 7 | 6 | 6 | 0,64 |
| E9 | 9 | 10 | 7 | 9 | 10 | 0,9 |
| E10 | 9 | 9 | 7 | 7 | 9 | 0,82 |
| E11 | 6 | 10 | 8 | 9 | 9 | 0,84 |
| E12 | 9 | 8 | 9 | 8 | 9 | 0,86 |
| E13 | 9 | 8 | 9 | 9 | 9 | 0,88 |

Fuente: elaboración propia (2014)

Entre los expertos potenciales se observa que siete de ellos están en nivel alto (K_c mayor a 0,8) y el resto en competencia media (K_c entre 0,5 y 0,8). Ya que ninguno presenta 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 potenciales, aparecen a continuación en la Tabla 3-5.

Tabla 3-5: Resultados obtenidos de K_c para cada experto potencial

| Experto | P2.2 | P2.3 | P2.4 | P2.5 | P2.6 | P2.7 | P2.8 | K_a |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| E1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 1 | 0,83 |
| E2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 0,96 |
| E3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 1 | 0,98 |
| E4 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 0,94 |
| E5 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 0,85 |
| E6 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 0,6 |
| E7 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 0,8 |
| E8 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0,8 |
| E9 | 3 | 3 | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | 0,95 |
| E10 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0,92 |
| E11 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 0,97 |
| E12 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 0,98 |
| E13 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0,93 |

Fuente: elaboración propia (2014)

En general los expertos potenciales basan su conocimiento sobre los temas asociados a la sostenibilidad en la cadena de suministro y el diseño de indicadores en fuentes de alto impacto como la formación académica, la lectura de documentos nacionales e internacionales, así como la participación de investigaciones y asesorías empresariales relacionadas con el tema.

Finalmente, se calcula el coeficiente de competencia K según la ecuación inicial (2-1) y se evalúa la competencia del experto. En la Tabla 3-6 se exponen los cálculos del Coeficiente de competencia para los posibles expertos, así como unas características básicas para determinar su perfil.

Tabla 3-6: Resultados obtenidos asociados con la competencia de cada experto potencial.

| Experto | Años de experiencia | Grado de estudios | Años asesorando empresas | K_a | K_c | K | Nivel de competencia |
|---------|---------------------|--------------------|--------------------------|-------|-------|------|----------------------|
| E1 | más de 5 | Candidato a Doctor | 1-5 años | 0,88 | 0,83 | 0,86 | Alta |
| E2 | más de 5 | Doctorado | más de 5 años | 0,98 | 0,96 | 0,97 | Alta |
| E3 | más de 5 | Doctorado | más de 5 años | 0,88 | 0,98 | 0,93 | Alta |
| E4 | más de 5 | Doctorado | más de 5 años | 0,74 | 0,94 | 0,84 | Alta |

| | | | | | | | |
|-----|----------|---------------------|---------------|------|------|------|-------|
| E5 | más de 5 | Doctorado | más de 5 años | 0,86 | 0,85 | 0,86 | Alta |
| E6 | más de 5 | Doctorado | más de 5 años | 0,66 | 0,60 | 0,63 | Media |
| E7 | más de 5 | Doctorado | más de 5 años | 0,70 | 0,80 | 0,75 | Media |
| E8 | más de 5 | Doctorado | más de 5 años | 0,64 | 0,80 | 0,83 | Alta |
| E9 | más de 5 | Doctorado | 1-5 años | 0,90 | 0,95 | 0,93 | Alta |
| E10 | más de 5 | Doctorado | más de 5 años | 0,82 | 0,92 | 0,87 | Alta |
| E11 | más de 5 | Doctorado | más de 5 años | 0,84 | 0,97 | 0,91 | Alta |
| E12 | más de 5 | Candidata a Doctora | más de 5 años | 0,86 | 0,98 | 0,92 | Alta |
| E13 | más de 5 | Doctorado | más de 5 años | 0,88 | 0,93 | 0,91 | Alta |

Fuente: elaboración propia (2014)

Aunque el criterio establecido es que un experto tiene alta competencia si su nivel de competencia (K) está por encima de 0.8, se pueden tomar los expertos de competencia media (E6 y E7) como válidos cuando el promedio total de todos los expertos (0,86) está en un valor superior a 0,8 (Michalus, 2011).

La versión de la encuesta aplicada a los expertos para determinar su nivel de competencia está estructurada en el Anexo B.

3.1.4 Etapa II: Diseño del instrumento

- Construcción preliminar de la encuesta.

La construcción de las preguntas para medir el desempeño ambiental empresarial, se realizó con el apoyo de un par de evaluadores con reconocida experiencia en la formulación de encuestas y con conocimientos sólidos en la gestión ambiental empresarial para lograr representatividad en las variables en cada pregunta, así como claridad y sencillez en la redacción, de tal forma que el lector encuentre un cuestionario estructurado, sencillo y representativo.

El cuestionario de medición del desempeño ambiental empresarial tiene dos componentes principales, el primero relacionado con la información general de la empresa como nombre, tamaño, tipo de mercado en que compite la empresa. El segundo componente son ocho bloques de preguntas relacionados con los procesos y actividades descritos en Tabla 1-3.

La segunda etapa en la construcción de la encuesta es la selección de una escala valorativa apropiada. Debido a que en los artículos investigados no existían rangos de

valores cuantitativos que determinaran el éxito o el fracaso de la implementación de las actividades verdes, se decidió crear una escala valorativa.

La escala valorativa seleccionada fue la escala de Likert de 5 valores. 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, 2010). La escala de afirmaciones positivas, propuesta aparece en la Tabla 3-7.

Tabla 3-7: Escala de Likert propuesta para la encuesta

| Valor de la escala de Likert | Significado en la encuesta para cada actividad evaluada |
|------------------------------|---|
| 0 | No se aplica |
| 1 | Nunca se ha considerado |
| 2 | Se considera implementar a futuro |
| 3 | Existe un proyecto formal para implementación |
| 4 | Existe un proyecto en ejecución |
| 5 | Plenamente implementada |

Fuente: elaboración propia (2014).

Se incluyó el valor de cero en la escala de Likert para tener un indicador más general y que pueda ser aplicado a un número mayor de empresas, con actividades económicas similares, como la agroindustria, la metalmecánica, etc., de tal forma que si una actividad verde no es aplicable en una empresa, como por ejemplo, aspectos del diseño modular de producto en una empresa agroindustrial, no impacte negativamente el valor del indicador. En el momento de aplicar la encuesta, el valor de cero era explicado para evitar ambigüedades y al momento de computar los valores, las actividades con cero no eran ponderadas, ni incluidas en el análisis.

Una vez obtenida una estructura inicial del cuestionario, es necesario realizar una prueba piloto, etapa que se presenta a continuación.

- Tamaño de muestra y resultados para la prueba piloto

La prueba piloto se realizó a un total de 5 empresas (2 grandes y tres medianas). Las empresas para la prueba piloto se seleccionan en función de la rapidez de sus respuestas, así como la posibilidad de acceder a los gerentes en el menor tiempo posible.

A partir de los análisis propuestos por Sampieri (2010), se proponen las pruebas para validez, confiabilidad y objetividad del cuestionario. Estas pruebas están descritas en la Tabla 2-4 y se presentan desarrollaron en el software SPSS. El procedimiento empleado

se observa en el Anexo C. Los resultados obtenidos para la prueba piloto aparecen en la Tabla 3-8:

Tabla 3-8: Pruebas de confiabilidad y validez a obtenidas al aplicar en el instrumento

| Tipo de prueba | Técnica empleada | Resultado obtenido |
|----------------|--------------------------------|--------------------|
| Confiabilidad | Coeficiente Alfa de Cronbach | 0,834 |
| Validez | Coeficientes de Spearman-Brown | 0,96 |

Fuente: elaboración propia a partir de Sampieri et al., (2010)

Los resultados obtenidos en la Tabla 3-8 muestran que el instrumento diseñado cumple con los criterios de validez y confiabilidad. El alfa de Cronbach obtenido es superior a 0,8 por lo que es suficiente para garantizar la fiabilidad de la escala. De igual manera el Coeficientes de Spearman-Brown es cercano a 1.

Una vez que se cumplen los parámetros de validez y confiabilidad en la prueba piloto, se realizó la encuesta de medición del desempeño ambiental empresarial para las empresas objeto de estudio. La versión final de la encuesta se expone en el Anexo D.

3.1.5 Etapa III: Ponderación de procesos y actividades

Al listado definitivo de expertos se les aplicó el cuestionario de ponderación, en el cual deben categorizar en orden de importancia los procesos y actividades identificados en la Tabla 1-3.

El cuestionario de ponderación de procesos y actividades se presenta en el Anexo E.

Una vez que los expertos realizan la encuesta de medición del desempeño ambiental empresarial sus respuestas son analizadas mediante el coeficiente de concordancia de Kendall. Su cálculo se describe en las ecuaciones (2-3), (2-4) y (2-5) del Marco Metodológico.

Los índices de concordancia para cada proceso y actividad evaluada por los expertos se exponen en la Tabla 3-9. La concordancia entre los procesos es de 0.70, es decir, satisfactoria. Las siglas de la tabla corresponden a diseño verde (DV), compras verdes

(GP), manufactura verde (GM), distribución verde (GDi), innovación verde (GI), marketing verde (GMk), gestión de recursos humanos verde (GHRM) y logística inversa (RL).

Estos resultados del índice de concordancia de Kendall representa que los expertos seleccionados tienen los mismos estándares para jerarquizar los procesos y actividades, lo cual confirma lo establecido al calcular las fuentes de argumentación Ka, en donde la principales fuentes de argumentación fueron la lectura de documentos nacionales e internacionales, así como la participación de investigaciones y asesorías empresariales relacionadas con el tema.

Los cálculos del índice de Concordancia, para cada proceso y actividad, están detallados en el Anexo F.

Tabla 3-9: Índices de concordancia obtenidos para los procesos y actividades que componen el indicador compuesto de desempeño ambiental

| | Matrices | | | | | | | | |
|---------|----------|------|------|-------|------|------|------|------|------|
| | Procesos | DV | GP | GM | GDi | GMk | GI | GRHM | RL |
| T | 49,5 | 20 | 15 | 24,5 | 18 | 16 | 16 | 17,5 | 30 |
| D_i^2 | 3566 | 194 | 94 | 425,5 | 98 | 98 | 74 | 149 | 514 |
| W | 0,70 | 0,61 | 0,52 | 0,50 | 0,60 | 0,77 | 0,58 | 0,61 | 0,62 |

Fuente: elaboración propia (2014)

Se observa en la Tabla 3-9 que el mayor índice de concordancia fue para los procesos con tres actividades relacionadas como el diseño verde, la distribución verde, el marketing verde, la innovación verde y la gestión de recursos humanos verde, lo cual es evidente ya que a menor número de actividades a categorizar, las probabilidades de tener variaciones en el orden de importancia son menores. Especial atención merece la logística inversa, la cual aunque tiene cinco actividades que la componen, logró una concordancia similar a los procesos con tres actividades.

- **Ponderación simple:** obtenida la prueba de concordancia se ordenó de menor a mayor importancia los procesos y actividades identificados. En este caso, el menor valor corresponde al menos importante y el mayor valor al más importante. La escala es tan grande como el número de variables a analizar. Por ejemplo para el caso de los procesos que son 8, la escala va del 1 al 8, donde 1 es la actividad menos importante y 8 la más importante a juicio de cada experto.

Una vez ordenados los procesos se realizó una ponderación simple. Es decir, la participación porcentual de cada actividad en el grupo de procesos. Los resultados para cada actividad y proceso se presentan en la Tabla 3-10.

El procedimiento para su cálculo, así como la calificación otorgada por cada experto a cada actividad y proceso están detallados en el Anexo G

Tabla 3-10: Ponderación obtenida para los procesos y actividades que componen el indicador compuesto de desempeño ambiental

| | Procesos | Ponderación | Actividad | Ponderación |
|------|-----------------------------------|-------------|-----------|-------------|
| GD | Diseño verde | 0,21 | GD1 | 0,38 |
| | | | GD2 | 0,28 |
| | | | GD3 | 0,21 |
| | | | GD4 | 0,14 |
| GP | Compras verdes | 0,12 | GP1 | 0,33 |
| | | | GP2 | 0,28 |
| | | | GP3 | 0,27 |
| | | | GP4 | 0,12 |
| GM | Manufactura verde | 0,18 | GM1 | 0,23 |
| | | | GM2 | 0,16 |
| | | | GM3 | 0,10 |
| | | | GM4 | 0,18 |
| | | | GM5 | 0,09 |
| | | | GM6 | 0,24 |
| GDi | Distribución verde | 0,08 | GDi1 | 0,48 |
| | | | GDi2 | 0,24 |
| | | | GDi3 | 0,28 |
| GMk | Marketing verde | 0,04 | GMk1 | 0,27 |
| | | | GMk2 | 0,23 |
| | | | GMk3 | 0,50 |
| GI | Innovación verde | 0,17 | GI1 | 0,40 |
| | | | GI2 | 0,42 |
| | | | GI3 | 0,19 |
| GHRM | Gestión de recursos humanos verde | 0,08 | GHRM1 | 0,33 |
| | | | GHRM2 | 0,14 |
| | | | GHRM3 | 0,34 |
| | | | GHRM4 | 0,19 |
| RL | Logística inversa | 0,12 | RL1 | 0,20 |
| | | | RL2 | 0,27 |
| | | | RL3 | 0,27 |
| | | | RL4 | 0,08 |
| | | | RL5 | 0,19 |

Fuente: elaboración propia (2014)

A partir de los resultados obtenidos en la Tabla 3-10 se observa que los procesos más importantes, a juicio de los expertos, son el diseño verde, la manufactura verde y la innovación verde. Los dos primeros corresponden a los procesos más estudiados por la comunidad académica y han sido considerados como base de la sostenibilidad ambiental empresarial. Por otro lado, el tercer proceso más importante, la innovación verde, es uno de los más recientes al integrarse en el concepto de cadena de abastecimiento verde, ya que generalmente se ligaba al proceso de diseño verde.

Los procesos con menor ponderación o importancia para los expertos son el marketing verde, la distribución verde y la gestión de recursos humanos verde. El marketing verde ha sido uno de los procesos que más se ha analizado como factor de diferenciación empresarial, ya que en este proceso se incluyen todas las actividades para posicionar el medioambiente entre las estrategias de venta de las organizaciones, así como la colaboración con canales de protección del medioambiente, agencias gubernamentales y ONG'S.

Dentro del grupo de procesos con mayor ponderación, los expertos resaltan las siguientes actividades verdes:

La eliminación de sustancias peligrosas desde el diseño de producto y la reducción en la fuente, para el proceso de diseño verde. Estas actividades son claves para la articulación del diseño verde con los otros procesos ya que direccionan las condiciones de compra y manufactura desde el diseño y tienen como fin evitar la generación de materiales contaminantes, sancionados por la ley, así como la generación de residuos en el proceso.

En la manufactura verde no hay una diferencia clara entre actividades más importantes, ya que los porcentajes obtenidos en cada actividad son similares, aunque dos de ellas tengan un 24%. Estas actividades están asociadas a la implementación de tecnologías limpias y la reducción de emisiones en el proceso productivo.

La innovación verde, por su parte, tiene dos actividades más representativas: la creación de ventaja competitiva a través del producto verde y la participación del cliente en el diseño del producto, con miras a disminuir el impacto ambiental.

De los procesos con menor peso asignado, las actividades con menor importancia relativa, a juicio de los expertos, son la colaboración con eventos ambientales, la selección del personal a partir del compromiso ambiental y el uso de etiquetado con fines de recuperación del material.

3.1.6 Etapa IV: Construcción del indicador

Aunque existen diversos métodos de agregación como los expuestos en la Tabla 2.5, Zhou et al., (2010) recomiendan, que según la profundidad de la investigación y el conocimiento se tenga sobre la forma como se relacionan las variables, se empleen métodos que penalicen con más fuerza los valores más bajos. En este caso como no se conocen las relaciones entre los procesos y las actividades a analizar en el diseño del indicador, se propone usar el método de la suma ponderada que da penalizaciones similares a todos los procesos y actividades. Con base en lo anterior y tomando en cuenta los procesos principales y actividades verdes de la Tabla 1-3.

De acuerdo con lo anterior, la estructura general propuesta para el indicador, es:

$$IGSCM_i = \left[\sum_{j=1}^n W_{ij} \left(\sum_{k=1}^l W_{ijk} \cdot C_{ijk} \right) \right] \quad (3-5)$$

Dónde:

$IGSCM_i$ = índice de desempeño ambiental con enfoque GSCM para la empresa i

W_{ij} = peso del proceso j en la empresa i .

W_{ijk} = peso de la actividad k en el proceso j de la empresa i

C_{ijk} = calificación obtenida por la actividad k del proceso j de la empresa i

n = total de procesos

l = total de actividades

3.1.7 Etapa V: Aplicación del indicador y análisis de resultados

Una vez realizada la encuesta de desempeño ambiental empresarial a las empresas objeto de estudio se aplicó la ecuación (3-5) para determinar el valor del Indicador de desempeño ambiental empresarial con enfoque GSCM.

Se observa en la Tabla 3-11 que ninguna empresa encuestada tiene plenamente implementadas todas las actividades de enfoque GSCM. Aunque, la mayor parte de las empresas manufactureras (57%) se encuentran en procesos de formular o ejecutar dichas prácticas. Por otro lado, el 43% restante en general no ha considerado implementar o considera implementar a futuro la mayoría de las prácticas ambientales.

El proceso en el que las empresas tuvieron mejor desempeño es el diseño verde. Este proceso está muy ligado a la presión normativa que ejerce la regulación nacional, por lo que es viable una estrecha relación entre las sanciones económicas y legales que han direccionado a las empresas a la consideración de generar productos con materiales no contaminantes, que generen un menor gasto energético y sean integrados nuevamente a la cadena de suministro.

La segunda mejor valoración la obtuvo el proceso de manufactura verde. Las compras verdes y las actividades que la contienen, fueron unos de los primeros temas de sostenibilidad ambiental empresarial en ser estudiados por académicos y empresarios (Ver Tabla 1-1). A partir de 1990 las investigaciones asociadas al desarrollo de las relaciones con los proveedores y la implementación de sistemas de gestión de calidad para las compras, han tenido un crecimiento importante

Tabla 3-11: resultados del Indicador de desempeño ambiental obtenido para las empresas objeto de estudio

| N | GD Wi=0,21 | GP Wi=0,12 | GM Wi=0,18 | GDi Wi=0,08 | GMk Wi=0,04 | GI Wi=0,17 | GHRM Wi=0,08 | RL Wi=0,08 | IGSCM 1 |
|---|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|---------------|-----------------|---------------|------------|
| 1 | 3,4 | 1,4 | 2,3 | 2,6 | 3,9 | 1,8 | 2,4 | 4,3 | 2,53 |
| 2 | 4,2 | 5,0 | 4,3 | 1,5 | 5,0 | 4,4 | 4,4 | 5,0 | 4,08 |
| 3 | 4,3 | 4,4 | 4,5 | 3,1 | 3,8 | 4,6 | 4,0 | 2,1 | 3,92 |
| 4 | 4,0 | 4,0 | 3,1 | 2,3 | 5,0 | 4,0 | 5,0 | 2,0 | 3,51 |
| 5 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,9 | 2,0 | 2,00 |
| 6 | 3,8 | 5,0 | 4,8 | 5,0 | 5,0 | 4,0 | 4,0 | 4,2 | 4,22 |
| 7 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 5,0 | 4,0 | 3,0 | 4,0 | 3,82 |
| 8 | 2,0 | 2,0 | 3,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 2,0 | 2,5 | 1,86 |

| | | | | | | | | | |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 9 | 5,0 | 4,5 | 4,4 | 3,1 | 2,3 | 2,8 | 3,0 | 2,9 | 3,68 |
| 10 | 3,6 | 4,4 | 4,0 | 1,3 | 4,3 | 3,6 | 5,0 | 3,2 | 3,56 |
| 11 | 4,0 | 3,7 | 3,6 | 1,5 | 1,5 | 2,0 | 4,0 | 2,0 | 2,94 |
| 12 | 3,8 | 1,2 | 1,5 | 1,0 | 2,4 | 2,2 | 2,2 | 2,9 | 2,17 |
| 13 | 2,8 | 1,0 | 2,5 | 1,2 | 1,8 | 1,2 | 1,2 | 1,9 | 1,77 |
| 14 | 4,6 | 3,4 | 4,9 | 0,7 | 1,0 | 2,5 | 3,9 | 1,7 | 3,24 |
| Total | 51,5 | 45,9 | 48,9 | 30,2 | 43,9 | 40,2 | 47,0 | 40,8 | |

Fuente: elaboración propia (2014)

Por otro lado la distribución verde es el proceso en el que las empresas presentaron un peor desempeño, esto posiblemente debido a lo reciente del campo de investigación (Ver Tabla 1-1). Las barreras que el PROURE (2011) detectó para que las empresas puedan incluir el uso de transporte limpio son: alta dependencia de combustibles fósiles, mantenimiento inapropiado de vehículos, alta congestión vehicular y el uso de un parque vehicular antiguo.

Las dos empresas con mayores puntajes tienen en común una política de compras bien desarrollada, así como, una imagen verde que sabe explotar como ventaja competitiva y que se articula en todos los aspectos de la empresa como la selección de personal, la amplia participación del cliente en el diseño del producto y el proceso, así como la implementación plena de las actividades asociadas al proceso de logística inversa.

Las empresas con desempeño más bajo (5,8,11,13) han considerado implementar a futuro los procesos expuestos en el indicador y tienen los puntajes más bajos en los procesos distribución verde, marketing verde e innovación verde; en todo caso no tienen ningún proceso plenamente implementado.

Los resultados del indicador de desempeño ambiental empresarial para cada actividad están detallados en el Anexo H.

3.2 Análisis estadístico de resultados

Las pruebas realizadas obedecen a la estadística descriptiva, la estadística inferencial y el análisis multivariado. Para este caso se analizó cada una de las preguntas propuestas en el cuestionario, así como las características generales de la población estudiada.

El procedimiento para cada una de las pruebas realizadas en el análisis estadístico (descriptivo, inferencial y multivariado) está detallado en el Anexo I.

3.2.1 Análisis descriptivo

Las tablas de frecuencia construidas en esta sección, describen inicialmente el mercado y tamaño de las empresas que participaron en la investigación; posteriormente se analizan los resultados de la encuesta de desempeño ambiental empresarial para cada proceso planteado en el índice de desempeño ambiental empresarial (ecuación (3-5)).

El objetivo del análisis descriptivo es determinar los aspectos en los cuales se encuentran las mayores debilidades y fortalezas de las empresas frente al concepto GSCM. Todas las pruebas asociadas al análisis descriptivo fueron desarrolladas en el software SPSS, donde los valores de 1 a 5 corresponden a la escala de Likert definida en la Tabla 3-7.

3.2.2 Mercado

Las empresas analizadas pertenecen al sector manufacturero de Caldas. La clasificación por mercado tiene tres categorías: mercado nacional, mercado internacional o ambos. El mayor porcentaje de empresas (42,9%) compite en mercados nacionales o en mercados nacionales e internacionales, según se observa en la Tabla 3-12.

Tabla 3-12: Mercado de las empresas objeto de estudio

| | | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
|---------|---------------|------------|------------|-------------------|----------------------|
| Válidos | Nacional | 6 | 42,9 | 42,9 | 42,9 |
| | Internacional | 2 | 14,3 | 14,3 | 57,1 |
| | Ambos | 6 | 42,9 | 42,9 | 100,0 |
| | Total | 14 | 100,0 | 100,0 | |

Fuente: elaboración propia (2014).

Estudios similares como los de Wu et al., (2011) y Diabat, & Govindan (2011), especifican que entre las principales presiones para la adopción de prácticas verdes empresariales están los cambios en el mercado, las normativas y la satisfacción de los clientes. Esta consideración puede implicar que por las características del sector, el mercado puede ser una fuente de presión para que las empresas implementen políticas de competencia sostenibles así como las normas nacionales e internacionales.

3.2.3 Tamaño

En la Tabla 3-13 se observa que hay una similitud en los porcentajes de las empresas grandes y medianas que componen la muestra de estudio, con los valores de 42,9% y el 57,1%. El objetivo de esta comparación es comprobar que se cumplen los requisitos del muestreo estratificado y que las consideraciones realizadas para la muestra de estudio se pueden extrapolar a la población de las empresas manufactureras de Caldas de tamaño grande y mediano.

Tabla 3-13: Tamaño de las empresas objeto de estudio

| | | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje válido | Porcentaje acumulado |
|---------|---------|------------|------------|-------------------|----------------------|
| Válidos | Grande | 6 | 42,9 | 42,9 | 42,9 |
| | Mediana | 8 | 57,1 | 57,1 | 100,0 |
| | Total | 14 | 100,0 | 100,0 | |

Fuente: elaboración propia (2014).

3.2.4 Proceso 1: diseño verde

Las actividades del diseño verde se centran en la sustitución de materiales contaminantes por los materiales más ecológicos. Para Martínez & Sarache (2014) se compone de tres actividades principales: el ecodiseño, la inclusión de las 6R's, la disminución del consumo energético en la etapa de diseño.

En la Tabla 3-14 se puede observar a tendencia de las empresas frente a las actividades que componen el diseño verde. En general estas actividades se encuentran en las etapas de ejecución e implementación. Posiblemente debido a las normativas nacionales e internacionales las directrices para el manejo y reutilización de materiales desde la etapa de diseño, es escaso el porcentaje de empresas que no han considerado la implementación de estas actividades.

Tabla 3-14: Resumen de frecuencias para el diseño verde

| Pregunta | (1) Nunca se ha considerado (%) | (2) Se considera implementar a futuro (%) | (3) Existe un proyecto formal para su implementación (%) | (4) En ejecución (%) | (5) Plenamente implementada (%) |
|----------|---------------------------------|---|--|----------------------|---------------------------------|
| GD1 | 0 | 21,4 | 14,3 | 35,7 | 28,6 |

| | | | | | |
|-----|-----|------|------|------|------|
| GD2 | 7,1 | 14,3 | 7,1 | 35,7 | 35,7 |
| GD3 | 7,1 | 14,3 | 14,3 | 28,6 | 35,7 |
| GD4 | 7,7 | 23,1 | 7,7 | 30,8 | 30,8 |

Fuente: elaboración propia (2014)

El 35,7% de las empresas tienen en ejecución actividades ligadas a la eliminación del uso de sustancias peligrosas desde el diseño del producto (GD1). El 64,3% de las empresas tienen plenamente implementado o en ejecución actividades asociadas al diseño productos con menores gastos energéticos (GD3) y en las mismas condiciones se encuentra el 61,6% de las empresas que incluyen actividades de 6 R's desde el diseño (GD4).

La actividad asociada al diseño de productos que evitan la generación de residuos en la etapa de producción y consumo (GD2) es implementada o está en fase de implementación por un 71,4% de las empresas. Estos resultados son similares a los obtenidos por Diabat, & Govindan (2011) quienes relacionaron el ecodiseño y el ahorro de materia prima y energía desde la concepción del producto con un mejor desempeño empresarial.

En general la eliminación de sustancias peligrosas es uno de los requisitos firmados por el gobierno colombiano como parte de la adopción de los convenios de Basilea, Estocolmo y el convenio de Rotterdam.

De acuerdo con lo obtenido en la Tabla 3-14 para el diseño verde, es necesario investigar cómo las empresas manufactureras integran las consideraciones ambientales en el proceso de diseño, rompiendo las barreras establecidas por Pigosso (2012) y Pigosso et al., (2013) quienes afirman que uno de los motivos por el cual el diseño verde no se ha consolidado en las empresas de todo el mundo, es debido a las dificultades en la gestión del ecodiseño.

Finalmente se aprecia que el diseño verde y sus actividades relacionadas como: el ecodiseño, el ahorro de materia prima y energía desde la concepción del producto, y la sustitución de materiales contaminantes presentan un nivel de desarrollo medio-alto. También se puede decir que los resultados obtenidos son similares a los reportados por Diabat, & Govindan (2011); Shang, et al., (2010) para empresas de sectores semejantes.

3.2.5 Proceso 2: compras verdes

Según la Tabla 3-15 no hay una clara tendencia entre las prácticas que componen las compras verdes. Mientras que actividades como la inclusión a los proveedores en la gestión ambiental de la empresa y el establecimiento de una política de compra de materiales están en la etapa de implementación (35,7% para ambas), no hay un planteamiento claro frente a las actividades de compra de material reciclado, reusado, remanufacturado, porque un 50% de las empresas no ha considerado esta práctica o la considera implementar en un futuro, al igual que la exigencia de ISO 14000 a proveedores.

El desarrollo de políticas orientadas a evitar la compra de material contaminante puede observarse como consecuencia lógica del desarrollo de políticas para promover el diseño verde. La relación es simple, ya que si todos los procesos de la empresa están relacionados, y se plantea un diseño sin materiales contaminantes y con reducción de consumo energético, debe aplicarse una política de compras a los proveedores para garantizar que estos materiales cumplen con los nuevos requisitos del proceso productivo.

Tabla 3-15: Resumen de frecuencias para las compras verdes

| Pregunta | Nunca se ha considerado (%) | Se considera implementar a futuro (%) | Existe un proyecto formal para su implementación (%) | En ejecución (%) | Plenamente implementada (%) |
|----------|-----------------------------|---------------------------------------|--|------------------|-----------------------------|
| GP1 | 21,4 | 14,3 | 0 | 28,6 | 35,7 |
| GP2 | 28,6 | 14,3 | 0 | 28,6 | 28,6 |
| GP3 | 7,1 | 28,6 | 0 | 28,6 | 35,7 |
| GP4 | 25,0 | 25,0 | 8,3 | 16,7 | 25,0 |

Fuente: elaboración propia (2014)

Otro aspecto relevante en la Tabla 3-15 es que las empresas manufactureras de la región no exigen a sus proveedores normas de gestión ambiental, como la ISO 14000. De acuerdo con Chen (2005) existe una estrecha relación entre las condiciones de éxito al implementar las compras verdes y la exigencia de la norma ISO 14001 a los proveedores.

3.2.6 Proceso 3: manufactura verde

Al igual que las compras verdes, la manufactura verde fue uno de los primeros procesos en ser investigado (ver Tabla 1-1). Una de las principales razones para ello, es que en la etapa de manufactura son evidentes todos los desperdicios en materia prima, la

ineficiencia de los procesos y la maquinaria, así como las pérdidas que estas fallas generan en la productividad de las empresas.

En la Tabla 3-16 se puede observar que las empresas manufactureras de Caldas tienen en plenamente implementadas cinco de las seis actividades relacionadas con la manufactura. Los programas de orientados a la disminución de los gases de efecto invernadero (GM6) tiene el porcentaje más alto de implementación (58,3%). Esta situación está ligada a las normativas nacionales e internacionales así como a la adopción de convenios para disminuir el impacto ambiental, como por ejemplo el Protocolo de Montreal, que limita la emisión de sustancias agotadoras de la capa de ozono (MAVDT, 2015).

La implementación de tecnologías en la etapa de manufactura (GM1), la reducción en el uso de sustancias peligrosas en la etapa de producción (GM2) y la implementación de programas de ahorro (GM4) presentan un porcentaje de implementación del 42,9%.

La actividad ligada a la inclusión de materia prima reciclada en la etapa productiva (GM3) está en etapa inicial de formulación con un 62,5%. Este aspecto posiblemente esté relacionado con la ausencia de políticas de compras relacionadas con la inclusión de este tipo de material, analizada en la Tabla 3-15.

Otra de las posibles razones por la que el uso de materias primas recicladas en el proceso productivo, se encuentra en un estado de formulación, puede ser la relación de su implementación y el apoyo que el gobierno actual presta a las actividades verdes. Mittal, & Sangwan, (2014) afirman que las principales barreras para la adopción del proceso de manufactura verde son: la ausencia de legislaciones relacionada con el tema, los inadecuados mecanismos de medición, el desconocimiento de los beneficios y el bajo requerimiento de dicha características por parte de los clientes.

Tabla 3-16: Resumen de frecuencias para la manufactura verde

| Pregunta | Nunca se ha considerado (%) | Se considera implementar a futuro (%) | Existe un proyecto formal para su implementación (%) | En ejecución (%) | Plenamente implementada (%) |
|----------|-----------------------------|---------------------------------------|--|------------------|-----------------------------|
| GM1 | 0 | 14,3 | 14,3 | 28,6 | 42,9 |
| GM2 | 0 | 14,3 | 14,3 | 28,6 | 42,9 |
| GM3 | 25,0 | 12,5 | 25,0 | 12,5 | 25,0 |
| GM4 | 7,1 | 7,1 | 14,3 | 28,6 | 42,9 |

| | | | | | |
|-----|-----|------|-----|------|------|
| GM5 | 7,1 | 21,4 | 7,1 | 35,7 | 28,6 |
| GM6 | 8,3 | 25,0 | 8,3 | 16,7 | 58,3 |

Fuente: elaboración propia (2014)

Sobre los beneficios de la adopción de las actividades verdes en el sector de la manufactura, Zhu & Sarkis, (2004) concluyen que existe una correlación directa entre la mejora del desempeño empresarial y la adopción de actividades verdes como el *Lean manufacturing* y el *Just in time*. Si bien es cierto que las empresas manufactureras del sector no tienen implementadas este tipo de actividades, si incluyen otras con la misma finalidad, razón por lo cual se espera que en un futuro se puedan evidenciar mejoras en la rentabilidad de las empresas que implementan el proceso de manufactura verde.

Una comparación del estado actual del proceso de manufactura verde en las empresas del sector manufacturero de Caldas, frente a otros estudios similares realizados por Abbasi & Nilsson (2012); Deif (2011); Vachon & Klassen (2006) revela que existe una conciencia generalizada sobre la necesidad de establecer actividades verdes en la manufactura para disminuir el consumo de energía y materia prima, así como la emisión de gases de efecto invernadero.

La Tabla 3-16 muestra que el 42,9% de las empresas ha implementado plenamente las actividades relacionadas con el uso de tecnologías y materias primas limpias, al igual que el establecimiento de planes de ahorro en la etapa de producción. Estas actividades permiten clasificar a la manufactura en un estado de crecimiento y madurez, lo que representa una presión para la creación de políticas y normativas que estandaricen los procesos de manufactura verde.

3.2.7 Proceso 4: distribución verde

Si bien es cierto que muy pocos autores han separado la etapa de distribución, como un proceso independiente en que compone la gestión de cadenas de abastecimiento verde, sí existen contribuciones relacionados con las actividades como el uso de empaques reciclables (Parry, 2012; Eltayeb, 2011; Zhu, et al., 2008), la optimización de los sistemas de transportes (Srivastava, 2007), así como la reducción de los gases de efecto invernadero a partir del uso de combustibles limpios (Vigil et al., 2010). A partir de estas contribuciones, Martínez & Sarache (2014) incluyen actividades de la distribución verde como el uso de empaque o embalaje reciclados, el etiquetado de productos, la optimización

de los medios de transportes y la selección de proveedores de transporte a partir de criterios de responsabilidad ambiental.

Entre los resultados obtenidos en la Tabla 3-17 se puede afirmar que, en general, las empresas manufactureras del sector están en un período de ejecución e implementación de los proyectos relacionados con la distribución verde.

Las actividades asociadas al etiquetado de productos (GDi2) están plenamente implementadas para un 35,7% y no han sido consideradas por un 42,8% de las empresas.

Respecto a las políticas de selección de transporte (GDi3) el 46,2% de las empresas no ha considerado o solo considera a futuro esta actividad. Para el caso de las políticas de ahorro de combustible (GDi4) y de disminución de la contaminación en los vehículos (GDi5) alcanzan los valores del 45,5% y 33,3%.

De todas las actividades la que presenta un mayor nivel de atraso es el uso de empaques y embalajes reciclados (GDi1). Esta actividad es indispensable para la mejora en el desempeño ambiental empresarial, ya que el uso de empaques reciclables permite minimizar el impacto ambiental total, el alcanzar la sostenibilidad del medio ambiente y generar atributos ambientales positivos como la minimización energética y la prevención de la polución (Parry, 2012).

Tabla 3-17: resumen de frecuencias para la distribución verde

| Pregunta | Nunca se ha considerado (%) | Se considera implementar a futuro (%) | Existe un proyecto formal para su implementación (%) | En ejecución (%) | Plenamente implementada (%) |
|----------|-----------------------------|---------------------------------------|--|------------------|-----------------------------|
| GDi1 | 63,6 | 18,2 | 0 | 9,1 | 9,1 |
| GDi2 | 21,4 | 21,4 | 14,3 | 7,1 | 35,7 |
| GDi3 | 30,8 | 15,4 | 15,4 | 7,7 | 30,8 |
| GDi4 | 9,1 | 27,3 | 9,1 | 9,1 | 45,5 |
| GDi5 | 25,0 | 16,7 | 8,3 | 16,7 | 33,3 |

Fuente: elaboración propia (2014).

Los resultados de la Tabla 3-17 muestran que la mayoría de las empresas del sector no han considerado la implementación de actividades verdes en la etapa de distribución. Las actividades más rezagadas son el uso de empaques y embalajes reciclados, y la falta de políticas claras para la selección de proveedores de transporte. Estos resultados son similares a los planteados por Piñeros et al., (2012) quienes si bien en Colombia existe un

alto índice de empresas con certificaciones de gestión ambiental empresarial, la mayoría se limita a cumplir con la norma mínima y no incluyen consideraciones en el etiquetado y embalado de material, ni tampoco políticas claras para el transporte limpio.

Aunque las normas de ahorro de combustibles han sido eficaces para reducir las emisiones de GEI⁶, hasta el momento el crecimiento del transporte supera su impacto. Por ello la mayoría de los países industrializados y algunos países en desarrollo se establecieron normas de ahorro de combustibles para vehículos utilitarios ligeros nuevos. Estas normas de ahorro de combustibles son eficaces, permiten mejoras del ahorro de combustible del vehículo, un aumento del promedio de vida de los vehículos y reducen las emisiones de carbono (IPCC, 2007).

En el escenario internacional existen varias organizaciones que han incluido medidas relacionadas con las prácticas de distribución verde, entre ellas están el *Sustainable Packaging Indicators Metrics Framework*, el *Global Protocol on Packaging Sustainability*, el *Global Reporting Initiative (GRI)*, el *World Business Council for sustainable Development (WBCSB)* y la norma ISO 26000, relacionada con responsabilidad social empresarial. Sin embargo al analizar el marco legal en Colombia se observa que no existe una madurez en la consideración de este proceso y su importancia en la gestión ambiental empresarial.

3.2.8 Proceso 5: marketing verde

El marketing verde se está consolidando como una tendencia empresarial, que integra la sensibilidad del ser humano frente a su ecosistema y la manera en que las empresas, gobiernos y personas se involucran simultáneamente (Grant, 2008).

Las actividades de marketing verde asociadas a la promoción de programas ambientales con el estado y/o otras entidades (GMk2), y la colaboración con los clientes y proveedores en la formulación de objetivos ambientales (GMk3) tienen una alta tasa de implementación ya que el 61,5% de las empresas tienen estas prácticas en etapa de ejecución o están plenamente implementadas.

⁶ Gases de Efecto Invernadero

El uso de residuos como valor agregado (GMk4) está plenamente implementada por el 50,0% de las empresas; sin embargo el 33,3% de las empresas aún no han considerado esta actividad como fuente de beneficios.

Si bien es cierto que Salazar et al., (2012), plantean que las empresas colombianas han decidido insertarse en la tendencia del marketing verde, a través del posicionamiento de marca y el uso del medio ambiente como ventaja competitiva, esto no se refleja fuertemente para las empresas manufactureras de Caldas, porque la actividad ligada al desempeño ambiental como ventaja competitiva (GMk1) no ha sido considerado a futuro por el 57,2% de las empresas encuestadas.

Este resultado concuerda con Echeverri (2010) quien afirma que al sector aún le falta atravesar por dos fases más en el mercadeo verde, según el tipo de relaciones de la empresa con el medio ambiente, el mercadeo verde ambiental y el mercadeo verde sostenible.

Al comparar los resultados en la Tabla 3-18 con los propuestos por Echeverri (2010), se observa que las empresas se ubican en la fase de mercadeo verde ambiental, la cual surge en los años 80's y se caracteriza por el uso de tecnología limpia en el diseño de productos innovadores y sistemas de producción al evitar y controlar la polución y las basuras.

Tabla 3-18: Resumen de frecuencias para el marketing verde

| Pregunta | Nunca se ha considerado (%) | Se considera implementar a futuro (%) | Existe un proyecto formal para su implementación (%) | En ejecución (%) | Plenamente implementada (%) |
|----------|-----------------------------|---------------------------------------|--|------------------|-----------------------------|
| GMk1 | 28,6 | 28,6 | 0 | 7,1 | 35,7 |
| GMk2 | 15,4 | 23,1 | 0 | 7,7 | 53,8 |
| GMk3 | 23,1 | 15,4 | 0 | 7,7 | 53,8 |
| GMk4 | 25,0 | 8,3 | 8,3 | 8,3 | 50,0 |

Fuente: elaboración propia

Por los resultados obtenidos en la Tabla 3-18 se aprecia que si bien la mayoría de las empresas tienen plenamente implementadas actividades relacionadas con el posicionamiento del desempeño ambiental como ventaja competitiva y la colaboración con el estado, clientes y proveedores, aún existe un porcentaje elevado de empresas que no

consideran el medio ambiente como ganador de pedidos y consolidador de relaciones positivas con los clientes, el estado, los proveedores y la comunidad.

Es necesario también considerar al consumidor verde colombiano frente al consumidor verde de otros países. En Colombia el porcentaje de consumidores de productos verdes es del 22% mientras que en Europa es del 54% (GAIA, 2012). Dado que uno de las principales presiones para la adopción de actividades verdes son los clientes, se puede inferir que una baja presión de los clientes podría estar generando un crecimiento lento en las tendencias de marketing verde.

3.2.9 Proceso 6: innovación verde

Se observa en la Tabla 3-19 que la mayoría de las prácticas analizadas para la innovación verde está en un estado inicial de avance. El desarrollo de nuevos productos y procesos con miras a disminuir la contaminación (GI1) presenta un 57,2% en etapas de ejecución o plenamente implementadas, así como la formación de centros de investigación (GI4=46,2) con miras a reducir el impacto ambiental.

Tabla 3-19: Resumen de frecuencias para la innovación verde

| Pregunta | Nunca se ha considerado (%) | Se considera implementar a futuro (%) | Existe un proyecto formal para su implementación (%) | En ejecución (%) | Plenamente implementada (%) |
|----------|-----------------------------|---------------------------------------|--|------------------|-----------------------------|
| GI1 | 21,4 | 21,4 | 0 | 42,9 | 14,3 |
| GI2 | 35,7 | 14,3 | 7,1 | 35,7 | 7,1 |
| GI3 | 35,7 | 14,3 | 7,1 | 35,7 | 7,1 |
| GI4 | 15,4 | 38,5 | 0 | 30,8 | 15,4 |
| GI5 | 7,1 | 35,7 | 7,1 | 21,4 | 28,6 |

Fuente: elaboración propia (2014)

Las actividades que están más rezagadas son aquellas que miden las relaciones del cliente con la formulación del proceso y el producto, tales como la inclusión de los clientes a estos procesos desde el producto (GI2) y del proceso productivo (GI3). En ambos casos, un 52,7% de las empresas no ha considerado nunca o considera implementar a futuro dichas actividades.

Al comparar estos resultados con los obtenidos por Mancinelli, & Mazzanti (2013), se presentan resultados similares para empresas manufactureras de Italia, las cuales no

tienen plenamente integrada las actividades de innovación verde a pesar de estar en mercados altamente competitivo y afrontar otras presiones similares.

Para Cuerva et al., (2013) los factores que podrían conducir a la innovación verde son las capacidades tecnológicas y organizacionales, la demanda del mercado y las influencias externas relacionadas con presiones reglamentarias. Respecto a estas presiones en el contexto caldense se puede afirmar que no existe un panorama claro en los incentivos y que si bien COLCIENCIAS está gestionando proyectos relacionados con la innovación verde, estos son incipientes.

Entre los beneficios que podría tener el sector al implementar actividades de innovación verde están: una mejora sustancial en el desempeño de la organización, así como un impacto positivo en el desempeño ambiental y social de la empresa (Seman et al., 2012), por otro lado Sezen & Çankaya (2013), afirman que si bien la innovación verde genera menores costos de materias primas, aumento de la eficiencia de producción, reducción en los gastos de seguridad ambiental y ocupacional, y una mejor imagen corporativa, no hay una investigación concluyente sobre el impacto de la innovación verde en el desempeño económico empresarial.

Se aprecia que es necesario presentar a las empresas este tipo de ventajas y beneficios para generar una motivación externa que impulse a desarrollar actividades de innovación verde.

3.2.10 Proceso 7: gestión de recursos humanos verde

Al igual que la innovación verde, la gestión de recursos humanos verde es un tema de investigación reciente (Renwick, 2013). Se observa en la Tabla 3-20 que la actividad menos desarrollada es la selección de personal basado en motivación y compromiso con la gestión ambiental (GHRM2), y el 46,2% de empresas no han considerado de manera cercana su implementación.

Es necesario evaluar por qué las empresas del sector no han empezado a considerar el compromiso ambiental como variable de selección de personal, ya que existe una estrecha relación entre el éxito de un sistema de gestión ambiental empresarial y el perfil y desempeño de los empleados (Mancinelli, & Mazzanti, 2013; Wagner, 2012; Lee, 2009).

Con respecto a la evaluación del compromiso ambiental como parte integral de los procesos de evaluación (GHRM1) un 42,8% de las empresas que tienen esta actividad en ejecución o plenamente implementada, al igual que las actividades relacionadas con la motivación y participación de los empleados en el desarrollo de estrategias de desempeño ambiental, los programas de entrenamiento medioambiental al personal (GHRM3=53,9%), el establecimiento de incentivos (GHRM4=61,6%) y la participación de empleados en la solución de los problemas ambientales.

Tabla 3-20: Resumen de frecuencias para la gestión de recursos humanos verde

| Pregunta | Nunca se ha considerado (%) | Se considera implementar a futuro (%) | Existe un proyecto formal para su implementación (%) | En ejecución (%) | Plenamente implementada (%) |
|----------|-----------------------------|---------------------------------------|--|------------------|-----------------------------|
| GHRM1 | 7,1 | 21,4 | 28,6 | 21,4 | 21,4 |
| GHRM2 | 30,8 | 15,4 | 23,1 | 15,4 | 15,4 |
| GHRM3 | 15,4 | 7,7 | 23,1 | 15,4 | 38,5 |
| GHRM4 | 0 | 7,7 | 30,8 | 30,8 | 30,8 |
| GHRM5 | 0 | 7,1 | 21,4 | 28,6 | 42,9 |

Fuente: elaboración propia (2014)

Renwick (2013) revela que las actividades de gestión de recursos humanos en ampliamente usada por multinacionales, ya que este tipo de actividades mejora la capacidad de atracción de solicitantes jóvenes. Los solicitantes de empleo prefieren las organizaciones que tienen una estrecha correspondencia entre sus valores personales y los de las organizaciones, así como la reputación de la empresa y su imagen.

3.2.11 Proceso 8: logística inversa

En la Tabla 3-21 se puede observar que, a pesar de la importancia de la logística inversa como proceso relevante en las actividades de la gestión ambiental empresarial, no hay un desarrollo consistente con los demás procesos analizados.

En el caso de la separación y retorno de productos defectuosos (RL1), el 50% de las empresas tienen esta actividad plenamente implementada o en ejecución, pero el mismo porcentaje de empresas no ha considerado nunca o en largo plazo la adopción de esta actividad. Esta misma situación se presenta con la implementación de 6R's en la cadena de suministro (RL2).

La actividad con mayor implementación es la medición del impacto ambiental causado por los residuos de la empresa (RL4=53,9%). Seguido por la gestión de programas para el tratamiento integral de los residuos no aprovechables (RL3=50%). Esta actividad mide la forma en que los residuos son dispuestos y el hecho que exista una política de implementar a futuro indica que ahora los residuos generados se transforman en su mayoría en vertimientos y en contaminación ambiental.

La medición del impacto ambiental al tratar los residuos (RL5), es una actividad complementaria al establecimiento de programas de tratamiento integral para residuos no aprovechables. Aunque esta actividad se encuentra en un estado mayor de madurez y desarrollo (50% en ejecución e implementada), aún resta un 50% de empresas que no miden el impacto real de sus descargas.

Otra actividad que llama la atención es la separación y retorno de productos defectuosos, ya que si se consideran los lineamientos del ecodiseño, es necesario que estas partes o módulos del producto pueda ser reintegrados a la cadena de suministro; y puesto que no hay políticas claras para compra de material reciclado, no existe entonces un medio eficiente y estandarizado para incluir módulos de los productos en el proceso productivo, desperdiciándose así los esfuerzos de la empresa por lograr diseños sostenibles.

Tabla 3-21: Resumen de frecuencias para la logística inversa

| Pregunta | Nunca se ha considerado (%) | Se considera implementar a futuro (%) | Existe un proyecto formal para su implementación (%) | En ejecución (%) | Plenamente implementada (%) |
|----------|-----------------------------|---------------------------------------|--|------------------|-----------------------------|
| RL1 | 16,7 | 33,3 | 0 | 16,7 | 33,3 |
| RL2 | 14,3 | 35,7 | 0 | 35,7 | 14,3 |
| RL3 | 8,3 | 33,3 | 8,3 | 25,0 | 25,0 |
| RL4 | 15,4 | 23,1 | 7,7 | 30,8 | 23,1 |
| RL5 | 14,3 | 28,6 | 7,1 | 28,6 | 21,4 |

Fuente: elaboración propia (2014)

Al comparar los resultados obtenidos con los de los países europeos, asiáticos y norteamericanos, se puede observar es que el desarrollo de la logística inversa cada vez tiene mayor importancia para todos los sectores y se ha transformado un desarrollo legislativo y de integración entre la industria, la población (Torres, 2013).

Mihi (2007) plantea que para países con una importante actividad comercial internacional como Colombia, el uso de la logística inversa es mucho más complejo, por lo que hay que prestar más atención al desarrollo de procesos que permitan que estas actividades realicen de forma más eficiente, lo que supone importantes beneficios para las empresas.

Torres (2013) determinó que las principales barreras para la implementación de la logística inversa en el país son el déficit de infraestructura y las fallas del sector privado y los operadores logísticos. Para subsanar dichas fallas se ha establecido el marco de la institucionalidad para el desarrollo de la infraestructura de transporte y la logística en Colombia, así como las campañas propuestas por empresas grandes colombianas y mecanismo de promoción de la ANDI.

Entre las ventajas que las empresas del sector manufacturero deben considerar para la implementación de actividades relacionadas con la logística inversa, se encuentran: el procesamiento de los productos devueltos o usados proporcionan beneficios sustanciales a las empresas (Akdoğan, & Coşkun, 2012) el ahorro en materias primas (Gupta, & Dandekar, 2010), el ahorro en la generación de residuos (Zhu et al., 2008), la posibilidad de la empresa a expandirse a mercados secundarios, cumplimiento de normativas, mejora de la imagen empresarial (Marsillac & Roh, 2014; Akdoğan, & Coşkun, 2012; Gupta, & Dandekar, 2010)

3.3 Análisis inferencial

Las pruebas de estadística inferencial planteadas en la Tabla 2-6 fueron realizados en el software SPSS, SPAD y Statgraphics.

3.3.1 Análisis comparativo mediante pruebas de hipótesis

De acuerdo con el planteamiento del problema y la revisión de la literatura realizada en el Marco teórico-referencial, es necesario determinar si existen diferencias significativas entre las empresas objeto de estudio para las variables tamaño, mercado y procesos verdes.

Para determinar el tipo de pruebas de inferencia estadística se realizó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para cada uno de los procesos verdes propuestos en el indicador de desempeño ambiental, con el fin de determinar si los datos siguen una distribución normal. Se parte como premisa que las mediciones se encuentren en una escala de intervalo (ver Tabla 3-7).

Las hipótesis propuestas para esta prueba fueron:

Ho: Los datos de los procesos verdes que componen el indicador de desempeño ambiental empresarial presentan una distribución normal.

Ha: Los datos de los procesos verdes que componen el indicador de desempeño ambiental empresarial no presentan una distribución normal.

Los resultados de la prueba para cada una de los procesos están en la Tabla 3-22.

Tabla 3-22: Resultados obtenidos de la prueba Kolmogorov-Smirnov para los procesos verdes evaluados en la encuesta de desempeño ambiental empresarial.

| Proceso del enfoque GSCM evaluado | Significancia |
|-----------------------------------|---------------|
| Diseño verde | 0,605 |
| Compras verdes | 0,863 |
| Manufactura verde | 0,547 |
| Distribución verde | 0,930 |
| Marketing verde | 0,836 |
| Innovación verde | 0,750 |
| Gestión de recursos humanos verde | 0,470 |
| Logística inversa | 0,725 |

Fuente: elaboración propia (2014)

De acuerdo con la significancia obtenida, ninguno de los valores es inferior a 0,05. Por lo que se debe rechazar Ho y con un nivel de significancia del 5% no es posible afirmar que los datos asociados a los distintos procesos verdes siguen una distribución normal, lo cual implica que las pruebas a realizar son de tipo no paramétrico.

La prueba de igualdad de medianas fue aplicada para la contrastación de tamaños (grandes y medianos) frente a cada proceso asociado al enfoque GSCM (Ver Tabla 2-6). Se propusieron las siguientes hipótesis:

Ho: Las opiniones en las empresas grandes y medianas con relación a cada uno de los procesos asociados al enfoque GSCM son similares.

Ha: Las opiniones en las empresas grandes y medianas con relación a cada uno de los procesos asociados al enfoque GSCM son distintas.

La prueba aplicada para contrastar el tipo de mercado en el que compite la empresa (nacional, internacional o ambos) frente a cada uno de los procesos asociados al enfoque GSCM, fue la prueba de Kruskal-Wallis. Esta prueba se realizó en dos escenarios, el primero considerando las hipótesis para la contrastación respecto al mercado en el cual compite la empresa tiene la siguiente estructura:

Ho: Se aprecia similitud con respecto a las opiniones asociadas a los procesos verdes en las empresas que compiten en los mercados nacionales e internacionales.

Ha: No se aprecia similitud con respecto a las opiniones asociadas a los procesos verdes en las empresas que compiten en los mercados nacionales e internacionales. El resumen de estas pruebas de hipótesis realizadas está en la Tabla 3-23.

Se puede observar en la Tabla 3.23 que al realizar la prueba con una confiabilidad del 90%, existen al menos 3 procesos con valores inferiores a 0,1. De acuerdo con la significancia obtenida, es posible afirmar que existe una diferencia significativa entre el comportamiento de las empresas grandes y medianas para los procesos de distribución verde, marketing verde e innovación verde.

De igual forma, existe una diferencia significativa de los resultados obtenidos para las empresas que compiten en mercados nacionales, internacionales o ambos, al ser comparados con los procesos de diseño verde, manufactura verde e innovación verde.

Por otro lado, para los demás procesos analizados tanto el tamaño, como el mercado en el que compite es una variable irrelevante.

Tabla 3-23: Cuadro resumen de prueba de hipótesis para mercado y tamaño de las empresas del sector manufacturero.

| | GD | GP | GM | GDi | GMk | GI | GHRM | RL |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tamaño | 0,339 | 0,407 | 0,182 | 0,069 | 0,095 | 0,094 | 0,347 | 0,618 |
| Mercado | 0,077 | 0,489 | 0,088 | 0,117 | 0,370 | 0,075 | 0,228 | 0,995 |

Fuente: elaboración propia (2014).

Estos resultados son comparados por otros similares realizados al sector de la manufactura. Hourneaux et al., (2014) argumentan que las grandes empresas tendrán un

mayor grado de utilización y de medición del desempeño ambiental que las empresas pequeñas. Así como la reducción de costos, materiales, energía y agua.

Simpson et al. (2004) encontraron también que una empresa grande tiende a estar más dispuesta a participar en la iniciativa de la cadena de suministro verde. Además, las empresas con mayores recursos tienen más posibilidades de incorporar las innovaciones de prevención de la contaminación, mientras que las empresas más pequeñas sienten que no pueden obtener una ventaja competitiva mediante la adopción de buenas prácticas ambientales y fue un costo financiero agregado al negocio que no pudo ser transmitida a los clientes. Por otro lado, Lee (2012), afirma que algunas empresas medianas han desarrollado una buena infraestructura con altos niveles de experiencia y recursos para hacer frente a las presiones externas y los cambios en el mercado.

Una vez determinado que existe diferencia significativa por parte del mercado para los procesos de distribución verde, marketing verde e innovación verde y en el caso del tamaño de la empresa es significativa para el diseño verde, la manufactura verde y la innovación verde, fue necesario determinar si existía diferencia significativa entre cada uno de los procesos que compone el indicador compuesto de desempeño ambiental. Para todos los procesos se aplicó la prueba de contrastación de U Mann-Whitney. La hipótesis para cada caso fue:

Ho: Los resultados obtenidos entre cada uno de los procesos evaluados en la encuesta de desempeño ambiental empresarial para las empresas analizadas son similares.

Ha: Los resultados obtenidos entre cada uno de los procesos evaluados en la encuesta de desempeño ambiental empresarial para las empresas analizadas no son similares.

La contrastación de cada proceso se realizó con un nivel de significancia del 5%. Los resultados obtenidos se describen en la Tabla 3-24.

Tabla 3-24: Cuadro resumen de diferencias significativas entre procesos

| PROCESO | GD | GP | GM | GDi | GMk | GI | GHRM | RL |
|---------|----|-------|-------|---------|--------|---------|--------|--------|
| GD | | 0,095 | 0,308 | 0,001** | 0,203 | 0,002** | 0,151 | 0,008* |
| GP | | | 0,219 | 0,038* | 0,380 | 0,113 | 0,326 | 0,217 |
| GM | | | | 0,008* | 0,375 | 0,010** | 0,280 | 0,031* |
| GDi | | | | | 0,038* | 0,156 | 0,009* | 0,107 |

| | | | | | | | | |
|-------------|--|--|--|--|--|-------|-------|-------|
| GMk | | | | | | 0,097 | 0,926 | 0,174 |
| GI | | | | | | | 0,055 | 0,377 |
| GHRM | | | | | | | | 0,092 |
| RL | | | | | | | | |

**Efecto altamente significativo⁷; *Efecto significativo⁸. Fuente: elaboración propia (2015)

A partir de la Tabla 3-24 se puede afirmar con una confiabilidad del 95% que existe una diferencia significativa entre las opiniones obtenidas para los procesos de diseño verde y distribución verde; diseño verde e innovación verde; manufactura verde e innovación verde, diseño verde y distribución verde, y finalmente innovación verde y logística inversa.

Al contrastar estos procesos se observa que los procesos diseño verde y manufactura están ampliamente consolidados en la literatura académica, son incluidos por la mayoría de las empresas y están en un alto grado de desarrollo, mientras que los procesos distribución verde e innovación verde están en un incipiente desarrollo tanto en el componente académico como el empresarial.

También, estos resultados pueden ser atribuidos a que las actividades que componen el diseño verde y que tocan aspectos de la innovación verde, la logística inversa y la distribución verde como es el caso del diseño de productos con miras a remanufacturar, actividad que requiere del transporte y las dinámicas de la logística inversa para cumplirse plenamente.

Para contrastar las diferencias significativas entre los procesos diseño verde e innovación verde; manufactura verde e innovación verde, se revisó en la literatura académica y no se encontró artículos que analicen dichas interacciones, por lo que se proponen como un estudio posterior. Esta afirmación es acorde a la realizada por Rajesh et al., (2012) quienes sugieren la necesidad de medir el grado de correlación entre los procesos verdes.

Para determinar el grado de afectación entre los procesos verdes se plantea la prueba de correlación por rango de Spearman, la cual está detallada en la **Tabla 3-25**.

⁷ Se considera altamente significativa si $\beta \geq 99\%$; donde $\beta = (1 - \text{significancia}) * 100$ (Mejía,2014)

⁸ Se considera significativa si $\beta \geq 95\%$

Tabla 3-25. Correlación Ordinal de Spearman

| | Variable | GP | GM | GDi | GMk | GI | GHRM | RL |
|------|-----------------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|-------------|-----------|
| GD | Correlación | 0,3648 | 0,4928 | 0,1939 | 0,1279 | 0,4298 | 0,3191 | 0,0387 |
| | Valor P | 0,1885 | 0,0756 | 0,4844 | 0,6448 | 0,1212 | 0,2499 | 0,8891 |
| GP | Correlación | | 0,7544 | 0,5372 | 0,6090 | 0,7625 | 0,7785 | 0,5301 |
| | Valor P | | 0,0065 | 0,0528 | 0,0281 | 0,0060 | 0,0050 | 0,0560 |
| GM | Correlación | | | 0,3034 | 0,2163 | 0,6290 | 0,5525 | 0,2800 |
| | Valor P | | | 0,2739 | 0,4355 | 0,0233 | 0,0464 | 0,3127 |
| GDi | Correlación | | | | 0,5929 | 0,5511 | 0,3670 | 0,4716 |
| | Valor P | | | | 0,0326 | 0,0469 | 0,1858 | 0,0891 |
| GMk | Correlación | | | | | 0,7271 | 0,5458 | 0,6633 |
| | Valor P | | | | | 0,0088 | 0,0491 | 0,0168 |
| GI | Correlación | | | | | | 0,7239 | 0,3657 |
| | Valor P | | | | | | 0,0090 | 0,1874 |
| GHRM | Correlación | | | | | | | 0,1969 |
| | Valor P | | | | | | | 0,4778 |
| RL | Correlación | | | | | | | |
| | Valor P | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia (2015)

La **Tabla 3-25** muestra el nivel de correlación que existe entre los distintos procesos que componen el enfoque GSCM, así como la significancia de la prueba. Existe una correlación positiva entre los procesos de: compras verdes y manufactura verde, compras verdes y marketing verde, compras verdes y gestión de recursos humanos verde, manufactura verde e innovación verde, manufactura verde y gestión de recursos humanos verde, distribución verde y marketing verde, distribución verde e innovación verde, marketing verde e innovación verde, marketing verde y gestión de recursos humanos verde, marketing verde y logística inversa, y finalmente innovación verde y gestión de recursos humanos verde. Entre estos procesos la correlación más alta es entre compras verdes y gestión de recursos humanos verde con un valor de 0.77, la cual puede considerarse como alta.

Al contrastar en la literatura la asociación entre estos procesos se encontró que la relación entre las compras verdes y la manufactura verde fue analizada por Ji et al, (2015), quienes plantean la importancia de las compras verdes en el enfoque GSCM y específicamente su impacto en las condiciones de la manufactura. Narasimhan & Das (2001) afirman que existe una relación moderada entre las prácticas de compra y el desempeño en la manufactura.

De igual forma, Sezen & Çankaya (2013), plantearon que existe una fuerte relación entre la manufactura verde y la eco-innovación, para la mejora de los aspectos económicos y ambientales de las organizaciones.

Para el caso de las relaciones entre la gestión de recursos humanos verde y las compras verdes, la manufactura verde y el marketing verde, Jabbour & Lopes de Sousa (2015), reportan que no existen artículos que traten de las relaciones existentes entre estos temas y que a su vez, la relación entre GHRM y los procesos que componen el GSCM, pueden contribuir a que las empresas y las cadenas de suministro sean más sostenibles.

La relación de las compras verdes con el marketing verde no aparece en la revisión de la literatura, sin embargo, autores como Gonzales-Zapatero et al., (2015) citando a Gupta et al., (1986); Griffin & Hauser, (1996); Karmarkar, (1996); Khan & Mentzer, (1998); Calantone et al., (2002); Swink & Song, (2007) revelan la importancia de incluir las decisiones de compra en el proceso de marketing, mediante el enfoque de integración funcional, la cual incluye aspectos de índole transversal a la mejora en la cadena de suministro.

Al consultar las relaciones entre innovación verde y distribución verde, innovación verde y marketing verde, y marketing verde y logística inversa, no se encontraron artículos en las bases de datos de Emerald y Science Direct con estas temáticas, por lo que se propone como una posible tendencia de investigación.

3.4 Análisis multivariados

Los análisis multivariados realizados corresponden al método de correspondencias múltiples, la determinación del plano factorial y la agrupación de clúster jerárquico. La

selección de estas pruebas se debe a que los datos analizados son categóricos y es necesario determinar la similitud de actividades, patrones o tendencias entre las empresas así como las actividades del indicador de desempeño ambiental con enfoque verde que son significativas para todo el conjunto de actividades analizadas.

Todas estas pruebas estadísticas se realizaron en SPAD, ya que es un software más robusto para análisis multivariados y presenta una interfaz más amigable para este tipo de tratamientos. En las Figura 3.1 y Figura 3.2 se observa la forma como se agrupan las actividades verdes que componen el Indicador compuesto, así como las empresas objeto de estudio.

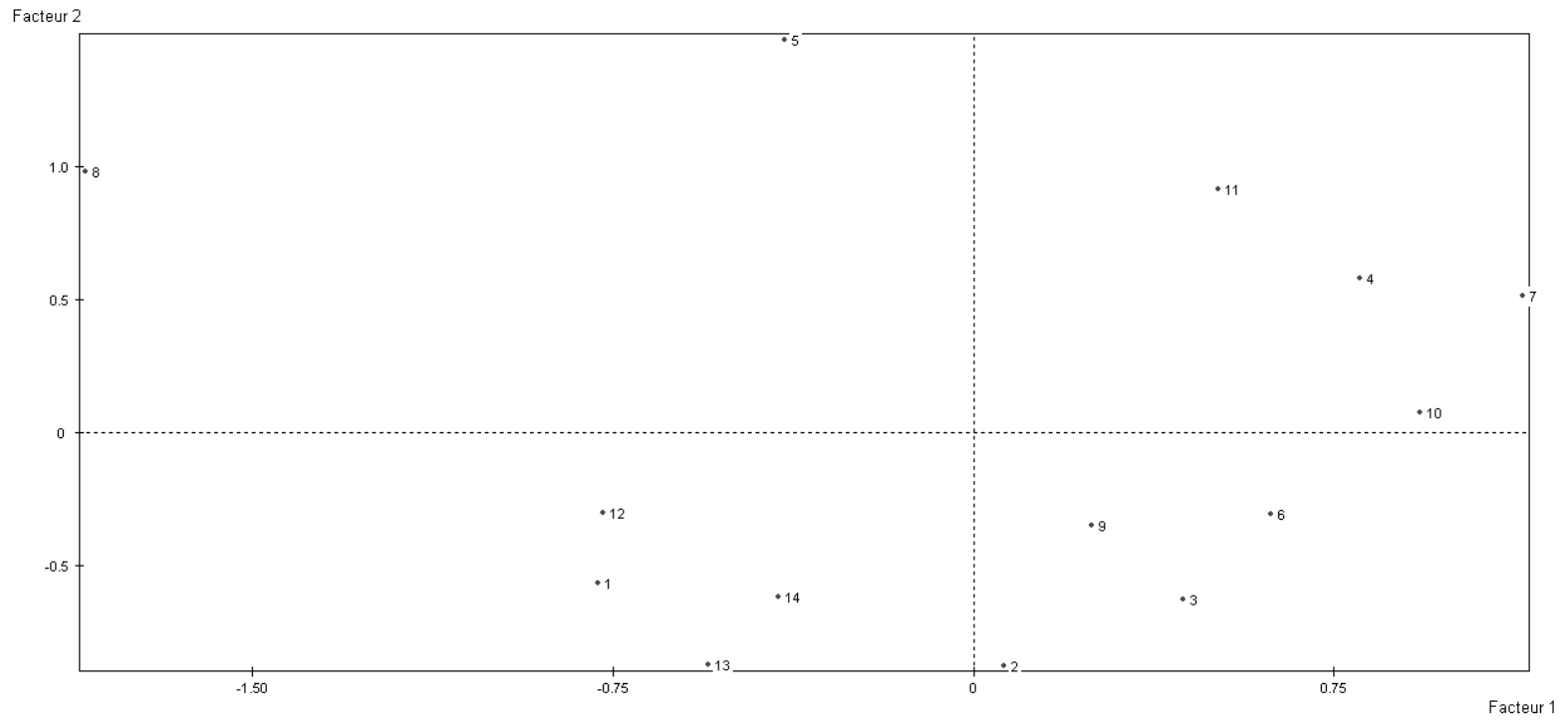
En la Figura 3.1 se observa que no hay una tendencia clara en las actividades y los datos obtenidos arrojan una dispersión; por ello, se recomiendan más análisis para filtrar las actividades menos relevantes y así determinar los patrones que puedan seguir las actividades verdes.

Además, como se aprecia en dicha gráfica, las actividades que están más alejadas del centroide (comportamiento promedio) son la evaluación del compromiso ambiental como parte integral de la evaluación (GHRM1), el uso de programas de entrenamiento al personal (GHRM3), la implementación de una política de selección de transporte con base en criterios ambientales (GDi3), la colaboración con clientes y proveedores en formulación de objetivos ambientales (GMk3), la separación y retorno de productos (RL1) y la implementación de 6R's en la cadena de suministro (RL3). Estas actividades son las que más aportan a la inercia (varianza) y son las que más deben enfocarse en su desarrollo de políticas y futuras investigaciones que puedan determinar las razones de la dispersión

En la Figura 3.2 se observa que las empresas que están cerca al centroide del plano son las que tienen mayor similitud entre ellas y son las que no presentaron una significancia alta al analizar los valores críticos mencionados anteriormente.

Las empresas que están el cuadrante inferior derecho corresponden a las empresas con mejor desempeño en sus actividades verdes y corresponden a las actividades 2, 3, 6 y 9. Mientras que las empresas las empresas 5 y 8, presentan comportamientos atípicos y tienen comportamientos opuestos a las empresas del cuadrante superior derecho.

Figura 3.2: Plano Factorial por empresas analizadas



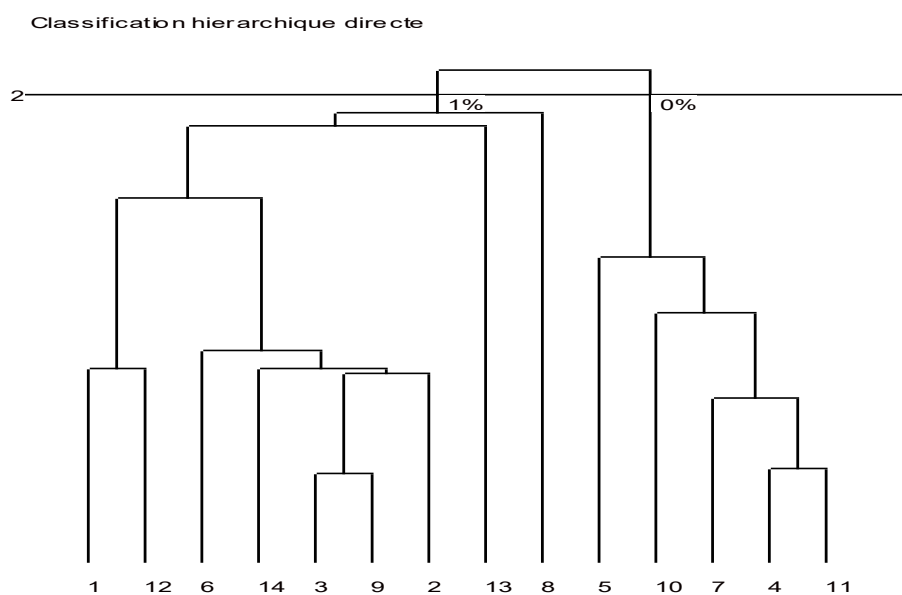
Fuente: SPAD (2014)

El análisis de clúster se presenta en el Dendrograma de la Figura 3.4, apoyado en la caracterización por categorías de grupo que se exponen en el Anexo I.

Al analizar la caracterización por categorías de grupos, que hace parte del clúster jerárquico, surgen las actividades claves para el desarrollo del indicador de desempeño ambiental empresarial; estos son: el diseño de productos con menor gasto energético (GD3); la implementación de tecnologías enfocadas a reducir el consumo energético y los residuos en producción (GM1); la reducción del uso de sustancias en la producción (GM2) y la implementación de programas para que los proveedores participen en la gestión ambiental de la empresa (GP1). Estas actividades son estadísticamente más significativas y discriminan las empresas en dos grupos analizados en el clúster jerárquico.

Cada uno de los dos grupos generados tiene características específicas. Al grupo 1 corresponden a las empresas 1, 12, 6, 14, 3, 9, 2, 13 y 8. Estas empresas presentan la mayoría de sus actividades en etapas de ejecución y/o plenamente implementadas, mientras que el grupo 2 conformado por las empresas 5, 10, 7, 4 y 11 no han considerado nunca y/o han considerado a futuro implementar los procesos analizados. Esto permite apreciar que las empresas del grupo 1 son líderes en actividades de gestión ambiental empresarial, mientras que el grupo 2 presenta un comportamiento rezagado.

Figura 3.4: Clúster jerárquico de empresas objeto de estudio



Fuente: SPAD (2014)

Contrastan los resultados del indicador frente a los análisis multivariados donde también se observan dos grupos principales de empresas, las empresas que se perfilaron en el plano factorial como líderes que corresponden a las empresas 2,3, 6 y 9. Al igual que las empresas rezagadas 5, 13 y 8. Sin embargo, en el clúster aparecen como líderes las empresas 1, 8, 12, 13, que tienen un bajo valor en el indicador de desempeño ambiental con los valores 2.53, 1.86, 2.17, 1.77, respectivamente. Lo anterior muestra que a pesar de tener un bajo valor ponderado del indicador de desempeño ambiental empresarial, cumplen a cabalidad con las actividades detectadas como críticas por el análisis de clúster.

Las empresas que son consideradas rezagadas, de acuerdo al plano factorial y al análisis de correspondencias múltiples, tienen en común un bajo desempeño en compras verdes, manufactura verde e innovación verde; estos procesos paradójicamente tienen mayor peso ponderado en el indicador. Además la mayoría de sus actividades se encuentran en fase de planeación o en formulación.

En el caso de las actividades que las empresas tienen más desarrolladas, se observa que casi todas tienen plenamente implementados los procesos de manufactura verde y diseño verde. Estos procesos son los que llevan mayor tiempo asociados con el desarrollo empresarial sostenible y son reguladas por las entidades gubernamentales. Además existe una estrecha relación entre el diseño verde y la manufactura verde, ya que el establecimiento de unas políticas claras de diseño verde se ven reflejadas en una disminución de materiales y equipo contaminante en la etapa de manufactura.

Se puede apreciar que las empresas manufactureras de Caldas en general presentan un nivel de implementación alto en las actividades asociadas a los procesos de diseño verde y manufactura verde. Pero aunque estos procesos sean importantes para su desarrollo, otras actividades como las compras verdes, la innovación verde y la gestión de recursos humanos verde, se posicionan como vitales para mejorar la gestión ambiental empresarial.

Las barreras propuestas por Mittal, & Sangwan, (2014) se presentan en gran medida en el contexto colombiano. Al analizar la encuesta nacional de desempeño ambiental organizada por la CEPAL la única variable relacionada con la manufactura verde es la prevención de la contaminación a través de modificaciones de los procesos, variable que es similar a las actividades GM1 y GM3 que aparecen como actividades claves en la

caracterización por categorías de grupos. Además, actualmente no existe una legislación nacional clara sobre el uso e implementación de materia prima reciclada, ni existe una medición adecuada de procesos que permita determinar el impacto de la manufactura verde y los beneficios de su implementación.

Conclusiones del capítulo

De acuerdo con los resultados obtenidos en la ponderación los procesos más importantes en el enfoque GSCM son diseño verde, compras verdes, manufactura verde e innovación verde. Sin embargo, solo el 57% de las empresas se encuentran en período de formulación y/o ejecución de todas las actividades que componen el indicador GSCM, el 43% restante no lo ha considerado o lo considera a futuro.

Existe una diferencia significativa entre las empresas grandes y medianas para los procesos de distribución verde, marketing verde e innovación verde. De igual forma, existe una diferencia significativa de los resultados obtenidos para las empresas que compiten en mercados nacionales, internacionales o ambos, al ser comparados con los procesos de diseño verde, manufactura verde e innovación verde..

Existe una fuerte correlación positiva entre los procesos de: compras verdes y manufactura verde, compras verdes y marketing verde, compras verdes y gestión de recursos humanos verde, manufactura verde e innovación verde, manufactura verde y gestión de recursos humanos verde, distribución verde y marketing verde, distribución verde e innovación verde, marketing verde e innovación verde, marketing verde y gestión de recursos

humanos verde, marketing verde y logística inversa, y finalmente innovación verde y gestión de recursos humanos verde. Entre estos procesos la correlación más alta es entre compras verdes y gestión de recursos humanos verde con un valor de 0,77

En las pruebas de análisis multivariado existen un conjunto de actividades que generan más dispersión en el comportamiento de los datos: la evaluación del compromiso ambiental como parte integral de la evaluación, los programas de entrenamiento al personal, la implementación de una política de selección de transporte con base en criterios ambientales, la colaboración con clientes y proveedores en formulación de objetivos ambientales la separación y retorno de productos y la implementación de 6R's en la cadena de suministro. Estas son las actividades en las que deben enfocarse el desarrollo de políticas y futuras investigaciones que puedan determinar las razones de variación entre las empresas.

Existe un grupo de actividades claves para el desarrollo del indicador de desempeño ambiental empresarial: el diseño de productos con menor gasto energético; la implementación de tecnologías enfocadas a reducir el consumo energético y los residuos en producción ; la reducción del uso de sustancias en la producción y la implementación de programas para que los proveedores participen en la gestión ambiental de la empresa Estas actividades son estadísticamente más significativas y discriminan las empresas en los dos grupos de desempeño analizados en el clúster jerárquico.

4 Conclusiones y recomendaciones finales

4.1 Conclusiones

Las empresas se ven sometidas a presiones por parte de los competidores, los cambios en el mercado, la sociedad, las presiones internas y las regulaciones nacionales e internacionales, lo cual, ha direccionado cambios estructurales y conceptuales sobre la forma como la organización se relaciona con el medioambiente y los múltiples beneficios que puede obtener al verla como prioridad competitiva.

En la aproximación al estado del arte se encontró que actualmente no existe un consenso sobre el concepto de gestión de cadenas de abastecimiento verde, así como de los procesos que lo componen y las actividades que deben implementarse, para lograr la sostenibilidad ambiental empresarial.

Se propuso la construcción de un indicador de desempeño ambiental empresarial a partir de los ocho procesos (diseño verde, compras verdes, manufactura verde, distribución verde, logística inversa, gestión de recursos humanos verdes, innovación verde y marketing verde) y las 32 actividades identificadas en la revisión de la literatura. De acuerdo con las opiniones de los expertos, los procesos más importantes en el enfoque GSCM son diseño verde, compras verdes, manufactura verde e innovación verde.

Al aplicar el indicador de desempeño ambiental empresarial a las 14 empresas objeto de estudio, se encontró que existen dos grupos significativos. Si bien es cierto que la mayoría (53%) de las empresas se encuentran en período de formulación y/o ejecución de todas las actividades que componen el indicador GSCM, existe un 47% restante no ha considerado o considera a futuro la implementación de dichas prácticas.

No se encontró diferencia significativa de los resultados obtenidos para las empresas grandes y medianas, así como para las empresas que compiten en el sector nacional, internaciones o ambos. Se puede afirmar que para este caso, el mercado en el que compiten las empresas no es una presión para la implementación de prácticas verdes.

Existe una diferencia significativa entre las empresas grandes y medianas para los procesos de distribución verde, marketing verde e innovación verde. De igual forma, existe una diferencia significativa de los resultados obtenidos para las empresas que compiten en mercados nacionales, internacionales o ambos, al ser comparados con los procesos de diseño verde, manufactura verde e innovación verde.

Existen diferencia significativa entre la distribución verde y los procesos de diseño verde, las compras verdes, la manufactura verde y el marketing verde. De igual manera, el diseño verde afecta a los procesos de innovación verde, logística inversa; y la manufactura verde afecta a la innovación verde y la logística inversa. Como uno de las tendencias de investigación se propone determinar el tipo de efecto que genera cada uno de estos procesos sobre los demás.

Existe una fuerte correlación positiva entre los procesos de: compras verdes y manufactura verde, compras verdes y marketing verde, compras verdes y gestión de recursos humanos verde, manufactura verde e innovación verde, manufactura verde y gestión de recursos humanos verde, distribución verde y marketing verde, distribución verde e innovación verde, marketing verde e innovación verde, marketing verde y gestión de recursos humanos verde, marketing verde y logística inversa, y finalmente innovación verde y gestión de recursos humanos verde. Entre estos procesos la correlación más alta es entre compras verdes y gestión de recursos humanos verde con un valor de 0,77.

La evaluación del compromiso ambiental como parte integral de la evaluación, los programas de entrenamiento al personal, la implementación de una política de selección de transporte con base en criterios ambientales, la colaboración con clientes y proveedores en formulación de objetivos ambientales la separación y retorno de productos y la implementación de 6R's en la cadena de suministro son las actividades claves para mejorar el indicador de desempeño ambiental empresarial. Estas son las actividades en las que deben enfocarse el desarrollo de políticas y futuras investigaciones que puedan determinar las razones de variación entre las empresas.

4.2 Recomendaciones

Aunque el indicador de desempeño ambiental propuesto cumple con un diseño riguroso, en los resultados se detectó que diferencia significativa entre los procesos de diseño verde, compras verdes, distribución verde, innovación verde y logística inversa. Es necesario plantear un nuevo modelo que incluya las relaciones entre los procesos y actividades verdes propuestos.

Para una segunda fase, se plantea la necesidad de una escala de valoración cuantitativa que no dependa de la subjetividad de los encuestados, ya que las escalas como: “se considera implementar a futuro”, “existe un proyecto formal para su implementación” y “en ejecución”, dependen de las consideraciones internas y la percepción de avance del encuestado.

Como se detectó en la revisión bibliográfica, es necesario ampliar la aplicación de la encuesta a empresas pequeñas y microempresas, ya que hay evidencia bibliográfica que afirma que este tipo de empresas tiene grandes beneficios al implementar prácticas ambientales de tipo proactivo, de acuerdo con lo anterior, es necesario incluir algunas actividades verdes emergentes, así como realizar nuevamente este ejercicio para validar el indicador de GSCM.

Se propone también, determinar cuáles presiones afectan a las empresas manufactureras de Caldas, de tal forma que al analizar el desempeño ambiental empresarial, pueda explicarse cómo interviene en el proceso de toma de decisiones de la organización.

Generar investigaciones enfocadas a mejorar el desempeño en los procesos de gestión de recursos humanos verdes, distribución verde y marketing verde, ya que como se demostró en las pruebas de análisis estadístico estos procesos están en un nivel incipiente.

Es necesario conocer las relaciones entre la economía de las empresas y su desempeño ambiental empresarial, de tal forma que se pueda calcular la sostenibilidad empresarial para los aspectos ambientales y económicos.

Dado que al consultar las relaciones entre innovación verde y distribución verde, innovación verde y marketing verde, y marketing verde y logística inversa, no se encontraron artículos relacionados con estos temas, se propone como una tendencia de investigación.

También se propone ampliar el estudio para conocer los drivers y barreras internas de la empresa, en la implementación de las prácticas de sostenibilidad ambiental empresarial.

Como se evidenció en el clúster jerárquico existen dos grupos de empresas, las líderes y las rezagadas en el desempeño ambiental empresarial, se propone como futura investigación analizar cómo es el desempeño económico y las características específicas de las empresas líderes, de tal forma que su modelo de implementación de las prácticas ambientales pueda ser replicado a las empresas que actualmente presentan desempeño ambientales bajos.

Bibliografía

Abbasi, M., & Nilsson, F. (2012). Themes and challenges in making supply chains environmentally sustainable. *Supply Chain Management: An International Journal*, 17(5), 517–530.

Agredo Cardona, Gustavo Adolfo and Álvarez Ysabel, Santo Trinidad (2014) Afectación hidrológica en las cuencas urbanas andinas-caso manizales-caldas-colombia. *Energética*; núm. 43 (2014); 45-57 *Energética*; núm. 43 (2014); 45-57 2357-612X 0120-9833 . - See more at: <http://www.bdigital.unal.edu.co/42464/#sthash.3Li7YFCY.dpuf>

Ahi, P., & Searcy, C. (2013). A comparative literature analysis of definitions for green and sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 52, (1) 329–341.

Akdoğan, M. Ş., & Coşkun, A. (2012). Drivers of Reverse Logistics Activities: An Empirical Investigation. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 58, 1640–1649.

Albino, V., Balice, A., Dangelico, R.M., 2009. Environmental strategies and green product development: an overview on sustainability-driven companies. *Business Strategy and the Environment* 18 (2), 83-96.

Ali Diabat, Kannan Govindan (2011). An analysis of the drivers affecting the implementation of green supply chain management. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(6), 659-667.

Al-Odeh, M., Smallwood, J. (2012). Sustainable Supply Chain Management: Literature Review, Trends, and Framework. *IJCEM International Journal of Computational Engineering & Management*, 15 (1), 341–347.

Andic, E., Yurt, O., Baltacıoglu, T., (2012). Green supply chains: efforts and potential applications for the Turkish market. *Resources, Conservation and Recycling* 58, 50- 68.

- Antonioli, D., Mancinelli, S., & Mazzanti, M. (2013). Is environmental innovation embedded within high-performance organisational changes? The role of human resource management and complementarity in green business strategies. *Research Policy*, 42(4), 975–988.
- Aristizbal Salazar Catalina, Parada Jiménez Laura, Sarralde Salas Carolina (2012). Impacto del Ecomarketing en los indicadores de productividad de las empresas Colombianas. Trabajo de grado. Universidad del Rosario. Bogotá D.C, Colombia.
- Atkinson, G.D., Dubourg, R., Hamilton, K., Munasignhe, M., Pearce, D.W., Young, C., 1997. *Measuring Sustainable Development: Macroeconomics and the Environment*. Edward Elgar, Cheltenham.
- Azevedo, S. G., Carvalho, H., & Cruz Machado, V. (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.
- Aznar J., & Guijarro F. (2012) *Nuevos métodos de valoración. Modelo multicriterio*. Segunda edición, editorial de la universidad politécnica de Valencia. Valencia, España.
- Ballou, R. (2004). *Business Logistic and Supply Chain Management. Planning, Organizing, and Controlling the Supply Chain*. Fifth Edition. Pearson- Prentice Hall: New Jersey.
- Beamon, B. M. (1999). Designing the green supply chain. *Logistics Information Management*, 12(4), 332–342.
- Brent, a. C., & Visser, J. K. (2005). An environmental performance resource impact indicator for life cycle management in the manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 13(6), 557–565.
- Brones F, Monteiro de Carvalho M, (2014) From 50 to 1: Integrating literature toward a systemic ecodesign model, *Journal of Cleaner Production*
- Buyukozkan, G., Cidci, G., 2012. A novel hybrid MCDM approach based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS to evaluate green suppliers. *Expert Systems with Applications* 39 (3), 3000- 3011.
- Camisón, C., Carles, Z., Haba, C., & Fabra, E. (2009). ¿Hacia dónde se dirige la función de calidad?: la visión de expertos en un estudio Delphi, 18, 13–38.
- Camisón, C., Carles, Z., Haba, C., & Fabra, E. (2009). ¿Hacia dónde se dirige la función de calidad?: la visión de expertos en un estudio Delphi. *Revista Europea de Dirección Y Economía de La Empresa*, 18, 13–38.
- CAÑAS, L. M. E. (2010). Inserción del mercadeo verde en prácticas empresariales en Colombia (casos de estudio). *Revista luna azul*, 31(31), 122-138.

Cardona, C.A. y Orrego, C.E. (2007). La agroindustria y su potencial en Caldas. En: Sarache, W.A. y Cardona, C.A. (2007). La logística del transporte. Un elemento estratégico en el desarrollo agroindustrial. Manizales: Artes Gráficas Tizán Ltda.

Cardona, C.A.; Orrego, C.E. y Tamayo, J.A. (2010). Análisis de la agroindustria caldense y sus perspectivas de desarrollo. Manizales: Universidad Nacional de Colombia, Gobernación de Caldas y Ministerio de Educación Nacional.

Celik, M. (2009). A hybrid design methodology for structuring an Integrated Environmental Management System (IEMS) for shipping business. *Journal of environmental management*, 90(3), 1469–75.

CEPAL (2005). Gasto y desempeño ambiental del sector privado en Colombia. División desarrollo sostenible y asentamientos humanos. Santiago de Chile, Chile.

CGEEE (2000). Programa de Prospectiva Tecnológica para Latinoamérica y el Caribe. Técnicas de escenarios, el pronóstico y la prospectiva en la formulación de políticas públicas. Tomo V: La técnica AHP. Caracas, Venezuela.

Chan H, Hongwei He, William Y.C. Wang,.(2012). Green marketing and its impact on supply chain management in industrial markets. *Industrial Marketing Management*, 41(4), 557-562.

Chen, C.-C. (2005). Incorporating green purchasing into the frame of ISO 14000. *Journal of Cleaner Production*, 13(9), 927–933.

Cheng, J. (2011). Inter-organizational relationships and knowledge sharing in green supply chains—Moderating by relational benefits and guanxi. *Transportation Research*. Vol. 47, No. 6, pp.837–849.

Christopher, M. (2007). *New Directions in Logistics*. In: *Global Logistics. New Directions in Supply Chain Management*. Fifth Edition. The Chartered Institute of Logistic and Transport (UK): London and Philadelphia.

Comoglio, C., & Botta, S. (2012). The use of indicators and the role of environmental management systems for environmental performances improvement: a survey on ISO 14001 certified companies in the automotive sector. *Journal of Cleaner Production*, 20(1), 92–102.

Consejo empresarial colombiano para el desarrollo sostenible, CECODES (2012). *Sostenibilidad en Colombia, casos empresariales*. Bogotá, Colombia.

CORPOCALDAS (2006). Informe de calidad del agua. Subdirección de Recursos Naturales, Corporación Autónoma Regional de Caldas. Manizales, Colombia.

- CORPOCALDAS (2013). Página principal. Recuperado en: http://www.corpocaldas.gov.co/dynamic_page.aspx?p=1296
- CORPOCALDAS (2014). Corporación autónoma regional de Caldas. Recuperado en: <http://www.corpocaldas.gov.co/>. Mayo 06 de 2014.
- Cruz, J.M., (2011) Modeling the relationship of globalized supply chains and corporate social responsibility *Journal of Cleaner Production*, Available online 24 September 2011.
- CSCMP (2010). Supply Chain Management. Terms and Glossary. En: <http://cscmp.org/digital/glossary/glossary.asp>. Consultada en febrero 5 de 2014.
- Cuerva, M. C., Triguero-Cano, Á., & Córcoles, D. (2013). Drivers of green and non-green innovation: empirical evidence in Low-Tech SMEs. *Journal of Cleaner Production*.
- Dale, V.H., Beyeler, S.C., 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecol. Indicators* 1, 3–10.
- DANE (2011). Ficha departamental de Caldas. Bogotá D.C. Recuperado en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Territorial/Caldas.pdf>
- DANE (2013) cuentas departamentales. Consulta el 2 de septiembre de 2013, en: www.dane.gov.co.
- Deif, A. M. (2011). A system model for green manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, 19(14), 1553–1559.
- Del Brío, J. Á., Fernández, E., & Junquera, B. (2002). The role of the public administrations in the promotion of the environmental activity in Spanish industrial companies. *Ecological Economics*, 40(2), 279–294. [http://doi.org/10.1016/S0921-8009\(01\)00268-3](http://doi.org/10.1016/S0921-8009(01)00268-3)
- Diabat, A., & Govindan, K. (2011). An analysis of the drivers affecting the implementation of green supply chain management. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(6), 659–667. doi:10.1016/j.resconrec.2010.12.002
- Dyckhoff, H., Lackes, R., & Reese, J. (Eds.). (2004). *Supply chain management and reverse logistics*. Springer Science & Business Media.
- EEA, 1999. *Environment in the European Union at the Turn of the Century*. European Environment Agency, Copenhagen. Report No. 2, 446 pp.
- EEA, 1999. *Environmental Indicators: Typology and Overview*. Technical report n. 25. European Environmental Agency, Copenhagen, Norway.
- EEA, 2001. *Environmental Signals 2001*. European Environment Agency, Copenhagen. Report No. 8, 112 pp.

- 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. doi:10.1016/j.resconrec.2010.09.003
- Epstein, M.J., 2008. Making sustainability work: best practices in managing and measuring corporate social, environmental, and economic impacts. Greenleaf Publishing Publishing Limited, Sheffield, pp. 2008.
- Fernández Fernández Santiago, Cordero Sánchez José María, Córdoba Alejandro, Cordero José María, Córdoba Largo Alejandro (2003). Estadística descriptiva Editorial ESIC. Madrid, España.
- Freeman, E., & Moutchnik, A., (2013). Stakeholder management and CSR: questions and answers. *uwf UmweltWirtschaftsForum*. Volume 21, Issue 1-2, pp 5-9.
- Giljum, S., Burger, E., Hinterberger, F., Lutter, S., Bruckner, M., (2011). A comprehensive set of resource use indicators from the micro to the macro level. *Resour. Conserv. Recycl.* 55(1), 300–308.
- Global Reporting Initiative, GRI (2011). Sustainability Reporting Guidelines.
- Global Reporting Initiative, GRI (2014). Sustainability Reporting Guidelines.
- Gobernación de Caldas (2012). Plan de Desarrollo Manizales 2012 – 2015 “Gobierno en la Calle” Recuperado en: <http://www.manizales.gov.co/dmd/pd/ACUERDO0784/PLANDEDESARROLLOGOBIERN OENLACALLE.pdf>
- Grant, J. (2008). Green marketing. *Strategic Direction*, 24(6), 25–27.
- Grant, R.M., 1991. The resource-based theory of competitive advantage: implications for strategy formulation. *California Management Review* 33 (3), 114–135.
- Green, K., Morton, B. and New, S. (1997), “Green purchasing and supply policies: do they improve companies’ environmental performance?”, *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 3 No. 2, pp. 89-95
- Gungor, A., & Gupta, S. (1999). Issues in environmentally conscious manufacturing and product recovery: a survey. *Computers and Industrial Engineering*, 36(44), 811e853.
- Gupta, S., & Palsule-Desai, O. D. (2011). Sustainable supply chain management: Review and research opportunities. *IIMB Management Review*, 23(4), 234–245.
- Hart, S. L., & Milstein, M. B. (2003). Creating sustainable value. *The Academy of Management Executive*, 17(2), 56-67.

- Henri, J.-F., & Journeault, M. (2008). Environmental performance indicators: an empirical study of Canadian manufacturing firms. *Journal of Environmental Management*, 87(1), 165–76. <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.01.009>
- Hermann, B. G., Kroeze, C., & Jawjit, W. (2007). Assessing environmental performance by combining life cycle assessment, multi-criteria analysis and environmental performance indicators. *Journal of Cleaner Production*, 15(18), 1787–1796.
- Herva, M., Franco, A., Carrasco, E. F., & Roca, E. (2011). Review of corporate environmental indicators. *Journal of Cleaner Production*, 19(15), 1687–1699.
- Hervani, A. Helms, M., Sarkis, J. (2005) Performance measurement for green supply chain management. *Benchmarking: An International Journal* . 12(4), 330-353.
- 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.
- Hourneaux, F., Hrdlicka, H. A., Gomes, C. M., & Kruglianskas, I. (2014). The use of environmental performance indicators and size effect: A study of industrial companies. *Ecological Indicators*, 36, 205–212.
- Hui, I., Chan, A. H., & Pun, K. . (2001). A study of the Environmental Management System implementation practices. *Journal of Cleaner Production*, 9(3), 269–276.
- IDEA (2010). Convenio interadministrativo suscrito entre la contraloría general del municipio de Manizales y la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. Recuperado el 28 de mayo de 2015.
- Ilgin, Iuri Gavronski, Robert D. Klassen, Stephan Vachon, Luis Felipe Machado do Nascimento. (2011). A resource-based view of green supply management, *Transportation Research. Logistics and Transportation Review*, 47(6), 872-885.
- IPCC (2007). Resumen Técnico. En *Cambio Climático 2007: Mitigación. Contribución del Grupo de Trabajo III al Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático* [B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, L. A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.
- Iraldo, F., Testa, F., & Frey, M. (2009). Is an environmental management system able to influence environmental and competitive performance? The case of the eco-management and audit scheme (EMAS) in the European union. *Journal of Cleaner Production*, 17(16), 1444-1452.

ISO, (1999). International Standard ISO 14031: Environmental Management: Environmental Performance Evaluation: Guidelines. ISO TC 207/SC 4. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO, (2004). International Standard ISO 14001: Environmental Management Systems: Requirements with Guidance for Use. ISO TC 207/SC 1. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

Iuri Gavronski, Robert D. Klassen, Stephan Vachon, Luis Felipe Machado do Nascimento. (2011). A resource-based view of green supply management, *Transportation Research. Logistics and Transportation Review*, 47(6), 872-885.

Jabbour, A. B. L. D. S., Jabbour, C. J. C., Latan, H., Teixeira, A. A., & de Oliveira, J. H. C. (2014). 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*, 67, 39–51. <http://doi.org/10.1016/j.tre.2014.03.005>

Jack, E., Powers, T., Skinner, L. (2010). Reverse logistics capabilities: antecedents and cost savings. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. Vol. 40, No. 3, pp.228-246.

Jasch, C. (2000). Environmental performance evaluation and indicators. *Journal of Cleaner Production*, 8(1), 79–88. [http://doi.org/10.1016/S0959-6526\(99\)00235-8](http://doi.org/10.1016/S0959-6526(99)00235-8)

Johansson, G., & Winroth, M. (2010). Introducing environmental concern in manufacturing strategies: Implications for the decision criteria. *Management Research Review*, 33(9), 877–899.

Johnston, A., Smith, A., 2001. The characteristics and features of corporate environmental performance indicators: a case study of the water industry of England and Wales. *Eco-Manage. Audit*. 8, 1–11.

Joung, C. B., Carrell, J., Sarkar, P., & Feng, S. C. (2012). Categorization of indicators for sustainable manufacturing, 24, 148–157.

Kafa, N., Hani, Y., & Mhamedi, A. E. L. (2011). Sustainability Performance Measurement for Green Supply Chain Management. *Université de Paris8*.

Kauko, K., & Palmroos, P. (2014). The Delphi method in forecasting financial markets— An experimental study. *International Journal of Forecasting*, 30(2), 313–327.

Keeping, M., & Shiers, D. (1996). “The “green” refurbishment of commercial property”, *Facilities*. Vol. 14, No, 3, pp. 15 – 19

- Kenneth W. Green Jr, Pamela J. Zelbst, Jeramy Meacham, Vikram S. Bhadauria, (2012) "Green supply chain management practices: impact on performance", *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 17 Iss: 3, pp.290 - 305
- Kim, J.H., Youn, S., Roh, J.J., 2011. Green supply chain management orientation and firm performance: evidence from South Korea. *International Journal of Services and Operations Management* 8 (3), 283-304
- Kurtz, J.C., Jackson, L.E., Fisher, W.S., 2001. Strategies for Evaluating Indicators Based on Guidelines from the Environmental Protection Agency's Office of Research and Development Ecological Indicators 1, pp. 49–60
- Lee, K.-H. (2009). Why and how to adopt green management into business organizations?: The case study of Korean SMEs in manufacturing industry. *Management Decision*, 47(7), 1101–1121.
- Lee, S. M. (2012). Green supply chain management and organizational performance, 1148–1180. doi:10.1108/02635571211264609
- Lee, S.Y., 2008. Drivers for the participation of small and medium sized suppliers in green supply chain initiatives. *Supply Chain Management International Journal* 13, 185e198.
- Lin, R., & Sheu, C. (2012). Why Do Firms Adopt/Implement Green Practices?—An Institutional Theory Perspective. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 57, 533–540.
- Lin, R.-J., Chen, R.-H., & Nguyen, T.-H. (2011). Green supply chain management performance in automobile manufacturing industry under uncertainty. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 25(2010), 233–245.
- Linke, B. S., Corman, G. J., Dornfeld, D. a., & Tönissen, S. (2013). Sustainability indicators for discrete manufacturing processes applied to grinding technology. *Journal of Manufacturing Systems*, 32(4), 556–563.
- M., Gupta, S. (2010). Environmentally conscious manufacturing and product recovery (ECMPRO): A review of the state of the art. *Journal of Environmental Management*. 91(3), 563-591.
- Manfredi, S., & Goralczyk, M. (2013). Life cycle indicators for monitoring the environmental performance of European waste management. *Resources, Conservation and Recycling*.
- Marsillac, E., & Roh, J. J. (2014). Connecting product design, process and supply chain decisions to strengthen global supply chain capabilities. *International Journal of Production Economics*, 147, 317–329.
- Martínez Giraldo, J. (2014) Informe de pasantía en la Universidad Central de las Villas. Manuscrito no publicado.

Martínez Giraldo, J., Sarache Castro, W.A. (2014). Green Supply Chains: Conceptual bases and trends, 11-24. En: Green Supply Chains in Agribusiness sector (Cardona, Alzate C.A, Sarache, Castro W.A. Eds.), Instituto de biotecnología y agroindustria, Universidad Nacional de Colombia: Manizales.

May, T (2011). Social research, issues, methods and process. Mc Graw Hill. Fourth edition.

Medel-Gonzalez F., & García, L. F. (2012). Procedimiento para la evaluación del desempeño ambiental. Aplicación en centrales eléctricas de la UEB de generación distribuidas de Villa Clara. Santa Clara, Cuba.

Medel-gonzález, F., García-ávila, L., & Acosta-beltrán, A. (2013). Measuring an Evaluating Business Sustainability : Development and Application of Corporate Index of Sustainability Performance.

Mejía, Miguel (2014). Análisis estadísticos en sistemas ecológicos. Universidad La Gran Colombia. ISBN: 978-958-8510-12-5

Menzel, V., Smagin, J., & David, F. (2010). Can companies profit from greener manufacturing? *Measuring Business Excellence*, 14(2), 22–31.

Michalus, Juan Carlos (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.

Mihi, A (2007). Nuevos beneficios de la logística inversa para empresas europeas y colombianas. *Univ. Empresa, Bogotá (Colombia)* 6 (12): 48-61.

Min, H. & Galle, W. (2001). Green purchasing practices of US firms. *International journal of production and operation management*. Vol. 21, No. 9, pp. 1222-1238.

Mirhedayatian, S. M., Azadi, M., & Farzipoor Saen, R. (2013). A novel network data envelopment analysis model for evaluating green supply chain management. *International Journal of Production Economics*. In Press, Corrected Proof.

Mitchell D. (2011). Balance del sector industrial. PND, Bogotá, Colombia.

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 & Logistics Management*, 40(1), 14–41.

Muduli, K., Govindan, K., Barve, A., & Geng, Y. (2012). Barriers to green supply chain management in Indian mining industries: a graph theoretic approach. Article in press. *Journal of Cleaner Production*. pp. 6-26

Murillo-Luna, J. L., Garcés-Ayerbe, C., & Rivera-Torres, P. (2011). Barriers to the adoption of proactive environmental strategies. *Journal of Cleaner Production*, 19(13), 1417–1425. <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.05.005>

Nadine, Kafa. (2013). Sustainability Performance Measurement for Green Supply Chain Management. In *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)* (Vol. 6, pp. 71–78).

Neely, A., Adams, C., Kennerley, M., 2002. *The Performance Prism*. Pearson Education Limited, Edinburgh.

Niemeijer, D., & de Groot, R. S. (2008). A conceptual framework for selecting environmental indicator sets. *Ecological Indicators*, 8(1), 14–25. <http://doi.org/10.1016/j.ecolind.2006.11.012>

Nunes, B. & Bennet, D. (2010). Green operations initiatives in the automotive industry. An environmental reports analysis and benchmarking study. *Benchmarking: An International Journal*. 17(3), 396-420.

OCDE (1993). *Environmental indicators. Development, measurement and use*. París, France.

OCDE (2003). *Annual report*. Organization for Economic Cooperation and Development. París, Francia.

OECD (2008). *Annual report*. Organization for Economic Cooperation and Development. París, Francia.

OECD, Organization for Economic Cooperation and Development (2001). *Environmental indicators towards sustainable development*. París, Francia.

Omar Baez Grupo URE Y FNCE (2011). Programa nacional de uso racional y eficiente de energía (PROURE). Bogotá D.C. Recuperado en: <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/Grupo%20de%20Participacion%20Ciudadana/ProgramaNacionalDeUsoRacionalyEficiencienteDeLaEnergiaPROURE.pdf>

Orellana, Liliانا (2011). Estadística descriptiva. Recuperado el 11 de septiembre de 2014. En: http://www.parlamento.euskadi.net/pdfs_itzulpen/c_nr_2.pdf

Parmigiani, A., Klassen, R.D., Russo, M.V., 2011. Efficiency meets accountability: performance implications of supply chain configuration, control, and capabilities. *Journal of Operations Management* 29 (3), 212-223.

Parry, S. (2012). Going green: the evolution of micro-business environmental practices. *Business Ethics: A European Review*, 21(2), 220–237.

Pereira-Moliner, J., Claver-Cortés, E., Molina-Azorín, J. F., & Tarí, J. J. (2012). Quality management, environmental management and firm performance: Direct and mediating effects in the hotel industry. *Journal of Cleaner Production*, 37, 82–92. <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.06.010>

Perotto, E., Canziani, R., Marchesi, R., & Butelli, P. (2008). Environmental performance, indicators and measurement uncertainty in EMS context: a case study. *Journal of Cleaner Production*, 16(4), 517–530.

Petrovic, N., Slovic, D., & Cirovic, M. (2012). Environmental Performance Indicators as Guidelines Towards Sustainability. *Management - Journal for Theory and Practice of Management*, 17(64), 5–14.

Piñeros Espinosa, Rafael Alejandro; Rubio Ramos, Juan David; Ortiz Garzón, Gustavo Adolfo (2013). Estado de las prácticas ambientales de las empresas del sector del empaque y embalaje en Colombia en el año 2012. Retos para la construcción de un futuro sostenible. *Universidad & Empresa No. 24*, p.p. 53-68.

Pokharel, S., & Mutha, A. (2009). Perspectives in reverse logistics: A review. *Resources, Conservation and Recycling*. Vol. 53, No. 4, pp.175–182.

Ramírez Urizarri, A. y Toledo Fernández, A. M. (2005): Algunas consideraciones acerca del método de evaluación utilizando el criterio de expertos. Recuperado el 08 de febrero del 2014. En: [Ilustrados.com.http://www.ilustrados.com/publicaciones/EEkZylEFEVDEhxqKXi.php](http://www.ilustrados.com/publicaciones/EEkZylEFEVDEhxqKXi.php).

Renwick, D. W. S., Redman, T., & Maguire, S. (2013). Green Human Resource Management: A Review and Research Agenda*. *International Journal of Management Reviews*, 15(1), 1–14.

Saadany, a. M. a. El, Jaber, M. Y., & Bonney, M. (2011). Environmental performance measures for supply chains. *Management Research Review*, 34(11), 1202–1221.

Sampieri, R. H., Collado, C. F., Lucio, P. B., & Pérez, M. D. L. L. C. (2010). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.

Sarache Castro W.A. (2013). Instalaciones, Transporte e Inventarios. Tres decisiones estructurales en el diseño de cadenas de abastecimiento. Informe de año sabático. Universidad Nacional de Colombia: Manizales.

Sarache-castro, W. A., Costa-salas, Y. J., & Martínez-giraldo, J. P. (2015). Environmental performance evaluation under a green supply chain approach Evaluación del desempeño ambiental bajo enfoque de cadena de abastecimiento verde, 82(189), 207–215.

- Sarkis, J. (2012). A Boundaries and Flows Perspective of Green Supply Chain Management. *Supply Chain Management: An International Journal* . Vol. 17, No. 2, pp. 202- 216.
- Sarkis, J., Zhu, Q., & Lai, K. (2011). An organizational theoretic review of green supply chain management literature. *International Journal of Production Economics*. Vol. 130, No. 1, pp. 1–15.
- Searcy, C. (2011). Updating corporate sustainability performance measurement systems. *Measuring Business Excellence*, 15(2), 44–56.
- Seman, N. A. A., Zakuan, N., Jusoh, A., Arif, M. S. M., & Saman, M. Z. M. (2012). The Relationship of Green Supply Chain Management and Green Innovation Concept. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 57, 453–457.
- Semarnat (2014). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México D.F. Recuperado en: <http://www.semarnat.gob.mx/>
- Seuring, S., Müller, M., Rao, P. (2008) Sustainability and supply chain management. An introduction to the special issue. Editorial. *Journal of Cleaner Production*. Vol.16, No.15, pp.1545- 1551.
- Sezen, B., & Çankaya, S. Y. (2013). Effects of Green Manufacturing and Eco-innovation on Sustainability Performance. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 99, 154–163.
- 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), 1218–26. doi:10.1016/j.jenvman.2010.01.016
- Sheu, J.-B., & Talley, W. K. (2011). Green Supply Chain Management: Trends, Challenges, and Solutions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. Vol. 47, No. 6, pp.791–792.
- Sheu, J.-B., Chou, Y.-H., Hu, C.-C., 2005. An integrated logistics operational model for green-supply chain management. *Transportation Research Part E* 41 (4), 287-313.
- Shi, V., Koh, L., Baldwin, J., Cucchiella, F. (2012). Natural resource based green supply chain management. *Supply Chain Management: An International Journal*. 17(1), 54-67.
- Short, T., Lee-Mortimer, A., Luttrupp, C., & Johansson, G. (2012). Manufacturing, sustainability, ecodesign and risk: lessons learned from a study of Swedish and English companies. *Journal of Cleaner Production*, 37, 342–352.
- Siegel, S. [1994]: Estadística no paramétrica. Aplicada a las ciencias de la conducta. Editorial Trillas. México, D.F.

Simpson, M., Taylor, N., Barker, K., 2004. Environmental responsibility in SMEs: does it deliver competitive advantage. *Business Strategy and the Environment* 13, 156 -171.

Singh, R. K., Murty, H. R., Gupta, S. K., & Dikshit, a. K. (2012). An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators*, 15(1), 281–299. <http://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.01.007>.

Srivastava, S. K. (2007). Green supply-chain management: A state-of-the-art literatura review. *International Journal of Management Reviews*, 9(1), 53–80.

Stock, J.R., Boyer, S.L., 2009. Developing a consensus definition of supply chain management: a qualitative study. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 39 (8), 690-711.

Toke, L., Gupta, R., & Dandekar, M. (2010). Green Supply Chain Management; Critical Research and Practices. *Int. Conf. Ind. Eng. Oper. Manage.*, Retrieved from

Toncovich, A., Moreno-Jiménez, J. M., Corral, R. (2007). Selección multicriterio de un sistema ERP mediante las metodologías AHP Y ANP. Primer Congreso de Logística y Gestión de la Cadena de Suministro, Zaragoza, 12 y 13 de Septiembre.

Tseng M.L., Chiang J.H., Lan L.W. (2009). Selection of optimal supplier in supply chain management strategy with analytic network process and choquet integral. *Computers & Industrial Engineering* 57(1), 330–340.

Tyteca, D., 1999. Sustainability indicators at the firm level: pollution and resource efficiency as a necessary condition toward sustainability. *J. Indus. Ecol.* 2 (4), 61e77.

Unidad de Planeación Minero Energética (2010). Normatividad ambiental y sanitaria. En: http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/politica/normativ/normativ.htm#B M1__NORMATIVIDAD_GENERAL Consultado en mayo 6 de 2012.

Vachon, S. & Klassen 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.

Velásquez Rodríguez, Oscar Fabián (2012). Enverdecimiento de la cadena de abastecimiento en las empresas manufactureras bogotanas. Maestría thesis, Universidad Nacional de Colombia.

Verrier, B., Rose, B., Caillaud, E., & Remita, H. (2013). Combining organizational performance with sustainable development issues: the Lean and Green project benchmarking repository. *Journal of Cleaner Production.*

Vigil, Ana María Contreras; Castrejon, Ramiro Barrios; Olivares, Eduardo. Transporte limpio: Por un transporte más competitivo y un ambiente más limpio. IDB Publications, 2010.

Wagner, M. (2012). "Green" Human Resource Benefits: Do they Matter as Determinants of Environmental Management System Implementation? *Journal of Business Ethics*, 114(3), 443–456.

Walker, H., Di Sisto, L., & McBain, D. (2008). Drivers and barriers to environmental supply chain management practices: Lessons from the public and private sectors. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 14(1), 69–85.

Waters, D. (2007). Trends in the supply chain. En: *Global Logistics. New Directions in Supply Chain Management*. Fifth Edition. The Chartered Institute of Logistic and Transport (UK): London and Philadelphia.

WRI (1996). Annual Report 1996/1997. World Report Institute. New York, EEUU.

Wu, K.-J., Tseng, M.-L., & Vy, T. (2011). Evaluation the drivers of green supply chain management practices in uncertainty. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 25(2011), 384–397. doi:10.1016/j.sbspro.2012.02.049

Wua K., Tsengb Ming., Truong Vy. (2011). Evaluation the drivers of green supply chain management practices in uncertainty. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 25(1), 384 – 397.

WWF (2000). Living planet report. World Wide Fund for Nature. Gland, Switzerland. Recuperado en: <http://www.footprintnetwork.org/images/uploads/lpr2000.pdf>

Xu, L., Mathiyazhagan, K., Govindan, K., Noorul Haq, a., Ramachandran, N. V., & Ashokkumar, A. (2013). Multiple comparative studies of Green Supply Chain Management: Pressures analysis. *Resources, Conservation and Recycling*, 78, 26–35.

Yen, Y.-X., & Yen, S.-Y. (2012). Top-management's role in adopting green purchasing standards in high-tech industrial firms. *Journal of Business Research*, 65(7), 951–959. doi:10.1016/j.jbusres.2011.05.002

Zapata Gómez Amparo & Tamayo Arias Johnny (2010). *La gestión ambiental en el sector empresarial en Manizales*. ISBN (9588280273). Universidad Nacional de Colombia.

Zhou, P., Fan, L.-W., & Zhou, D.-Q. (2010). Data aggregation in constructing composite indicators: A perspective of information loss. *Expert Systems with Applications*, 37(1), 360–365.

Zhu, Q., & Sarkis, J. (2005). 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., & Lai, K. (2008). 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. (2012). Green supply chain management innovation diffusion and its relationship to organizational improvement: An ecological modernization perspective. *Journal of Engineering and Technology Management*, 29(1), 168–185.

Zsidisin, G.A., Siferd, S.P., 2001. Environmental purchasing: a framework for theory development. *European Journal of Purchasing and Supply Management* 7, 61–73.