

# Gestión de la cadena de suministro: una revisión desde la logística y el medio ambiente<sup>1</sup>

## Supply chain management: a review from the logistics and environment

## Gestão da cadeia de suprimentos: uma revisão da logística e do meio ambiente.

J.D. Silva

Recibido agosto 8 de 2016 - Aceptado mayo 31 de 2017

**Resumen**— Este artículo presenta una revisión sobre las investigaciones que se han adelantado respecto a la Gestión de la Cadena de Suministro y la Gestión de Cadena de Suministro Verde. La revisión se realiza a través del análisis de contenido, tomando como base los artículos del año 2005 hasta el año 2015. Las investigaciones fueron clasificadas de acuerdo al tema tratado y al enfoque dado a cada una de ellas. Durante la revisión se pudo evidenciar que las investigaciones desarrolladas en el tema SCM, se realizan con el fin de crear nuevas estrategias de colaboración entre los distintos eslabones de la SC y las investigaciones referentes a la GSCM apuntan a diseñar herramientas de apoyo para inclusión de nuevos procesos y canales dentro de la SC, encaminados a la remanufactura, reprocesamiento y reutilización de residuos o productos fuera de uso que se generen en la SCM normal.

**Palabras clave**— Análisis de contenido, gestión cadena de suministro, revisión bibliográfica, sostenibilidad.

**Abstract**— This article presents a review of the research about the advance related to the Supply Chain Management and the Green Supply Chain Management. The review is done through content analysis, based on Articles published from 2005 until 2015. The investigations were classified according to the subject and the focus given to each of them. During the review it was evident that the research conducted on the subject SCM is done in order to create new strategies for collaboration between the various links in the SC and investigations concerning the GSCM point to design support tools including new processes and channels within the SC, aimed to remanufacturing, reprocessing and reuse of waste or life products generated in the normal SCM.

**Key words**— Content analysis, literature review, supply chain management, sustainability.

**Resumo** -- Este artigo apresenta uma revisão sobre as pesquisas que têm sido feitas sobre a Gestão da Cadeia de Suprimentos e a Gestão da Cadeia de Abastecimento Verde. A revisão é feita através de análise de conteúdo, com base nos artigos do ano de 2005 a 2015. As investigações foram classificadas de acordo com o assunto tratado e a abordagem dada a cada uma delas. Durante a revisão, foi possível mostrar que as pesquisas desenvolvidas no tema SCM são realizadas para criar novas estratégias de colaboração entre as diferentes partes do SC, e as pesquisas relacionadas ao GSCM visam desenhar ferramentas de suporte para inclusão de novos processos e canais dentro do SC, visando a remanufatura, reprocessamento e reutilização de resíduos ou produtos fora de uso que são gerados no SCM normal.

**Palavras-chave** - análise de conteúdo, gerenciamento da cadeia de suprimentos, revisão bibliográfica, sustentabilidade.

### I. INTRODUCCIÓN

El interés por la gestión de la cadena de suministro o Supply Chain Management (SCM) ha venido creciendo en los últimos años, gracias a las grandes ventajas estratégicas y competitivas que proporciona a las organizaciones [1]. Sin embargo, según [2], la incursión de la SCM en una organización requiere un gran esfuerzo, ya que no solo afecta la estructura logística que se tenga, sino también la estructura organizacional y direccional, requiriendo la integración de todos los estamentos de la organización para que la SCM funcione de forma exitosa. Según el Council of Supply Chain Management Professionals [3], la SCM abarca la planeación y gestión de todas las actividades involucradas en la conversión, adquisición y abastecimiento y asimismo todas las actividades de la gestión logística, lo cual incluye la coordinación y colaboración con cada uno de los eslabones, que pueden ser proveedores, fabricantes,

<sup>1</sup>Producto derivado del proyecto de investigación “Diseño de una red de logística inversa de envases y empaques vacíos de plaguicidas en el distrito de riego USOCHICAMOCHA”. Presentado por el Grupo de Investigación LOGyCA, de la Universidad de Boyacá.

J.D. Silva docencia en el Programa de Ingeniería Industrial, de la Universidad de Boyacá, Tunja (Colombia); email: jdsilva@uniboyaca.edu.co

centros de distribución, comercializadores y clientes.

De igual forma [4], definen la SCM como la “Gestión de los materiales y los flujos de información dentro y entre las instalaciones, como proveedores, plantas de fabricación y montaje y centros de distribución”. Asimismo, [5] afirman que la SMC es un área que ha recibido recientemente una gran atención en la comunidad empresarial debido a las presiones competitivas del mercado, lo cual ha obligado a las organizaciones a reducir sus precios de ventas y a la misma vez mantener un excelente servicio hacia al cliente. Por ejemplo, según [6] en Estados Unidos, los gastos anuales de la logística no militares se estiman en \$670 millones; más del 11% del Producto Nacional Bruto.

Por otra parte, según [7], en la última década, la Gestión de la Cadena de Suministro Verde (GSCM) se ha convertido en un tema clave en la literatura, así como una palabra de moda en la industria y los círculos políticos, ya que se convierte en una extensión del ámbito normal de la SCM, creando un nuevo canal de ciclo cerrado dentro de la cadena de suministro o supply chain (SC). Es por esto que autores como [8] – [10], han enfocado sus investigaciones con el objetivo de diseñar, gestionar y evaluar, GSCM, donde el factor ambiental es el más importante dentro de la cadena.

Srivastava [11] define GSCM como “la integración de los conceptos medioambientales en la gestión de la cadena de suministro, incluyendo el diseño de productos, el abastecimiento y selección de materiales, procesos de fabricación, la entrega de los productos finales a los consumidores, y la gestión del producto después de su vida útil”. De igual forma afirma que las empresas se han venido incentivado en aplicar GSCM debido a los beneficios que se podrían presentar como la adecuada gestión de los productos fuera de uso o reutilizados, incluida la reducción del daño ambiental [12] y el cumplimiento de los incentivos del gobierno [13].

Dado lo anterior, este artículo tiene como objetivo en primera instancia realizar una revisión narrativa de aquellas investigaciones de carácter cualitativo que se han llevado a cabo en dos áreas objeto de estudio: SCM y GSCM. En segunda instancia, se realiza una revisión descriptiva de estudios cuantitativos inmersos dentro de las mismas áreas bajo estudio, con el fin de analizar las diferentes herramientas metodológicas que se utilizaron para este tipo de investigaciones.

Asimismo, se presentará un nuevo ámbito, como lo es la inclusión del medio ambiente dentro de la SCM, el cual puede brindar nuevos beneficios a las organizaciones. De la misma forma se mostrará una visión sobre las distintas implicaciones de aplicar cada uno de los enfoques de la SCM. Por otra parte, es importante crear un estado del arte sobre SCM que evidencia las diferentes herramientas teóricas y metodológicas aplicadas por los autores en sus investigaciones. Dadas estas consideraciones, el presente artículo se estructura de la siguiente manera: en la Sección dos (2) se explica la metodología que se siguió para la búsqueda y revisión de la bibliográfica, así como los hallazgos en cuanto a cantidad de artículos revisados. Luego, en la sección tres (3) se muestran de manera sintetizada los

principales resultados encontrados en la revisión y una breve discusión de los mismos. Finalmente, en la sección cuatro (4) se presentan las principales conclusiones.

## II. METODOLOGÍA

El método utilizado para la revisión bibliográfica es el denominado “Análisis de contenido” que según [14], es una técnica para estudiar y analizar la comunicación de una manera objetiva, sistemática y cuantitativa, es utilizada para analizar artículos, libros entre otros. Específicamente se utiliza el método de análisis de designaciones que corresponde a una división del análisis de contenido y que según el mismo autor es equivalente al análisis temático que se realiza para referencias de un tema específico.

En consecuencia, autores como [15] utilizaron la metodología de análisis de contenido en su investigación para examinar el impacto de las tecnologías de la información en la cadena de suministro. Asimismo, fue utilizada por [16] en su trabajo sobre la industria del transporte en los EE.UU. Por último [17] también utilizó un método similar para la revisión de la literatura sobre la logística de terceros.

La búsqueda de los artículos se realizó en bases de datos como ScienceDirect, ProQuest y EBSCOHost - Business Source Complete, Redalyc y Scielo, enfocándose en artículos publicados en revistas científicas y conferencias que se han hecho en eventos internacionales de los temas bajo estudio. Para ubicación de los artículos se utilizaron palabras claves como “supply chain”, “supply chain management”, “Green supply chain” y “supply chain sustainable”.

En la revisión de literatura del presente texto, se han incluido 50 artículos. En la Figura 1 se observa que el mayor número de artículos se refiere a SCM con enfoque cuantitativo, contando en esta área 12 artículos (33.3%); también se observa que el 25% de las referencias abarca un enfoque netamente cuantitativo para investigaciones referidas a GSCM. Por último, se observa que los autores han publicado sus investigaciones con una proporción igual en cuanto a SCM y GSCM con el 55.5% y 44.5% respectivamente.

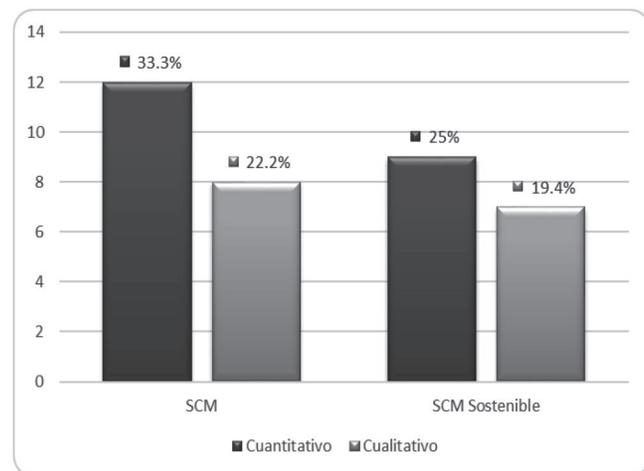


Fig. 1. Clasificación de artículos por tema de estudio y enfoque investigativo.

### III. RESULTADOS

Los resultados de cada uno de los temas bajo estudio, se muestran a continuación:

#### A. Modelos cualitativos SCM

En un mundo globalizado y altamente competitivo, como el que se vive actualmente, las empresas dedicadas a la manufactura han comenzado a darse cuenta de que, a fin de obtener y mantener la ventaja competitiva, tienen que entregar el mejor valor para el cliente, al menor costo posible. Una investigación realizada por [18], concluye que, en la última década, las empresas están enfocadas en la búsqueda de posibles oportunidades de colaboración entre los socios participantes de la SC y así garantizar la eficiencia y la capacidad de respuesta de la misma, con el fin de aprovechar los recursos y el conocimiento de sus proveedores y clientes.

De la misma forma, investigadores han empezado a centrar su atención en evaluar cómo la colaboración entre los distintos eslabones de una SC influye significativamente en el rendimiento y eficiencia de la misma, así como el mejoramiento del tiempo de respuesta al cliente. Debido a lo anterior, [18] realizó una investigación con el fin de lograr una definición de colaboración en SC, así pues, la definen como “Un proceso de asociación en el que dos o más empresas autónomas trabajan en estrecha colaboración para planificar y ejecutar las operaciones de la cadena de suministro hacia objetivos comunes y beneficios mutuos”.

En consecuencia, [19] y [20] analizan las cuestiones claves que enfrenta la SC como los atributos de gestión y su incidencia en el desempeño de la SC. Dentro de ese mismo enfoque, [21] analizaron como el equipo de alta dirección de grandes compañías de Estados Unidos en sectores como productos de consumo, gas y oleoducto, tecnología, materiales básicos y salud, han adquirido conocimiento acerca de SCM desde cada una de las posiciones que ocupan en las organizaciones y posteriormente examinan cómo es el rendimiento de las empresas cuando poseen o no un jefe de la cadena de suministro dentro de su equipo de alta dirección.

Con la investigación se concluye que solo el 30% de las empresas estudiadas posee un jefe de la cadena de suministro, lo cual conlleva a que el 70% restante no tenga un encargado del proceso y no se designen responsabilidades y funciones para alcanzar el estatus mínimo de la cadena de suministro en términos financieros y de mercado.

Por otra parte, se evidencian investigaciones enfocadas a la visibilidad de la SC en cuanto al manejo de la información a través de cada uno de sus eslabones. El estudio realizado por [22] concluye que el intercambio de información podría ayudar a erradicar los problemas de exceso de inventario y falta de servicio debido al alto grado de incertidumbre que tiene la SCM. De igual manera, [23] analizó la forma en que el intercambio de información puede mejorar significativamente el rendimiento de la SC y cómo la diferente combinación de intercambio de información afecta el rendimiento de la misma. [24] presenta un modelo de investigación para examinar los factores que influyen en el

intercambio de información y la aplicación de las relaciones interorganizacionales.

Asimismo, autores como [25] propusieron que los minoristas pueden estar motivados para compartir información con otros socios de la SC, ya que posiblemente puede hacer una contribución a la reducción de bullwhip effect de la demanda del mercado y reduciendo posteriormente participaciones de distribuidores y fabricantes en alza de la SC. [26] investigaron los mecanismos a través de los cuales influye en el rendimiento SC, utilizando enfoque visión, basado en los recursos. Finalmente [27] analizaron un escenario donde un fabricante y un minorista pueden invertir en su respectivo sistema de previsión con el fin de obtener un pronóstico preciso y beneficios internos dentro de la SC.

#### B. Modelos cuantitativos SCM

Diferentes investigaciones realizadas en SCM, poseen un enfoque netamente cuantitativo o utilizan alguna herramienta matemática para el cumplimiento de sus objetivos. Es así como se han llevado a cabo investigaciones enfocadas a brindar un apoyo en la toma de decisiones estratégicas dentro de SCM. [28] ilustran los méritos y la utilidad de los modelos de decisión en SCM, considerando los ya existentes en la teoría y, a partir de ellos, proponer escenarios de mejora. La investigación muestra tres modelos: 1) Modelo Relación Cliente – Proveedor, donde consideran un primer escenario enfocado hacia el logro del máximo beneficio del proveedor y el segundo enfocado al máximo beneficio del comprador. 2) Distribución Integrada en el Mercado y 3) Selección del Proveedor.

En [29] desarrollan un modelo estocástico donde consideran posibles eslabones en la SC, como lo son proveedores, plantas de producción y centros de distribución, los cuales tienen la función de servir a algunos mercados fijos. Igualmente se desarrollaron posibles escenarios de mayor complejidad, resultantes de la operación flexible entre la red SC, con múltiples tiendas y centros de distribución que sirven a otros en virtud de las exigencias del mercado de incertidumbre.

De la misma forma, para el apoyo en la toma de decisiones, [30], desarrollaron un modelo de programación lineal entera mixta (MILP), para proporcionar una asignación óptima para una red multi-producto, para la evaluación entre los sitios disponibles, los cuales se manejan a través de outsourcing. Asimismo, [30] presentan un modelo de MILP, donde lograron encontrar la óptima adquisición, producción y niveles de distribución para una red multi-producto de una farmacéutica multinacional, con una SC compuesta de 34 entidades productoras de 9 productos diferentes.

Una característica básica del problema planificación de SC, es la presencia de la incertidumbre al momento de la toma de decisiones “aquí y ahora”. Según [32], esta incertidumbre puede afectar las expectativas sobre el suministro de materias primas y/o el comportamiento del mercado (demanda, precios, requisitos de entrega, etc.), así como otros elementos internos referentes a la disponibilidad de los recursos de producción.

Una revisión de la literatura sobre este tema revela las

herramientas sistemáticas disponibles en la actualidad para gestionar decisiones en condiciones de incertidumbre, son herramientas matemáticas que abordan el problema de planificación SC. En esta línea, cabe mencionar el uso del Modelo Multi-paramétrico de Programación [33], Programación Lineal Fuzzy [34] y Programación Estocástica [35], [36]. Sin embargo, la incertidumbre no siempre se asocia con el efecto de eventos aleatorios, ya que también podría reflejar las dificultades para incorporar información y modelos existentes en la formulación del problema, por ejemplo, información relacionada con el comportamiento de los proveedores y consumidores.

Por otra parte, según [37], la cadena de suministro de distribución se ha convertido en un aspecto particular de la SC, que ha atraído una considerable atención por parte de los investigadores, los cuales centran sus esfuerzos para gestionar el sistema de distribución global de manera más eficiente. [38] proponen un marco para el problema de diseño de la SC de dos eslabones, que incorpora las decisiones de localización, así como los costos de transporte. El modelo desarrollado determina cuántos sitios de localización abrir, dónde ubicarlos y la forma de servir a los minoristas de estos sitios de acuerdo con una política de una sola compra de componentes, así como las políticas de inventario, tanto para cada uno de los sitios de localización y los minoristas, con el fin de reducir al mínimo los costos de transporte, como una aproximación exacta de los costos de inventario de dos eslabones.

En [39] presentan un modelo de optimización de la distribución de inventario, que incorpora simultáneamente los problemas de localización, producción, inventario y el transporte dentro de una SC. El objetivo del modelo es determinar el número óptimo y el tamaño de los envíos bajo diferentes, pero comúnmente practicados escenarios de producción y de envío, donde se propone un procedimiento continuo de aproximación y la validación del modelo se realiza en tres escenarios de producción y envío, obteniendo expresiones de forma cerrada para el número óptimo de envíos para cada escenario y corroborando que el modelo desarrollado es óptimo y cumple con las condiciones del sistema analizado.

Asimismo [40] incorporaron el enfoque de pensamiento sistémico y en particular la Teoría de las Restricciones, en el problema de localización de nuevos centros de distribución, entre un productor y un conjunto de los minoristas existentes. Se desarrolló un modelo con el objetivo de minimizar el costo de ubicación y además se discute la utilidad de una función capital para equilibrar los niveles de inventario en las tiendas al por menor. El modelo es finalmente reducido a un solo objetivo no lineal y resuelto por medio del método de optimización de enjambre de partículas, tomando como base un ejemplo numérico hipotético.

En [41] diseñaron un modelo multi-objetivo que integra un sistema de producción-inventario, proporcionando previsiones a las políticas de gestión de inventario. El modelo desarrollado permite realizar la planificación de la cadena de suministro con un nivel alto de flexibilidad, con el fin de minimizar la varianza de inventario.

### C. Modelos cuantitativos de GSCM

El interés por realizar investigaciones asociadas con GSCM con un enfoque netamente cuantitativo ha crecido notablemente durante los últimos años, igualando las investigaciones con enfoque cuantitativo netamente para SCM [42]. Debido a lo anterior, autores como [43] han realizado investigaciones con el objetivo de proponer un marco de modelos de optimización de sostenibilidad integral para el diseño de la red estratégica de las cadenas de suministro de la industria bajo consideración de los objetivos económicos, sociales y ecológicos.

De igual forma [44] pretenden probar empíricamente el marco de investigación e identificar la relación entre la gestión de la cadena de suministro verde y la innovación tecnológica, donde, a través de una validación estadística, se comprueba la relación entre las prácticas de la SCM verde y la innovación tecnológica desde la perspectiva de un país en desarrollo.

Otro tipo de problema en la SCM que ha despertado el interés dentro de los investigadores, es el asociado al lazo cerrado de la SC, que extiende el ámbito de aplicación SCM típico con el fin de permitir la integración de productos utilizados y residuos en el ciclo productivo [45]. [46], para hacer frente a esta situación, proponen la formulación de un modelo de SCM donde incluyen un canal de retorno para localizar el nuevo proceso de remanufactura, reprocesamiento y actividades de reutilización y sobre todo, para introducir las nuevas interacciones entre eslabones de la SC resultantes de estas actividades. Según [47], con la inclusión de este nuevo canal en la SCM, se satisface una nueva demanda con una mezcla de productos nuevos y re manufacturados.

Al igual que en la SCM, la incertidumbre se vuelve un factor importante dentro de la GSCM, es así que autores como [48] y [49] han considerado la incertidumbre dentro de sus investigaciones, con el fin de diseñar redes multi-productos considerando múltiples periodos y flujos inversos para la toma de decisiones estratégicas y tácticas.

Por otra parte, varios autores han realizado sus investigaciones con el fin de diseñar SC verdes, evaluando distintas posibilidades de incursión de residuos o productos fuera de uso dentro de la SCM normal que se maneja en las empresas. [50], aplicamos un modelo de dinámica de sistemas a una SC de ciclo cerrado para aparatos eléctricos y electrónicos en Grecia. Con el modelo se pudo evidenciar que los residuos de equipos eléctricos y electrónicos, son uno de los principales flujos de residuos en todo el mundo que desencadenan la aparición de estrategias ambientales. Del mismo modo aseguran que las regulaciones ambientales, la GSCM y las actividades de diseño para el medio ambiente, son estrategias amigables con el medio ambiente, siendo implementadas por los gobiernos y la industria.

Así mismo [51], desarrollaron una simulación de eventos discretos con el fin de evaluar y proponer mejoras a la cadena logística para la recolección y disposición de residuos de plaguicidas en el departamento de Boyacá – Colombia. Por otra parte, según [52], el número de productos hechos enteramente de materiales reciclables se incrementará en el futuro, y las organizaciones tendrán que

tomar decisiones de la SC en el contexto de las crecientes preocupaciones y responsabilidades ambientales. Es así como ellos proponen un método innovador utilizando procedimientos simples y eficaces para evaluar la eficacia de los proyectos que incorporan el concepto de SC verde. En concreto, desarrollaron un proceso multi-objetivo para la toma de decisiones dentro de la GSCM, el cual brinda una base para ayudar al gerente de la SC en la medición y evaluación de desempeño de los proveedores sobre la base de un proceso analítico jerárquico (AHP) para la toma de decisiones. Además, se utilizó un proceso de lógica difusa para modificar el AHP, con el fin de reducir el sesgo subjetivo en el diseño de un sistema de ponderación.

De igual forma se han realizado investigaciones con el fin de evaluar ambientalmente a los proveedores que participan dentro de la SC, a los cuales se le evalúan una serie de factores de acuerdo al impacto ambiental que generan sus productos. [53], llevaron a cabo un estudio, con el fin de investigar el proceso de selección de proveedores verdes en la industria de la biotecnología a través de la utilización del AHP. El estudio diseña y establece un conjunto de criterios de evaluación de proveedores verdes. Los resultados de la investigación sugieren que las principales preocupaciones en cuanto a la selección de proveedores verdes para las empresas de biotecnología son actualmente la certificación de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), las políticas ambientales establecidas y el reconocimiento del producto.

Igualmente, en cuanto a selección de proveedores verdes, [54], analizan los factores que determina la adopción e implementación de la SCM verde en la industria electrónica Taiwanesa. El método de AHP difuso se aplica para dar prioridad a la importancia relativa de la SCM verde en nueve empresas en la industria electrónica. Los resultados indican que estas empresas enfatizan en el rendimiento de los proveedores, como papel crucial de la aplicación de la SCM verde. El establecimiento de una base de datos ambientales de los productos, informes de pruebas de productos y apoyo de la dirección son algunos de los enfoques más importantes. A partir de los resultados generados se construye un modelo de jerarquía genérica para los tomadores de decisiones que pueden priorizar los enfoques para la aplicación de SCM verde en la industria electrónica de Taiwán.

#### *D. Modelos cualitativos GSCM*

Así como se han desarrollado modelos cuantitativos para GSCM, muchas de las investigaciones en esta área tienen un enfoque netamente cualitativo, en los cuales, los autores centran sus esfuerzos en evaluar posibles estrategias a la hora de implementar nuevas prácticas enfocadas a mantener una SC verde. [55] centra sus esfuerzos en la construcción de producción más limpia, sostenibilidad y SC mediante la exploración de un caso clásico de una empresa focal que opera en una economía emergente. Esta investigación ofrece cuatro contribuciones claves a los discursos de la SC y la sostenibilidad. 1) Propone un enfoque centrado en la innovación de la gestión ambiental de la SC, mediante la adaptación y la ampliación de un marco de incertidumbre,

2) sugiere que la forma en que una empresa gestiona y está influenciada por su red establecida de relaciones con los eslabones de la SC, forma parte esencial a la hora de implementar la sostenibilidad de la SC, 3) sostiene que las SC son entidades dinámicas, tendientes a cambios repentinos y 4) sugiere que la implementación y la gestión de SC verdes son específicas para cada contexto.

Igualmente, [56] analizaron la estrecha asociación de las prácticas más limpias relacionadas con la sostenibilidad, proponiendo un marco para vincular diversas prácticas que conducen a la GSCM. En general se evidenció que la investigación deben abordar las preocupaciones sobre las prácticas más limpias (incluyendo personas, procesos y tecnología) en el diseño de productos y etapas de desarrollo y distribución. [57], identifica las posibles áreas en las que las empresas pueden integrar prácticas verdes en sus iniciativas de la gestión de cadena de suministro Lean y los atributos que distinguen a los dos paradigmas, concluyendo que la cadena de suministro esbelta tiene beneficios para las prácticas verdes y, a su vez, la implementación de prácticas verdes tiene una influencia positiva sobre las prácticas existentes cadena de Suministro Lean.

Asimismo, [58] analiza los procesos de estructuración interna de cuatro grandes empresas brasileñas líderes en la adopción de prácticas para la gestión de cadena de suministro verde. Los resultados de este estudio muestran la importancia de contar con equipos verdes, un área funcional dedicada y empleos verdes que apoyan la discusión de la gestión ambiental entre negocios y más allá. Los resultados prácticos de este estudio ofrecen nuevas perspectivas sobre el comportamiento de las empresas que están adoptando prácticas sostenibles, generando así nuevas evidencias para la extensión de la teoría de GSCM.

Por otra parte, el diseño de metodologías de toma de decisiones para la evaluación del desempeño ambiental de los proveedores, ha sido uno de los temas de interés dentro de los investigadores. Según [59], para el control de los aspectos ambientales durante la producción en la industria de la fibra, hilo y prendas de vestir, un sistema de gestión medioambiental certificado ISO 14001 puede utilizarse para seleccionar proveedores. Sin embargo, afirman que algunas empresas desarrollaron sus propios esquemas, debido a que la norma ISO 14001 es demasiado estricta y/o la certificación tiene un alto costo. El enfoque de sistema de gestión, conocido desde la gestión de la calidad ISO 9001 y gestión ambiental ISO 14001, también ha sido adaptado para la gestión de los aspectos sociales de los procesos industriales afectados.

Igualmente [60], propone que el desempeño ambiental de una empresa no sólo está relacionado con los esfuerzos ambientales internos de la empresa, sino que también se ve afectado por el desempeño ambiental y la imagen de los proveedores. Debido a lo anterior, los autores proponen una metodología para la evaluación de las actuaciones ambientales de los proveedores, la cual se utiliza un proceso analítico Fuzzy para la clasificación y evaluación de los proveedores. [61], describe los factores que facilita a pequeños y medianos proveedores en participar en las iniciativas de

la SC verde. Estas son iniciativas entre organizaciones que tratan de mejorar el comportamiento medioambiental a lo largo de toda la SC. De igual forma examinan las prácticas comunes de un comprador dentro de la SCM verde, la participación del gobierno, y la disposición interna de los propios proveedores, como posibles conductores.

En cuanto a diseño de prácticas de GSCM para la integración de la organización e innovaciones ambientales en la logística, [62] examinaron el nivel y la naturaleza de la ecologización de la SC en el sector manufacturero del Reino Unido. Además, exploraron las fuerzas impulsoras detrás de la conducta ambiental, las prácticas de gestión específicas que resultan y las relaciones entre ellos. [63] exploran los factores que son críticos para la aplicación de la GSCM en las industrias eléctrica y electrónica de Taiwán con respecto a directivas de la Unión Europea, donde se lograron extraer 20 factores críticos a lo largo de cuatro dimensiones (gestión de proveedores, el reciclaje de productos, participación y gestión del ciclo de vida).

En [64] identificaron los factores que impulsan o impiden a las organizaciones a implementar iniciativas de SCM verde, éstos incluyen aspectos internos tales como factores de organización y los aspectos externos, tales como regulación legal, clientes, competidores, proveedores y la sociedad. Sobre la base de entrevistas realizadas en siete diferentes organizaciones del sector privado y público, identificaron además las barreras internas, tales como el costo y la falta de legitimidad, así como organización, los obstáculos externos como la regulación, la falta de compromiso del proveedor y la industria.

Igualmente [65], analizaron las barreras para la aplicación del concepto de GSCM en las industrias de fabricación de componentes para automóviles en Tamil Nadu, sur de la India, utilizando la técnica del Modelo Estructural de Interpretación (ISM) a través de los juicios de expertos. El resultado de este estudio muestra que el problema en el mantenimiento de la conciencia ambiental de los proveedores, está actuando como una barrera clave para la implementación de GSCM.

En la tabla I se puede evidenciar un resumen de las diferentes temáticas tratadas en cada una de las categorías

propuestas para el presente artículo. Igualmente, en la tabla II se observan las diferentes herramientas matemáticas usadas para el desarrollo de investigaciones con enfoque cuantitativo, donde se evidencia que la Programación Lineal Entera Mixta (MILP), es una de las más usadas debido a que permite encontrar soluciones óptimas a los problemas planteados.

#### IV. CONCLUSIONES

La revisión muestra que el 55.5% de las investigaciones están relacionadas con el tema de SCM y el 44.5% tienen como objetivo examinar la GSCM. De igual forma se pudo evidenciar que el 60% las investigaciones referidas a SCM y el 56.3% en el tema de GSCM, son investigaciones que poseen un enfoque cuantitativo o hacen uso de alguna herramienta matemática para el desarrollo de sus objetivos.

Igualmente, en la revisión se pudo evidenciar que las investigaciones desarrolladas en el tema SCM con enfoque cualitativo, la tendencia apunta a medir y evaluar el desempeño de la SC, analizando distintos factores como la colaboración entre los distintos eslabones de la SC y su incidencia en el rendimiento de la misma y tener la facilidad de mercado y por ende garantizar la eficiencia de la SC, con el fin de aprovechar los recursos y el conocimiento de sus proveedores y clientes. De igual forma dentro de este enfoque las investigaciones tienden a analizar la visibilidad de la SC referente a la transferencia de la información en cada uno de los eslabones que lo componen, concluyendo que un buen intercambio de información, ayudará a disminuir los problemas relacionados con exceso de inventario, retrasos en órdenes de producción e incertidumbre de la demanda.

Del mismo modo, los modelos cuantitativos desarrollados para la SCM tienen como objetivo, dar apoyo a las empresas a la hora de la toma de decisiones, en primera instancia en cuanto a la evaluación de la posible incursión de nuevos actores dentro de la SC y decisiones referentes a localización, producción, inventario y el transporte dentro de la misma, tanto en escenarios determinísticos como en escenarios con presencia de incertidumbre. Además, según lo observado, las

TABLA I  
TEMÁTICAS INVESTIGATIVAS DE LA ESTRUCTURA DE LA REVISIÓN

|      | <b>Cualitativo</b>  | <b>Cuantitativo</b>   |
|------|---|---|
| SCM  | Desempeño de la Cadena de Suministro ([18] - [20])<br>Visibilidad de la Cadena de Suministro ([21] - [26])  | Modelos para la toma de decisiones dentro de la Cadena de Suministro ([27] - [30])<br>Modelo para toma de decisiones dentro de la Cadena de Suministro con presencia de incertidumbre ([31] - [35])<br>Modelos para distribución y localización dentro de los eslabones de la Cadena de Suministro([36] - [40])                         |
| GSCM | Análisis y diseño de prácticas de producción más limpia en la Cadena de Suministro ([5], [52], [54])<br>Diseño de metodologías para evaluación ambiental de proveedores ([55] - [57])<br>Diseño de prácticas ambientales innovadoras en la Cadena de Suministro ([58] - [61]) | Modelos de optimización de sostenibilidad integral de la Cadena de Suministro ([42], [43])<br>Modelos para integración de productos utilizados y residuos en el ciclo productivo ([44], [45], [49])<br>Diseño de Cadena de Suministro verdes ([46], [50])<br>Evaluación Ambiental de proveedores de la Cadena de Suministro([51], [62]) |

TABLA II  
HERRAMIENTAS CUANTITATIVAS UTILIZADAS EN LAS INVESTIGACIONES

|      | Programación Lineal Entera Mixta | Programación No lineal | Modelos Estocásticos | Modelo Multiparamétrico | Modelo Multiobjetivo | Modelo de Jerarquización (AHP) | Dinámica de Sistemas |
|------|----------------------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|
| SCM  |                                  |                        |                      |                         |                      |                                |                      |
| [40] |                                  |                        |                      |                         | x                    |                                |                      |
| [34] |                                  |                        | x                    |                         |                      |                                |                      |
| [30] | x                                |                        |                      |                         |                      |                                |                      |
| [35] |                                  |                        | x                    |                         |                      |                                |                      |
| [39] |                                  | x                      |                      |                         |                      |                                |                      |
| [32] |                                  |                        |                      | x                       |                      |                                |                      |
| [38] | x                                |                        |                      |                         |                      |                                |                      |
| [29] | x                                |                        |                      |                         |                      |                                |                      |
| [37] | x                                |                        |                      |                         |                      |                                |                      |
| [28] |                                  |                        | x                    |                         |                      |                                |                      |
| GSCM |                                  |                        |                      |                         |                      |                                |                      |
| [42] | x                                |                        |                      |                         |                      |                                |                      |
| [48] | x                                |                        |                      |                         |                      |                                |                      |
| [46] |                                  |                        |                      |                         |                      |                                | x                    |
| [62] |                                  |                        |                      |                         |                      | x                              |                      |
| [51] |                                  |                        |                      |                         |                      | x                              |                      |
| [45] | x                                |                        |                      |                         |                      |                                |                      |
| [47] | x                                |                        |                      |                         |                      |                                |                      |
| [50] |                                  |                        |                      |                         |                      | x                              |                      |

herramientas matemáticas que más se utilizan para abordar el problema de planificación SC son el Modelo multi-paramétrico de programación, Programación Lineal Fuzzy, programación estocástica y programación lineal entera mixta.

Por otra parte, en lo referente a las investigaciones desarrolladas en la GSCM que poseen un enfoque cuantitativo, el objetivo se orienta a diseñar modelos que incluyan nuevos procesos y canales dentro de la SC, encaminados a la remanufactura, reprocesamiento y reutilización de residuos o productos fuera de uso que se generen en la SCM normal. Dichas investigaciones también son orientadas con el fin de crear metodologías de evaluación y selección de proveedores desde el aspecto ambiental. Igualmente, dentro de este enfoque existe una tendencia a realizar investigaciones donde se lleve a cabo un análisis o evaluación de la relación entre cadenas de suministro verde y la innovación tecnológica y su influencia en el desempeño de la SC.

Finalmente, en primera instancia, los autores que realizan sus investigaciones en el tema de GSCM y que poseen un enfoque cualitativo, centran sus esfuerzos en evaluar posibles estrategias a la hora de implementar nuevas prácticas enfocadas a mantener una SC verde. Asimismo, al igual que las investigaciones con enfoque cuantitativo, se pudo evidenciar que se desarrollan nuevas metodologías y estrategias para la evaluación y selección de proveedores en el aspecto ambiental.

En general para futuras investigaciones en el área de SCM con enfoque cuantitativo se podrían enfocar al diseño de modelos para la planificación de la producción y lo concerniente al eslabón de proveedores en cuanto a modelos para planificar el requerimiento de materiales. Dentro del enfoque SCM cualitativo, las investigaciones estarían enfocadas a evaluar cada uno de los eslabones de la SC y la viabilidad de realizar nuevas configuraciones e inclusión de nuevos eslabones dentro de la SC. Por último en cuanto al enfoque de GSCM, se pueden visualizar investigaciones cuyos objetivos sean el diseño de redes de logística inversa

para la recuperación o eliminación de productos fuera de uso o residuos y asimismo la evaluación de políticas y estrategias ambientales con el fin de mejorar el rendimiento de la SC.

## REFERENCIAS

- [1] M.J. Mol. "Purchasing's strategic relevance," *Journal of Purchasing and Supply Management*, vol. 9, no. 1, pp. 43-50, 2013.
- [2] S.M. Wagner and R. Kemmerling. "Supply chain management executives in corporate upper echelons," *Journal of Purchasing and Supply Management*, vol. 20, no. 3, pp. 156 – 166, 2014.
- [3] Council of Supply Chain Management Professional. SCM Concepts [online]. 2016 Disponible en: [http://cscmp.org/CSCMP/Join/About\\_Us/CSCMP/Join/About\\_Us.aspx?hkey=e15eb27f-d327-4ef3-89f9-2ade73e34a55](http://cscmp.org/CSCMP/Join/About_Us/CSCMP/Join/About_Us.aspx?hkey=e15eb27f-d327-4ef3-89f9-2ade73e34a55)
- [4] M. Christopher. *Logistics & supply chain management*. Pearson UK, 2016.
- [5] H. Kuse, A. Endo and E. Iwao. "Logistics facility, road network and district planning: Establishing comprehensive planning for city logistics," *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 2, no. 3, pp. 6251-6263, 2010.
- [6] D.J. Bowersox, D.J. Closs and M.B. Cooper. *Supply chain logistics management*. New York, McGraw-Hill, 2002.
- [7] B.S. Silvestre. "A hard nut to crack! Implementing supply chain sustainability in an emerging economy," *Journal of Cleaner Production*, vol. 96, pp. 171 – 181, 2014.
- [8] S. Seuring and M. Müller. "From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management," *Journal of cleaner production*, vol. 16, no. 15, pp. 1699-1710, 2008.
- [9] C.R. Carter and P.L. Easton. "Sustainable supply chain management: evolution and future directions," *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol. 41, no. 1, pp. 46-62, 2011.
- [10] P. Ahi and C. Ahi. "A comparative literature analysis of definitions for green and sustainable supply chain management," *Journal of Cleaner Production*, vol. 52, pp. 329-341, 2013.
- [11] S.K. Srivastava. "Green supply chain management: a state of the art literature review," *International journal of management reviews*, vol. 9, no. 1, pp. 53-80, 2007.
- [12] X. Chi, M. Streicher-Porte, M.Y. Wang and M.A. Reuter. "Informal electronic waste recycling a sector review with special focus on China," *Waste Management*, vol. 31, no. 4, pp. 731-742, 2011.
- [13] W.M. Ma, Z. Zhao and H. Ke. "Dual-channel closed-loop supply chain with government consumption-subsidy," *European Journal of Operational Research*, vol. 226, no. 2, pp. 221-227, 2013.
- [14] K. Krippendorff. *Content analysis: An introduction to its methodology*. California, Sage, 2012. 456 p.
- [15] T.A. Byrd & N.W. Davidson. "Examining possible antecedents of IT impact on the supply chain and its effect on firm performance," *Information & Management*, vol. 41, no. 2, pp. 243-255, 2007.
- [16] A.E. Ellinger, D.F. Lynch & J.D. Hansen. "Firm size, web site content, and financial performance in the transportation industry," *Industrial Marketing Management*, vol. 32, no. 3, pp. 177-185, 2010.
- [17] A. Marasco. "Third-party logistics: a literature review," *International Journal of Production Economics*, vol. 113, no. 1, pp. 127-147, 2008.
- [18] M. Cao and Q. Zhang. "Supply chain collaboration: impact on collaborative advantage and firm performance," *Journal of Operations Management*, vol. 29, no. 3, pp. 163-180, 2011.
- [19] J.V. Pereira. "The new supply chain's frontier: Information management," *International Journal of Information Management*, vol. 29, pp. 372–379, 2009.
- [20] A.A. Akdogan and O. Demirtas. "Managerial Role in Strategic Supply Chain Management," *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 150, pp. 1020-1029, 2014.
- [21] S.M. Wagner and R. Kemmerling. "Supply chain management executives in corporate upper echelons," *Journal of Purchasing and Supply Management*, vol. 20, no. 3, pp. 156 – 166, 2014.
- [22] S.J. Ryu, T. Tsukishima and H. Onari. "A study on evaluation of demand information-sharing methods in supply chain," *International Journal of Production Economics*, vol. 120, no. 1, pp. 162-175, 2009.
- [23] M.M. Yu, S.C. Ting and M.C. Chen. "Evaluating the cross-efficiency of information sharing in supply chains," *Expert Systems with Applications*, vol. 37, no. 4, pp. 2891-2897, 2010.

- [24] J.H. Cheng. "Inter-organizational relationships and information sharing in supply chains," *International Journal of Information Management* 31(4), 374-384, 2011.
- [25] H. Ding, B. Guo and Z. Liu. "Information sharing and profit allotment based on supply chain cooperation," *International Journal of Production Economics*, vol. 133, no. 1, pp. 70-79, 2011.
- [26] S.E. Fawcett, G.M. Magnan and M.W. McCarter. "Benefits, barriers, and bridges to effective supply chain management," *Supply Chain Management: An International Journal*, vol. 13, no. 1, pp. 35-48, 2008.
- [27] V. J. Gan and J. C. Cheng. "Formulation and analysis of dynamic supply chain of backfill in construction waste management using agent-based modeling," *Advanced Engineering Informatics*, vol. 29, no. 4, pp. 878-888, 2015.
- [28] J. Venugopalan, V.S. Sarath, R.J. Pillai, S.A. Krishnan and S.P. Anbuudayasankar. "Analysis of Decision Models in Supply Chain Management," *Procedia Engineering*, vol. 97, no. 2259-2268, 2014.
- [29] J. Shu, C.P. Teo and Z.J.M. Shen. "Stochastic transportation-inventory network design problem," *Operations Research*, vol. 53, no. 1, pp. 48-60, 2005.
- [30] P. Tsiakis and L.G. Papageorgiou. "Optimal production allocation and distribution supply chain networks," *International Journal of Production Economics*, vol. 111, no. 2, pp. 468-483, 2008.
- [31] N. Susarla and I.A. Karimi. "Integrated supply chain planning for multinational pharmaceutical enterprises," *Computers & Chemical Engineering*, vol. 42, pp. 168-177, 2012.
- [32] M. Zamarripa, K. Hjailla, J. Silvente & A. España. "Tactical management for coordinated supply chains," *Computers & Chemical Engineering*, vol. 66, pp. 110-123, 2014.
- [33] P. Dua, V. Dua and E.N. Pistikopoulos. *Multi-parametric mixed integer linear programming*. In Encyclopedia of optimization, United States, Springer, 2009.
- [34] D. Peidro, J. Mula, M. Jiménez and M. del Mar Botella. "A fuzzy linear programming based approach for tactical supply chain planning in an uncertainty environment," *European Journal of Operational Research*, vol. 205, no. 1, pp. 65-80, 2010.
- [35] A. Baghalian, S. Rezapour and R.Z. Farahani. "Robust supply chain network design with service level against disruptions and demand uncertainties: A real-life case," *European Journal of Operational Research*, vol. 227, no. 1, pp. 199-215, 2013.
- [36] W. Klibi and A. Martel. "Scenario-based supply chain network risk modeling," *European Journal of Operational Research*, vol. 223, no. 3, pp. 644-658, 2012.
- [37] D. Petrovic, Y. Xie, K. Burnham and R. Petrovic. "Coordinated control of distribution supply chains in the presence of fuzzy customer demand," *European Journal of Operational Research*, vol. 185, no. 1, pp. 146-158, 2008.
- [38] H.E. Romeijn, J. Shu and C.P. Teo. "Designing two-echelon supply networks," *European Journal of Operational Research*, vol. 178, no. 2, pp. 449-462, 2007.
- [39] N.A. Pujari, T.S. Hale and F. Huq. "A continuous approximation procedure for determining inventory distribution schemas within supply chains," *European Journal of Operational Research*, vol. 186, no. 1, pp. 405-422, 2008.
- [40] B. Mahdi and M.T. Mohammad. "Supply chain design: A holistic approach," *Expert Systems with Applications*, vol. 37, no. 1, pp. 688-693, 2010.
- [41] J.D. Schwartz and D.E. Rivera. "A control-relevant approach to demand modeling for supply chain management," *Computers & Chemical Engineering*, vol. 70, pp. 78-90, 2014.
- [42] E. Hassini, C. Surti and C. Searcy. "A literature review and a case study of sustainable supply chains with a focus on metrics," *International Journal of Production Economics*, vol. 140, no. 1, pp. 69-82, 2012.
- [43] M. Kannegiesser, H.O. Günther & Ó. Gylfason. "Sustainable development of global supply chains—part 2: investigation of the European automotive industry," *Flexible Services and Manufacturing Journal*, vol. 26, no. 1-2, pp. 48-68, 2014.
- [44] V.H. Lee, K.B. Ooi, A.Y.L. Chong and C. Seow. "Creating technological innovation via green supply chain management: An empirical analysis," *Expert Systems with Applications*, vol. 41, no. 16, pp. 6983-6994, 2014.
- [45] M. Fröhling, F. Schwaderer, H. Bartusch and O. Rentz. "Integrated planning of transportation and recycling for multiple plants based on process simulation," *European Journal of Operational Research*, vol. 207, no. 2, pp. 958-970, 2010.
- [46] A. Atasu, V.D.R. Guide and L.N. Wassenhove. "Product Reuse Economics in Closed Loop Supply Chain Research," *Production and Operations Management*, vol. 17, no. 5, pp. 483-496, 2008.
- [47] P. Georgiadis and M. Besiou. "Environmental strategies for electrical and electronic equipment supply chains: which to choose?," *Sustainability*, vol. 1, no. 3, pp. 722-733, 2009.
- [48] M.I.G. Salema, A.P. Barbosa-Povoa and A.Q. Novais. "An optimization model for the design of a capacitated multi-product reverse logistics network with uncertainty," *European Journal of Operational Research*, vol. 179, no. 3, pp. 1063-1077, 2007.
- [49] M.I.G. Salema, A.P. Barbosa-Povoa and A.Q. Novais. "Simultaneous design and planning of supply chains with reverse flows: a generic modelling framework," *European Journal of Operational Research*, vol. 203, no. 2, pp. 336-349, 2010.
- [50] P. Georgiadis and E. Athanasiou. "Flexible long-term capacity planning in closed-loop supply chains with remanufacturing," *European Journal of Operational Research*, vol. 225, no. 1, pp. 44-58, 2013.
- [51] J. D. S. Rodríguez and E. D. Contreras Castañeda. "Simulación de un proceso de logística inversa: recolección y acopio de envases y empaques vacíos de plaguicidas," *Entre Ciencia e Ingeniería*, vol. 18, pp. 16-22, 2015.
- [52] L.Y. Lu, C.H. Wu & T.C. Kuo. "Environmental principles applicable to green supplier evaluation by using multi-objective decision analysis," *International Journal of Production Research*, vol. 45, no. 18-19, pp. 4317-4331, 2007.
- [53] S.S. Lin and Y.S. Juang. "Selecting green suppliers with analytic hierarchy process for biotechnology industry," *Journal Operations and Supply Chain Management*, vol. 1, no. 2, pp. 115-129, 2008.
- [54] A.H. Hu and C.W. Hsu. "Empirical study in the critical factors of green supply chain management (GSCM) practice in the Taiwanese electrical and electronics industries" in *Proc. 2006 Management of Innovation and Technology, 2006 IEEE International Conference on.*, p. 853-857.
- [55] M. D. Abdulrahman, A. Gunasekaran and N. Subramanian. "Critical barriers in implementing reverse logistics in the Chinese manufacturing sectors," *International Journal of Production Economics*, vol. 147, pp. 460-471, 2014.
- [56] C. M. Dües, K. H. Tan and M. Lim. "Green as the new Lean: how to use Lean practices as a catalyst to greening your supply chain," *Journal of cleaner production*, vol. 40, pp. 93-100, 2013.
- [57] A.B.L. De Sousa Jabbour. "Understanding the genesis of green supply chain management: lessons from leading Brazilian companies," *Journal of Cleaner Production*, vol. 87, pp. 385-390, 2015.
- [58] D. Nawrocka, T. Brorson and T. Lindhqvist. "ISO 14001 in environmental supply chain practices," *Journal of Cleaner Production*, vol. 17, no. 16, pp. 1435-1443, 2009.
- [59] G. Tuzkaya, A. Ozgen, D. Ozgen and U.R. Tuzkaya. "Environmental performance evaluation of suppliers: A hybrid fuzzy multi-criteria decision approach," *International Journal of Environmental Science & Technology*, vol. 6, no. 3, pp. 477-490, 2009.
- [60] S.Y. Lee. "Drivers for the participation of small and medium-sized suppliers in green supply chain initiatives," *Supply Chain Management: An International Journal*, vol. 13, no. 3, pp. 185-198, 2008.
- [61] H. Walker, L. Di Sisto and D. McBain. "Drivers and barriers to environmental supply chain management practices: Lessons from the public and private sectors," *Journal of purchasing and supply management*, vol. 14, no. 1, pp. 69-85, 2008.
- [62] D. Holt and A. Ghobadian. "An empirical study of green supply chain management practices amongst UK manufacturers," *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 20, no. 7, pp. 933-956.
- [63] K. Mathiyazhagan, K. Govindan, A. NoorulHaq and Y. Geng. "An ISM approach for the barrier analysis in implementing green supply chain management," *Journal of Cleaner Production*, vol. 47, pp. 283-297, 2013.
- [64] C.W. Hsu and A.H. Hu. "Applying hazardous substance management to supplier selection using analytic network process," *Journal of Cleaner Production*, vol. 17, no. 2, pp. 255-264, 2009.
- [65] S. Luthra, D. Garg and A. Haleem. "An analysis of interactions among

critical success factors to implement green supply chain management towards sustainability: An Indian perspective,” *Resources Policy*, vol. 46, pp. 37-50, 2015.

- [66] J. Jayaram and B. Avittathur. “Green supply chains: A perspective from an emerging economy,” *International Journal of Production Economics*, vol. 164, pp. 234-244, 2015.

**Julián David Silva Rodríguez** nació en Tunja, Boyacá, Colombia, el 21 de mayo de 1992. Se graduó como Ingeniero Industrial en la Universidad de Boyacá en el año 2013. En el año 2016 se graduó como Magister en Ingeniería con Énfasis en Ingeniería Industrial de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Durante su estudio de pregrado, laboró como auxiliar de investigación en el Programa de Ingeniería Industrial de la Universidad de Boyacá, asimismo, profesionalmente ejerció como joven investigador en el mismo programa y en convenio con el Departamento Administrativo de Ciencia y Tecnología de Colombia (COLCIENCIAS). Ejerce actualmente como docente investigador del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad de Boyacá. El profesor Silva pertenece al Grupo de Investigación Logística, Operaciones, Gestión y Calidad – LOGyCA de la Universidad de Boyacá, y al Grupo de Investigación Observatorio de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - UPTC.