

Desarrollo de Redes de valor en el sector Agroindustrial

Francisco Javier Caballero Otalora, Fabian Santofimio, Oscar Walteros, Francy Tatiana Moreno Duarte, Mateo Pachón Rincón, Juan David Suárez-Moreno, Jhonatan Méndez-C., Juan Sebastián Blanco Morales, Johan Sebastián Muñoz Martínez, Valentina Rodríguez Uribe, Karen Margarita Santos Garavito, Yenny Alexandra Paredes Astudillo

Desarrollo de Redes de valor en el sector Agroindustrial

Francisco Javier Caballero Otalora, Fabian Santofimio, Oscar Walteros, Francy Tatiana Moreno Duarte, Mateo Pachón Rincón, Juan David Suárez-Moreno, Jhonatan Méndez-C., Juan Sebastián Blanco Morales, Johan Sebastián Muñoz Martínez, Valentina Rodríguez Uribe, Karen Margarita Santos Garavito, Yenny Alexandra Paredes Astudillo

Corporación Universitaria Iberoamericana

Ībē[̄]rAM

ISBN: 978-958-52022-3-8 [pdf]
 ISBN: 978-958-52022-4-5 [epub]
 DIO:

©2020, ĩberAM
 Corporaci3n Universitaria Iberoamericana

Imagen de la portada
 Shutterstock

1.

CDD:

Catalogaci3n en la fuente – Corporaci3n Universitaria Iberoamericana. Biblioteca

Rector
 RAUL MAURICO ACOSTA LEIVA

Vicerrector Acad3mico
 CARLOS ANDRES VANEGAS

Decano Facultad
 OSCAR YESID WALTEROS RANGEL

Directora de Investigaciones
 FERNANDA CAROLINA SARMIENTO CASTILLO

Coordinaci3n de Publicaciones
 EDGAR EDUAR RUBIANO BARRERA



Esta obra y sus contenidos se distribuyen bajo una Licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International. Para ver una copia de esta licencia, visite: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> o envĩe una carta a: Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

Gracias por descargar este libro electr3nico. El copyright es propiedad de la ĩber AM, la editorial institucional de la Corporaci3n Universitaria Iberoamericana y se han dispuesto las condiciones para que cualquier persona pueda acceder, usar y aprovechar el contenido de esta obra de forma gratuita, con la 3nica restricci3n o exigencia de citar a la fuente. Por lo tanto, lo instamos a que invite a sus colegas y amigos a descargar esta obra

ĩberAM
 Corporaci3n Universitaria Iberoamericana
 www.iberoamericana.edu.co
 publicaciones@iberoamericana.edu.co
 Calle 67 # 5-47
 Bogot3 D.C., 110231
 Colombia

ÍNDICE

<i>Desarrollo de las Redes de Valor en Empresas de Marroquinería: Caso Colombia-México 5</i>	
Francisco Javier Caballero, Fabian Santofimio & Oscar Walteros	6
<i>Mecanismos de coordinación en cadenas de valor del sistema de transporte de carga en Colombia</i>	
Francy Tatiana Moreno Duarte & Mateo Pachón Rincón	27
<i>Oportunidades en gestión de cadena de suministro alimentarias para el sector agrícola colombiano</i>	
Juan David Suárez-Moreno & Jhonatan Méndez-C	58
<i>Planeación de compras, gestión de inventarios y transporte en una empresa productora de café</i>	
Juan Sebastián Blanco Morales, Johan Sebastián Muñoz Martínez, Valentina Rodríguez Uribe, Karen Margarita Santos Garavito & Yenny Alexandra Paredes Astudillo	81
<i>Radiografía del Sector panelero colombiano</i>	
Yenny Alexandra Paredes Astudillo	108

**Desarrollo de las
Redes de Valor
en Empresas de
Marroquinería:
Caso Colombia-México**

Desarrollo de las Redes de Valor en Empresas de Marroquinería:

Caso Colombia-México

Francisco Javier Caballero

Fabian Santofimio

Oscar Walteros

El objetivo del presente capítulo es analizar el Supply Chain Management del sector del cuero en Colombia y México, para de esta manera determinar como a través de las redes de valor se logra una mayor eficiencia y productividad teniendo en cuenta 8 categorías de análisis, gracias al trabajo de campo desarrollado en los dos países donde se comprueba como a través de la coordinación, colaboración y cooperación, se logra mejorar la competitividad y proteger la producción nacional en el caso específico de León Guanajuato, de productos sustitutos como son los productos provenientes de la República Popular China. La organización de Clúster y un sentido de colaboración han permitido que México continúe siendo un importante jugador en cuanto a productos de calzado y marroquinería a nivel mundial.

- Palabras Claves: Supply Chain Management, Cluster, Logística, Competitividad, Condiciones de Vida..

Fundamentación

Los países Latinoamericanos se han caracterizado por ser proveedores de materias primas prácticamente desde el descubrimiento de América, vocación que no ha cambiado en el tiempo, a pesar de que algunos de ellos han logrado un avance empresarial e industrial como México, aún conservan una dependencia hacia la exportación de commodities. (Banco Mundial, 2014).

Dentro de los productos que se podrían considerar con algún grado de valor agregado se encuentra el sector del cuero y específicamente el de la marroquinería, que tiene su base también en sector agrícola, manejando aun procesos artesanales, pero con una diferencia un pensamiento hacia las relaciones entre proveedores y clientes, factor que hace que en este momento León Guanajuato sea considerada la capital mundial de las pieles, por la variedad de pie-

les de diversos orígenes desde los más comunes como cuero de ganado vacuno, ovino y cerdo hasta pieles como de mantarraya, tiburón, y productos como piel de cocodrilo (especie que se encuentra en vía de extinción) pero que es común encontrar en este mercado amplio y diverso con varias opciones y diseños.

Según la gobernación de Guanajuato de este negocio viven 86.000 familias Guanajuatenses y llegando a exportaciones de más 200 millones de dólares en pieles y cuero (Gobierno del Estado de Guanajuato, 2015).

Al realizar un análisis comparado del Supply Chain Management de las empresas de marroquinería de León Guanajuato y Bogotá, se puede observar que en el primero se trabaja bajo un esquema de colaboración, cooperación y coordinación (no perfectos) factores determinantes del supply chain management, gracias al apoyo del sector privado y público a este sector de la economía, mientras que en Colombia aún se trabaja bajo parámetros del siglo pasado, sin entender que la competencia no es con las otras empresas sino la competencia hoy día se presenta es entre las redes de valor.

Es una realidad que la globalización es un fenómeno en el cual los países se encuentran inmersos en mayor o menor proporción, pero al cual se deben integrar para hacer parte de las cadenas de abastecimiento y a través de ellas, llegar a redes de valor que como su nombre lo indica, su enfoque y razón de ser es generar valor y que el mismo sea valorado por los clientes que es la razón de ser de cualquier empresa ya sea con ánimo o sin ánimo de lucro, es en este sentido que se entiende en el libro Cadenas de Abastecimiento Dinámicas del Dr. Jhon Gattorna, que se debe tener en cuenta las relaciones con los clientes como factor primordial para lograr cumplir los objetivos de las empresas; es así como afirma “el secreto para diseñar una cadena de suministro superior es empezar por re-segmentar nuestros clientes por sus comportamientos de compra, y luego diseñar la cadena en reversa desde allí.” Gattorna J. (2009) puesto que los clientes son el marco de referencia sobre el cual debe girar toda la organización con el fin de cumplir las ofertas de valor, que realmente requiere el cliente a través de las diferentes configuraciones de Supply Chains.

Es en este sentido que proponen los siguientes objetivos de investigación, siendo el objetivo general analizar de forma comparada el Supply Chain Management de las empresas de marroquinería de Bogotá, Colombia – CORPO 7- y las empresas de marroquinería de la capital mundial de las pieles León, Guanajuato México, en función del mejoramiento de las condiciones de vida y la competitividad del sector. Para tal efecto se plantean los siguientes objetivos específicos Describir los procesos desarrollados en la industria de marroquinería de Bogotá y la capital mundial de las pieles León Guanajuato México; diagnosticar los procesos desarrollados por las empresas de marroquinería de la capital mundial de las pieles León, Guanajuato México, comparado con los procesos desarrollados con las empresas de marroquinería de Bogotá-CORPO 7 y determinar las diferencias y las similitudes evidenciadas en los procesos desarrollados

en la industria de marroquinería de Bogotá-CORPO 7- y las empresas de marroquinería de la capital mundial de la pieles León Guanajuato.

Antecedentes

León Guanajuato es una ciudad industrial con amplia generación de empleo, y el sector de marroquinería aporta al mismo con 45% de la producción nacional de cuero y pieles (Gobierno del Estado de Guanajuato, 2015) del cual viven 86.000 familias y llegando a exportar más de 200 millones de dólares en 2015, es por esto que esta industria es tan importante tanto para el estado de Guanajuato como para el País de México, desarrollando políticas de protección para esta industria, que se encuentra amenazada por productos sustitutos provenientes especialmente de Asia como son los sintéticos, factor que también afecta y es una amenaza para la industria de marroquinería en Colombia.

El cuero y los productos de la marroquinería se encuentran entre los más comercializados a nivel global puesto que provienen de una fuente renovable y fácilmente accesible como es la piel de los animales, ante la facilidad que se ha tenido en obtener este material la producción y el suministro se han trasladado gradualmente de los países industrializados a los países emergentes y en desarrollo los cuales desempeñan cada vez un papel destacado en el comercio. Según la investigación realizada por el Centro de Comercio Internacional (ITC) "Los países emergentes y en desarrollo pueden gestionar por su cuenta la totalidad de la cadena de suministros y se convertirán rápidamente en los proveedores más importantes de productos acabados con valor añadido" Centro de Comercio Internacional (2015) es esta la razón fundamental por la cual se hace necesario trabajar bajo un esquema de Supply Chain Management.

La marroquinería hace parte de una de las industrias más importantes de Colombia, la industria del cuero, según las estadísticas realizadas en el año 2013 por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), es la fuente de trabajo del 0,6% de la población a nivel nacional, y a su vez, representa el 0,27% del Producto Interno Bruto (PIB) del país. A pesar de esto, dicha industria se ha visto afectada en los últimos años por el ingreso de mercancías de otros países a Colombia resultado de la apertura de tratados comerciales presentada en los últimos años. (Vargas & Zuleta, 2010).

Uno de los problemas que presenta la industria del cuero es que en las curtiembres existe una escasez de cuero debido que es muy costoso en el mercado nacional, la mayoría de materia prima es exportada para otros países, generando que esta industria desde hace muchos años se vea afectada. Estas exportaciones están generando un desabastecimiento de materia prima para la industria nacional, por ende, los precios de los productos terminados del cuero y sus derivados deben tener un costo mayor, el panorama muestra que en Colombia se sacrifica 4 millones de reses al año, lo cual da lugar a que aumente la exportación de piel cruda y de cuero

húmedo azul (wet blue). “En Colombia se consumen al año 120 millones de pares de zapatos, de los cuales se importan 80 millones, mucho de este cuero exportado regresa al país en producto terminado generando problemas en la industria nacional”. Sandoval (2014)

Es necesario reconocer que el tema de la marroquinería es común a los países y por ello se hace importante realizar el análisis del Supply Chain Management, desarrollado por las industrias de marroquinería de Bogotá del sector del 7 de Agosto y las empresas de Marroquinería ubicadas en León Guanajuato en el sector conocido como el Coeciello, donde se encuentran las “picas”¹, denominación que tienen las pequeñas empresas que trabajan de una forma artesanal la producción de artículos de marroquinería y zapatos, pero que tienen una gran ventaja se encuentran a pocas cuadras del centro de venta zapatos de Guanajuato ubicado cerca a la central camionera de Leon en el centro de la ciudad, centro del comercio al por mayor y que es visitado por extranjeros los 365 días del año para realizar negociaciones de varios millones de dolares, estas son las familias de las que se habló anteriormente donde se afirma que 86.000 guanajuatenses viven de la industria del calzado a través de toda la cadena de abastecimiento (Gobierno del Estado de Guanajuato, 2015).

Contexto

El Supply Chain Management se puede entender si se quiere como la evolución de logística, pero no solamente desde su traducción literal como administración de la cadena de suministro o de abastecimiento sino como:

“La coordinación sistemática y estratégica de las funciones del negocio tradicional y las tácticas utilizadas a través de esas funciones del negocio, al interior de una empresa y entre las diferentes empresas de una cadena de suministro, con el fin de mejorar el desempeño en el largo plazo tanto de las empresas individualmente, como el de toda la red de valor” (Council of Supply Chain Management Professionals, 2016).

Por otra parte, se puede entender como la integración de los procesos claves de las empresas para cumplir con la oferta de valor hacia los clientes, es allí donde se enfoca el Phd. John Gattorna al afirmar que lo más importante es el cliente y por lo tanto se debe tener en cuenta que en la gestión de las cadenas de abastecimiento, las redes logísticas son un subconjunto de dichas cadenas. La diferencia entre cada cadena se encuentra en la interfase de cada combinación de proveedor/comprador. (Gattorna J., 2009)

El valor se crea o destruye por medio de la gestión de estas interfaces a lo largo de la cadena. Dado que una supply chain es la combinación de múltiples redes logísticas, el potencial para mejorar el desempeño es mayor que dentro de un solo sistema de logística. En la práctica, toda empresa de productos, servicios o del sector público tiene múltiples Supply Chains

1 Picas: Nombre con el que se conocen las empresas familiares

atravesándola en un complejo abanico tridimensional (Gattorna J. , 2009), y por otra parte se puede establecer que para gestionar las Supply Chains se debe entender que tienen vida, vida que se da gracias a las personas que participan dentro de las redes de valor, es por esto que la gerencia de supply chain significa que todas las partes involucradas aceptan trabajar juntas ensamblando sus respectivos sistemas logísticos. (Gattorna J. , 2009), se debe avanzar de los simples procesos tácticos de aprovisionamiento o inbound, operaciones y distribución u outbound para llegar a integrar los procesos de los proveedores y clientes dentro de una red, donde todos aportan valor, que es monetizado al ser entendido por cliente que es realmente la razón de ser de la compañía, esto se puede evidenciar el ilustración 1 al tener una cadena extendida, donde se tienen en cuenta las exigencias del cliente, a través de la segmentación como factor determinante dentro de la red.

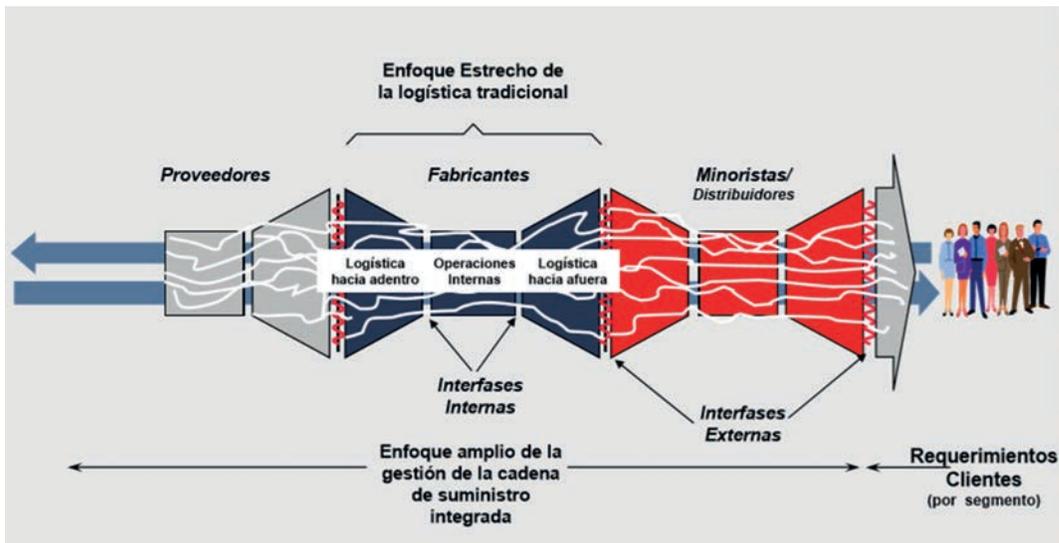


Ilustración 1 Puesta en práctica del concepto de Supply Chains

Fuente: (Gattorna J. , 2009)

La segmentación permite cumplir la oferta de valor hacia los clientes partiendo de la administración de la relación con el cliente, seguido de la administración del servicio al cliente para llegar a la administración demanda factor fundamental, cuando se pretende trabajar bajo un enfoque Pull² a través del Just in time³ y la utilización de herramientas para minimizar los desperdicios como es el Kanban, todos estos factores aunados al cumplimiento de la orden se pueden entender como Downstream⁴ o aguas abajo ósea el cliente como eje rector de las diferentes estrategias y tácticas que conllevan el Supply Chain Management como han sido tratados por varios autores.

En lo referente al Upstream⁵ o aguas arriba o sea los proveedores, es importante reconocer la administración de los procesos de manufactura que se basan en la administración de la re-

2 Pull: La gestión Pull busca la máxima eficiencia y optimización adaptando, en tiempo real, la producción a la demanda

3 Just in Time: Postula que se debe producir solo lo que sea necesario, en la cantidad que sea necesaria y en el momento que sea necesario.

4 Downstream: término utilizado para referirse a los clientes como parte esencial de la red de valor.

5 Upstream: Término utilizado para referirse a los proveedores que se encuentran al inicio de la red de valor

lación con el proveedor, para de esta manera continuar bajo el esquema Pull sustentándose en el Just in Time, cerrando el ciclo es importante reconocer la administración del retorno como factor determinando con la responsabilidad social de las compañías, además de generar las relaciones a largo plazo al facilitar a los clientes aguas abajo la oportunidad de relocalización de inventarios, modificación y apoyo de pedidos entendiendo que la responsabilidad de todos los miembros de la red culmina en el momento que el bien o servicio es adquirido por el cliente y un factor fundamental lo cancela para que se genere el flujo económico garantizando el revenue para las compañías participantes de la red de valor.

En el desarrollo del Supply Chain Management se requiere que exista una integración transversal de todas las unidades de negocio de los participantes de la red de valor, para ello requiere el flujo de información entre los Stakeholders⁶, puesto que el mundo actual de los negocios es muy difícil que una sola empresa permanezca en el mercado sin tener en cuenta toda su red de valor, es por esto que se hace necesaria manejar múltiples relaciones a través de los participantes de la red de valor cuanto sea necesario, ya que como lo mencionó Gattorna J.(2009) cada empresa tiene su propia manera de manejar los diferentes componentes tanto en lo táctico como lo estratégico pero se debe llegar a puntos de acuerdo a través de los PSA's, acuerdos de productos y servicios que más que sean del orden legal son del orden de cumplimiento, voluntariamente puesto que lo que busca son relaciones a largo plazo más allá de lo jurídico o legal, al lograr la integración de los procesos claves de la compañía desde el usuario final hasta el proveedor del proveedor o proveedor original proveyendo los productos, servicios e información de tal manera que se agregue valor para los clientes y los grupos de interés (Lambert & Cooper, 2000).

La funcionalidad del Supply Chain Management depende del hecho que se debe contar con el compromiso de todos y cada una de los participantes de la red de valor de tal forma que logre trabajar de una forma coordinada, colaborativa, cooperando todos los participantes garantizando que todos van a ganar a través de esta estrategia, se habla que la Supply Chain es la evolución de la logística y esto se explica basándose en que la logística se preocupa por llevar un bien o servicio desde un punto de origen hasta un punto de destino, pero no se tienen en cuenta las relaciones que existen entre los participantes que logran hacer esto posible a través de la logística, es por esto que se hace necesario que exista una integración de las logísticas a través del Supply Chain que logre entender e integrar los procesos claves del negocio (Lambert & Cooper, 2000) los cuales deben ser comunes para todos, de otra manera cada uno seguirá trabajando según sus propios intereses.

Dado que se establece que la logística hace parte del Supply Chain Management en el año 1998 por parte del Council Logistics Management y se define que la logística es la parte del Supply Chain Management que planea, implementa y controla de forma eficiente y efectiva el flujo y almacenamiento de productos y servicios relacionando la información desde el punto de

6 Stakeholders: Grupos de interés

origen hasta el punto de destino o de consumo según los requerimientos de los clientes (Council of Logistics Management, 1998), es en este aspecto donde se plantean las redes que es en las que convergen las diferentes empresas, muchas veces sin saberlo, es así que se afirma que el Supply Chain esta presente en toda la cadena pero que es invisible e infortunadamente muchas veces pasa desapercibido haciendo mas complicado lograr alineación de los participantes de la red, perdiendo el valor que cada uno puede aportar hacia el cliente; en la ilustración número 2 se puede evidenciar las relaciones presentes dentro de una red típica de bienes y servicios (Lambert & Cooper, Issues in Supply Chain Management, 2000).

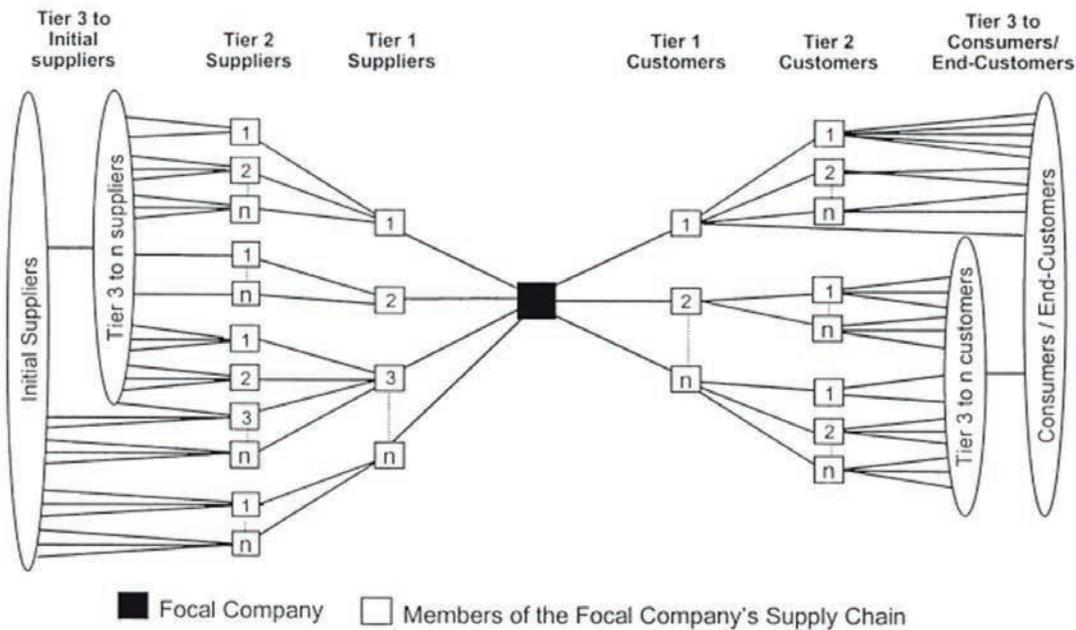


Ilustración 2 Estructura de las redes en SCM

Fuente: (Lambert & Cooper,2000)

Dentro de la evolución de las empresas de marroquinería y calzado en el estado de Guanajuato, se puede identificar que desde el año 2002 ya se estaban desarrollando redes de valor, teniendo una visión completamente global, reconociendo a China como un competidor fuerte en sus mercados naturales como es el de Estados Unidos, a través de productos de cuero, pero mas en los productos sintéticos, aunque México en esa época llegó a ser el segundo proveedor de calzado en Estados Unidos en productos sintéticos la diferencia en número de zapatos y en dólares era notoria comparada con el país asiático, es así como a través de la cámara del calzado de Guanajuato se establece como principio que la preocupación no era en sí que la República Popular de China halla ingresado al la OMC, factor que en un período no mayor a 6 años conllevaría a que los aranceles que se tenían en esa época año 2002 desaparecerían a la luz de las condiciones de globalización, que son eje principal sobre el cual giran las políticas de la OMC, sino por el contrario atacar los mercados naturales como son el de Estados Unidos, Centroamérica y el Caribe, maximizando la ventaja comparativa revelada que el cual se entiende como:

“Hillman (1980) señala que existe una relación exacta entre el concepto teórico de ventaja comparativa, calculado con base en precios relativos, y el patrón de comercio que se observa en la práctica. Encuentra que las comparaciones de los índices de ventaja comparativa revelada entre países dentro de una industria en particular son consistentes con la teoría económica. Esto es de especial importancia porque hace posible medir la ventaja comparativa en forma indirecta, sin que se deba hacer un análisis minucioso de los precios relativos en el ámbito doméstico y en relación con el resto del mundo.

Índice de ventaja comparativa revelada

El índice más utilizado en el cálculo de las ventajas comparativas reveladas, por sus atributos teóricos, es el índice de ventaja comparativa revelada (VCR) (Vollrath 1991).

$$VCR_a^i = VCE_a^i - VCI_a^i$$

Donde VCE es la ventaja comparativa revelada de las exportaciones y VCI es la ventaja comparativa revelada de las importaciones:

$$VCE_a^i = \ln[(X_a^i / X_n^i) / (X_a^r / X_n^r)]$$

$$VCI_a^i = \ln[(M_a^i / M_n^i) / (M_a^r / M_n^r)]$$

Donde X y M son exportaciones e importaciones respectivamente; la r se refiere al mundo menos el país en análisis, mientras que n se refiere al comercio de todas las mercancías menos la mercancía a.

Nótese que el índice de ventaja comparativa revelada se calcula bajo el supuesto de un mundo compuesto por dos países (el país i y el resto del mundo r) que intervienen en el intercambio comercial de dos bienes (un bien a y el resto de bienes n). Implícitamente, el VCE y el VCI combinan seis tipos de participaciones de mercado, a saber:

1. La participación mundial del país en el comercio total de mercancías.
2. La participación mundial del país en el comercio del bien a.
3. La participación mundial del país en el comercio de resto de mercancías.
4. La participación mundial del resto del mundo en el comercio total de mercancías.
5. La participación mundial del resto del mundo en el comercio del bien a.
6. La participación mundial del resto del mundo en el comercio del resto del mundo.

Debido a que el VCR establece una clara diferencia entre un bien específico y el resto de bienes comercializados en la economía, y entre el país y el resto del mundo, se elimina la doble contabilidad entre productos y países. Además, como en el cálculo de este índice se usan datos de importaciones y exportaciones, se toma en cuenta tanto la demanda como la oferta de productos.”

Dada la estructura de la demanda doméstica e internacional, el VCR describe, por un lado, la forma en que los productores de un bien específico compiten por los recursos domésticos en comparación con otros bienes producidos y comercializados en el país y, por otro lado, muestra la habilidad del país para competir en el mercado internacional de ese producto. El índice se calcula usando datos actuales de comercio y, por lo tanto, incorpora la influencia de factores como ingresos relativos, eficiencias, políticas y estructuras de mercado (Scott y Vollrath 1992) citado por (Arias & Segura, 2004).

Teniendo en cuenta que México tiene una ventaja comparativa, frente a su mercado natural anteriormente expuesto, debe maximizar al punto de convertirla en una ventaja comparativa revelada, entendiendo cual es la participación de los diferentes países en el comercio mundial en la industria del marroquinería, entender su posición, para de esta forma determinar fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas basándose en la teoría de competitividad de Michael Porter (Porter, 2010), y esto fue entendido a tal punto que desde este tiempo se empezó a implementar las clúster, tema que se analizará a continuación.

El tema de los clúster no es del todo moderno ya que ha sido tratado por Porter en su libro la Ventaja Competitiva de las Naciones en 1990 (Porter M. , 1991), en él ejemplifica la importancia de lograr que todas las partes interesadas se encuentran en un sitio donde fluya la información y los recursos de una forma ordenada que les permita agregar valor y generar ventaja competitiva en los bienes y servicios producidos dentro del clúster, ya que los mismos son una fuente de innovación y productividad, los cuales impulsan la economía de forma importante.

Al existir una especialización por parte de las empresas y de los trabajadores que se encuentran al interior de los clústeres, se logran sinergias que trabajando de una forma asincrónica en ningún momento se lograrían, esto permite el desarrollo de economías de escala, logrando la eficiencia y eficacia que es uno de los temas por los cuales las empresas en la actualidad mas se preocupan, pero que en muchas ocasiones son quimeras y las empresas continúan realizando sus funciones sustantivas de la misma manera logrando los mismos resultados.

En el momento que se empieza a pensar en clústeres de producción en la región de Guanajuato ya se estaban empezando hacer las cosas de una forma diferente y de esta manera lograr competir en un mercado que es atractivo por todos los países como el de Estados Unidos, pero teniendo un factor diferenciador, es así como se identifican 3 modelos de producción y son claramente definidos, los cuales son:

- **Modelo Chino:** Potencialización de capital productivo, producción a escala y productos estandarizados.
- **Modelo Italiano:** Diseño e innovación de productos, diferenciación de producto y marca, subcontratación de procesos no sensibles a través de manufactura intensiva de mano de obra, conservando el core business en ellos mismos.
- **Modelo Empresa Multinacional:** Se trabajó a través de Cadena Global de Valor donde hay varios participantes, que se encuentran a nivel mundial pero que aportan valor en cada uno de sus procesos.

METODOLOGÍA

2.1 Tipo y Diseño de Investigación

Tipo de investigación Según (Bernal, 2010) (citando en Hernandez et. al (2003)) los tipos de estudios se pueden dividir en cuatro grupos, a saber:

- Estudios descriptivos: Estos estudios buscan especificar las propiedades importantes de un fenómeno que sea sometido a estudio. Mide o evalúa diversos aspectos, dimensiones, o componentes del fenómeno a investigar.
- Estudios correlacionales: Estos estudios tienen como propósito medir el grado de relación que existe entre dos o más conceptos o variables en un contexto en particular.

En el estudio se desarrolló cada una de las variables involucradas, seleccionando una serie de instrumentos, funciones y resultados afectivos relacionadas con los procesos de integración funcional y el proceso de creación de la red valor, las cuales se analizaron cada una por separado para, de esta manera, describir lo encontrado en cada uno de ellos y en cada uno de los fenómenos.

El enfoque de la investigación tiene un carácter cualitativo, ya que por una parte se describe el fenómeno de la red de valor tanto en las empresas de marroquinería de Bogotá pertenecientes a Corpo 7 y las empresas de marroquinería de la capital mundial de las pieles León Guajato y por otra se realiza un estudio costos y estadísticas en cuanto al comercio de las pieles.

El diseño de investigación se definió que es según (Bernal, 2010) “Diseños cuasiexperimentales son aquéllos el investigador ejerce poco o ningún control sobre las variables extrañas, los sujetos participantes de la investigación se pueden asignar aleatoriamente a los grupos y algunas veces se tiene grupo de control”

2.2 Población o entidades participantes

La población que se toma como muestra en Colombia son las empresas de marroquinería pertenecientes a Corpo 7 a las cuales ya se les realizó un diagnóstico y las empresas de marroquinería ubicadas en el Coeciello en capital Mundial de las Pieles León Guanajuato, se ha tomado la muestra de 22 Empresas en cada uno de los países, entre las que se encuentran medianas y pequeñas empresas; empresas denominadas en Colombia como Pymes y las “Picas” empresas familiares en León, en esta investigación participaron la Corporación Universitaria Iberoamericana con 11 estudiantes y el Tecnológico de León junto con el apoyo de Funciedes.

2.3 Definición de Variables o Categorías

Se analizan 10 Categorías basándose en los hallazgos de la investigación realizada previamente en la Corporación Universitaria Iberoamericana denominada Análisis del Supply Chain Management en las empresas de Marroquinerías pertenecientes a Corpo 7 en la ciudad de Bogotá, las cuales se determinan a continuación, teniendo en cuenta la investigación realizada por la cámara de la industria del Calzado de Guanajuato (Cámara de la industria del Calzado Guanajuato, 2002) la cuales se ajustan perfectamente para realizar un análisis del Supply Chain Management.

Tabla No. 1. Categorías de Análisis

Eje Temático	Categoría	Definición
Nivel Microeconómico	Capital Empresarial	Inteligencia organizacional, flexibilidad productiva y agilidad comercial.
	Capital Laboral	Cultura laboral orientada al aprendizaje e innovación continuas y el desarrollo de trabajadores con habilidades múltiples dentro de las empresas.
Nivel Meso	Capital Logístico	Costo y calidad de la infraestructura física, referida al funcionamiento de los clusters.
	Capital Organizacional	Eficiencia en la integración productiva entre empresas del clúster, si existe o no capacidad de articulación empresarial para aprovechar las economías de aglomeración y ganar competitividad.
	Capital Intelectual	Capacidad de aprendizaje, innovación y generación de nuevo conocimiento para todo el clúster; en relación a la existencia de instituciones de la región con capacidad de desarrollar tecnologías aplicables a los procesos productivos para la mejora de la competitividad de los clúster, trátase de universidades, centros tecnológicos orientados a una industria particular, etc.
Nivel Macro	Capital Macro	Las condiciones financieras, fiscales, cambiarias y de demanda que afectan el funcionamiento de los clusters.
Nivel Internacional	Capital Institucional	Las condiciones que afectan el desempeño de los clusters, referidas al buen funcionamiento y cumplimiento de la regulación de la actividad económica general, de cada sector o industria, ambiental, etc.; así como al buen funcionamiento del Estado de derecho.
	Capital Comercial	Desempeño exportador, orientación proactiva a la exportación en las empresas del cluster, aprovechamiento de los instrumentos y programas de apoyo para exportar, así como de las oportunidades generadas por los TLC's.
Nivel Socio-político	Capital Gubernamental	El buen desempeño del gobierno frente a los clusters, particularmente en lo tocante a la aplicación de todos los programas de apoyo, tanto federales como estatales y locales, relevantes para mejorar la competitividad de los clusters.
	Capital Social	Evidencia del desarrollo de una cultura de colaboración/confianza empresarial, así como de calidad y confianza en la colaboración entre gobierno y sector privado.

Fuente: Elaboración propia, 2019

RESULTADOS

En el momento de desarrollar el análisis comparado del Supply Chain Management de las Empresas de Marroquinería de Bogotá Colombia-Corpo 7- y las Empresas de Marroquinería de la Capital Mundial de las Pielés León Guanajuato, México, en Función del mejoramiento de las condiciones de vida y la competitividad del sector, las condiciones de mercado y proyección de las empresas de los dos países generan una brecha la cual se va explicar dentro de presente aparte.

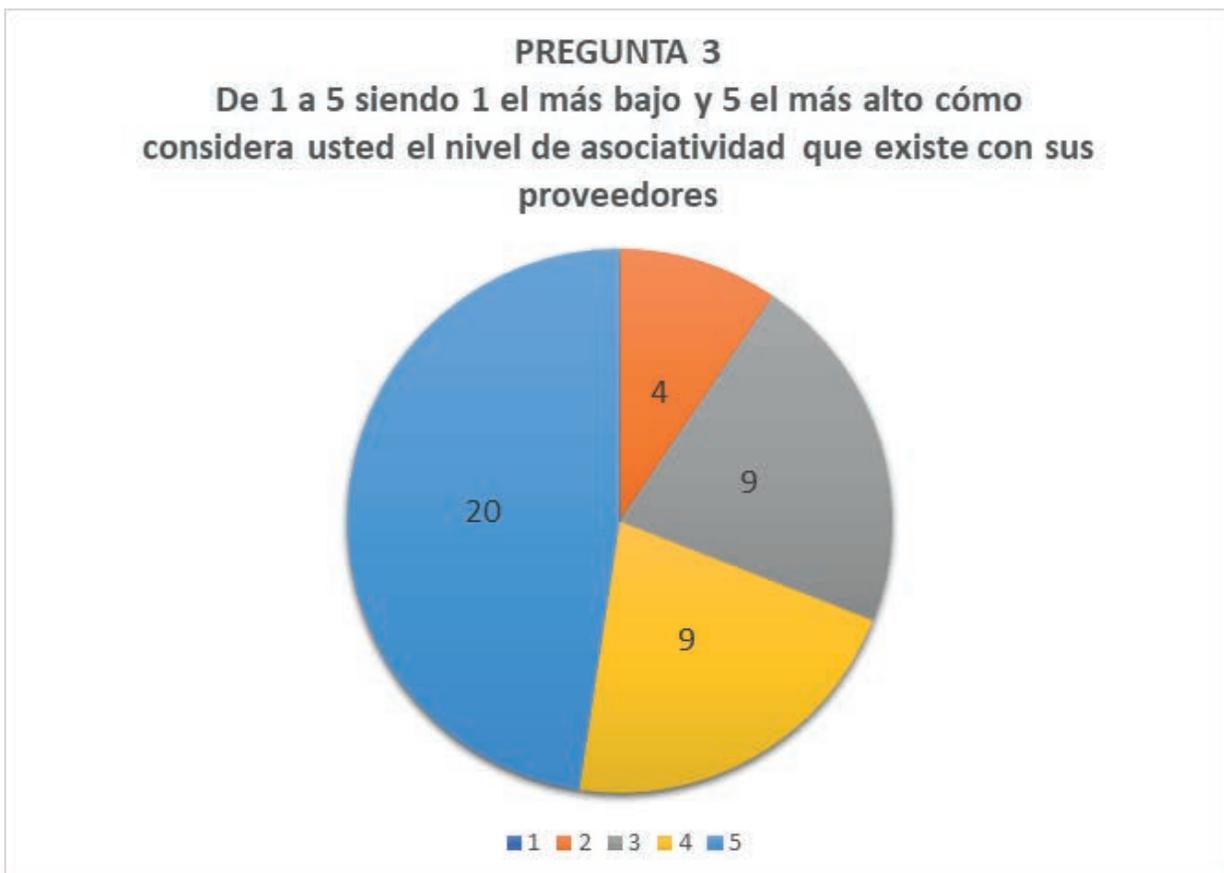
Entendiendo al Supply Chain Management, como un proceso estratégico en el cual deben participar todos los involucrados en la red de valor es determinante el conocer las capacidades de producción de cada uno de los integrantes, para de esta manera desarrollar la oferta de valor a los clientes de una manera responsable determinando cuales son las necesidades de ese mercado al cual se van a dirigir, porque cada mercado objetivo tiene unas expectativas y necesidades diferentes, si bien es cierto el precio juega un papel importante en la decisión de compra y con ello la participación del mercado de las empresas, hay una porción importante de clientes que buscan calidad y otra aunque menor es la que mayor utilidades y revenue aporta a las organizaciones que son los productos exclusivos llamados en algunos mercados de diseñador y por esto están dispuestos a pagar muy bien, esto se puede observar en marcas internacionales como Louis Vuitton, Ferragamo, Chanel, Hermes, entre otras entienden sus clientes y por eso han logrado un reconocimiento que transpasa fronteras, ahora bien el mercado que atiende las marcas locales tanto de Colombia como de Mexico, pueden llegar a desarrollar un mercado diferenciado, y para ello se debe hacer uso del Supply Chain Management no para ver cómo se mejoran los procesos al interior de la empresa, sino de cara al cliente y de esta manera implementar los procesos que permitan cumplir con una oferta de valor real, medible y que se puede monetizar como lo han logrado las marcas anteriormente mencionadas.

Entre la variables que se analizan se encuentra la materia prima donde El 24% de los encuestados entienden que la materia prima es un factor diferenciador, esto a la luz de la cantidad y calidad de pieles que maneja en sus diferentes comercios pero especialmente en mercado municipal de las pieles, es importante reconocer que en México no se presenta el fenómeno que se presenta en Colombia ya que el cuero no es exportado en grandes cantidades en wet blue, sino que es utilizado en la industria del calzado y marroquinería del País, si hay exportación de ganado en pie, especialmente a Estados Unidos pero este es otro eslabón en la cadena que no afecta directamente a los fabricantes locales garantizando una oferta importante de materia prima, por otra parte también reciben pieles de países que no tienen tan desarrollada la industria del calzado y marroquinería especialmente de Guatemala, importaciones que ingresan al País por el sur y llegan al Bajío a través del sistema ferroviario Mexicano el cual ha estado en continuo crecimiento y es lo que ha permitido que México en año 2018 ocupe el puesto 51 en el índice de desempeño logístico (The World Bank, 2018).

Entre uno de los factores más importantes para que existan redes de valor es el del nivel de asociatividad es por esto que en la pregunta en este aspecto los resultados fueron los siguientes:

En cuanto al nivel de asociatividad se puede establecer como el 57% considera que existe un nivel entre alto y muy alto de asociatividad, esto más allá de un simple dato comprueba como se trabaja bajo un esquema de colaboración, coordinación y cooperación que permiten desarrollar redes de valor, donde cada uno de los participantes comparte información en temas tan sensibles como proveedores, clientes, desarrollo de tecnología, innovación, capacitación permitiendo que exista un crecimiento de todo el sector, ya que al momento que puede garantizar la proveeduría de materias primas, en los tiempos establecidos, a los costos correctos, en el estado correcto, en el lugar correcto, en la cantidad correcta se están desarrollando procesos tácticos a través de la logística que aportan al desarrollo del Supply Chain Management, ya que todos los participantes de la Red de Valor conocen cuales son compromisos para la Red y de esta manera generar valor hacia el cliente.

En el desarrollo de la investigación y teniendo en cuenta que una red valor intervienen proveedores-empresa-clientes, se indaga sobre la relación que tienen con sus proveedores



Grafica 1: Relación con proveedores

Fuente: Elaboración propia, 2019

Es así como se puede observar cómo ninguno de los encuestados considera que tiene un nivel de asociatividad demasiado bajo con sus proveedores, esto indica que de una u otra manera los proveedores entienden que hacen parte de la red hasta que el producto llega al usuario final y los clientes que son diferentes a los usuarios finales se soportan en sus proveedores, para cumplir con la oferta de valor hacia sus clientes generándose un gana-gana porque todos los participantes de la red se ven beneficiados al desarrollar un enfoque de esta manera, y el 47% tienen muy buenas relaciones con sus proveedores logrando el desarrollo de nuevos productos, y generando relaciones a largo plazo, que van a permitir el desarrollo de nuevos productos, mejorar el nivel de servicio, implementar el just in time, generando mejores flujos de capital y con ello el crecimiento de las empresas que hacen parte de la red.

Como es muy importante administrar la relación con el cliente igualmente es importante administrar la relación con los proveedores, es así como también debe haber una segmentación de proveedores determinando cuales son los proveedores claves para la compañía y cuáles pueden ser sustituidos sin arriesgar la oferta de valor, la cual debe ser clara para la empresa, es así como algunas empresas tienen como oferta de valor precios especialmente las Chinas, otras empresas basan su oferta de valor en la calidad, mientras otras en el cumplimiento, encontrar una empresa que logre conjugar las tres es casi imposible porque la calidad exige niveles importantes de inversión, desarrollo e innovación lo cual con precios bajos es imposible de alcanzar, ahora bien lograr cumplimiento y precio es algo posible a través de la integración de las redes de valor, al igual que calidad y cumplimiento.

Así las cosas, se puede identificar como a través de sistemas como SRM⁷, las relaciones con los proveedores tendrán otra connotación, ya que el proveedor en ningún momento deja de hacer parte de la red de valor hasta que el producto es consumido por el usuario final y pagado por el mismo generándose el flujo del dinero que donde se cierra la transacción, pero hay que tener en cuenta que la misma no era el centro de la relación, sino el relacionamiento a largo plazo que da como resultado el revenue para la compañía.

Continuando con el análisis de los diferentes componentes de la investigación se llega a la pregunta sobre el tipo de pieles que manejan la población objeto de estudio es allí como se mencionó anteriormente donde existe una gran diferencia con la industria de la marroquinería en Colombia, por la cantidad y variedad de pieles que se ofrecen en la ciudad de León Guanajuato, comprobando lo citado anteriormente sobre la ventajas competitivas y comparativas puesto que el 24% de los encuestados afirman que manejan materiales sintéticos, lo cual a primera vista iría en contra de la vocación de productor de pieles, pero visto desde el punto de vista de especialización y competitividad se le está ofreciendo al mercado lo que requiere y existen mercados que demandan productos en sintético, por apariencia y costo.

CONCLUSIONES

La industria del calzado y marroquinería en Colombia y México son generadoras de empleo y es una industria que tiene grandes posibilidades de crecimiento, pero se deben cambiar varios paradigmas iniciando por los procesos de producción ya que en los dos países siguen siendo altamente contaminantes al utilizar el cromo como parte esencial en los procesos de limpieza del cuero para convertirse en pieles, para ello el estado debe entrar a participar más allá de ser un ente regulador como facilitador en todo lo referente a adopción de nuevas tecnologías, de tal forma que se facilite el trabajo y producción pero se conserve el medio ambiente.

En León Guanajuato entendieron la importancia de hacer parte de las redes globales y mercados internacionales para continuar siendo un jugador importante en la industria de cuero y calzado desde hace más de 15 años, tiempo que han utilizado para fortalecer los clusters y unidades de producción, entendieron el juego rápidamente mientras en Colombia aún se continua discutiendo sobre el mercado de China, el contrabando de pieles y no se toman decisiones de fondo básicamente porque dentro del gremio no hay confianza para pensar en redes de valor y mejoramiento continuo del sector.

El mercado global está ahí, pero se debe atacar con estrategias de competitividad, adoptando un pensamiento sistémico desde el proveedor del proveedor hasta el cliente de mi cliente, para esto se debe establecer cuáles son las ventajas competitivas y comparativas con las cuales se cuenta y aquellos procesos que por su inversión en tiempo, dinero y falta de especialización tercerizarlos y enfocarse en aquellos que realmente aportan valor.

En Colombia a pesar de no tener centros de formación en la industria del cuero y calzado, los empresarios tienen creatividad, calidad, que se deben potencializar a través del trabajo en equipo.

Debe haber una reglamentación clara en cuanto a la exportación de cuero salado o wet blue, por parte del gobierno de Colombia para garantizar materia prima de calidad, este factor es determinante para garantizar la oferta de productos de alta calidad y con ello con precios internacionales que mejoren la calidad de vida.

A pesar de los diferentes problemas económicos, los habitantes de León Guanajuato se identifican con la industria del cuero, esto hace que se trabaje sea reconocido por propios y extraños y exista un comercio muy importante de todo tipo de pieles lo cual la coloca como la capital mundial de las pieles.

Es así como a través del desarrollo de las categorías de investigación se puede evidenciar lo siguiente:



Grafica 2 Índice de Capital Sistémico

Fuente: Elaboración propia, 2019

1. **Capital Empresarial:** El capital empresarial en León se encuentra desarrollado gracias a grandes empresas que tienen sus procesos tecnificados pero que apoyan a los pequeños productores a través de la transferencia de conocimiento y tecnología, en algunas empresas se alquilan los servicios de máquinas de última generación a los pequeños empresarios para que mejoren la calidad de sus productos, en Colombia todavía se trabaja bajo esquemas utilizados en la década de los 50's y 60's donde se contaba con mercados cerrados, la competencia era reducida, y las empresas competían entre sí por un mercado finito y había que vencer a la competencia y nunca trabajar con ella, factores que dificultan la asociatividad, porque existen controversias desde el pasado que no permite que los empresarios trabajen de forma coordinada, colaborativa, y en cooperación, ven la competencia entre ellos mismos y no entre las redes de valor, las relaciones son transaccionales y no se generan relaciones a largo plazo basadas en la confianza.
2. **Capital Laboral:** En León Guanajuato se busca la profesionalización de los trabajadores del sector del calzado y marroquinería, se trata de innovar y ganar penetración de mercado, en Colombia aun la industria del calzado y marroquinería se fundamenta en la generación de empleo en población con baja educación para poder pagar menos salarios.

3. **Capital logístico:** El hecho que México utilice el transporte Multimodal para el transporte de materias primas en la industria del cuero y calzado y la ubicación en centro oriente de León Guanajuato permite la proveeduría de cuero de varias regiones del país y de países de Centroamérica a un bajos costos logrando la producción a precios competitivos a nivel internacional, el sistema de carreteras que tiene México tanto públicas como privadas facilita el movimiento de mercancías tanto importación como de exportación, la ventaja comparativa a nivel geográfico que tiene México, por su vecindad con la primera potencia mundial es reconocido y aprovechada por los productores de cuero y calzado de León Guanajuato.

Colombia ha entendido que para lograr ser jugador importante en las cadenas globales debe desarrollar la logística como factor estratégico, y esto se demuestra en último informe del Logistics Performance Index donde ocupó el puesto 58 mientras que México ocupó el lugar 51 (The World Bank, 2018), pero sus costos logísticos se encuentran en el orden del 13.5% según el último informe del consejo privado de competitividad (Consejo Privado de Competitividad, 2018).

Capital organizacional: Este punto Colombia se encuentra en niveles muy bajos puesto que los empresarios tienen todavía un pensamiento individualista, y esto se comprobó en la investigación realizada en el año 2015 donde por conflictos del pasado los empresarios no están dispuestos en asociarse, la confianza es baja y por ello pensar en redes de valor y clústeres es todavía complicado en Colombia, mientras en México existe cooperación y cooperación esto se comprueba a través de las encuestas realizadas y es la visita a las tenerías donde se apoyan en cuanto al alquiler de maquinaria de alta tecnología, asesorías, y colaboración.

Capital Intelectual: En México desde la Cámara del Cuero y Calzado de Guanajuato se apoya la capacitación es así como existe el CIATEC, como centro de aprendizaje y formación en la industria del cuero, en Colombia se tiene la creatividad pero se adolece de capacitación de alta calidad en este sector, trabajando todavía con tecnologías y pensamiento de los años 80s dificultando la competitividad del sector, la Cámara de Comercio de Bogotá está tratando de desarrollar el Clúster pero aún no se observa una producción alineada, y objetivos comunes por parte de los participantes, para crear redes de valor a largo plazo, se tiene pensamiento más comercial que empresarial.

Capital Macroeconómico: Las políticas gubernamentales no apoyan de una forma clara la industria del cuero y calzado en Colombia es así como varias curtiembres en el Departamento de Cundinamarca se encuentran cerradas a pesar los ingentes esfuerzos por parte de las empresas por cumplir la normatividad ambiental, pero la intransigencia y falta de concertación entre los diferentes estamentos está haciendo que esta industria se vaya perdiendo en sectores que han sido por tradicional los principales proveedores de materia prima, en México específicamente en el Estado de Guanajuato se tienen estudios sobre el impacto económico de la

industria del cuero, proyecciones y se reconoce en este sector una fuente de empleo importante tanto para la región del Bajío como para el país.

Capital comercial: Aun en Colombia se tiene un pensamiento provinciano, y no se ha entendido que la competencia es entre las redes de valor y no entre las empresas, que se deben aprovechar las ventajas competitivas y comparativas a través del desarrollo de redes de valor y clústeres del cuero, para aprovechar los tratados de libre comercio para exportar, mejorando el nivel de ingreso de los empresarios de los trabajadores y sus familias.

Capital Institucional: El gobierno de Colombia debe brindar apoyo más allá de unas salvaguardias a la industria del cuero ya que tiene gran proyección con la cantidad de reses que se sacrifican en Colombia alrededor de 3.4 millones, (Agronet, 2020) pero deben hacer del negocio que sea rentable y llamativo para todos los participantes de la red de valor partiendo desde el ganadero y forma en la que maneja el ganado para garantizar pieles de alta calidad.

Capital Gubernamental: Apoyo por parte del gobierno de Colombia en la creación de Clústeres que cumplan con las condiciones de ambientales a través de la implementación de redes de valor donde todos los participantes se hacen responsables no solo por los procesos productivos sino por el cuidado del medio ambiente, que es uno de los factores que más se le critican a esta industria.

Capital Social: La industria del cuero es un generador de empleo a gran escala por lo tanto tiene un impacto social inconmensurable tanto en México como en Colombia, se deben alinear políticas entre el gobierno y sector privado que promuevan la creación de clústeres en Colombia trabajando en el esquema de redes de valor, la tendencia mundial es que las empresas que no se asocian, están condenadas a fracasar ya que hoy se debe trabajar bajo el esquema de ventajas competitivas y comparativas, procesos, trazabilidad, calidad, just in time, redes, logística, tecnologías y una empresa sola no puede tener todos los elementos a su disposición.

BIBLIOGRAFIA

Abelleyra, A., & Ochoa, G. (2014). *La Cultura del Bajío*. *Revista de Comercio Exterior*.

Arias, J., & Segura, O. (2004). *Índice de ventaja comparativa revelada: un indicador del desempeño y de la competitividad productivo-comercial de un país*. *InterCambio*, 1-9.

Arteaga, N. (2015). *Los empresarios del cuero importan el producto por la baja calidad del local*. *La Republica*.

Banco Mundial. (09 de Enero de 2014). *Banco Mundial Birf*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/09/maldicion-materias-primas-latinoamerica>

- Caballero, F. J., & Quevedo, M. (2015). *Análisis del Supply Chain Management de las Empresas de marroquinería pertenecientes a Corp 7 en el sector del 7 de Agosto para mejorar su competitividad en el mercado nacional e internacional*. Bogotá: Corporación Universitaria Iberoamericana.
- Camara de Comercio de Bogotá . (2016). *Cuero, Calzado y Marroquinería sector de talla mundial* . Bogotá: Camara de Comercio de Bogotá .
- Camara de la industria del Calzado Guanajuato. (2002). PROCIC. León: Camara de la Industria del Calzado de Guanajuato.
- Centro de Comercio Internacional . (S.F). *Sectores, Bienes Manufacturados : Cuero*. Bogota.
- Centro de Comercio Internacional. (2015). Centro de Comercio Internacional. Obtenido de <http://www.intracen.org/itc/sectores/cuero/>
- CIATEC. (2019). CIATEC. Obtenido de <https://www.ciatec.mx/>
- Consejo Privado de Competitividad. (2018). *Informe Nacional de Competitividad 2018-2019*. Bogotá: Punto aparte editores.
- Council of Logistics Management. (1998). *Annual Business Meeting*. Anaheim: Council of Logistics Management.
- Council of Supply Chain Management Professionals. (2016). *Council of Supply Chain Management Professionals*. Recuperado el 23 de Julio de 2016, de <https://cscmp.org/iMISO/CSCMP/>
- Gabinete de Innovación Europa. (2010). *Gabinete de Innovación Europa*. Obtenido de <http://www.hispanialink.com/PDF/pqBajio.pdf>
- Gattorna, J. (2009). *Cadenas de Abastecimiento Dinamicas*. Bogotá: Kimpres.
- Gattorna, J. (2015). *Dynamics Supply Chains: how to design, build and manage people-centric value networks*. Boston: Prentice- Hall.
- Gobierno del Estado de Guanajuato. (25 de Junio de 2015). *Noticias Guanajuato*. Obtenido de <https://noticias.guanajuato.gob.mx/2015/06/la-industria-de-la-curtiduria-es-fundamental-para-el-desarrollo-economico-de-guanajuato-destaco-el-gobernador-del-estado-miguel-marquez-marquez/>
- Lambert, D. (2004). *Supply Chain Management*. Sarasota: Supply Chain Institute.
- Lambert, D., & Cooper, M. (2000). *Issues in Supply Chain Management*. *Industrial Marketing Management*, 65-83.
- Lean Manufacturing. (2019). *Lean Manufacturing 10*. Obtenido de <https://leanmanufacturing10.com/just-in-time>
- Martinez, S., & Romero, J. (2018). *Revisión del estado actual de la industria de las curtiembres en sus procesos y productos: un análisis de su competitividad*. *Revista de la Facultad de Ciencias Económica: Investigación y Reflexión*.
- Portafolio. (3 de Agosto de 2017). *Cuero y calzado les sacará visa a 5.000 firmas para vender en el extranjero*. Portafolio.
- Porter, M. (1991). *La Ventaja Competitiva de las Naciones*. Barcelona: PLAZA & JANES EDITORES.
- Porter, M. (2010). *La Ventaja Competitiva*. Madrid: Ediciones Piramide.
- Revista Dinero . (2005). *Cuero, calzado y marroquinería*. Dinero .

- Revista Dinero . (2 de Septiembre de 2017). Los costos y el tiempo que tarda importar y exportar una mercancía en Colombia. *Revista Dinero* .
- Rodriguez, I. (17 de Octubre de 2017). *Expansión*. Obtenido de <https://expansion.mx/empresas/2017/10/16/roberto-plasencia-saldana-el-empresario-que-convirtio-a-flexi-en-multinacional>
- Rodríguez, J. d. (2018). *EL TRANSPORTE FERROVIARIO EN MEXICO*. Mexico D.F: Camara de Diputados.
- Sahid, F. (1998). *Logística Pura... Más allá de un proceso logístico*. Bogotá: Litográficas Pabón.
- Sandoval, H. (28 de Julio de 2014). *Una industria que tiene poco cuero*. *El Espectador*. Obtenido de <https://www.elespectador.com/noticias/economia/una-industria-tiene-poco-cuero-articulo-507271>
- Secretaría Distrital de Ambiente . (2010). *Guía de producción más limpia para el sector curtiembres de Bogotá Enfoque en vertimientos y residuos*. Obtenido de www.ambientebogota.gov.co/documents/24732/3987253/Gu%C3%ADa+de+producci%C3%B3n+m%C3%A1s+limpia+para+el+sector+curtiembres+de+Bogotá+Enfoque+en+vertimientos+y+residuos.pdf
- The World Bank. (Julio de 2018). *The World Bank*. Obtenido de <https://ipi.worldbank.org/international/global/2018>
- Vargas, K. (2015). *La marroquinería y su situación actual en Colombia*. *El Campesino*.
- Vargas, Y., & Zuleta, A. (2010). *ANÁLISIS DE LA TRAZABILIDAD EN LA CADENA PRODUCTIVA DEL CUERO*. Envigado: Escuela de Ingeniería de Antioquia.
- Villareal, F. (2012). *Logística Integral: Una Alternativa para crear valor y ventajas competitivas en las pequeñas y medianas empresas del Sector Calzado*. *Nova Scientia*, 165-202.

**Mecanismos de
coordinación en
cadenas de valor
del sistema de
transporte de carga
en Colombia**

Mecanismos de coordinación en cadenas de valor del sistema de transporte de carga en Colombia

Francy Tatiana Moreno Duarte

Mateo Pachón Rincón

El transporte de carga tiene un impacto directo en la economía de un país y en el desarrollo de las operaciones de las cadenas de suministro, en la revisión de la literatura se encuentra que por medio de mecanismos de coordinación se puede mejorar el desempeño general de las cadenas de valor y del sistema de transporte. Los mecanismos de coordinación para el transporte principalmente se han desarrollado para la toma de decisiones operativas y tácticas, por esta razón en este capítulo se explora la coordinación y en términos generales las decisiones estratégicas con el fin de aportar al vacío de la literatura encontrado.

- Palabras clave: cadena de valor, transporte de carga, coordinación.

Fundamentación

La multiplicidad de actores en la cadena de valor incrementa la complejidad para la toma de decisiones, para mitigar esta complejidad se ha desarrollado la teoría de coordinación en la cadena de suministro, aproximadamente desde 1983. El desarrollo de la teoría de coordinación y su conceptualización se ha logrado por medio de diferentes estudios o investigaciones de diversas cadenas de valor de bienes y servicios o específicamente de los procesos logísticos que debido a la globalización tienen diferentes actores incluso en diferentes partes del mundo.

El presente capítulo se enfoca en la coordinación asociada al transporte implicado en la cadena de valor; dado que en la planeación estratégica del transporte de carga no solo participan las entidades que están relacionadas directamente con el manejo de la carga, sino también los agentes que tienen un componente adicional sobre todo en lo referente a los actores

públicos cuyas decisiones impactan el desarrollo del transporte en cualquier cadena de valor. Lo anterior incrementa la complejidad del modelo de coordinación.

Adicionalmente se muestra como es la participación de los actores previamente identificados en una cadena de valor agropecuaria representativa de Colombia para definir las relaciones entre los actores y explicar si estos relacionados directamente con la carga participan de alguna manera en las decisiones estratégicas. La cadena que se analiza es la cadena objeto de estudio es la cárnica Bovina que tiene una estructura descentralizada que no direcciona completamente las decisiones estratégicas como por ejemplo en lo referente a la sostenibilidad.

Con los resultados obtenidos de la caracterización teórica de la cadena cárnica bovina y a los fundamentos teóricos de coordinación en el transporte carga se plantea un modelo centralizado para la toma de decisiones estratégicas direccionados en cuatro pilares, la infraestructura, la sostenibilidad, la accesibilidad y los servicios logísticos y operación de transporte evaluando la rapidez por parte del sector público para responder a las necesidades de las cadenas de valor.

Antecedentes

El transporte ha sido considerado como el componente vertebral de la distribución en las cadenas de valor (Castellanos, 2009) y se puede definir como toda actividad orientada a trasladar los productos desde su punto de origen hasta su punto de destino por medio de un modo de transporte, estas actividades están condicionadas por aspectos como la calidad del servicio (seguridad, rapidez, puntualidad, información y control del transporte) y los costos e inversiones de capital, la ponderación de la importancia de estos factores permitirá el elegir modo de transporte favorable para el tipo de producto a movilizar y para la satisfacción de los clientes (Anaya, 2009), con el fin de lograr un servicio de calidad, flexible y con un mínimo costo.

El sistema de transporte de carga está conformado por entidades, equipos, infraestructura, operaciones, recursos humanos, que participan en el movimiento de la carga. El sistema de transporte puede tener una ubicación fija, por ejemplo, los puertos y los ferrocarriles, mientras que otros como las compañías de camiones no están limitados operativamente a un área específica. Estos sistemas son subsistemas de sistemas más grandes, es decir un ferrocarril es un subsistema del sistema de transporte ferroviario, que a su vez, es un subsistema del sistema de transporte de la nación. Los sistemas de transporte de mercancías representan la oferta que busca satisfacer la demanda de transporte de mercancías (Holguín-Veras & Sánchez-Díaz, 2015).

El transporte es una de las actividades de la logística donde se evidencia la multiplicidad de agentes inteligentes en la cadena de suministro, entre los actores y/o agentes que se identifican son aquellos que tienen relación directa con la carga como los oferentes de la carga, los

demandantes, los operadores de transporte e intermediarios. Adicionalmente en el desarrollo de esta investigación se encontró que el transporte se ve influenciado por las decisiones y políticas que plantean entidades que no se relacionan con la carga pero donde sus decisiones que son a largo y mediano plazo si afectan el desarrollo del transporte.

La revisión de la literatura muestra que la multiplicidad de actores requiere modelos enfocados en la coordinación que permitan obtener un mejor desempeño en el transporte pero los modelos de coordinación que se han desarrollado principalmente se han encaminado para la toma de decisiones operacionales donde se busca coordinar dos o tres actores como los demandantes de carga, las empresas de transporte y los oferentes de carga, dejando un vacío en el desarrollo de modelos que busquen la coordinación entre actores públicos y privados porque consideran que esto eleva la complejidad del modelo y de los mecanismos de coordinación, adicionalmente pueden dificultar la negociación considerando también las implicaciones y efectos asociados a las relaciones de poder.

Proponer un modelo de coordinación para la toma de decisiones estratégicas contando con la participación tanto de actores públicos como privados busca que las políticas y decisiones que plantean las entidades públicas respondan a las necesidades reales de los actores que efectúan la operación del transporte, además si se crean canales de comunicación efectivos se obtendrá información en tiempo real con el objetivo de tener una respuesta más rápida ante las problemáticas que se generan alrededor del transporte, permitiendo que las cadenas de valor obtengan un buen desempeño al garantizar accesibilidad, seguridad, infraestructura y sostenibilidad.

Identificación del problema

El sistema de transporte carga terrestre por carretera en Colombia, involucra diferentes actores de carácter público y privado, los cuales trabajan por intereses diferentes. Los actores se pueden clasificar en cuatro capas, la capa del subsistema urbano territorial, subsistema de transporte, subsistema de cadena productivas y por último la capa de subsistema de servicios logísticos.

En la capa del subsistema territorial comprende la dinámica de oferta y demanda de carga por cada nodo relevante, de acuerdo con la importancia geográfica, económica y estratégica de los puntos seleccionados, bajo un enfoque territorial teniendo en cuenta las disposiciones de competitividad y ordenamiento territorial de las regiones objeto de estudio, es decir participan todas las entidades territoriales, ministerios y otras entidades privadas involucradas con el uso del suelo en Colombia, este grupo de entidades también se pueden denominar organismo de planificación y tienen una gran influencia en las decisiones respecto a la infraestructura vial, longitud de la carretera, número de zonas de carga y descarga, normas y restricciones de acceso (Behrends et al, 2008).

En la capa del subsistema de transporte se clasifican todas las organizaciones relacionadas con el servicio de transporte en cualquiera de sus modalidades y las entidades que regulan los modos de transporte presentes en el país, para el caso de estudio solo se tendrán en cuenta los actores relacionados con el transporte terrestre por carretera. El subsistema de las cadenas productivas se compone por las agremiaciones generadoras de carga del país y/o productores, los ministerios o entidades públicas que regulan las mismas. En el subsistema de servicios logísticos, se evalúa la oferta de servicios logísticos para el transporte por carretera.

Se observa una brecha en la literatura en la teoría de coordinación para la toma de decisiones estratégicas en el sistema de transporte de carga, puesto que se encontraron modelos de coordinación para la toma de decisiones operativas enfocados en la búsqueda de minimizar el costo para toda la red, como por ejemplo modelos que buscan satisfacer la demanda del transporte de carga en función de los costos, modelos de equilibrio en la red de flujo de carga donde se representa por medio de una red el sistema de transporte, orientándola en las interacciones entre los expedidores, los transportistas buscando minimizar sus propios costos de operación, otros modelos buscan el denominado equilibrio del sistema. Este tipo de modelos aunque mantienen un objetivo en común no evalúan ni estudian la participación de los actores de tipo público que afectan directamente la operación del transporte y que tienen relación directa con las decisiones estratégicas.

En el proceso de identificación y clasificación de actores se encontró en la literatura que las investigaciones en transporte de carga se centran en el estudio de las relaciones entre productores, transportistas y receptores, especialmente en el segundo grupo, a pesar de reconocer que existen entidades que influyen en el transporte de carga denominados organismos públicos de regulación, proveedores de infraestructura o como organismos de planificación, no los incluyen en sus estudios para disminuir la complejidad del modelo, pero para este proyecto es pertinente someter a evaluación estas entidades primero porque en la revisión de la literatura se observa cómo afectan estas entidades en el desarrollo del transporte y segundo porque el proyecto inscrito ante Colciencias es avalado por el ministerio de transporte, entidad interesada en reconocer esa relaciones entre los actores público y privados para la formulación de políticas públicas en materia de transporte.

Se observa un vacío la literatura reflejado en la gestión del transporte en Colombia porque a pesar de la participación de diferentes entidades no se encuentra definida una estructura coordinada para la toma de decisiones estratégicas, con lo que se podría inferir que las decisiones en mayor medida son descentralizadas y no buscan óptimos de la cadena de valor ni equilibrios en esta, sino óptimos locales. Por otro lado se encuentra que las entidades adscritas al ministerio de transporte reciben un direccionamiento por medio de políticas pero cada una de estas entidades definen como son sus planes de acción, adicionalmente se encuentra que

en las decisiones estratégicas no solo debe participar las entidades adscritas al ministerios sino que existen otras entidades que proporcionan información y afectan el desarrollo estratégico del transporte de carga.

Como se aborda el problema

Este estudio parte de una cosmovisión pragmática que busca analizar el problema que se encuentra en el mundo real en torno a la coordinación de la cadena de valor, para este caso es la necesidad de una estrategia de coordinación entre actores públicos y privados en el sistema de transporte de carga para la toma de decisiones. Esta cosmovisión se enfoca en el análisis de las consecuencias originadas por diferentes acciones y la información que se buscará debe estar directamente relacionada con la pregunta de investigación. Enmarcada en esta cosmovisión se desarrolla una investigación de tipo descriptivo-explicativo.

Se plantea un análisis de carácter inductivo partiendo del análisis de los hechos para aportar en relación al tema de coordinación a nivel teórico, con miras a proponer un mecanismo de coordinación entre actores públicos y privados para el sistema de transporte de carga Colombiano, requiere de un estudio donde: se identifiquen y evalúen las condiciones bajo las cuales se desarrolla la operación del sistema y que afectan las relaciones entre los actores participantes del sistema, teniendo en cuenta estas características se deben contrastar con los modelos de coordinación existentes en la literatura, para identificar las ventajas y desventajas de los mismo, de esta manera lograr proponer un mecanismo de coordinación.

Considerar que se parte del análisis del sistema de transporte que es objeto estudio, para posteriormente proponer una teoría coherente a las características encontradas en el sistema, soportada con una metodología de investigación de tipo cualitativo.

Cienciometría

Entender que es y cómo funciona el transporte de carga requiere primero de una contextualización de donde surge este proceso, por esta razón en esta sección se realiza un análisis acerca de la gestión de la cadena de valor, esta base teórica permite comprender principalmente dos cosas, las razones de la multiplicidad de actores a lo largo de la cadena de suministro, específicamente en el transporte y el auge en la literatura por desarrollar modelos de coordinación a lo largo de la cadena de valor, así mismo el vacío en la literatura por el desarrollo de modelos de coordinación para la toma de decisiones a largo plazo en el transporte de carga.

Se parte de un análisis cenciométrico acerca de coordinación en la cadena de valor y de la coordinación en el transporte de carga por medio de la base de datos SCOPUS, con esta primer

aproximación se realiza la búsqueda de información principalmente en bases de datos como Science Direct, Taylor & Francis y Emerald Group Publishing. Las principales ecuaciones de búsqueda fueron “coordination and value chain”, “coordination and transport” y “coordination and freight transport”:

Documents by year



Ilustración 1: Evolución de documentos en el marco de la Coordinación en la cadena de valor

Fuente: Base de datos SCOPUS, consultada el 25 de abril de 2020

Documents by year

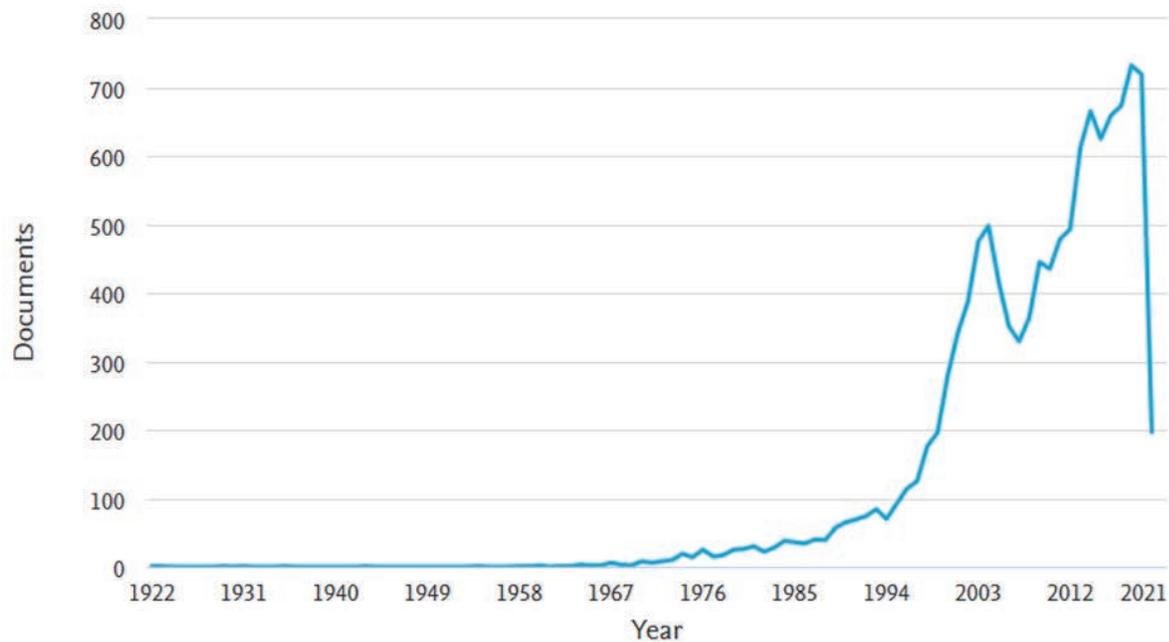


Ilustración 2: Evolución de documentos en el marco de la Coordinación y el transporte

Fuente: Base de datos SCOPUS, consultada el 25 de abril de 2020

Documents by year

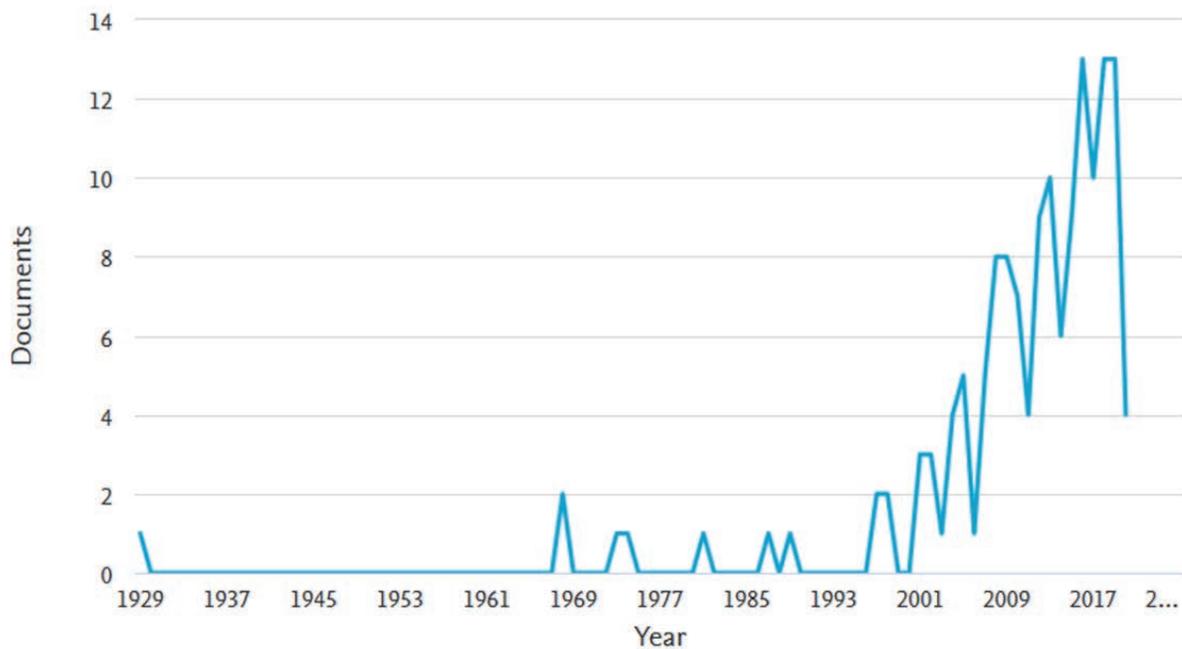


Ilustración 3: Evolución de documentos en el marco de la Coordinación y el transporte de carga

Fuente: Base de datos SCOPUS, consultada el 25 de abril de 2020

En relación a las ilustraciones 1, 2 y 3 se nota un gran interés en el marco de la coordinación, adicionalmente se identifica una oportunidad en relación a la existencia del cuerpo de la literatura enmarcada en la coordinación y el transporte de carga. Lo anterior incrementa el valor en este campo al considerar situaciones particulares por ejemplo en Colombia país en el que en el año 2020 se adolece de multimodalismo y transporte ferroviario y fluvial para mejorar las condiciones productivas de la gran mayoría de cadenas de valor (Scopus, 2020).

Gestión de la cadena de valor

Se puede decir que la cadena de valor está configurada por todas las empresas u organizaciones que se relacionan al buscar la satisfacción de un cliente, esto incluye al proveedor, fabricante, transportistas, almacenistas, vendedores al detalle (o al menudeo) y a los clientes, a través de ellos se efectúan flujos bidireccionales, de producto, información y dinero (Chopra & Meindl, 2008). Se considera que estos actores actúan de manera secuencial (Lazzarini, Chaddad, & Cook, 2001), al describir de esta manera la cadena, se genera la percepción que en cada eslabón o en cada etapa actúa solo una organización pero en realidad el fabricante puede recibir el material de varios proveedores, y el su vez puede abastecer a diferentes distribuidores, es decir que al representar todas estas entidades no se obtendrá una cadena sino un esquema similar a las ramificaciones de un árbol, por lo tanto es difícil encontrar que una empresa participe en solo una cadena (Saalmann, Wagner, & Hellingrath, 2016).

Al analizar la estructura de las cadenas de valor, se ajusta mejor el término de red de suministro (Chopra & Meindl, 2008) donde se originan múltiples negocios y relaciones (Lambert & Cooper, 2000), pero este término no solo implica ampliar la perspectiva de la red y contemplar todas las entidades que hacen parte de la red (Drechsel, 2010), también cambia la percepción de las relaciones entre los actores, ya que con el término red permite identificar dos dimensiones estructurales. La estructura horizontal comprende el número de niveles y con la estructura vertical se identifican el número de proveedores o de clientes presentes en cada nivel (Jiménez & Hernández, 2002). Estas dimensiones son únicas para cada red. Con la globalización y la complejidad de las organizaciones de la red que actúan independientemente a pesar de sus múltiples relaciones, se ha incrementado la complejidad de la red requiriendo la coordinación entre todas las entidades (Christopher, 2011)

El CSCMP (Council of Supply Chain Management Professionals) identifica que buscar esta coordinación y colaboración entre canales (proveedores, intermediarios, proveedores de servicios logísticos) es función de la Gestión de la cadena de suministro (SCM) la cual también se encarga de la planificación y gestión de todas las actividades de adquisición, compras, conversión, y la administración de todas las actividades logísticas. En esencia la SCM integra el suministro y la gestión de la demanda dentro y fuera de las empresas. Según el CSCMP una parte de la SCM es la logística, que planifica, ejecuta y controla el funcionamiento eficiente y efectivo del flujo normal, en reversa y el almacenamiento de bienes, servicios e información relacionada, desde el punto de origen al punto de consumo, con el objetivo de satisfacer las necesidades de los clientes, es decir que la logística influye en la competitividad ya que interviene en el éxito o fracaso de la comercialización de un producto (Castellanos, 2009).

La logística incluye actividades como la gestión de entrada y salida del transporte, gestión de flotas, almacenaje, manipulación de materiales, diseño de la red logística, gestión de inventarios, planeación de la oferta y la demanda, administración de los proveedores de servicios logísticos, elaboración de pedidos, también se incluyen actividades como suministro, adquisición, planificación de la producción y la programación, embalaje, montaje y servicio al cliente, a esta serie de actividades se incluyen otras como comercialización, ventas, finanzas y tecnologías de la información. Este listado de actividades pueden ser asociadas en tres grupos, La logística de abastecimiento, la logística de producción y la logística de transporte y distribución (CSCMP, 2013).

Coordinación

El término coordinación puede ser usado en diferentes ámbitos como la política, la teoría de juegos, la organización de las empresas, en la anatomía, la sociología, en los sistemas, química, entre otros; en la siguiente tabla se presentaran algunas definiciones de coordinación en la cadena de valor:

Tabla 1 Definición Coordinación (1982 - 2016)

Año	Autor (es)	Definición de Coordinación
1982	Mulford & Rogers	Proceso mediante el cual dos o más organizaciones crean reglas para hacer frente colectivamente a su entorno como una tarea compartida (Payan & Svensson, 2010)
1987	Malone	Es la definición de un esquema que sigue un conjunto de actores relacionados para realizar la toma de decisiones y la comunicación para alcanzar unos objetivos (Chan & Chan, 2010)
1988	Buckley and Casson	La coordinación es una estrategia de mejora en la asignación de los recursos, de tal manera que un agente progresa y nadie empeora, bajo este concepto de coordinación se puede exponer la cooperación como un tipo de coordinación basada en la tolerancia mutua (Buckley & Casson, 2010)
1994	Malone & Crowston	Gestión de dependencias entre las actividades (Chan & Chan, 2010)
1996	Thomas & Griffin	Es un fundamento teórico para definir modelos matemáticos para la planeación estratégica y operacional en la cadena de suministro (Thomas & Griffin, 1996).
2000	Munson	Jerarquización de la cadena donde se identifica un líder que tiene un poder de negociación superior (Lejeune & Yakova, 2005)
2000	Kim	Administración de las relaciones entre las entidades de la cadena y el esfuerzo conjunto de colaboración entre las mismas (Kim, 2000)
2004	Qi, Bard, & Yu.	Proceso que tiene por objetivo obtener un mecanismo para que el minorista pida la cantidad correcta de producto y se establezca el precio de venta apropiado para obtener un máximo beneficio para todos los integrantes de la cadena de suministro (Chan & Chan, 2010).
2005	Sirias & Mehra	Medio para mejorar el rendimiento de la cadena de suministro generando beneficios individuales por medio del compromiso entre las partes que se involucran a través de la cadena (Chan & Chan, 2010)
2007	Kanda & Deshmukh	Es un esfuerzo conjunto que hacen todos los miembros de una cadena de suministro para alcanzar objetivos comunes para generar beneficios en todos los miembros de la cadena, entre estos se pueden identificar la reducción de costos en inventarios, producción y transporte (Kanda & Deshmukh, 2007)
2009	Bahinipati, Kanda, & Deshmukh	Situación en la cual las empresas tanto aguas arriba como aguas abajo recurren a la cooperación o un acuerdo a largo plazo para la ejecución de sus operaciones. La coordinación implica relaciones más formales busca alcanzar objetivos y acciones que son mutuos, compatibles y comunes. Además hacen hincapié en la autoridad, que no es necesariamente centralizada (Bahinipati, Kanda, & Deshmukh, 2009).

Año	Autor (es)	Definición de Coordinación
2011	Datta & Christopher	Mecanismo para enfrentar la incertidumbre en la cadena de suministro pero que requiere ser complementada por el intercambio de información para que en realidad tener un impacto en el rendimiento de la cadena de suministro (Datta & Christopher, 2011)
2011	Almeida, Toscano, Azevedo, & Carneiro	La coordinación en las cadenas de suministro se puede obtener por medio de la planeación en la colaboración siendo este un proceso de toma de decisiones conjunta entre los socios de la cadena para obtener una estrategia que permita ampliar las soluciones para los actores de la cadena y mejorar la gestión de los conflictos entre ellos, entre las limitantes se encuentra la falta de voluntad para compartir información y la interferencia con la planeación de otras cadenas de suministro donde se compartan socios (Almeida, Toscano, Azevedo, & Carneiro, 2011)
2012	Ramírez & Salazar	Establecer estrategias que apuntan a tener objetivos comunes, manejar flujos de información, evaluar el desempeño de la cadena y sus actores y evidenciar beneficios palpables para todos los actores (Ramírez & Salazar, 2012).
2016	Aljazzar, Jaber, & Moussawi-Haidar	La coordinación en la gestión de la cadena de suministro se basa en la toma de decisiones centralizada y descentralizada. El objetivo de coordinación en la cadena de suministro es reducir el costo total de la cadena de suministro. En una cadena de suministro descentralizado, cada jugador intenta maximizar su propio rendimiento. La coordinación centralizada permite a los actores de la cadena de suministro trabajar en estrecha colaboración para agilizar la toma de decisiones, con el objetivo de maximizar el rendimiento de la cadena. Un resultado de la coordinación es la reducción de ineficiencias a lo largo de toda la cadena si se logra una mejor adecuación entre la oferta y la demanda puesto que se puede obtener reducción de costos y aumento de las ventas, lo que lleva a una mayor rentabilidad (Aljazzar, Jaber, & Moussawi-Haidar, 2016).

Teniendo en cuenta las anteriores definiciones, la coordinación se definirá como una estrategia en la gestión de las cadenas de suministro de manera estructurada con un objetivo general en común, reducir la incertidumbre en la cadena y así mejorar la eficiencia en la cadena; donde cada actor reconoce su rol, el impacto de sus decisiones para la cadena y el alcance del objetivo que mantienen en común y sus objetivos individuales, además para llegar a este estado de coordinación se requiere relaciones de cooperación y canales de comunicación efectivos que permitan el intercambio de información, de tal manera que se logre construir una cadena flexible y ágil que pueda responder a los cambios en la cadena como por ejemplo cambio en la demanda, problemas de abastecimiento que deben enfrentar los proveedores, problemas en la operación por fallas en la maquinaria, reglamentación en el uso de materias primas, insumos y materiales inmersos en las cadenas, insuficiencias en los modos y medios de transporte, eventos naturales y sociales.

Mecanismos de coordinación

Los mecanismos de coordinación se pueden clasificar de acuerdo a la estructura conformada para la toma de decisiones, estas estructuras pueden ser de manera descentralizada permitiendo a cada actor de la cadena tomar sus propias decisiones o de forma centralizada, donde la planeación es ejercida por una organización de la cadena de valor. Además las estructuras de las cadenas se pueden clasificar según el manejo que se da a la información, si es centralizada el éxito de esta estructura se fundamenta en la veracidad de los datos que realmente presenten el panorama de la cadena para que las decisiones impacten positivamente a todos los actores presentes en la cadena (Haehling von Lanzenuer & Pilz-Glombik, 2002).

La estructura centralizada puede optimizar teóricamente rendimiento de la cadena, su aplicación se fundamenta en la hipótesis o requiere un alto grado de intercambio de información completa entre los socios de la cadena de suministro, lo que se dificulta cuando las organizaciones no quieren compartir información (Jia, Deschamps, & Dupas, 2016). Las Cadenas centralizadas buscan que las decisiones determinadas por el ente encargado optimicen el rendimiento de la SC, las decisiones son tomadas de acuerdo a la información que suministran cada uno de los miembros de la cadena, principalmente está relacionada con la demanda real, y prevista en la cadena, productos en tránsito y estado de los inventarios (Alcalde, Sáiz, & Lara, 2008), la información se comparte con el fin de reducir la incertidumbre en los actores de la cadena así se logra que los pedidos se efectúen de manera coordinada; esta estructura permite eliminar el efecto látigo al manejar una información única sin distorsionarla al ser manejada por un solo ente (Alcalde et al., 2008), además se reducen los niveles de inventario y los costos de mantenimiento del mismo y lo más importante es que se logra incrementar el servicio al cliente al tener información en tiempo real se puede responder de una manera más rápida a los cambios de la demanda (Cannella, Ciancimino, Framinan, & Disney, 2010), este tipo de estructura requiere establecer relaciones de colaboración entre los actores de la cadena pero para esto es necesario que los directores de cada organización tengan la formación necesaria para establecer una buena comunicación que permita potencializar factores para maximizar la rentabilidad de cada organización y de la cadena y para instituir estrategias de gobernabilidad que permitan que eso se convierta en una realidad para la cadena.

Se ha propuesto que los modelos centralizados se resuelvan utilizando enfoques exactos basados en programación matemática como enfoques por descomposición, o métodos aproximados como heurísticas o metaheurísticas. También presentan los métodos de planificación para realizar una descomposición jerárquica de subproblemas interdependientes. Estos enfoques son complejos de utilizar debido a la dificultad de obtener la información de todos los actores de la cadena porque no todos están dispuestos a compartir información confidencial como se mencionaba inicialmente (Jia et al., 2016).

En las cadenas descentralizadas cada organización perteneciente a la cadena actúa como una entidad independiente y económicamente separada y el líder de cada organización es el encargado de tomar las decisiones operacionales. Las decisiones están orientadas en maximizar los objetivos locales o individuales, por ejemplo las decisiones respecto a los niveles de inventario se toman apoyándose en su propio nivel de inventario sin tener en cuenta el estado de los inventarios de los otros miembros de la cadena, la única información que se intercambia en este tipo de cadena es la orden del pedido (Cannella et al., 2010), este tipo de cadena es aplicada porque algunos autores consideran que la cadena de suministro centralizada es poco realista. Una de las claves en la gestión de la cadena es la coordinación de las decisiones de planificación, a continuación, se presentan los mecanismos de coordinación identificados por Taghipour y Frayret (2012).

Planificación jerárquica con el intercambio de información

Se enfoca en los flujos de información entre miembros de la cadena de suministro jerarquizados

- **Planificación Upstream**

Los socios de la cadena planifican sus operaciones de forma independiente basados en la información de la demanda que presentan a los proveedores proveniente de los clientes.

- **Optimización centro Parcial**

Es el mecanismo más similar al centralizado, donde se distribuyen subconjuntos de actividades de planificación de la cadena de suministro, con el fin de lograr una centralización parcial.

- **Intercambio de información**

Se comparte información simple que permita tomar mejores decisiones, donde los problemas de decisión de los proveedores se concentran parcialmente en el fabricante, como por ejemplo compartir pronósticos para establecer demandas dependientes y patrones que sean eficientes para los socios que requieren de esta información (Arshinder, Kanda, & Deshmukh, 2011).

Enfoques de descomposición

Los Mecanismos de coordinación mediante Modelos de programación matemática buscan encontrar un óptimo por medio de métodos de optimización combinatoria, para la aplicación de este mecanismo se debe considerar que todos los parámetros y variables son deterministas como por ejemplo la aproximación mediante la relajación lagrangiana (Vila & Pascual, 2007) (Taghipour & Frayret, 2012).

Descomposición lagrangiana

Las restricciones que se presentan en la planificación (por ejemplo, las restricciones de la conservación del flujo entre varias unidades de negocio) se relajan y se trasladan a la función objetivo. Un vector se agrega con el objetivo de penalizar la función objetivo si estas limitaciones no están satisfechas. Un proceso iterativo se utiliza para ajustar los vectores de penalización de la relajada limitación y así converge hacia un conjunto casi óptimo de planes operacionales de la cadena de suministro, este mecanismo se puede utilizar para relajar los requerimientos de demanda así el nuevo problema se puede descomponer pasando de un problema complejo a varios problemas pequeños (Vila & Pascual, 2007).

Búsqueda distribuida

Requiere formas iterativas del intercambio de información entre los socios, durante los que ajustan progresivamente su plan local inicial mediante procedimientos de búsqueda local. Tales procedimientos permiten a los socios para ajustar mutuamente sus planes de acuerdo con las limitaciones o beneficios de sus socios. Esta forma de coordinación requiere el diseño de un mecanismo de convergencia para garantizar la mejora del plan colectivo, así como, la terminación condiciones con el fin de detener la búsqueda distribuida (Taghipour & Frayret, 2012).

Distribución búsqueda meta-heurística

Meta-heurísticas implementadas de manera distribuida con el fin de proporcionar apoyo a la decisión de la planificación local de medios para integrar la adopción local. Ejemplo de estas meta-heurísticas son la colonia de hormigas o los algoritmos genéticos

Búsqueda distribuida con la propagación de restricciones

Para este mecanismo la cadena de suministro se modela como un árbol. Los agentes deben decidir respecto a producir una solución alternativa a un plan de demanda de los clientes para los que han encontrado una solución, o para construir la primera solución a un plan de demanda para los que no tienen solución aún. Este procedimiento proporciona un medio para buscar en el espacio de coordinación un conjunto de planes locales que son colectivamente mejor en términos de la cadena de suministro rendimiento. La principal característica de este enfoque es que sólo se requiere el intercambio de mínima información, como los planes de demanda y oferta.

Búsqueda heurística con optimización local

La negociación es un mecanismo de coordinación y en la cadena de suministro los socios se mantienen comunicados con el fin de desarrollar sus planes de operaciones con un mínimo intercambio de información. Algunos autores proponen un esquema de planificación colaborativa de negociación basada en acciones, que puede ser usado para sincronizar los planes de operaciones entre dos socios de la cadena de suministro independientes unidos por los flujos de materiales. Los planes se generan utilizando matemática por medio de modelos de programación.

Inteligencia artificial

Mecanismos sustentados en ciencias de la computación, proponen métodos de inteligencia artificial para lograr coordinación en la planificación de la cadena de suministro. La coordinación mediante sistemas multi-agentes se ha desarrollado para cadenas de suministro descentralizadas porque permite que cada actor de la cadena tome decisiones de manera independiente (Calderón & Lario, 2007), pero permitiendo una interacción entre los miembros donde cada uno se responsabiliza de las tareas de todo el sistema, es decir que entre la relación de los actores existe comunicación y colaboración (Vila & Pascual, 2007), una herramienta para este método es la inteligencia artificial por medio de las redes neuronales artificiales donde se ha logrado una simulación del comportamiento de los actores más real (Calderón & Lario, 2007) (Taghipour & Frayret, 2012).

Este mecanismo puede ser apropiado para la negociación automatizada como por ejemplo en la implementación de mecanismos como subastas, en la literatura se ha planteado mecanismos basados en la negociación con el apoyo de un sistema multi-agente y se centra en la colaboración de la demanda, la producción y la planificación de reaprovisionamiento, combinado con el uso de métodos de planificación estándar, tales como el método de sistema de necesidades de material (MRP) (Jia et al., 2016).

Economía

- **La teoría de juegos**

Se considera que la teoría de juegos puede proporcionar buenas estrategias porque la mejor decisión planteada para un actor de la cadena ha tenido en cuenta las posibles decisiones de los demás. Para la coordinación de la cadena de valor se han propuestos principalmente dos tipos de juegos los juegos cooperativos y los juegos no cooperativos es decir competitivo (Jia et al., 2016). En los juegos de cooperación, cada actor de la cadena tiene objetivos individuales, pero todos los actores pueden hacer una asociación con acuerdos vinculantes. Al final del juego, el valor creado es distribuido entre los miembros de la asociación. En el enfoque de juegos

no cooperativos los socios involucrados en una negociación deben anticipar la reacción de la otra parte con el fin de aproximarse hacia un acuerdo sobre la solución (Taghipour & Frayret, 2012) (Jia et al., 2016).

- **Gestión de inventario administrado por el proveedor**

Se centran en la determinación de los niveles de inventario de un solo período bajo demanda incierta con precios fijos. Por ejemplo, uno de los socios utiliza un reparto de ingresos en forma de recompra de acciones pagos y una política de devolución, con el fin de fomentar que los otros actores participen en la cadena de suministro en el proceso de coordinación. Es decir que, mediante la maximización de sus beneficios, los socios contribuyen a suministrar coordinación de la cadena a través de ajustes de cantidades.

Coordinación basada en los precios

- **Coordinación basada en los precios**

Este tipo de mecanismo se basa en el equilibrio de la oferta y la demanda. Por ejemplo, un agente vendedor aumentará el precio de los bienes si el determinara la cantidad de mercancías se ha adquirido en el mercado durante la última ronda. Por el contrario, si no se ha comprado, entonces el precio de las mercancías es reiteradamente disminuido hasta que se venda o se saca del mercado.

La negociación y la planificación

Los contratos es el mecanismo de coordinación más representativo en las cadenas descentralizadas, y son utilizados como una estrategia para alinear los objetivos de las organizaciones que pertenecen a la cadena de suministro para obtener la eficiencia en la cadena (Li & Wang, 2007). La Coordinación mediante contratos busca coordinar especialmente al proveedor y al comprador por medio de la implementación de contratos para mejorar la relación entre los mismos, puesto que en los contratos se detallaran los parámetros respecto a las características del producto y a sus condiciones de entrega como por ejemplo, calidad, políticas de retorno, cantidad, precio o descuento por cantidad, tiempo de entrega, el objetivo de este tipo de coordinación es incrementar el beneficio de toda la cadena al reducir costos por el mantenimiento de inventarios y compartir los riesgo entre los agentes que son parte de los contratos (Arshinder et al., 2011).

Toda la cadena puede ser coordinada por medio de contratos que establezcan reglas para que interactúen cada una de las organizaciones, este tipo de mecanismo se puede acoplar mejor para las cadenas con estructura descentralizada para tener un control sobre las transacciones que se realizan entre los actores de la cadena y lograr un comportamiento más coherente para el desempeño de la cadena de valor (Giannoccaro & Pontrandolfo, 2004).

Un ejemplo de coordinación por contratos se puede visualizar en una cadena simple con un proveedor y un minorista que se enfrentan a una temporada de ventas con una demanda determinista donde el minorista tiene una única oportunidad para hacer la orden del pedido antes del inicio de la temporada, si la única indicación del contrato inicial es el costo fijo del producto, se debe mostrar al minorista que es necesario ordenar lo suficiente para alcanzar el máximo beneficio para toda la cadena de tal forma que entienda el impacto de sus decisiones en la cadena, una posición que puede tomar el proveedor para lograr esto es por medio de contratos que incentiven al minorista a hacer pedidos por una cantidad mayor, como por ejemplo un contrato que ofrezca descuentos por hacer pedidos al por mayor o realizar contratos donde se instaure la promesa de volver a comprar el inventario sobrante, otro enfoque usado para este tipo de contratos son los contratos flexibles que permiten al minorista cambiar el pedido inicial de acuerdo a los cambios que presente la demanda en este tipo de contratos el proveedor debe estar preparado con productos fabricados que permitan enfrentar el incremento de la demanda por lo tanto se comparte el riesgo de mantener inventarios altos entre el proveedor y el minorista (Kouvelis & Zhao, 2014).

Para obtener mejores resultados de este mecanismo se requiere desarrollar la gestión de relaciones con proveedores donde tanto los clientes como los proveedores mantengan una estrecha relación a largo plazo como socios y se han definido cinco componentes para esta gestión la coordinación, cooperación, compromiso, intercambio de información y retroalimentación (Yap & Tan, 2012).

Teniendo en cuenta que el presente trabajo de grado es parte del proyecto inscrito ante Colciencias como Estudio del sistema logístico de carga en los principales corredores de Colombia (E-transcol), con el objetivo de proponer bases técnicamente soportadas para la formulación de políticas públicas y estrategias público-privadas tendientes a facilitar el desarrollo del sistema logístico de carga en los principales corredores de Colombia. El documento se enfocará en el transporte, una de las actividades características del proceso de distribución. enfocándose en la coordinación de los múltiples actores que son parte de la planeación a largo plazo del transporte de carga, debido a que es un temática que ha sido poco explorada primero por el número de actores que se deben relacionar y por el tipo de relaciones que se buscan identificar ya que se pueden dar de forma indirecta pero con un alto impacto en la operaciones de dichos actores, además por la importancia que tienen el proceso de transporte tanto para el desempeño de las cadenas de suministro como en el impacto económico que tiene el transporte de carga para un país.

Logística de distribución y transporte

El proceso de distribución bajo un enfoque clásico se puede definir como el movimiento del producto desde el lugar de fabricación al cliente con el menor costo posible, pero cuando se

tienen en cuenta factores como el tipo de producto, la localización del mercado y el comportamiento de la demanda, se encuentra que se requiere analizar y evaluar si los productos necesitan ser almacenados en uno o más centros de distribución y si se deben movilizar a través de uno o más modos de transporte (transporte terrestre Férreo, transporte terrestre por carretera, transporte aéreo y el transporte fluvial y marítimo). En la evaluación de las actividades de distribución muchas empresas se centran en el precio más bajo para mover un producto de una etapa de la cadena de distribución a otro, pero es necesario analizar que los costos se deben integrar con otros objetivos, tales como inventarios más bajos, tiempos de respuesta más rápidos y el servicio al cliente (Jacobs, et al 2011).

Debido al impacto financiero que tiene el transporte sobre una organización y en general a través de la cadena de suministro, es un área donde se pueden encontrar ventajas comerciales y asimismo competitivas (Castellanos, 2009) si se toman las decisiones adecuadas respecto al modo de transporte, el tamaño del envío y la definición y programación de las rutas (Ballou, 2004). Para realizar esta planeación se debe entender el transporte como un sistema.

El sistema de transporte es considerado como pieza fundamental para el desarrollo de la economía de un territorio, el objetivo de este sistema es garantizar la movilidad sostenible de transporte de mercancías, el mantenimiento y el desarrollo dinámico de la economía del país, ha sido definido como un conjunto de instalaciones fijas, entidades de flujo y un sistema de control que permite que las mercancías superen el espacio geográfico o se trasladen las mercancía de un punto A hacia un punto B de manera oportuna donde se efectúan interacciones entre instalaciones y entidades sociales (Papacostas & Prevedouros, 2001).

Respecto al análisis de los elementos que interactúan en el sistema no se ha encontrado un modelo que logre evaluar la integración de todos (Sivilevičius, 2011) debido al gran número entidades que son parte de un sistema de transporte (Baublys & Smičius, 2011). Desde esta perspectiva un sistema de transporte no solo se puede considerar como la relación entre el expedidor de la mercancías y quien la transporta, sino como un sistemas compuesto por tres partes integrales, en el 2001 fueron definidas de la siguiente manera: primero identifican el conjunto de elementos de transporte que son tangibles conformado por los vehículos, equipos tecnológicos, infraestructura para los medios de transporte y/o terminales o instalaciones fijas, segmentos de carretera, entre otros; la segunda parte está conformada por las entidades que están en la planeación y organización del transporte, desembarque de la carga y movimiento de la carga y en la tercera parte comprende todas las actividades de formulación de políticas, estrategias y garantías legislativas en el transporte (Papacostas & Prevedouros, 2001).

En año 2011 se presenta otra segmentación de los participantes donde también distinguen tres grandes grupos, el primero se denomina expedidores de carga los cuales pueden ser productores y distribuidores, su intereses principales en el sistema es que les cumplan con los tiempos de entrega, tener una trazabilidad e información oportuna acerca de sus mercancías,

y no tener pérdidas por daños en el producto en el proceso de transporte, el segundo grupo es denominado transportistas e involucran administradores de los ferrocarriles, de las líneas navieras, empresas de transporte por carretera automotor, empresas prestadores de servicios como contenedores intermodales que pueden ser de carácter público y privado; y el tercer y último grupo son las entidades del gobierno quienes planean, construyen y operan instalaciones como las ferroviarias, carreteras y puertos, además de ejercer control en el transporte de algunos productos y deben establecer restricciones a las empresas de transporte respecto a los precios que establecen por la prestación de sus servicios (Farahani, et al 2011).

Niveles de planeación del transporte

El sistema de transporte contempla organizaciones complejas e implican muchos componentes tales como recursos humanos y materiales, conexiones complejas, equilibrios entre variables de decisión y políticas de gestión que afectan directa o indirectamente a todas las entidades del sistema. Con el objetivo de reducir esta complejidad, se ha establecido una clasificación de los problemas de transporte con tres niveles de planeación: estratégica, táctica y operativa (Robusté, 2005) (Crainic, Dell’Olmo, Ricciardi, & Sgalambro, 2015).

La planeación estratégica involucra decisiones a largo plazo que requieren un alto nivel de gestión y requiere una inversión a largo plazo. Por medio de las decisiones estratégicas se desarrollan las políticas generales y se estructuran las estrategias funcionales del sistema. Las decisiones estratégicas engloban todos los cambios físicos o de desarrollo en toda la red, como la localización de las instalaciones principales (por ejemplo, centros y terminales) distribución geográfica de los centros productivos y de los almacenes de distribución, diseño de los centros y de los modos de transporte, implementación de tecnologías de la información y comunicación. La planeación estratégica se lleva a cabo en los sistemas de transporte internacional, nacional y regional (Robusté, 2005), buscando alcanzar la competitividad del sistema.

La planeación táctica requiere inversión a mediano plazo, estructurando la asignación de los recursos y la gestión de ellos de tal manera que permita mejorar el rendimiento del sistema. Ejemplos de las decisiones que se toman es este nivel de planeación son el diseño de las redes de servicios, horarios de servicio, las flotas de reposicionamiento y el enrutamiento de tráfico. La mayoría de las empresas transportadoras son quienes toman las decisiones en este nivel (Robusté, 2005). Para las empresas de transporte se presenta de manera clara su objetivo el cual es, alcanzar el mínimo coste presentando un servicio caracterizado por utilizar eficientemente los vehículos y la mano de obra y lograr un funcionamiento eficaz de la flota de transporte para ofrecer la mayor rapidez y fiabilidad de la entregas, generar la máxima seguridad en el tráfico y en los productos que se transportan y realizar sus operaciones dentro de la legislación vigente del país (Mora, 2010).

La planeación operativa es de corto plazo, se trata de decisiones urgentes que deben tomar la administración local o despachadores. Las decisiones en este nivel no necesitan grandes inversiones. Ejemplos del tipo de decisiones que se toman a nivel operativo son el ajuste de los horarios de los servicios, los equipos, las actividades de mantenimiento, el enrutamiento y el envío de los vehículos (Robusté, 2005).

La multiplicidad de actores del sistema de transporte y la falta de información de sus interacciones dificulta modelar matemáticamente la forma de interactuar (Akiva et al 2013), por lo tanto los estudios primordialmente se enfocan en las relaciones entre los productores y los transportistas, es decir se centran en la planeación operativa y un poco táctica del sistema de transporte, dejando de lado la participación y el impacto que tienen los organismos públicos en el sistema, quienes tienen implicaciones directas en la planeación del sistema a nivel estratégico.

La primer conclusión que se puede puntualizar es que se debe reconocer que las empresas de transporte a pesar de cumplir un importante papel dentro del sistema de transporte, no son los únicos actores que deben alcanzar los mejores resultados para su negocio, sino que se debe buscar el beneficio para todos los agentes del sistema teniendo en cuenta los objetivos de cada uno, en la literatura se encontró que es necesario un mecanismo de coordinación de los intereses de todos los agentes, y que este mecanismo debe garantizar que las decisiones para el desarrollo del sistema de transporte sean convenientes para todos los actores, de tal manera que se logre el funcionamiento óptimo de todos los elementos del sistema (Baublys & Smičius, 2011). En resumen en la literatura se encuentra que uno de los problemas del sistema de transporte es la coordinación de todos los actores para la toma de decisiones, incluso considerando a los organismos públicos (otros autores los definen como organismos del gobierno).

Dada la importancia que representa el sistema de transporte para el desarrollo de una región, los organismos de gobierno buscan establecer un conjunto de normas de conducta, los procesos y los medios para hacer cumplir las normas que buscan el orden social, económico y para la toma de decisiones colectivas que tengan el fin de lograr la cohesión social (procesos de planificación pública). Las actividades de interés público que estas entidades realizan son la promoción, regulación e inversión. La promoción se refiere a intentos del gobierno para desalentar o alentar situaciones sin recurrir a determinantes legales, como por ejemplo campañas publicitarias para disminuir el flujo de vehículos en horas pico. La regulación comprende a las acciones que toma el gobierno para reglamentar el servicio que se ofrece al cliente, entre estas acciones están las normas de emisión de contaminantes por parte de los automóviles, límite de velocidad en las vías, regulación de las tarifas para el transporte por camiones, entre otros. Y por último esta la Inversión que consiste en el apoyo financiero o financiación pública de diferentes sistemas o servicios, entre estas acciones buscan garantizar un nivel global de accesibilidad por medio del suministro de carreteras de propiedad pública, o la participación de aeropuertos,

puertos, entre otros (Papacostas & Prevedouros, 2001).

Al analizar las acciones que pueden tomar este tipo de entidades, se concluye que son principalmente de tipo estratégico, es decir que si el mecanismo de coordinación que se busca plantear por medio de este estudio que se requiere involucrar actores tanto públicos y privados, el modelo de coordinación se debe enfocar para la toma de decisiones estratégicas puesto que en la literatura se ha encontrado que pesar que existen autores que reconocen que es necesaria la coordinación entre los actores públicos y privados, los mecanismos no se desarrollan teniendo en cuenta todos los actores para simplificar los modelos (Akiva et al., 2013).

Coordinación en el transporte

La coordinación en el transporte se fundamenta en la teoría desarrollada para la coordinación en la cadena de suministro porque como se puede apreciar en el siguiente cuadro el objetivo en común de los modelos estudiados es buscar la eficiencia y bienestar para los actores involucrados en la operación de transporte, por medio de diferentes mecanismos que se proponen de acuerdo al nivel de planeación donde los actores involucrados tienen participación.

Tabla 2 Mecanismos de coordinación en el transporte de carga

AUTOR	DESCRIPCIÓN	MECANISMO	NIVEL DE PLANEACIÓN
(Ankersmit, Rezaei, & Tavasszy, 2014)	Modelo de coordinación para mejorar su eficiencia en el transporte terrestre interno del aeropuerto por medio de la colaboración horizontal	Estructura parcialmente centralizada dado que la colaboración horizontal implica la ejecución de todas las actividades asociadas a una recogida y envíos de carga de múltiples orígenes a varios orígenes aunque participen dos o más empresas pero planeando	Planeación operativa
(Agrell, Lundin, & Norrman, 2016)	Análisis de costos al aplicar al aplicar coordinación por contratos con los transportistas evaluando tres escenarios, contratación directa con los expedidores de la carga, coordinación con el comprador con precio único, coordinación con cooperativas de transporte donde se comparten los ingresos.	Estructura descentralizada, mecanismo de coordinación por contratos, y se concluye que la gobernanza cooperativa puede contribuir a la mejora de la prestación de servicios, la reducción de los precios de los servicios, la mejora de los excedentes del consumidor y la mejora de los beneficios para los transportistas en equilibrio.	Planeación operativa
(Fischer & Gehring, 2005)	Coordinación de transbordos de vehículos en un puerto marítimo, asignando áreas temporales de estacionamiento para el almacenamiento temporal, asignando un agente adicional llamado agente coordinador quien es el responsable de combinar los sub planes locales de cada operador presente en el puerto convirtiéndolo en un plan general equilibrando la demanda de los conductores	Modelo multi-agente mixto porque los operadores seleccionan cual será el plan de arribo de su mercancía, pero existe un agente que centraliza la información de cada operador para realizar una mejor asignación de los conductores para reducir los costos y de las áreas de estacionamiento	Planeación Táctica

AUTOR	DESCRIPCIÓN	MECANISMO	NIVEL DE PLANEACIÓN
(Jia et al., 2016)	Relación entre un fabricante y un operador de transporte. El fabricante busca satisfacer las demandas de varios clientes con una capacidad de producción y almacenamiento de producto terminado limitada. El operador de transporte gestiona una flota de camiones que tienen que recoger los productos de los fabricantes y entregarlos a los clientes. Cada socio está a cargo de la planificación de sus propias actividades tratando de maximizar su beneficio, teniendo en cuenta las limitaciones de los demás, de acuerdo a los planes intercambiados durante la negociación.	Decisiones descentralizadas - Un protocolo de negociación basado en "Compensación", el cual se considera un mecanismo de incentivos utilizado por el operador de transporte para convencer a los fabricantes a aceptar un plan de recogida; y "criterio de aceptación", la medición del desempeño del modelo son las respuestas económicas (es decir, el beneficio). Se demostró que en la mayoría de los casos, el beneficio del operador de transporte se puede aumentar sin afectar a la ganancia del fabricante.	Planeación Táctica
(Di Febraro, Sacco, & Saeednia, 2016)	Para el transporte intermodal de mercancías se busca proponer un modelo Programación de envíos, definiendo ruta, modo de transporte y tiempos bajo la hipótesis que los actores acuerdan coordinar sus operaciones con otros compartiendo la información necesaria.	Decisiones descentralizadas con cooperación parcial por medio del intercambio de información entre los actores (cantidad limitada) Utilizando un coordinador de comunicaciones de red (NCC), para garantizar el intercambio de información en tiempo real La programación se descompone, en un esquema jerárquico, en sub-problemas. Cada uno de estos sub-problemas es modelado por separado y representa las operaciones de un solo actor. En este tipo de modelado no es posible garantizar el logro de un " óptimo global " Los sub-problemas se acoplaron usando el NCC y se utiliza el método de relajación de Lagrange.	Planeación táctica
(Sun & Schonfeld, 2016)	Modelo para la llegada de vehículos correlacionados en el transporte intermodal para reducir el riesgo de atrasos generando interrupciones en el servicio	Modelo de sincronización de llegadas y salidas en centros de transferencia de mercancía buscando ahorro de tiempo, reducción de costos de acuerdo a la información histórica, pero los beneficios de este modelo puede cambiar cuando se presentan eventos aleatorios que las variables de holgura no pueden normalizar en este caso los vehículos quedarán por fuera del programa preoptimizado	Planeación táctica
(Björklund & Gustafsson, 2015)	Modelo teórico que busca desarrollar una distribución coordinada entre los municipios de Suecia para reducir el impacto ambiental generado por el transporte de carga	Modelo teórico - estructura descentralizada compartiendo información, capacitación y desarrollando cooperación. La fuente de los datos son encuestas y artículos científicos. Los resultados mostraron la necesidad de una mayor colaboración entre los actores para que el transporte de mercancías en las ciudades suecas fuera más eficiente, por lo tanto tomaron medidas como la implementación un centro de distribución coordinada (CDC) y el concepto del centro de consolidación urbana (UCC). Como una estrategia de codistribución para que todos los proveedores ofrezcan sus productos y se facilite el cambio entre los modos general (por ejemplo, a los vehículos más pequeños o mediante el uso de fuentes alternativas de energía) que se utiliza en distribución municipal.	Planeación estratégica

AUTOR	DESCRIPCIÓN	MECANISMO	NIVEL DE PLANEACIÓN
(Holguín-Veras & Sánchez-Díaz, 2015)	Estrategia para la gestión de la demanda de carga para el desarrollo de políticas y gestión del transporte encaminadas a reducir la congestión y el impacto ambiental, realizando entregas fuera de horas habituales de trabajo, consolidando carga para el receptor y fomentando en los receptores solicitar solo la carga necesaria.	Estructura descentralizada pero los receptores de carga son los que tienen el poder de cómo y cuándo se deben realizar las entregas. Además se encuentra que para contar con una participación exitosa de los receptores de carga se requiere el acompañamiento de una política pública con incentivos y fijación de precios. El modelo se evalúa por medio una micro-simulación (BMS) permitiendo simular el tráfico de acuerdo a datos de entrada estandarizados para la ciudad donde se realizó el estudio.	Planeación estratégica

Problemáticas de tipo estratégico en el transporte de carga

Las diferentes investigaciones en planeación estratégica del transporte de carga han demostrado que incluso los antiguos miembros de la Unión Europea (OMS), han obtenido buenos datos sobre el tráfico de mercancías pero la planificación se limita al lograr la optimización del tráfico, y se han enfocado para hacer frente al problema y dirigir el desarrollo en base a las malas experiencias lo que los ha llevado a no presentar una propuesta consistente sobre la planeación a un nivel estratégico. Otro problema que se ha identificado es la falta de cooperación entre los departamentos de la ciudad. Cooperación con el sector privado que se encuentra interesado, a partir de lo anterior se ha propuesto que la planeación estratégica del transporte debería enfocarse en los siguientes factores (Holguín-Veras & Sánchez-Díaz, 2015):

Accesibilidad

El crecimiento económico de los diferentes países llevará al crecimiento de producción de bienes, al crecimiento de consumo tanto en las zonas urbanas como rurales, por lo tanto estas zonas deben contar con los elementos necesarios que permitan el desarrollo de actividades logísticas con el objetivo de ser un soporte para las grandes y pequeñas empresas que mueven mercancías, los planes de accesibilidad se deben realizar teniendo en cuenta que la exigencia de la accesibilidad continuará aumentando.

Transporte

Respecto al transporte es necesario planear acerca de los medios y modos de transporte de mercancías buscando la eficiencia en términos de costos y tiempo, actualmente el transporte por carretera es reconocido porque permite un alto movimiento de carga y porque es soporte para el transporte intermodal permitiendo la conexión de instalaciones logísticas.

Tráfico

El crecimiento de los flujos de tráfico es un problema creciente y la falta de vías de tráfico es un desafío común, además la falta de espacio de carga para los negocios se ha convertido en un desafío, generando problemas para las operaciones de entrega y obstaculizando el flujo de tráfico, los peatones, los ciclistas para los negocios de las principales ciudades.

Impactos

Utilizar los diferentes medios y modos de transporte impactan factores externos como el medio ambiente existen entidades que hacen controles en este tema pero es necesario desarrollar un plan estratégico que permita mitigar y prevenir este impacto para obtener una operación del transporte sostenible, la OMS ha reconocido este problema por medio de las emisiones porque reduce la calidad del aire, por otra parte se tiene el impacto social porque la congestión es un problema cada vez mayor, tanto por los vehículos particulares, sino también conectado al transporte de mercancías y esta problemática está relacionada con el desarrollo de infraestructura.

Discusión

En el documento se exploran los mecanismos de coordinación y como los agentes en una cadena de valor consideran los mecanismos de coordinación entre actores públicos y privados para tomar decisiones estratégicas en el sistema de transporte.

Por otra parte la multiplicidad de actores no solo se evidencia en el proceso de transporte sino también en el proceso de comercialización puesto que han definido figuras que actúan como intermediarios que pueden no tener una alta capacidad de negociación, pero estas figuras solo tienen una participación comercial desde la visión logística también podrían actuar como unas entidades que permitieran consolidar la carga para disminuir el número de vehículos utilizados en el transporte.

En futuras investigaciones que se realicen alrededor de esta temática se recomienda investigar sobre relaciones de poder y la influencia sobre estos modelos de coordinación cuando se involucran entidades de carácter público, además se recomienda consultar sobre métodos de validación de modelos teóricos que permitan evaluar de forma crítica los modelos que se encuentran en la literatura.

Caso de estudio aplicado sobre mecanismos de coordinación a partir del análisis exhaustivo previo

Los mecanismos de coordinación encontrados en la literatura y los actores identificados en el sistema de transporte permiten establecer que un mecanismo de coordinación para la toma de decisiones estratégicas para el transporte de carga no puede buscar alcanzar objetivos individuales, sino que debe buscar un bien común por esta razón se propone un mecanismo centralizado basado en la información compartida por todos los actores para tomar decisiones con información real.

Además las problemáticas encontradas en la cadena cárnica bovina demuestran que se encuentran interrelacionadas, por ejemplo al presentar deficiencias en la infraestructura se afectará la accesibilidad y esta a su vez afectará el tránsito de los bienes, pero donde finalmente las entidades que toman las decisiones finales no son quienes se beneficiaran directamente o quienes son partícipes del proceso de transporte sino que se trata de entidades ajenas a la operación que buscan el beneficio de un tercero para el cual prestan sus servicios, por lo tanto se define que este mecanismo se debe modelar bajo un paradigma que permita establecer relaciones causales y que sea dinámico donde las variables cambien continuamente, por este motivo se elige la dinámica de sistemas para modelar el mecanismo de coordinación propuesto.

Modelo conceptual

Los actores públicos más representativos identificados como partícipes en la toma de decisiones estratégicas en el transporte de carga en Colombia actualmente están estructurados bajo una organización descentralizada donde el Ministerio de transporte es quien define las políticas que deben seguir sus entidades adscritas, pero estas entidades son totalmente autónomas de definir como cumplir con sus objetivos. Las entidades adscritas oficialmente son el INVIAS, la aeronáutica civil, la agencia nacional de la infraestructura, la superintendencia de puertos, cormagdalena, policía nacional de Colombia y agencia nacional de seguridad vial, al investigar cada una de las funciones se encuentra que no existe una entidad que se trabaje con el objetivo de garantizar los servicios logísticos adecuados para la carga, los vehículos y las personas que son parte del transporte de carga. Adicionalmente no se observa como el ministerio se relaciona con entidades las entidades administrativas de las regiones como las alcaldías y las gobernaciones.

Respecto a las entidades suministradoras de información para que el ministerio plantee sus políticas no se visualiza una participación de los stakeholders quienes finalmente son los que conocen las debilidades y fortalezas del sistema de transporte de carga en el país, este grupo se identifica como los actores que están directamente relacionados en la cadena como

agremiaciones, demandantes de carga y oferentes de carga. Por otra parte no se encuentra formalmente definida la relación colaborativa entre las entidades ni como las alcaldías y gobernaciones deben actuar como entidades garantes del cumplimiento de las decisiones tomadas.

Se espera inicialmente analizar solo una cadena de suministro para posteriormente plantear el modelo de coordinación que incluya las decisiones estratégicas para un sistema de transporte que beneficie u un numero plural de cadenas de valor, entre ellas las del sector agrícola, por lo tanto el modelo planteado no solo está enfocado para la cadena cárnico bovina como caso de estudio particular sino que se configura en un modelo con un enfoque globalizado.

Partiendo de los factores mencionados anteriormente el modelo que se propone es centralizado donde se cree una nueva entidad quien sea la que se encargue de centralizar todas las decisiones estratégicas alrededor del transporte y la logística del país, direccionado sus políticas en cuatro ejes: infraestructura, accesibilidad, sostenibilidad y servicios logísticos y operación del transporte

A continuación, se presenta el modelo gráficamente

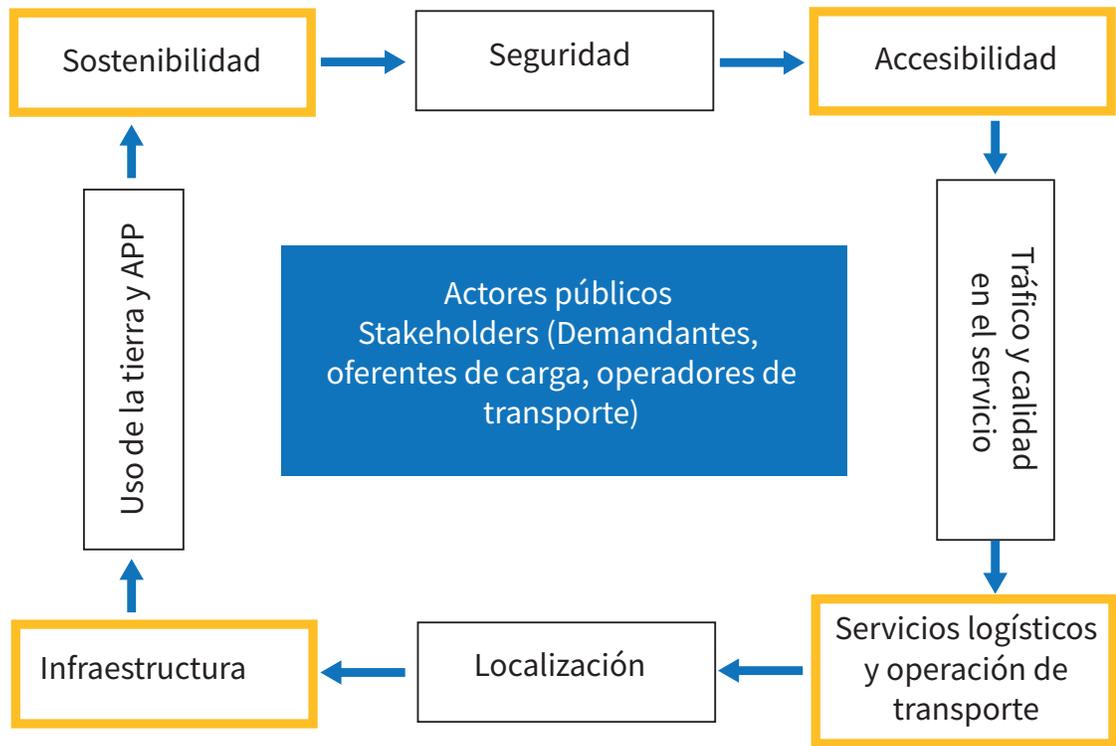


Ilustración 4: Modelo conceptual

Fuente: Elaboración propia

El modelo teórico tiene como objetivo evaluar el tiempo de respuesta ante las necesidades del transporte de carga.

Y los factores que se avalúan para medir esta velocidad son los siguientes:

Infraestructura

- Información del estado de las vías
- Evaluación prospectiva de los volúmenes de carga y número de viajes para validar si es necesario la construcción de nuevas vías
- Evaluar condiciones necesarias para desarrollar el transporte intermodal y multimodal
- Garantizar que las vías en buen estado se mantengan independientemente si el capital proviene de una asociación publico privada o de carácter publico
- Señalización completa
- Definir espacios físicos y de tiempo para realizar cargue y descargue de tal forma que no se obstruya el flujo vehicular

Sostenibilidad

- Desarrollo de canales de comunicación para intercambiar información entre todos los actores de las cadenas
- Reducción de los viajes vacíos o vehículos con el 70% de espacio libre
- Capacitación para el manejo o manipulación adecuada de la carga dependiendo sus características físicas
- Reglamentación clara y publicada para el adecuado transporte de cada uno de los productos
- Participación constante del sector académico para analizar información.
- Controlar la huella de carbono de los productos y de las empresas de transporte
- Promover el uso de energías renovables
- Programas de mantenimientos de los vehículos para disminuir el impacto ambiental
- Evaluación de los volúmenes de carga que se movilizan por medio terrestre y evaluar otras alternativas de transporte

Accesibilidad

- Control del tráfico por medio de un sistema de información (tiempo real) y generar restricciones de tráfico si es necesario
- Seguridad de la carga, vehículos y personas

- Programación de rutas Inter empresas
- Capacitación para los demandantes de carga en el tema de entrenamiento previo de la llegada de sus productos para disminuir el uso del espacio público para parqueo de vehículos de carga

Servicios logísticos y operación de transporte

- Distribución de los puntos de acopio (Sacrificio)
- Servicios de consolidación y desconsolidación de carga
- Coordinación de transportistas dedicados a grandes volúmenes de carga o cargas pequeñas.
- Servicios de mantenimiento de los vehículos garantizando la seguridad y el flujo de la carga
- Servicios a las personas como restaurantes y hoteles

Si bien el desarrollo de un modelo conceptual centralizado a teórico denota la gran posibilidad de impactar en las cadenas de valor en Colombia con miras a mejorar por ejemplo las condiciones de las cadenas de valor agroindustriales se plantean como trabajos futuros llevar a un modelo incilico por dinámica de sistemas el modelo conceptual planteado, adicionalmente realizar una propuesta relacionada con las relaciones de poder que emergen entre las diferentes partes interesadas en las cadenas de valor del sistema de carga en Colombia.

Bibliografía

- Agrell, P. J., Lundin, J., & Norrman, A. (2016). *Horizontal Carrier Coordination through Cooperative Governance Structures. International Journal of Production Economics.*
- Akiva, B., Meersman, H., Van De Voorde, E., & Moshe, E. (2013). *Freight Transport Modelling (Vol. 34). Emerald Group.*
- Alcalde, R., Sáiz, L., & Lara, A. (2008). *Nuevas claves y propuestas para que los agentes gestionen eficientemente la cadena de suministro, 1779–1798.*
- Aljazzar, S., Jaber, M., & Moussawi-Haidar, L. (2016). *Coordination of a three-level supply chain (supplier–manufacturer–retailer) with permissible delay in payments.*
- Almeida, R., Toscano, C., Azevedo, A., & Carneiro, L. (2011). *Collaborative planning approach for non-hierarchical networks environments, (Ic), 1–8.*
- Anaya, J. (2009). *El transporte de mercancías – Enfoque logístico de la distribución.*
- Ankersmit, S., Rezaei, J., & Tavasszy, L. (2014). *The potential of horizontal collaboration in airport ground freight services. Journal of Air Transport Management, 40, 169–181.*

- Arshinder, K., Kanda, A., & Deshmukh, S. G. (2011). *Supply Chain Coordination under Uncertainty*. *International Journal of Production Economics* (Vol. 115).
- Bahinipati, B., Kanda, A., & Deshmukh, S. G. (2009). *Coordinated supply management: review, insights, and limitations*. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 12(6), 407–422.
- Ballou, R. (2004). *Logística, Administración de la cadena de suministro* (Quinta).
- Baublys, A., & Smičius, A. (2011). *Models of freight transport system development*, (November 2014), 37–41.
- Behrends, Sönke; Lindholm, Maria y Woxenius, Johan (2008) *The Impact of Urban Freight Transport: A Definition of Sustainability from an Actor's Perspective*, *Transportation Planning y Technology*, 693-713.
- Björklund, M., & Gustafsson, S. (2015). *Toward sustainability with the coordinated freight distribution of municipal goods*. *Journal of Cleaner Production*, 98, 194–204.
- Buckley, P., & Casson, M. (2010). *THE MULTINATIONAL ENTERPRISE REVISITED 2010 - A theory of cooperation in international business*.
- Calderón, J. L., & Lario, F. C. (2007). *Simulación de cadenas de suministro: Nuevas aplicaciones y áreas de desarrollo*. *Informacion Tecnologica*, 18(1), 137–146.
- Cannella, S., Ciancimino, E., Framinan, J. M., & Disney, S. M. (2010). *Los cuatro arquetipos de cadenas de suministro The Four Supply Chain Archetypes*. *Universia Business Review*.
- Castellanos, A. (2009). *Manual de gestión logística del transporte distribución de mercancías*.
- Chan, H. K., & Chan, F. T. S. (2010). *A review of coordination studies in the context of supply chain dynamics*. *International Journal of Production Research*, 48(10), 2793–2819.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2008). *Administración de la cadena de suministro. Estrategia, planeación y operación*. *Principios de administración de operaciones* (Tercera). Pearson. Retrieved from
- Christopher, M. (2011). *Logistics & Supply chain management* (Fourth).
- Crainic, T. G., Dell'Olmo, P., Ricciardi, N., & Sgalambro, A. (2015). *Modeling dry-port-based freight distribution planning*. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 55, 518–534.
- Datta, P. P., & Christopher, M. G. (2011). *Information sharing and coordination mechanisms for managing uncertainty in supply chains: a simulation study*. *International Journal of Production Research*, 49(3), 765–803.
- Di Febbraro, A., Sacco, N., & Saeednia, M. (2016). *An agent-based framework for cooperative planning of intermodal freight transport chains*. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 64, 72–85.
- Drechsel, J. (2010). *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*. Springer, (0075-8442), 167. Retrieved from <http://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-642-00331-8.pdf>
- Farahani, R. Z., Rezapour, S., Kardar, L., & Daneshzand, F. (2011). *Logistics Operations and Management*. *Logistics Operations and Management*.
- Fischer, T., & Gehring, H. (2005). *Planning vehicle transshipment in a seaport automobile terminal using a multi-agent system*. *European Journal of Operational Research*, 166(3), 726–740.
- Frayret, T. & (2012). *Mutual adjustment search with incentive for supply chain planning coordination*. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 946-962.

- Giannoccaro, I., & Pontrandolfo, P. (2004). Supply chain coordination by revenue sharing contracts. *International Journal of Production Economics*, 89(2), 131–139.
- Haehling von Lanzenauer, C., & Pilz-Glombik, K. (2002). Coordinating supply chain decisions: an optimization model. *OR Spectrum*, 24(1), 59–78.
- Holguín-Veras, J., & Sánchez-Díaz, I. (2015). Freight Demand Management and the Potential of Receiver-Led Consolidation programs. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(3), 6205–6216.
- Jacobs, R., Berry, W., Whybark, C., & Vollman, T. (2011). *Manufacturing planning and control for supply chain management*.
- Jia, Z.-Z., Deschamps, J.-C., & Dupas, R. (2016). A negotiation protocol to improve planning coordination in transport-driven supply chains. *Journal of Manufacturing Systems*, 38, 13–26.
- Jiménez, J. E., & Hernández, S. (2002). MARCO CONCEPTUAL DE LA CADENA DE SUMINISTRO: un nuevo enfoque logístico, (215).
- Kanda, A. A., & Deshmukh, S. G. (2007). Coordination in supply chains: an evaluation using fuzzy logic. *Production Planning & Control*, 18(5), 420–435.
- Kim, B. (2000). Coordinating an innovation in supply chain management. *European Journal of Operational Research*, 123(3), 568–584.
- Kouvelis, P., & Zhao, W. (2014). Supply Chain Contract Design under Financial Constraints and Bankruptcy Costs. *Investment Management and Financial Innovations*, 5(4), 7–24.
- Lambert, D. M., & Cooper, M. C. (2000). Issues in Supply Chain Management. *Industrial Marketing Management*, 29(1), 65–83.
- Lazzarini, S., Chaddad, F., & Cook, M. (2001). Integrating supply chain and network analyses: the study of netchains. *Chain and Network Science*. Retrieved from
- Lejeune, M., & Yakova, N. (2005). On characterizing the 4 C's in supply chain management. *Journal of Operations Management*, 23(1), 81–100.
- Li, X., & Wang, Q. (2007). Coordination mechanisms of supply chain systems. *European Journal of Operational Research*, 179(1), 1–16.
- Mora, L. A. (2010). *Gestión Logística Integral*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Papacostas, C. S., & Prevedouros, P. D. (2001). *Transportation Engineering and Planning*.
- Payan, J. M., & Svensson, G. (2010). Co-operation, coordination, and specific assets in inter-organisational relationships.
- Robusté, F. (2005). *Logística del transporte*. Retrieved from https://books.google.com/books?id=U2j7vX-vS_rcC&pgis=1
- Saalmann, P., Wagner, C., & Hellingrath, B. (2016). Decision Support for a Spare Parts Supply Chain Coordination Problem: Designing a Tactical Collaborative Planning Concept.
- Sivilevičius, H. (2011). Modelling the interaction of transport system elements. *Transport*, 26(1), 20–34.
- Sun, Y., & Schonfeld, P. (2016). Holding decisions for correlated vehicle arrivals at intermodal freight transfer terminals. *Transportation Research Part B: Methodological*, 90, 218–240.

- Thomas, D. J., & Griffin, P. M. (1996). *Coordinated supply chain management*. *European Journal of Operational Research*.
- Vila, I. R., & Pascual, R. C. (2007). *Estado del arte de la planificación colaborativa en la cadena de suministro : Contexto determinista e incierto*, (3), 91–121.
- Yap, L. L., & Tan, C. L. (2012). *The Effect of Service Supply Chain Management Practices on the Public Healthcare Organizational Performance*. *International Journal of Business and Social Science*, 3(16), 216–224.

**Oportunidades en
gestión de cadena
de suministro
alimentarias para
el sector agrícola
colombiano**

Oportunidades en gestión de cadena de suministro alimentarias para el sector agrícola colombiano

Juan David Suárez-Moreno

Jhonatan Méndez-C

La seguridad alimentaria y la reducción del hambre es uno de los objetivos de desarrollo del milenio firmados por la Organización de Naciones Unidas en el año 2000. A nivel mundial el desperdicio de alimento es del 50% de los alimentos producidos, en Colombia este desperdicio está por encima del 30% según el Departamento Administrativo Nacional (El Tiempo, 2019) , desperdicio que permitiría reducir la cantidad de hogares con inseguridad alimentaria que, de acuerdo con la encuesta de situación alimentaria, para el año 2015, era del 54% (Ministerio de Salud y Protección Social, 2018).

Esta situación si bien es preocupante, también se presenta como una oportunidad de desarrollo para el país. El crecimiento del sector agropecuario para el año 2019 fue de un 2% (DANE, 2020a) y representa un 6,2% del PIB, aun cuando tan solo se aprovecha el 30% del área cultivable (DANE, 2020b) , de igual manera se ha observado un crecimiento en el número de exportaciones tradicionales como banano, flores y café al igual que no tradicionales, como son el caso del aguacate.

Este capítulo busca explorar que avances se tiene en la gestión de cadenas agroalimentarias, teniendo como unidad de análisis los procesos de abasto, almacenamiento y distribución, con la finalidad de establecer buenas prácticas que permitan hacer las cadenas de suministro alimentarias más competitivas, reduciendo la pérdida y desperdicio de alimento.

Fundamentación

Entre los diferentes objetivos de desarrollo sostenible suscritos por más de 193 países, se encuentra el de “hambre cero” donde implícitamente se trata disminuir la pérdida y desperdicio de alimentos (UN,2015). Este objetivo es relevante dado el aumento en la demanda de comida, la cual se espera que aumente en un 70% para el año 2050 según la FAO (2009) . Trabajar en bús-

queda de la minimización del desperdicio puede aliviar la presión en la producción de comida, así como también, lograr una seguridad alimentaria.

Aunque es un problema a escala global, la pérdida y desperdicio de alimentos no es fácil de cuantificar, en primera medida por la misma definición de desperdicio, que puede variar de país a país de acuerdo con sus marcos legales, de igual manera por las diferentes etapas que atraviesa en su cadena de suministro y la finalidad de los alimentos.

Existen tres definiciones de desperdicio de alimentos ampliamente aceptadas. La primera, de la FAO, (1981), establece el desperdicio de alimentos como material comestible saludable que es descartado, perdido, degradado o consumido por pestes, en algún punto de la cadena de suministro. Otra definición agrega a la anterior el material comestible que intencionalmente se utiliza para alimentar animales, o bien para la producción de subproductos (Stuart, 2009). Smil, (2004) establece el desperdicio de alimentos teniendo en cuenta la brecha entre el valor energético de los alimentos consumidos per cápita y el valor energético de los alimentos necesarios per cápita.

Otras definiciones más específicas diferencian entre la pérdida y el desperdicio. Se habla de pérdida de alimentos en las fases de producción agrícola, postcosecha y almacenamiento y procesamiento, mientras que desperdicio hace referencia los procesos de distribución y consumo (FAO, 2011).

La encuesta nacional de situación nutricional, ENSIN, del año 2015 mostraba un panorama en donde el 54,2% de los hogares encuestados presentaban inseguridad alimentaria (Instituto Colombiano de Bienestar, 2015), esto no deja de ser irónico, cuando según la FAO en el año 2019, el desperdicio de alimentos fue 9,76 toneladas, lo que representa el 34% de la producción (Beleño, 2018).

De este nivel de desperdicio, al menos 6 millones de toneladas se desperdician en frutas y verduras lo que representa un 58% de los alimentos disponibles, con el nivel de desperdicio, con este nivel de desperdicio y de acuerdo con la Asociación Colombiana de Bancos de Alimentos, se podrían alimentar a 37 millones de personas bajos los estándares de la OMS (Beleño, 2018). A nivel mundial la cita más recurrente estima que el desperdicio de alimentos puede llegar al 50% de la comida cultivada (Lundqvist et al., 2008).

El desperdicio de alimentos se ve influenciado por diferentes cambios socioeconómicos, algunos de los más representativos son expuestos por (Parfitt et al., 2010). Inicialmente se tiene la alta urbanización de las sociedades, más del 50% de la mano de obra disponible para la agricultura se ha perdido debido a la migración. Y de acuerdo con las Naciones Unidas (ONU), se espera que la población urbana sea del 70% para e años 2050, esta dinámica ejerce una alta

presión en las cadenas agroalimentarias, que requieren de vías adecuadas y de infraestructura especializada para que la comida sea accesible para las comunidades de menores ingresos.

También se observa una transición en la dieta de las personas, para los países en vías de desarrollo a medida que los ingresos de la población aumentan, dejan de consumir carbohidratos, a demandar, a comida más fresca (carnes, pescado), con ciclos de vida más corto, y con mayores requerimientos de infraestructura en su cadena de valor.

Finalmente, el aumento en el comercio internacional de comida procesada también abre la ventana a aumentar el comercio de productos agrícolas, derivando en una competencia desigual de la producción interna en los países menos desarrollados con productos más económicos de países más industrializados

También existen limitantes tecnológicas y de infraestructura, dependiendo del desarrollo de los países, el desperdicio de alimentos tiene da ser más alto en países más pobres que en los más industrializados. Por ejemplo, en los países pobres, sus cadenas alimentarias se caracterizan por tener poca infraestructura, así como una gran cantidad de intermediarios (Jayne et al., 2006). A medida que el país es más industrializado las cadenas de suministro tienden a ser más integradas, y a enfocarse más en la industria de alimentos procesados, algunos de los elementos que limitan el correcto desarrollo de las cadenas agroalimentarias en estos países son las siguientes (Parfitt et al., 2010):

- Los términos de pago desalientan a los pequeños productores
- Los estándares de calidad de los minoristas disuaden a los productores a proveer sus productos
- Altas penalidades por incumplimiento parcial o total de pedidos.
- Cláusulas de devoluciones en los contratos con proveedores
- Una baja o nula previsión de la demanda y falta de transparencia en las cadenas de suministro.

Aunque no se tiene más información, sobre los desperdicios en países en vías de desarrollo, sobre el impacto de estas medidas, solo para el Reino Unido, las penalidades, devoluciones, y las malas previsiones de la demanda tienen un impacto combinado de hasta del 10% de la sobreproducción y los altos niveles de desperdicio (Parfitt et al., 2010).

La investigación del desperdicio de alimento ha recibido diferentes enfoques, desde metodologías para cuantificar el fenómeno de sobreproducción de alimentos, el desperdicio en diferentes etapas de las cadenas de suministro, así como como en diferentes países, mediante análisis de los rellenos sanitarios (Aramyan et al., 2006; Hall et al., 2009) o bien por medio de métodos inferenciales (Griffin et al., 2009; Kantor et al., 1997)

Recientemente se ha dado un avance en el desarrollo de investigaciones que incluyen se incluyen en la gestión del desperdicio de alimentos, entre otros temas que se vinculan a la investigación de este tópico se encuentran, operaciones e infraestructura, colaboración entre socios, técnicas de medición y sistemas de última milla y sostenibilidad, la Tabla 1 presenta el espectro de temas en la investigación de cadenas de suministro alimentarias.

Tabla 1. Temas de investigación en cadenas de suministro alimentarias

Temas de investigación	Estudios
Infraestructura y operaciones	(Mena et al., 2011; Mercier et al., 2019; Raut et al., 2019; Stella, 2019)
Colaboración entre socios	(Bustos & Moors, 2018)
Técnicas de medición	(Ju et al., 2017; Plazzotta & Manzocco, 2019)
Sistemas de última milla	(Fancello et al., 2017; Fikar, 2018)
Sostenibilidad	(García-Flores et al., 2019; Vittuari et al., 2019; Wakiyama et al., 2019)

El presente capítulo de libro explora herramientas de gestión de cadena de suministro que permitan enfrentar el desperdicio de alimentos, a través de las diferentes. La primera sección detalla las causas de desperdicio en las diferentes etapas de la cadena de suministro, así como diferentes herramientas de medición de desperdicio. Las secciones subsiguientes detallan aplicaciones en cadena de suministro que permiten mitigar esta problemática.

Contexto colombiano

Colombia cuenta con una ubicación y geografía favorable para la siembra y cultivo de hortalizas, frutas, legumbres y hortalizas. Existe una zona denominada de convergencia tropical (ZCIT o ZCI) donde se cruzan los vientos Alisios que, junto a la Cordillera de Los Andes, hace que Colombia cuente con gran cantidad de ecosistemas aptos para el cultivo de un sin número de productos en prácticamente toda la extensión del territorio nacional.

Esto da origen a áreas específicas para familias de hortalizas caracterizándose ciertas regiones por la especialización en la producción de en función de las características del clima y altitud (pisos térmicos). La Tabla 2 presenta los diferentes pisos térmicos en Colombia, así como los principales productos producidos en estas zonas.

Tabla 2. Pisos térmicos disponibles en Colombia y productos cultivados

Piso térmico	Altura	Clima	Región	Principales productos
Cálido	Entre 0 y 1000 msnm	Promedio superior a 24°C	913.000 Km ² , (80% del territorio nacional) llanuras costeras y valles de ríos	Plátanos, cocos, caña de azúcar, naranjas, yuca, maíz, algodón, cacao
Templado	Entre 1001 y 2000 msnm	Entre 18 y 24 °C	114.000 Km ² (10% del territorio nacional), zonas bajas de las montañas	Piña, café, aguacate, papaya
Frio	Entre 2001 y 3000 msnm	Entre 12 y 18 °C	93.000 Km ² (7.9% del territorio nacional), partes altas de montañas	Papa, cereales, cebolla,
Paramo	Entre 3001 y 4000 msnm	Entre 12 y 0 °C	23.000 Km ² (2% del territorio nacional), partes superiores de montañas	Frailejón
Glacial	Superior a 4001 msnm	Menor a 0 °C	Picos de montañas (0.0031% del territorio nacional)	

Fuente: Elaboración propia con información del Ministerio de agricultura y desarrollo rural

De manera general, Colombia utiliza sus tierras para la producción de sus principales frutas y verduras así:

- Región andina (café en la zona media y baja, caña de azúcar, plátano, yuca, frutales y hortalizas y en las zonas altas papa, flores, hortalizas y pastos), región caribe (arroz, mijo, maíz, sorgo, algodón, varios tipos).
- Región interandina (de frijoles, ají, berenjena, calabaza, cebolla, melón, pepino, pimiento, sandía, tomate, zapallo, yuca, ñame y plátano), región de los llanos orientales (maíz, soya y arroz y en las zonas aluviales se cultiva arroz, algodón, frutales, cacao, caucho, palma aceitera).
- Región del pacífico (los ecosistemas dominantes son sumamente frágiles y la producción agrícola es escasa y únicamente de subsistencia).
- Región amazónica (la mayor parte de los suelos no son aptos para la ganadería ni la agricultura, y solamente en las vegas de los ríos hay cierta producción agrícola de subsistencia de tipo migratorio)

En conclusión, el sector agricultor del país cuenta con las condiciones necesarias para el cultivo de productos que garanticen un conjunto de ideal de alimentos para la población colombiana. De acuerdo con (Ministerio de Salud y Protección Social., 2014) la población colombiana consume en promedio 50g diarios de verduras y hortalizas y 94g de frutas, muy lejos de los parámetros establecidos de la OMS los cuales consisten en 400g diarios o 5 porciones, lo que significaría una demanda anual de más de 7 millones de toneladas.

Este valor resulta contraintuitivo, toda vez que, según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Social el país produce alrededor de 10 millones de toneladas anuales en cultivos transitorios, que considerando el desperdicio anual de cerca de 6 millones parecen insuficientes para garantizar la demanda de alimentos.

En la actualidad el país tiene una frontera agrícola estimada en 40.075.960 hectáreas la sin embargo, a este mismo año solo el 30% se cultiva.

La distribución del total de hectáreas cultivadas de acuerdo con (DANE, 2020b) se distribuyen en un 48,7% de cultivos agroindustriales, en los que se encuentran cultivos como el café, la palma de aceite, la caña de azúcar, el banano, entre otros. Un 13,4% cereales, plantaciones forestales 12,2% mientras que el cultivo de alimentos en las categorías de tubérculos, frutales, hortalizas, verduras y legumbres, representan el 25% de la producción agrícola del país. La Figura 1 presenta en detalle la participación de los diferentes grupos de alimentos en la producción del país.

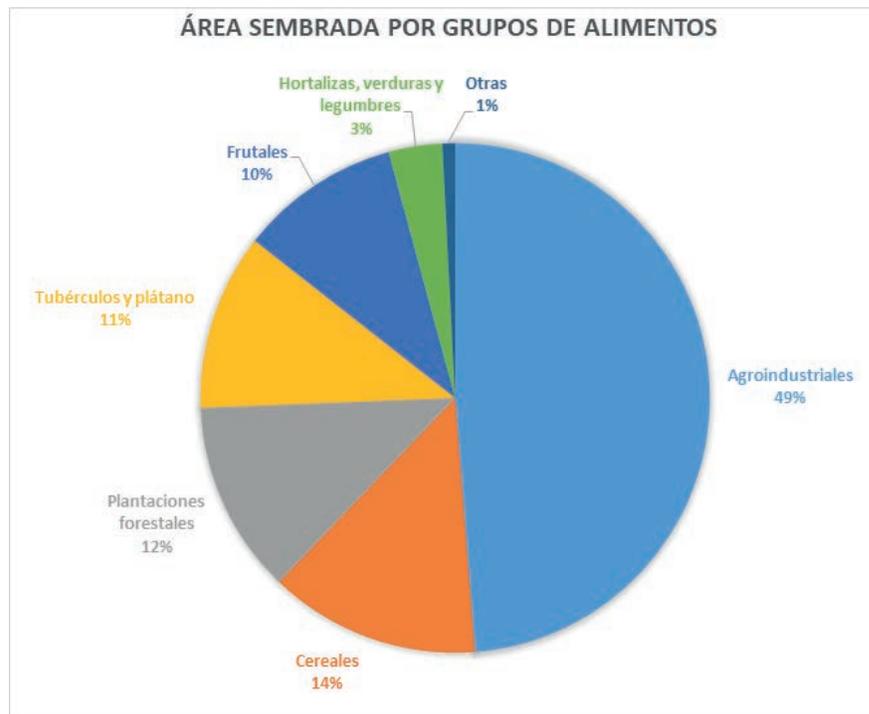


Figura 1. Distribución del área sembrada por grupo de alimentos

Fuente: (DANE, 2020)

El sector de la agricultura ha tenido crecimientos durante los últimos años. Para el 2019, se reportó un crecimiento del 3,9%, particularmente impulsado por la producción cafetera, de igual manera el sector en conjunto con el pecuario representa el 6,2% del PIB nacional, la evolución del crecimiento de la producción puede ser observado en la Figura 2.

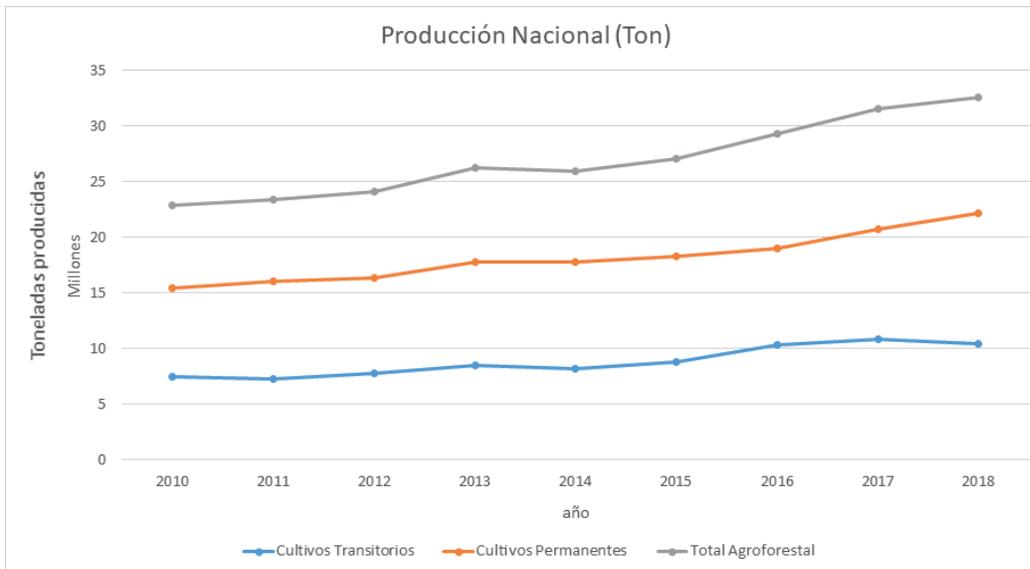


Figura 2. Evolución del total de toneladas producidas en Colombia.

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

Sin embargo, aunque estos indicadores presentan un crecimiento en la productividad, según (Jimenez et al., 2019) la agricultura colombiana ha tenido un discutido crecimiento de productividad entre el 0 y 0.8% como consecuencia de un sesgo tecnológico y efectos de la escala de producción durante los últimos años desaprovechando el gran potencial agrícola comparado con otros países de la región como consecuencia del conflicto armado y el narcotráfico.

También se agrega la incertidumbre alrededor de los derechos de propiedad de la tierra, la falta de infraestructura, la falta de innovación y desarrollo tecnológico en el sector, la falta de financiamiento, la baja inversión y la mala distribución de los recursos productivos.

Colombia tiene un gran potencial agrícola debido a su ubicación, climas y ecosistemas el cual actualmente no se encuentra aprovechado por diferentes circunstancias de la historia afectando el desarrollo del sector agricultor del país.

El cambio en las dinámicas socioculturales del país, junto con demandas externas como el cumplimiento de los objetivos de desarrollo del milenio y las políticas de seguridad alimentaria hacen que el sector tome un nuevo rol donde no solo sea producir frutas y verduras, sino una cantidad determinada para una población en aumento que garantice su correcta alimentación.

De igual manera este potencial puede ser aprovechado para cubrir las necesidades de otros países que por tierras o ecosistemas no pueden producir las frutas y verduras que requieren, todo ello apalancado en estrategias y programas que el gobierno nacional y el sector privado diseñen e implementen con el fin de fortalecer un sector que, si bien viene creciendo, puede hacerlo a mayores tasas pudiendo ser un referente de participación del PIB en los siguientes años.

Todos estos potenciales beneficios pueden ser apalancados a través de una buena ejecución en las cadenas agroalimentarias, estrategias logísticas que permitan reducir el desperdicio de alimentos, particularmente en las etapas de postcosecha, almacenamiento y distribución que llegan a representar un 40% del total de desperdicio.

La siguiente sección introduce el concepto de cadena de suministro alimentaria, y presenta una revisión de prácticas de cadena de suministro en los diferentes eslabones de abastecimiento, almacenamiento y distribución.

Cadena de suministro alimentaria

La cadena de suministro alimentario ha recibido una fuerte atención en los últimos años al punto que se ha desarrollado como un campo disciplinar por sí sólo (Bourlakis & Weightman, 2004). La cadena de suministro alimentaria se refiere al proceso que describe como los alimentos viajan desde los campos de producción al consumidor final. Este proceso incluye la producción, el procesamiento, distribución consumo y la disposición. Una particularidad de las cadenas de suministro alimentarias es la naturaleza perecedera de los bienes que fluyen a través de ella, de allí que se requieran condiciones especiales (Rong et al., 2011)

Debido a la degradación de los materiales que fluyen en esta cadena de suministro, se ha hecho necesario una evolución con respecto a las relaciones entre los socios de negocio. Bourlakis & Weightman, (2004) sostienen que para que la cadena de suministro alimentaria permanezca competitiva es clave pasar de relaciones competitivas, oportunistas y algunas con confrontaciones a relaciones de más largo plazo, con confianza e intercambio de información.

Otros factores que afectan esta cadena es la alta regulación, las restricciones de capacidad logística, el cambio de patrones de consumo, preocupaciones medioambientales y la gran cantidad de actores involucrados (Ballesteros Gómez, 2017).

Bajo este ambiente complejo (Bourlakis & Weightman, 2004) desarrollan seis factores que juegan un rol importante en la competitividad de estas cadenas de suministro entre ellos la i. calidad y su aseguramiento, ii. El uso de tecnología y la innovación, iii. La logística y la gestión de cadena de suministro, iv. Las tecnologías de la información, así como tecnologías habilitadoras como el uso de códigos de barras, radiofrecuencia, el intercambio electrónico de información, v. El marco regulatorio y vi. Los consumidores.

En términos de su estructura la cadena de suministro alimentaria tiende a tener múltiples intermediarios, esto se debe en gran medida a que los centros de producción tradicionalmente están en zonas alejadas de los consumidores finales.

Una aproximación a la estructura de la cadena es presentada a continuación, la ilustración solo presenta el flujo de producto, sin embargo, en términos de cadena de suministro, también, son importantes los flujos de información y de dinero. Sin embargo, en las cadenas alimentarias el flujo de información suele ser fragmentado lo que conlleva una mala previsión de la demanda, al punto en que los campesinos deben dejar perder sus cosechas en momentos de sobreoferta de alimentos (LOGYCA, 2018).

En los últimos años se ha mostrado un gran interés en la caracterización de alimentos orgánicos, así como la sostenibilidad y la seguridad alimentaria, en diferentes niveles de decisión: diseño de red, planificación táctica de la red y la planificación operativa del transporte (Akkerman et al., 2010).

Causas de la pérdida y desperdicio de alimentos

A continuación, se presenta la recopilación de diferentes métodos de cuantificación de desperdicio la revisión sobre este tópico permite identificar las diferentes causales de desperdicio de alimento, así como las etapas donde suceden. De manera preliminar la pérdida y desperdicio de alimentos, de acuerdo con el Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura (IICA), puede ser atribuida a las condiciones climáticas adversas, a la deficiencia de la infraestructura disponible, así como la poca tecnificación y prácticas culturales, los altos precios de los insumos agrícolas y los bajos precios de venta.

Por otro lado, el Ministerio de producción y Trabajo, en conjunto con la Secretaria de Agroindustria de Argentina (Rivas et al. 2015)., clasifican la pérdida y desperdicio de alimentos, de acuerdo con su etapa de producción: la sobreproducción de alimentos, una recolección prematura de los cultivos, la deficiente infraestructura de almacenamiento y de postcosecha, así como la ausencia de instalaciones de procesamiento de alimentos.

De manera más puntual el Centro de Investigaciones sobre Desarrollo Económico (CIDE-TI) de la Università di Bologna, relaciona las causales de la pérdida y desperdicio de alimentos con su etapa logística (CENTRO DE INVESTIGACIONES SOBRE DESARROLLO ECONÓMICO, 2017) estas causales puede ser revisado en la Tabla 3.

Tabla 3. Causales de pérdidas de alimentos en las diferentes etapas de la cadena de suministro.

Etapa logística	Causales de pérdidas y desperdicios
Cosecha / Producción	<ul style="list-style-type: none"> - Malas prácticas agronómicas y de cultivo - Falta de información sobre BPA - Escaso acceso a los mercados y a financiamiento - Daño mecánico, derroche o deficiencias en la selección luego de la cosecha.
Postcosecha	<ul style="list-style-type: none"> - Elección de contenedores y envases inadecuados - Falta de acceso a servicios de tratamiento - Derrame y deterioro del producto entre el campo y la distribución.
Procesamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Contaminación a lo largo de la cadena - Falta de capacitación en BPM e higiene - Derrames y deterioro - Interrupciones del proceso - Deficiencias en selección de cultivos
Almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Ausencia de instalaciones de conservación - Utilización incorrecta o falta de las tecnologías - Malas condiciones de almacenamiento
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> - Manipulación accidentada de la producción - Utilización de contenedores, paquetes o vehículos inapropiados - Demoras en los espacios de descarga (no refrigeración)

Haciendo eco de la clasificación presentado por CIDETI, también se puede observar de acuerdo con estudios reportados una variabilidad en la cantidad de desperdicio con respecto al tamaño de las economías.

Por ejemplo, en países de menores ingresos y en vías de desarrollo, la pérdida y desperdicio de alimentos se concentra en las primeras etapas de la cadena agroalimentaria, esto debido a las limitaciones de infraestructura y técnicas de cultivo, así como la ausencia de elementos de empaque y embalaje (Aulakh et al., 2013; Hodges et al., 2011).

En contraposición, en países con mayores ingresos la pérdida y desperdicio de alimentos suele centrarse, en eslabones aguas debajo de la cadena agroalimentaria; en la distribución y consumo. Relacionadas principalmente por la falta de coordinación entre los diferentes actores, así como por los hábitos de consumo y comportamiento del cliente final (Beretta et al., 2013; Grethe et al., 2011).

La Tabla 4 presenta diferentes factores críticos que influyen la presencia de pérdida y desperdicio de alimentos a lo largo de la cadena de suministro. Las siguientes secciones presentan hallazgos sobre diferentes prácticas de gestión de cadena de suministro en las redes agroalimentarias.

Tabla 4. Factores críticos en la pérdida de alimentos

Momento en la cadena de suministro	Humedad	Clima	Enfermedades/ Plagas	Infraestructura	Nivel de mecanización	Tamaño de operación	Calidad de la administración	Características del actor	Recurso económico
Producción	X	X	X		X	X	X	X	X
Cosecha	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Almacenamiento	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Procesamiento	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Empaque / embalaje				X	X	X	X	X	X
Comercialización				X	X		X	X	X

Fuente: (Aulakh & Regmi, 2013)

Abastecimiento

Dentro de las agrocadenas logísticas de frutas y verduras, el abastecimiento se ha convertido en un cuello de botella el cual puede ser visto como una oportunidad de mejora para el sector.

A lo largo del país existen los denominados centros de acopio y centros mayoristas o minoristas que se encargan del almacenamiento postcosecha temporal de los productos dependiendo de la cercanía al consumidor, siendo más cerca de las ciudades los centros mayoristas y minoristas de abastos.

Estos entes o actores que hacen parte del flujo logístico de los productos y que realizan una función de almacenamiento deben tener en cuenta que ubicación, características y funcionamiento debe ser estratégica, reglamentada y vigilada respectivamente, como se puede observar en la Figura 3.

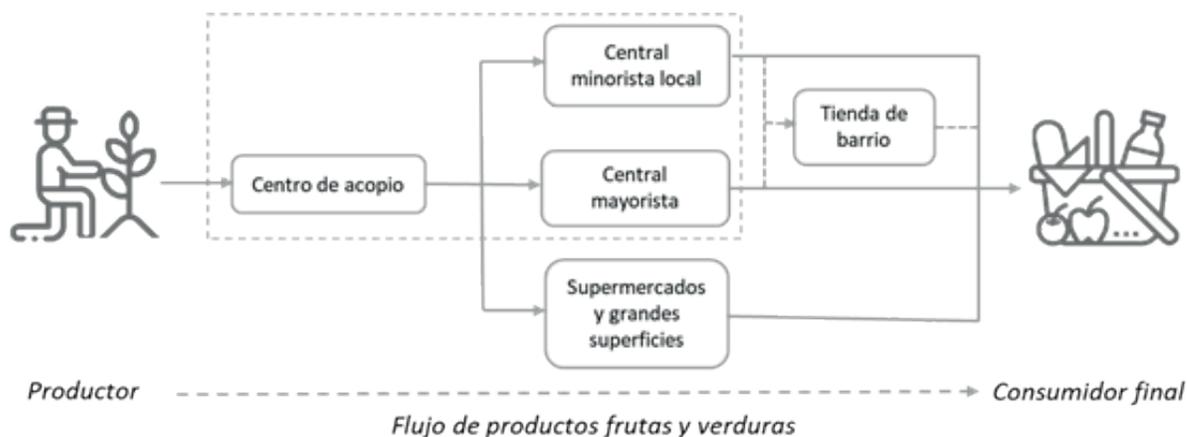


Figura 3. Actores vinculados a la cadena de suministro alimentaria.

Fuente: los autores

En lo que respecta a la ubicación de centros de acopio y centrales minoristas o mayorista respecto a productos perecederos, los autores indican un sin número de variables y parámetros los cuales se deben incluir a la hora de determinar la ubicación óptima de instalación física que recibe y envía productos para corresponder a una oferta y una demanda como presenta la Tabla 5 Variables críticas en el diseño de centro de acopio de alimentos Tabla 5.

Tabla 5 Variables críticas en el diseño de centro de acopio de alimentos.

Autor	Variables	Parámetros
(Xu et al., 2011)	<ul style="list-style-type: none"> - Cantidad de productos que se enviarán desde el proveedor (cultivo) hasta el centro de distribución (centro de acopio o centro mayorista/minorista) - La cantidad de productos a enviar del centro de distribución a una instalación posterior - Centro de distribución que seleccionado para abastecer 	<ul style="list-style-type: none"> - Demanda de productos - Costo del transporte - Tiempo de transporte - Capacidad del centro de distribución - Costos fijos del centro de distribución
(Drezner & Scott, 2013)	<ul style="list-style-type: none"> - Cantidad enviada de un punto de demanda desde un punto de abastecimiento localizado en X posición 	<ul style="list-style-type: none"> - Valor de recuperación de los productos no vendidos en el punto de demanda - Localización de los puntos de demanda - Distancia entre el punto de demanda y el centro de instalación - El costo de producir una unidad a distancia 0 - Costo de transporte
(Huang & Yang, 2019)	<ul style="list-style-type: none"> - Cantidad de productos enviados desde el proveedor al centro de distribución seleccionado - Cantidad de productos enviados desde el centro de distribución a un actor menor - Centro de distribución seleccionado para abastecer 	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidad de producción del proveedor - Demanda de los consumidores - Costo de distribución entre centros de distribución - Renta mensual del centro de distribución - Tiempo entre centros de distribución y otras instalaciones - Costo de mantener productos en los centros de distribución
(Suraraksa & Shin, 2019)	<ul style="list-style-type: none"> - Centro de distribución seleccionado para recibir productos 	<ul style="list-style-type: none"> - Distancia del centro de distribución - Distancia promedio de cubrimiento
(Yaghoubi & Akrami, 2019)	<ul style="list-style-type: none"> - Cantidad de productos transportados del proveedor al centro de distribución - Cantidad de productos transportados del centro de distribución a otras instalaciones - Tiempo de transporte requerido entre proveedor, centros de distribución y otras instalaciones 	<ul style="list-style-type: none"> - Distancia entre proveedores, centros de distribución y otras instalaciones - Cantidad de productos disponibles para llegar a centros de distribución - Capacidad de centros de distribución - Tasa de transporte por kilómetro - Costos fijos de centros de distribución y otras instalaciones

En la mayoría de los casos debe entenderse centro de distribución como un centro de acopio o centrales mayoristas o minoristas donde se almacenarán temporalmente productos hortofrutícolas teniendo en cuenta la capacidad de producción de los cultivos o campos de siembra en el rol de productores y otras instalaciones como supermercados o tiendas de barrio como otras instalaciones físicas también relevantes para determinar su ubicación.

De acuerdo con (Castrellón et al., 2014) entre los factores determinantes para el manejo postcosecha que se le da a los artículos es importante considerar, 1. El número de compradores, 2. La distancia al centro de producción y entrega y 3. Tiempo que tarda desde la salida de la finca hasta el punto de entrega. De igual forma se requiere de coordinación de agentes en relaciones bilaterales o multilaterales.

De manera general se puede decir que la ubicación de centros de acopio y centrales mayoristas o minoristas dependen inicialmente de la oferta y demanda de los productos, sin embargo, como se vio en la tabla de autores que han determinado su ubicación hay otras variables que intervienen, así como aspectos propios del país.

Por ejemplo, Colombia cuenta con una geografía relativamente montañosa donde hay productores que generan frutas y verduras aprovechando las condiciones ideales para la siembra y cultivos de esos productos donde la distancia puede ser poca pero el tiempo para llegar a este y recoger los productos es considerable.

Esto se debe a la ausencia de infraestructura representada en carreteras que faciliten la circulación de vehículos para el transporte de los productos al igual que la limitada cantidad de vehículos de carga disponibles para el envío de productos entre los diferentes actores de las agrocadenas.

En las ciudades donde se encuentran los consumidores es más complicado aun, pues es complejo determinar una ubicación para una central mayorista o minorista teniendo en cuenta que la disponibilidad de espacio para su construcción e impacto en tráfico y ambiental que genera, haciéndose necesario la intermediación de otros actores como son los supermercados y tiendas de barrio para así lograr que los productos lleguen a su destino final que son personas que incluyen estos productos en su alimentación.

Almacenamiento

Los productos agrícolas tienen la característica de ser perecederos de ahí la necesidad de condiciones especiales para su logística. Particularmente en Colombia, y de acuerdo con el Ministerio de Agricultura y desarrollo rural las pérdidas en las cadenas de frutas pueden llegar a ser del 40%, del cual el 20 al 25% son explicadas por causas logísticas (Orjuela-Castro et

al.,2017)

La característica perecedera de los alimentos hace que se requiera de políticas de administración de inventario muy estrictas, por ejemplo, dada esta condición sería importante tener un nivel bajo de producto final, sin embargo, esto puede llevar a escasez, mientras que tener altos niveles conlleva un riesgo de daño (Chande et al., 2005). Esto hace que la gestión de almacenamiento e inventarios no sea una decisión trivial.

Otra contradicción que se observa en la gestión de este tipo de artículos es su política de revisión, dado la vida útil se requiere de modelos de revisión continua, sin embargo, debido a la complejidad en su implementación modelos de revisión periódica son más recomendables (Nahmias, 1982).

La literatura reporta diferentes modelos para la administración de inventarios, desde mecanismos de coordinación como el inventario gestionado por el proveedor (VMI), hasta el uso de tecnologías de información como el RFID, y el almacenamiento en cadena de frío para alargar el ciclo de vida del producto (Kamoun et al., 2015; Kitinoja, 2013).

Otros estudios se centran en el empaque de los alimentos (Orjuela-Castro et al., 2017) presentan una propuesta para evaluar diferentes tipos de empaques en la cadena de suministro del mango en Colombia. El artículo presenta como la asimetría en los empaques a lo largo de la cadena de suministro deteriora la calidad y vida útil del producto, estableciendo que mecanismos de coordinación pueden ayudar a mejorar el desempeño de la cadena de suministro como un todo.

Distribución

El último eslabón de la cadena agroalimentaria resulta ser la distribución de alimentos, resulta interesante clasificar la distribución en dos grandes fases, la distribución en la primera milla, que tiene en cuenta los procesos de transporte desde las fincas productoras hasta los grandes centros de acopio, y la distribución de última milla en la que los alimentos son entregados al consumidor final.

Una de las estrategias más renombradas por la literatura es la consolidación y desconsolidación de carga. Esta estrategia no sólo permite hacer más eficiente la distribución de los alimentos, sino que también tiene impactos positivos en otros aspectos como por ejemplo la congestión (Castrellón-Torres et al., 2015)

La consolidación de carga se refiere al proceso de combinar múltiples pequeños envíos en cargas más grandes y económicas, el principal objetivo de esta estrategia es el de disminuir

el costo total de transporte entre orígenes y destinos (Bookbinder & Higginson, 2002)

La consolidación de carga es un instrumento de coordinación a lo largo de la cadena de suministro, que permite entre otras la preservación de la calidad de los productos, a través de una eficiente manipulación de la carga, mientras que al mismo tiempo se reducen los costos operacionales (Castrellón-Torres et al., 2015). Esto requiere del esfuerzo de múltiples actores que buscan hacer más competitivas las cadenas de suministro, como resultado el tiempo medio que transcurre desde la salida de la finca hasta la llegada a un almacén de gran superficie se reduce, lo que se traduce en un aumento de la vida útil de los alimentos perecederos.

En términos de tecnologías de la información, diferentes autores han citado la importancia del uso de tecnologías que permitan la trazabilidad a lo largo de la cadena de suministro. Estos sistemas permiten a los diferentes actores de la cadena el compartir información sobre el número de productos en inventario, productos próximos a vencer, entre otra que puede ayudar a la planeación y diseño de planes para la reducción de la pérdida y desperdicio de alimentos (Thyberg & Tonjes, 2016).

En la gestión de la cadena de suministro alimentaria se requiere de una fuerte integración de los diferentes actores, a través de la colaboración, para reducir los niveles de inventario y entender mejor las necesidades de los clientes finales (Derqui, B., Fayos & Fernandez, 2016). En este respecto se ha venido trabajando para lograr esquemas de colaboración en las cadenas de transporte, estas pueden ser de gran ayuda para mitigar la pérdida de alimentos en este eslabón.

Suárez-Moreno et al., (2019) presenta una solución para la consolidación y compensación de viajes de carga a través de un sistema inteligente de transporte, ahí se presenta como la integración de actores por medio del intercambio de información permite generar ahorros en los sistemas de transporte, así como de disponer de activos logísticos de una manera más inteligente, este mecanismo podría ser llevado a las cadenas agroalimentarias.

Los sistemas de distribución son susceptibles a ser optimizados. Diferentes técnicas existen para este propósito, Validi et al., (2014) presenta una colección de técnicas de optimización utilizadas para el diseño de sistemas de distribución de cadenas alimentarias, entre otras se encuentran: red es neuronales, metaheurísticas como colonias de hormigas, recocido simulado, algoritmos genéticos, así como como también algoritmos de optimización como ramificación y acotamiento, así como problemas de programación lineal y entera mixta.

Si bien las técnicas descritas anteriormente son muy útiles para la optimización de estos sistemas, más importante aun es el diseño de modelos conceptuales para el manejo de alimen-

tos. En los últimos años ha venido cogiendo relevancia el concepto de Food Hub.

Los Food hubs representan un modelo de organización la gestión de las cadenas de suministro alimentarias; particularmente en la distribución de última milla, proporcionando volúmenes y servicios adecuados, que promuevan la sostenibilidad alimentaria (E. Morganti, 2011).

El desarrollo de Food hubs ha surgido como una estrategia clave para la expansión de los mercados locales y regionales (Anselm, 2013). Sirviendo como herramientas para reducir la extensión de las cadenas de suministro, acercando a los productos con los consumidores finales, en si son un canal de distribución mucha más directo (Dansby & Wilke, 2012).

De acuerdo con (James Barham, 2012; Woods, T., Velandia et al., 2013), algunas de las características que deben tener estos espacios para ser una solución eficiente en las cadenas de alimentarias son:

- Coordina la agregación, distribución y comercialización de alimentos cultivados localmente de varios productores a múltiples mercados a nivel local.
- Considera a los productores como socios comerciales valorados, en lugar de proveedores intercambiables y se ha comprometido siempre que sea posible a la compra de productos a pequeñas y medianas empresas locales productoras.
- Trabaja en estrecha colaboración con los productores, para asegurar que puedan cumplir con los requisitos del comprador, proporcionando directa o indirectamente asistencia técnica.
- Utiliza estrategias de diferenciación de productos para garantizar que los productores reciban un buen precio por sus productos.
- Genera impactos positivos de índole económico, social y ambiental en las comunidades locales.

Finalmente es necesario que los Food Hubs sean capaces de integrar las redes de logística urbana y proveer servicios logísticos a la carga para capturar la mayor cantidad de flujos de mercancías, suministrando una oferta de transporte eficiente desde los mercados a los centros de la ciudad (Morganti & Gonzalez-Feliu, 2014).

Para J. Barham et al., (2014) los Food hubs brindan diferentes oportunidades de distinta naturaleza. Aumentan el abastecimiento de productos alimentarios locales a mayor escala, lo que permite la conservación y creación de otras empresas, generación de puestos de trabajo

agrícolas, aumento de las ganancias en toda la región a medida que aumenta la producción a nivel local. Aumento del acceso al mercado y su confiabilidad entre otros.

Conclusiones

Las cadenas de suministro agroalimentarias resultan de vital importancia para la sostenibilidad de las comunidades, de la buena gestión de ellas depende la seguridad alimentaria de un país. La temática revisada en el capítulo es de vital importancia dado la cantidad de pérdida y desperdicio de alimento a nivel mundial, que se estima en el 50% de la producción y en el caso particular de Colombia en un total de 9,76 millones de toneladas, que de acuerdo con ABACO alcanzarían para alimentar a más de 37 millones de personas bajo los estándares de la OMS.

El problema aquí evidenciado es de escala global, incluso la misma ONU a través de sus objetivos del milenio ha establecido la necesidad de luchar contra este flagelo. La gestión de las cadenas de suministro agroalimentarias, cobran relevancia, ya que la aplicación de prácticas adecuadas permite reducir el desperdicio de alimentos.

Entre las estrategias revisadas en la construcción del capítulo valen la pena resaltar, la buena localización de centros de acopio, que dentro de su análisis incluyan variables como la distancia a los centros de producción, el costo de transporte, la capacidad de estos entre otros, técnicas de optimización permiten minimizar los costos operacionales asociadas a esta operación.

Con respecto al proceso de almacenamiento y mantenimiento de inventarios, la literatura revisada recomienda el uso de tecnologías de la información que permitan la trazabilidad de los productos, en especial se hace referencia a la necesidad de tener infraestructura adecuada para reducir la pérdida y desperdicio de alimentos, el uso de almacenes refrigerados, y el mantener la cadena de frío es uno de los principales retos. Por otro lado, con respecto al mantenimiento de inventarios, se hace necesario la aplicación de modelos estocásticos que permitan modelar el tiempo de vida, tanto de tiempo fijo como de tiempo variable.

También se relacionan metodologías para la selección de empaques, con respecto a esto último se hace necesario la coordinación en la toma de decisiones, el tener un tipo de empaque que atraviese toda la cadena de suministro disminuye la pérdida de alimentos debido a la menor manipulación del producto.

Finalmente, en la distribución de alimentos es importante el uso de estrategias de consolidación de carga que permitan reducir los costos de transporte por medio de la agregación de

carga, este tipo de estrategias permiten reducir el tiempo medio que transcurre entre el centro de producción y el mercado, esto tiene efectos en el tiempo de vida del producto.

Para la implementación de este tipo de estrategias se hace necesario estrategias de colaboración y coordinación en cadenas de suministro, el intercambio de información permite una mejor toma de decisiones, así como mayor transparencia en la manipulación de los alimentos.

Finalmente, se presentan nuevos modelos de comercialización, a través de la creación de canales más directos y que reduzcan la intermediación en esta cadena. A través de Food Hubs se puede también generar servicios logísticos a la carga, así como también ayuda a la sostenibilidad de la cadena de valor.

El punto clave en la gestión de las cadenas de suministro depende de la integración, se requiere que los actores de la cadena de suministro trabajen de manera conjunta para lograr ventajas competitivas y garantizar su sostenibilidad en el largo plazo. Esto se logra a través del intercambio de información y de recursos que permiten la creación de conocimiento conjunto.

El país, aunque rezagado tiene una gran oportunidad de desarrollo en el sector, principalmente el aumentar la cantidad de hectáreas cultivadas, así como diversificar los cultivos, principalmente orientados a la producción de frutas y verduras demandas en el mundo, el crecimiento sostenido que ha tenido el PIB del sector agropecuario permite tener confianza en el sector, así como también, el aumento en las exportaciones no tradicionales.

Para apoyar este reto es importante que se invierta en infraestructura que permita acercar los centros de producción a los centros de consumo, así como la implementación de tecnologías en el cultivo y postcosecha, así como la implementación de tecnología de la información para el intercambio de ella y la trazabilidad de las cadenas de suministro alimentarias.

Referencias

- Akkerman, R., Farahani, P., & Grunow, M. (2010). *Quality, safety and sustainability in food distribution: a review of quantitative operations management approaches and challenges*. In *OR Spectrum* (Vol. 32, Issue 4). <https://doi.org/10.1007/s00291-010-0223-2>
- Anselm, M. E. (2013). *Exploring the Rationale For and Role of Public Financing for Food Hubs*. Oregon State University.
- Aramyan, L., Ondersteijn, C. J., Van Kooten, O., & Lansink, A. O. (2006). *Performance indicators in agri-food production chains*. *Frontis*, 47–64.
- Aulakh, J., & Regmi, A. (2013). *Post-harvest food losses estimation-development of consistent methodology*.
- Aulakh, J., Regmi, A., Fulton, J. R., & Alexander, C. E. (2013). *Estimating post-harvest food losses: Developing a consistent global estimation framework*.

- Ballesteros Gómez, C. (2017). *Estrategias para la reducción de pérdidas de productos perecederos en el proceso de distribución. caso de estudio plátano en la región de Cundinamarca*. [Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/62353>
- Barham, J., Tropp, D., Enterline, K., Farbman, J., Fisk, J., & Kiraly, S. (2014). *Guía informativa del centro regional de distribución de productos alimentarios*.
- Barham, James. (2012). *Clarifying the Food Hub Concept*. *Rural Connections*, 6(2), 7–10.
- Beleño, I. (2018). *En el sector agrícola se pierden 6 millones de toneladas al año*. *Agro En Negocios*. <https://www.agronegocios.co/agricultura/en-el-sector-agricola-se-pierden-6-millones-de-toneladas-de-alimentos-al-ano-2706145>
- Beretta, C., Stoessel, F., Baier, U., & Hellweg, S. (2013). *Quantifying food losses and the potential for reduction in Switzerland*. *Waste Management*, 33(3), 764-773.
- Bookbinder, J. H., & Higginson, J. K. (2002). *Probabilistic modeling of freight consolidation by private carriage*. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 38(5), 305–318.
- Bourlakis, M. A., & Weightman, P. W. (2004). *Food supply chain management*. Blackwell Publishing Inc.
- Bustos, C. A., & Moors, E. H. M. (2018). *Reducing post-harvest food losses through innovative collaboration: Insights from the Colombian and Mexican avocado supply chains*. *Journal of Cleaner Production*, 199, 1020–1034. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.187>
- Castrellón-Torres, J. P., García-Alcaraz, J. L., & Adarme-Jaimes, W. (2015). *Freight consolidation as a coordination mechanism in perishable supply chains: A simulation study*. *Dyna*, 82(189), 233–242.
- Castrellón, J. P., Adarme, W., & Cedillo, M. G. (2014). *Análisis de componentes principales para el diseño de estrategias de coordinación en redes de suministro agrícola*. *Congreso Internacional de Logística y Cadena de Suministro (CiLOG2014)*, .
- CENTRO DE INVESTIGACIONES SOBRE DESARROLLO ECONÓMICO, T. E. I. (CIDETI). (2017). *Diseño metodológico para la estimación del desperdicio de alimentos en la Argentina en las etapas de distribución y comercio minorista y consumo en el hogar*. <http://www.fao.org/3/a-i7152s.pdf>
- Chande, A., Dhekane, S., Hemachandra, N., & Rangaraj, N. (2005). *Perishable inventory management and dynamic pricing using RFID technology*. *Sadhana*, 30(2–3), 445–462.
- DANE. (2020a). *Boletín Técnico Producto Interno Bruto (PIB)*. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/bol_PIB_IVtrim19_produccion_y_gasto.pdf
- DANE. (2020b). *Encuesta nacional agropecuaria (ENA)*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/encuesta-nacional-agropecuaria-ena>
- Dansby, N., & Wilke, C. (2012). *Food Innovation Districts*.
- Derqui, B., Fayos, T., & Fernandez, V. (2016). *Towards a more sustainable food supply chain: opening up invisible waste in food service*. *Sustainability*, 8(7), 693.
- Drezner, Z., & Scott, C. H. (2013). *Location of a distribution center for a perishable product*. *Mathematical Methods of Operations Research*, 78(3), 301–314. <https://doi.org/10.1007/s00186-013-0445-6>
- E. Morganti. (2011). *Urban food planning, city logistics and sustainability: the role of the wholesale produce market. The cases of Parma and Bologna food hubs* [Università di Bologna]. <http://amsdottorato.unibo.it/4186/>

- Fancello, G., Paddeu, D., & Fadda, P. (2017). Investigating last food mile deliveries: A case study approach to identify needs of food delivery demand. *Research in Transportation Economics*, 65, 56–66. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2017.09.004>
- FAO. (1981). FAO. (1981). *Food Loss Prevention in Perishable Crops*.
- FAO (2009). *La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050*.
- FAO. (2011). *Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo*.
- Fikar, C. (2018). A decision support system to investigate food losses in e-grocery deliveries. *Computers & Industrial Engineering*, 117, 282–290. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.02.014>
- García-Flores, R., Juliano, P., & Petkovic, K. (2019). Handling food waste and losses: Criticalities and methodologies. In *Sustainable Food Supply Chains* (pp. 261–276). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b9780-12-813411-5.00018-1>
- Grethe, H., Dembélé, A., & Duman, N. (2011). How to feed the world's growing billions. *Understanding FAO world food projections and their implications*.
- Griffin, M., Sobal, J., & Lyson, T. A. (2009). An analysis of a community food waste stream. *Agriculture and Human Values*, 26((1-2)), 67-81.
- Hall, K. D., Guo, J., DoreM., & Chow, C. C. (2009). The progressive increase of food waste in America and its environmental impact. *PloS One*, 4(11), e 7940.
- Hodges, R. J., Buzby, J. C., & Bennett, B. (2011). Postharvest losses and waste in developed and less developed countries: opportunities to improve resource use. *The Journal of Agricultural Science*, 149(S 1), 37-45.
- Huang, L., & Yang, J. (2019). Location-distribution of cruise ship supply logistics distribution centre considering time window. *Systems Science & Control Engineering*, 7(1), 338–345. <https://doi.org/10.1080/21642583.2019.1674221>
- Instituto Colombiano de Bienestar. (2015). *Encuesta Nacional de Situación Nutricional - ENSIN 2015*. <https://www.icbf.gov.co/bienestar/nutricion/encuesta-nacional-situacion-nutricional>
- Jayne, T. S., Zulu, B., & Nijhoff, J. J. (2006). Stabilizing food markets in eastern and southern Africa. *Food Policy*, 31(4), 328–341.
- Jimenez, M. I., Abbott, P., & Foster, K. (2019). Measurement and analysis of agricultural productivity in Colombia. *El Futuro de Las Humanidades*, 11(20), 4–37. <https://doi.org/10.17230/ecos.2019.47.1>
- Ju, M., Osako, M., & Harashina, S. (2017). Food loss rate in food supply chain using material flow analysis. *Waste Management*, 61, 443–454. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.01.021>
- Kamoun, F., Alfandi, O., & Miniaoui, S. (2015). An RFID solution for the monitoring of storage time and localization of perishable food in a distribution center. *Global Summit on Computer & Information Technology (GSCIT)*, 1–6.
- Kantor, L. S., K. Lipton, A. M., & Oliveira., V. (1997). Estimating and addressing America's food losses. *Food Review*, 20(1).
- Kitinoja, L. (2013). Use of cold chains for reducing food losses in developing countries. *Population*, 6(, 5–60.
- Lundqvist, J., de Fraiture, C., & Molden, D. (2008). Saving water: from field to fork: curbing losses and wastage in the food chain.

- Mena, C., Adenso-Diaz, B., & Yurt, O. (2011). *The causes of food waste in the supplier-retailer interface: Evidences from the {UK} and Spain*. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(6), 648–658. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.09.006>
- Mercier, S., Mondor, M., McCarthy, U., Villeneuve, S., Alvarez, G., & Uysal, I. (2019). *Optimized cold chain to save food*. In *Saving Food* (pp. 203–226). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-815357-4.00007-9>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2014). *Perfil nacional de consumo de frutas y verduras*. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SNA/perfil-nacional-consumo-frutas-y-verduras-colombia-2013.pdf>
- Ministerio de Salud y Protección Social (2018). *Encuesta Nacional de la situación nutricional 2015*. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/GCFI/ensin-colombia-2018.pdf>
- Morganti, E., & Gonzalez-Feliu, J. (2014). *The last food mile concept as a city logistics solution for perishable products*. *Enterprise Interoperability: Interoperability for Agility, Resilience and Plasticity of Collaborations*, 202.
- Nahmias, S. (1982). *Perishable inventory theory: A review*. *Operations Research*, 30(4), 680–708.
- Orjuela-Castro, J. A., Herrera-Ramírez, M. M., & Adarme-Jaimes, W. (2017). *Warehousing and transportation logistics of mango in Colombia: A system dynamics model*. *Revista Facultad de Ingeniería*, 26(44), 73-86.
- Parfitt, J., Barthel, M., & Macnaughton, S. (2010). *Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050*. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 3065–3081.
- Plazzotta, S., & Manzocco, L. (2019). *Food waste valorization*. In *Saving Food* (pp. 279–313). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-815357-4.00010-9>
- Raut, R. D., Gardas, B. B., Narwane, V. S., & Narkhede, B. E. (2019). *Improvement in the food losses in fruits and vegetable supply chain - a perspective of cold third-party logistics approach*. *Operations Research Perspectives*, 6, 100117. <https://doi.org/10.1016/j.orp.2019.100117>
- Rivas, A, Blengino, C & Alvarez de Toledo, B (2015). *Pérdidas y desperdicio Alimentario (PDA) en Argentina*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca Argentina. Publicado en: <http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Publicaciones/revistas/nota.php?id=104>
- Rong, A., Akkerman, R., & Grunow, M. (2011). *An optimization approach for managing fresh food quality throughout the supply chain*. *International Journal of Production Economics*, 131(1), 421–429. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.11.026>
- Smil, V. (2004). *Improving Efficiency and Reducing Waste in Our Food System*. *Environmental Sciences*, 1(1), 17–26.
- Stella, D. (2019). *Optimized food supply chains to reduce food losses*. In *Saving Food* (pp. 227–248). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-815357-4.00008-0>
- Stuart, T. (2009). *Waste. Uncovering the Global Food Scandal*. Penguin.
- Suárez-Moreno, J. D., Garcia-Castillo, J., Castañeda-Velasquez, A. M., & Cardenas-Hurtado, A. F. (2019). *Making horizontal collaboration among shippers feasible through the application of an ITS*. In *2019 2nd Latin American Conference on Intelligent Transportation Systems (ITS LATAM)*, 1–6.

- Suraraksa, & Shin. (2019). Urban Transportation Network Design for Fresh Fruit and Vegetables Using GIS. *The Case of Bangkok. Applied Sciences*, 9(23), 5048. <https://doi.org/10.3390/app9235048>
- Thyberg, K. L., & Tonjes, D. J. (2016). Drivers of food waste and their implications for sustainable policy development. *Resources, Conservation and Recycling*, 106, 110–123.
- United Nations (2015). *Objetivos de desarrollo sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/hunger/>
- Validi, S., Bhattacharya, A., & Byrne, P. J. (2014). A case analysis of a sustainable food supply chain distribution system—A multi-objective approach. *International Journal of Production Economics*, 152, 71–87.
- Vittuari, M., Menna, F. De, García-Herrero, L., Pagani, M., Brenes-Peralta, L., & Segrè, A. (2019). Food systems sustainability: The complex challenge of food loss and waste. In *Sustainable Food Supply Chains* (pp. 249–260). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-813411-5.00017-x>
- Wakiyama, T., Lenzen, M., Faturay, F., Geschke, A., Malik, A., Fry, J., & Nansai, K. (2019). Responsibility for food loss from a regional supply-chain perspective. *Resources, Conservation and Recycling*, 146, 373–383. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.04.003>
- Woods, T., Velandia, M., Holcomb, R., Dunning, R., & Bendfeldt, E. (2013). Local food systems markets and supply chains. *Choices*, 28, 1–4.
- Xu, J., Yao, L., & Zhao, X. (2011). A multi-objective chance-constrained network optimal model with random fuzzy coefficients and its application to logistics distribution center location problem. *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 10(3), 255–285. <https://doi.org/10.1007/s10700-011-9105-6>
- Yaghoubi, A., & Akrami, F. (2019). Proposing a new model for location - routing problem of perishable raw material suppliers with using meta-heuristic algorithms. *Heliyon*, 5(12), e03020. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e03020>

**Planeación de
compras, gestión
de inventarios y
transporte en una
empresa productora
de café**

Planeación de compras, gestión de inventarios y transporte en una empresa productora de café

Juan Sebastián Blanco Morales
Johan Sebastián Muñoz Martínez
Valentina Rodríguez Uribe
Karen Margarita Santos Garavito
Yenny Alexandra Paredes Astudillo

Resumen

En el presente trabajo de grado aplicado en una empresa productora de Café, se realizó un análisis frente a los problemas presentados en las fases de planeación de órdenes de compra, gestión de inventarios y distribución de producto terminado que enfrenta esta compañía dedicada a la producción de café. En la primera fase, se ordena grandes cantidades de materia prima debido a que no se cuenta con un modelo que determine el instante y la cantidad adecuada a pedir. Esto conlleva a que, en la segunda fase, exista una gran cantidad de materia prima almacenada en bodega que genera bajos índices de rotación de inventarios. Con respecto a la última fase, la empresa realiza un mayor número de rutas a las necesarias, debido a que no existe un modelo que plantee, para cada ruta, la correcta asignación de clientes con el máximo aprovechamiento de las capacidades de los vehículos.

Para la solución de los problemas en la primera y segunda fase con el fin de disminuir los costos en la empresa, se diseñó un primer aplicativo que contiene una heurística MRP, el cual permite mediante la estimación de pronósticos, identificar las unidades a producir de las presentaciones de café tradicional, el gourmet y la maquila, el inventario de las unidades de producto terminado, el momento en que se requiere ordenar la materia prima y las cantidades en inventario de esta.

Ahora bien, para la solución de los problemas en la tercera fase se diseñó un segundo aplicativo utilizando una metaheurística que permite visualizar las rutas que necesita seguir cada vehículo para entregar los pedidos de los clientes y a su vez, se conecta con la aplicación de Google Maps para visualizar el recorrido que este debe realizar, escogiendo las vías con menos congestión en tiempo real.

Para la creación del primer aplicativo, se programaron los pronósticos de suavizaciones exponenciales: Simple, Doble y Triple, en este se escoge para cada tipo de producto el modelo de pronóstico más preciso basado en el indicador MAPE. A partir de estos datos, se programaron todas las heurísticas MRP y se estableció el stock de seguridad para cada tipo de producto; la política que se selecciona para establecer los requerimientos de material está definida por el menor costo total representado en los costos de producción, mantenimiento de inventario y de adquisición. Por otra parte, para el diseño del segundo aplicativo se tuvieron en cuenta restricciones de vehículos heterogéneos, capacidades y ventanas de tiempo; los resultados de este aplicativo se compararon con los arrojados por el programa Gusek para determinar qué tan bueno era el aplicativo al identificar las rutas y obtener los costos.

En cuanto a las restricciones que presentan los diseños, se establecen las siguientes: 1) los parámetros como la cantidad de vehículos, productos y costos se limitaron a la situación actual de la empresa; 2) para visualizar las rutas es necesario que previamente se definan los clientes que por día se atenderán, la cantidad de producto a enviar y si el cliente tiene alguna restricción con la llegada de la mercancía; 3) en el aplicativo de MRP siempre se debe realizar una actualización de los datos de la demanda histórica de 2 años y medio para cada tipo de café y calcular los nuevos pronósticos; 4) existe un stock de seguridad el cual puede variar dependiendo de los pronósticos y los costos de producción (C, H, K) y 5) los aplicativos propuestos no se implementaron en la empresa por las limitaciones de tiempo, sin embargo, se realizó una comparación frente a la situación actual de la empresa.

Los estándares que cumplen los aplicativos estos se rigen por la norma ISO-9126, la cual especifica requerimientos como funcionalidad, confiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenibilidad y portabilidad. Dentro de los resultados obtenidos, las políticas que generan menores costos en el primer aplicativo son: Lote a Lote, Silver Meal y POQ para el café tradicional, el gourmet y la maquila respectivamente. Así mismo, aplicando dichas políticas, el costo total por kilogramo se reduce en: 1,12% para el café tradicional, 1,79% para el café gourmet y 2,50% para el café maquila.

En comparación a la solución óptima del modelo matemático, el aplicativo de transporte arroja una eficiencia del 95,01% según las pruebas que se realizaron y a su vez logra alcanzar las mejores funciones objetivo de dos problemas de optimización comunes (Burman 14 y Ulyses 16), en un tiempo menor a los registrados. En cuanto a costos, si se llevan a cabo las rutas sugeridas, estos disminuirán en promedio 27% mensualmente, lo que equivale a un ahorro de

\$1'106.911,76.

Problemática

Una cadena productiva puede entenderse como un campo organizacional, ya que está compuesto por los “proveedores clave, consumidores de recursos y productos, agencias reguladoras y otras organizaciones que producen servicios o productos similares” (DiMaggio y Powell, 1983, p.148). Dicho esto, la industria del café se comporta como cadena productiva debido a que se compone de productores, transformadores, y consumidores.

En esta medida, esta industria en el contexto colombiano es reconocida por contar con uno de los mejores cafés en grano con altos estándares de calidad, caracterizado por su excelente sabor y aroma, siendo este uno de los productos más emblemáticos del país. Gracias a esto, el sector cafetero en Colombia representa el 42,90% de los cultivos agroindustriales (DANE, 2016), produciendo 87.642,49 toneladas de café en grano al año. Asimismo, Colombia se encuentra en el tercer puesto de los productores de café más importantes del mundo, después de Brasil y Vietnam, aportando al PIB un 0,7% representado en \$6,5 billones de pesos colombianos.

Este negocio soporta cerca de 563.000 familias caficultoras colombianas, ubicados en 588 municipios de 20 departamentos, entre los cuales se encuentran: Nariño, Norte de Santander, Antioquia, Valle del Cauca, Cundinamarca, Huila, Cauca, Tolima, Caldas, Quindío y Risaralda (Federación Nacional de Cafeteros, 2016). El departamento del Cauca se destaca por tener más de 87 mil familias cafeteras encargadas del proceso de siembra y recolección en 74 mil hectáreas de café (Federación Nacional de Cafeteros, 2009). Teniendo en cuenta la importancia de este sector, en el presente trabajo se tomó como caso de estudio una empresa torrefactora¹ de café originaria del Cauca ubicada en la ciudad de Popayán, categorizada como pequeña y mediana empresa (PYME) por su tamaño.

La empresa en cuestión produce café tradicional, gourmet, presta el servicio de maquila a otras marcas y comercializa café instantáneo de su propia marca. El proceso de producción de café tostado y molido en referencias de tradicional y gourmet, presenta diferentes fases descritas en la Figura 1. Estas constan de la compra del café previamente trillado², seguido por la producción, el empaque y finalmente su distribución. Sin embargo, el café instantáneo no es producido propiamente en la empresa, sino que es fabricado y empaçado por la empresa otra

1 Torrefactora: planta industrial que utiliza el proceso de torrefacción, que consiste en moler y secar productos alimenticios por medio de torres de secado a temperaturas altas.

2 Trillado: consiste en la eliminación de la envoltura o pergamino del café, obteniéndose el café verde o también llamado café trillado.

empresa tercera, la cual presta el servicio de maquila. Posteriormente, este producto ingresa al proceso de almacenamiento y distribución junto con los otros dos.

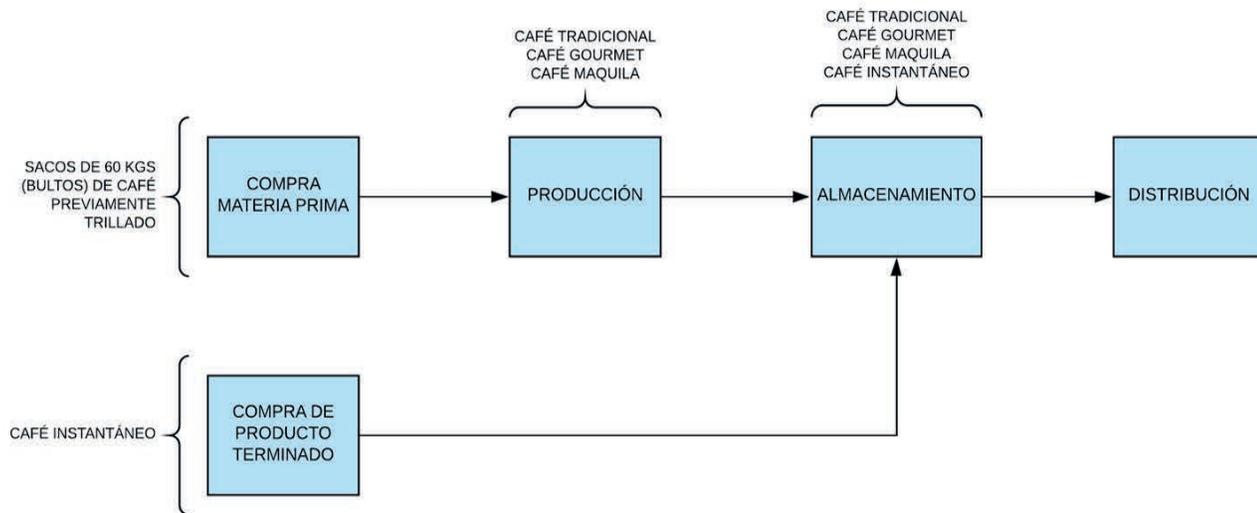


Figura 1. Proceso de compra, producción, almacenamiento y distribución de café en la empresa

Fuente. Los autores

Esta al igual que la mayoría de las pequeñas empresas pueden llegar a tener bajos niveles de productividad a causa de la incapacidad de aprovechar economías de escala y a la falta de acceso al crédito para inversión en capital, tal como lo menciona Oldsman (1994) en estas organizaciones son escasos los recursos económicos, de capital humano calificado y tecnologías; situación lleva a que las decisiones en temas de planeación de la cadena de suministros se tomen por experiencia, y no con el soporte de herramientas para la toma de decisiones en los diferentes niveles de la compañía. Con referencia a las problemáticas mencionadas, se propusieron herramientas que permitan, mejorar la toma de las decisiones en la logística y planeación de las diferentes fases a partir de modelos heurísticos y herramientas de optimización.

Antecedentes

A lo largo del tiempo, las empresas han definido como principal objetivo la mejora continua de todos los procesos logísticos en los cuales es primordial disponer de una metodología integrada de toda la cadena de suministro. Para lograr lo anterior, se establecen tres fases importantes: la primera, es la planeación de las órdenes de compra de materia prima; la segunda, es el establecimiento de un modelo de gestión de inventarios que cumpla con la demanda solicitada; y finalmente, la definición de las rutas que lleven los productos a cada uno de los clientes en el menor tiempo.

En las dos primeras fases correspondientes a la compra de materia prima y gestión de

inventarios, Causado Rodríguez (2015) menciona que, en la venta y distribución, el modelo de Economic Order Quantity (EOQ) representa cálculos simples con el fin de determinar la cantidad óptima de producto que se debe pedir y por consiguiente se disminuye el gasto de inventario en un período de tiempo. Sin embargo, Pérez Mantilla, F. A., & Torres, F. (2014) apunta que este modelo en productos perecederos, como puede ser el café, no da un muy buen resultado al encontrar la cantidad óptima ya que los productos no cuentan con una vida útil ilimitada. Por esta razón, es fundamental emplear otro método de gestión de inventarios que permita modelar adecuadamente un producto como el café.

En la Tabla 1, a continuación, se presenta una síntesis de autores que han abordado el tema de pronósticos y gestión de inventarios en distintas empresas, con el fin de maximizar el beneficio total en el horizonte de planeación y mejorar el desempeño de los actores de la cadena de suministro.

Tabla 1. Antecedentes planeación agregada y gestión de inventarios

Artículo	Metodología utilizada	Objetivo
Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la demanda de almacenamiento de productos perecederos. Contreras Juarez, A., Atziry Zuniga, C., Martínez Flores, J. L., & Sánchez Partida, D. (2016)	Incorpora técnicas de pronósticos de series de tiempo, en el volumen de ingreso y egreso de los productos en una cámara frigorífica.	Estimar el volumen de almacenamiento para prever los requerimientos de instalaciones adicionales, personal y materiales necesarios para la movilidad de los productos.
Metodología para el pronóstico de la demanda en ambientes multiproducto y de alta variabilidad. Méndez Giraldo, G. A., & López Sant, E. R. (2014)	Pronóstico agregado de acuerdo con la variabilidad, se emplea el coeficiente de variación como medida de variabilidad y suavización exponencial doble y promedios móviles dobles como técnica de pronóstico.	Buscar una clasificación de los productos de acuerdo con dos criterios, uno de movimiento para representar la rotación de inventarios, y el segundo de importancia respecto a las variables costo, volumen y peso.
Modelo de inventarios para control económico de pedidos en empresa comercializadora de alimentos. Causado Rodríguez, E. (2015)	Clasificación de los productos manejados por la empresa con el método ABC, de acuerdo con la importancia de cada producto en el total de ventas de la distribuidora; se aplicó el modelo de Cantidad Económica de Pedido -EOQ-	Lograr una reducción en los costos de inventario y un incremento en el beneficio económico de la organización.
Metodología de gestión de inventarios para determinar los niveles de integración y colaboración en una cadena de suministro. Salas-Navarro, K., Maiguel-Mejía, H., & Acevedo-Chedid, J. (2017)	Incluye cinco pasos: 1) Definición de políticas para la integración y colaboración, 2) Planificación colaborativa, 3) Integración de procesos claves y críticos, 4) Medición del desempeño y 5) Elaboración de planes de acción.	Determinar los niveles de integración y colaboración en una cadena de suministro, de tal forma que se generen políticas y estrategias conjuntas para mejorar el desempeño de los actores en la cadena.
Modelos de inventarios con productos perecederos: revisión de literatura. Pérez Mantilla, F. A., & Torres, F. (2014)	Referenciación de diferentes artículos que tienen en cuenta el tipo de demanda y deterioro representado en los modelos matemáticos, el estudio de una política de precio óptima, la inclusión de faltantes y/o valor del dinero en el tiempo y demás.	Elaborar un modelo de inventarios para productos alimenticios perecederos.
Modelos de sistemas MRP cerrados integrando incertidumbre. Arango, M. D., Cano, J. A., & Álvarez, K. C. (2012)	Cuatro modelos de los sistemas MRP cerrados con incertidumbre en los componentes de producción, como son: la capacidad necesaria de fabricación de cada producto, el tiempo de entrega y la disponibilidad del inventario.	Evaluar el costo total del plan de producción, nivel de inventarios, nivel de servicio y complejidad computacional.

Fuente. Los autores

Finalmente, para la tercera fase que corresponde a la definición de las rutas, el estudio de

Puenayán, Londoño, Escobar, & Linfati (2014) resulta pertinente debido a que plantea que el desarrollo del ruteo debe tener en cuenta factores como las capacidades y costos no homogéneos en los vehículos, los cuales son restricciones que dispone la compañía de estudio.

En la Tabla 2, se muestran algunos estudios que abordan el tema de distribución y ruteo de vehículos, teniendo en cuenta diferentes consideraciones.

Tabla 2 Antecedentes heurísticas ruteo

Artículo	Metodología utilizada	Objetivo
Revisión del estado del arte del problema de ruteo de vehículos con recogida y entrega (VRPPD). Ballesteros Silva, P. P., & Escobar Zuluaga, A. (2016)	Clasificación de los trabajos e investigaciones realizados sobre VRPPD según sus autores, los modelos utilizados y los métodos de solución usados.	Buscar el énfasis en las variantes del problema que involucran variables asociadas al medio ambiente, y en particular con la reducción del impacto de gases de efecto invernadero.
Un algoritmo metaheurístico para el problema de localización y ruteo con flota heterogénea. Linfati, R., Escobar, J. W., & Gatica, G. (2014)	Considera el problema de localización y ruteo con flota heterogénea (LRPH) proponiendo un algoritmo metaheurístico basado en una búsqueda tabú granular para la resolución del problema.	Minimizar la suma de los costos asociados con la apertura de depósitos, los costos de los vehículos utilizados, y los costos variables directamente relacionados con las distancias recorridas.
Un algoritmo basado en búsqueda tabú granular para la solución de un problema de ruteo de vehículos considerando flota heterogénea. (Puenayán, Londoño, Escobar, & Linfati, 2014)	Busca determinar las rutas a ser construidas para satisfacer las demandas de los clientes, considerando una flota de vehículos con capacidad y costos no homogéneos.	Proponer un algoritmo metaheurístico basado en una búsqueda tabú granular para la solución del problema.
Desempeño de las técnicas de agrupamiento para resolver el problema de ruteo con múltiples depósitos. Toro-Ocampo, E. M., Domínguez-Castaño, A. H., & Escobar-Zuluaga, A. H. (2016)	Metodología híbrida que combina las técnicas aglomerativas de clusterización para generar soluciones iniciales con un algoritmo de búsqueda local iterada, iterated location search (ILS) para resolver el problema.	Determinar las rutas de un conjunto de vehículos, atendiendo un conjunto de clientes con una demanda determinada. La función objetivo del problema consiste en minimizar el total de la distancia recorrida por las rutas, teniendo en cuenta que todos los clientes deben ser atendidos cumpliendo restricciones de capacidad de depósitos y vehículos.
Solución al problema de ruteo de vehículos con capacidad limitada (CVRP) usando una técnica metaheurística. Orrego Cardozo, J. P., Ospina Toro, D., & Toro Ocampo, E. M. (2016)	Se generan soluciones aproximadas para el CVRP tradicional usando la heurística de barrido de dos fases o sweep generando los clusters de afectación por vehículo y resolviendo cada problema del agente viajero (TSP) con el algoritmo genético modificado de Chu-Beasley (AGCB).	Generar soluciones aproximadas para el CVRP tradicional dando solución a la ruta óptima de cada camión dentro del mismo.

Fuente. Los autores

Se pretende realizar un modelo que le permita a la empresa soportar el proceso de compra de materia prima, la gestión de inventarios y la distribución de producto terminado, de acuerdo con la información encontrada en los estudios referenciados en estas tablas. Adicionalmente, se debe tener en cuenta que se está trabajando con un producto que tiene un comportamiento especial en su demanda, es perecedero y además tiene restricciones de almacenamiento que no permiten que el producto esté bajo ciertas condiciones ambientales que puedan influir en sus propiedades organolépticas.

Basado en lo anterior, se utilizarán metodologías que permitan la definición de un modelo de pronósticos para identificar la cantidad y el momento de compra de materia prima; el nivel de inventario adecuado de cada tipo de café y la elaboración de una metaheurística que

defina la ruta adecuada para disminuir costos en la empresa. Así, la empresa podrá contar con una solución que facilite la toma de decisiones de una forma más precisa, basada en todos los procesos involucrados.

Planeación de compras de materia prima, la cantidad de producto terminado a producir y el modelo de gestión de inventarios

En primera instancia, para el diseño de la herramienta sobre pronósticos, se definieron los productos a implementar en el aplicativo. De esta manera, se identificó que todos los productos. A partir de esto, se tuvieron en cuenta las siguientes etapas:

1. Levantamiento de la información

En esta etapa, se obtuvieron los datos de demanda de la empresa. La información que se recopiló fue la demanda mensual de 2 años y medio hasta diciembre de 2018. Después, estos datos se organizaron según la clasificación por producto, para obtener la demanda de cada uno en kilogramos. Cabe resaltar que, como cada tipo de producto tiene diferentes requerimientos de materia prima, fue necesario realizar una desagregación de la demanda, para facilitar la planeación de las órdenes de compra de materia prima.

2. Limpieza de datos

El objetivo fue realizar el respectivo análisis estadístico del comportamiento de la demanda y así lograr identificar y corregir los posibles datos atípicos del conjunto de datos. Esta actividad se realizó por medio de diagramas de caja y bigotes en el programa de Statistical Package For The Social Sciences (SPSS) y Microsoft Excel.

3. Verificación de pronósticos

Debido a la cantidad de datos históricos que se logró recolectar y a la estacionalidad del café, se decidió aplicar los pronósticos de demanda en un horizonte de planeación de 12 meses. Para pronosticar la demanda del producto terminado, se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Tener un conocimiento adecuado del mercado permite identificar un comportamiento de la demanda en específico (Estacionario³, Tendencia⁴ y Estacional⁵).

El mercado del café se ve influenciado por las temporadas de cosecha que haya de materia prima de este producto, por lo que la demanda aumenta en dichas temporadas. La Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNC, 2010) afirma que en

3 Comportamiento Estacionario: se presenta cuando la distribución y los parámetros no varían con el tiempo. Es decir, la media y la varianza de una serie estacionaria no cambian con el tiempo ni siguen una tendencia.

4 Comportamiento con Tendencia: se caracteriza por un patrón gradual y consistente de las variaciones de la propia serie que se consideran consecuencias de fuerzas persistentes, las cuales afectan el crecimiento o la reducción de esta.

5 Comportamiento Estacional: representa la variabilidad en los datos debida a influencias de las estaciones.

Colombia existe una cosecha principal entre septiembre y diciembre y otra secundaria entre abril y junio.

- Una interpretación gráfica de los datos históricos de la demanda para comprender el tipo de comportamiento que esta posee.

Se observó que en cada uno de los productos existen aumentos en la demanda al principio de cada semestre del año (enero y julio); por el contrario, se evidencia una tendencia negativa de los pedidos realizados en los periodos restantes.

- Realizar varios pronósticos variando el comportamiento de la demanda (Estacionario, Tendencia y Estacional) y hacer una comparación entre ellos con el indicador seleccionado MAPE.

Frechtling (2001) afirma que una serie de mediciones posibles para evaluar la precisión de los pronósticos es este indicador, puesto que es uno de los más útiles debido a su simplicidad y claridad intuitiva. Con el objetivo de minimizar el indicador MAPE, se utilizó el optimizador Solver para desarrollar cada uno de los modelos de pronósticos ligados al comportamiento de la demanda, el cual determinó los parámetros de suavización (Alfa, Beta y Gamma) para cada modelo.

4. Desarrollo del aplicativo de pronósticos

En cuanto a la estimación de los pronósticos, se decidió programar en Visual Basic Applications (VBA) los modelos más tradicionales: Suavización Exponencial Simple (SES), Suavización Exponencial Doble (SED) y Suavización Exponencial Triple (SET). Debido a que, al modificar las demandas estas podrían cambiar a otro comportamiento. Además, los tres modelos de forma manual generaron que el indicador MAPE fuera el menor para cada tipo de comportamiento.

Por otra parte, al programar los modelos, se obtiene que los indicadores MAPE son de 9,27%, 14,26% y 20,88% para la estimación de pronósticos del café tradicional, gourmet y maquila respectivamente. Frechtling (2001) afirma que el MAPE por debajo del 10% representa un pronóstico altamente preciso, si el valor está entre el 10% y el 20% el pronóstico se considera moderadamente preciso, mientras que, si este indicador se encuentra entre el 20% y el 30% puede considerarse como un pronóstico levemente preciso.

El aplicativo diseñado permite visualizar el modelo de pronóstico adecuado para cada tipo de producto y los pronósticos de demanda en Kg para el horizonte de planeación de los siguientes 12 meses (Imagen 7). Este aplicativo es flexible en cuanto a cambios en la demanda, por ello, existe un instructivo en el que se indican los pasos a seguir para obtener los pronósticos deseados.

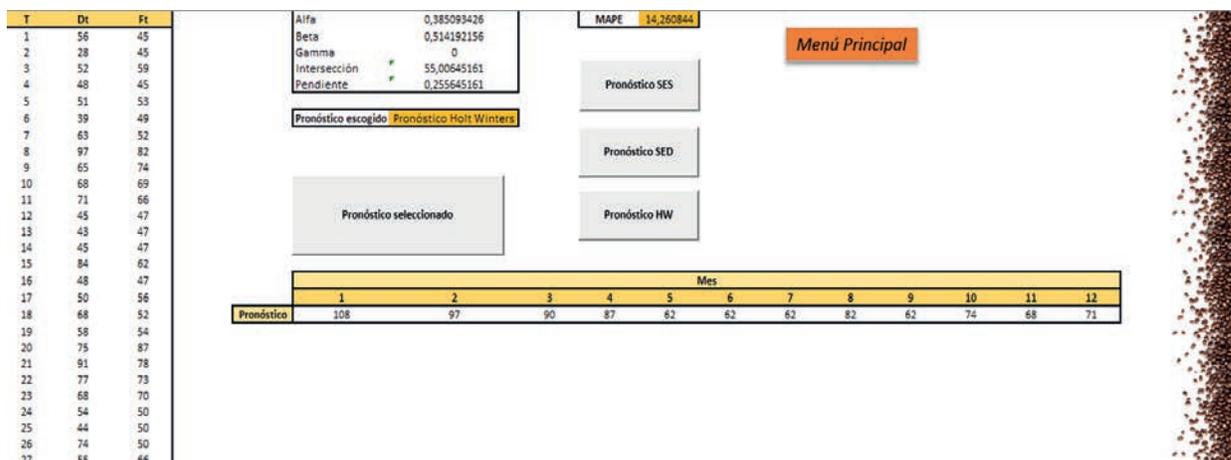


Figura 2. Aplicativo de pronósticos

Fuente. Los autores

Ahora bien, para poder llevar a cabo el aplicativo sobre la planificación de requerimiento de materiales (MRP), se necesita como base la elaboración de los pronósticos de demanda obtenidos en el aplicativo anterior y los costos generales de producción (C, H, K).

Se inicia con la obtención de los costos unitarios (C) que se hallaron con la información suministrada por la empresa, en la cual, para cada tipo de producto, existe un costo de compra de materia prima. Para la producción de cada uno se tuvo en cuenta el costo de producción y los siguientes porcentajes de adquisición de materia prima. En cuanto a los costos de mantenimiento (H) del inventario se tuvo en cuenta: 1) el costo de personal, representado en horas dedicadas a la revisión del inventario de producto terminado; 2) el costo de seguridad que se incurre en vigilar las bodegas de materia prima y producto final y 3) el costo de riesgo que cuantifica en dinero la posibilidad de que todo el producto terminado se pierda por algún tipo de accidente. Este último valor, de acuerdo con James Stock y Douglas Lambert (1987), representa el 6% de la utilidad de cada unidad en inventario.

Con respecto al cálculo del costo de ordenar (K), se consideraron los costos multiplicados por la cantidad de pedidos mensuales de papelería, salario de personal y llamada. El primero, tuvo en cuenta todos los materiales que se necesitan para poder llevar a cabo una orden de pedido a los proveedores; el segundo, enfatizó en el tiempo dedicado por cada trabajador al proceso de ordenar materia prima, y el tercero, estableció el costo de efectuar una llamada al proveedor para realizar un pedido.

A partir de esto, se programaron en VBA todas las heurísticas MRP⁶, las cuales se validaron de forma manual para corroborar los costos de las políticas halladas en el aplicativo. Adicionalmente, se tuvieron en cuenta las limitaciones que posee el café trillado al momento de ser almacenado, ya que se debía tener especial cuidado con la cantidad de materia prima

6 Heurísticas MRP: Lote a Lote (LxL), Balance Parcial de Periodo (PPB), Economic Order Quantity (EOQ), Menor Costo Unitario (MCU), Periodic Order Quantity (POQ), Silver Meal y Wagner Whitin.

a almacenar a causa de que se están manejando productos perecederos. Lo anterior se debe a que existen políticas de salubridad las cuales indican que no se deben almacenar bultos por más de 10 meses.

Por otro lado, para cada tipo de producto se determinó el Stock de Seguridad (SS), para que, en caso de quedar desabastecidos exista mensualmente una cantidad de bultos de materia prima y de unidades en su determinada presentación. Para determinar este valor, se consideró el plazo máximo de entrega (PME), es decir, cuánto tardarían en llegar las materias primas en caso de que se produjera un retraso, así como el plazo de entrega del proveedor (PE) y el promedio de la demanda (DM) (McGraw-Hill, 1994, p.55). De este modo, en la Ecuación 1 se observa cómo se calculó el SS:

$$SS=(PME-PE)*DM$$

Ecuación 1. Stock de seguridad

El aplicativo permite visualizar en cada tipo de producto la política escogida, los costos totales, las unidades a producir de la(s) presentación(es), el inventario de las unidades de producto terminado, el momento en que se requiere ordenar los sacos de 60 Kg (Bultos) y el inventario de la materia prima según el horizonte de planeación. Este aplicativo es flexible en cuanto a cambios en los costos K, H y C, por ello, para su uso efectivo, se muestra un instructivo en el que se indican los pasos a seguir para obtener las órdenes de pedido.

Problemática de transporte y enrutamiento de vehículos

En segunda instancia, para desarrollar el aplicativo de transporte se formula el modelo matemático de tipo MILP en Gusek, tomando como referencia el modelo desarrollado por (Guiyun, L.2009), el cual plantea las restricciones para problemas con ventanas de tiempo y vehículos heterogéneos, las cuales son características que presenta la empresa. Este modelo llegó a una solución óptima con 14 tipos de restricciones planteadas, el cual genera una función objetivo que minimiza los costos por kilómetro recorrido.

Adicionalmente, se realizaron distintas pruebas incrementando el número de clientes, el resultado indicó que al utilizar métodos analíticos no se logra llegar a una solución con más de 10 clientes. Esto se debe porque es considerado un problema NP-Hard, en donde, para grandes instancias no se obtienen algoritmos (exactos) que encuentren soluciones óptimas en un tiempo polinomial determinístico, ya que estos algoritmos crecen exponencialmente (Johnson, McGeoch y Rothberg, 1996).

Modelo matemático

Variables		
	$W_z \{0,1\}$	Si el cliente c está en la ruta r.
	$Y_{rc} \{0,1\}$	Si la ruta r va del cliente c al cliente i.
	X_c	Número de clientes visitados hasta el cliente C.
	Z_{rc}	Tiempo de llegada al cliente c en la ruta r.
Función Objetivo		
	$\text{Min } \sum_{r \in R} \sum_{c \in C} \sum_{i \in C} (Y_{r,c,i} * \text{Matriz}_{c,i} * \text{Costo}_r)$	Minimiza los costos incurridos en consumo de gasolina por cada una de las rutas realizadas.
Restricciones		
Nº	Ecuación	Descripción
1	$\sum_{r \in R} W_{r,c} = 1 \quad \forall_{c \in C}$	Solo asigna un cliente a una ruta.
2	$W_{r,c} \geq Y_{r,c,i} \quad \forall_{c \in C} \quad \forall_{r \in R} \quad \forall_{i \in C}$	No se puede hacer la unión de dos clientes si estos no se encuentran en la misma ruta.
3	$W_{r,c} * 10000 \geq Z_{r,c} \quad \forall_{c \in C} \quad \forall_{r \in R}$	Solo los clientes asignados a una ruta pueden contar su tiempo de llegada en esa misma ruta
4	$Z_{r,c} \geq \text{TiempoMínimo}_c \quad \forall_{c \in C} \quad \forall_{r \in R}$	El tiempo de llegada a un cliente tiene que ser mayor al tiempo mínimo de llegada de este.
5	$Z_{r,c} \leq \text{TiempoMáximo}_c \quad \forall_{c \in C} \quad \forall_{r \in R}$	El tiempo de llegada a un cliente tiene que ser menor al tiempo máximo de llegada del día
6	$Z_{r,i} \geq Z_{r,c} + \text{TiempoDescarga}_c + \text{MatrizTiempo}_{c,i} - (1000000 * (1 - Y_{r,c,i})) \quad \forall_{c \in C} \quad \forall_{r \in R} \quad \forall_{i \in C}$	El tiempo del cliente i tiene que ser menor que el tiempo de llegada del cliente c, más el tiempo de descarga del cliente c, más el tiempo de desplazamiento entre el cliente c y el i.
7	$\sum_{r \in R} \sum_{c \in C} Y_{r,c,i} = 1 \quad \forall_{i \in C}$	En una ruta solo debe existir una unión entre el cliente c y el cliente i
8	$\sum_{c \in C} Y_{r,c,i} - \sum_{c \in C} Y_{r,i,c} = 0 \quad \forall_{i \in C} \quad \forall_{r \in R}$	Asegura la continuidad de una ruta.
9	$\sum_{i \in C} Y_{r,1,c} \leq 1 \quad \forall_{r \in R} \quad \forall_{c \in C}$	Garantiza que la ruta siempre inicie en un punto.
10	$\sum_{c \in C} Y_{r,c,1} \leq 1 \quad \forall_{r \in R} \quad \forall_{i \in C}$	Garantiza que la ruta siempre finalice en un punto.
11	$X_c + 1 \leq X_i + 11 * (1 - Y_{r,i,c}) \quad \forall_{c \in C} \quad \forall_{r \in R} \quad \forall_{i \in C}$	Elimina los sub-tures.
12	$\sum_{i \in C} \sum_{c \in C} Y_{r,c,i} * \text{Demanda}_c \leq \text{CapacidadRuta}_r \quad \forall_{r \in R}$	Garantiza que la demanda total que lleva una ruta no supere la capacidad máxima del camión.
13	$\sum_{r \in R} \sum_{c \in C} \sum_{i \in C} (Y_{r,c,i} * \text{Demanda}_c) \leq \sum_{r \in R} \text{CapacidadRuta}_r$	La suma de todas las demandas por día debe ser menor a la suma de todas las capacidades de los camiones disponibles.
14	$\sum_{i \in C} \sum_{c \in C} Y_{r,c,i} * \text{TiempoDescarga}_c + \sum_{i \in C} \sum_{c \in C} Y_{r,c,i} * \text{MatrizTiempo}_{c,i} \leq \text{TiempoDisponible}_r$	El tiempo de recorrido por ruta debe ser menor al tiempo disponible total.

Como se mencionó anteriormente, al ser un problema combinatorio NP-hard, con vehículos heterogéneos y ventanas de tiempo, su complejidad radica en la obtención de soluciones óptimas en tiempo polinomial. Es por esta razón, que actualmente la solución a estos problemas está dada por técnicas de optimización local convencional (heurísticas) y técnicas de optimización local inteligente (metaheurísticas), en vez de un enfoque algorítmico exacto (Ignizio y Cavalier, 1994). A raíz de esto, para dar solución al problema de transporte de la empresa, se optó por métodos aproximados, un procedimiento metaheurístico que se implementó en VBA, obteniendo así una solución factible para el ruteo de producto terminado de la empresa. A continuación, se describe el procedimiento para el desarrollo de la heurística desarrollada vecino más cercano:

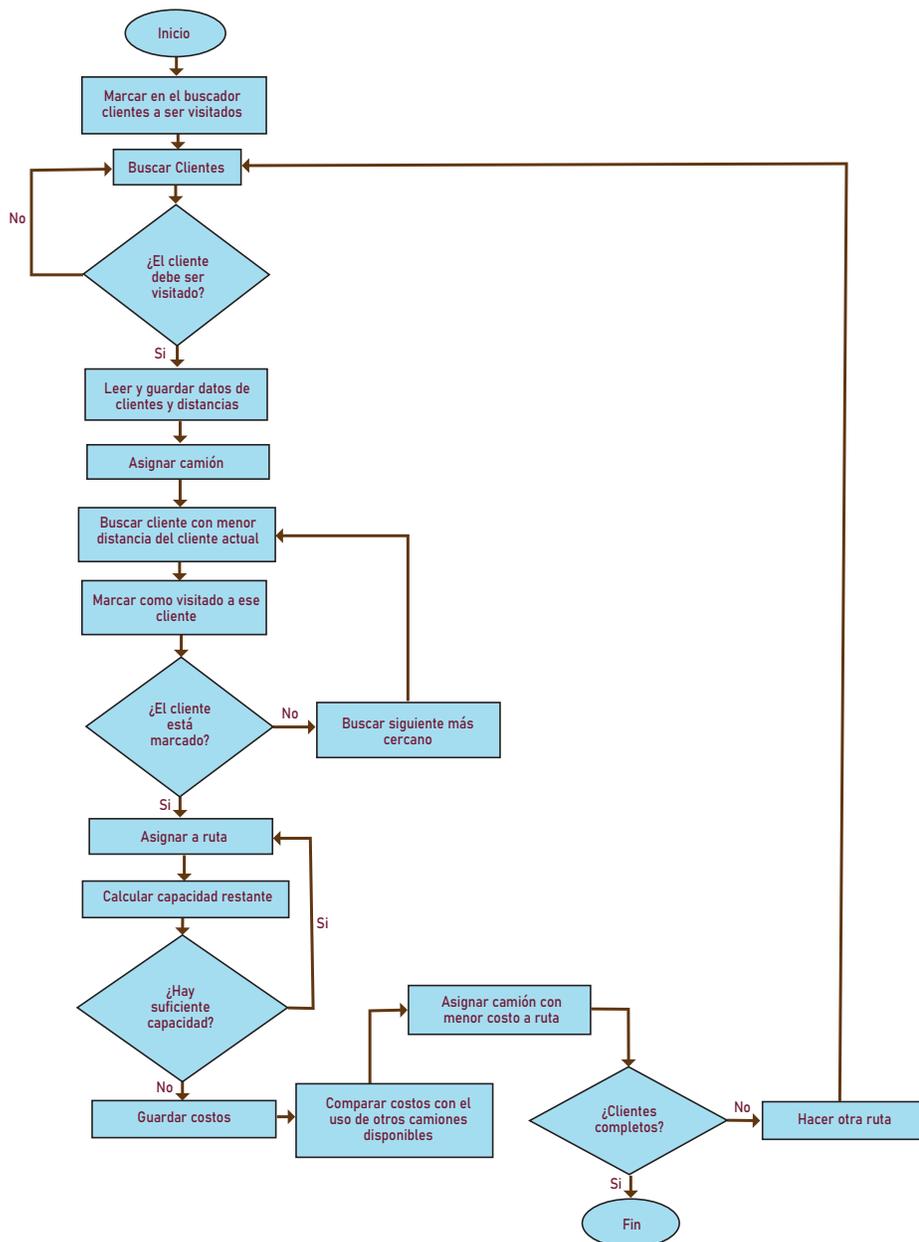


Figura 3. Pseudocódigo del algoritmo

1. Se cargó a Excel toda la información correspondiente a los clientes y sus ubicaciones.
2. Los datos fueron consolidados para agregarlos como parámetros de entrada en un buscador (Figura 4), el cual tiene como objetivo identificar los clientes que se deben visitar en un día.

The image shows a web interface for a search tool. At the top, there is a decorative border of coffee beans. Below it, the title 'Busqueda' is displayed. The interface includes a search button labeled 'ENCENDER BUSCADOR', two filter dropdown menus labeled 'Filtro 1' and 'Filtro 2', and two buttons labeled 'BORRAR FILTRO' and 'BORRAR SELECCION'. Below the filters is a table with the following columns: 'NOMBRE', 'Dirección', 'Visita', 'Demanda', and 'Restricción'. The table currently contains no data rows.

Figura 4. Buscador

Fuente. Los autores

3. A partir de las ubicaciones de cada cliente, se programó un código que se conecta a la interfaz de la API de Google, permite obtener la matriz de distancias entre cada par de clientes.
4. Con todas las distancias definidas, se programó una heurística Greedy factible de vecino más cercano con las siguientes restricciones: ventanas de tiempo de las grandes superficies (6 clientes), capacidad de cada uno de los camiones (pequeño 1.500 Kg, mediano 2.000 Kg y grande 2.500 Kg) y tiempo disponible de recorrido (7,5 h); se obtuvo una solución inicial para la distribución de clientes de cada ruta.
5. Para mejorar la solución obtenida, se programó un Tabu Search (TS), el cual es una metaheurística que guía una búsqueda en la heurística para explorar el espacio de solución más allá de un óptimo local, mediante el uso de estructuras de memoria (Laguna, M., Taillard, E., & de Werra, D. 1993). La calidad de esta metaheurística se evidencia en qué tan buena e incentiva es la búsqueda para reforzar las acciones que conducen a una buena solución. Además, influye en la medición del grado de cambio inducido en la estructura de la solución. Finalmente, la memoria que se basa en lo reciente tiene en cuenta aquellos movimientos que evitan encontrar soluciones ya exploradas, con el objetivo de mitigar los ciclos en la búsqueda.
 - a. Para crear el período o parámetro de memoria de esta heurística Tabú, se utilizó una regla estática que define el período como: $t = n$ en donde n , es una medida de la dimensión del problema (Belén Melián, Fred Glover 2011). En este caso, n es el número de clientes que atiende la empresa.

- b. El número de iteraciones se definió basado en diferentes pruebas de escritorio, donde se identificó que después de 5.000 iteraciones, el resultado no presenta más cambios.
6. Se diseñó la presentación del aplicativo y se generaron los botones correspondientes a cada una de las funciones que puede desarrollar.

El aplicativo cumple con cada una de las restricciones y permite visualizar las rutas que tiene que seguir cada camión para entregar los pedidos de los clientes. Asimismo, es flexible en cuanto a cambios en los parámetros de clientes, capacidad y costos de cada camión existente.

Medición del impacto de la propuesta

Con el fin de analizar el impacto de la propuesta frente a la planeación de compra y gestión de inventarios, se comparó el costo anual de la empresa con la política propuesta (Tabla 3). Para determinar el costo de la política propuesta, se tuvo en cuenta los costos de ordenar pedidos, del mantenimiento de inventarios y de la adquisición. La Ecuación 2 indica cómo se calculó el costo total de la política:

$$CT = (K * \text{veces que se ordena}) + (H * \text{total inventario final}) + (C * \text{total unidades ordenadas})$$

Ecuación 2. Costo de la política de inventarios

Tabla 3. Comparación de costos anuales política MRP

Tipo de producto	Tradicional	Gourmet	Maquila
Costo política actual	\$ 1.981.567.301,57	\$ 22.803.089,03	\$ 152.329.470,94
Costo política propuesta	\$ 1.782.713.317,26	\$ 16.897.161,45	\$ 128.106.539,85

Fuente. Los autores

Por otra parte, se utilizó la herramienta Realtrack (Imagen 11) para analizar el impacto de la propuesta frente a la determinación de las rutas en el aplicativo de transporte. Esta herramienta se utiliza actualmente en la empresa para monitorear las rutas que realizan los camiones en los días laborales. Es así como, se solicitó información sobre la cantidad de producto enviado a los clientes en una semana aleatoriamente escogida y así, poder monitorear el recorrido que se llevó a cabo en las rutas.

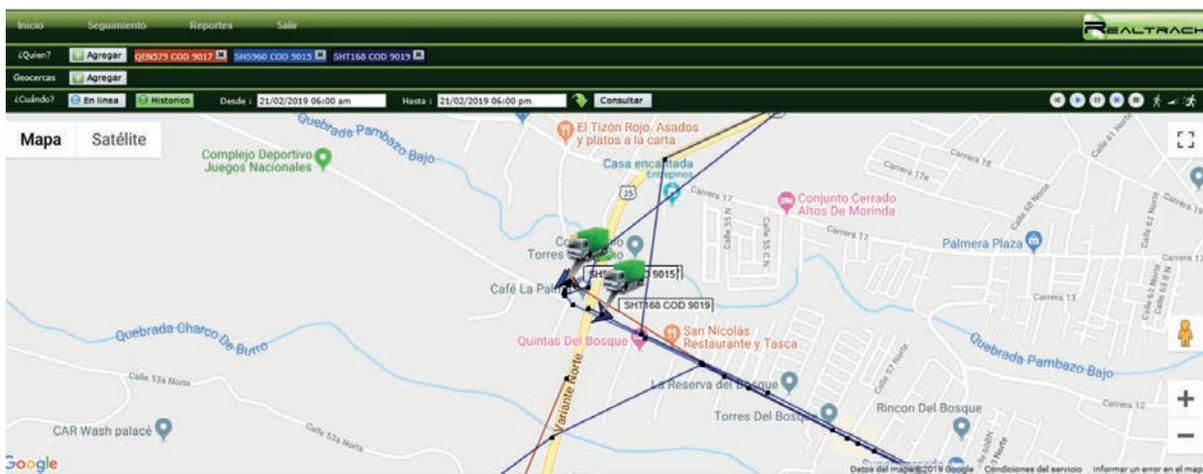


Figura 5. Recorrido vehículos a través de Realtrack

Fuente. Los autores

Estas rutas realizadas por la empresa fueron colocadas en el aplicativo de transporte, siguiendo el orden descrito por la herramienta, con el objetivo de observar los costos incurridos. Después de esto, se seleccionaron en el aplicativo los mismos clientes atendidos por día para que realizara la correspondiente asignación. De este modo, se logró observar cambios en el orden de visita dados por el aplicativo y los nuevos costos como si se hubieran llevado a cabo dichas rutas.

En la Ecuación 3 se indica cómo se calculó el costo total de transporte, donde c corresponde a camiones y el costo de kilómetros recorridos que corresponde al consumo diario de gasolina por Km.

$$CT = (Kms\ recorridos_c) * (Costo\ de\ Km\ recorridos_c)$$

Ecuación 3. Costo aplicativo de transporte

Los resultados de la prueba de dicha semana y la comparación de los costos se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Comparación costos de transporte

Días de la semana	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Clientes Visitados	35	37	45	39	33
Costos Actuales	\$ 119.876,26	\$ 126.810,02	\$ 162.640,56	\$ 312.793,26	\$ 282.447,83
Costos con el Aplicativo	\$ 71.542,59	\$ 71.573,82	\$ 93.686,96	\$ 211.327,55	\$ 279.700,07

Fuente. Los Autores

Para garantizar el cumplimiento de los requerimientos previamente mencionados, se realizaron diferentes pruebas en cada uno de los pasos del proceso de diseño:

- **Indicadores de error:** Con el objetivo de determinar la precisión de los pronósticos estimados, estos fueron comparados y evaluados en términos del indicador de desempeño MAPE.
- **Comparación con otros modelos de pronósticos:** Evaluar el desempeño de los pronósticos obtenidos mediante la comparación con otros modelos básicos de pronóstico tales como: la regresión lineal y el método Naive. Si los indicadores de desempeño son mejores a los arrojados por estos métodos mencionados, se puede decir que el modelo de pronóstico es adecuado.
- **Comparación de políticas:** Para cada producto se realizó la evaluación de cada una de las políticas de tamaño de lote tradicionales, usando como medida de desempeño el costo total de la política, con el objetivo de escoger el menor.
- **Verificación de distancias y tiempos:** Cada una de las rutas propuestas por el aplicativo fueron colocadas en Google Maps, en donde se pudo comparar en tiempo real, lo que en promedio se demoraba realizar dicho recorrido y si este es menor al tiempo del que dispone la empresa diariamente.
- **Validaciones con algoritmos clásicos:** Se evaluó el impacto de la formulación y estrategia de solución que se planteó en el aplicativo de transporte, sobre el desempeño algorítmico en dos problemas clásicos de optimización (Burman 14 y Ullyses 16), en donde en ambos casos se llegó a un menor tiempo a la solución actualmente registrada como la mejor.

Finalmente, se realizaron pruebas de verificación y diferentes corridas de los aplicativos con el fin de verificar que se cumpliera con todas las restricciones del problema y fueran factibles. Por otro lado, se compararon las soluciones propuestas con las decisiones y políticas que actualmente tiene la empresa y se evidencia una disminución de costos en los resultados de los aplicativos.

Estándares usados para el desarrollo del aplicativo de transporte

Para cumplir los estándares de diseño, se trabajó con dos normas: La primera es la norma ISO 9126 que establece que cualquier componente de la calidad del software puede ser descrito en términos de una o más de seis características básicas (Abud, 2000), las cuales son:

- **Funcionalidad:** La herramienta proporciona funciones apropiadas para satisfacer los requerimientos declarados.
- **Confiabilidad:** La herramienta fue desarrollada con base en datos reales suministrados por la empresa.
- **Usabilidad:** Cabe aclarar que debido al alcance del proyecto no se implementan los dos aplicativos en la empresa. Por lo tanto, no existen parámetros que permitan a los

trabajadores de la empresa evaluar estos aplicativos.

- **Eficiencia:** Los tiempos de respuesta y procesamiento del sistema cuando lleva a cabo sus funciones bajo los requerimientos determinados, se comportan en promedio así:
 - » Resultados de pronósticos: 30 segundos
 - » Resultados de políticas MRP: 40 segundos
 - » Asignación de rutas: 30 – 50 segundos (Varía con respecto al número de clientes)
- **Mantenibilidad:** Tienen la capacidad de ser modificados, puesto que es flexible en cuanto a cambios en los parámetros de demanda, costos de producción, de pedido y de mantenimiento. Al igual que en capacidades de los camiones, costos por Km de cada uno de ellos y número de clientes existentes.
- **Portabilidad:** Tiene la capacidad de adaptarse de forma efectiva y eficiente en diferentes entornos operacionales y de uso. Esto se debe, a que se puede implementar en empresas de café que tengan demandas y costos de producción distintos.

Resultados

A continuación, se muestran los resultados obtenidos posteriormente a la aplicación de la metodología y herramientas presentadas previamente, para su presentación se abordan desde cada una de las problemáticas

Planeación de compras de materia prima, la cantidad de producto terminado a producir y el modelo de gestión de inventarios

Con el fin de evaluar los resultados obtenidos en el aplicativo de pronósticos, se realizaron diferentes tipos de medidas de desempeño utilizando el indicador MAPE, para determinar la precisión de la herramienta de pronóstico para cada uno de los tipos de café:

1. Se utilizó el siguiente criterio de evaluación de este indicador para determinar si es un buen método de pronóstico:

Reiterando que un valor del MAPE por debajo del 10% representa un pronóstico altamente preciso, si el valor está entre el 10% y el 20% el pronóstico se considera moderadamente preciso, mientras que, si este indicador se encuentra entre el 20% y el 30% puede considerarse como un pronóstico levemente preciso (Frechtling, 2001).

A continuación, se presentan los resultados del MAPE de los pronósticos escogidos de cada tipo de café:

Tabla 5. Resultados modelos pronósticos

Tipo de producto	Tradicional	Gourmet	Maquila
Modelo seleccionado	SET	SET	SET
MAPE	9,27%	14,26%	20,88%

Fuente. Los autores

Según el criterio de evaluación del indicador, el modelo SET aplicado en el café tradicional es altamente preciso, esto es coherente con el análisis realizado sobre los datos de demanda, los cuales presentan incrementos en enero y junio, por consiguiente, se demuestra que sigue un comportamiento estacional. De igual forma, en el café gourmet se considera que los pronósticos son moderadamente precisos y en la maquila pronósticos levemente precisos. Es así como, los tres tipos de productos estudiados poseen un modelo de pronósticos que se ajustan adecuadamente según este criterio de evaluación.

Adicionalmente, se realizó una comparación de la precisión del pronóstico SET con el método Naive, logrando porcentajes menores con el pronóstico escogido.

Tabla 6. Comparación modelos pronósticos

Tipo de café	Tradicional		Gourmet		Maquila	
Modelo	Naive	SET	Naive	SET	Naive	SET
MAPE	18,79%	9,27%	27,59%	14,26%	27,96%	20,88%

Fuente. Los autores

Problemática de transporte y enrutamiento de vehículos

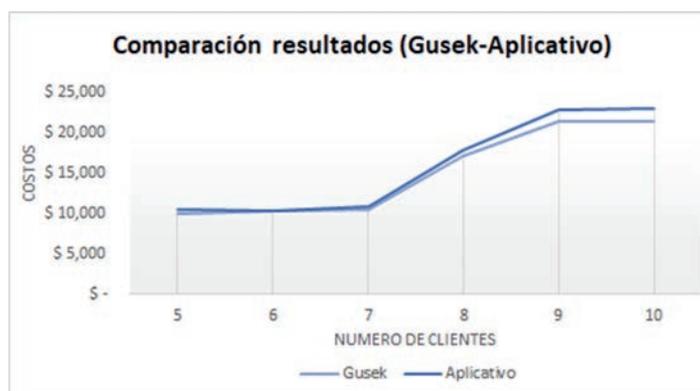
Para realizar el análisis de resultados, inicialmente se formuló el modelo matemático, que daría la solución óptima al problema de ruteo de la empresa y el cual tendría en cuenta cada una de las restricciones específicas del caso como ventanas de tiempo y vehículos heterogéneos según el número de clientes. Para menos de 10 clientes, siendo la restricción que se presenta en Gusek, se realizaron comparaciones para la función de costo con el modelo y el aplicativo, variando el número de clientes.

Tabla 7. Resultados función objetivo costos

# Clientes	Función Objetivo Costos		Diferencia en costos	GAP (Desviación)
	Gusek	Aplicativo		
5	\$ 9.845	\$ 10.426	\$ 581	0,06
6	\$ 10.284	\$ 10.284	\$-	0
7	\$ 10.442	\$ 10.871	\$ 429	0,04
8	\$ 17.023	\$ 17.741	\$ 718	0,04
9	\$ 21.268	\$ 22.686	\$ 1.418	0,07
10	\$ 21.268	\$ 22.855	\$ 1.587	0,07

Fuente. Los autores

La Gráfica 1 indica el comportamiento de los costos con respecto al número de clientes en cada herramienta.

**Gráfica 1.** Comportamiento función objetivo costos

Fuente. Los autores

Como se observa, la desviación de las funciones objetivo encontradas por ambos métodos están entre el 0 y el 7%, esto indica que la heurística desarrollada encuentra soluciones factibles cercanas al óptimo. Por este motivo, se evidencia que es un muy buen resultado en el que se espera que genere cambios y mejoras en cuanto a costos y tiempos de los que actualmente incurre la empresa. Por otra parte, se observó que un método analítico como el usado solo fue capaz de encontrar una solución óptima para 10 clientes, debido a la complejidad y tamaño del problema. Lo anterior, permite concluir que desarrollar una metaheurística fue la mejor alternativa para lograr encontrar una solución, cuando se tiene más de 10 clientes, en el problema de transporte de la empresa.

Con el propósito de validar la calidad del método de solución propuesto para el problema de rotación de vehículos, se escogieron algunos de los problemas más conocidos Burman 15 y Ulysses 16.

- **Burman 14:** En este problema los resultados se dan para una investigación preliminar sobre la base del problema del agente viajante clásico. Es un TSP simétrico que consiste en 14 instancias. (Hendtllass, T. 2004)
 - » Mejor solución: A continuación, se presenta el resultado de la mejor solución registrada hasta el momento, mostrando con la permutación el orden en que se visitan cada uno de los nodos, siguiendo la secuencia.

Tabla 8. Resultados Burman 14

Permutación													
1	2	14	3	4	5	6	12	7	13	8	11	9	10
FO				Iteraciones				Tiempo					
3323				56				6,13 seg					

Fuente. Los autores

- » Solución encontrada: A continuación, se presenta la solución encontrada por la heurística del aplicativo creado, teniendo en cuenta los mismos parámetros de clientes y distancias que maneja el problema.

Tabla 9. Resultados Burman 14 con aplicativo

Permutación													
1	10	9	11	8	13	7	12	6	5	4	3	14	2
FO				Iteraciones				Tiempo					
3323				800				4,20 seg					

Fuente. Los autores

Como se puede observar, el aplicativo creado logró alcanzar la mejor solución registrada en la literatura con el mismo orden de visita. Para esto, se necesitó un mayor número de iteraciones, pero a su vez se ejecutó en un menor tiempo. Lo anterior, refleja un muy buen resultado en cuanto al funcionamiento del aplicativo, el cual asegura que está encontrando buenas soluciones con respecto al óptimo y, por lo tanto, genera beneficios en cuanto a costos y tiempos en la distribución de producto terminado a los clientes de la empresa.

- **Ulysses 16:** Problema TSP de agente viajero, con 16 nodos y matriz simétrica de distancias (Gong, D.y Ruan, X, 2004)
 - » Mejor solución: A continuación, se presenta el resultado de la mejor solución registrada hasta el momento, mostrando con la permutación el orden en que se visitan a cada uno de los nodos, siguiendo la secuencia.

Tabla 10. Resultados Ulisses 16

Permutación															
1	14	13	12	7	6	15	5	11	9	10	16	3	2	4	8
FO				Iteraciones				Tiempo							
6859				209				7,70 seg							

Fuente. Los autores

- » Solución encontrada: A continuación, se presenta la solución encontrada por la heurística del aplicativo creado, teniendo en cuenta los mismos parámetros de clientes y distancias que maneja el problema.

Tabla 11. Resultados Ulysses 16 con aplicativo

Permutación															
1	14	13	12	7	6	15	5	11	9	10	16	3	2	4	8
FO				Iteraciones				Tiempo							
6859				750				5,17 seg							

Fuente. Los autores

Con referencia a la comparación que se realizó con este segundo problema, se pudo observar que el aplicativo también alcanzó la mejor función objetivo encontrada hasta el momento, y al mismo tiempo, esta solución muestra la misma permutación. Por otro lado, en esta oportunidad se necesitó de mayor número de iteraciones con un tiempo de corrida menor por 2.53 segundos, lo cual sigue generando un muy buen resultado para garantizar la eficiencia de las rutas.

Medición del impacto de la propuesta

Para determinar el impacto financiero que tiene el aplicativo respecto a la política de MRP, se identificó para cada producto el costo total por kilogramo, calculado como la razón entre su costo anual (obtenido en el apartado 4.3) y la cantidad total de kilogramos que se ordenan en el horizonte de planeación. Este costo por kilogramo representa el costo total que debe asumir la empresa por ordenar, producir y almacenar un kilogramo. A continuación, en la Tabla 12, se observan estos costos y las variaciones porcentuales generados en cada producto.

Tabla 12. Comparación de costos por Kg

Tipo de producto Final	Costo/Kg Política Actual	Costo/Kg Política Propuesta	Variación Porcentual
Tradicional	\$ 9.173,92	\$ 9.071,59	1,12%
Gourmet	\$ 18.539,10	\$ 18.208,15	1,79%
Maquilas	\$ 7.253,78	\$ 7.072,24	2,50%

Fuente. Los autores

Asimismo, como se muestra en la Tabla 13, los costos que tienen una mayor diferencia anual, es decir, que implican una menor inversión, son los costos unitarios y de mantenimiento (C y H). Con lo anterior, en la nueva política se ordenarán menores cantidades de materia prima, por lo tanto, habrá una disminución de unidades de sacos almacenados en bodega y con esto, se reduce la cantidad de posibles sacos defectuosos que se puedan encontrar en un mes por fermentación. Adicionalmente, la implementación de la política no tiene costo alguno, lo que significa, que no se tienen en cuenta costos extras. Por este motivo, no se requiere realizar inversión, solo es necesario modificar las cantidades de sacos de 60 Kg a solicitar y el momento para hacerlo.

K = Costo fijo de realizar una orden de pedido (\$/pedido)

H = Costo variable de almacenar un Kg de producto terminado en bodega (\$/Kg-año)

C = Costo variable de realizar un Kg de algún producto terminado (\$/Kg)

Tabla 13. Comparación costos (C, H y K)

Tipo de producto	Parámetro	Costo total Política Actual	Costo total Política Propuesta	Diferencia Anual	Diferencia Porcentual Anual %
Tradicional	K	\$ 39.040.514,88	\$ 39.040.514,88	\$-	0
	H	\$ 27.643.586,69	\$ 1.519.159,18	\$ 26.124.427,52	94,5
	C	\$ 1.914.883.200,00	\$ 1.742.153.643,20	\$ 172.729.556,80	9,02
Gourmet	K	\$ 503.681,44	\$ 419.734,53	\$ 83.946,91	16,67
	H	\$ 783.384,76	\$ 244.199,94	\$ 539.184,82	68,83
	C	\$ 21.516.022,84	\$ 16.233.226,99	\$ 5.282.795,85	24,55
Maquilas	K	\$ 9.760.128,72	\$ 4.880.064,36	\$ 4.880.064,36	50
	H	\$ 4.427.142,22	\$ 4.068.960,69	\$ 358.181,52	8,09
	C	\$ 138.142.200,00	\$ 119.157.514,80	\$ 18.984.685,20	13,74

Fuente. Los autores

De igual forma, para analizar el impacto que puede llegar a tener la implementación del aplicativo de inventarios se realizó la comparación del indicador de meses de inventario, este equivale al número de meses que en promedio cada artículo o SKU (Stock-Keeping Unit) per-

manece en inventario. Ahora bien, los meses de inventario se obtuvieron mediante el cociente entre el inventario promedio, que se obtiene con el promedio del inventario final de los 12 periodos de planeación y la demanda promedio, la cual se calcula como el promedio de los pronósticos de esos periodos.

A continuación, la Tabla 14 muestra los resultados de los meses de inventario, aplicados en la política actual y en la propuesta.

Tabla 14. *Meses de inventarios*

	Tradicional	Gourmet	Maquila
Política Actual	0,61	2,35	1,58
Política Propuesta	0,03	0,73	1,45

Fuente. Los Autores

En cuanto a los meses de inventario, se observa que, para cada producto existe una disminución de este indicador con respecto a la política actual. Esto demuestra que, con la política propuesta, los productos tienden a quedarse menos tiempo en bodega, lo que conlleva a una disminución en el capital de trabajo invertido con respecto al almacenamiento de productos. Asimismo, tener valores inferiores en este indicador implica tener una alta rotación de inventarios en bodega, lo cual implica que se deban realizar reabastecimientos en el inventario más seguido y que los productos se vendan con una mayor rapidez.

De igual modo, la mayor liquidez permite mantener el proceso productivo o comercial. Esto es más álgido aún en las PYMES porque en ellas el ciclo de reinversiones es usualmente más rápido. Contar con liquidez suficiente en la empresa posibilita cumplir con las obligaciones, permite costear el proceso productivo y mantiene en marcha la operación (DestinoNegocio, 2015).

Tabla 15. *Ahorros por aplicativo de transporte*

Días de la semana	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Ahorro Diario	\$ 48.333,67	\$ 55.236,20	\$ 68.953,60	\$ 101.456,71	\$ 2.747,76
Variación Porcentual	67,55%	77,17%	73,59%	48,00%	0,01%

Fuente. Los Autores

Como se observa en la anterior tabla, el ahorro diario promedio es de \$55.345,59, lo cual en términos mensuales representa \$1'106.911,76 de reducción en los costos totales de transporte. Esto significa que, además de ser un muy buen ahorro para la empresa, el aplicativo garantiza la optimización de recursos de transporte a la hora de distribuir el producto terminado a los clientes.

Conclusiones

En primer lugar, el abastecimiento de materia prima es un proceso fundamental en empresas transformadoras de producto, como lo es el caso de la empresa en estudio; por esto es de suma importancia conocer el manejo de inventarios y el tamaño de lote de producción, los cuales van de la mano con los requerimientos de materia prima. Como consecuencia, el aplicativo MRP y de pronósticos es fundamental para planear los recursos en función de las características y necesidades de la compañía, con el fin de realizar el proceso productivo de un determinado periodo.

Gracias a lo anterior, el primer aplicativo logra una disminución del costo de mantenimiento del inventario (H) de materia prima. Esto se evidencia al comparar las políticas actuales con las propuestas, debido a que en los tres productos existe una reducción porcentual de los meses de inventario y una reducción de la cantidad de materia prima que se ordena. Con referencia a los meses de inventarios, varían para: el café tradicional 95,08%, el café gourmet 68,94% y el café maquila 8,23%. Del mismo modo, el costo total por kilogramo que se compra disminuye con respecto al de la política actual de la empresa en un 1,12% para el café tradicional, 1,79% para el café gourmet y 2,50% para el café maquila.

Asimismo, los algoritmos que determinan las rutas para transportar y entregar los productos terminados generan efectos positivos puesto que se minimizan las distancias recorridas y el costo de operación. Con esto dicho, el segundo aplicativo produjo un ahorro del 27%, el cual representa aproximadamente \$1'106.911,76 mensualmente.

Referencias

- Abud, M. (2000). *Calidad en la Industria del Software. La Norma ISO-9126*
- Acuña, R. C. (2016). *Estructuración y formulación de un modelo de secuenciación y asignación de productos y medios de transporte a muelles de carga.*
- Arango, M. D., Cano, J. A., & Álvarez, K. C. (2012). *Modelos De Sistemas Mrp Cerrados Integrando Incertidumbre.* *Revista EIA*, (18), 61–76. Recuperado de: <http://ezproxy.javeriana.edu.co:2048/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=89393394&lang=es&site=eds-live>
- Causado Rodríguez, E. (2015). *Modelo de inventarios para control económico de pedidos en empresa comercializadora de alimentos.* *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 14(27), 163–177. Recuperado de: <http://ezproxy.javeriana.edu.co:2048/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=117241188&lang=es&site=eds-live>
- Contreras Juarez, A., Atziry Zuniga, C., Martínez Flores, J. L., & Sánchez Partida, D. (2016). *Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la demanda de almacenamiento de productos perecederos. (Analysis of Time-Series on the Forecast of the Demand of Storage of Perishable Products. With English summary.)* *Estudios Gerenciales*, 32(141), 387–396. <https://doi-org.ezproxy.javeriana.edu.co/http://www.sciencedirect.com/science/journal/01235923>

- DestinoNegocio. (2015). Recuperado de: <https://destinonegocio.com/pe/economia-pe/mantenga-la-liquidez-de-su-negocio/>
- DiMaggio, P. and Powell, W. (1983). *The iron cage revisited: Institutional isomorphism and collective rationality in organizational fields*. *American Sociological Review*, 48 (2), 147-160.
- Ferré-Grau, X. (2001). *Principios básicos de usabilidad para ingenieros software*.
- FNC. (2010). *Café de Colombia*. Recuperado de: http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/la_tierra_del_cafe/regiones_cafeteras/
- FNC. (2009). *Comité Departamental de Cafeteros del Cauca*. Recuperado de: <https://www.federaciondecafeteros.org/static/files/Cauca09.pdf>
- Frechtling, Douglas C. (2001). "Alternative Forecasting Methods and Evaluation" *Forecasting Tourism Demand: Methods and Strategies*. Oxford: Butterworth Heinemann
- Gong, D., y Ruan, X. (2004, junio). *Un enfoque híbrido de GA y ACO para TSP*. En el Quinto Congreso Mundial sobre Control y Automatización Inteligente (IEEE Cat. No. 04EX788) (Vol. 3, pp. 2068-2072). IEEE.
- Hendtlass, T. (2004, mayo). *Optimización TSP utilizando hormigas multi tour*. En la Conferencia Internacional sobre Aplicaciones Industriales, de Ingeniería y Otras Aplicaciones de Sistemas Inteligentes Aplicados (pp. 523-532). Springer, Berlín, Heidelberg.
- Informe del mercado de café (2018). Recuperado de: <http://www.ico.org/documents/cy2017-18/cmr-0718-c.pdf>
- James R. Stock y Douglas M. Lambert. (1987). *Strategic Logistics Management (Gestión estratégica de la logística, 2.da edición*, Irwin Professional Publish
- Laguna, M., Taillard, E., & de Werra, D. (1993). *Tabu search*. F. Glover (Ed.). Basel: Baltzer.
- Linfati, R., Escobar, J. W., & Gatica, G. (2014). *Un algoritmo metaheurístico para el problema de localización y ruteo con flota heterogénea*. *Ingeniería y Ciencia*, 10(19), 55–76. Recuperado de: <http://ezproxy.javeriana.edu.co:2048/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=95527160&lang=es&site=eds-live>
- Méndez Giraldo, G. A., & López Santana, E. R. (2014). *Metodología para el pronóstico de la demanda en ambientes multiproducto y de alta variabilidad*. *Tecnura*, 18(40), 89–102. Recuperado de: <http://ezproxy.javeriana.edu.co:2048/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=96159031&lang=es&site=eds-live>
- Oldsman (1994), "Do Manufacturing Extension Programs Matter, en: *Evaluating Industrial Modernization. Methods and Results in the Evaluation of Industrial Modernization Programs*, Georgia Institute of Technology.
- Orrego Cardozo, J. P., Ospina Toro, D., & Toro Ocampo, E. M. (2016). *Solución al Problema de Ruteo de Vehículos con Capacidad Limitada (CVRP) usando una técnica metaheurística*. *Scientia et Technica*, 21(3), 225–233. Recuperado de: <http://ezproxy.javeriana.edu.co:2048/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=122337598&lang=es&site=eds-live>
- Pérez Mantilla, F. A., & Torres, F. (2014). *Modelos de inventarios con productos perecederos: revisión de literatura*. *Ingeniería (0121-750X)*, 19(2), 9–40. Recuperado de: <http://ezproxy.javeriana.edu.co:2048/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=100723722&lang=es&site=eds-live>

- Puenayán, D. E., Londoño, J. C., Escobar, J. W., & Linfatí, R. (2014). Un algoritmo basado en búsqueda tabú granular para la solución de un problema de ruteo de vehículos considerando flota heterogénea. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 13(25), 81–98. Recuperado de: <http://ezproxy.javeriana.edu.co:2048/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=110664407&lang=es&site=eds-live>
- Salas-Navarro, K., Miguél-Mejía, H., & Acevedo-Chedid, J. (2017). Metodología de Gestión de Inventarios para determinar los niveles de integración y colaboración en una cadena de suministro. *INGENIARE - Revista Chilena de Ingeniería*, 25(2), 326–337. Recuperado de: <http://ezproxy.javeriana.edu.co:2048/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=123888138&lang=es&site=eds-live>
- Silva, P. P. B., & Zuluaga, A. E. (2016). Revisión del estado del arte del problema de ruteo de vehículos con recogida y entrega (VRPPD). *Ingeniería y Desarrollo*, 34(2), 463–482. <https://doi-org.ezproxy.javeriana.edu.co/10.14482/inde.33.2.6368>
- Toro-Ocampo, E. M., Domínguez-Castaño, A. H., & Escobar-Zuluaga, A. H. (2016). Desempeño de las técnicas de agrupamiento para resolver el problema de ruteo con múltiples depósitos. *Revista Tecnológicas*, 19(36), 49–62. <https://doi-org.ezproxy.javeriana.edu.co/10.22430/22565337.593>

Radiografía del Sector panelero colombiano

Radiografía del Sector panelero colombiano

Yenny Alexandra Paredes Astudillo

La producción de panela es una de las agroindustrias rurales de mayor tradición en América Latina y el Caribe. La panela es un producto alimenticio obtenido a partir del jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en pequeñas unidades productivas denominadas “trapiques”, usada principalmente como endulzante, sustituto del azúcar, de alto valor nutricional y de consumo significativo a nivel mundial (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2004). Según el Ministerio de Agricultura. (2018), la producción mundial de Panela se concentra principalmente en cinco (5) países (Figura 1).

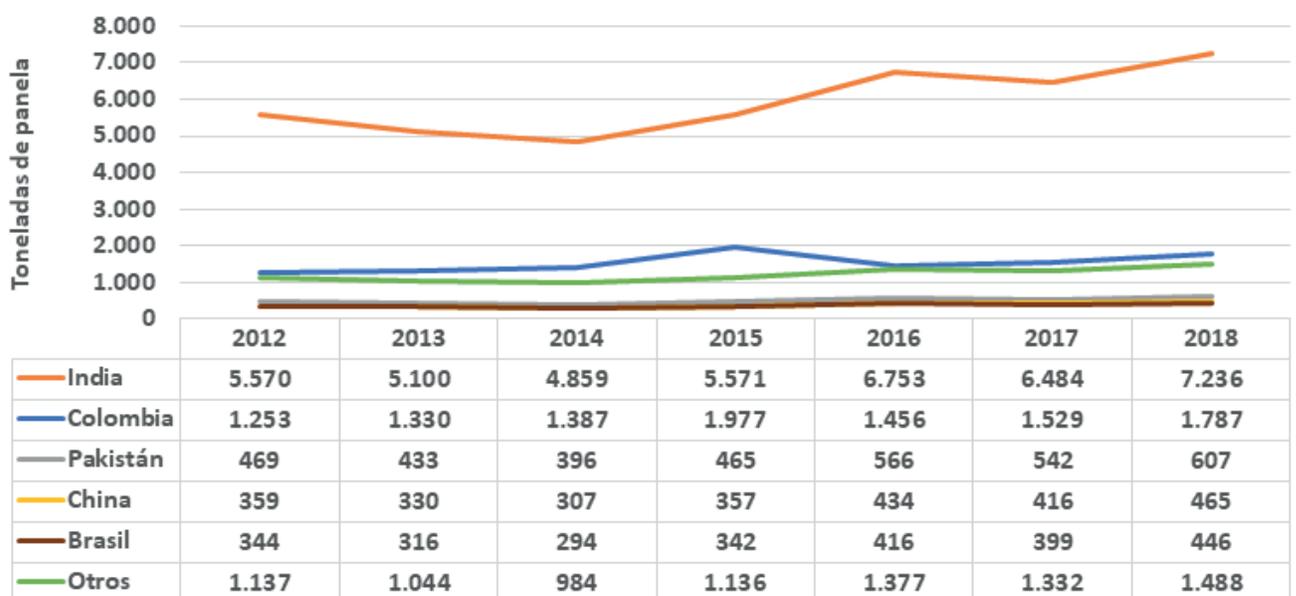


Figura 1. Producción Mundial de Panela

Fuente: Elaboración propia basado en información del Ministerio de agricultura 2018 tomado de FAOSTAT 2018

Colombia en los últimos años se ha posicionado como el segundo mayor productos de panela a nivel mundial con un aporte aproximado del 16%, sin embargo, a pesar del crecimiento del mercado mundial, la producción de la agroindustria panelera colombiana sigue manteniéndose por debajo del país líder, siendo el 24.7% de la producción India.

La producción panelera es altamente común en países latinoamericanos y de acuerdo con su ubicación se han adaptado diferentes nombres como: Panela (Colombia, Guatemala, Panamá, Ecuador, Bolivia), Chancaca (Perú, Chile), Raspadura (Brasil, Argentina, Republica Do-

minicana), Papelón (Venezuela), Piloncillo (México), Tapa Dulce (Costa Rica), Atado dulce (Nicaragua), y Empalizado (Bolivia).

Este trabajo presenta de manera general desde diferentes frentes el estado actual del sector panelero, para lo cual se indaga información oficial depositada en la federación nacional de productores de panela “Fedepanela” y se tomo como referencia una pequeña unidad productiva de panela para la caracterización del proceso producto y la cadena de valor presentada en este trabajo.

Importancia socio- económica

El sector panelero tiene un alto impacto en la economía colombiana, puesto que es el segundo productor mundial, aportando el 13.9%, de la producción global; genera alrededor de 353.000 empleos, es fuente de ingresos para más de 70.000 familias de los Andes Colombianos, contribuye con el 6.7% de la formación del PIB agrícola nacional y participa con el 2.18% del gasto en alimentos de la población Colombiana (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - República de Colombia, 2006) (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2004). De acuerdo Federación Nacional de Paneleros –Fedepanela para el 2005 existían en el país alrededor de 23.000 trapiches, 83% de ellos categorizados como unidades productoras pequeñas, 15% como medianas y tan sólo el 2% como unidades productoras grandes, concentradas principalmente en tres regiones productoras fuertemente consolidadas, localizadas en el occidente de Cundinamarca, La Hoya del Río Suárez y el Norte del Cauca, en las cuales los ingresos familiares son derivados en un 58.2%, 60.5 y 73% de actividades relacionadas con el cultivo y beneficio de la caña respectivamente (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2004).

Centros productivos

De acuerdo con Fedepanela, según las agremiaciones en el país, se pueden identificar 14 departamentos con mayor importancia en este decir dada el dará cultivada y niveles de producción (Figura 2). Basado en el reporte de Fedepanela (2019) la producción de panela se centró en los departamentos de Cundinamarca, Antioquia, Boyacá Nariño y Cauca los cuales representan el 71% de producción del año 2019 (Figura 3).

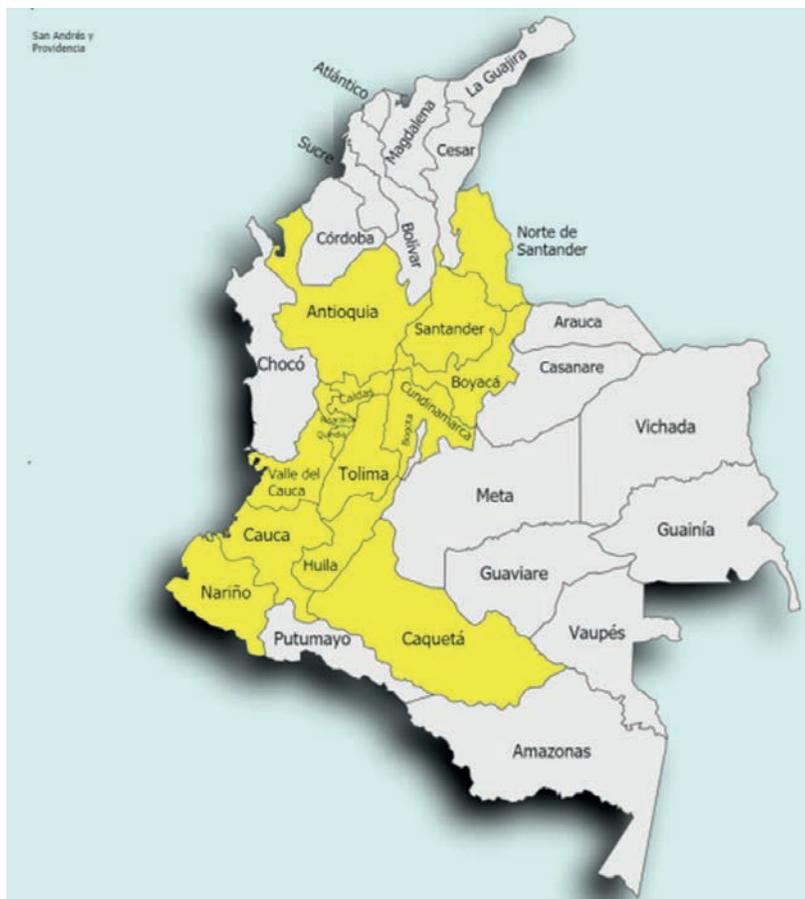


Figura 2. Principales productores de papa

Fuente: Tomado de Murcia-Pardo. & Ramírez-Durán. (2017)

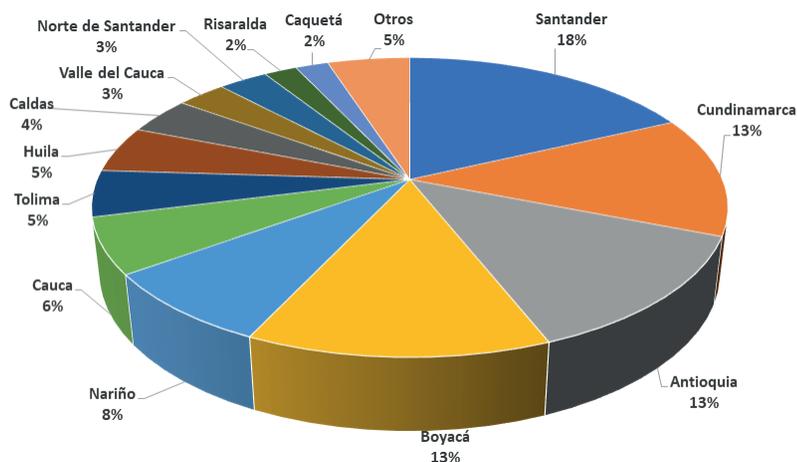


Figura 3. Participación departamental en producción de Papa 2019.

Fuente: Tomado de Fedepapa 2019

Empleo y tecnología

La producción colombiana se desarrolla en mayor medida en el esquema de la economía campesina, por lo cual el avance en la técnica en las pequeñas unidades productivas se ha realizado

ha sido tímida siendo la más representativa la introducción de los motores para la tracción de molinos; por tal razón en su mayoría las operaciones se llevan a cabo de manera manual y es elevado el uso del factor trabajo, el cual en su mayoría está asociado a relaciones familiares. Según La industria panelera se ubica como la segunda agroindustria de mayor impacto en Colombia, después de la industria del Café, desarrollada por más de 350.000 familias generando alrededor de 287.000 empleos directos, ocupando el 12% de la población rural activa (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2004). La generación de empleo constituye un aspecto relevante en el sostenimiento de la familia panelera y los demás actores vinculados a las unidades productivas pequeñas. Esta actividad ocupa en el departamento del Cauca a cuatro de cada seis miembros de la familia, a tres de cada cinco en Cundinamarca y en la HRS en promedio una o dos de cada cinco personas de la familia Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2004)

Mercado nacional e internacional

Se estima que aproximadamente el 99% de la producción panelera se destina al consumo interno y el restante a exportaciones, de acuerdo con Fedepanela, actualmente el consumo anual de panela per cápita esta alrededor de 19 y 22 kilogramos, disminuyendo con respecto a quince años atrás el cual se encontraba por cerca de 32 Kg por año por persona.

Las exportaciones del sector se han dividido de acuerdo con el tipo de producto, con respecto al bloque convencional se encontró que representan el 55.7% de las exportaciones, panela pulverizada convencional el 12.7%, el bloque de panela orgánica 29.8% de las exportaciones. Los países extranjeros con mayor consumo de panela colombiana son Estados Unidos y España, así para el 2018 absorbieron el 74% de las exportaciones de este producto.

País Destino	Porcentaje
Estados Unidos	41,90%
España	32,10%
Francia	6,80%
Italia	3,60%
Chile	3,20%
Corea del Sur	2,80%
Australia	2,00%
Canadá	1,70%
Holanda	1,70%
Panamá	1,60%
Argentina	0,80%
Alemania	0,50%
Aruba	0,40%
Otros	0,90%

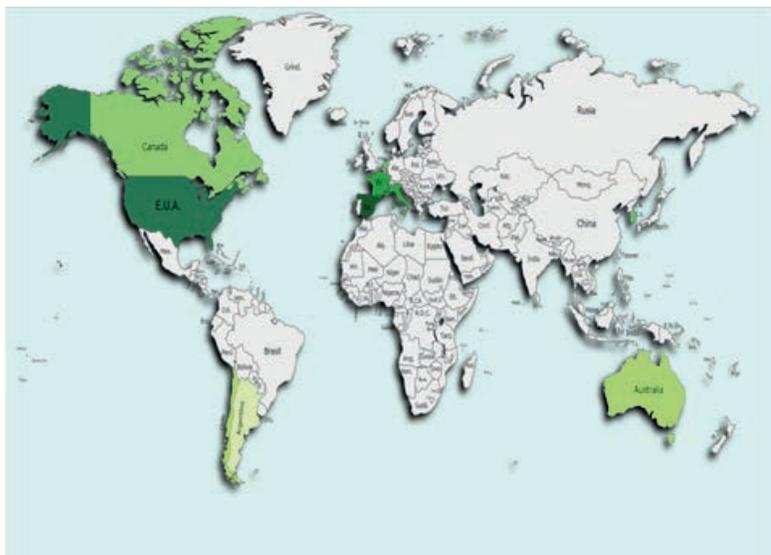


Figura 4. Porcentaje por país de exportaciones

Fuente: Tomado de Fedepanela 2020

Sin embargo, a pesar de ser un alimento representativo a nivel nacional y contar con un mercado potencial en el exterior, el sector panelero está atravesando una difícil crisis la cual se debe a la convergencia de diversos factores como condiciones climáticas, la caída en los precios de venta (Figura 5), fluctuaciones importantes en el consumo per cápita de producto y la existencia de oligopolios en algunos departamentos como lo manifiesta el Ministerio de agricultura han agudizado la situación.

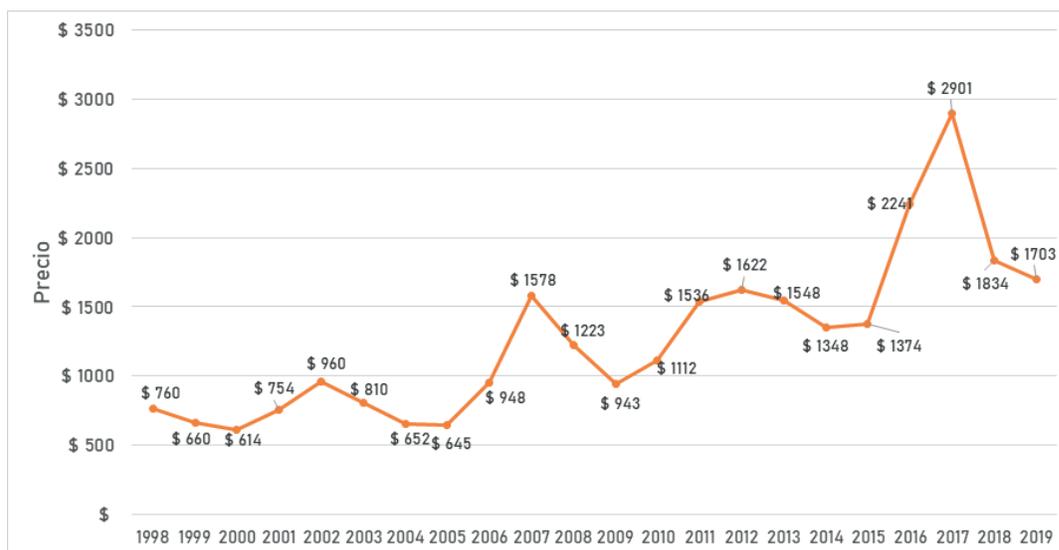


Figura 5. Precios Promedios Nacionales Históricos al Productor por Kg

Fuente: Tomado de Fedepanela 2020

En los últimos años es notoria la caída en el precio pagado al productor por kilogramo de panela, siendo para el 2019 en promedio de \$1.703, llegando a estar por debajo del costo promedio de producción en departamentos como Antioquia, donde el costo de producción promedio de un kilogramo de panela se encuentra alrededor de \$2.353.

Tabla 1. Costo de producción por kilogramo de panela

Departamento	Costo por Kilogramo
Antioquia	\$ 2.353,00
Cundinamarca	\$ 2.299,00
N. Santander	\$ 2.281,00
Caquetá	\$ 2.273,00
Valle	\$ 2.267,00
Boyacá	\$ 2.232,00
Caldas	\$ 2.232,00

Departamento	Costo por Kilogramo
Santander	\$ 2.219,00
Tolima	\$ 2.199,00
Huila	\$ 2.156,00
Cauca	\$ 2.088,00
Quindío	\$ 1.959,00
Risaralda	\$ 1.826,00
Nariño	\$ 1.789,00

Fuente: Tomado de Fedepanela 2020

Para el año 2019, los costos de producción promedio en los principales departamentos productores de panela, sin incluir prestaciones sociales superaron el precio de venta pagado a los productores, situación que ha puesto en dificultades al sector, puesto que los departamentos con mayor índice de producción nacional llegan a presentar costos los costos más elevados del país. Dentro de la composición general de los costos se ha encontrado que cerca del 60% del costo corresponde al pago de mano de obra el 20% a los insumos, 10 % en transporte y 10% en otros. Dentro de los insumos se encuentran combustibles, lubricantes, antiespumantes y materiales usado para el empaque del producto.

Por tratarse de una agroindustria altamente manual es claro que el mayor rubro está destinado al pago de mano de obra, lo cual incluye las altitudes de siembra, mantenimiento del cultivo de caña de azúcar, corte y transporte de la caña; posteriormente en la etapa de transformación en la extracción de jugos, cocina, moldeado y empaque del producto.

Cadena de valor

Para la cadena de valor de panela en Colombia se pueden identificar etapas que son determinantes y en la mayoría de los casos a nivel nacional continúan realizándose de manera artesanal (Figura 6).

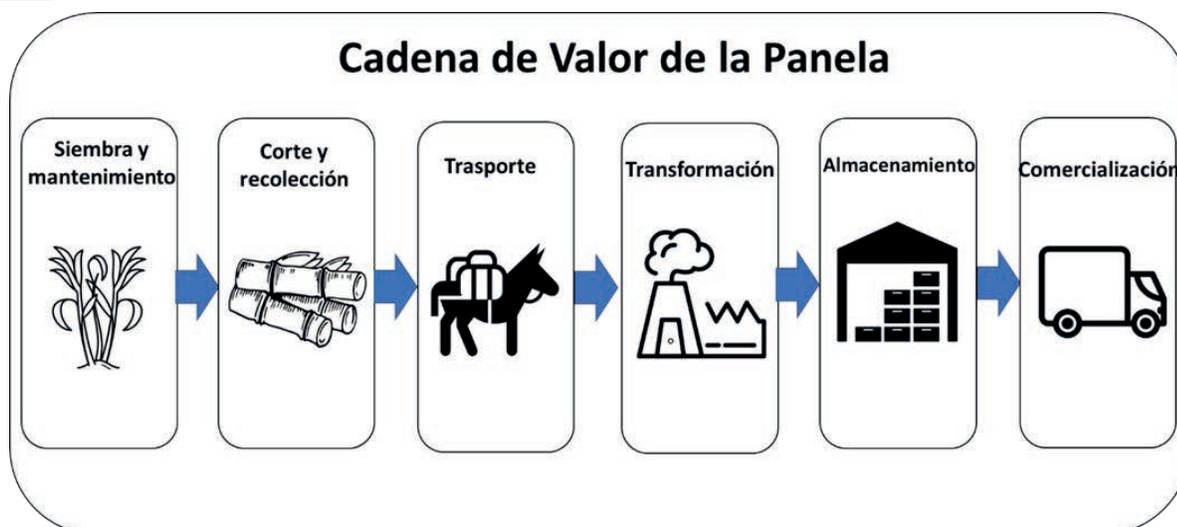


Figura 6. Cadena de valor de panela

Fuente: Autor

Siembra y mantenimiento

El proceso inicia con la siembra de caña (*Saccharum officinarum*), especie de la familia de gramíneas, usada en la agroindustria como materia prima para la fabricación de panela y azúcar. La caña se cultiva en suelos con climas cálidos, con temperaturas promedio a los 25°C y durante el periodo de crecimiento se realiza el mantenimiento de cultivo; pasados entre 18 y 24 se procede al primer corte.

Corte y recolección

Según (Moreno, 2007), el proceso de corte se puede realizar con dos modalidades, en primer lugar, se encuentra el corte por parejo la cual es usada con mayor popularidad en los sistemas productivos altamente tecnificados, esta técnica permite el corte de lotes completos y reajustar prácticas para mejorar el rendimiento. Por otro lado, la modalidad de corte por entresaque, la más generalizada en las pequeñas unidades productivas, la cual consiste en cortar cañas que ya han alcanzado el grado de madurez y dejar en pie las que no han alcanzado el estado para ser recolectadas posteriormente. De acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Observatorio Agro cadenas Colombia, (2005), el rendimiento de corte en una cosecha por entresaque es de 1.8 toneladas de caña por jornal, mientras que el rendimiento para el corte por parejo es de 2.5 toneladas de caña por jornal.

Transporte

La caña que esta lista para ser procesada después de haber sido cortada es transportada a la

zona de producción panelera usando animales en la mayoría de los casos por y en algunos casos vehículos. Al haber acercado la caña al molino son apiladas de manera para posteriormente iniciar la operación de molienda para extracción de los jugos.

Transformación

En la etapa de transformación y las condiciones en las que han operado tradicionalmente las unidades productivas de panela en el país se han identificado algunas operaciones (Figura 7).

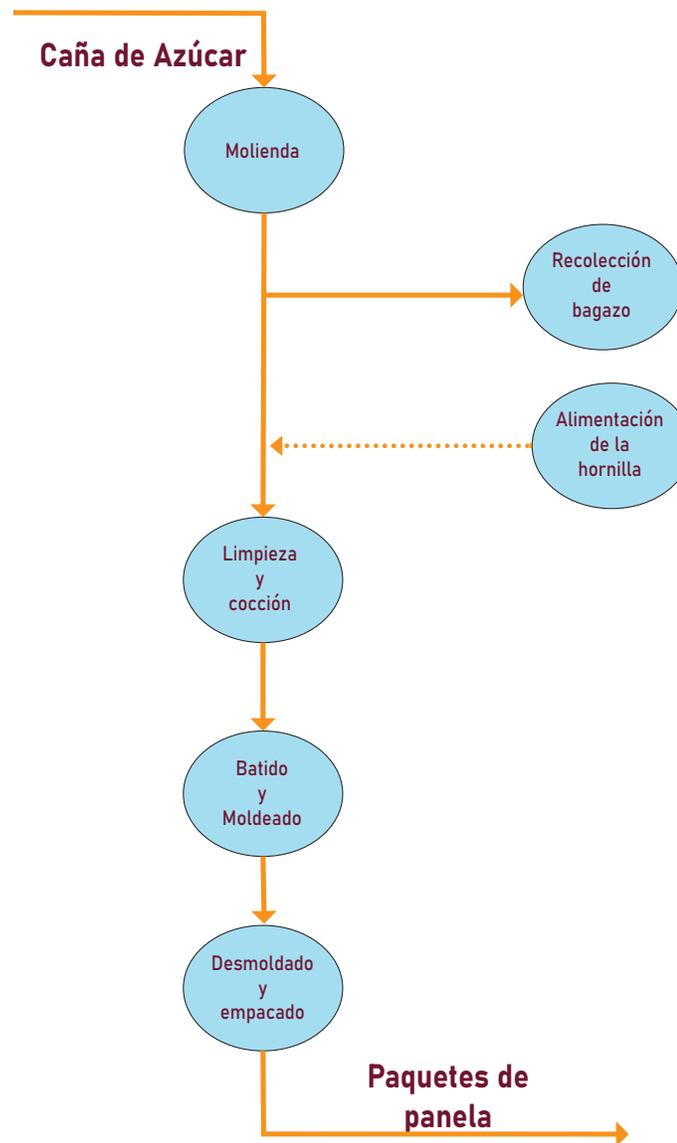


Figura 7. Diagrama de operaciones en la etapa de transformación de la panela

Fuente: Autor **Transformación**

A continuación, se presenta una breve descripción de cada una de las operaciones que conforman el proceso de transformación de caña de azúcar en el producto final.

- ♦ **Molienda:** previamente cortada la materia prima, el trabajador quien se encuentra en esta operación se encarga de tomar una a una las cañas e introducirlas en los rieles del molino para extraer los jugos de la caña (Figura 8).



Figura 8. Operación de molienda

Fuente: Autor

- ♦ **Recolección del bagazo:** introducida la caña en el molino, el operario asignado se encarga retirar el bagazo obtenido después de la extracción de los jugos y disponerlo en el lugar de almacenamiento (Figura 9).



Figura 9. Operación de recolección de bagazo

Fuente: Autor

- ♦ **Alimentación de la hornilla:** en esta operación, “el hornillero”, como es conocido en la industria panelera, se encarga de suministrarle el bagazo ya seco a la cámara de combustión y mantener encendido el fuego (Figura 10).



Figura 10. Operación de alimentación de la hornilla

Fuente: Autor

- ◊ **Limpieza y cocción:** ya vertidos los jugos obtenidos en la molienda a las calderas a través de una tubería, en la etapa de melado, el operario se encarga de agregar los aglutinantes al jugo, retirar las impurezas con ayuda de un colador manual. El jugo limpio es trasvasado a dos calderas con ayuda de un contenedor manual, con el fin de facilitar su cocción. Es aquí donde se realiza el proceso de evaporación y concentración del jugo. Las mieles alcanzan una temperatura promedio de 120°C. Cuando considera que la mezcla ha llegado a término, se procede a retirarla de la caldera (Figura 11).



Figura 11. Operación de retiro de limpieza y descachazado

Fuente: Autor

- ◊ **Batido y moldeado:** las mieles ya en su punto son vertidas en un contenedor de madera, donde son batidas hasta alcanzar la consistencia deseada; al mismo tiempo se vierte la mezcla sobre los moldes de madera y se deja enfriar (Figura 12). Si se trata de panela pulverizada las mieles serán vertidas sobre gaveras y posteriormente serán trituradas con un molino para alcanzar el tamaño de grano deseado.



Figura 12. Operación de batido y moldeado

Fuente: Autor

- ◊ **Desmoldado y empacado:** ya solidificada las panelas son retiradas de los moldes cuidadosamente y empacadas en papel ecológico de acuerdo con la presentación escogida (Figura 13). Para la panela pulverizada, después del proceso de secado la panela es pesada y empacada en bolsas plásticas.



Figura 13. Operación de desmoldado y empacado

Fuente: Autor

Almacenamiento

El producto terminado es aplicado en bodegas secas las cuales se busca mantengan condiciones de baja humedad. Se acuerdo con Moreno (2007), la temperatura recomendada está entre los 18 y 30°C. Estas condiciones deben garantizarse para preservar las propiedades y calidad del producto y características organolépticas como color, sabor, concentración y PH.

Comercialización

Como lo expone López Sánchez et al (2019) el mecanismo de comercialización realiza sus transacciones con la misma persona, que en la mayoría de los casos actúa como intermediar entre el productor y centrales de abastos. Estos comercializadores corresponde al eslabón que mayores márgenes económicos recibe, la fijación de los precios en mayoría de los casos se realiza entre comerciantes, sin tener en consideración al producto quien se ve poco beneficiado en las alzas del precio de la panela.

Crisis del Sector Panelero

A pesar del crecimiento de la industria panelera y la consolidación de las zonas anteriormente mencionadas, es evidente el rezago de esta agroindustria y las debilidades que han frenado su progreso: falta de coordinación entre paneleros para regular actividades productivas y de comercialización, venta de panela sin identidad de marca y respaldo de calidad, daños ambientales provocados por hornillas energéticamente ineficientes y por inadecuado manejo de los productos de la combustión, baja capacidad de inversión y tecnificación, baja escala de producción (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2004) y actividades altamente riesgosas para la salud de los trabajadores (Matuli, Onyoyo, & Makhonge, 2000)

Es claro que factores como el oligopolio que se presenta en ciertos departamentos ha golpeado a la industria y la informalidad del subsector conlleva a la caída y fluctuación de los precios, lo cual impactan negativamente directamente al primer eslabón de la cadena; de igual manera la grabación del producto con el impuesto IVA del 18% ha desincentivado su consumo en los sectores de menores ingresos, el cual representaba en el pasado el grueso de consumidores de acuerdo con el Ministerio de Agricultura (2018)

Adicionalmente el sector afronta otra problemática derivada de la sobreoferta del producto con la aparición en el mercado de panela adulterada, a la cual se agrega en su composición endulzantes líquidos para tener altos rendimientos a mejor costo y el desinterés de ciertos eslabones de la cadena por las expectativas creadas por el uso de la caña para producción de alco-

hol carburante como lo manifiesta el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Observatorio Agrocadenas Colombia, (2005).

Caso de estudio

Se presentará el caso de estudio de una panela unidad productiva ubicada en el departamento del Cauca, departamento sobresaliente en esta agroindustria, cuyas unidades productivas son por lo general de baja tecnificación. intensivas manualmente. La panela se convirtió en una alternativa para los campesinos quienes principalmente se han dedicado al cultivo del café, pero, pero en tiempos en lo que no existe cosecha del grano o en temporadas de crisis impulsaron esta agroindustrial.

El Cauca es el departamento con mayor cantidad de productores de panela y se consideran que alrededor de 17 municipios del departamento tiene una alta producción de panela dentro de los que se puede resaltar el municipio de Caldon (Figura 14), un de las localidades más golpeadas por los últimos años por el conflicto armado y como estrategia de reinserción a la vida civil y erradicación de cultivos ilícitos se ha fortalecido la agroindustria panelera.

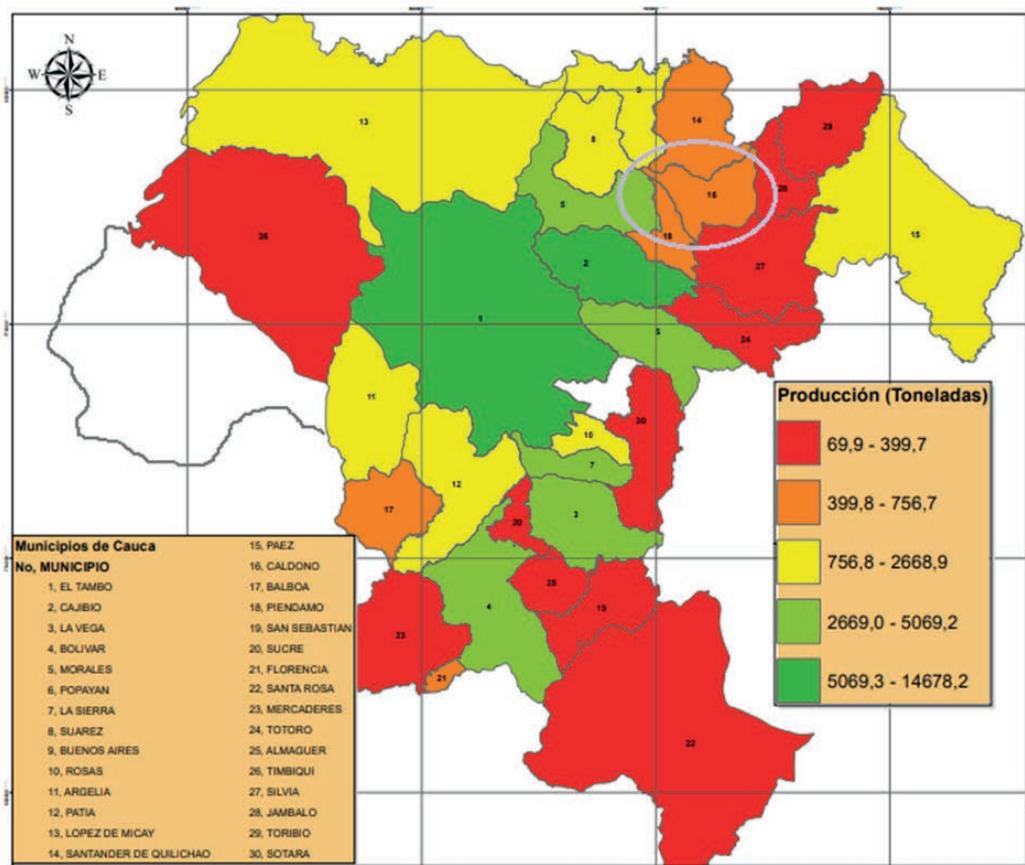


Figura 14. Producción panelera en el Cauca para el año 2019

Fuente: Tomado de Fedepanela 2020

Justamente en este municipio se encuentra localiza la pequeña unidad productiva de panela que será usada para ejemplificar la situación por la cual están pasando los productores de panela nacionalmente ante la crisis que afronta el sector. La unidad productiva en cuestión cuenta con dos (2), hectáreas sembradas de caña Panera, la cual en promedio demora después de ser sembrada diez ocho (18) meses para su primer corte.

El proceso inicia con la preparación del terreno, abono y desinfección de este para garantizar las condiciones apropiadas; posteriormente después de la adquisición de las semillas se procede a la siembra, la cual es realizada por personal de la zona. Dentro de esta etapa se estima que el 50% del costo está destinado principalmente a la compra de las semillas y mano de obra. Cabe decir que los cultivos se realizan en terrenos propios por lo tanto no existen rubros destinados al alquiler. Pasados tres (3) se da lugar a la resiembra y mantenimiento del cultivo etapa en la cual se realiza el abono del terreo, proceso en el cual participan trabajadores de la zona. Esta actividad se repite dos (2) veces durante los diez ocho (18) meses.

Para este caso especial se recurre al corte por el método de corte por lotes, en esta etapa son trabajadores expertos en el proceso quienes, cortan y arruman la caña para ser llevada posteriormente por medio de transporte animal al trapiche.

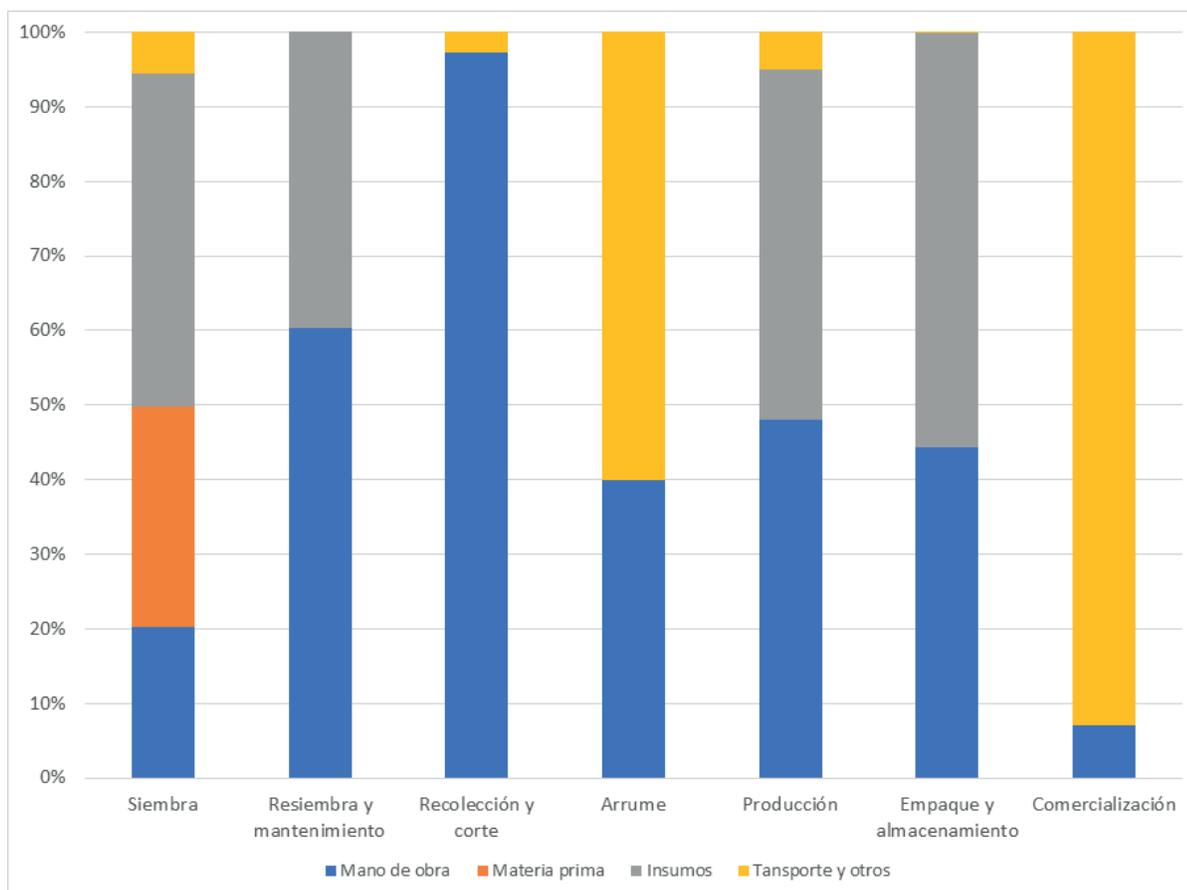


Figura 15. Distribución porcentual de costos para el caso de estudio

Fuente: Autor

Ya la caña en el trapiche inicia el proceso de producción de panela, en la primera operación se extraen los jugos por medio de un molino alimentado por ACPM, uno de los trabajadores se encarga de controlar el ingreso de caña al molino y mantener el ritmo del proceso; obtenidos los jugos son filtrados y llevados por ductos a tanques de almacenamiento, donde permanecerán hasta ser dosificados en las caldera para su posterior proceso de melado, quizás la etapa más importante, de la cual depende el éxito del producto y está a cargo de personas expertas en darle el punto a las mieles que se van condensando durante el proceso de cocción. Otra operación de gran importancia e impacto en esta etapa consiste en la alimentación de la hornilla, para mantener el nivel de calor deseado. Obtenido el punto de los miles, son vertidas sobre gavetas y posteriormente a moldes donde permanecerán hasta enfiarse para pasar a la etapa de empaque. Esta requiere intensivamente trabajo manual y de su costo, el 48% se destina a este rubro.

El empaque se realiza menare manual en presentaciones 12.5 Kilogramos, de acuerdo con la demanda en el mercado, aquí las panelas ya en bloques son embaladas y apiladas en la bodega de producto terminado. La comercialización de producto se realiza de manera directa entre el producto y distribuidores de las placas de mercado de la ciudad de Popayán, fijando el precio de acuerdo con las estimaciones del mercado.

Para el año 2019, en este estudio de caso de obtuvo un costo promedio por Kilogramo de \$1.522 versus un precio de venta pagado el productor de \$1.703, lo cual significa un margen de beneficio para el productor de 12%, el cual puede inclusive estar por debajo con las bajas en el precio de la panela, situación que evidencia las dificultades en las cuales el sector panelero sigue operando, llegando inclusive a dejar de percibir beneficios.

Este es un ejemplo de la situación que afrontan los productores de panela y por la cual se hace necesaria una intervención del estado que le brinde garantías y salvaguarde esta agroindustria que representa la fuente de empleo para miles de familias del sector rural y ha sido adoptada como medida para reincorporar a la vida civil poblaciones afectadas durante años por el conflicto armado. De igual manera es preponderante establecer lazos y vínculos que permitan la adopción de nuevas tecnologías en las unidades productivas que puedan elevar los estándares de calidad del producto y de igual manera intensificar la búsqueda de mercados extranjeros.

Conclusiones

Durante los últimos años uno de los sectores de la agroindustria Colombiana que ha afrontado dificultades es el sector panelero que como consecuencia de la confluencia de diversos factores como el encarecimiento de insumos y fertilizantes, elevadas importaciones de productos

endulzantes, la reducción en el consumo per cápita de panela nacional y cambio en el destino de la caña de azúcar como materia prima de otros como etanol.

Un factor determinante en el avance de la industria corresponde al avance tecnológico e innovación de procesos pues en la mayoría de las unidades productivas se han mantenido las prácticas artesanales, por lo cual la vinculación de la academia con este tipo de unidades productivas traería importantes avances que beneficiarían a los productores y posicionarían a Colombia en el mercado mundial de este endulzante.

Referencias

- Ministerio de Agricultura. (2018). *Cadena Agroindustrial de la Panela*. Bogotá.
- Fedepanela. (19 de Abril de 2020). SIPA - Sistema de Información Panelero. Obtenido de <http://www.sipa.org.co/wp/index.php/category/precios-historicos/>
- Fedepanela. (24 de Abril de 2020). SIPA-Sistema de información Panelero. Obtenido de <http://www.sipa.org.co/wp/>
- López Sánchez, N. M., Moreno Duarte, F. T., Castro Moreno, L. D., & Zárate Grandas, M. P. (2019). Evaluación de los aspectos ambientales en la cadena de suministro de la panela en el sector de la Hoya del Río Suárez en Colombia. *Revista chilena de economía y sociedad*, 82-94.
- Matuli, D., Onyoyo, H., & Makhonge, P. (2000). Situation analysis of occupational safety and health in small-scale sugarcane processing establishments in Kenya. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society*, 670 - 673.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Observatorio Agro cadenas Colombia. (2005). *La cadena Agroindustrial de la panela en Colombia*. Bogotá.
- Moreno, Q. (2007). *Guía técnica de agroindustria panelera*. Ibarra_Ecuador.
- Murcia-Pardo, M. L., & Ramírez-Durán, J. (2017). Reconversión del sistema regional de producción de semilla de caña para la agroindustria panelera en Boyacá y Santander. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(1), 75-87.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2004). *Producción de panela como estrategia de la diversificación en la generación de ingresos en áreas rurales de América Latina*. Roma.

ĪbērAM