



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

METODOLOGÍA PARA DISEÑAR UNA OPERACIÓN CROSS-DOCKING APLICADA EN CUATRO CADENAS DE SUMINISTRO DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS EN CUNDINAMARCA

Carolina Salcedo Acosta

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial
Bogotá, Colombia

2019

METODOLOGÍA PARA DISEÑAR UNA OPERACIÓN CROSS-DOCKING APLICADA EN CUATRO CADENAS DE SUMINISTRO DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS EN CUNDINAMARCA

Carolina Salcedo Acosta

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título
de:

Magister en Ingeniería Industrial

Director (a):

Ph.D. Wilson Adarme Jaimes

Codirector (a):

Msc. Frank Alexander Ballesteros Riveros

Línea de Investigación:

Gestión de Operaciones - Logística

Grupo de Investigación:

Sociedad, Economía y Productividad SEPRO – Línea Logística

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial

Bogotá, Colombia

2019

Dedicatoria

A mis padres, quienes han hecho todo por mí sin esperar nada a cambio y con su infinito amor, han hecho de mí la persona que soy hoy, permitiéndome lograr esta meta.

Agradecimientos

Le agradezco a todas las personas que de una u otra forma contribuyeron a la construcción del presente documento con sus aportes, apoyo, preocupación o compañía.

Agradezco a mis padres, quienes me han apoyado en cada una de las decisiones que he tomado, siendo incondicionales en todo momento y mostrándome a diario su amor. Gracias a ellos he alcanzado esta meta. También le doy las gracias a toda mi familia, por estar para mí siempre que los necesito y ayudarme en todo momento.

Agradezco a mi director, el profesor Wilson Adarme Jaimes, por sus enseñanzas diarias, su apoyo, su paciencia y sus valiosas contribuciones en la construcción de este documento. Del mismo modo, le agradezco a mi codirector, el profesor Frank Alexander Ballesteros Riveros, quien en todo momento me colaboró con una explicación o una guía para elaborar este trabajo.

Asimismo, le agradezco al Grupo Sepro de la Universidad Nacional de Colombia y a cada uno de sus integrantes, quienes me apoyaron cuando tuve dificultades y con sus valiosos consejos y aportes permitieron la culminación del presente trabajo.

Adicionalmente, al profesor Carlos Osorio Ramirez, por sus explicaciones en los momentos en los que lo necesité, al profesor Juan Pablo Castrellón, por acompañarme en este proceso y por confiar en mí. Al profesor Jesús González Feliu y a Laura Palacios Argüello, por haberme acogido en Francia y haberme brindado su tiempo, conocimientos y consejos para lograr este resultado. A Catherine Ballesteros y Marcela Muñoz, por su apoyo y su amistad, por motivarme en este camino e inspirarme con su ejemplo. A Diego Vega Vega, por su valiosa contribución en la construcción y desarrollo de la fase final de este trabajo.

También le doy las gracias al Corredor Tecnológico Agroindustrial – Derivado 2 y al proyecto Capacidades logísticas como estrategia competitiva para Asofreagro, por contribuir en el desarrollo de esta investigación. A la École des Mines de Saint-Etienne y al Instituto Henri Fayol por acogerme y brindarme una experiencia enriquecedora.

Al grupo de Salsa de la Universidad Nacional, en especial a la profesora Olga Lucía Ceballos, por darme un espacio para aprender algo nuevo, acompañarme durante toda la maestría, presentarme el mundo de la danza y permitirme desarrollar mis capacidades artísticas. También a Erick Leonardo Garzón Pedraza, quien siempre ha estado presente en los momentos en los que lo he necesitado, dándome su apoyo incondicional, y quien ha sido muy importante en mi crecimiento personal.

Finalmente, agradezco a mi amada Universidad Nacional de Colombia, por ser la mejor universidad del país, por abrirme sus puertas y formarme como profesional y como magíster, por hacer de mí una mejor persona y permitirme tantas oportunidades, con ella estaré por siempre agradecida.

Resumen

Los productos alimenticios tienen características inherentes a su naturaleza que hacen que su tratamiento tenga condiciones particulares. Esto se debe, en parte, a que pueden ser altamente perecederos o susceptibles al daño mecánico causado por la manipulación. Uno de los aspectos importantes por los que estos productos se ven afectados es el tiempo total que transcurre desde que son cosechados hasta que llegan al consumidor final, además de los diferentes eslabones por los cuales deben pasar. Para reducir este tiempo, se estudia el impacto que tendría una estrategia cross-docking en el manejo de 4 productos alimenticios cultivados en zonas rurales de Cundinamarca, las cuales se caracterizan por presentar diferencias en los pisos térmicos y deficiencias en su infraestructura de transporte. El objeto de esta investigación es proponer un marco de análisis para identificar las potencialidades y oportunidades de la implantación de centros de cross-dock para alimentos perecederos, así como guiar su diseño y desarrollo. Para esto, se analizan las características de cada producto a través de un estudio cualitativo, se describen sus cadenas de suministro y se estudian los requerimientos de un centro cross-dock. De acuerdo a este análisis, se determina la viabilidad de este proceso para los productos estudiados y se formulan las etapas que se deben tener en cuenta para el diseño de una instalación de tipo cross-docking. Por medio de simulación se analiza el impacto del número de operarios del cross-dock sobre el tiempo de ciclo del producto, concluyendo que éste sí se ve altamente afectado por este número. Se recomienda continuar con el análisis de factores que influyen el tiempo de ciclo en el caso de productos perecederos.

Palabras clave: cross dock, metodología, cadena de suministro alimentaria, perecederos, logística.

Abstract

Food products have characteristics inherent to their nature that make their treatment have particular conditions. This is due, in part, to the fact that they can be highly perishable or susceptible to mechanical damage caused by handling. One of the important aspects that affect these products is the total time that elapses from when they are harvested until they reach the final consumer, in addition to the different actors through which they must pass. To reduce this time, the impact of a cross-docking strategy on the management of 4 food products grown in rural areas of Cundinamarca, which are characterized by differences in thermal floors and deficiencies in their transport infrastructure, is studied. The purpose of this research is to propose a framework of analysis to identify the potential and opportunities of the implementation of cross-dock centers for perishable food, as well as to guide its design and development. In order to do this, the characteristics of each product are analyzed through a qualitative study, its supply chains are described and the requirements of a cross-docking center are studied. According to this analysis, the viability of this process is determined for the products studied and the stages that must be taken into account for the design of a cross-docking installation are formulated. By means of simulation, the impact of the number of cross-dock operators on the product's cycle time is analyzed, concluding that it is highly affected by this number. It is recommended to continue with the analysis of factors that influence the cycle time in the case of perishable products.

Keywords: cross dock, methodology, food supply chain, perishables, logistics.

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Lista de figuras	XIII
Lista de tablas	XV
Introducción	1
1. Generalidades de la investigación	3
1.1 Justificación	3
1.2 Definición del problema.....	4
1.3 Objetivos.....	7
1.3.1 General	7
1.3.2 Específicos	7
2. Estado del arte.....	9
2.1 Metodología.....	11
2.2 Logística y gestión de la cadena de suministro.....	14
2.3 Cross-docking	16
2.4 Cadenas de suministro alimentarias.....	24
3. Metodología.....	27
3.1 Fase 1. Caracterización	28
3.1.1 Etapa 1. Análisis de información secundaria	28
3.1.2 Etapa 2: Recolección y análisis de información primaria	29
3.2 Fase 2. Contextualización.....	31
3.2.1 Etapa 3. Análisis de información secundaria	31
3.2.2 Etapa 4. Descripción del estado actual de las operaciones en los productos específicos.....	31
3.2.3 Etapa 5. Diagnóstico del estado actual de las CSA e identificación de problemáticas	32
3.3 Fase 3. Formulación	33
3.3.1 Etapa 6. Propuesta de un algoritmo para el diseño	33
3.4 Fase 4. Validación.....	34
3.4.1 Etapa 7. Simulación del diseño propuesto.....	34
4. Resultados	35
4.1 Estructura de la metodología propuesta.....	35
4.2 Caracterización y diagnóstico	36

4.2.1 Aspectos técnicos de los productos objeto de estudio.....	37
4.2.2 Descripción por actores.....	53
4.3 Identificación de requerimientos	80
4.4 Formulación del algoritmo para el diseño de la operación.....	83
4.4.1 Paso 1: Datos iniciales	83
4.4.2 Paso 2: Diseño de experimentos	84
4.4.3 Paso 3: Ejecución de pruebas	85
4.4.4 Paso 4: Evaluación de resultados.....	85
4.4.5 Paso 5: Diseño de la operación cross-docking.....	86
4.5 Validación.....	86
4.5.1 Paso 1.....	86
4.5.2 Paso 2.....	87
4.5.3 Paso 3.....	88
4.5.4 Paso 4.....	89
4.5.5 Paso 5.....	90
5. Conclusiones y recomendaciones	93
5.1 Conclusiones.....	93
5.2 Recomendaciones	95
6. Bibliografía	97

Lista de figuras

	Pág.
Ilustración 1. Grupos de procesos que conforman el desarrollo de un proyecto	11
Ilustración 2. Ejemplo de un proceso de negocio simple	13
Ilustración 3. Cross-dock en forma de I.....	18
Ilustración 4. Formas usadas para un cross-dock	18
Ilustración 5. Cross-dock de etapa única	20
Ilustración 6. Cross-dock de dos etapas	20
Ilustración 7. Fases de la metodología.....	28
Ilustración 8. Metodología para el diseño de la operación cross-docking en productos perecederos	35
Ilustración 9. Ciclo de vida de la cebolla cabezona	39
Ilustración 10. Área cosechada y producción de cebolla cabezona en Colombia 2007-2015	40
Ilustración 11. Principales departamentos productores de cebolla cabezona en 2015 ..	40
Ilustración 12. Área cosechada y producción de cebolla cabezona en Cundinamarca 2007- 2015.....	41
Ilustración 13. Principales municipios productores de cebolla cabezona en Cundinamarca en el año 2015	41
Ilustración 14. Mapa de los municipios productores de cebolla cabezona en Cundinamarca.....	42
Ilustración 15. Porcentaje de participación de Cundinamarca en la producción nacional de cebolla cabezona 2005 – 2015	42
Ilustración 16. Rendimiento de la cebolla cabezona en Cundinamarca y en Colombia 2005 – 2015	43
Ilustración 17. Ciclo de vida de la zanahoria	45
Ilustración 18. Área cosechada y producción de la zanahoria en Colombia.....	45
Ilustración 19. Principales departamentos productores de zanahoria en Colombia	46
Ilustración 20. Área cosechada y producción de zanahoria en Cundinamarca	46
Ilustración 21. Municipios productores de zanahoria en Cundinamarca	47
Ilustración 22. Rendimiento cultivo de zanahoria para Colombia y Cundinamarca	47
Ilustración 23. Producción y área cosechada de arveja a nivel nacional	49
Ilustración 24. Producción y Área cultivada de Arveja en Cundinamarca	50
Ilustración 25. Rendimiento Ton/ha del cultivo de Arveja en Cundinamarca y Nivel Nacional	50
Ilustración 26. Producción y área cosechada de habichuela a nivel nacional	52

Ilustración 27. Producción y área cosechada de habichuela en Cundinamarca.....	52
Ilustración 28. Rendimiento Ton/ha del cultivo de habichuela en Cundinamarca y nivel nacional.....	53
Ilustración 29. Número de hectáreas donde cultivan los productores de cebolla cabezona.....	54
Ilustración 30. Tiempo de almacenamiento de la cebolla cabezona después de cosechada.....	55
Ilustración 31. Costo del transporte por bulto para los productores de cebolla cabezona	56
Ilustración 32. Clientes de los productores de cebolla cabezona.....	57
Ilustración 33. Propiedad del vehículo donde se transporta la cebolla cabezona	57
Ilustración 34. Embalaje usado para el transporte de cebolla cabezona	58
Ilustración 35. Diagrama cadena de suministro de la cebolla cabezona.....	58
Ilustración 36. Número de hectáreas en las que cultivan los productores de zanahoria	59
Ilustración 37. Tipo de vehículo para transporte de zanahoria.....	59
Ilustración 38. Propiedad de los vehículos usados para el transporte de zanahoria	60
Ilustración 39. Diagrama cadena de suministro de la zanahoria	61
Ilustración 40. Toneladas de habichuela producidas por cosecha	61
Ilustración 41. Tipo de vehículo usado para transportar la habichuela	62
Ilustración 42. Transporte de la habichuela con otros productos	63
Ilustración 43. Pertenencia de productores de habichuela a asociaciones.....	63
Ilustración 44. Diagrama cadena de suministro de la habichuela	64
Ilustración 45. Hectáreas cultivadas por los productores de arveja	64
Ilustración 46. Vehículos usados para transportar la arveja.....	65
Ilustración 47. Clientes de los productores de arveja	66
Ilustración 48. Diagrama cadena de suministro de la arveja	67
Ilustración 49. Algoritmo para el diseño de la operación cross-docking.....	83
Ilustración 50. Modelo de operación cross-docking en <i>AnyLogic</i> ®.....	88
Ilustración 51. Número de operarios vs tiempo de ciclo promedio	90
Ilustración 52. Bodega donde se realiza la operación cross-docking.....	91

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Clasificación de temáticas relacionadas con Cross-Docking.....	6
Tabla 2. Palabras clave y ecuaciones de búsqueda	10
Tabla 3. Clasificaciones de cross-dock.....	20
Tabla 4. Información encuestas realizadas	36
Tabla 5. Estacionalidad del cultivo de cebolla cabezona	38
Tabla 6. Estacionalidad del cultivo de zanahoria	44
Tabla 7. Estacionalidad Cultivo de arveja en Cundinamarca.....	48
Tabla 8. Estacionalidad Cultivo de habichuela en Cundinamarca	51
Tabla 9. Resultados encontrados para los productos estudiados	67
Tabla 10. Características del transporte hacia el mayorista	70
Tabla 11. Tipos de vehículos transportadores.....	71
Tabla 12. Indicadores eslabón transportador	71
Tabla 13. Indicadores de mayoristas	73
Tabla 14. Descripción de los vehículos usados para transportar los productos hasta el minorista.....	74
Tabla 15. Indicadores del transportador a minorista	75
Tabla 16. Indicadores para minorista de tienda.....	76
Tabla 17. Frecuencia de compra de verduras y cantidad de entregas que reciben los minoristas.....	78
Tabla 18. Indicadores para minorista de plaza	78
Tabla 19. Requerimientos operación de distribución	81
Tabla 20. Información relevante de los productos para el diseño de la operación cross-docking.....	82
Tabla 21. Pautas para diseñar un experimento.....	84
Tabla 22. Parámetros del modelo	89
Tabla 23. Resultados de las corridas del modelo.....	89
Tabla 24. ANOVA de un factor.....	90

Introducción

Las cadenas de suministro están compuestas por flujos de información, dinero, materiales, suministros, productos terminados, que atraviesan diferentes etapas para llegar de un actor a otro. Dichos actores son los que manejan los flujos, generalmente estos son los proveedores, las bodegas, los fabricantes y los consumidores finales. Sin embargo, la estructura de cada cadena de suministro depende del mercado en el que se encuentre, por lo cual puede estar configurada de forma particular.

Por ejemplo, las cadenas de suministro alimentarias (CSA) tienen particularidades que hacen que su estudio sea de gran interés, por lo cual han sido trabajadas por muchos autores, como (Iakovou, Bochtis, Vlachos, & Aidonis, 2016) quienes han estudiado la forma de lograr CSA sostenibles y competitivas. Asimismo, (Van Der Vorst, Da Silva, & Trienekens, 2007) analizan las CSA enfocándose en los actores que conforman la red, (Orjuela Castro J. A., 2018) han estudiado las CSA desde diferentes perspectivas como la incidencia de su diseño en el equilibrio de flujos logísticos.

A pesar de los múltiples estudios que se han llevado a cabo en estas cadenas, aún existen problemas en su desempeño que requieren de la atención tanto de académicos como de empresarios. Uno de estos problemas es el alto tiempo que transcurre desde que los alimentos salen de la finca productora hasta que llegan al consumidor final, esto puede repercutir directamente en la calidad del producto y las pérdidas del mismo. Dichos tiempos se ven afectados por los eslabones que componen la CSA y los procesos que se llevan a cabo en los mismos.

Existen distintas operaciones llevadas a cabo, dentro del eslabón productor de las CSA, una de las cuales es la distribución, una forma de apoyar dicha operación es el uso de centros de consolidación o de una estrategia cross-docking (Vasiljevic, Stepanovic, & Manojlovic, 2013).

El cross-docking se define como una estrategia utilizada en la cadena de suministro, que busca contribuir al cumplimiento de los objetivos de la misma: incrementar la rentabilidad total y reducir los tiempos de respuesta al cliente, a través de diferentes técnicas tales como la eliminación de almacenamientos por periodos mayores a 24 horas, el incremento en la eficiencia de las operaciones de alistamiento de pedidos, rutas de mínimo costo y programación de vehículos para optimizar la capacidad de los recursos (González-La Rotta & Becerra-Fernández, 2017).

Para el caso de los productos perecederos, esta estrategia resulta muy útil debido a que su condición no les permite permanecer mucho tiempo almacenados, por lo tanto, es necesario que después de la cosecha sean comercializados lo más pronto posible.

El presente estudio, investiga la incidencia de una estrategia cross-docking en cadenas de suministro de cuatro productos perecederos de Cundinamarca, analizando los requerimientos que demandan estos productos para ser operados en una bodega cross-dock y la incidencia que tendría el número de operarios en el tiempo de ciclo de una unidad de producto dentro de dicha bodega, para así reducir los tiempos en la cadena.

Este estudio se enmarca en el proyecto “Corredor Tecnológico Agroindustrial – Derivado 2”, específicamente en el subproyecto “Diagnóstico del estado tecnológico y evaluación tecnológica y de procesos en el sistema de operación logística y distribución en Cundinamarca” desarrollado por el Grupo de Investigación Sociedad, Economía y Productividad – SEPRO de la Universidad Nacional de Colombia.

El documento consta de 6 capítulos, el primero inicia con la descripción detallada de las generalidades de la investigación, donde se incluye la justificación y la definición del problema. El capítulo 2 contiene el estado del arte que da rigor y peso a la investigación, abordando los principales conceptos y los estudios realizados en este campo. El siguiente capítulo incluye la metodología que se usó para el desarrollo de la investigación. El capítulo 4, desarrolla el cumplimiento de los 4 objetivos específicos establecidos al inicio de la investigación. Finalmente, el capítulo 5 muestra las conclusiones y recomendaciones y el 6 la bibliografía consultada.

1. Generalidades de la investigación

Este capítulo presenta los aspectos principales del presente trabajo, se incluye la justificación, la definición del problema y los objetivos planteados.

1.1 Justificación

Uno de los factores que impulsaron de gran manera el desarrollo de la humanidad fue la lógica de producción y consumo de bienes, con ello surgió la necesidad de transportar dichos bienes, ya que comúnmente los bienes requeridos por una población determinada no se producen en el lugar donde habitan, es decir, el sitio de producción no es el mismo que el de consumo.

Antiguamente, bienes como los alimentos u otras mercancías, se encontraban muy alejados o estaban parcialmente disponibles durante el año, al ser producidos solamente en temporadas específicas. Por lo tanto, era difícil en especial alargar la duración de los productos perecederos para llevarlos a sitios alejados del lugar de producción. Esto obligaba a las personas a vivir cerca de las fuentes de producción. Incluso en la actualidad, existen algunas zonas del mundo, donde el consumo y la producción tienen lugar sólo dentro de una región geográfica muy limitada (Ballou, 2004).

Posteriormente, al contar con los medios necesarios, se empezaron a dar las condiciones para que los bienes pudieran ser llevados hasta el consumidor y se conservaran en buen estado por más tiempo. Esto sucedió gracias a avances dados en los sistemas logísticos. Según el Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP) la logística se define como un proceso en el cual se planifican, se implementan y se controlan los procedimientos para el transporte y el almacenamiento eficientes y efectivos, de bienes, donde también se incluyen servicios e información, tanto del punto de origen como del de

consumo y de los que hay entre ellos, todo esto para cumplir con los requisitos exigidos por el cliente (Vitasek, 2013).

Así fue como surgieron soluciones para los problemas logísticos, sin embargo, en el caso de los alimentos y demás productos perecederos todavía existen retos en este ámbito que requieren atención, con el objetivo de lograr mejoras que propendan a la accesibilidad del alimento a más personas y la conservación del mismo, para así evitar pérdidas o desperdicios innecesarios. Antes de definir el problema de la presente investigación, se mostrarán los aspectos técnicos de los productos que se estudian con el fin de tener una perspectiva correcta de los productos perecederos, sus características, comportamiento y particularidades.

1.2 Definición del problema

La cadena de suministro (CS) es definida como: “Los intercambios de materiales e información en el proceso logístico, desde la adquisición de materias primas hasta la entrega de productos terminados al usuario final” (Vitasek, 2013). Por otro lado, (Richards, 2011) considera que el rol de una cadena de suministro es entregar los productos correctos, en la cantidad adecuada, al cliente correcto, en el momento y lugar indicado, en la condición adecuada y al precio justo.

Los actores que pertenecen a las cadenas de suministro agrícola estudiadas son: productores (pequeños, medianos y grandes), intermediarios, industria procesadora de alimentos, mayoristas, minoristas, grandes superficies de distribución nacional, mercado internacional y consumidor final.

Los productores de insumos agrícolas usados en los cultivos y los agricultores pertenecen al proceso de producción.

Los distintos intermediarios, acopiadores y organizaciones tales como asociaciones, pertenecen al proceso de comercialización, los actores de este proceso se encargan de conectar los productores con los distribuidores mayoristas y normalmente actúan como acopiadores, usualmente son diferentes al cultivador, no obstante, hay casos en los que este proceso es asumido por los mismos productores. Con relación al lugar de compra, la

mayoría de los intermediarios realizan la compra y adquisición del producto, directamente en finca, seguidos por las plazas del mercado regional o local de la zona y centros de acopio.

La industria procesadora de alimentos pertenece al proceso de transformación; según un estudio desarrollado por Agrocadenas, se sabe que la agroindustria procesadora de hortalizas corresponde a un sector industrial pequeño (Agrocadenas, 2005).

Los mayoristas y minoristas pertenecen al proceso de distribución. Los mayoristas se ubican especialmente en las centrales de abastos y adquieren el producto a través de diversos canales, los principales son las transacciones con los comercializadores intermediarios y las hechas directamente con el productor. Los minoristas se clasifican en tradicional y moderno, en el primer grupo están las tiendas de barrio, plazas de mercado, etc.; y en el segundo, las cadenas de supermercados (CCI, 2006).

Para que una cadena de suministro funcione de forma eficiente, es necesario que se analice cada eslabón de la cadena y dentro de éste, los procesos que se realizan. En el caso de los productos agrícolas que se estudian, donde el eslabón principal es el productor, ya que es el que genera los insumos, existen distintas operaciones llevadas a cabo, una de las cuales es la distribución, una forma de apoyar esta operación es el uso de centros de consolidación o de una estrategia de cross-docking.

Para el caso de los productos perecederos, esta estrategia resulta muy útil debido a que su condición no les permite permanecer mucho tiempo almacenados, por lo tanto, es necesario que después de la cosecha sean comercializados lo más pronto posible.

Se ha encontrado que es posible generar mejoras en la distribución de productos perecederos mediante el uso de las instalaciones cross-dock (Vasiljevic, Stepanovic, & Manojlovic, 2013). Además, el uso de ese tipo de bodegas se está incrementando en la industria alimentaria debido a los beneficios que brinda. Sin embargo, según (González-La Rotta & Becerra-Fernández, 2017) de los estudios relacionados con cross-docking, únicamente el 2% incluye la temática de alimentos y productos perecederos (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de temáticas relacionadas con Cross-Docking

Temática	Porcentaje
Planeación táctica y operativa	4%
Alimentos y perecederos	2%
Aplicaciones en producción-distribución	6%
Control operacional	2%
Optimización	6%
Localización y Cross-Docking	4%
Meta-heurísticas	42%
Otros	33%

Fuente: (González-La Rotta & Becerra-Fernández, 2017)

La cebolla cabezona, la zanahoria, la habichuela y la arveja, al ser productos perecederos y de alto consumo en el país, requieren de procesos ágiles que no afecten su calidad y los lleven de forma rápida y segura al consumidor. Actualmente, la forma en la que se manejan estos productos, no es la más eficiente, por lo que se cuenta con muchas oportunidades de mejoras, tanto en la parte agrícola, de manejo de cultivo, como en la parte técnica, tecnológica y en los procesos logísticos.

La presente propuesta de investigación se enmarca dentro del proyecto titulado “Corredor Tecnológico Agroindustrial de Bogotá y Cundinamarca – Derivado 2” que ha sido resultado de la articulación entre diferentes sectores (académico, gubernamental y productivo) que buscan desarrollar actividades de investigación, innovación y desarrollo tecnológico en el sector agropecuario y agroindustrial de Bogotá y Cundinamarca. Específicamente, la propuesta se encuentra dentro del marco del sub-proyecto “Diagnóstico del estado tecnológico y evaluación tecnológica y de procesos en el sistema operación logística y distribución en Bogotá y Cundinamarca”, que tiene como objeto realizar un diagnóstico sobre el funcionamiento y la complejidad del sistema logístico, el cual abarca los procesos de transporte, abasto, acopio y distribución de productos perecederos. Se parte del reconocimiento de los actores que integran la cadena de suministro desde la unidad productiva, incluyendo almacenes, proveedores, productores, distribuidores y medios de transporte de alimentos que ingresan a la zona urbana de Bogotá.

Se ha observado que los productos mencionados se cosechan en zonas cercanas geográficamente, y son afines en varios aspectos, uno de ellos es el hecho de que se pueden transportar y almacenar juntos, lo que facilitaría su acopio en una bodega cross-docking. Adicionalmente, por medio de este proceso se podría consolidar la carga y de este modo facilitar la búsqueda de nuevos mercados que les brinden mejores ingresos a

los productores. Por medio de la operación cross-docking, se obtendría una mejora en la eficiencia del proceso de distribución y transporte y, por ende, a lo largo de toda la cadena de suministro de los productos de estudio.

Debido a lo anteriormente expuesto, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué elementos debería tener un algoritmo para apoyar la toma de decisiones en el diseño de una operación cross-docking aplicada en las cadenas de suministro de cebolla cabezona, zanahoria, arveja y habichuela en Cundinamarca?

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Desarrollar una metodología para el diseño de una operación cross-docking aplicada en las cadenas de suministro de cebolla cabezona, zanahoria, arveja y habichuela en Cundinamarca.

1.3.2 Específicos

- Caracterizar las cadenas de suministro de cebolla cabezona, zanahoria, arveja y habichuela en Cundinamarca, a través de la descripción de los modos y medios que componen la red.
- Identificar los requerimientos específicos de las operaciones de distribución y almacenamiento de cebolla cabezona, zanahoria, arveja y habichuela en Cundinamarca y sus implicaciones en el diseño de una instalación cross-docking.
- Formular una metodología que permita diseñar una operación cross-docking a través de un algoritmo que establezca los recursos requeridos.
- Probar la metodología de diseño de la operación cross-docking a través de simulación y/o modelos exactos, comparando distintos escenarios del problema de distribución de cebolla cabezona, zanahoria, arveja y habichuela en Cundinamarca.

2.Estado del arte

La revisión de la literatura es una parte muy importante del proceso de investigación, ya que permite identificar las brechas existentes en el tema de interés, así como la relevancia y pertinencia del estudio propuesto. Además, este paso es necesario para tener conocimiento sobre lo que se ha hecho en un campo de investigación específico, para encontrar y comprender el problema que se abordará y para proponer una solución novedosa y viable. Es muy importante que la revisión sea rigurosa y cuidadosa.

En este capítulo se presentará la información relevante encontrada, se hace una búsqueda utilizando la base de datos Scopus ya que es una de las más grandes, albergando gran número de artículos de alto nivel y mostrando una visión amplia del trabajo científico global e interdisciplinario.

La metodología de investigación que se seguirá para la revisión de la literatura consta de tres pasos. El primero de ellos es la recuperación de artículos de bases de datos. Posteriormente, se realiza un análisis bibliométrico. Y finalmente, se realiza un análisis de contenido.

Para el primer paso, se realiza la selección de palabras clave y ecuaciones de búsqueda, con el fin de obtener la información relevante que se necesita para tener una perspectiva correcta del estado del arte del tema que se está abordando. La Tabla 2 muestra las palabras clave y las ecuaciones de búsqueda utilizadas.

Para la presente investigación, el enfoque de la revisión de la literatura es el cross-docking y sus aplicaciones en productos alimenticios. En la tabla a continuación se muestran las palabras clave y las ecuaciones de búsqueda utilizadas con los respectivos resultados encontrados para cada una de ellas.

El proceso de revisión de literatura comenzó con la definición de palabras clave, seguido por la construcción de ecuaciones de búsqueda, la depuración de los resultados y, finalmente, el análisis de los documentos encontrados.

Tabla 2. Palabras clave y ecuaciones de búsqueda

Palabras clave (Keywords)	Ecuaciones de búsqueda	Resultados
Cross-dock Warehouse Design Perishable Food Fresh	("Cross-dock*" OR "crossdock*" OR "cross dock*") AND "design"	170 147
	("Cross-dock*" OR "crossdock*" OR "cross dock*") AND ("perishable" OR "food" OR "fresh")	18 13
	"Warehous*" AND ("perishable" OR "food" OR "fresh")	778 480
	"Cross-dock*" OR "crossdock*" OR "cross dock*"	618 371
	"Storage*" AND ("perishable" OR "food" OR "fresh")	44488 39307 36884 11402 7295

Fuente: Elaboración propia

Para las cuatro primeras ecuaciones de búsqueda, los dos resultados mostrados corresponden al filtro de artículos desde el 2007 y únicamente teniendo en cuenta los *journal* como *source type*.

En el caso de la quinta ecuación, donde se encontró la mayor cantidad de resultados, se observó que muchos no correspondían a lo que se quería encontrar. Así que, además de realizar los filtros anteriormente explicados, se realizaron más, empezando por excluir algunas *subject areas* relacionadas con medicina, biotecnología, inmunología, química, entre otros. Adicionalmente, se limitan las palabras clave de los artículos y se aceptan únicamente resultados en español e inglés.

Una vez se realizó la búsqueda de artículos y depuración inicial, se pasó a la siguiente fase que consistía en incluir únicamente los artículos que tuvieran DOI y eliminar los resultados repetidos entre ecuaciones.

Posteriormente se unificó la base de resultados, obteniendo un total de 6343 artículos, después se revisan los nombres de los *journal* y, de esta manera, se descartan los que tienen poca relevancia con el objetivo de la búsqueda. De este modo se obtienen 1334

artículos. Finalmente se hace una revisión por resúmenes, la cual concluye con el número final de 98 artículos que son los seleccionados para lectura completa.

2.1 Metodología

El estudio y análisis de cadenas de suministro abarca diferentes aspectos que deben ser tenidos en cuenta para contemplar de forma completa y amplia todos los actores y procesos que hacen parte de ésta. Por lo tanto, para estudiarla debe elegirse cuidadosamente la metodología adecuada para lograr los fines requeridos.

Existen diversas metodologías en la investigación de las cadenas de suministro, a continuación, se expondrán las más relevantes, explicando sus principales características y los aportes que brindan.

La metodología PMI (Project Management Institute, 2008), es una metodología para la gestión de proyectos, la cual considera los grupos de procesos que se muestran en la Ilustración 1. Según esta metodología, un proceso está compuesto por las actividades interrelacionadas que se deben ejecutar para poder obtener un producto o prestar un servicio determinado.



Ilustración 1. Grupos de procesos que conforman el desarrollo de un proyecto

Fuente: (Project Management Institute, 2008)

Por otro lado, el método SCOR, (Supply Chain Operations Reference), presenta una forma para medir el desempeño de la cadena de suministro, este método fue introducido por el Supply Chain Council - SCC (1999). El modelo SCOR divide los procesos de la cadena de suministro en 4 principales, éstos son:

- Proceso de planeación
- Proceso de aprovisionamiento
- Proceso de producción
- Proceso de distribución

Estos procesos se dividen posteriormente en elementos, tareas y actividades. Cada cadena de suministro básica es una cadena de alguno de los procesos mencionados y cada interacción de dos procesos de ejecución es un enlace en la cadena de suministro. La planeación se encuentra encima de estos enlaces y los administra.

El modelo SCOR contiene tres niveles de detalle de procesos, el nivel I es el principal que tiene que ver con los tipos de procesos. El nivel II es el de configuración que se encarga de las categorías y el nivel III es en nivel de elementos de proceso, es el más bajo nivel. Uno de los objetivos principales del modelo SCOR es el de mejorar la alineación entre el mercado y la respuesta estratégica de la cadena para así incrementar el nivel de desempeño.

Otra metodología es la Metodología de Integración Productiva y Logística (IPrLg), la cual busca evaluar el potencial de integración y de desarrollo de la logística en un área específica de cierto proyecto. Esta metodología maneja tres pilares: el análisis de información secundaria para la formulación de hipótesis, la validación de las hipótesis y la articulación de proyectos de infraestructura con las oportunidades de negocios identificadas, lo que se consolida en un plan de acción (IIRSA, s.f.).

De otra parte, uno de los marcos de la administración de cadenas de suministro es el Global Supply Chain Forum (GSCF) el cual incluye ocho procesos (Lambert, García-Dastugue, & Croxton, 2005):

- Gestión de la relación con el cliente
- Gestión del servicio al cliente
- Gestión de la demanda
- Cumplimiento de órdenes
- Gestión del flujo de manufactura
- Gestión de la relación con proveedores
- Desarrollo y comercialización de producto
- Gestión de devoluciones

La gestión de la relación con clientes y la de proveedores constituyen los enlaces críticos en la cadena de suministro y los otros seis procesos son coordinados a través de ellos. Cada uno de los ocho procesos está subdividido en una secuencia de sub-procesos estratégicos.

Una importante herramienta, de utilidad para el análisis de procesos en cadenas de suministro, es el BPMN (Business Process Model and Notation), su meta es brindar una notación comprensible por todos los usuarios, desde los analistas de negocios hasta los responsables de implementar la tecnología que desarrollará los procesos. El BPMN define un Business Process Diagram (BPD) basado en una técnica de diagrama de flujo que permite crear modelos gráficos de las operaciones de negocio. De este modo, un Business Process Model es una red de objetos gráficos, conformados por actividades y un flujo de control que define el orden de ejecución de éstas. La **Ilustración 2** muestra un ejemplo de un proceso de negocio.

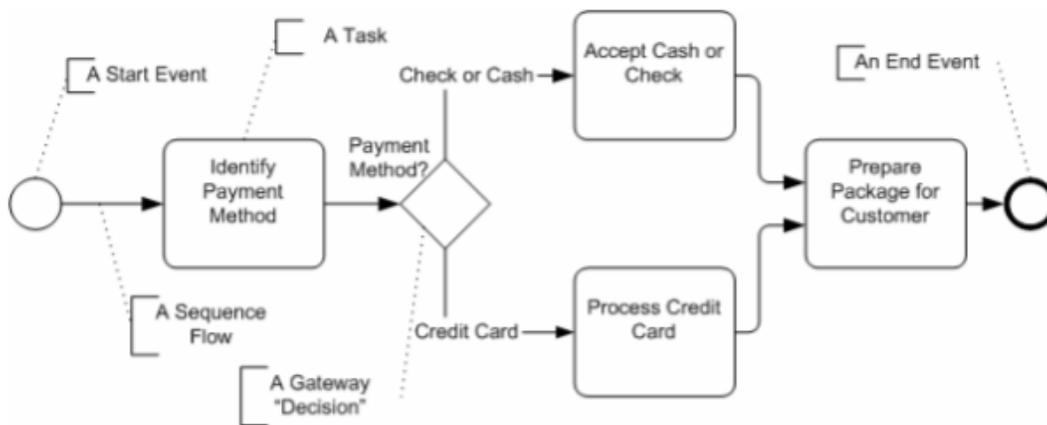


Ilustración 2. Ejemplo de un proceso de negocio simple

Fuente: (White, 2004)

Adicionalmente, (Adarme-Jaimes, 2011) propone una metodología para caracterización de cadenas de suministro basada en las metodologías CYDOLOG e IIRSA. Ésta se compone de 6 pasos, el primero es la definición y caracterización del área de influencia; el segundo la definición de una estructura teórica de la cadena de suministro; el tercero, la preparación, ejecución y análisis del trabajo de campo; el cuarto, la estructura detallada de la cadena;

el quinto, el planteamiento integral de soluciones; y el sexto, la verificación de los resultados.

Por último, para el presente estudio se tiene en cuenta la Quick Scan Audit Methodology (QSAM), ésta es una técnica de investigación basada en establecer imágenes instantáneas del comportamiento de los flujos. La QSAM es una herramienta de diagnóstico robusta que se enfoca en dos etapas principales: entender y documentar procesos de negocio.

El proceso de la QSAM está compuesto por una presentación preliminar, seguida de una descripción general del estado de la cadena de suministro; posteriormente, se realiza una lluvia de ideas con base en información de diferentes fuentes; el siguiente paso es recolectar datos para probar las hipótesis, esto puede realizarse por medio de entrevistas o recolección de datos archivados; a esto le sigue el análisis de los hallazgos y finalmente la presentación de los resultados obtenidos (Boehme, y otros).

2.2 Logística y gestión de la cadena de suministro

Según el Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP) la logística se define como un proceso en el cual se planifican, se implementan y se controlan los procedimientos para el transporte y el almacenamiento eficientes y efectivos, de bienes, donde también se incluyen servicios e información, tanto del punto de origen como del de consumo y de los que hay entre ellos, todo esto para cumplir con los requisitos exigidos por el cliente (CSCMP, 2013).

Por otro lado, la gestión de la cadena de suministro (SCM) abarca las actividades que se relacionan con el flujo y transformación de materiales desde la etapa de extracción hasta que llega al consumidor final (Ballou, 2004). Así, la logística no es un proceso aislado, sino que es parte de un concepto más amplio que es el de SCM, dentro del cual se incluye la planificación y la gestión de todas las actividades relacionadas con el aprovisionamiento, la transformación y la distribución. Adicionalmente, también incluye la coordinación y colaboración entre los diferentes actores aguas arriba o aguas abajo (pueden ser proveedores, intermediarios, clientes, etc.) e impulsa la coordinación de procesos y actividades a través de herramientas como: marketing, finanzas, tecnologías de la

información y las comunicaciones, entre otros (CSCMP, 2013). Para (Richards, 2011), el rol de una cadena de suministro es entregar los productos correctos, en la cantidad adecuada, al cliente correcto, en el momento y lugar indicados, en la condición apropiada y al precio justo.

Las cadenas de suministro tienen como objetivo maximizar el valor total generado, para lo cual se deben tratar de minimizar costos en los que la cadena incurre para llevar un producto al destino final, desde donde es producido, entre los costos asociados, están el de producción, almacenamiento, inventario, transporte, distribución, entre otros (Chopra & Meindl, 2008).

Las cadenas de suministro suelen estar configuradas de diferentes formas y contar con diversos actores, entre los que se encuentran el fabricante de materias primas, la industria manufacturera, el minorista y el consumidor final. Dentro de la planeación de la cadena se deben tener presentes muchas variables de decisión para estructurar de la manera más conveniente la configuración de la cadena. Las decisiones en las que se incurre están divididas en estratégicas, tácticas y operativas.

Las decisiones estratégicas tienen que ver con la parte macro de la cadena, dentro de éstas se encuentran la configuración y el diseño de la cadena, son decisiones que una vez tomadas y llevadas a cabo son difíciles de cambiar, además son a largo plazo, un ejemplo de ellas son: las de la localización de la fábrica, ubicación y capacidades de las bodegas, entre otras.

Las tácticas abarcan decisiones a mediano plazo, pueden ser revisadas periódicamente y el grado de dificultad para ser cambiadas es menor, aquí se incluyen las de asignación de fábricas a puntos de venta, mercados que serán abastecidos y desde qué ubicaciones, las políticas de inventario de la compañía, etc.

Finalmente, las decisiones operativas son a corto plazo y son las que se deben tomar día a día, referentes a la operación diaria de la empresa, el horizonte de tiempo es diario o semanal, allí están incluidas las decisiones de ruteo, forma de atender los productos, cantidades a producir, entre otras.

2.3 Cross-docking

El cross docking es una técnica logística que elimina las funciones de almacenamiento y selección de pedidos de una bodega, manteniendo las de recepción y despacho. La idea básica es transferir la carga directamente desde los camiones de entrada a los de salida sin que haya almacenamiento entre los dos. La carga típicamente dura menos de 24 horas en un cross-dock, incluso puede durar menos de una hora (Bartholdi & Gue, 2003).

Esta estrategia puede ser utilizada con diferentes fines: consolidación de pedidos, optimización de la capacidad de los camiones, menores tiempos de respuesta y reducción de costos (Agustina, Lee, & Piplani, 2010). Por ejemplo, para Kinneer (Kinneer, 1997) la definición de cross docking es recibir producto de un proveedor o fabricante, dirigido a diferentes destinos y consolidarlo con el de otros proveedores para enviar a destinos finales comunes. Esta definición únicamente resalta la posibilidad de usar cross-docking para consolidar pedidos, por otro lado la Industria de Manejo de Materiales de América (MHIA) define el cross-docking como el proceso de mover mercancía desde una puerta de entrada a una de salida sin realizar almacenamiento (MHIA, 2011).

De forma similar (Mohtashami, Tavana, Santos-Arteaga, & Fallahian-Najafabadi, 2015) consideran el cross-docking como una técnica de distribución y de manejo de materiales en la que los productos se transfieren de forma directa desde la puerta de recibo hasta la de despacho, reduciendo así los tiempos de almacenamiento y las funciones de preparación de pedidos. Relacionado a este enfoque, está el de (Yu, Jewpanya, & Redi, Open vehicle routing problem with cross-docking, 2016) para quienes el cross-docking es una estrategia para reducir costos innecesarios y minimizar niveles de inventario.

Adicionalmente, (Dondo, Méndez, & Cerdá, 2011), expresan que el cross-docking difiere del almacenamiento tradicional ya que realiza, en una misma plataforma, consolidación de pedidos con base en la demanda de los clientes y se programa el envío de forma inmediata. (Dondo & Cerdá, 2013) lo definen como un proceso de mover productos desde los proveedores hasta los clientes finales por medio de una plataforma en la cual se realiza poco o ningún almacenamiento. (Chopra & Meindl, 2007), se enfocan en la reducción de tiempos, pues consideran que el cross-docking permite mayor rapidez en el flujo de materiales.

Una definición más completa la brindan (González-La Rotta & Becerra-Fernández, 2017) y el CSCMP, los primeros definen el cross-docking como “una estrategia utilizada en la cadena de suministro, con el fin de contribuir al cumplimiento de los objetivos de la misma: incrementar la rentabilidad total y reducir los tiempos de respuesta al cliente, a través de variadas técnicas tales como la eliminación de almacenamientos por periodos mayores a 24 horas, el incremento en la eficiencia de las operaciones de picking o alistamiento de pedidos, rutas de mínimo costo y programación de vehículos para optimizar la capacidad de los recursos”.

Por su parte, el CSCMP dice que el cross docking funciona como un sistema de distribución en el cual la mercancía que se recibe en la bodega o centro de distribución no es almacenada, sino que se prepara para su envío a tiendas minoristas, lo cual requiere una alta sincronización de todos los movimientos de entrada y salida y permite eliminar las operaciones de organización de mercancía, almacenamiento y selección de pedidos, reduciendo costos.

Para el diseño de un cross-dock se deben tener en cuenta diferentes factores y variables de decisión. Uno de ellos es la forma física que tendrá el espacio destinado para el cross-dock, comúnmente se utiliza la forma de I que es una bodega rectangular como la mostrada en la Ilustración 3. Esta es la más usada ya que este diseño permite mover la carga directamente de la puerta de recibo a la de despacho solo cruzando, lo cual reduce las distancias viajadas y por consiguiente, el esfuerzo impreso en el trayecto, se debe tener en cuenta que en un cross-dock, las operaciones requieren un gran esfuerzo de mano de obra y gran parte del costo asociado a ésta se debe a los viajes entre puertas (Bartholdi & Gue, 2003).

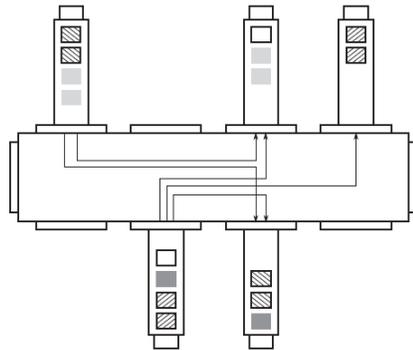


Ilustración 3. Cross-dock en forma de I

Fuente: (Van Belle, Valckenaers, & Cattrysse, 2012)

Otras formas usadas para un cross-dock son la forma de T, la de H, la de L y la de X (Ilustración 4). Las dos primeras difieren de la tradicional en que tienen mayor centralidad, ya que las puertas más lejanas no lo son tanto como en la forma de I, sin embargo esto es realizado sirviéndose de más esquinas y éstas disminuyen la eficiencia del cross-dock (Bartholdi & Gue, 2003). Para (Bartholdi & Gue, 2003) la mejor forma para cross-dock pequeños a medianos es la forma de I

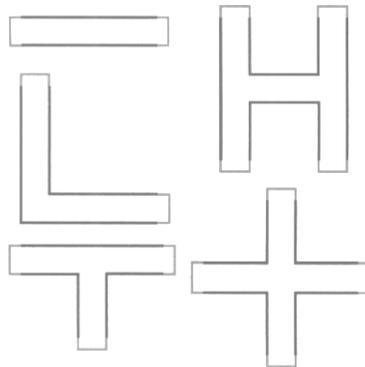


Ilustración 4. Formas usadas para un cross-dock

Fuente: (Bartholdi & Gue, 2003)

Algunas de las ventajas de un cross-dock, en comparación con los centros de distribución tradicionales son: reducción de costos, menor tiempo de entrega, mejor servicio al cliente, reducción de espacio de almacenamiento, mayor renovación del inventario, menos excedentes de producto y menor riesgo de pérdida y deterioro del producto (Van Belle, Valckenaers, & Cattrysse, 2012).

Estas ventajas hacen que el cross-docking sea una estrategia muy atractiva y útil que puede proveer a las compañías una ventaja competitiva. Según (Apte & Viswanathan, 2000) la demanda del producto es un factor importante a la hora de elegir una estrategia cross-docking, si no hay un balance entre el producto que entra y el que sale, ésta estrategia no es adecuada. Por lo tanto, los productos que son más apropiados para dicha estrategia son los que tienen una demanda relativamente estable, como los abarrotes y los alimentos perecederos consumidos regularmente (Apte & Viswanathan, 2000).

Al interior del cross-dock se llevan a cabo tres operaciones principales: descargue de mercancía, organización, clasificación y consolidación de pedidos y cargue de mercancía (Dondo & Cerdá, 2015). Para operar de forma exitosa un cross-dock, se deben realizar diversas tareas de planeación: el ruteo de vehículos, la asignación de éstos a los muelles de entrada o salida y la programación de los mismos.

Estas operaciones exigen un alto grado de sincronización y coordinación (Schaffer, 1997). Para la implementación exitosa de un cross-dock, es necesario tener en cuenta que, además del hardware que se requiere, donde se incluyen los espacios físicos y la maquinaria especializada, se debe contar con software especializado que se adecúe a las necesidades específicas del tipo de cross-dock que se trabajará, para planear y controlar las operaciones dentro del mismo. En muchos casos, se obvia este último factor y es el más complejo de obtener, pues se tiene que adaptar al caso puntual, mientras que los equipos y máquinas suelen ser los mismos en diferentes tipos de cross-dock (Witt, 1998) y (Yu & Egbelu, 2008)).

Es posible distinguir varios tipos de cross-dock, de acuerdo a factores diversos. Uno de estos es el número de toques o etapas. En el cross-dock de un toque, el producto es tocado una sola vez, pues es descargado e inmediatamente cargado para su despacho. En el de dos toques o etapa única (Ilustración 5), el producto pasa del camión de llegada una zona de espera mientras se consolida el pedido para ser despachado en otro camión, esto suele realizarse por zonas de acuerdo a las características de los pedidos o a las zonas de despacho. Finalmente, el de dos etapas o multitoque (Ilustración 6), los productos se reciben, se localizan en la zona de espera y posteriormente se reconfiguran y se organizan para su carga en el camión de salida (Van Belle, Valckenaers, & Cattrysse, 2012).

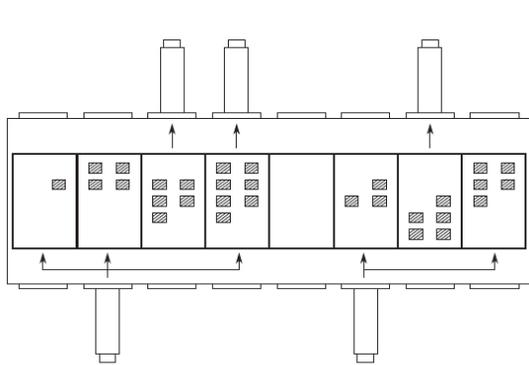


Ilustración 5. Cross-dock de etapa única

Fuente: (Van Belle, Valckenaers, & Cattrysse, 2012)

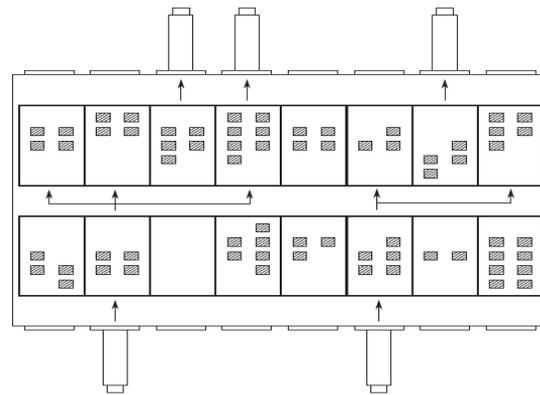


Ilustración 6. Cross-dock de dos etapas

Fuente: (Van Belle, Valckenaers, & Cattrysse, 2012)

Otra clasificación que se puede encontrar en los cross-dock es la realizada por (Yan & Tang, 2009) que distinguen entre operaciones de pre y post distribución. En el cross-docking de pre distribución, los clientes son asignados previamente, desde antes de que el cargamento salga del fabricante hacia el cross-dock, éste envía el producto con la preparación requerida y organizado por lo cual en el cross-dock no se realiza ninguna manipulación adicional sobre el mismo. Por otro lado, en cross-docking de post distribución, los clientes se asignan una vez el producto está en el cross-dock, por lo que allí se realizan las operaciones de clasificación y organización.

También se encuentran clasificaciones de cross-dock de acuerdo a sus características físicas, operacionales y de flujo, según (Van Belle, Valckenaers, & Cattrysse, 2012). Esto se consigna en la Tabla 3.

Tabla 3. Clasificaciones de cross-dock

Características físicas	Características operacionales	Características de flujo
Están fijas por largos periodos de tiempo, pues son difíciles de cambiar. <ul style="list-style-type: none"> • Forma • Número de puertas • Herramientas para transporte interno (manual, automático o combinado) 	El funcionamiento del cross-dock es afectado por decisiones operacionales. <ul style="list-style-type: none"> • Modo de servicio: se refiere a la asignación de las puertas (exclusivas para llegada o salida de camiones o de uso mixto). • Derecho preferente de compra 	En los cross-dock se pueden distinguir diversas características del flujo de los productos dentro del centro. <ul style="list-style-type: none"> • Patrón de llegada • Hora de salida • Intercambiabilidad de productos • Almacenamiento temporal

Fuente: elaborado a partir de (Van Belle, Valckenaers, & Cattrysse, 2012)

En muchas de las investigaciones realizadas en cross-docking se desarrollan modelos matemáticos para solucionar diferentes tipos de problemas encontrados en estas plataformas, se puede distinguir que muchos de estos problemas ocurren en los diferentes niveles de operación, la mayoría en el nivel operativo, donde se incluye el ruteo de vehículos, la programación de camiones, la asignación de las puertas del muelle, el transbordo y la asignación de los productos. En el nivel táctico y estratégico se encuentran menos investigaciones, allí se incluye el diseño de las instalaciones y el diseño de la red de suministro.

En el nivel operativo, autores como (Lee, Jung, & Lee, 2006), (Wen, Larsen, Clausen, Cordeau, & Laporte, 2009), (Yu, Jewpanya, & Redi, A simulated annealing heuristic for the vehicle routing problem with cross-docking, logistics operations, Supply Chain Management and Sustainability, 2014), (Santos, Mateus, & da Cunha, 2011), (Hasani-Goodarzi & Tavakkoli-Moghaddam, 2010), (Moghadam, Ghomi, & Karimi, 2014) estudian el problema de VRP (Vehicle routing problem) algunos de ellos determinan el número de vehículos y las rutas que minimizan el total de los costos operacionales de transporte, también se realizan experimentos computacionales y se aborda el problema con entregas divididas. Los autores (Li, Low, & Lim, Optimal decision-making on product allocation for crossdocking and warehousing operations, 2009), (Li, Sim, Low, & Lim, 2008) trabajan el problema de asignación de productos donde se optimiza dicha asignación en cross-dock de cadenas de suministro de bienes de consumo de rápido movimiento.

El problema de programación de camiones se presenta en los cross-dock diariamente, ya que cada día las cargas recibidas, el número de camiones entrantes y salientes, los destinos y los proveedores pueden variar y se debe programar de acuerdo a la información que se tenga. La falta de una buena programación puede generar problemas de congestión. Algunos autores que abordan este asunto son (Li, Lim, & Rodrigues, 2004) quienes se basan en Just in Time y cuyo trabajo es ampliado por (Alvarez-Pérez, González-Velarde, & J.W., 2009). Otros autores en este ámbito han sido (McWilliams, Stanfield, & Geiger, 2005), (Larbi, Alpan, Baptiste, & Penz, 2007), (Ley & Elfayoumy, 2007) quienes desarrollaron un modelo de programación de camiones entrantes y salientes con el fin de minimizar las distancias, (Song & Chen, 2007) estudian la programación de vehículos en un cross-dock de dos etapas donde hay múltiples camiones de entrada y solo

uno de salida, (Hermel, Hasheminia, Adler, & Fry, 2016) minimizan el tiempo total de procesamiento sujeto a restricciones.

Los transbordos de mercancía enfrentan las decisiones de cuánto enviar, a cuáles ubicaciones, en qué rutas y a qué hora hacerlo (Lim, Miao, Rodrigues, & Xu, 2005). Por otro lado, este problema se aborda desde la perspectiva interna de un cross-dock, ya que las operaciones en su interior son un tipo de transbordo, desde los camiones entrantes a los salientes (Agustina, Lee, & Piplani, 2010), en este caso, se debe determinar el flujo del producto con el fin de cumplir las demandas. Los autores (Larbi, Alpan, P., & Penz, 2011), estudian las operaciones de transbordo dentro del cross-dock, modelando tres políticas diferentes de programación de acuerdo con la información de la que se disponga.

El problema de asignación de muelles de cargue y descargue es uno de los principales en el estudio de cross-dock, ha sido estudiado por muchos investigadores por ser un asunto crítico en las operaciones diarias del cross-dock. Una buena asignación evitará demoras, retrasos y propenderá por una mejor organización y una mayor eficiencia. (Tsui & Chang, 1990) desarrollaron un modelo en el cual se quería asignar las puertas de llegada a los orígenes y las de salida a los destinos de la mercancía correspondiente, (Oh, Hwang, Cha, & Lee, 2006) desarrollaron un modelo para la asignación de puertas de salida en un cross-dock de distribución de correo, (Lim, Ma, & Miao, 2006) modelaron el problema de asignación de muelles como un modelo de programación entera, posteriormente, (Miao, Lim, & Ma, 2009) examinaron problemas de asignación de puertas considerando restricciones de ventanas de tiempo para los camiones, (Ko, Lee, Choi, & Kim, 2008) presentaron un modelo para asignar destinos a las puertas de despacho, (Gelareh, Monemi, Semet, & Goncalves, 2016), trabajaron un algoritmo para la asignación de camiones a los muelles con restricciones de tiempos operacionales, el cual resolvieron por medio de un algoritmo de ramificación y corte.

En el nivel táctico, en la literatura se aborda el problema de diseño de instalaciones cross-dock. Dentro de este campo se encuentran trabajos como el de (Gue, 1999), quien desarrolló un modelo de flujo de material que permitiera disminuir el flujo al interior del cross-dock, también buscaba determinar el impacto de la programación de camiones en el diseño. Adicionalmente, (Bartholdi & Gue, 2000) estudiaron un modelo para el diseño de

instalaciones donde se consideraba el problema de asignación de puertas, a partir del cual se diseñaba adecuadamente la instalación, se buscaba minimizar el tiempo de recorrido, la manipulación de los productos y la congestión dentro del cross-dock.

Los investigadores (Vis & Roodbergen, 2008) desarrollan un modelo de diseño de instalaciones cross-docking que buscaba determinar la ubicación de un espacio de almacenamiento temporal, teniendo como objetivo minimizar las distancias de viaje de los montacargas, el problema es modelado como un problema de flujo de costo mínimo. Ampliando su trabajo, (Vis & Roodbergen, Layout and control policies for cross docking operations, 2011) desarrollan una metodología de diseño dinámico con el fin de seleccionar políticas de control y determinar reglas de diseño para las instalaciones cross-dock. En otro trabajo, (Yanchang & Min, 2009) compararon los desempeños de tres diseños de cross-dock, se desarrolla un modelo de programación entera para asignar los camiones a las puertas de modo que se minimicen las distancias totales que recorre la carga en el interior. Por otro lado, (Shi, Liu, Shang, & Cui, 2013) desarrollan una propuesta de configuración de cross-docking con incertidumbre en la llegada de productos.

Finalmente, en el nivel estratégico se han desarrollado gran cantidad de modelos matemáticos que estudian las decisiones a largo plazo, se abordan decisiones como la de determinar el número y ubicación de centros cross-dock dentro de una cadena de suministro. Por consiguiente, los problemas acá tratados, se enmarcan en el diseño de la red de suministro.

Los autores (Hanchuan, Ruifang, Hao, & Feng, 2013) modelan un sistema en el cual se aplica la estrategia cross-docking para disminuir los costos en la cadena de suministro, realizan un modelo de programación dinámica. Por otro lado, en (Horta, Coelho, & Relvas, 2016) se realiza un modelo de localización de tiendas con base un caso de la vida real con productos perecederos, donde se disminuyen los recorridos de los trabajadores. Finalmente, (Dondo & Cerdá, 2014) evalúa heurísticas para localización de cross-docks, centros de distribución y tiendas minoristas.

2.4 Cadenas de suministro alimentarias

Las cadenas de suministro alimentarias (CSA) han sido estudiadas en la literatura, iniciando desde la perspectiva económica y ambiental, (Marsden, Banks, & Bristow, 2000) estudian el rol de las CSA en el desarrollo rural, por otro lado, (Salin, 1998) analiza el impacto de las tecnologías de la información en las CSA.

Las CSA abordan los procesos y etapas que permiten que los productos lleguen de las fincas de producción hasta el consumidor final, ya sea como productos frescos o como productos procesados (Castillo-Castillo, 2016), aquí se engloban diferentes operaciones que incluyen la cosecha, poscosecha, procesamiento, empaque, almacenamiento, transporte, distribución y marketing, dichas etapas operacionales deben ser armonizadas para lograr dar soporte a cinco tipos de flujo: flujo físico de materiales y productos, flujo financiero, flujo de información, flujo de procesos y flujo de energía y recursos naturales (Iakovou, Vlachos, Achillas, & Anastasiadis, 2012).

El sector agroalimentario es uno de los más regulados y protegidos a nivel mundial, ya que es necesario garantizar la seguridad alimentaria y propender por el bienestar de la población a través del acceso a los alimentos, teniendo en cuenta, al mismo tiempo los aspectos de prosperidad económica, impacto ambiental y la creación de nuevos mercados (Iakovou, Bochtis, Vlachos, & Aidonis, 2016).

Según (Iakovou, Bochtis, Vlachos, & Aidonis, 2016) se deben reconocer ciertos puntos críticos para poder desarrollar CSA competitivas y sostenibles, estos son:

- Los atributos únicos de las CSA, que las diferencian de otras cadenas de suministro.
- Las decisiones que se deben tener en cuenta en los niveles estratégico, táctico y operativo.
- Las políticas necesarias para asegurar la sostenibilidad de las CSA
- Las intervenciones adecuadas de innovación que se requieren para lograr avances, competitividad y solucionar los problemas de las CSA.

Para (Halldórsson, Kotzab, & Skjøtt-Larsen, 2009) es importante que se realicen cambios en el nivel estratégico y mejoras al diseño de las CSA, con el fin de garantizar la sostenibilidad de la cadena, pues el mercado es cambiante y las cadenas deben adaptarse y evolucionar a medida que pasa el tiempo. Esto es requerido para lograr mayores eficiencias en el desempeño de las operaciones logísticas y en el uso de recursos (Gold, Seuring, & Beske, 2010).

Por otro lado, (Van Der Vorst, Da Silva, & Trienekens, 2007) analizan las CSA enfocándose en los actores que conforman la red, allí se incluyen los productores o cultivadores, transformadores, transportadores, mayoristas, minoristas y tiendas especializadas. Junto con estos autores, en las pasadas 3 décadas se ha incrementado el interés en temas de logística alimentaria y CSA. Se han formado redes globales para la producción y distribución de productos orgánicos de alimentos frescos (Ballesteros Gómez, 2017).

De esta forma, se puede ver que en las CSA existen cambios continuos, desde que el producto sale del cultivador hasta que llega al consumidor (Orjuela Castro J. A., 2018). El diseño de CSA debe tener en cuenta el carácter perecedero de los productos y su vida útil, con el fin de realizar las entregas en el momento oportuno y con los niveles de calidad requeridos (Van der Vorst, 2000). Adicionalmente, es necesario tener presente que, en las CSA, la oferta agrícola es influenciada por las características intrínsecas, agronómicas y climáticas, es posible producir algunos alimentos durante todo el año, pero otros solo se producen en épocas específicas, lo cual significa que son estacionales, esto genera un desbalance entre oferta y demanda, ya que hay periodos de alta y baja oferta, pero la demanda tiende a mantenerse estable (Orjuela Castro, Caderón, & Buitrago, 2006).

En cuanto a las decisiones relevantes en estas cadenas, (Tsolakis, Keramydas, Toka, Aidonis, & Iakovoua, 2014) proponen diferentes niveles de decisión en las CSA, separándolas por el nivel estratégico y el táctico y operativo, para ellos, el diseño, desarrollo y operación de las CSA se ha vuelto importante en la ciencia moderna de administración. Adicionalmente, se han encontrado diferentes retos debido a la volatilidad de las condiciones climáticas, la naturaleza perecedera de los productos, el ambiente complejo de regulaciones, el cambio en los hábitos de consumo de los consumidores, las preocupaciones ambientales y los intereses de los actores.

3. Metodología

En este capítulo se presenta la metodología utilizada para el desarrollo de la investigación y para lograr el cumplimiento de los objetivos propuestos.

El tipo de investigación realizada tiene una base cuantitativa, ya que se basa en un problema delimitado y concreto, además, debe hacer uso de la recolección de datos fundamentada en la medición, por medio de procedimientos estandarizados, para llegar a resultados objetivos, que se lograrán por medio del análisis de dichos datos a través de métodos estadísticos (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010).

Adicionalmente, se tiene un componente cualitativo y es abordado por un estudio exploratorio, es decir, el presente trabajo se desarrolla con un enfoque de método mixto que se apoya en estrategias cuantitativas y cualitativas (Creswell, 2013). La presente metodología tuvo en cuenta elementos teóricos y procedimentales que desarrolló (Adarme-Jaimes, 2011).

El trabajo realizado, abarca una descripción de las CSA estudiadas, haciendo una precisión en las características específicas de los procesos que son relevantes de acuerdo a cada producto y su composición. Además, se analizan los factores que influyen en una operación cross-docking en los procesos de almacenamiento y distribución. Posteriormente, se realiza una propuesta de método para diseñar la operación de acuerdo a la caracterización realizada y a los aspectos importantes del tipo de producto y requerimientos de una operación de este tipo. De acuerdo a lo anterior, la presente investigación se lleva a cabo en 4 fases: caracterización, contextualización, formulación y validación, cada una de las cuales abarca diferentes etapas, esto se presenta en la Ilustración 7.



Ilustración 7. Fases de la metodología

Fuente: Elaboración propia

3.1 Fase 1. Caracterización

Esta fase está compuesta por 2 etapas, en la primera de ellas se hace un análisis completo de información secundaria, a través de lo cual se obtienen aspectos importantes para el inicio de la investigación, enseguida, está la etapa 2, en la cual se realiza la recolección de información primaria y se hace un extensivo análisis de la misma. A continuación, se presentan cada una de ellas.

El desarrollo de la Fase 1 se despliega en el Capítulo 4.

3.1.1 Etapa 1. Análisis de información secundaria

Esta etapa comprende la recolección y análisis de información secundaria que dio paso a la elaboración de los instrumentos para la recolección de información primaria. A través de dicha revisión, se identificaron los principales actores pertenecientes a la cadena, sus roles y la forma en la que interactuaban entre sí, esto con el fin de definir las preguntas que era necesario formularles en los instrumentos de recolección.

Cabe resaltar que el trabajo de campo realizado estuvo enmarcado en el proyecto del Grupo de Investigación Sociedad, Economía y Productividad – SEPRO de la Universidad Nacional de Colombia.

El proceso de construcción de los instrumentos inició con una revisión literaria de la cual se obtuvieron los conceptos de la red logística y las cadenas de suministro de perecederos, paralelamente, se investigaron las tendencias mundiales, referentes académicos y estado de la práctica. Con esta información se pasó a identificar y definir los parámetros y variables relevantes, así como los actores, su ubicación y características.

A partir de los estudios enunciados se establecieron prácticas mundiales para el manejo de los alimentos, la descripción de procesos logísticos y tecnologías aplicadas, la identificación de los actores de algunas cadenas de alimentos y acercamientos a sus estructuras en Cundinamarca-Bogotá. Se realizó un análisis de la información hallada, identificando los principales aspectos de tipo político, comercial y tecnológico que permiten a algunos países ser referentes en la producción y comercialización de los alimentos.

Posteriormente se definieron las preguntas para cada actor y se elaboraron los instrumentos. También se definieron técnicas de recolección adicionales a las encuestas, como lo fueron las bitácoras de trabajo y la observación.

3.1.2 Etapa 2: Recolección y análisis de información primaria

Una vez se tuvo una primera versión de los instrumentos, se procedió a realizar una prueba piloto, en la cual se validó la encuesta. Hecho esto se realizaron los ajustes correspondientes y se aplicaron los instrumentos a cada uno de los actores que componían la red. Con esta información se efectuó la caracterización de toda la cadena de suministro.

A partir de los referentes académicos y mundiales y de las características generales de las cadenas, se establecieron tres dimensiones para el análisis: la primera de productos, la segunda de eslabones y actores de la cadena y la tercera las variables y parámetros a estudiar. De esta forma se evalúan los modos o procesos logísticos de aprovisionamiento, almacenamiento y distribución y los medios (recursos) en los actores en las CSA.

Los agentes de las cadenas de suministro de alimentos identificados fueron productores de alimentos agrícolas en Cundinamarca, Asociaciones o Cooperativas, Transportadores, Mayoristas, Hipermercados y Minoristas; entre estos últimos se encuentran los tenderos y los comerciantes de plaza. Otros actores de las cadenas son los transformadores o procesadores y operadores logísticos.

Para cada uno de los actores identificados en la cadena de suministro (productores, mayoristas, transportadores, hipermercados y minoristas), se buscó caracterizar los procesos de aprovisionamiento, almacenamiento, distribución y medios de empaque, transporte, tecnologías de información y trazabilidad e infraestructura; y del mismo modo, aspectos de política pública, externalidades y relaciones con los demás actores.

La información primaria se levantó mediante encuestas, visitas empresariales, bitácoras, intercambio de información con grupos y talleres de participación, ejercicios de Trazabilidad y un diplomado de transferencia.

El total de encuestas definitivas contienen 251 parámetros (variables) a estudiar, los cuales se caracterizan mediante preguntas. A los productores agrícolas se les realizaron 34 preguntas, a los pecuarios 31, a los transportadores 31, a los mayoristas 50, a las plazas de mercado 57 y a los minoristas 48. Fueron aplicadas 439 encuestas a los productores, en 45 municipios de Cundinamarca, 57 a mayoristas de Corabastos, 190 encuestas a tenderos en 18 de las 20 localidades de Bogotá, 169 encuestas realizadas en 13 plazas de mercado públicas y privadas de la ciudad, 55 encuestas realizadas a transportadores de alimentos y 2 visitas a hipermercados, grandes superficies.

El trabajo de campo se abordó de forma diferenciada por cada actor. Se buscó garantizar la mayor cobertura en términos de sus alimentos y su localización geográfica, teniendo en cuenta las restricciones de disponibilidad de recursos, tiempo y la existencia de listas y ubicación de los actores de cada eslabón de la cadena, se empleó muestreo probabilístico y no probabilístico.

3.2 Fase 2. Contextualización

En esta fase se analizó sistemáticamente toda la información recolectada para organizar las cadenas de suministro estudiadas y así obtener la información requerida de forma organizada y rigurosa. Para esto, se llevaron a cabo 3 etapas, en la primera se realizó el análisis de la información recopilada, en la segunda la descripción de las cadenas de suministro y en la tercera el diagnóstico de las mismas. A continuación, se presenta la descripción de dichas etapas. El desarrollo de la Fase 2 se despliega en los capítulos 2, 4 y 5.

3.2.1 Etapa 3. Análisis de información secundaria

Esta etapa consistió en organizar y sistematizar la información secundaria encontrada acerca de cross-docking, para esto se llevaron a cabo diferentes pasos. Se inició con la definición de palabras clave, posteriormente se hizo una búsqueda organizada con dichas palabras, los resultados generados por la búsqueda fueron depurados inicialmente de acuerdo a varios criterios, como el *journal* donde fue publicado el artículo, el que contara con DOI y tomando únicamente resultados en español e inglés.

Después de realizar la depuración inicial se procedió a hacer un análisis de los resúmenes, con lo cual se obtuvo el número final de artículos para revisión completa que fueron los incluidos en este análisis de estado del arte.

3.2.2 Etapa 4. Descripción del estado actual de las operaciones en los productos específicos

Con la información obtenida en las etapas previas, se procede a realizar la descripción del estado actual de procesos y operaciones en los productos específicos de estudio del presente trabajo. Esto se realiza teniendo en cuenta la información hallada acerca de bodegas cross-dock y resaltando las características relevantes de las CSA estudiadas que influyen en el diseño de dichas bodegas.

Se describieron en primer lugar las características generales de las cadenas de suministro, esto incluyó los principales países productores, los principales departamentos y municipios productores en Colombia, los rendimientos de cada cultivo en el municipio de

Cundinamarca en comparación con el rendimiento del país, las características agronómicas y organolépticas, el ciclo de vida y la estacionalidad.

Posteriormente se describieron los procesos por cada actor, empezando por el aprovisionamiento, seguido por el almacenamiento, transporte y distribución. De este modo se presentaron las características encontradas en cuanto a modos y medios de las CSA. En cuanto a medios, se estudiaron los tipos de almacenes usados, el empaque y embalaje los vehículos de transporte y las tecnologías empleadas.

3.2.3 Etapa 5. Diagnóstico del estado actual de las CSA e identificación de problemáticas

Al realizar la caracterización se encontró de una parte las características de la red logística para cada alimento lo que incluye actores, relaciones comerciales, flujos entre ellos, la oferta, modos y medios logísticos empleados por cada actor y la demanda agregada de la población. Por otra parte, el comportamiento de referentes mundiales de los productos, quienes son los principales productores, exportadores e importadores y algunos rasgos de sus prácticas logísticas, así como las normas para alimentos en Colombia. Mediante una comparación del comportamiento descrito en la caracterización frente al comportamiento mundial y el cumplimiento de las normas da origen a la identificación de brechas y problemas que pueden ser abordados para la mejora del desempeño logístico de las cadenas de alimentos. Los cuales al ser priorizados da origen a modelos de operación logística que permitan evaluar mejores comportamientos de las operaciones logísticas.

Para la elaboración del diagnóstico, se establece la estrategia de presentación de los resultados de caracterización, la cual comprende cuatro niveles de análisis. En primera medida está el nivel de los agentes o actores, productores, transportadores, mayoristas y minoristas (tiendas de barrio, famas, comerciantes de plaza de mercado) y los hipermercados; por otra parte, se encuentra el nivel de alimento. Seguidamente, el nivel de contexto, externalidades e institucional o gobierno (normativas y políticas) y el último es el nivel logístico de modos (aprovisionamiento, almacenamiento, distribución) y medios (empaque, empaque y embalaje, tecnologías de información y transporte).

Adicionalmente, en el diagnóstico se establecieron las configuraciones de cada cadena de suministro mostrando los flujos y las relaciones entre los diferentes actores.

Finalmente, en esta etapa se hizo una identificación de las problemáticas principales de cada cadena de suministro estudiada.

3.3 Fase 3. Formulación

La fase de formulación consistió en la propuesta de la estrategia cross-docking para abordar algunos de los principales problemas de los productos objeto de estudio. Para esto se llevó a cabo una etapa que se detalla a continuación. El desarrollo de la Fase 3 se despliega en el capítulo 5.

3.3.1 Etapa 6. Propuesta de un algoritmo para el diseño

Para la realización de esta etapa se tuvieron en cuenta los análisis de literatura realizados y las características propias de las CSA estudiadas. Con toda la información recolectada, se plantearon posibilidades diferentes para diseñar una operación cross-docking que fuera apropiada para los productos específicos.

Esta etapa consistió en el planteamiento de una serie de pasos que permitieran el diseño de la operación cross-docking. Para realizarlos, se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos de la información recolectada:

- Datos iniciales de los productos
- Flujos y cantidades producidas
- Características intrínsecas de los productos
- Configuración de las cadenas
- Características de las bodegas cross-dock
- Pertinencia de la operación cross-dock para las CSA
- Requerimientos de cada producto para las etapas de almacenamiento y distribución
- Empaques y embalajes usados para cada producto

El resultado de los análisis realizados en esta etapa, fue el algoritmo paso a paso para la definición o diseño de una operación cross-docking para los productos estudiados en la presente investigación.

3.4 Fase 4. Validación

La última fase de la metodología consistió en realizar la validación del diseño propuesto, para esto se utilizó simulación por medio del software *AnyLogic®* y mediante un diseño de experimentos. El desarrollo de la Fase 4 se despliega en el Capítulo 6.

3.4.1 Etapa 7. Simulación del diseño propuesto

Se definió la variable de respuesta que se quería obtener, posteriormente se definieron los factores a variar y sus respectivos niveles, con esto se propusieron los escenarios correspondientes, se determinó el número de réplicas y se planteó el modelo propuesto en el software mencionado. Finalmente se realizó un análisis de varianza para determinar si la variable de respuesta estaba influenciada por los niveles definidos del factor.

4. Resultados

4.1 Estructura de la metodología propuesta

Con el fin de establecer la metodología para diseñar una operación cross-docking, se analizaron diversas metodologías y herramientas que sirvieron de referentes: la metodología PMI (Project Management Institute); la metodología de Integración Productiva y Logística IPrLg del IIRSA; el modelo SCOR (Supply Chain Operations Reference); la metodología QSAM (Quick Scan Audit Methodology); el marco GSCF (Global Supply Chain Forum); la herramienta BPMN (Business Process Model and Notation), y la metodología CYDOLOG.

De acuerdo a las metodologías analizadas y estudiadas, a continuación, en la Ilustración 8 se presenta un esquema de la metodología adoptada para diseñar una operación cross-docking.

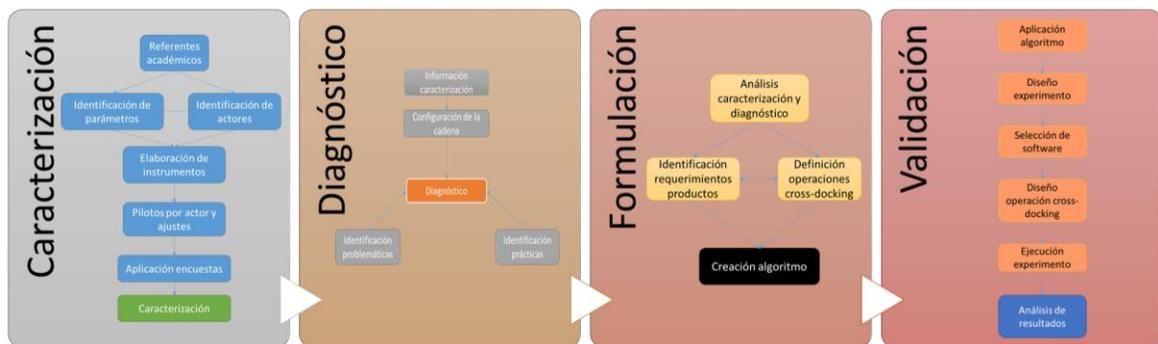


Ilustración 8. Metodología para el diseño de la operación cross-docking en productos perecederos

Fuente: Elaboración propia

4.2 Caracterización y diagnóstico

En este apartado se presenta la descripción de las características principales del sistema, resaltando los parámetros y procedimientos logísticos vistos desde cada uno de los actores que componen la cadena de suministro. De igual manera, se detallan los modos y medios empleados en los diferentes procesos logísticos.

La caracterización se realiza a partir de información secundaria obtenida de diversas fuentes y de información primaria recolectada en campo en el marco del proyecto “Corredor Tecnológico Agroindustrial – Derivado 2” específicamente el sub-proyecto “Diagnóstico del estado tecnológico y evaluación tecnológica y de procesos en el sistema operación logística y distribución en Bogotá y Cundinamarca”. La **Tabla 4** muestra la información de las encuestas realizadas.

Tabla 4. Información encuestas realizadas

Información encuestas	
Persona natural o jurídica que la realizó:	Grupo Sepro UNAL
Persona natural o jurídica que la encomendó:	Gobernación de Cundinamarca
Universo en estudio:	Personas involucradas en cualquier etapa de las cadenas de suministro de 23 productos agropecuarios de Cundinamarca a Bogotá, se incluyeron productores, transportadores, vendedores mayoristas y minoristas, intermediarios
Diseño de muestra:	El trabajo de campo se abordó de forma diferenciada por cada actor. Se buscó garantizar la mayor cobertura en términos de sus alimentos y su localización geográfica, teniendo en cuenta las restricciones de disponibilidad de recursos, tiempo y la existencia de listas y ubicación de los actores de cada eslabón de la cadena, se empleó muestreo probabilístico y no probabilístico.
Tamaño de muestra:	439 encuestas a productores 57 a mayoristas de Corabastos 190 a tenderos 169 en plazas de mercado

	55 a transportadores de alimentos
Preguntas que se formularon:	251 (A los productores agrícolas se les realizaron 34 preguntas, a los transportadores 31, a los mayoristas 50, a las plazas de mercado 57 y a los minoristas 48)
Período trabajo de campo:	Enero 2016 – junio 2017

Fuente: Elaboración propia con información de (Grupo SEPRO, 2017)

4.2.1 Aspectos técnicos de los productos objeto de estudio

Como productos particulares se estudian los siguientes: cebolla cabezona, zanahoria, habichuela y arveja, éstos tienen características inherentes a su composición, que determinan el tratamiento que se les debe dar, con el objetivo de conservarlos, en cada uno de los procesos logísticos por los que deben pasar desde su producción hasta llegar al consumidor final. A continuación, se explican dichas características.

4.2.1.1 Cebolla cabezona

- Características del producto

Pertenece a la familia de las liliáceas y es un bulbo con forma esférica compuesto por un número de gruesas capas. Una asombrosa fuente de valores nutritivos con una sorprendente composición bioquímica.

Es una planta anual de raíz fibrosa, poco profunda y sin ramificaciones. Cuenta con un tallo superior aéreo y el verdadero o base del bulbo, el cual es corto y crece diametralmente con el crecimiento de la planta, alcanzando su madurez en forma de cono invertido; sobre este se originan las yemas, hojas, y crecen las raíces adventicias que remplazan la raíz verdadera que muere a temprana edad. (Asohofrucol, 2015).

- Estacionalidad

En la Tabla 5 se muestra la estacionalidad para el cultivo de cebolla cabezona. Se observa que éste es un cultivo regular que se produce en cualquier mes del año. Sin embargo, según Corabastos, hay 3 meses en los cuales el flujo de cebolla cabezona que llega a la plaza disminuye.

Tabla 5. Estacionalidad del cultivo de cebolla cabezona



Fuente: adaptado de (Corabastos, 2014)

- Ciclo de vida

En comparación con otras especies vegetales, la cebolla de bulbo tiene un bajo ritmo de crecimiento y es bastante lenta para establecerse y muy susceptible a la competencia con las malezas (Asohofrucol, 2006).

La Ilustración 9 muestra gráficamente el proceso de cultivo de la cebolla cabezona. En la primera etapa el crecimiento es lento y se concentra en la producción de hojas, las cuales muy frecuentemente presentan desordenes fisiológicos, los cuales se manifiestan por un secamiento (amarillamiento) de las puntas de las hojas. Antes que el efecto de luz y temperatura induzcan la formación del bulbo, las hojas son producidas continuamente, aumentando el área foliar. Al iniciarse la formación del bulbo se disminuye esta acción (Asohofrucol, 2006).

El inicio de la formación del bulbo está caracterizado por un rápido alargamiento en la región del cuello o falso tallo, las hojas de reserva se ensanchan lateralmente y conforme progresa el desarrollo del bulbo, las hojas funcionales dejan de formarse. A medida que la maduración del bulbo se completa, las hojas funcionales dejan de emerger y las hojas viejas comienzan un proceso de deterioro de los extremos hacia abajo. La maduración en el bulbo se caracteriza por la pérdida de turgencia, especialmente en la región próxima al cuello. Este debilitamiento ocasiona el doblamiento del cuello y termina el desarrollo radicular (Asohofrucol, 2006).

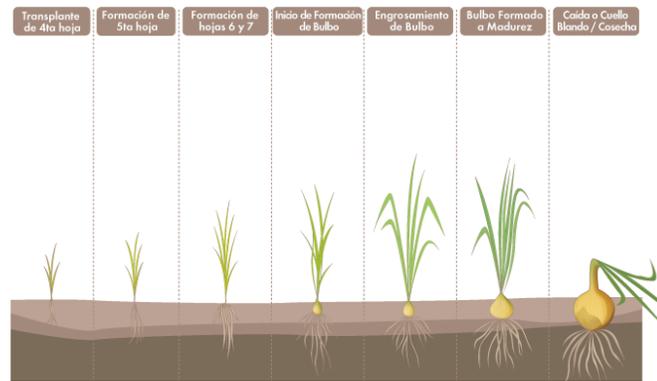


Ilustración 9. Ciclo de vida de la cebolla cabezona

Fuente: (SQM, s.f.)

De acuerdo con lo encontrado en el trabajo de campo, la siembra se realiza primero en un semillero que es trasplantado de 2 a 4 meses después, al terreno donde crecerá y se desarrollará el bulbo. Una vez trasplantado, pasan alrededor de 5 meses para obtener la cosecha y posteriormente se vuelve a repetir dicho proceso.

- Producción y área cosechada

Según el Censo Nacional Agropecuario, para el año 2013, en Cundinamarca se censaron 4.959 hectáreas cosechadas con cultivos de hortalizas, verduras y legumbres, en este grupo se encuentra la cebolla cabezona, entre otros. A nivel nacional se cosecharon 233.703 hectáreas (DANE, 2014).

- Colombia

En cuanto a la producción nacional para la cebolla cabezona, ésta fue, para el 2015, de 244.395 toneladas (Agronet, 2018). En la Ilustración 10 se puede observar la producción de dicho producto para los años 2007 a 2015, junto con el total de área cosechada.

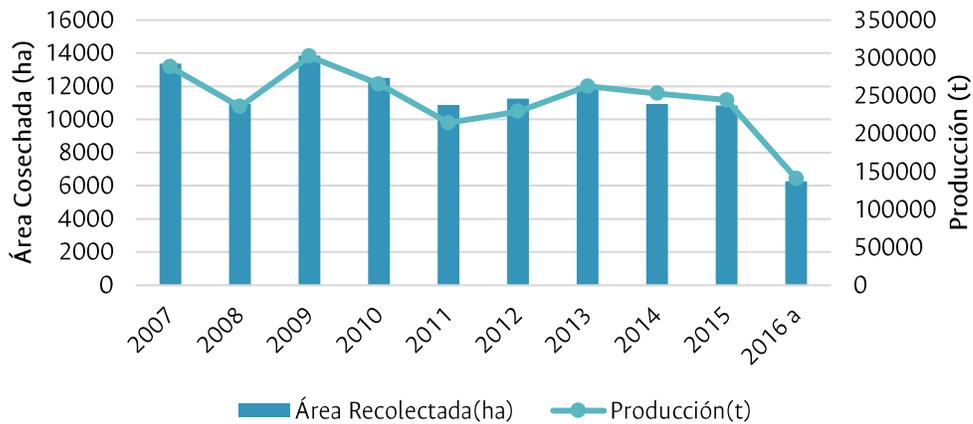


Ilustración 10. Área cosechada y producción de cebolla cabezona en Colombia 2007-2015

Fuente: adaptado de (Agronet, 2018)

En la producción nacional, Boyacá es el principal productor con 132.918 toneladas producidas en 2014, seguido de Norte de Santander con 54.890 y Cundinamarca con 41.098.

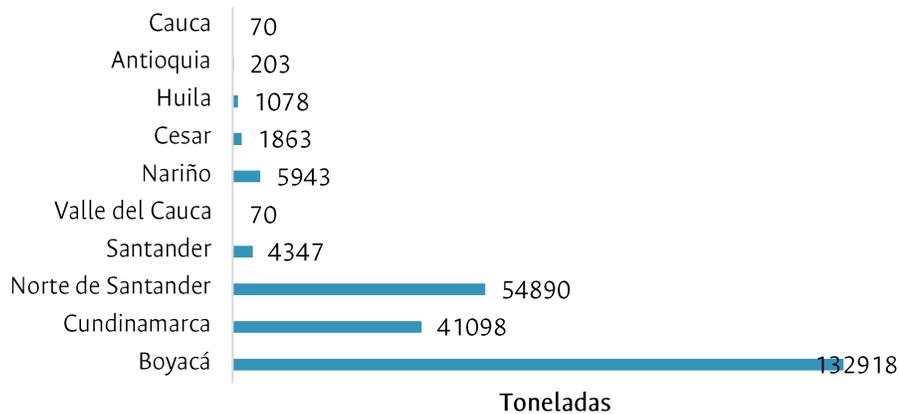


Ilustración 11. Principales departamentos productores de cebolla cabezona en 2015

Fuente: adaptado de (Agronet, 2018).

- Cundinamarca

El departamento de Cundinamarca ha sido uno de los principales productores de cebolla cabezona en Colombia, alcanzando producciones de 63.441 toneladas al año, hecho que

ocurrió en el 2012, cuando el departamento fue el mayor productor del país. La producción y área cosechada desde el año 2007 hasta el 2015 se pueden observar en la Ilustración 12.

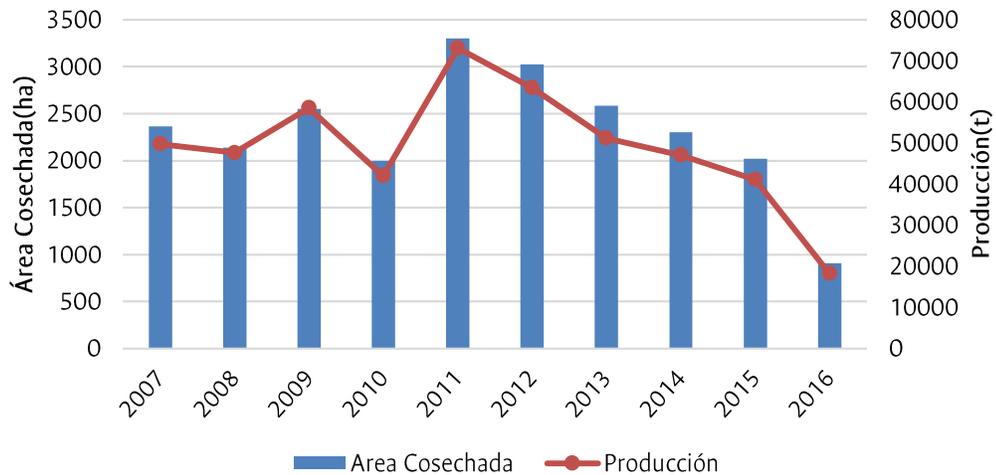


Ilustración 12. Área cosechada y producción de cebolla cabezona en Cundinamarca 2007- 2015

Fuente: adaptado de (Agronet, 2018)

La producción de cebolla cabezona en Cundinamarca según datos de (Agronet, 2018), es de 41.098 toneladas en 17 municipios. La producción la lidera el municipio de Ubaque, con una participación del 21.4% en el departamento, seguido por Une con el 18,6% y La Calera con el 12.9%. La producción restante se encuentra distribuida en los demás municipios. En la Ilustración 13 se pueden ver los principales productores del departamento.

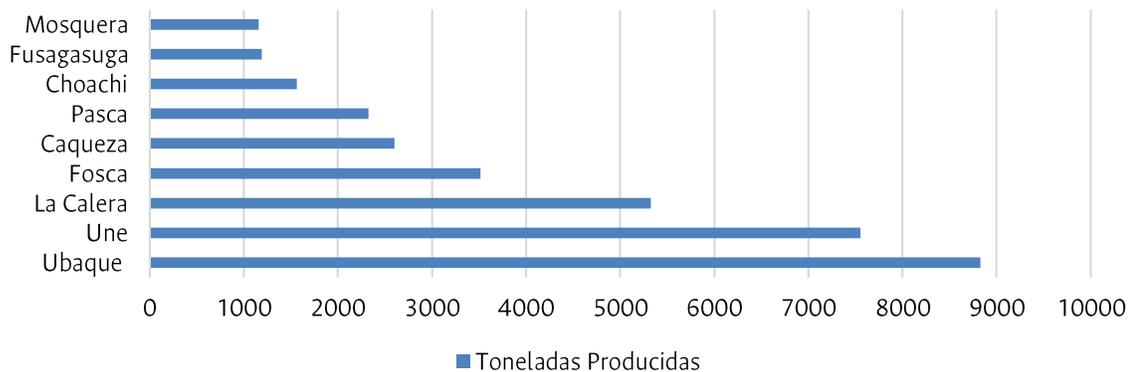


Ilustración 13. Principales municipios productores de cebolla cabezona en Cundinamarca en el año 2015

Fuente: (Agronet, 2018)

Del mismo modo, esta información se encuentra representada gráficamente en la Ilustración 14 donde se muestran los municipios productores de cebolla larga en el mapa de Cundinamarca.

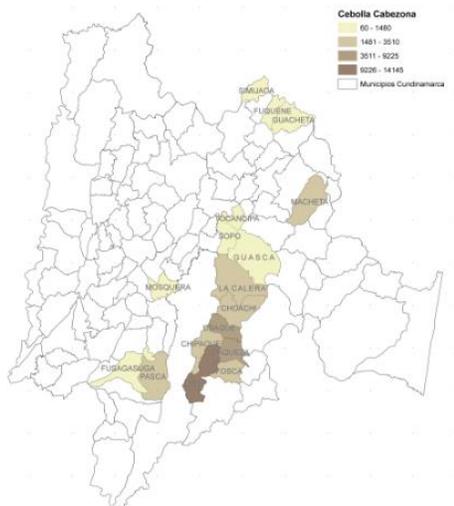


Ilustración 14. Mapa de los municipios productores de cebolla cabezona en Cundinamarca

Fuente: adaptado de (MinAgricultura, 2014)

▪ Rendimiento

La participación de Cundinamarca a nivel nacional, para la cebolla cabezona, ha estado entre el 15% y el 34% en los últimos diez años, como puede observarse en la Ilustración 15.

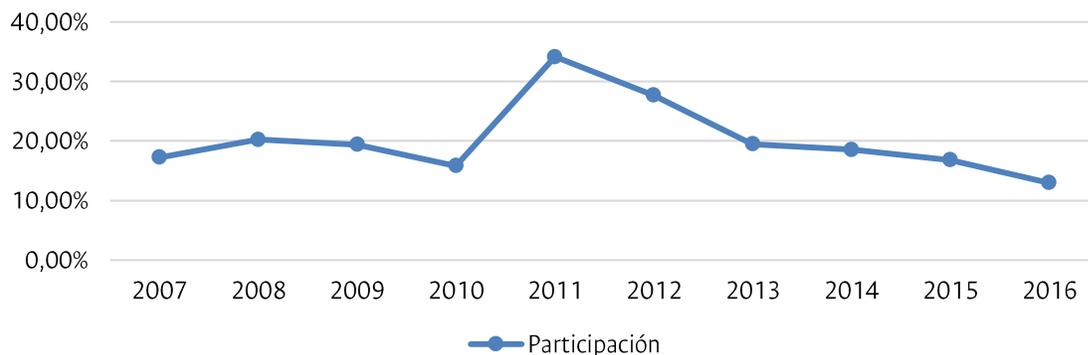


Ilustración 15. Porcentaje de participación de Cundinamarca en la producción nacional de cebolla cabezona 2005 – 2015

Fuente: adaptado de (Agronet, 2018)

El rendimiento (toneladas por hectárea) de cebolla cabezona, para los años 2005 a 2014, se observa en la Ilustración 16.

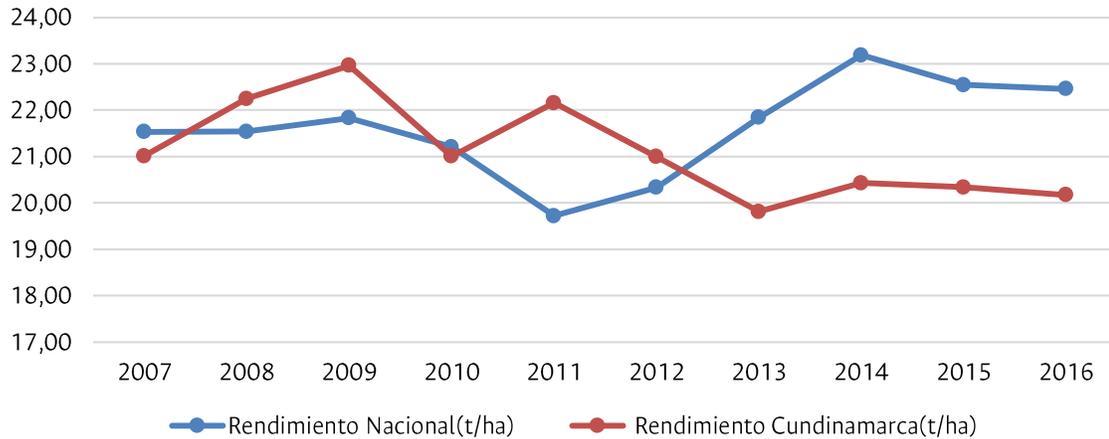


Ilustración 16. Rendimiento de la cebolla cabezona en Cundinamarca y en Colombia 2005 – 2015

Fuente: (Agronet, 2018)

4.2.1.2 Zanahoria

Su origen se localiza en Asia menor en Irán específicamente. La zanahoria es introducida por los árabes desde el Norte de África a España y, desde allí, hasta Holanda y el resto de Europa (COF, 2010).

- Características del producto

La zanahoria (*Daucus carota* L.) es una planta herbácea de tallos estriados y pelosos, con hojas recortadas alternas, que no sobresalen de la tierra más de 40 cm. Las flores son blancas, pequeñas, generalmente en umbelas, esto es, agrupadas en tallos radicales en forma de sombrilla. Presenta una raíz fusiforme, jugosa y comestible de unos 15-18 cm de longitud, variedad semilarga. (Caceres, 1981).

El origen de la zanahoria es la raíz, sistema radical el cual tiene una muy baja densidad de raíces y poca profundidad lo radicular, unos 30 cm. Lo que lo hace sensible a la sequía, como los cambios bruscos de temperatura que lo pueden romper. Las variedades más comunes de zanahoria son Chantenay, Nantes, Imperator, Danvers,

- Estacionalidad

La zanahoria es un cultivo propiamente de clima frío, aunque existen algunas variedades de climas medios, la mejor calidad y rendimiento se obtiene entre 16 y 18 grados centígrados, adicionalmente tiene requerimientos de agua bastante altos, por lo que su oferta está sujeta a las temporadas de lluvias existentes en el contexto nacional como se evidencia en la Tabla 6.

Tabla 6. Estacionalidad del cultivo de zanahoria



Fuente: (Corabastos, 2014)

- Ciclo de vida

En el cultivo de zanahoria se distinguen 3 fases principales:

Fase vegetativa desarrollo de raíces absorbentes y hojas: durante esta fase se genera el crecimiento en longitud de la raíz, presentando al final de esta etapa el 80% de la longitud total del producto. (Camara de Comercio de Bogotá, 2015, pág. 14).

Fase vegetativa engrosamiento de la raíz: en esta fase se acumulan carbohidratos; el engrosamiento no cesa mientras las hojas permanezcan. La tuberización empieza en la parte alta del cáliz y termina en la punta. (Camara de Comercio de Bogotá, 2015, pág. 14).

Fase reproductiva: la zanahoria es inducida a la floración cuando existe una acumulación de horas frío (temperaturas inferiores a 10° C). Esto ocurre cuando la planta tiene entre 50 y 70 días en plantas anuales. (Camara de Comercio de Bogotá, 2015, pág. 14). La Ilustración 17 diagrama este ciclo.

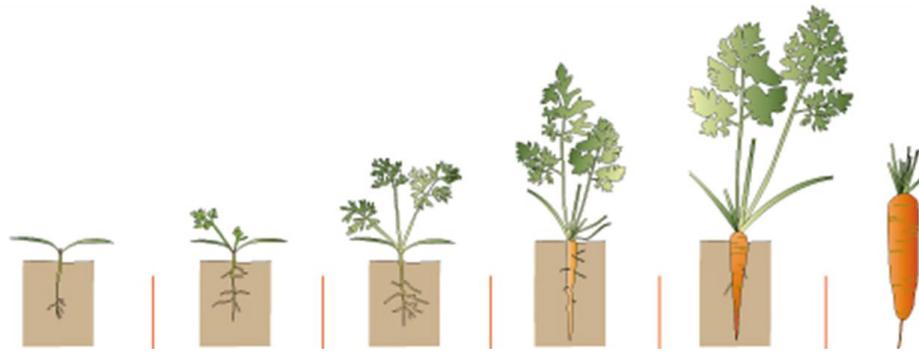


Ilustración 17. Ciclo de vida de la zanahoria

Fuente: (Tradecorp)

- Producción y área cosechada

A continuación, se presenta la producción y el área cosechada de zanahoria tanto para Colombia, como para el municipio de Cundinamarca.

- Colombia

La producción anual para Colombia, varía entre 113.432 y 298.951 toneladas entre el 2006 y 2016. El área de producción tiene una variación que oscila entre 4.046 y 10.595 hectáreas a nivel nacional (Ilustración 18).

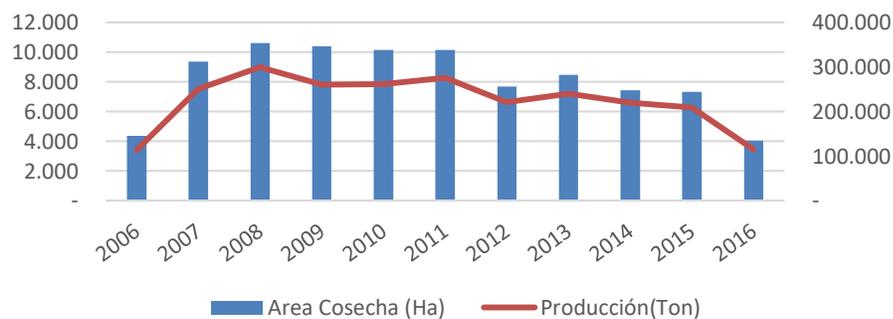


Ilustración 18. Área cosechada y producción de la zanahoria en Colombia

Fuente: adaptado de (MinAgricultura, 2017)

El cultivo de zanahoria para el año 2016 registró una producción nacional de 114.614 toneladas. En Colombia se destacan 10 departamentos productores de zanahoria donde el 41.90% de la producción del país viene de Antioquia, seguido por Cundinamarca con el 32.12% y Boyacá con el 13.41%. El 12.55% restante lo producen los otros departamentos. En la Ilustración 19 se muestran los principales departamentos productores de zanahoria.

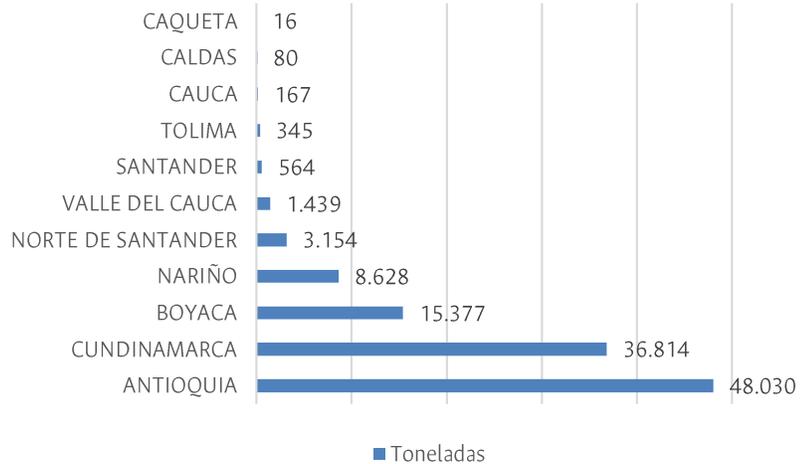


Ilustración 19. Principales departamentos productores de zanahoria en Colombia

Fuente: (MinAgricultura, 2017)

- Cundinamarca

En el Departamento de Cundinamarca se cuenta con un área de zanahoria sembrada de 32.525 hectáreas y una producción de 945.676 Toneladas para el año 2016 tal como se muestra en la Ilustración 20.

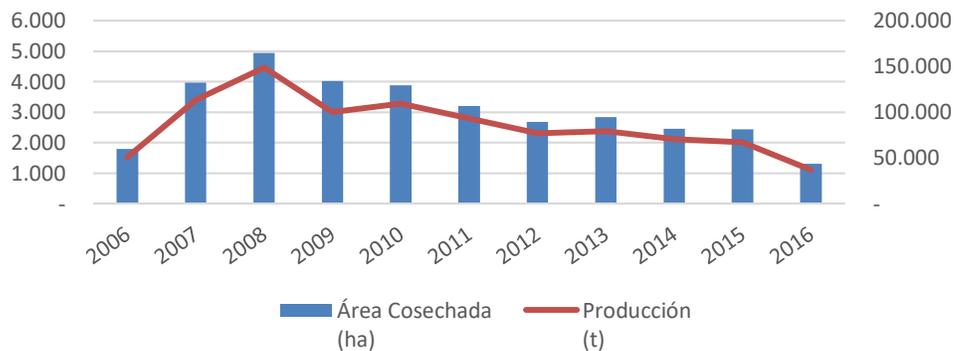


Ilustración 20. Área cosechada y producción de zanahoria en Cundinamarca

Fuente: (MinAgricultura, 2017)

La producción de zanahoria en Cundinamarca según el Ministerio de Agricultura (MinAgricultura, 2017), es de 73.875 toneladas en 22 municipios. El principal productor es el municipio de Madrid con una producción de 11375 toneladas, seguido por Funza con 4320 toneladas y Sibaté con 2701 toneladas. La producción restante se encuentra distribuida en los demás municipios. En la Ilustración 21 se puede ver gráficamente la

producción del departamento de Cundinamarca distribuido por municipios para el año 2016.

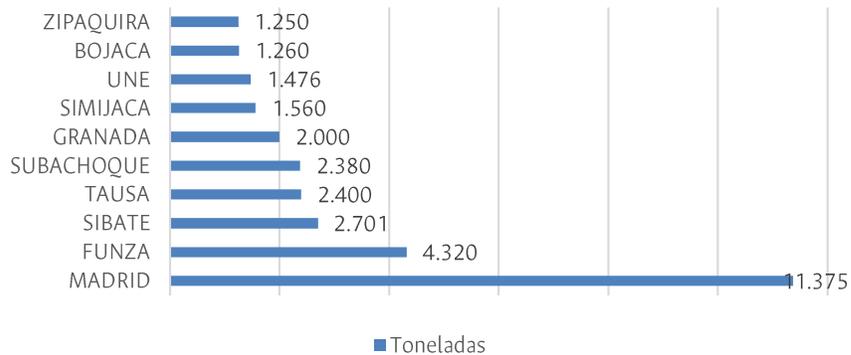


Ilustración 21. Municipios productores de zanahoria en Cundinamarca

Fuente: (MinAgricultura, 2017)

- Rendimiento

El rendimiento de un cultivo es el cálculo de la relación entre la cantidad de toneladas producidas y el área de cultivo que se realiza de algún producto.

Se puede observar en la Ilustración 22 que, en Colombia, para el año 2016, el rendimiento de los cultivos de zanahoria fue de 28.3 Toneladas por hectárea.

En la misma ilustración se puede observar que, en el departamento de Cundinamarca, para el año 2016 el rendimiento de los cultivos de zanahoria fue de 28.1 Toneladas por hectárea, mostrando crecimiento hasta el 2014 y un decrecimiento en el 2016.

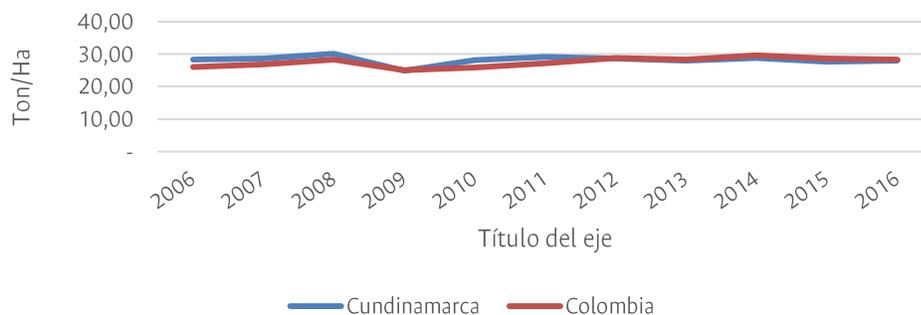


Ilustración 22. Rendimiento cultivo de zanahoria para Colombia y Cundinamarca

Fuente: (Agronet, 2018)

4.2.1.3 Arveja

La arveja (*Pisum sativum*, L.) es una planta leguminosa de la familia Fabaceae, domesticada por el hombre desde tiempos muy antiguos, según hallazgos arqueológicos realizados en Tailandia, Irak y Suiza que datan entre 10.000 y 3.000 años antes de Cristo. En Colombia el cultivo de esta leguminosa es el segundo en importancia después del frijol.

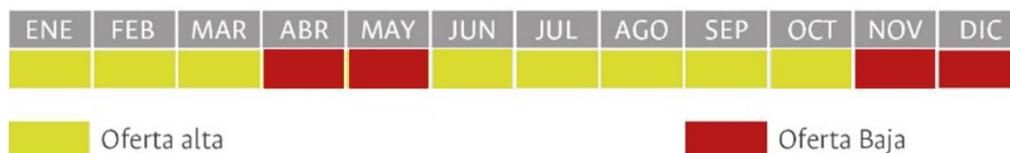
- Características del producto

En Colombia, no existen variedades nacionales para la producción de arveja industrial. El cultivo para este fin se realiza con genotipos importados, cuya permanencia en el mercado mundial de semillas, está definido por las compañías multinacionales productoras de este tipo de materiales en los diferentes países que las cultivan (Patiño O., Valderrama G., & Ñustez L., 1997).

- Estacionalidad

En Colombia la producción de arveja presenta picos altos de oferta en los meses de enero, febrero, marzo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre, mientras que las disminuciones en la oferta se presentan en los meses de abril, mayo, noviembre y diciembre, como se puede apreciar en la Tabla 7.

Tabla 7. Estacionalidad Cultivo de arveja en Cundinamarca



Fuente: (Corabastos, 2014)

- Ciclo de vida

El ciclo de vida y crecimiento de la arveja consta de 8 etapas que van desde la pre germinación hasta la cosecha (Villareal, 2006):

- Pre germinación
- Germinación

- Formación de hojas verdaderas
- Desarrollo vegetativo
- Floración
- Fructificación
- Maduración de los frutos
- Cosecha

- Producción y área cosechada

Se puede observar en la Ilustración 23 que la producción de arveja en Colombia entre el año 2007 y 2015 ha variado entre las 44.892 y 55.325 Toneladas. También puede apreciarse que el área cultivada ha variado entre las 25.682 y 33.631 hectáreas a nivel nacional.

Según el Censo Nacional Agropecuario llevado a cabo en el 2013, la producción nacional de arveja ese mismo año fue de 159.989 toneladas, mientras que el área cosechada fue de 25.736 hectáreas. (DANE, 2014).

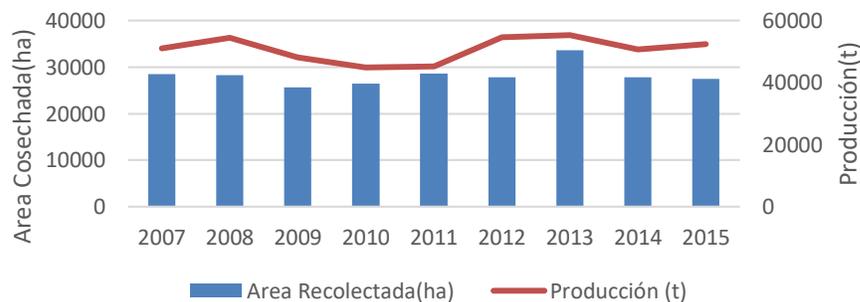


Ilustración 23. Producción y área cosechada de arveja a nivel nacional

Fuente: adaptado de (MinAgricultura, 2017)

Se puede observar en la Ilustración 24 que la producción de arveja en el departamento de Cundinamarca entre el año 2007 y 2014 ha variado entre las 12.114 y 7.909 Toneladas, lo que denota una disminución en la producción de este producto. Así mismo puede apreciarse que el área cultivada también ha disminuido variando entre las 8.186 y 4.896 hectáreas a nivel departamental.

Según el Censo Nacional Agropecuario llevado a cabo en el 2013, la producción de arveja en el departamento de Cundinamarca ese mismo año fue de 8.081 toneladas, mientras que el área cosechada fue de 1.733 hectáreas (DANE, 2014).

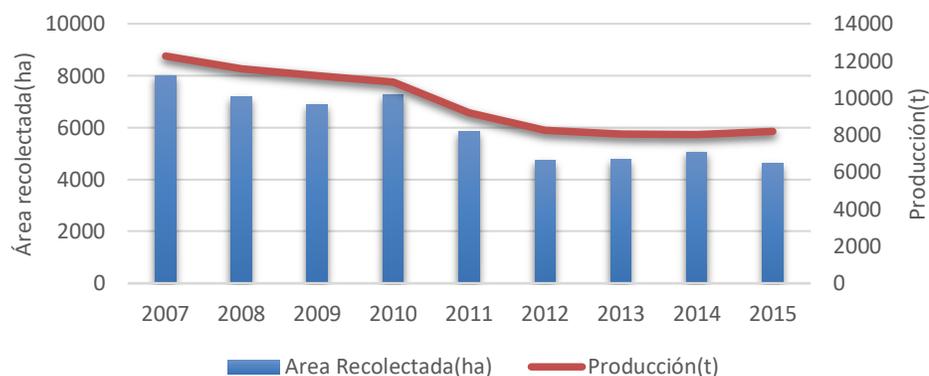


Ilustración 24. Producción y Área cultivada de Arveja en Cundinamarca

Fuente: adaptado de (MinAgricultura, 2017)

- Rendimiento

Como se puede observar en la Ilustración 25 a nivel nacional, entre el año 2007 y 2014, el rendimiento de los cultivos de arveja pasó de 2,23 a 1,75 Toneladas por hectárea, mientras que en el departamento de Cundinamarca el rendimiento pasó de 1,48 a 1,72 Toneladas por hectárea.

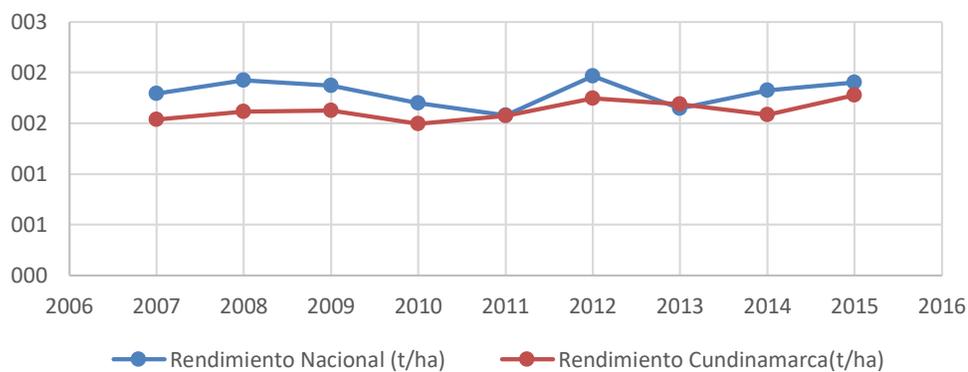


Ilustración 25. Rendimiento Ton/ha del cultivo de Arveja en Cundinamarca y Nivel Nacional

Fuente: adaptado de (MinAgricultura, 2017)

4.2.1.4 Habichuela

La habichuela pertenece al orden de las leguminosas, familia papilionaceae, género phaseolus y especie vulgaris; al igual que el fríjol común, debido a que es una mutación o selección especial de este, por lo que se le denomina fríjol verde o judía (DANE, 2014).

- Características del producto

En el caso de Colombia no se cuenta con variedades propias; se cultivan los tipos volubles, entre los que se destaca la variedad Blue Lake o Lago Azul, la cual ocupa aproximadamente el 90% del área sembrada en el país (DANE, 2014).

- Estacionalidad

En Colombia la producción de Frijol presenta picos altos de oferta en los meses de Enero, Febrero, Mayo, Junio, Agosto, Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre, mientras que las disminuciones en la oferta se presentan en los meses de Marzo, Abril, y Julio, como se puede apreciar en la Tabla 8.

Tabla 8. Estacionalidad Cultivo de habichuela en Cundinamarca



Fuente: (Corabastos, 2014)

- Ciclo de vida

Los hábitos de crecimiento de la Phaseolus vulgaris se clasifican en cuatro tipos (Acosta & Santamaria, 1999):

- Tipo I, determinado arbustivo
- Tipo II, indeterminado arbustivo
- Tipo III, indeterminado postrado
- Tipo VI, determinado trepador.

La escala de desarrollo está dividida en dos partes: Etapa de las fases vegetativas y etapa de la fase reproductiva (Acosta & Santamaria, 1999).

- Producción y área cosechada

Se puede observar en la Ilustración 26 que la producción de habichuela en Colombia entre el año 2007 y 2014 ha variado entre las 48.733 y 63095 Toneladas. También puede apreciarse que el área cultivada ha variado entre las 5.964 y 7.103 hectáreas a nivel nacional.

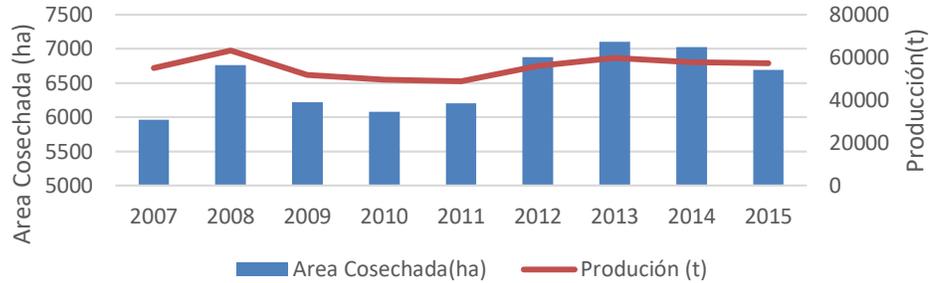


Ilustración 26. Producción y área cosechada de habichuela a nivel nacional

Fuente: adaptado de (MinAgricultura, 2017)

Se puede observar en la Ilustración 27 que la producción de Habichuela en el departamento de Cundinamarca entre el año 2007 y 2015 ha variado entre las 20.938 y 33.057 Toneladas. También puede apreciarse que el área cultivada ha variado entre las 2242 y 3319 hectáreas a nivel departamental.

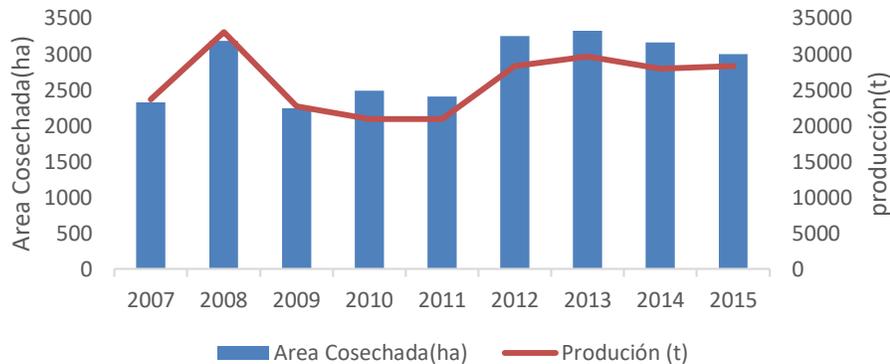


Ilustración 27. Producción y área cosechada de habichuela en Cundinamarca

Fuente: adaptado de (MinAgricultura, 2017)

- Rendimiento

Como se puede observar en la Ilustración 28 a nivel nacional, entre el año 2007 y 2015, el rendimiento de los cultivos de Habichuela pasó de 9.20 a 8.54 Toneladas por hectárea, mientras que en el departamento de Cundinamarca el rendimiento pasó de 10,18 a 9.43 Toneladas por hectárea.

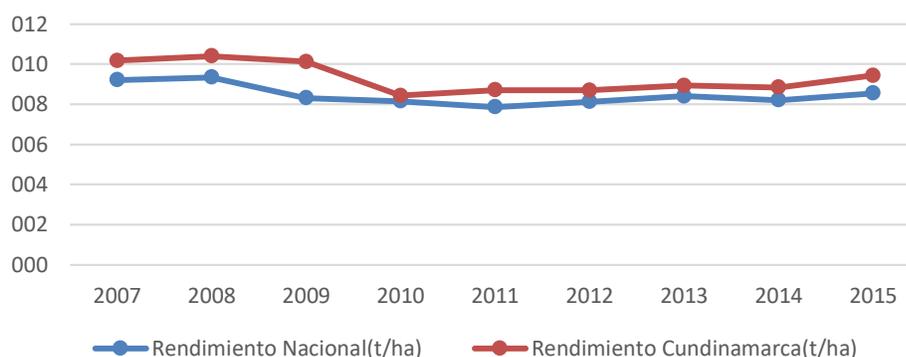


Ilustración 28. Rendimiento Ton/ha del cultivo de habichuela en Cundinamarca y nivel nacional

Fuente: adaptado de (MinAgricultura, 2017)

4.2.2 Descripción por actores

4.2.2.1 Productores

4.2.2.1.1 Cebolla cabezona

Los productores de cebolla cabezona producen en pequeños terrenos, pues tienen áreas que no superan las 5 hectáreas (Ilustración 29). Solamente un 15% (equivalente a 8 personas) produce en áreas más grandes y el encuestado que mayor área poseía para su cultivo, manifestó tener 26 hectáreas. Adicionalmente, un 9% de los productores cultiva habichuela además de cebolla cabezona y un 13% cultiva arveja.

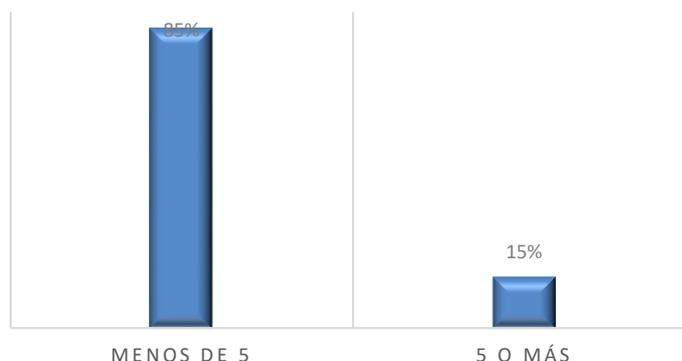


Ilustración 29. Número de hectáreas donde cultivan los productores de cebolla cabezona
Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, los volúmenes de producción varían entre los 400 kg y las 165 ton. Un 43% produce entre hasta 10 ton, un 20% produce entre 10 y 20 ton, un 13% produce entre 20 y 40 ton y un 24% produce más de 40 ton. Cabe resaltar que estos volúmenes son por cada cosecha, lo cual sucede dos veces al año para cada productor, se encontró que los periodos de cosecha se mantienen a lo largo de todo el año, ya que los productores manejan tiempos diferentes de siembra.

En cuanto a las pérdidas que ocurren en el proceso de cosecha, se encontró que un 28% no tiene pérdidas en esta etapa, un 50% tienen pérdidas de hasta 1000 kg y un 22% tienen pérdidas mayores a 1000 kg.

Para la cebolla cabezona se observó que en algunos casos no se realiza almacenamiento, pues el producto es llevado inmediatamente al transporte para su posterior comercialización, esto se evidenció en 9 casos de los 54 encuestados. En otros casos, los productores mantienen el producto un tiempo antes del transporte. En la Ilustración 30 se muestra que la mayoría almacenan de 3 a 5 días (16 encuestados), 7 personas almacenan de 7 a 15 días, 10 encuestados almacenan de 5 a 7 días, 5 de 1 a 3 días, 9 no almacenan ya que realizan venta inmediata y solo uno almacena durante 1 mes. Todos realizan este almacenamiento en la finca, generalmente al lado de la cosecha; se sitúa un toldo plástico en el suelo encima del cual se ubican las cebollas recién extraídas de la tierra, en algunos casos se instala otro toldo plástico arriba de las cebollas para protegerlas de la lluvia o el rocío y así procurar que se sequen lo más rápido posible. El almacenamiento es a granel

y la finca donde lo realizan es propia en un 70% de los casos, en un 15% es arrendado y en otro 15% es en sociedad.

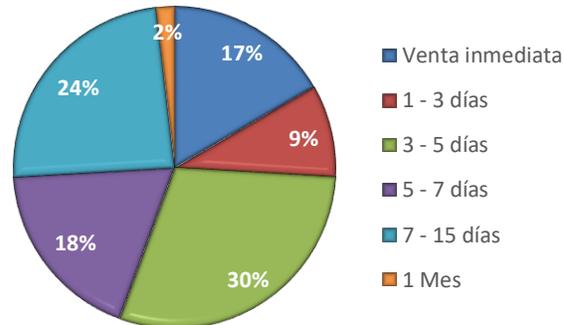


Ilustración 30. Tiempo de almacenamiento de la cebolla cabezona después de cosechada

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con lo manifestado por los productores visitados, se explica que los datos presentados anteriormente, referentes al tiempo de almacenamiento, se deben a la época del año en la que el municipio se encuentra, pues según esto, se determina el clima y por lo tanto el tiempo de almacenamiento. La cebolla debe enviarse al transporte una vez esté seca, esto es variable, debido a que depende en gran medida del clima, pues si es húmedo y con lluvias, el tiempo aumenta, mientras que, si es soleado y seco, el tiempo disminuye.

Los productores encuestados manifestaron que el transporte se cobra por unidad, la cual es el bulto de 50 kg, y el costo oscila entre los \$2.000 y los \$7.000, dependiendo de las distancias que el transportador deba recorrer. En la mayoría de los casos el costo no pasa de los \$2.500 y solo para un 2% de los encuestados, éste supera los \$5.000 (Ilustración 31).

La cantidad de bultos transportados en un camión varía dependiendo de la capacidad del mismo y de la cantidad producida. Para un 18% de los productores se transportan hasta 100 bultos por camión, para 39% entre 100 y 200 bultos, para 17% entre 200 y 300, para 20% entre 300 y 400 y para 6% más de 400. En cuanto a las pérdidas, para el 96% no se presenta ninguna durante el transporte.

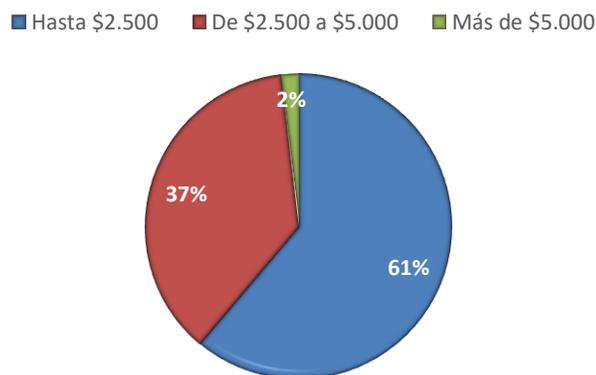


Ilustración 31. Costo del transporte por bulto para los productores de cebolla cabezona
Fuente: Elaboración propia

En lo referente a comercialización, se encontró que los clientes de los productores encuestados son, en gran parte, mayoristas (78%), un 16% de los encuestados manifestó que le vende a compradores ocasionales, mientras que una minoría le vende a asociaciones, comerciantes, negociantes o en la plaza del pueblo, esto se muestra en la Ilustración 32. Es necesario aclarar que esta pregunta tenía múltiples respuestas y hubo varios productores que eligieron más de una opción ya que tenían distintos tipos de clientes.

Para el transporte de la cebolla cabezona hacia el lugar donde se vende, 53 productores manifestaron que ellos mismos llevan el alimento hasta el mayorista, muy pocos casos reportaron vender el alimento al mayorista directamente en la finca. La propiedad del vehículo en el que llevan el producto se observa en la Ilustración 33, 20 productores transportan en vehículo compartido con otros productores, 18 transportan individualmente, 13 combinan las dos modalidades mencionadas anteriormente, 1 tiene vehículo propio y 1 transporta su producto en el vehículo del comprador. Una persona no contestó esta pregunta.

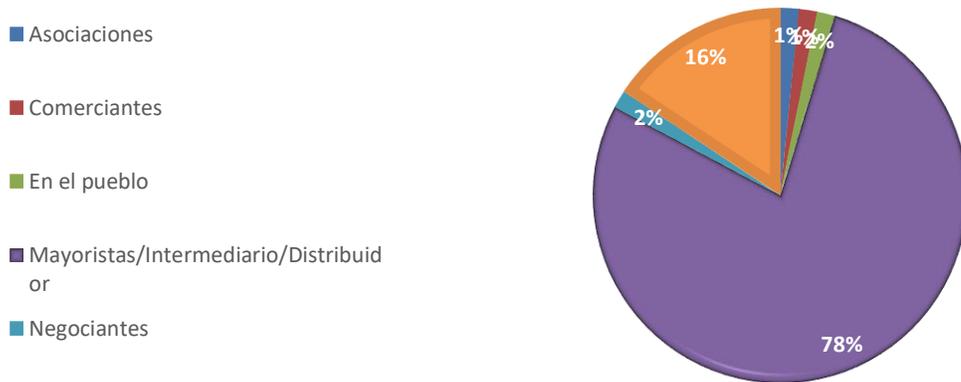


Ilustración 32. Clientes de los productores de cebolla cabezona
Fuente: Elaboración propia

Para el transporte se encontró que un 92% transporta el producto en camión tipo turbo, mientras que un 8% lo hace en camionetas 350. Los productores de cebolla suelen mezclar sus productos en con otros durante el transporte, un 33% no lo hace, mientras que un 67% sí, estos últimos suelen mezclar el producto con arveja, frijol, habichuela, zanahoria, papa de año, papa criolla, maíz, cebolla larga y/o tomate.

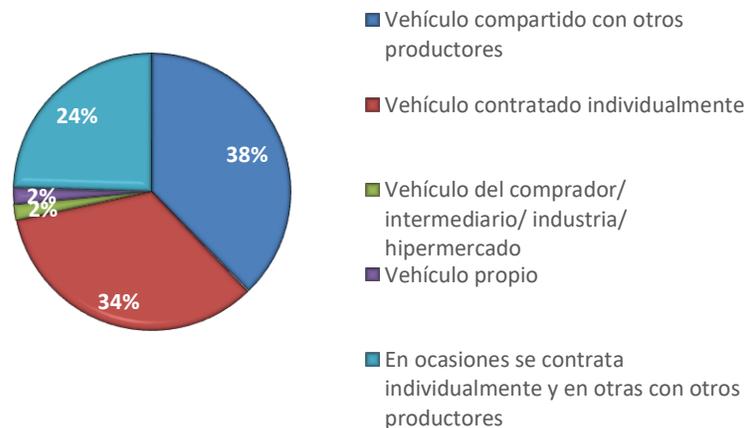


Ilustración 33. Propiedad del vehículo donde se transporta la cebolla cabezona
Fuente: Elaboración propia

Finalmente, el embalaje que se usa para transportar el alimento es el costal de fibra o saco de lona, esto se observa en la Ilustración 34.

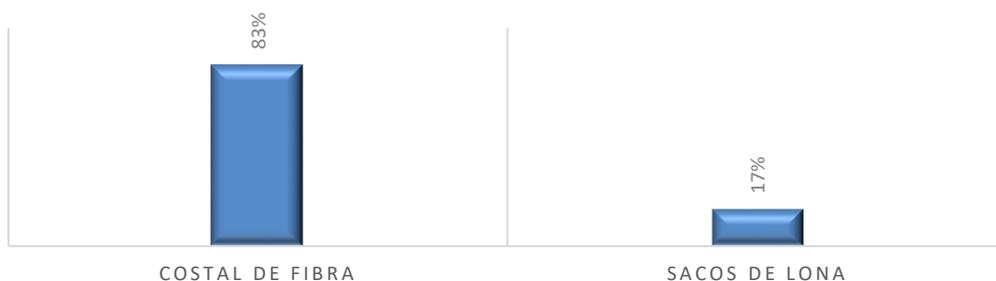


Ilustración 34. Embalaje usado para el transporte de cebolla cabeza

Fuente: Elaboración propia

Se pudo notar que los productores de cebolla cabeza tienden a asociarse, sin embargo, no se puede afirmar con certeza que la mayoría pertenezcan a asociaciones, pues casi la mitad de los encuestados (24 personas) no pertenecen.

Por último, en la Ilustración 35 se muestra la configuración de la cadena de suministro de la cebolla cabeza.

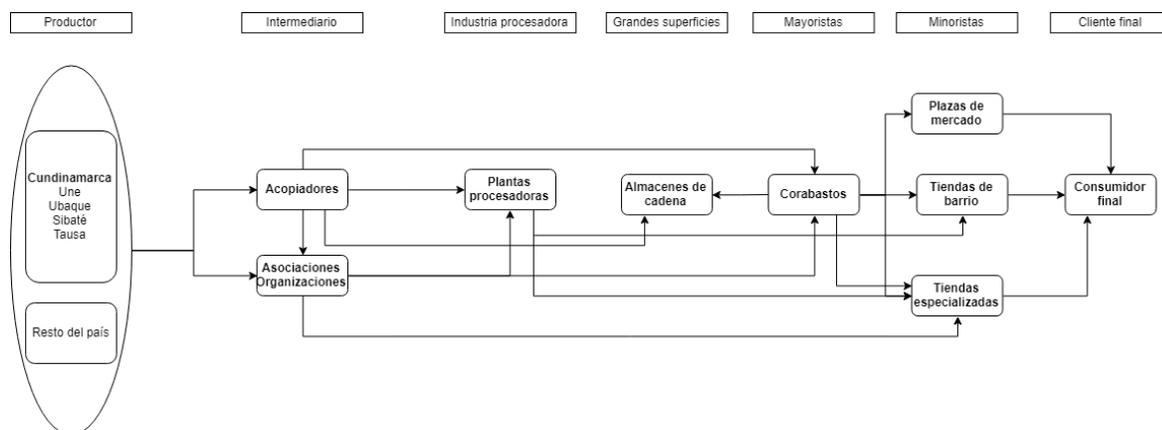


Ilustración 35. Diagrama cadena de suministro de la cebolla cabeza

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.1.2 Zanahoria

Los productores de zanahoria producen en pequeños terrenos, pues generalmente tienen áreas que no superan las 10 hectáreas. Solamente un 30% produce en áreas más grandes (Ilustración 36). Adicionalmente, un 30% de los productores cultiva arveja además de zanahoria.



Ilustración 36. Número de hectáreas en las que cultivan los productores de zanahoria

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, los volúmenes de producción por cosecha varían entre 1 y 80 ton. Un 40% produce más de 30 ton, mientras que un 30% produce hasta 10 ton y otro 30% produce entre 10 y 30 ton.

En cuanto a las pérdidas que ocurren en el proceso de cosecha, se encontró que un 28% no tiene pérdidas en esta etapa, un 50% tienen pérdidas de hasta 1000 kg y un 22% tienen pérdidas mayores a 1000 kg.

Para la zanahoria se observó que, en general, no se realiza almacenamiento, pues el producto es llevado inmediatamente al transporte para su posterior comercialización. El proceso de transporte se realiza en un 40% en un camión tipo 600, un 30% lo realiza en camión tipo turbo y otro 30% en un camión sencillo de dos ejes (Ilustración 37).

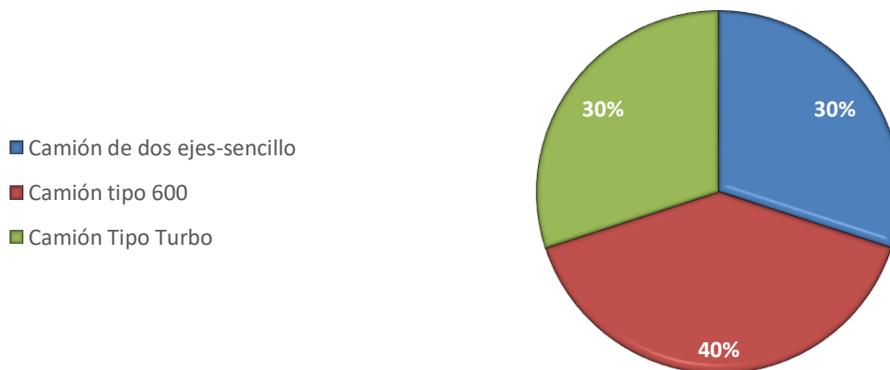


Ilustración 37. Tipo de vehículo para transporte de zanahoria

Fuente: Elaboración propia

Los vehículos utilizados para el transporte de la zanahoria son en un 70% contratados individualmente por cada productor, en un 20% el vehículo es del comprador y en un 10% se comparte con otros productores (Ilustración 38).

Los productores encuestados manifestaron que el transporte se cobra por unidad, la cual es el bulto de 50 kg, y el costo oscila entre los \$4.000 y los \$5.000, dependiendo de las distancias que el transportador deba recorrer. Sin embargo, también se realiza el cobro por viaje que puede costar \$400.000 o \$550.000.

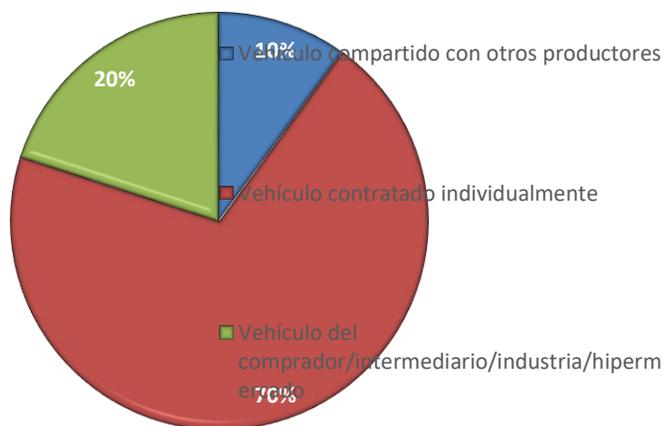


Ilustración 38. Propiedad de los vehículos usados para el transporte de zanahoria
Fuente: Elaboración propia

En el proceso de transporte, un 30% mezcla la zanahoria con otros productos tales como arveja, maíz, habichuela, papa de año, entre otros. La zanahoria se empaqueta en costales de fibra para un 70% de los encuestados y en sacos de lona para el 30% restante.

En cuanto a la asociatividad, se encontró que los productores de zanahoria no suelen asociarse, de los encuestados ninguno manifestó pertenecer a algún grupo, cooperativa o asociación, sino que realizan todos sus procesos de forma independiente.

Por último, en la **Ilustración 39** se muestra la configuración de la cadena de suministro de la zanahoria.

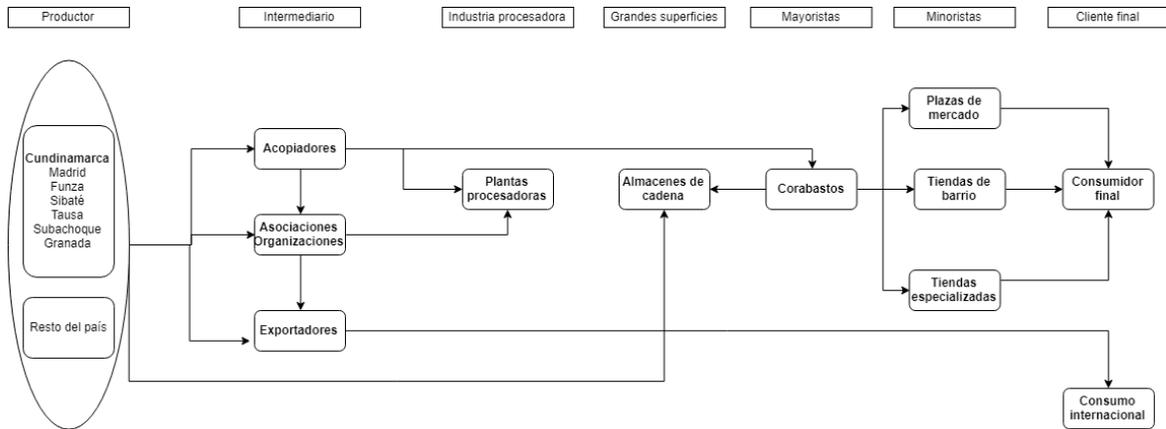


Ilustración 39. Diagrama cadena de suministro de la zanahoria

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.1.3 Habichuela

Los productores de habichuela producen en pequeños terrenos, pues tienen áreas que no superan las 10 hectáreas. Solamente un 13% produce en áreas más grandes. Adicionalmente, un 75% de los productores cultiva arveja o cebolla cabezona además de habichuela.

Por otro lado, los volúmenes de producción por cosecha varían entre menos de 1 ton y 20 ton. Un 45% produce menos de 1 ton, mientras que un 22% produce entre 1 y 6 ton y un 33% produce más de 6 ton (Ilustración 40).

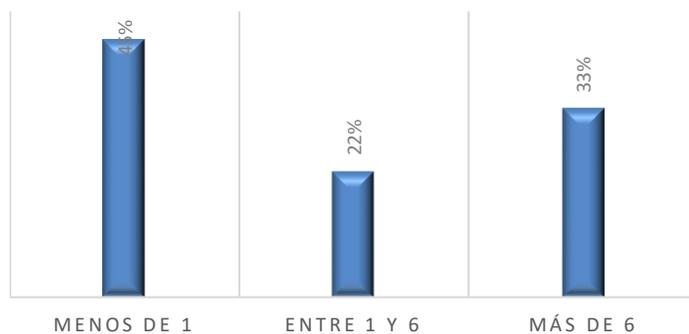


Ilustración 40. Toneladas de habichuela producidas por cosecha

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a las pérdidas que ocurren en el proceso de cosecha, se encontró que un 24% no tiene pérdidas en esta etapa, un 38% tienen pérdidas de hasta 100 kg y un 38% tienen pérdidas mayores a 100 kg.

En lo referente al tiempo de almacenamiento de la habichuela, de las personas que respondieron la pregunta, 71% de ellas manifestaron que la venta de su producto es inmediata, mientras que las restantes manifestaron que el producto se almacena por un periodo de tiempo que va de 1 a 7 días.

Todos realizan este almacenamiento en un espacio de la finca donde cultivan, que para el 60% es propia y para el 40% en arriendo. Por otro lado, los productores de habichuela realizan algunas actividades en el lugar de almacenamiento, el 60% realiza clasificación de producto por calidad, un 20% realiza lavado de producto y el restante 20% no realiza ningún tipo de actividad. Adicionalmente, hay ciertas medidas sanitarias que los productores de habichuela realizan en el lugar de almacenamiento, el 40% de ellos realiza limpieza habitual, un 40% no aplica ninguna medida, y el restante 20 % cambia los toldos plásticos periódicamente.

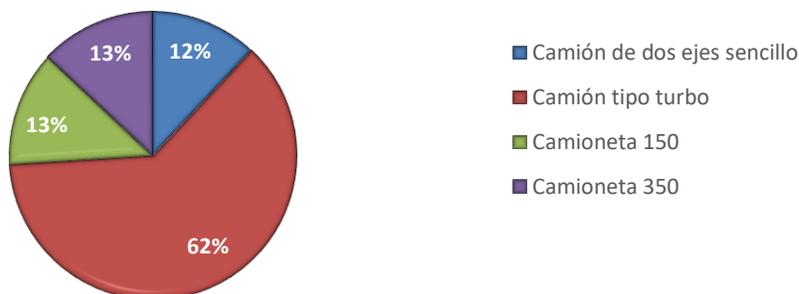


Ilustración 41. Tipo de vehículo usado para transportar la habichuela
Fuente: Elaboración propia

El proceso de transporte se realiza en un 62% por medio de camión tipo turbo, un 12% utiliza camión de dos ejes sencillo, un 13% utiliza camioneta 350 y el restante 13% utiliza camioneta 150 como medio de transporte de su producto (Ilustración 41). Para un 67% el vehículo usado es compartido con otros productores, para el 22% es contratado individualmente y para el 11% el vehículo es del comprador.

Los productores encuestados manifestaron que el transporte se cobra por unidad, la cual es el bulto de 50 kg, y el costo oscila entre los \$2.000 y los \$4.000, dependiendo de las distancias que el transportador deba recorrer. Los productores no perciben ninguna pérdida durante el proceso de transporte.

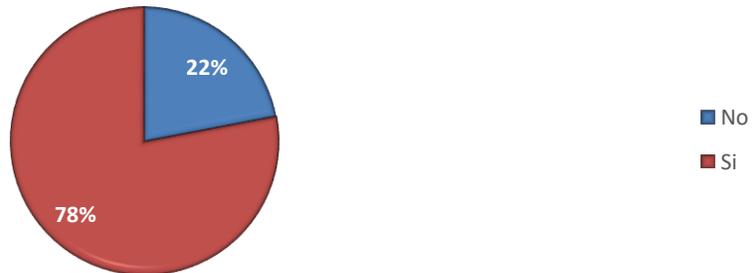


Ilustración 42. Transporte de la habichuela con otros productos

Fuente: Elaboración propia

En el proceso de transporte, un 78% mezcla la habichuela con otros productos (Ilustración 42) entre los que se encuentran: el tomate, la arveja, la mandarina, la naranja, la cebolla cabezona y papa criolla. El material en el cual empacan el producto es el costal, ya sea de fique o sintético.

Finalmente, se pudo observar que los productores de habichuela suelen asociarse ya que, de los encuestados, un 66% manifestó pertenecer a alguna asociación o grupo informal.

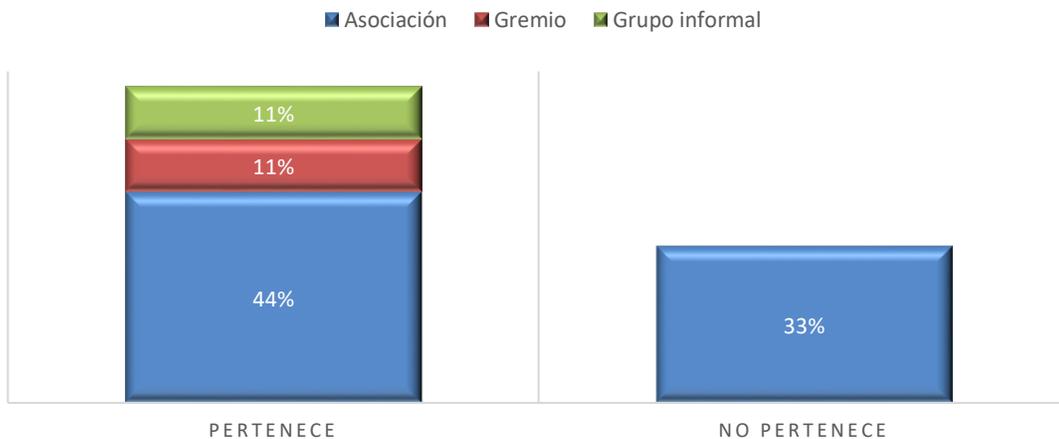


Ilustración 43. Pertenencia de productores de habichuela a asociaciones

Fuente: Elaboración propia

Por último, en la Ilustración 44 se muestra la configuración de la cadena de suministro de la habichuela.

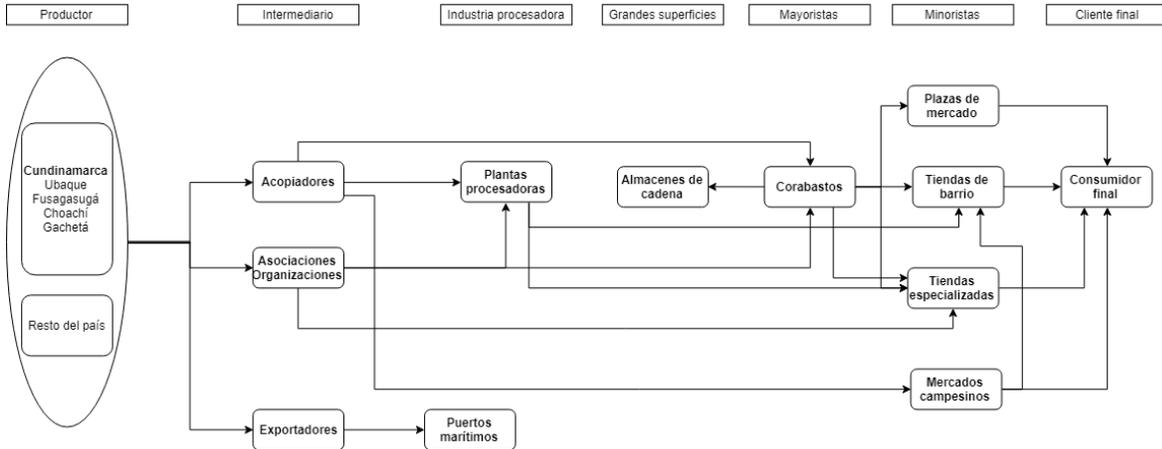


Ilustración 44. Diagrama cadena de suministro de la habichuela

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.1.4 Arveja

Los productores de arveja suelen producir en pequeños terrenos, pues tienen áreas que no superan las 30 hectáreas. Un 73% cultiva en áreas menores a 5 has, mientras que un 27% en áreas mayores (Ilustración 45). Adicionalmente, un 42% de los productores cultiva zanahoria, habichuela o cebolla cabezona además de arveja.



Ilustración 45. Hectáreas cultivadas por los productores de arveja

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, los volúmenes de producción por cosecha varían entre menos de 1 ton y 15 ton. Un 45% produce menos de 1 ton, mientras que un 33% produce entre 1 y 6 ton y un 22% produce más de 6 ton.

En cuanto a las pérdidas que ocurren en el proceso de cosecha, se encontró que un 37% no tiene pérdidas en esta etapa, un 47% tienen pérdidas de hasta 200 kg y un 16% tienen pérdidas mayores a 200 kg.

Con respecto al tiempo de almacenamiento de la arveja, de las personas que respondieron la pregunta, 94% de ellas manifestaron que la venta de su producto es inmediata, mientras que para un 6% el producto se almacena por un periodo de tiempo que va de 5 a 7 días.

Los que almacenan lo hacen en un espacio de la finca donde cultivan, que para el 67% es propia, para el 25% es en sociedad y para el 8% en arriendo. Las actividades que realizan los productores de arveja son: el 60% realiza clasificación de producto por calidad, un 13% soltado de cascara, un 13% no realiza ningún tipo de actividad, un 7% realiza clasificación por tamaño y el restante 7% realiza lavado de producto. Adicionalmente, hay ciertas medidas sanitarias que los productores de arveja realizan en el lugar de almacenamiento, el 40% de ellos realiza limpieza habitual, un 40% no aplica ninguna medida, y el restante 20 % cambia los toldos plásticos periódicamente.

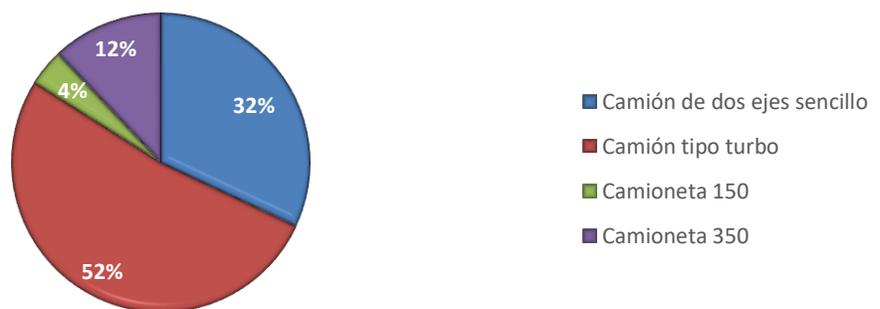


Ilustración 46. Vehículos usados para transportar la arveja

Fuente: Elaboración propia

El proceso de transporte se realiza en un 52% por medio de camión tipo turbo, un 32% utiliza camión de dos ejes sencillo, un 12% utiliza camioneta 350 y el restante 4% utiliza camioneta 150 como medio de transporte de su producto. Para un 34% este vehículo es compartido con otros productores, para el 40% es contratado individualmente, para el 13% el vehículo es del comprador y el restante 13% transporta en su propio vehículo (Ilustración 46).

Los productores encuestados manifestaron que el transporte se cobra por unidad, la cual es el bulto de 50 kg, y el costo oscila entre los \$2.000 y los \$5.000, dependiendo de las distancias que el transportador deba recorrer. Sin embargo, se encontraron pocos casos en los que el cobro se realizaba por tonelada transportada, en cuyo caso el precio estaba entre \$10.000 y \$30.000. Un 94% de los productores no percibe ninguna pérdida durante el proceso de transporte y un 6% pierde 20% del producto.

En el proceso de transporte, un 68% mezcla la arveja con otros productos entre los que se encuentran: el tomate, el maíz, la mandarina, la zanahoria, la cebolla cabezona y la papa criolla. El material en el cual empaacan el producto es el costal, ya sea de fique o sintético. Los principales clientes de los productores de arveja son los mayoristas, como se puede observar en la **Ilustración 47**.

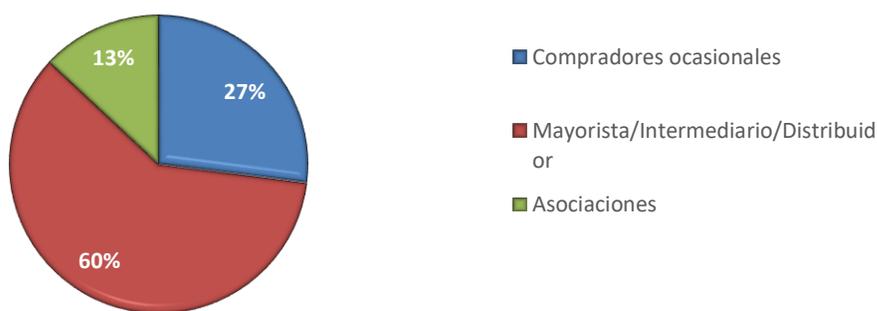


Ilustración 47. Clientes de los productores de arveja

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se pudo observar que los productores de arveja tienden a asociarse en cierta medida, aunque no se puede afirmar que es una práctica generalizada ya que, de los encuestados, un 57% manifestó pertenecer a alguna asociación o grupo informal, mientras que 43% trabajan de forma independiente.

Por último, en la **Ilustración 48** se muestra la configuración de la cadena de suministro de la arveja.

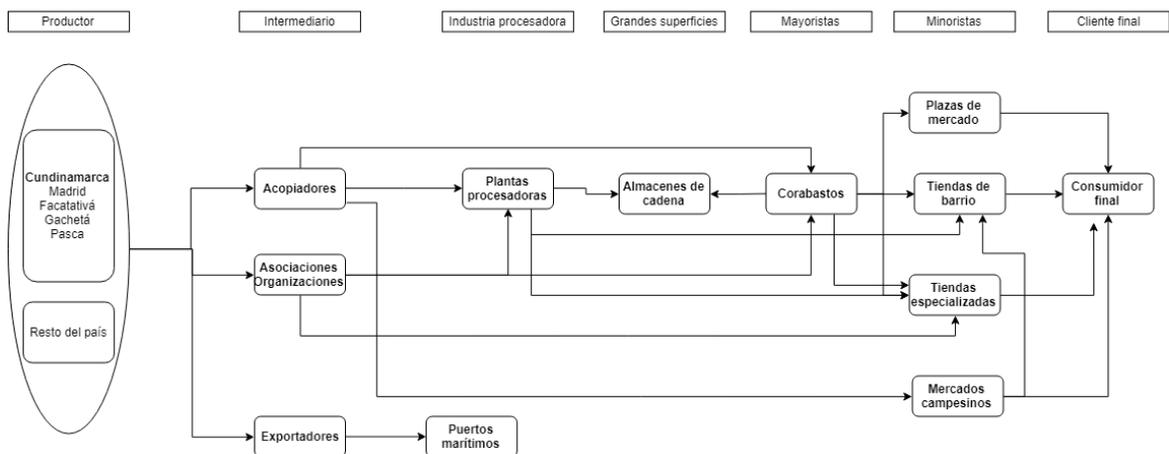


Ilustración 48. Diagrama cadena de suministro de la arveja

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la Tabla 9 se presenta un resumen condensado de los resultados encontrados para el eslabón productor, en cuanto a los diversos procesos logísticos que llevan a cabo y las dinámicas que manejan en su actividad productiva cotidiana, para cosechar la cebolla cabezona, la zanahoria, la arveja y la habichuela.

Tabla 9. Resultados encontrados para los productos estudiados

Procesos - contexto	Indicador	Resultados			
		Cebolla cabezona	Zanahoria	Arveja	Habichuela
Aprovisionamiento	Tipo de cultivo	54 productores encuestados	10 productores encuestados	30 productores encuestados	9 productores encuestados
Producción	Cantidad producida	43% de los productores de cebolla cabezona cultivan hasta	40% de los productores de zanahoria cultivan	El 44% produce más de 2.500 kg por cosecha	El 33% de los encuestados produce más de 2.500 kg por cosecha.

Procesos - contexto	Indicador	Resultados			
		Cebolla cabezona	Zanahoria	Arveja	Habichuela
		10.000 Kg por cosecha	más de 30.000 Kg por cosecha		
Almacenamiento	Tiempo	Tiempo variable de almacenamiento Más del 50% almacenan de 3 a 15 días	Los productores de zanahoria no almacenan el producto después de cosechado	El 6% dijo almacenar entre 5 y 7 días. El resto no dura más de un día.	El tiempo de almacenamiento no pasa de un día.
Almacenamiento	Condiciones de conservación	No se utilizan condiciones especiales durante el almacenamiento	NA	Aislamiento de luz principalmente	Aislamiento de luz principalmente
Almacenamiento	Inocuidad	Las principales medidas sanitarias usadas en el lugar de almacenamiento son: limpieza habitual y cambio del toldo plástico frecuentemente.	NA	El 45% realiza limpieza habitual.	El 40% realiza limpieza habitual en el lugar.
Almacenamiento	Almacenamiento	La principal actividad realizada en el lugar de almacenamiento es la clasificación del producto por calidad.	NA	El 60% realiza clasificación por calidad, el 13% le quita la cáscara.	El 60% realiza clasificación por calidad y el 20% lavado.
Distribución	Producto por unidad de transporte	Más del 50% transportan hasta 200 bultos en un camión	Un 50% transporta hasta 400 bultos en un camión	En promedio se transportan 100 bultos por productor	En promedio se transportan alrededor de 150 bultos por productor
Distribución	Vehículo	Un 92% de los productores transportan en camión tipo turbo el cual generalmente comparten con otros productores.	Un 40% de los productores transportan en camión tipo 600 el cual generalmente contratan de forma individual	El 52% de los productores dice transportar en camiones tipo turbo.	El 62% de los productores dice transportar en camiones tipo turbo.
Distribución	Unidad de producto	En todos los casos el producto se transporta en bulto. El material puede ser costal de fibra o de fique (sacos de lona).	Todos transportan el producto en bulto	El embalaje que los productores de arveja utilizan principalmente son los costales, ya sean de fique o sintéticos	El embalaje que los productores de habichuela utilizan principalmente son los costales, ya sean de fique o sintéticos

Procesos - contexto	Indicador	Resultados			
		Cebolla cabezona	Zanahoria	Arveja	Habichuela
Distribución	Productos	Un 67% transporta su producto con otros, entre los que se encuentran: arveja, habichuela, frijol, papa, entre otros.	70% no mezclan el producto con otros durante el transporte	El 68% transporta otros productos como maíz, tomate, frijol, entre otros.	El 78% dice transportar otros productos, como tomate, arveja, entre otros.
Distribución	Comercialización	El 98% lleva el producto hasta el mayorista.	El 70% lleva el producto hasta el mayorista.	El 40% lleva el producto hasta el mayorista.	El 67% de los encuestados dice llevar el producto hasta el mayorista.
Distribución	Clientes	Para el 78% los principales clientes son mayoristas, intermediarios o distribuidores.	Para todos los productores, los principales clientes son mayoristas, intermediarios o distribuidores.	Para el 60% los principales clientes son mayoristas, intermediarios o distribuidores.	Para el 56% los principales clientes son compradores ocasionales.
TICs	Registro de producción	61% de los productores no registran su producción	90% de los productores registran su producción	65,5% de los productores registran la producción	66,7% de los productores registran la producción
TICs	Tecnologías aplicadas actualmente	86% de los que registran la producción lo hacen en cuaderno o agenda, 5% registran en computador.	89% de los que registran la producción lo hacen en cuaderno o agenda	El 78,9% de los que registran la producción, lo hacen en agenda, cuaderno.	Todos los que registran lo hacen en papel, cuaderno o agenda
Tics	Acceso a Tecnologías	74% tiene acceso únicamente a celular.	60% tiene acceso únicamente a celular.	El 73% usa equipos como el celular.	Todos hacen uso de celular.
Política Pública	Conocimiento	78% no conoce la normativa que aplica sobre el producto que cultiva	60% no conoce la normativa que aplica sobre el producto que cultiva	El 60% de los encuestados no conoce la normativa sobre la arveja.	El 55% dice conocer la normativa que rige el producto.
Política Pública	Conocimiento	91% No cuenta con certificado BPA	80% no cuenta con certificado BPA	El 76% no cuenta con ninguna certificación.	El 77% de los encuestados no cuenta con certificación en BPA
Política Pública	Conocimiento	96% No conoce la existencia de apoyos del Gobierno	Ninguno conoce la existencia de apoyos del Gobierno	El 86% de los encuestados no conoce ningún apoyo que el gobierno preste.	El 77% desconoce la existencia de apoyos del gobierno.

Procesos - contexto	Indicador	Resultados			
		Cebolla cabezona	Zanahoria	Arveja	Habichuela
Relaciones entre actores	Producción	Un 54% pertenece a una asociación	Un 60% no pertenece a una asociación	El 44% manifiesta pertenecer a una asociación	El 55% de los encuestados pertenece a una asociación.

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.2 Transportadores

Los transportadores son los encargados de llevar el alimento desde los productores hasta los mayoristas, quienes, según lo que se encontró, se localizan en Corabastos.

Se observó que todos los alimentos del grupo objeto de estudio son transportados en bultos, los cuales suelen ser de 50 kg como se observa en la Tabla 10.

Tabla 10. Características del transporte hacia el mayorista

Unidad	Cantidad	Peso unidad
Bulto	1 - 50	50
Bulto	51 - 100	50
Bulto	1 - 50	50
Bulto	151 - 200	50
Bulto	1 - 50	50
Bulto	1 - 50	50
Bulto	200 - 300	60
Bulto	101 - 150	65
Bulto	101 - 150	50
Bulto	51 - 100	50
Bulto	151 - 200	50
Bulto	151 - 200	50
Bulto	Más de 300	65
Bulto	200 - 300	50
Bulto	200 - 300	60

Fuente: Elaboración propia

Los transportadores poseen diversos tipos de vehículos (Tabla 11), pero se resaltan algunas generalidades entre ellos, por ejemplo, se encontró que para estos productos no se cuenta con camiones refrigerados, además, lo más común es que utilicen Diésel como combustible, muy pocos usan gasolina o gas. Otro factor muy importante es que, en su mayoría, los transportadores son independientes, poseen un solo vehículo y no están vinculados a ninguna empresa u organización de servicios logísticos.

Tabla 11. Tipos de vehículos transportadores

Categoría	Capacidad	Modelo	Número de ejes	Refrigeración (Sí/No)	Carrocería	Combustible	Cantidad
Dos ejes sencillo	10 toneladas	1989	2	No	Estacas	Diésel	1
Turbo	8 toneladas	2008	2	No	Estacas	Diésel	1
turbo	3.5 toneladas	2008	2	no	Estacas	Diésel	1
Camioneta 1300	1 tonelada	1996	2	No	Plata	Gasolina	1
Turbo	3 toneladas	2012	2	No	Estacas	Diésel	1
Tipo 600	10 toneladas	1980	2	No	Estacas	Diésel	1
HINO	10 toneladas	2016	2	No	Estacas	Diésel	1
Turbo	6 toneladas	2003	2	No	Furgón	Diésel	1
camión tipo 600	12 toneladas	1994	2	No	Estacas	Diésel	1
Camión de tres ejes - doble troque	18 toneladas	1975	3	No	Estacas	Diésel	1
Tipo 600	13 toneladas	1994	2	No	Estacas	Diésel	1
Hino F100	8 toneladas	2011	2	No	Estacas	Diésel	1
Chevrolet	10 toneladas	2011	2	No	Estacas	Diésel	1
Camión	10 toneladas	1989	1	No	Estacas	Diésel	1
Turbo NHR	2 toneladas	2014	2	No	Estacas	Diésel	1
Tipo 1000	1 tonelada	2001	1	No	Estacas	Gas	1

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta la información más relevante acerca de los transportadores a través de indicadores.

Tabla 12. Indicadores eslabón transportador

Procesos - contexto	Indicador	Resultados
Aprovisionamiento	Uni-Multiproducto	38% suelen transportar diferentes productos en un mismo viaje
Aprovisionamiento	Multideposito	Para el 44%, la recolección de alimentos se realiza en diferentes lugares durante un mismo viajes
Aprovisionamiento	Intermediación	Un 19% se hace dueño de la carga
Aprovisionamiento	Modo de cobro	75% realizan el cobro por unidad de carga (es decir, bulto)
Aprovisionamiento	Gestión de rutas	Las rutas que siguen son previamente definidas en el 33% de los casos, en un 67% se hacen a solicitud del cliente
Aprovisionamiento	Origen de recogida	Un 94% de las veces, el producto se recoge en cada una de las fincas de los productores
Aprovisionamiento	Ventanas de tiempo	37% recogen el producto entre las 8 a.m. y las 12 m.
Almacenamiento	Distancia	Los transportadores recorren distancias entre 50 y 300 Km

Procesos - contexto	Indicador	Resultados
Almacenamiento	Empaques	El 81% transporta el producto en costales de fique
Almacenamiento	Tiempos	El cargue se demora entre 30 minutos y 6 horas al igual que el descargue
Almacenamiento	Volúmenes	La capacidad de los camiones está entre 1 y 18 toneladas. La mayoría (31,3%) son camiones de 10 t.
Almacenamiento	Registro	56% registran lo que transportan en cuaderno y 44% no lo registran
Almacenamiento	Refrigeración	Ninguno cuenta con refrigeración en el vehículo
Distribución	Destino de entrega	Todos entregan el producto en Corabastos
Distribución	Ocupación	La ocupación del camión se encuentra entre 80% y 100% para un 69% de los transportadores
Tics	Uso de Tics	Un 75% sí usa Tics para apoyar su operación
Tics	Tipo	100% usan celular, 13% usan GPS
Tics	Propósito	Todos usan las Tic para comunicarse, un 19% las usa para identificar rutas
Tics	Ubicación	60% no utilizan ninguna herramienta para identificar su ubicación durante el recorrido.
Tics	Costos	60% registran manualmente los costos de su operación
Política Pública	Conocimiento	94% no conocen las normas que rigen su operación
Política Pública	Entidades	60% no saben qué entidades ejercen control sobre su operación
Trazabilidad	Forma de registro	Los productos que transportan no se marcan

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.3 Mayoristas

El actor mayorista, en las cadenas de suministro agrícolas, se caracteriza por manejar grandes cantidades de producto y proveerles a actores minoristas, como tiendas de barrio, o a otros actores que tienen la necesidad de abastecerse, como restaurantes. Los mayoristas que se encuestaron para este propósito estaban ubicados en la plaza de Corabastos, el mayor centro mayorista de Bogotá.

A continuación (Tabla 13), se presenta la información más relevante acerca de los mayoristas, a través de indicadores.

Tabla 13. Indicadores de mayoristas

Procesos - contexto	Indicador	Resultados
Aprovisionamiento	Frecuencia	La frecuencia de abastecimiento de los mayoristas es diaria
Aprovisionamiento	Empaque	Los mayoristas compran el producto en bultos de 50 Kg
Aprovisionamiento	Factores que agregan valor	Para el 88% de los mayoristas, el factor más importante para la fijación del precio, es la calidad del producto
Aprovisionamiento	Proveedor	75% se aprovisionan de productores.
Aprovisionamiento	Selección	Los principales criterios para elegir proveedores son la calidad del producto y la confianza que se tenga en el proveedor
Aprovisionamiento	Criterio	La razón para elegir el producto que compran es que es el que vende con mayor frecuencia
Aprovisionamiento	Forma de llegada	Todos los mayoristas reciben el producto en su establecimiento.
Aprovisionamiento	Frecuencia de selección	Generalmente, la selección de proveedores se realiza diariamente y no se tienen proveedores fijos.
Aprovisionamiento	Pago de transporte	Los mayoristas no asumen el costo del transporte, solo pagan el valor de la mercancía
Aprovisionamiento	Forma de pedido	75% realizan el pedido verbalmente
Aprovisionamiento	Diferenciación del producto	88% de los mayoristas agrupan el producto por calidad una vez lo reciben en su establecimiento
Aprovisionamiento	Infraestructura	50% tienen bodegas de menos de 10 m ² y 50% de más de 10 m ²
Aprovisionamiento	Tiempo	Para el 58% los productos permanecen en la bodega menos de 1 día
Aprovisionamiento	Tratamiento al producto	75% realizan re-empaque en el lugar de almacenamiento del producto y también un 75% realiza clasificación
Almacenamiento	Desperdicio	Para el 88% las pérdidas están entre 0% y 5%
Distribución	Clientes	Para un 75% los principales clientes son los supermercados, también para un 75% son las tiendas de barrio
Distribución	Forma de pago	Para todos, la principal forma de pago de los clientes es el efectivo
Distribución	Forma de empaque	El 75% unas bultos para entregar el producto a los clientes
Tics	Acceso	71% tienen acceso a teléfono inteligente
Tics	Conocimiento	25% tienen un nivel alto de manejo de computador y 38% no manejan computador
Tics	Internet	50% no cuentan con acceso a internet
Tics	Sistema de información	38% usan algún sistema de información para apoyar su operación
Tics	Usos	El sistema de información se usa para apoyar la contabilidad y las compras.
Tics	Control	75% registran la fecha de ingreso de los productos, la mitad de éstos lo hacen a mano
Tics	Control de inventarios	75% llevan el control del inventario.

Procesos - contexto	Indicador	Resultados
Política Pública	Certificación	62% no cuentan con certificado de manipulación de alimentos

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.4 Transportador a minorista

Estos actores son los que llevan el producto de los mayoristas (Corabastos) hasta las tiendas minoristas o plazas de mercado pequeñas.

Los transportadores manifiestan recorrer entre 10 km y 30 km desde el sitio de recolección hasta el de entrega. El proceso de cargue del camión se demora entre treinta minutos y dos horas, y el de descargue entre veinte minutos y una hora. Las descripciones del medio en el que transportan los productos se presentan en la Tabla 14.

Tabla 14. Descripción de los vehículos usados para transportar los productos hasta el minorista

Categoría	Capacidad	Modelo	Número de ejes	Refrigeración	Carrocería	Combustible
Camioneta Luv 2300	1 t	1993	2	No	Estacas	Gasolina
Ford	1 t	2001	2	No	Si	Gas
Ford	1 t	2000	2	No	Si	Gasolina
Ford 100	3 t	1984	2	No	Estaca	Gasolina
Ford ranger	3 t	1975	2	No	Si	Gasolina
Turbo	1.5 t	2010	2	No	Metálica	Diésel

Fuente: Elaboración propia

La entrega del producto se hace en un 60% de los casos en tiendas de barrio; para el resto, se da en plazas de mercado. El porcentaje de ocupación de los camiones de ida es del 60% al 80% para un 44% de los encuestados, y del 80% al 100% para el 56% restante. Una vez realizada la entrega de los productos, un 56% de los encuestados expresaron que el camión regresa vacío, mientras que el 44% restante dijo este que regresa con menos del 40% ocupado.

A continuación (Tabla 15), se presenta la información más relevante acerca de los transportadores a minoristas, a través de indicadores.

Tabla 15. Indicadores del transportador a minorista

Procesos - contexto	Indicador	Resultados
Aprovisionamiento	Uni-Multiproducto	67% transporta diferentes productos en un viaje.
Aprovisionamiento	Presentación	Para todos los transportadores el empaque usado para los 4 productos es el bulto
Aprovisionamiento	Cantidades	Se transportan entre 1 y 50 bultos de cada producto
Aprovisionamiento	Propiedad	No se hacen dueños de la carga.
Aprovisionamiento	Capacidad	La capacidad de los vehículos está entre 1 y 3 toneladas
Aprovisionamiento	Gestión de rutas	Para el 67% las rutas que siguen son previamente definidas.
Aprovisionamiento	Origen de recogida	El 83% recogen el producto en Corabastos
Aprovisionamiento	Ventanas de tiempo	Todos recogen el producto entre las 4 y las 8 a.m.
Aprovisionamiento	Empaque	Los principales empaques de transporte son el saco de lona y la bolsa plástica.
Almacenamiento	Distancia	En promedio se recorren 23 Km por viaje
Distribución	Destino de entrega	Un 85% realiza la entrega a tenderos.
Tics	Uso de Tics	83% usan Tics para apoyar sus operaciones.
Tics	Tipo	La tecnología usada por todos es el celular.
Tics	Propósito	Usan el celular para apoyar las comunicaciones con clientes.
Tics	Ubicación	No utilizan herramientas tecnológicas para su recorrido o para conocer su ubicación.
Tics	Costos	83% no registran los gastos en los que incurren.
Política Pública	Conocimiento	83% no conocen la normatividad que rige el transporte de alimentos.
Política Pública	Entidades	No hay conocimiento sobre las entidades que ejercen control sobre sus operaciones.
Trazabilidad	Forma de registro	Un 50% no marca el producto.

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.5 Minorista tienda

Este capítulo presenta toda la información recolectada a los minoristas (tenderos) encuestados en la ciudad de Bogotá que comercializan cebolla cabezona, zanahoria, arveja y habichuela.

A continuación (Tabla 16), se presenta la información más relevante acerca de los minoristas de tienda, a través de indicadores.

Tabla 16. Indicadores para minorista de tienda

Procesos - contexto	Indicador	Resultados Cebolla cabezona	Resultados Habichuela	Resultados Arveja	Resultados Zanahoria
Aprovisionamiento	Frecuencia	Un 49% se abastece diariamente	Un 54% se abastece diariamente	Un 56% se abastece diariamente	Un 52% se abastece diariamente
Aprovisionamiento	Tipo de vehículo	39% recoge el producto en vehículo particular y 33% en camión de estacas			
Aprovisionamiento	Unidad	70% compran el producto en bultos	60% compran el producto en bultos	69% compran el producto en bultos	66% compran el producto en bultos
Aprovisionamiento	Tiempo	49% recibe o busca el producto en las madrugadas antes de las 6:00 a.m.			
Aprovisionamiento	Proveedor	89% se abastecen de Corabastos	94% se abastecen de Corabastos	92% se abastecen de Corabastos	91% se abastecen de Corabastos
Aprovisionamiento	Factores	Para los minoristas, los factores más importantes a la hora de elegir proveedores son la calidad del alimento y el precio			
Aprovisionamiento	Pago	90% realizan el pago de contado			
Aprovisionamiento	Uso empaques	26% recicla los empaques de los alimentos que compra y 22% los desecha			
Almacenamiento	Desperdicio	51% no tienen desperdicios durante el almacenamiento	54% no tienen desperdicios durante el almacenamiento	54% no tienen desperdicios durante el almacenamiento	48% no tienen desperdicios durante el almacenamiento
Almacenamiento	Forma de llegada del producto	79% recogen el producto en el punto de venta del proveedor	80% recogen el producto en el punto de venta del proveedor	79% recogen el producto en el punto de venta del proveedor	80% recogen el producto en el punto de venta del proveedor
Almacenamiento	Tiempo de permanencia	Para el 83%, el tiempo de permanencia está entre 1 y 3 días	Para el 86%, el tiempo de permanencia está entre 1 y 3 días	Para el 87%, el tiempo de permanencia está entre 1 y 3 días	Para el 84%, el tiempo de permanencia está entre 1 y 3 días
Almacenamiento	Lugar	84% no cuentan con un lugar adicional para almacenar sus productos aparte del sitio de exhibición			
Almacenamiento	Empaque	33% almacenan los alimentos en canastillas			
Almacenamiento	Procedimiento	42% realiza clasificación al producto	41% realiza clasificación al producto	30% realiza clasificación al producto	34% realiza clasificación al producto
Almacenamiento	Operaciones	20% realizan re-empaque a los productos y 24% realizan desgranado			
Almacenamiento	Deterioro	Para los minoristas, los factores más importantes que generan deterioro en el producto son: el golpeteo (47%) y la manipulación (46%)			
Almacenamiento	Pérdidas	Para el 67% las pérdidas por deterioro o manipulación del producto están entre 1 y 5%			
Almacenamiento	Limpieza	43% limpian o cambian el recipiente del alimento diariamente			

Procesos - contexto	Indicador	Resultados Cebolla cabezona	Resultados Habichuela	Resultados Arveja	Resultados Zanahoria
Distribución	Ventas	56% venden entre 100 y 500 libras semanales	56% venden más de 500 libras semanales	45% venden entre 100 y 500 libras semanales	59% venden entre 100 y 500 libras semanales
Distribución	Clientes	Para el 56% sus principales clientes son hogares y para el 25% son restaurantes			
Distribución	Domicilios	66% realizan domicilios			
Distribución	Vehículo domicilio	77% realiza los domicilios en bicicleta			
Distribución	Medios de pago	El 56% únicamente permite el pago en efectivo por parte de los clientes			
Distribución	Producto deteriorado	45% donan el alimento que se deteriora			
Distribución	Empaque	87% empaacan el producto en bolsas de plástico			
Tics	Acceso	51% no tienen acceso a ningún equipo tecnológico			
Tics	Internet	66% no tienen acceso a internet			
Tics	Apoyo al negocio	74% no usan programas de computador para apoyar su negocio			
Trazabilidad	Tecnologías	71% no usan registros para el seguimiento de los alimentos			
Trazabilidad	Registro	52% registra el momento de ingreso de los alimentos, de ellos 75% lo hacen en cuaderno			
Trazabilidad	Proveedores	83% no exigen a sus proveedores tener registro de la procedencia del alimento			
Trazabilidad	Marcas	69% no reciben los alimentos marcados desde el proveedor			
Normatividad	Conocimiento	66% conocen alguna norma que aplica sobre los alimentos que comercializan			
Normatividad	Certificación	84% cuentan con certificado de manipulación de alimentos			

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.6 Minorista plaza

Para recopilar la información de los minoristas en las plazas de mercado de Bogotá que comercializan cebolla cabezona, zanahoria, arveja y habichuela se realizaron encuestas en las siguientes plazas de mercado: Plaza de Codabas, Plaza de Fontibón, Plaza de Kennedy, Plaza de Las Cruces, Plaza de Paloquemao, Plaza de Quirigua, Plaza de Restrepo, Plaza de Trinidad Galán, Plaza del 12 de Octubre, Plaza del 20 de Julio, Plaza del 7 de Agosto, Plaza Las Ferias y Plaza Santander. Del total de 161 encuestados, 69 tenían cebolla larga y 78 cebolla cabezona.

El aprovisionamiento de verduras realizado por los minoristas ocurre, en su mayoría, diariamente, y el número de entregas más común es una sola entrega en un día de aprovisionamiento, esto se presenta en la Tabla 17.

Tabla 17. Frecuencia de compra de verduras y cantidad de entregas que reciben los minoristas

	Frecuencia de compra	Cantidad de minoristas
	Diario	26
Número de entregas recibidas	1	20
	2	3
	3	1
	4	1
	10	1
	Entre 2 y 3 días	22
Número de entregas recibidas	1	19
	2	1
	3	1
	4	1
	Entre 2 y 3 días	1
Número de entregas recibidas	1	1
	Semanal	19
Número de entregas recibidas	1	18
	2	1

Fuente: Elaboración propia

En lo referente a la forma de llegada, un 37% lo recibe en camiones, 30% en camiones de estacas, 9% en camión tipo turbo, 9% en camioneta, 4% en carretilla de tracción humana, y unos pocos, en carro particular o van. En cuanto a los horarios en los que se reciben, se puede observar que muy pocos reciben el producto por las tardes, alrededor del 50% lo hacen entre las 6:00 a.m. y las 12:00 m.

A continuación, se presenta la información más relevante acerca de los minoristas de plaza, a través de indicadores.

Tabla 18. Indicadores para minorista de plaza

Procesos - contexto	Indicador	Resultados Cebolla cabezona	Resultados Habichuela	Resultados Arveja	Resultados Zanahoria
Aprovisionamiento	Frecuencia	Un 36% se abastece semanalmente	Un 36% se abastece diariamente	Un 38% se abastece diariamente	Un 33% se abastece diariamente

Procesos - contexto	Indicador	Resultados Cebolla cabezona	Resultados Habichuela	Resultados Arveja	Resultados Zanahoria
Aprovisionamiento	Unidad	86% compran el producto en bultos	81% compran el producto en bultos	75% compran el producto en bultos	83% compran el producto en bultos
Aprovisionamiento	Tipo de vehículo	54% recoge el producto en camión de estacas y 23% en vehículo particular			
Aprovisionamiento	Pedido	Para un 73% el costo de descargue de los productos en la plaza, oscila entre \$2000 y \$3000 por bulto			
Aprovisionamiento	Tiempo	53% recibe o recoge el producto entre las 6:00 a.m. y las 12 m.	53% recibe o recoge el producto entre las 6:00 a.m. y las 12 m.	53% recibe o recoge el producto entre las 6:00 a.m. y las 12 m.	55% recibe o recoge el producto entre las 6:00 a.m. y las 12 m.
Aprovisionamiento	Proveedor	Para el 82% el proveedor es Corabastos	Para el 82% el proveedor es Corabastos	Para el 81% el proveedor es Corabastos	Para el 86% el proveedor es Corabastos
Aprovisionamiento	Factores de elección	Los factores más importantes para la elección de proveedores son la calidad del alimento (49%) y el precio (36%).			
Aprovisionamiento	Pago	89% realizan el pago de contado			
Aprovisionamiento	Uso empaques	Los empaques son reutilizados el 37% de las veces			
Almacenamiento	Desperdicio	Para el 53% no se dan pérdidas en almacenamiento	Para el 51% no se dan pérdidas en almacenamiento	Para el 60% no se dan pérdidas en almacenamiento	Para el 57% no se dan pérdidas en almacenamiento
Almacenamiento	Forma de llegada del producto	64% busca el producto en el punto de venta del proveedor	64% busca el producto en el punto de venta del proveedor	63% busca el producto en el punto de venta del proveedor	65% busca el producto en el punto de venta del proveedor
Almacenamiento	Tiempo de permanencia	Para el 40% el tiempo de permanencia es de 1 a 3 días	Para el 42% el tiempo de permanencia es de 1 a 3 días	Para el 40% el tiempo de permanencia es de 1 a 3 días	Para el 38% el tiempo de permanencia es de 1 a 3 días
Almacenamiento	Lugar	87% no cuenta con ningún lugar adicional para almacenar los alimentos aparte del sitio de exhibición			
Almacenamiento	Herramientas	Todos usan báscula para las operaciones relacionadas con la venta y además 85% usan cuchillo			
Almacenamiento	Operaciones	41% le realizan lavado al producto	61% le realizan picado al producto	64% le realizan desgranado al producto	58% le realizan picado al producto
Almacenamiento	Deterioro	El factor que más genera deterioro en el producto es la perecibilidad (50%)	El factor que más genera deterioro en el producto es la perecibilidad (53%)	El factor que más genera deterioro en el producto es la perecibilidad (49%)	El factor que más genera deterioro en el producto es la perecibilidad (54%)
Almacenamiento	Pérdidas	Para el 71% las pérdidas por deterioro del producto están entre 1 y 10%	Para el 78% las pérdidas por deterioro del producto están entre 1 y 10%	Para el 80% las pérdidas por deterioro del producto están entre 1 y 10%	Para el 80% las pérdidas por deterioro del producto están entre 1 y 10%

Procesos - contexto	Indicador	Resultados Cebolla cabezona	Resultados Habichuela	Resultados Arveja	Resultados Zanahoria
Almacenamiento	Limpieza	41% limpia o cambia los recipientes de los alimentos una vez por semana			
Distribución	Ventas	41% venden entre 100 y 500 libras semanales	44% venden entre 100 y 500 libras semanales	47% venden entre 100 y 500 libras semanales	45% venden más de 500 libras semanales
Distribución	Clientes	Los principales clientes son hogares (50%) y restaurantes (38%)			
Distribución	Domicilios	54% sí ofrecen domicilios a sus clientes			
Distribución	Vehículo domicilio	De los que realizan domicilios, 39% los hacen en bicicleta			
Distribución	Medios de pago	55% recibe únicamente pago en efectivo			
Distribución	Producto deteriorado	69% donan el alimento que se deteriora	75% donan el alimento que se deteriora	75% donan el alimento que se deteriora	72% donan el alimento que se deteriora
Distribución	Elementos de exhibición	59% exhibe el producto en canasta	67% exhibe el producto en canasta	64% exhibe el producto en canasta	66% exhibe el producto en canasta
Distribución	Empaque	94% empaqueta los productos solicitados por el cliente, en bolsas de plástico			
Tics	Acceso	69% no tiene acceso a ninguna tecnología			
Tics	Internet	66% no tiene acceso a internet			
Tics	Apoyo al negocio	92% no usa programas de computador para apoyar su negocio			
Trazabilidad	Tecnologías	83% no usan registros para el seguimiento de los alimentos			
Trazabilidad	Registro	74% no registra el momento de ingreso de los alimentos			
Trazabilidad	Proveedores	90% no exigen a sus proveedores tener registro de la procedencia del alimento			
Trazabilidad	Marcas	83% no reciben los alimentos marcados desde el proveedor			
Normatividad	Conocimiento	59% no conocen alguna norma que aplique sobre los alimentos que comercializan			
Normatividad	Certificación	86% cuentan con certificado de manipulación de alimentos			

Fuente: Elaboración propia

4.3 Identificación de requerimientos

Para identificar los requerimientos necesarios, se tomaron como insumos: la información primaria recolectada y la información secundaria referente a bodegas cross-dock y propiamente a la operación cross-docking.

En las bodegas cross-dock, como lo explican (Bartholdi & Hackman, 2014) los productos se mueven de forma más rápida y se puede evitar la parte más costosa de la labor de la bodega que es el almacenamiento. Debido a esto, se reduce el inventario y el tiempo total

que dura un producto en la cadena de suministro, lo cual es de gran importancia al tratar con productos perecederos.

Comúnmente se encuentra que las instalaciones cross-dock están conformadas por bodegas vacías con múltiples puertas por las cuales llega y sale mercancía. Las puertas son asignadas previamente, las de salida se designan de acuerdo al destino mientras que las de entrada pueden recibir mercancía proveniente de cualquier lugar.

Para el caso de los productos perecederos, esta operación resulta muy útil debido a que su condición no les permite permanecer mucho tiempo almacenados, por lo tanto, es necesario que después de la cosecha sean comercializados lo más pronto posible.

Se ha encontrado que es posible generar mejoras en la distribución de productos perecederos mediante el uso de las instalaciones cross-dock (Vasiljevic, Stepanovic, & Manojlovic, 2013). Además, el uso de ese tipo de bodegas se está incrementando en la industria alimentaria debido a los beneficios que brinda.

En la **Tabla 19**, se describen los requerimientos en la operación de distribución para los productos objeto de estudio, en los procesos posteriores a la cosecha y post cosecha.

Tabla 19. Requerimientos operación de distribución

Actividad	Requerimientos	Comentarios
Cargue del producto	<ul style="list-style-type: none"> - Personal - Montacargas o transpaletas - El producto debe estar debidamente empacado en bultos de 50 kg - Carretillas 	Actualmente la operación se realiza de forma manual, lo cual puede causar daño en las personas por levantar pesos muy grandes
Transporte (Condiciones del vehículo)	<ul style="list-style-type: none"> - Aislar el producto de las condiciones climáticas como la lluvia - Vehículo cubierto - Tamaño del vehículo 	En muchos casos los vehículos utilizados son abiertos lo cual hace que el producto esté expuesto a las condiciones del clima y pueda deteriorarse rápidamente
Descargue	<ul style="list-style-type: none"> - Personal - Montacargas - Carretillas o transpaletas 	Así como en el cargue, la operación de descargue se realiza de forma manual
Distribución	<ul style="list-style-type: none"> - Rutas de distribución adecuadas 	Los productores envían toda su carga a Corabastos por lo que es necesario buscar canales de comercialización alternos. Tener en cuenta las exigencias de los clientes, los diferentes clientes solicitan distintos tipos de calidad y característica específicas del producto

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, en la **Tabla 20** se presentan comportamientos de los productos que se tienen en cuenta para la formulación del algoritmo de diseño de la operación cross-docking.

Tabla 20. Información relevante de los productos para el diseño de la operación cross-docking

	Cebolla cabezona	Zanahoria	Arveja	Habichuela
Unidad de carga	100% Bulto	100% Bulto	100% Bulto	86% Bulto 14% canastilla
Número de productores (encuestados)	54	10	30	9
Número de productores (total)	Total Cundinamarca: 281.417			
Temporalidad	Enero 29% Febrero 22% Marzo 11% Abril 12% Mayo 16% Junio 10% ----- ----- Julio 19% Agosto 20% Septiembre 12% Octubre 15% Noviembre 18% Diciembre 17%	Enero 25% Febrero 33% Marzo 25% Abril 1% Mayo 2% Junio 14% ----- ----- Julio 10% Agosto 21% Septiembre 5% Octubre 15% Noviembre 13% Diciembre 36%	Enero 15% Febrero 26% Marzo 34% Abril 9% Mayo 7% Junio 9% ----- ----- Julio 15% Agosto 16% Septiembre 14% Octubre 18% Noviembre 13% Diciembre 24%	Disminuye la producción en marzo, abril y julio
Media kg producidos	39.989	33.100	4.183	5.843
Media kg/ha	14.844	10.766	1.066	7.669
Tipo de almacenamiento	En finca	En su mayoría no almacenan	En su mayoría no almacenan	En su mayoría no almacenan
Tipo de camión (capacidad)	1 ton - 13% 2 ton - 6% 3 ton - 13% 6 ton - 6% 8 ton - 13% 10 ton - 31% 12 ton - 6%			

	Cebolla cabezona	Zanahoria	Arveja	Habichuela
	13 ton - 6% 18 ton - 6%			
Propiedad vehículo	Compartido con otros productores 50% Contratado individualmente 46% Del comprador 2% Propio 2%	Compartido con otros productores 10% Contratado individualmente 70% Del comprador 20%	Compartido con otros productores 34% Contratado individualmente 40% Del comprador 13% Propio 13%	Compartido con otros productores 73% Contratado individualmente 18% Del comprador 9%
Destino	Directo al mayorista	Directo al mayorista	Directo al mayorista	Directo al mayorista

Fuente: Elaboración propia

4.4 Formulación del algoritmo para el diseño de la operación

A continuación, en la Ilustración 49, se presenta el algoritmo paso a paso desarrollado para el diseño de una operación cross-docking para productos perecederos. Posteriormente, cada paso es explicado detalladamente.

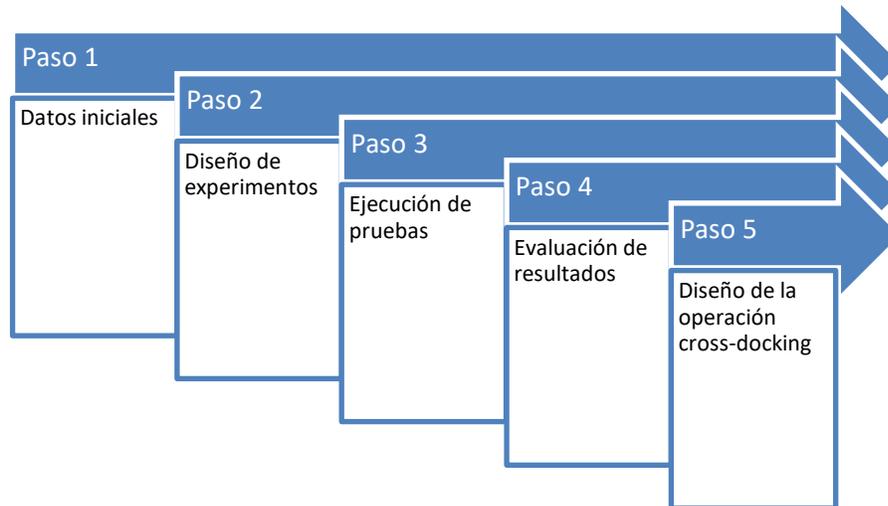


Ilustración 49. Algoritmo para el diseño de la operación cross-docking

Fuente: Elaboración propia

4.4.1 Paso 1: Datos iniciales

El primer paso para realizar el diseño de una operación cross-docking en productos perecederos es definir los datos iniciales, es decir, las especificaciones de los productos a tratar que afectan las operaciones de manejo, distribución, manipulación y almacenamiento. Los datos que se necesitan para llevar a cabo el diseño son:

- Cantidades de producto
- Tipo de vehículos para el transporte
- Capacidad de los vehículos
- Características físicas de los productos
- Configuración de la CS
- Configuración de la carga
- Tipo de empaque utilizado
- Cuidados especiales de la carga

Estos datos iniciales son requeridos para poder dimensionar adecuadamente la operación de cross-docking que se va a realizar, pues, dicha operación depende de dichos factores para que su diseño sea eficiente y los productos puedan circular rápidamente a través de la plataforma evitando altas horas de espera.

4.4.2 Paso 2: Diseño de experimentos

De acuerdo a (Montgomery, 2004), un experimento puede considerarse una prueba en la que se realizan cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema con el fin de observar e identificar las razones de los cambios que se puedan observar en la respuesta de salida. El diseño de experimentos es una herramienta importante que permite mejorar el desempeño de un proceso, entre otras cosas, su aplicación puede redundar en:

- Mejoras en el rendimiento
- Reducción en la variabilidad
- Reducción de tiempo de desarrollo
- Reducción de costos

La **Tabla 21** muestra las pautas generales para el diseño de experimentos:

Tabla 21. Pautas para diseñar un experimento

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none">1. Identificación del problema2. Elección de los factores, los niveles y los rangos3. Selección de la variable de respuesta4. Elección del diseño experimental |
|---|

5. Realización del experimento
6. Análisis de los datos
7. Conclusiones y recomendaciones

Fuente: (Montgomery, 2004)

Como se puede observar, para diseñar un experimento es necesario definir claramente el problema, Luego, se procede con la elección de la variable de respuesta, los factores y niveles.

4.4.3 Paso 3: Ejecución de pruebas

El tercer paso es realizar la ejecución de las pruebas teniendo en cuenta lo definido en los pasos anteriores. Es decir, se debe tener elegido el software a usar y los datos iniciales que éste necesita.

Posteriormente, se usan los datos para ingresar la información en el software y así plantear los escenarios que se quieren evaluar de acuerdo a la variación del factor. Para que este paso sea exitoso debe realizarse primero el cálculo del tamaño de muestra.

Según (Montgomery, 2004), la elección del tamaño de la muestra apropiado es uno de los aspectos más importantes de cualquier problema de diseño de experimentos. El tamaño de muestra se determina a través de la siguiente fórmula.

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2}{e^2}$$

Donde Z es el valor crítico para el nivel de confianza determinado, σ es la desviación estándar de la prueba piloto y e es el error esperado.

4.4.4 Paso 4: Evaluación de resultados

El siguiente paso es evaluar los resultados obtenidos en cada una de las corridas realizadas. Lo que se quiere es definir es si la variación del número de operarios es relevante en el tiempo de ciclo promedio.

Para definirlo, se debe hacer una prueba ANOVA.

4.4.5 Paso 5: Diseño de la operación cross-docking

Se analizan los resultados obtenidos del experimento, las corridas realizadas, los tiempos de ciclo obtenidos y toda la información resultante de los análisis hechos previamente, para así tomar una decisión relevante en el diseño de la operación.

4.5 Validación

A continuación, se presenta la aplicación del algoritmo paso a paso desarrollado para el diseño de una operación cross-docking para productos perecederos.

4.5.1 Paso 1

Para el desarrollo de este paso, se identifican los datos iniciales que serán relevantes para la ejecución del algoritmo. Dichos datos se definieron a partir de la caracterización realizada previamente.

- Cantidades de producto: las cantidades que se manejan se basan en las producciones promedio de cada alimento, identificadas en la **Tabla 20**.
- Orígenes y destinos:
- Tipo de vehículos para el transporte: los vehículos entrantes elegidos para el caso particular fueron los camiones tipo Turbo y los salientes, las camionetas de dos ejes.
- Capacidad de los vehículos: la capacidad de los vehículos entrantes que se eligió para el caso planteado fue de 3 toneladas y para vehículos salientes 10 toneladas. Esto, teniendo en cuenta que llegan productos de diferentes fincas y se consolidan para enviar una carga grande.
- Características físicas de los productos: éstas fueron descritas en el Capítulo 4.
- Configuración de la CS: la cadena está configurada por los actores mencionados en el Capítulo 4, la bodega cross-docking planteada en este trabajo se incluye entre los productores y los mayoristas.
- Configuración de la carga: la descripción de la carga se encuentra en la caracterización presentada en el Capítulo 4.
- Tipo de empaque utilizado: se asume que el empaque es el que proviene de la finca, es decir el costal de fibra.

- Cuidados especiales de la carga: la carga no puede apilarse en una altura de más de 10 metros y se deben tener en cuenta las especificaciones de los productos indicadas en el capítulo 4.

4.5.2 Paso 2

Para realizar el experimento, es necesario tener claros ciertos aspectos. A continuación, se presentan las pautas del presente experimento.

Identificación del problema: para el caso de este estudio, el problema que se plantea es el de la influencia del número de operarios en el tiempo de ciclo de operaciones cross-docking para cuatro productos perecederos en el caso específico de Cundinamarca a la ciudad de Bogotá.

La variable de respuesta que se va a medir y sobre la cual se evaluará el experimento es el tiempo de ciclo, definido como el tiempo promedio que permanece una unidad de producto dentro del centro cross-docking, desde su llegada hasta que es despachado en los camiones de salida. Esta variable es de gran importancia, pues proporciona información útil acerca del proceso que permitirá contribuir a la toma de decisiones sobre el sistema evaluado.

Una vez se tiene la variable de respuesta, se procede a identificar los factores y niveles. Para el caso de este experimento, se tomará en cuenta un único factor, este es el número de operarios que trabajarán en la ejecución de la operación. Los niveles de este factor serán 10, 15, 20, 30.

El diseño que se plantea en el presente experimento, es un diseño de experimento de un solo factor. Se realiza el diseño por medio del software AnyLogic®, allí se modela el interior de un centro cross-dock en el cual se reciben productos por una única puerta de entrada, éstos son organizados y separados por tipo de producto, para posteriormente ser enviados por cuatro muelles de despacho.

AnyLogic® es un software de simulación para aplicación en negocios, usado ampliamente en grandes compañías. Los modelos de simulación de AnyLogic® le permiten a los

analistas, ingenieros y administradores, obtener perspectivas más profundas y optimizar sistemas y procesos complejos en un gran rango de industrias. Permite desarrollar modelos usando cualquiera de los tres métodos de simulación modernos (eventos discretos, basado en agentes y dinámica de sistemas). La versión utilizada del software fue AnyLogic® 8.4.0,

A continuación, en la , se muestra el diseño en el software mencionado.

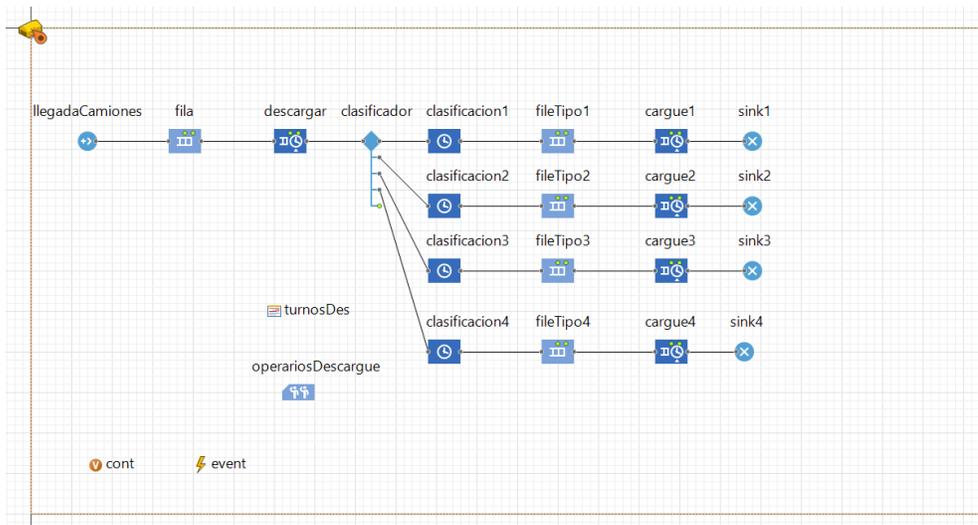


Ilustración 50. Modelo de operación cross-docking en AnyLogic®

Fuente: Elaboración propia con el uso del software AnyLogic®

4.5.3 Paso 3

Para realizar la ejecución de las pruebas, se usó un solo factor, el cual era el número de operarios trabajando en la bodega en las operaciones de cargue, descargue y alistamiento. Se variaron los niveles para observar su incidencia en el tiempo de ciclo promedio.

Las pruebas se realizaron por medio de simulación basada en agentes, la cual es relevante para la investigación en cadenas de suministro, ya que permite el análisis del comportamiento autónomo de cada uno de los miembros de la cadena, así como las interacciones que existen entre estos (Velásquez Rodríguez, Moreno Mantilla, Bula, & Vega Vega, 2018).

Tabla 22. Parámetros del modelo

Factores	Niveles
Número de operarios	5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 15

Fuente: Elaboración propia

La elección del tamaño de muestra es muy importante para que el experimento, ya que determina cuántas corridas se deben realizar para asegurar la confiabilidad del mismo y la obtención de resultados relevantes y acertados.

A continuación, se muestra el cálculo para el tamaño de muestra, se eligió un nivel de confianza del 95% para lo cual se obtiene un $Z = 1,6$ y un $e = 0,05$. Para calcular la desviación, se corrió el experimento con un nivel de 10 y un número de corridas de 20.

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2}{e^2} = \frac{1,96^2 0,379^2}{0,05^2} = 147,3$$

Según la determinación del tamaño de muestra, se realizaron 147 corridas por cada uno de los niveles, determinando en cada una, el número promedio del tiempo de ciclo.

4.5.4 Paso 4

A continuación (Tabla 23), en la se presentan los tiempos de ciclo promedio obtenidos para cada una de las corridas, estos resultados están en horas. Adicionalmente, en la Ilustración 51 se muestra el resultado gráficamente.

Tabla 23. Resultados de las corridas del modelo

Opera rios	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Prome dio	841,54 529	690,69 487	531,78 831	373,33 331	213,68 983	66,01 848	7,82 333	3,53 150	2,63 233	1,64 302	1,42 020

Fuente: Elaboración propia

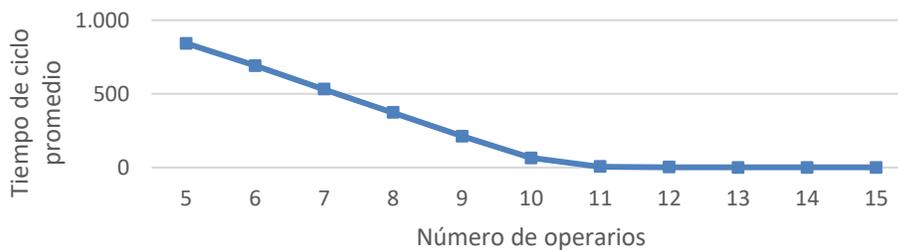


Ilustración 51. Número de operarios vs tiempo de ciclo promedio

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en los resultados de las corridas, el número de operarios incide en el tiempo de ciclo de un producto dentro de la bodega cross-dock. Sin embargo, para asegurar esta afirmación, se realizó el análisis ANOVA obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 24. ANOVA de un factor

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	95210127,18	10	9521012,718	192,092058	7,0025E-266	1,836584589
Dentro de los grupos	79601138,03	1606	49564,84311			
Total	174811265,2	1616				

Fuente: Elaboración propia

Al realizar el análisis de varianza, se pudo concluir que efectivamente, el número de operarios incide en el tiempo de ciclo de un producto en la operación cross-docking, esto debido a que el factor F fue mucho mayor al valor crítico para F.

4.5.5 Paso 5

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante el modelo, se sugiere el diseño de la operación cross-docking con las siguientes características:

- Muelles de recepción o de entrada: 1

- Muelles de salida: 4
- Zona de alistamiento: 1 zona en cada muelle de salida
- Número de operarios: 12

Cabe resaltar que estas características se presentan para el caso específico de los productos objeto de estudio. Las herramientas de trabajo consideradas para los operarios son las transpaletas manuales que apoyan las operaciones de cada uno de los trabajadores haciéndolas más eficientes. En cuanto a los productos, se asume que llegan con las características estudiadas en la sección de caracterización y no se realiza desconsolidación de la carga, solamente reorganización sin sacar los productos de su empaque original.

La Ilustración 52 muestra la bodega usada para el diseño de la operación.

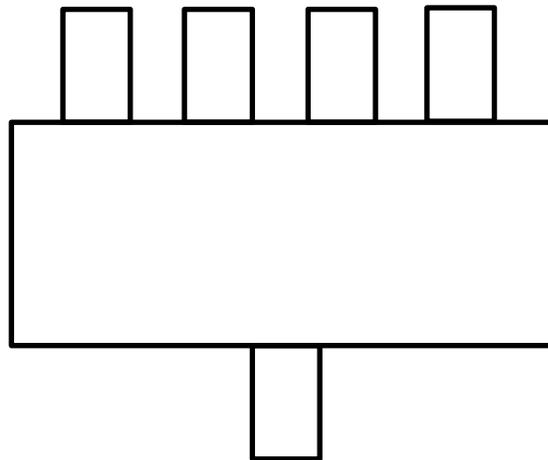


Ilustración 52. Bodega donde se realiza la operación cross-docking

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, en el diseño de la operación se asume que los operarios trabajan tanto en cargue como en descargue dependiendo de la disponibilidad de los mismos. Con la disposición obtenida, se observa que el tiempo de ciclo es de 3,53 horas por bulto procesado, este tiempo es adecuado para el tipo de productos al ser perecederos y requerir poca manipulación y rapidez en sus operaciones. Se elige la configuración de 12 operarios ya que el costo se incrementaría demasiado pasando a 13 sin tener un incremento significativo en la reducción del tiempo de ciclo.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

La operación cross-docking tiene un gran potencial para su aplicación en alimentos perecederos, debido a los amplios beneficios que representa para este tipo de productos, al reducir el tiempo transcurrido desde la producción hasta el consumo y disminuir la manipulación que produce pérdidas.

En la caracterización realizada, se pudo observar que la geografía del territorio es uno de los factores más relevantes que inciden en el tiempo total que transcurre desde la finca hasta el consumidor, ya que, además de existir vías en mal estado que reducen las velocidades de los vehículos y pueden causar daños en los alimentos, en algunos casos hay variaciones en los pisos térmicos, lo cual afecta la calidad.

Por otro lado, las metodologías usadas como referentes en el proceso de caracterización, como la Quick Scan, conllevaron a un correcto análisis de las cadenas de interés, permitiendo describir todos los procesos que se llevan a cabo y las actividades que realiza cada uno de los actores, por lo cual se concluye que es útil adaptar metodologías existentes al estudio de este tipo de cadenas.

Adicionalmente, la caracterización permitió tener un panorama amplio del estado de la actividad agrícola en el país, resaltando las grandes desigualdades que existen entre el campo y la ciudad y la falta de atención del Estado a esta situación, que pone en riesgo la seguridad alimentaria, ya que el agricultor en muchos casos produce a pérdidas, hecho que ha causado que los jóvenes de familias campesinas quieran irse del campo, generando escasez de mano de obra.

Se pudo notar que los cuatro productos perecederos estudiados tienen similitudes en su producción, ya que todos se suelen sembrar en cualquier época del año y duran entre 4 y 7 meses para generar la cosecha.

Debido a la naturaleza perecedera de los productos, para la operación propuesta, es útil definir los requerimientos que cada uno de ellos exige para su manipulación y comercialización, teniendo en cuenta lo que esto implica para una estrategia cross-docking.

Entre las características encontradas en la definición de requerimientos, se destaca el empaque de los cuatro productos, que es el mismo para todos: el bulto, adicionalmente, tres de ellos tienen una alta resistencia al daño mecánico y ninguno es sensible al etanol por lo que son aptos para almacenar y transportar juntos.

En la formulación de la metodología propuesta se hizo uso de la información primaria y secundaria recolectada, lo que permitió la creación de un algoritmo acorde a las necesidades de los productos, su contexto y características. Dicho algoritmo es una base para la toma de decisiones en el diseño de centros-cross dock, ya que provee información acerca de las variaciones de tiempos de ciclo, de acuerdo a parámetros establecidos.

Para llevar a cabo un proceso de formulación como el aquí planteado, se recomienda estudiar a detalle los requisitos de cada etapa, analizar los procesos, actividades y tareas que se deben tener en cuenta y cruzar esta información con las características de los productos.

La validación realizada a través de simulación con *Anylogic*®, permitió observar que dicha herramienta es de gran utilidad para analizar y evaluar una estrategia de este tipo, ya que a través de ella se logró concluir que los recursos de los que se disponga, afectan directamente el tiempo de ciclo de un producto dentro del cross-dock.

Una posibilidad para estas cadenas, haciendo uso del cross-dock es la de ubicar este centro cerca de puntos de consumo minoristas de la ciudad de Bogotá, para que así se

realizaran entregas directas a minoristas sin pasar por los intermediarios que normalmente esto requiere.

Para el diseño de la operación cross-docking, es necesario analizar detalladamente los requerimientos de los productos para así adaptar las características del mismo en la manipulación de dichos productos, especialmente en el caso de precederos.

5.2 Recomendaciones

Como recomendaciones para trabajos futuros, se sugiere ahondar en las repercusiones de una estrategia cross-docking para productos precederos en Colombia, teniendo en cuenta adicionalmente factores sociales.

Es posible continuar este trabajo por medio de la implementación de la estrategia al caso real, para lo cual se debe tener un mayor acercamiento con productores y actores interesados e indagar acerca de temas de colaboración entre la cadena para que este tipo de estrategias puedan llevarse a cabo.

Otro aspecto importante al que se le puede dar continuidad es al experimento realizado, pues para este caso únicamente se consideraron las variaciones del número de operarios, pero podrían llevarse a cabo simulaciones que tengan en consideración un mayor número de factores y niveles como lo puede ser la configuración de la instalación, el número de muelles a usar y variación en el tipo de productos.

6. Bibliografía

- Acosta, E. M., & Santamaria, Y. (1999). *Evaluación del cultivo de Habichuela (Phaseolus vulgaris L.) utilizando fuentes orgánicas (Gallinaza y Lombricomposto) como complemento de la fertilización química en el Municipio de Castilla la Nueva - Meta*. Villavicencio.
- Adarme-Jaimes, W. (2011). Desarrollo metodológico para la optimización de la cadena de suministro esbelta con m proveedores y n demandantes bajo condiciones de incertidumbre, caso aplicado a empresas navieras colombianas. *Doctorado thesis*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.
- Agrocadenas. (2005). *La industria procesadora de frutas y hortalizas en Colombia*. Bogotá.
- Agronet. (2018). *Estadísticas de Agronet*. Obtenido de <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx>
- Agronet. (2018). *Evaluaciones Agropecuarias Municipales - Cebolla de Bulbo*. Obtenido de <http://www.agronet.gov.co/Documents/Cebolla%20de%20Bulbo.pdf>
- Agustina, D., Lee, C. K., & Piplani, R. (2010). A review: mathematical models for cross docking planning. *International Journal of Engineering Business Management*, 47-54.
- Alvarez-Pérez, G., González-Velarde, J., & J.W., F. (2009). Crossdocking—Just in Time scheduling: an alternative solution approach. *Journal of the Operational Research Society*, 554-564.
- Apte, U. M., & Viswanathan, S. (2000). Effective Cross Docking for Improving Distribution Efficiencies. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 291-302.
- Asohofrucol. (2006). *Curado y almacenamiento de cebolla de bulbo*. Bogotá: Litolaser Editorial.
- Asohofrucol. (2006). *Curado y almacenamiento de cebolla de bulbo*. Bogotá: Litolaser Editorial.

- Asohofrucol. (2015). *Cebolla de bulbo. Morfología*. Obtenido de ASOHOFrucOL:
http://www.asohofrucol.com.co/hortaliza_detalle.php?id=114
- Asohofrucol. (2016). *Habichuela*. Obtenido de
http://www.asohofrucol.com.co/hortaliza_detalle.php?id=127
- Ballesteros Gómez, C. (2017). Estrategia para la reducción de pérdidas de productos perecederos en el proceso de distribución. Caso de estudio plátano en la región de Cundinamarca. Bogotá, Colombia.
- Ballou, R. H. (2004). *Logística y administración de la cadena de suministro*. Pearson.
- Bartholdi, J. I., & Gue, K. (2000). Reducing labor costs in an LTL crossdocking terminal. *Operation*, 823-832.
- Bartholdi, J. J., & Gue, K. R. (2003). The Best Shape for a Crossdock. *Transportation Science*, 235-244.
- Bartholdi, J. J., & Hackman, S. T. (2014). *Warehouse and distribution science*.
- Boehme, T., Ma, Y. (., Childerhouse, P., Corner, J., Seuring, S., Basnet, C., & Deakins, E. (s.f.). The application of the Quick Scan Audit Methodology in SME's. *University of Waikato*.
- Caceres, E. (1981). *Produccion de hortalizas*. San Jose-Costa Rica: I.I.C.A.
- Camara de Comercio de Bogotá. (2015). *Manual Zanahoria*. Bogotá: Nucleo ambiental Sans.
- Castillo-Castillo, S. P. (2016). Estrategias para la colaboración de actores en cadenas de suministro agroalimentarias: Caso Cundinamarca y Bogotá región. Bogotá, Colombia.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2007). *Supply Chain Management*. New Yersey: Pearson Prentice Hall.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2008). *Administración de la cadena de suministro. Estrategia, planeación y operación*. Pearson.
- COF. (2010). La zanahoria, alimento para la vista. Córdoba: Vocalía de Alimentación.
- Corabastos. (2014). Calendario agrológico de cosechas y procedencias.
- Creswell, J. W. (2013). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE Publications, Inc.
- CSCMP. (2013). *Supply chain management: Terms and Glossary*.

- DANE. (2014). *Censo Nacional Agropecuario*. Obtenido de Área Cosechada y Producción: <http://formularios.dane.gov.co/sicna/start#>
- Dondo, R., & Cerdá, J. (2013). A sweep-heuristic based formulation for the vehicle routing problem with cross-docking. *Computers and Chemical Engineering*, 293-311.
- Dondo, R., & Cerdá, J. (2014). A monolithic approach to vehicle routing and operations scheduling of a cross-dock system with multiple dock doors. *Computers and Chemical Engineering*, 184-205.
- Dondo, R., & Cerdá, J. (2015). The heterogeneous vehicle routing and truck scheduling problem in a multi-door cross-dock system. *Computers and Chemical Engineering*, 42-62.
- Dondo, R., Méndez, C., & Cerdá, J. (2011). The multi-echelon vehicle routing problem with cross docking in supply chain management. *Computers and Chemical Engineering*, 3002-3024.
- Fenalce. (2016). *Características de la arveja*. Obtenido de <http://www.fenalce.org/alfa/p.php?p=47>
- Gelareh, S., Monemi, R., Semet, F., & Goncalves, G. (2016). A branch and- cut algorithm for the truck dock assignment problem with operational time constraints. *European Journal of Operational Research*, 1144-1152.
- Gold, S., Seuring, S., & Beske, P. (2010). Sustainable supply chain management and inter-organizational resources: a literature review. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*.
- González-La Rotta, E., & Becerra-Fernández, M. (2017). Plataformas de intercambio con ruteo de vehículos. Una revisión del estado del arte. *Dyna*, 271-280.
- Grupo SEPRO. (2017). *Informe ejecutivo. Diagnóstico del estado tecnológico y evaluación tecnológica y de procesos en el sistema de operación logística y distribución en Cundinamarca*. Bogotá.
- Gue, K. (1999). The effects of trailer scheduling on the layout of freight terminals. *Transportation Science*, 419-428.
- Halldórsson, Á., Kotzab, H., & Skjøtt-Larsen, T. (2009). Supply chain management on the crossroad to sustainability: a blessing or a curse? *Logistics Research*, 83-94.
- Hanchuan, P., Ruifang, W., Hao, D., & Feng, Z. (2013). The Research of logistics cost and influencing factors based on cross docking. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 1812-1817.

- Hasani-Goodarzi, A., & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2010). Capacitated vehicle routing problem for multi-product cross-docking with split deliveries and pickups. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 1360-1365.
- Hermel, D., Hasheminia, H., Adler, N., & Fry, M. (2016). A solution framework for the multi-mode resource-constrained cross-dock scheduling problem. *Omega*, 157-170.
- Horta, M., Coelho, F., & Relvas, S. (2016). Layout design modelling for a real world just-in-time warehouse. *Computers and Industrial Engineering*, 1-9.
- Iakovou, E., Bochtis, D., Vlachos, D., & Aidonis, D. (2016). *Supply Chain Management for Sustainable Food Networks*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Iakovou, E., Vlachos, D., Achillas, C., & Anastasiadis, F. (2012). A Methodological Framework for the Design of Green Supply Chains for the Agrifood Sector. *2nd International Conference on Supply Chains*.
- IIRSA. (s.f.). *Cosiplan*. Obtenido de Integración Productiva y Logística (IPrLg): <http://www.iirsa.org/Page/Detail?menuItemId=74>
- Kinney, E. (1997). Is there any magic in cross-docking? *Supply Chain Management: An International Journal*, 49-52.
- Ko, C., Lee, H., Choi, E., & Kim, T. (2008). A genetic algorithm approach to dock door assignment in automated cross-docking terminal with restricted layout. *The 2008 International Conference on Genetic and Evolutionary Methods*, 186-195.
- Lambert, D. M., García-Dastugue, S. J., & Croxton, K. L. (2005). An evaluation of process-oriented supply chain management frameworks. *Journal of Business Logistics*.
- Larbi, R., Alpan, G., Baptiste, P., & Penz, B. (2007). Scheduling of Transshipment Operations in a Single Strip and Stack Doors Crossdock. *19th International Conference on Production Research ICPR*.
- Larbi, R., Alpan, G., P., B., & Penz, B. (2011). Scheduling cross docking operations under full, partial and no information on inbound arrivals. *Computers and Operations Research*, 889-900.
- Lee, Y. H., Jung, J. W., & Lee, K. M. (2006). Vehicle routing scheduling for cross-docking in the supply chain. *Computers & Industrial Engineering*, 247-256.

- Ley, S., & Elfayoumy, S. (2007). Cross Dock Scheduling Using Genetic Algorithms . *The 2007 IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation*.
- Li, Y., Lim, A., & Rodrigues, B. (2004). Crossdocking—JIT Scheduling with Time Windows. *Journal of the Operational Research Society*, 1342-1351.
- Li, Z., Low, M., & Lim, R. (2009). Optimal decision-making on product allocation for crossdocking and warehousing operations. *International Journal of Services Operations and Informatics*, 352-365.
- Li, Z., Sim, C., Low, M., & Lim, Y. (2008). Optimal product allocation for crossdocking and warehousing operations in FMCG supply chain. *IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics (SOLI)*, 2963-2968.
- Lim, A., Ma, H., & Miao, Z. (2006). Truck Dock Assignment Problem with Time Windows capacity. *Constraint in Transshipment Network Through Crossdocks. Lecture Notes in Computer Science*, 688-697.
- Lim, A., Miao, Z., Rodrigues, B., & Xu, Z. (2005). Transshipment through Crossdocks with Inventory and Time Windows. *Naval Research Logistics*, 724-733.
- Marsden, T., Banks, J., & Bristow, G. (2000). Food supply chain approaches: Exploring their role in rural development. *Sociol. Ruralis*, 424-438.
- McWilliams, D., Stanfield, P., & Geiger, C. (2005). The parcel hub scheduling problem : A simulation – based solution approach. *Computers & Industrial Engineering*, 393-412.
- MHIA. (2011). *Glossary of the Material Handling Industry of America*. Recuperado el 2018, de <http://www.mhia.org/learning/glossary>
- Miao, Z., Lim, A., & Ma, H. (2009). Truck door assignment problem with operational time constraint within crossdocks. *European Journal of Operational Research*, 105-115.
- MinAgricultura. (2014). *Anuario Estadístico del Sector Agropecuario*. Bogota.
- MinAgricultura. (2017). *AgroNet*. Obtenido de <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural MADR. (2002). *El cultivo de cebolla cabezona blanca*. Barranquilla: Proyecto PRONATA.
- Moghadam, S., Ghomi, S., & Karimi, B. (2014). Vehicle routing scheduling problem with cross docking and split deliveries. *Computers and Chemical Engineering*, 98-107.

- Mohtashami, A., Tavana, M., Santos-Arteaga, F., & Fallahian-Najafabadi, A. (2015). A novel multi-objective meta-heuristic model for solving cross-docking scheduling problems. *Applied Soft Computing Journal*, 30-47.
- Montgomery, D. C. (2004). *Diseño y análisis de experimentos*. Arizona: Limusa Wiley.
- Oh, Y., Hwang, H., Cha, C., & Lee, S. (2006). A dock-door assignment problem for the Korean mail distribution center. *Computers & Industrial Engineering*, 288-296.
- Orjuela Castro, J. A. (2018). Incidencia del diseño de la cadena de suministro alimentaria en el equilibrio de flujos logísticos. *PhD thesis*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Orjuela Castro, J. A., Caderón, M. E., & Buitrago, S. (2006). *La cadena agroindustrial de frutas*. Bogotá: Fondo Editorial, Universidad Distrital Francisco José de Caldas,.
- Patiño O., W. J., Valderrama G., J. A., & Ñustez L., C. E. (1997). Evaluación de nueve variedades de arveja (*Pisum sativum* L.) para uso industrial, en la región de suba, Santafé de Bogotá. *Agronomía Colombiana*, 108-118.
- Project Management Institute. (2008). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) (Fourth Edition)*. Retrieved from www.PMI.org/Marketplace.
- Richards, G. (2011). *Warehouse management : a complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse*. Londres: Kogan Page.
- Salin, V. (1998). Information technology in agri-food supply chains. *Int. Food Agribus. Manag.*, 329–334.
- Santos, F., Mateus, G., & da Cunha, A. (2011). A novel column generation algorithm for the vehicle routing problem with cross-docking. *Network Optimization*, 412-425.
- Schaffer, B. (1997). Implementing a successful crossdocking operation. *IIE Solutions*.
- Shi, W., Liu, Z., Shang, J., & Cui, Y. (2013). Multi-criteria robust design of a JIT-based cross-docking distribution center for an auto parts supply chain. *European Journal of Operational Research*, 695-706.
- Song, K., & Chen, F. (2007). Scheduling Cross Docking Logistics Optimization problem with Multiple Inbound Vehicles and One Outbound Vehicle. *Proceeding of the IEEE International Conference and Automation and Logistics*.
- SQM. (s.f.). SQM. Obtenido de SQM: <http://sqm-spn.com/en-us/productos/nutricionvegetaldeespecialidad/cultivos/cebolla.aspx#tabs-2>

- Supply Chain Council Inc. (1999). Supply-Chain Operations Reference-Model: Overview of SCOR Version 3.0. Pittsburgh, PA.
- Tradecorp. (s.f.). *Tradecorp*. Obtenido de Tradecorp:
http://www.tradecorp.com.mx/tradecorp/imagenes/plan_nutricion/p_zanahoria.jpg
- Tsolakis, N. K., Keramydas, C. A., Toka, A. K., Aidonis, D. A., & Iakovoua, E. T. (2014). Agrifood supply chain management: A comprehensive hierarchical decision-making framework and a critical taxonomy. *Biosystems engineering*, 47-64.
- Tsui, L., & Chang, C. (1990). A Microcomputer based decision support tool for assigning dock doors in freight yards. *Computer & Industrial Engineering*, 309-312.
- Van Belle, J., Valckenaers, P., & Cattrysse, D. (2012). Cross-docking: State of the art. *Omega*, 827–846.
- Van Der Vorst, J. a., Da Silva, C. A., & Trienekens, J. H. (2007). Agro-industrial supply chain management: concepts and applications. *Agriculture Management, Marketing and Finance*.
- Van der Vorst, J. G. (2000). Effective food supply chains: Generating, modelling and evaluating supply chain scenarios. *PhD thesis, Wageningen University*. Wageningen.
- Vasiljevic, D., Stepanovic, M., & Manojlovic, O. (2013). Cross docking implementation in distribution of food products. *Econ. Agric.*, 91-101.
- Velásquez Rodríguez, O. F., Moreno Mantilla, C. E., Bula, G. A., & Vega Vega, D. A. (2 de Agosto de 2018). Modelo basado en agentes para el análisis de trade-offs entre objetivos económicos y ambientales en logística de reversa: El caso de la gestión post-consumo de los refrigeradores en Colombia. *Ponencia*. Bogotá, Colombia: Congreso Internacional Industria y Organizaciones CIIO 2018, Universidad Nacional de Colombia.
- Villareal, F. (2006). Determinación del efecto en la productividad de cinco dosis del bioestimulante “Florone” en tres variedades de arveja (*Pisum sativum*) aplicado en dos épocas. *Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo*. San José-Carchi, Ecuador: Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias.
- Vis, I., & Roodbergen, K. (2008). Positioning of goods in a cross-docking environment. *Computers & Industrial Engineering*, 677-689.
- Vis, I., & Roodbergen, K. (2011). Layout and control policies for cross docking operations. *Computers and Industrial Engineering*, 911-919.

- Vitasek, K. (2013). Supply chain management: Terms and Glossary. *Healthcare Informatics : The Business Magazine for Information and Communication Systems*, 58-60.
- Wen, M., Larsen, J., Clausen, J., Cordeau, J., & Laporte, G. (2009). Vehicle routing with cross-docking. *Journal of the Operational Research Society*, 1708-1718.
- White, S. A. (2004). Introduction to BPMN. *BPT Trends*.
- Witt, C. (1998). Crossdocking: concepts demand choice. *Materia Handling Engineering*.
- Yan, H., & Tang, S. (2009). Pre-distribution and post-distribution cross-docking operations. *Transportation Research PartE: Logistics and Transportation Review*, 843-859.
- Yanchang, L., & Min, D. (2009). Discussion of Cross Docking Design in Modern Logistics Systems. *2009 WRI World Congress on Computer Science and Information Engineering*.
- Yu, V., Jewpanya, P., & Redi. (2016). Open vehicle routing problem with cross-docking. *Computers and Industrial Engineering*, 6-17.
- Yu, V., Jewpanya, P., & Redi, A. (2014). *A simulated annealing heuristic for the vehicle routing problem with cross-docking, logistics operations, Supply Chain Management and Sustainability*. New York: Springer.
- Yu, W., & Egbelu, P. (2008). Scheduling of inbound and outbound trucks in crossdocking systems with temporary storage. *European Journal of Operational Research*, 377-396.