



Caracterización de la cadena de valor y abastecimiento de hortalizas en Colombia

Nacim Yanine Acero-Acero¹

Enlace ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8269-2481>

Rafael Guillermo García-Cáceres²

Enlace ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0902-1038>

Fecha de Recepción: 27 de abril, 2024

Fecha de Aprobación: 10 de agosto, 2024

Resumen

La cadena de suministro (CS) es un aspecto fundamental para la gestión y eficiencia operativa en todas las etapas de la producción agrícola. La adecuada caracterización de la CS garantiza la integración coordinada de cada eslabón del proceso. El objetivo de esta investigación fue caracterizar la cadena de suministro de hortalizas en el departamento de Boyacá-Colombia. Por medio de una revisión bibliográfica y siguiendo la metodología descrita por García (2006), se identificó el estado actual de la CS, principales eslabones, funcionamiento, problemáticas, así como su potencialidad productiva y de innovación. Los resultados mostraron que la producción de hortalizas ha experimentado un crecimiento considerable en los últimos años, siendo los productos como cebolla, zanahoria y tomate los de mayor producción a nivel regional. La producción de estas hortalizas muestra bajo grado de tecnificación; sin embargo, la logística de transporte, el almacenamiento y manipulación son las operaciones de mayor impacto en la calidad de los productos hortícolas y en la generación de desperdicios. Por tanto, se sugiere la adopción de buenas prácticas agrícolas y mecanismos de conservación en frío, como oportunidades potenciales para el crecimiento del sector hortícola del país.

Palabras Claves. Cadena de suministro, caracterización, producción, cadena de suministro agroalimentaria.

^[1] Maestría en Ingeniería. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sogamoso, Colombia. Contacto: nacim.acero@uptc.edu.co

^[2] Profesor Titular. Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sogamoso, Colombia. Contacto: rafael.garcia01@uptc.edu.co

CHARACTERIZATION OF THE VALUE CHAIN AND SUPPLY OF VEGETABLES IN COLOMBIA

Abstract:

The supply chain (SC) is a key aspect of the management and operational efficiency at all stages of agricultural production. Proper characterization of the SC ensures the coordinated integration of every chain link. This research characterizes the vegetable supply chain in the department of Boyacá, Colombia. Through a literature review and following the methodology described by García (2006), the current state of the SC, main links, functioning, challenges, and production and innovation potential were identified. The results indicated that vegetable production has grown considerably in recent years, with onions, carrots, and tomatoes being the main crops at the regional level. The production of these vegetables shows a low degree of mechanization; however, transportation logistics, storage, and handling are the operations with the most significant impact on product quality and waste generation. Therefore, the adoption of good agricultural practices and cold storage mechanisms are suggested as potential opportunities for the growth of the country's horticultural sector.

Keywords. Supply chain, characterization, production, agri-food supply chain.

CARACTERIZAÇÃO DA CADEIA DE VALOR E ABASTECIMENTO DE HORTALIÇAS NA COLÔMBIA

Resumo:

A cadeia de suprimento (CS) é um aspecto fundamental para a gestão e eficiência operacional em todas as etapas da produção agrícola. A adequada caracterização da CS garante a integração coordenada de cada elo do processo. O objetivo desta pesquisa foi caracterizar a cadeia de suprimento de hortaliças no departamento de Boyacá, na Colômbia. Por meio de uma revisão bibliográfica e seguindo a metodologia descrita por García (2006), foram identificados o estado atual da CS, os principais elos, o funcionamento, as problemáticas, bem como seu potencial produtivo e de inovação. Os resultados mostraram que a produção de hortaliças tem experimentado um crescimento considerável nos últimos anos, com produtos como cebola, cenoura e tomate sendo os de maior produção a nível regional. A produção dessas hortaliças apresenta um baixo grau de tecnificação; no entanto, a logística de transporte, o armazenamento e a manipulação são as operações que mais impactam a qualidade dos produtos hortícolas e geram desperdícios. Portanto, sugere-se a adoção de boas práticas agrícolas e mecanismos de conservação a frio como oportunidades potenciais para o crescimento do setor hortícola no país.

Palabras chave. Cadeia de suprimento; caracterização; produção; cadeia de suprimento agroalimentar.

1. INTRODUCCIÓN :

La cadena de suministro (CS) está formada por todos los agentes involucrados de manera directa o indirecta en la satisfacción del cliente final, esta incluye fabricantes, proveedores, transportadores, almacenistas, vendedores al detalle (o menudeo) y otros actores relacionados como entes Estatales, gremiales, sociedades científicas y académicas, comunidades, ONGs e incluso a los mismos clientes (Chopra & Meindl, 2008).

La caracterización de la CS es una fase descriptiva con fines de identificación de los componentes, acontecimientos (cronología e hitos), actores, procesos y contexto de una experiencia, un hecho o un proceso (Sánchez-Upegui, 2011). La caracterización es el resultado de identificar los miembros claves de la CS, los procesos que estos vinculan y el tipo/nivel de integración, organización entre los agentes, que posee (Bermeo, 2012). Por tanto, la caracterización de la cadena de suministro facilita la integración y coordinación entre los diferentes actores que participan, siendo esencial para optimizar los procesos productivos, asegurar la calidad y mejorar la satisfacción del cliente.

La Gestión de la CS de suministro (GCS) debe garantizar el manejo adecuado en los procesos de aprovisionamiento, almacenamiento, flujo y distribución (Meléndez, 2003). Es así como, la planeación estratégica se convierte en una herramienta con enfoque de decisión a largo plazo en la CS, especialmente en sectores con procesos productivos sensibles a condiciones ambientales y sujetos a fluctuaciones estacionales, como es el caso de la horticultura (Pérez & Gonzales, 2014; Martínez & Rivera, 2018).

La horticultura está definida como el arte y la ciencia que promueve el cultivo de productos hortícolas, tales como frutos, vegetales, hierbas y plantas ornamentales y frutales (Leguizamón, 2018). La horticultura es una actividad económica que busca maximizar la rentabilidad de los productos hortícolas en un contexto de sostenibilidad (Borrego; 1993).

En Colombia, el sector hortícola es vital para la economía, tanto por su contribución al desarrollo rural como por su participación en la seguridad alimentaria y generación de empleo. Anualmente, la cadena de producción de hortalizas en el ámbito nacional genera cerca de 350 mil empleos, de los cuales 117 mil son directos y unos 233 mil son indirectos (Minagricultura, 2021). Estas cifras resaltan la importancia de continuar expandiendo el sector hortícola y potenciar su contribución en la economía.

En este sentido, la caracterización de la CS facilita la optimización de cada etapa del proceso hortícola, al identificar las actividades y elementos que garantizan una adecuada producción, calidad y distribución de hortalizas. De acuerdo con Rincón y Guerrero (2024), este tipo de análisis es esencial para que los productores de hortalizas puedan detectar los puntos críticos en sus procesos productivos y comerciales, de esta forma es posible desarrollar e implementar medidas correctivas y preventivas para el fortalecimiento y sostenibilidad de los procesos de producción.

No obstante, de acuerdo con Aguirre et al. (2012), se observa en la literatura científica una escasez de estudios enfocados en la caracterización de la CS hortícola, siendo más comunes estudios gremiales y gubernamentales.

Luego, este trabajo se centra en la caracterización de la CS hortícola, con un énfasis particular en el departamento de Boyacá. El artículo desarrolla la literatura sobre la CS proporcionando información detallada sobre las etapas de la misma. Por lo cual, se realizó una evaluación del estado actual, el funcionamiento, los métodos de producción y los actores involucrados en la CS. El objetivo fue identificar cuáles son los principales desafíos, problemas y oportunidades en la producción hortícola de Boyacá.

Se espera que los resultados contribuyan al fortalecimiento de la cadena de suministro mediante el establecimiento de estrategias y acciones que potencialicen el mercado hortícola en el país.

2. MARCO TEÓRICO

La revisión de antecedentes muestra pocos trabajos que hayan tratado específicamente la caracterización del sector hortícola, estos trabajos se detallan a continuación.

En cuanto al contexto internacional, la agencia de los Estados Unidos para el desarrollo internacional (USAID) junto con el Estado de Paraguay financiaron un estudio sobre la CS de valor (CV) para el sector hortofrutícola, que tuvo como objetivo general identificar los principales problemas que afectan la rentabilidad y competitividad de la CV de las hortalizas y frutas del departamento de Concepción (Fretes y Martínez, 2011).

En el estado de Veracruz – México se desarrolló un contexto y caracterización de la CS del Limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka), la metodología utilizada en la caracterización se centró en definir los componentes de la CS, recopilar información secundaria, análisis de información y entrevistas y definió las variables y factores relevantes de la CS. El estudio permitió identificar las problemáticas de abastecimiento, operación y distribución en la CS del limón y dejó un precedente para aumentar la investigación en la producción de huertos, con el propósito de minimizar los costos y la mano de obra (Fernández et al., 2015).

En Sudáfrica, en la provincia de Limpopo, se desarrolló un análisis de CV de las hortalizas de hoja africana, se identificaron los agentes prominentes de la CS, las dotaciones de infraestructura, los factores clave y los desafíos que afectan el éxito o el fracaso de las CVs de las hortalizas de hoja africana. La metodología utilizada se basa en el método de bola de nieve de (Goodman, 1961) para recopilar los datos y la información necesaria de la CV de hortalizas en la provincia (Senyolo et al, 2018).

Barrón et al., (2015) presenta un análisis de producción y comercialización del sector hortícola en México, el cual recopiló información de los agentes que intervienen en la CV y CS de las hortalizas en el Estado

de Puebla. El autor asevera que el rediseño de esta CS podría optimizar la distribución y accesibilidad de los alimentos, disminuir mermas con el respectivo incremento de su competitividad, niveles de ingreso y seguridad alimentaria (Barrón et al., 2015).

En el contexto doméstico, se registran los siguientes trabajos.

Managa et al. (2018) muestra el impacto del transporte, el almacenamiento y las condiciones de la plataforma de venta al por menor en la CS de productos frescos urbanos en Colombia, específicamente, en lo que atañe a la calidad de la lechuga y las pérdidas de fitonutrientes.

Entre 2009 y 2011 la Superintendencia de Industria y Comercio de Colombia realizó un estudio a nivel nacional del sector hortícola y frutícola, que permitió determinar las características de las hortalizas, la comercialización doméstica, el comportamiento del comercio exterior de hortalizas, los niveles de importación y exportación, entre otros asuntos. Se encontró que la CS se estructura en una serie de eslabones que incluyen a los cultivadores, intermediarios, distribuidores mayoristas, comerciantes minoristas y consumidores (Delegatura de Protección de la Competencia, 2011).

El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2014) de Colombia entregó un informe que describe al sector hortícola del país, dando a conocer estadísticas del sector hortícola, referentes sostenibles, zonas de producción, mercado nacional, mercado internacional y los apoyos gubernamentales requeridos en la CS hortícola. El informe concluye sobre la necesidad de garantizar la calidad e inocuidad de los vegetales con estándares internacionales, asistencia técnica especializada, campaña de marketing, imagen de país, campañas de consumo, utilización de materiales vegetales certificados por los mercados internacionales y sistemas de trazabilidad soportada en estadísticas productivas.

La Superintendencia de Industria y Comercio y la Delegatura de Protección de la Competencia en 2011

desarrollaron un estudio de mercado de la CS productiva de las hortalizas en Colombia, el diagnóstico analizó los eslabones de cultivadores, intermediarios, distribuidores mayoristas, comercializadores minoristas y consumidores y concluyó que a medida que se asciende en la CS se incrementa el nivel de concentración de los agentes que negocian con las hortalizas, haciendo que se presenten restricciones a la competencia por el lado de la demanda (Delegatura de Protección de la Competencia, 2011).

El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural dieron a conocer las BPM'S (Buenas prácticas de manufactura), que son un conjunto de metodologías y procedimientos, para orientar a los campesinos y trabajadores del área agrícola, donde se definen responsabilidades, información y situaciones que inciden en la calidad del producto desde la cosecha hasta el consumidor. El documento consta de 10 puntos: buenas prácticas agrícolas, frutas y hortalizas, peligros, áreas e instalaciones, calidad y manejo del agua, manejo integrado del cultivo, manejo integrado de plagas, bienestar de los trabajadores, protección ambiental y registro y trazabilidad (Instituto Colombiano Agropecuario - ICA, 2009).

Reina y Adarme (2014) elaboran una caracterización de la CS y un diagnóstico de la operación logística para los productores de los municipios de Fuente de Oro y Viotá, que incluye aspectos como: costos monetarios de la operación logística de distribución y además se establecen las relaciones entre calidad de los alimentos y operación logística. El estudio se soporta en el modelo SCOR (Supply Chain Operations Reference), el cual está diseñado para permitir que las empresas comuniquen, comparen y desarrollen prácticas nuevas o mejoradas de la CS, involucrando todas las interacciones del mercado, desde la comprensión de la demanda agregada hasta el cumplimiento de cada pedido (Stewart, 1997).

En el sector hortícola se resalta el trabajo desarrollado por Aguirre et al. (2012), quienes caracterizaron el

sistema productivo de tubérculos andinos en la provincia Sugamuxi. Los autores describen las características físico-bióticas de la región, el área de cultivo, los procesos de siembra y cosecha, así como los actores involucrados en las operaciones mercantiles. El estudio concluye que en la región prevalece la producción manual o artesanal, con un nivel tecnológico bajo.

Según Montaña (2016), la producción hortícola en esta área se realiza a pequeña escala y se enmarca dentro de una economía campesina. El autor destaca que la demanda de productos hortícolas supera la oferta disponible, lo que convierte la producción de hortalizas en una oportunidad potencial para los agricultores locales.

Se cuentan con una buena cantidad de trabajos que describen o caracterizan CS agroindustriales siguiendo la metodología que usa este trabajo. Dentro de los trabajos de caracterización de CSs agroindustriales en Colombia se incluyen: CS del café (García-Cáceres y Olaya-Escobar 2006), de la palma de aceite (García-Cáceres et al. 2013), del cacao (García-Cáceres et al. 2014), del pimentón (Rodríguez, 2019), de lácteos (Salamanca et al., 2023). Para el caso del departamento de Boyacá, el trabajo de caracterización de la ruta de carne de (Martínez & Rivera, 2018), describe los eslabones, actores y procesos propios de objeto del trabajo. En estos trabajos se da a conocer cómo es la interacción y el funcionamiento de cada uno de los eslabones presentes en la CS, a nivel mundial y a nivel nacional, y da contexto para establecer sus políticas, estrategias, tácticas y posibilidades operativas.

El resultado de la revisión muestra un número limitado de metodologías especializadas para caracterizar estratégicamente la CS hortícola, limitándose a la metodología de García et al, desarrollada desde 2006, la cual será usada en este trabajo y descrita a continuación.

3. METODOLOGÍA

Esta investigación sigue la metodología de García et al. (2006), la cual es fundamentada en los métodos de análisis de funciones básicas de Stone et al. (2001). La metodología considera cada eslabón de la cadena como una unidad de transformación que cumple una función particular y está vinculado con otros eslabones a través de flujos de productos o servicios, información y recursos (García, 2026). Bajo esta perspectiva, se evalúan de forma integral los procesos involucrados en la CS, facilitando la identificación de las dinámicas operativas e interacciones entre los distintos actores de la cadena.

4. RESULTADOS

3.1. CARACTERIZACIÓN DE LA CADENA DEL SECTOR HORTÍCOLA

3.1.1. Información de contexto local y global de CS en el sector hortícola.

Las hortalizas constituyen una parte esencial de la dieta por ser la fuente principal de vitaminas y minerales y contener bajos niveles de calorías; sus nutrientes son primordiales para la salud humana y animal. Según datos tomados de la FAOSTAT, China es el mayor productor de hortalizas a nivel mundial, con una producción anual de más de 600 millones de toneladas (t); seguida de India, Estados Unidos y Turquía. En Sur América el mayor productor de hortalizas es México con aproximadamente 15.6 millones de t. Colombia se ubica en el puesto 43 a nivel mundial con una producción de 2.5 millones de t. La Tabla 1 presenta los principales productores de hortalizas y el área cosechada para 2022.

Tabla 1. Principales productores hortícolas a nivel mundial.

No.	País	Producción 2022 (t)	Área cosechada 2022 (t)
1	China	618.556.381,51	23.550.220
2	India	145.120.452,55	9.292.831
3	Estados Unidos	27.126.302,08	786.569
4	Turquía	26.607.296,00	647.099
5	Vietnam	17.836.323,91	1.035.590

6	Nigeria	16.094.451,52	4.324.947
7	Egipto	15.820.105,38	612.198
8	México	15.579.745,25	712.252
43	Colombia	2.521.108,11	112.917

Fuente: Autores, datos tomados de FAO, 2022

La Tabla 2 presenta las cifras correspondientes a las exportaciones e importaciones de hortalizas, registradas por los principales países exportadores en 2022. Los mayores exportadores fueron China y Tailandia, superando los 8 millones de t. En el continente americano se destaca México y Estados Unidos. Por su parte, los países que más importan hortalizas son Estados Unidos, China y Francia, y en América Latina, México. En lo que atañe a Colombia, el país exportó 5.834 t de hortalizas e importó 67.308 t en 2017, lo que evidencia un significativo desbalance comercial negativo.

Tabla 2. Principales importadores y exportadores Hortícolas 2022.

País	Exportaciones (t)	Importaciones (t)
China	15.825.328,09	2.102.306,80
México	12.900.175,54	617.947,78
España	10.905.444,98	2.333.934,88
Países Bajos	9.920.309,86	4.714.578,89
Italia	5.479.115,93	2.635.409,31
EUA	5.092.362,34	20.840.366,13
Bélgica	3.407.326,52	2.388.624,81
Canadá	2.683.917,51	4.358.930,73
Francia	2.601.304,66	5.539.881,71
Turquía	2.240.183,31	172.561,91

Fuente: Autores, datos tomados de FAO, 2022

La Tabla 3 detalla la producción mundial de hortalizas en 2022. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), pertenecen al grupo de hortalizas primarias los productos hortícolas frescos que se cultivan casi exclusivamente para fines alimentarios, la definición incluye: chiles, pimientos, guisantes y maíz cuando se cosechan en verde. No obstante, en esta categoría se excluyen las semillas y los vegetales empleados como alimento animal. Por otro lado, las hortalizas denominadas frescas n.c.p., son aquellas que pueden ser preparadas o conservadas de modos diferentes: en

vinagre, aceite y congelamiento. Este grupo incluye: brotes de bambú, remolacha, alcaparras, cardo, apio, perifollo, berro de jardín, hinojo, rábano, perejil, rábano, entre otros.

Tabla 3. Oferta y producción hortícola a nivel mundial, 2022.

No.	Producto Hortícola	Cantidad
1	Hortalizas frescas n.c.p.	297.995.824,96
2	Tomates, frescos	186.107.972,50
3	Pepinos, pepinillos	94.718.396,55
4	Repollos	72.603.754,67
5	Berenjenas	59.312.599,76
6	Hongos y trufas	48.335.996,08
7	Zanahorias y nabos	42.233.349,85
8	Ajés y pimientos, verdes	36.972.494,42
9	Espinacas	33.116.288,11
10	Ajo verde	29.149.437,66
11	Lechuga y achicoria	27.149.446,41
12	Coliflor y brécol	26.058.228,25
13	Otras judías, verdes	23.340.915,70
14	Calabazas, zapayo, calabaza confitera	22.806.320,50
15	Guisantes, verdes	20.945.188,58
16	Gombo	11.232.656,48
17	Maíz verde (maíz)	9.868.461,38
18	Espárragos	8.824.150,02
19	Cebollas, chalotes, verdes	4.970.614,74
20	Puerros y otras hortalizas aliáceas	2.109.066,16
21	Habas y haba caballar, verdes	1.642.153,15
22	Alcachofas	1.584.513,73
23	Judías verdes con hilo	1.375.583,93
Total general		1.173.069.683

Fuente: Autores, datos tomados de FAO, 2022

El grupo de hortalizas frescas n.c.p. seguido de tomates, pepinos y pepinillos, representan más del 50% de producción total de hortalizas en el mundo. Para el caso de Colombia, en 2022, la producción de hortalizas estuvo representada mayoritariamente por la producción de tomates con 875.436 t, cebolla con 635.583 t, zanahorias y nabos con 291.278t y hortalizas n.c.p. con 180.486t. Los resultados muestran que el mercado nacional está dominado

predominantemente por las hortalizas primarias destinadas a abastecer la demanda interna de alimentos frescos.

3.1.2. Contexto nacional y departamental.

En Colombia en 2022, el área total cosechada para hortalizas fue de 112.917 ha, con un rendimiento de 22.33t/ha, manteniendo una productividad 3.5% más alta respecto al año 2021. Dentro de las hortalizas primarias, la mayor participación correspondió a las hortalizas de frutos, seguida de las hortalizas de hoja. Los cultivos con mayor producción fueron el tomate y la cebolla con 34,72% y 25,21%, respectivamente (FAO, 2022).

La Tabla 4 muestra la producción por grupo de cultivos agrícolas en t. La mayor producción agrícola se destina al sector agroindustrial, que registra un 58,7%, el resto se enfoca en satisfacer al usuario final. El 4,2% del total corresponde a la producción de hortalizas primarias.

Tabla 4. Producción Nacional por grupo de cultivos en 2022.

Cultivo	Producción (t)
Agroindustriales	35.070.832
Frutas Primarias	11.636.846
Cereales primarios	4.570.106
Raíces y tubérculos	4.053.117
Hortalizas	2.521.108
Cítricos	1.840.881
Nueces (toda clase)	15.412

Fuente: Autores, datos tomados de FAO, 2022

Según datos proporcionados por el Ministerio de Agricultura (AGRONET) en 2021, los departamentos de Boyacá, Antioquia, Cundinamarca y Nariño representaron el 70% de la producción total de *commodities* hortícolas en Colombia. En 2021, Boyacá se ubicó como el segundo mayor productor de hortalizas en Colombia, aportando el 19% de la producción nacional, siendo superado por Antioquia con un volumen producido del 20% (AGRONET, 2021).

La Tabla 5 muestra la dinámica de la evolución que ha experimentado el departamento de Boyacá a partir del año 2014 en cuanto área sembrada y producción de

hortalizas que incluye: acelga, ahuyama, ají, ajo, albahaca, arracacha, arveja, brócoli, calabacín, calabaza, cebolla de bulbo, cebolla de rama, coliflor, espinaca, habichuela, lechuga, pepino cohombro, pepino guiso, pimentón, remolacha, repollo, tomate, tomate invernadero y zanahoria.

Tabla 5. Área cosechada y producción de hortalizas en Boyacá.

Año	Producción (t)	Área (ha)
2014	415.464	17.316
2015	403.960	16.756
2016	412.862	16.889
2017	453.468	17.840
2018	435.572	18.217
2019	444.284	19.586
2020	444.284	18.217
2021	456.724	18.727
Total general	4.568.445	207.194

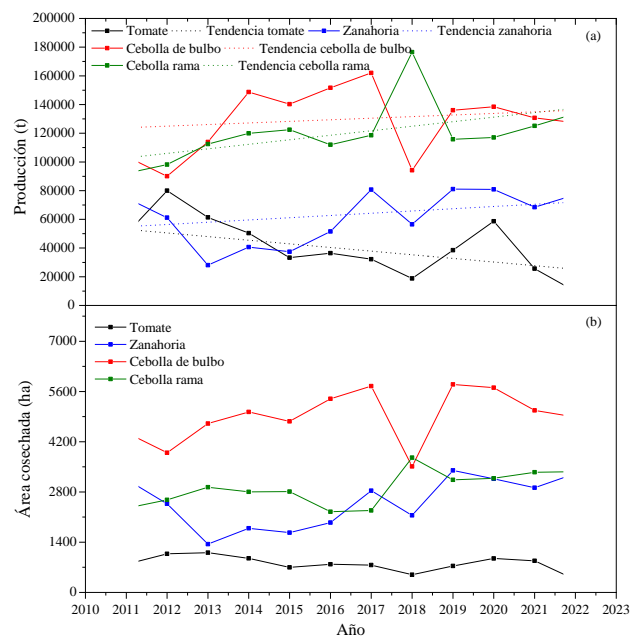
Fuente: Autores, datos tomados de FAO, 2019

La Tabla anterior evidencia que la producción y el área sembrada de hortalizas en Boyacá se ha incrementado considerablemente desde 2017, experimentando entre 2014 y 2021 un incremento de 9,9% en la producción y de 8,1% en el área cosechada, aunque no se incrementó la productividad en el periodo.

La Figura 1 muestra el comportamiento de la producción y el área cosechada para los productos hortícolas de mayor participación en Boyacá, durante el periodo comprendido entre 2011 al 2022. La cebolla de bulbo y la cebolla de rama son los principales productos hortícolas del departamento. Por lo general, la cebolla de bulbo presenta una producción superior a la de la cebolla rama, sin embargo, la cebolla rama ha tenido un incremento significativo en su producción y área cosechada en los últimos cuatro años. Para 2018, según el DANE, la cebolla larga alcanzó una participación del 42,9% en el sector hortícola, mientras que la cebolla cabeza mantuvo una participación del 21,9%. Según AGRONET, en 2022 la producción de cebolla rama alcanzó un rendimiento de 39,75 ha/t, mientras que el rendimiento de la cebolla cabeza fue de 26,04 ha/t.

La zanahoria se ha convertido en un producto hortícola con oportunidades promisorias en la región, en donde se ha observado un incremento acelerado tanto en área de cultivo como en la producción. Por su parte, la producción del tomate muestra una tendencia a disminuir, lo cual puede estar relacionado con factores como altos costos de producción, infraestructura y sistema de producción o escasez de mano de obra (Perill et al., 2011; Velásquez et al., 2023).

Figura 1. Comportamiento de la producción (a) y área cosechada (b) de las principales hortalizas producidas en el departamento de Boyacá durante el periodo de 2012 a 2022.



Fuente: Autores, datos tomados de AGRONET, 2022

3.1.2. Estructura y Funcionamiento de la Cadena de suministro

La CS agrícola abarca las etapas de abastecimiento de insumos y recursos, producción, postcosecha, almacenamiento, procesamiento, comercialización y consumo, bien sea de producto en fresco o procesado (Lozada, 2018). Estos niveles operativos están respaldados por servicios logísticos, financieros y técnicos, correspondientes a cinco tipos de flujo: (i) flujos de material físico y de producto, (ii) flujos financieros, (iii) flujos de información, (iv) flujos de procesos y (v) flujos de energía y recursos naturales

(Tsolakis et al., 2014). No obstante, la CS agrícola está caracterizada por tres flujos principales: Flujo de productos físicos, flujo financiero y flujo de información (Jaffee et al., 2008).

En Colombia, la agroindustria de las hortalizas contempla todas las etapas de la CS, aprovisionamiento, recolección-producción y distribución-comercialización (Delegatura de Protección de la Competencia, 2011; Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2015). De acuerdo con el Ministerio de Agricultura y de Asohofrucol (2013) se identifican los siguientes actores de la cadena productiva: Productor, Intermediarios, Mayoristas, Industrial y exportador, Minoristas y Consumidor final. La Figura 2 muestra la cadena productiva.



Fuente: Elaboración propia con base en Asohofrucol (2013)

A continuación, se describen las fases y etapas de la CS de hortalizas.

a) *Primer eslabón: Proveedor*

En el primer eslabón, se encuentran los proveedores de semillas para los cultivos, proveedores de insumos agrícolas como: semillas, fertilizantes y fungicidas, maquinaria y herramientas y los proveedores de servicios generales y especializados (Lozada, 2018). Para el caso de las semillas que son utilizadas en la siembra, se obtienen habitualmente a través de compra en tiendas especializadas (FAO, 2011). No obstante, es típico que el agricultor gestione semillas, plántulas y abonos como materia prima para el proceso de producción a través de procesos sostenibles como la selección de semillas de cosechas y el compostaje, la lombricultura, entre otras prácticas (Valledupar et al., 2015).

b) *Segundo Eslabón: Productor*

El segundo eslabón en la CS hortícola es el productor, quién a través de actividades agrícolas y técnicas de producción, transforma las semillas en productos hortícolas con la ayuda del suelo e insumos agrícolas (Rubio-Alfonso, 2006). En Colombia, los productores de hortalizas son cultivadores con varios años de experiencia y desarrollan su actividad en zonas de ladera y minifundio. El 95 % de las áreas destinadas a la horticultura tiene tamaño inferior a 3 ha, con algunas excepciones en las zonas planas del país, como en la Sabana de Bogotá (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2014). En este contexto, solo el 5% corresponde a productores hortícolas tecnificados. En la Tabla 6 se clasifica el tipo de productor.

Tabla 3. Categoría productor.

Tipo de Productor	Característica
Pequeño	Siembran menos de 3 ha
Mediano	Proceso de siembra entre 3 y 5 ha
Grande	Siembra mayor a 5 ha

Fuente: Tomado de MADR, 2014

Para el caso de medianos y grandes productores, la Secretaría Técnica Nacional de la Cadena Productiva (2004) definió un listado de 44 empresas que se dedican a la producción hortícola por departamento en el país, el cual indica que el 27% provienen de Cundinamarca, 20% de Boyacá, y 11% de Antioquia.

En términos generales, el pequeño productor de hortalizas suele ser de extracción campesina con tradición generacional. De acuerdo con el tercer censo nacional agropecuario, el 76,1% de los productores cuentan a lo sumo con educación básica primaria (DANE, 2014). Los productores reciben escasa asistencia integral, es decir, carecen de asesoramiento técnico, organizacional y empresarial que facilite sus niveles de competitividad y la obtención de productos con los estándares y requisitos solicitados por la agroindustria, en especial la internacional (Asohofrucol, 2013; Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2014).

El sistema de producción de hortalizas está definido por el tipo de productor, pero también por el nivel

tecnológico. De acuerdo con Montalvo et al. (2017), el sector agrícola colombiano ha tenido considerables cambios y transformaciones en los procesos de innovación y aplicación tecnológica; la cual ha pasado de una agricultura con procesos artesanales basada en la experiencia tradicional campesina, a un proceso híbrido que incluye nuevos procesos con un mayor grado de tecnificación. Los procesos de tecnificación incluyen aspectos como el control y la erradicación de las plagas que llegan a afectar los cultivos y la producción generada por la modificación genética que busca la creación de especies mejoradas que tengan una mayor resistencia a enfermedades, mayor productividad y mejores características nutricionales (Montalvo et al., 2017).

c) *Tercer eslabón: Intermediario*

El tercer eslabón de la CS hortícola está conformado por los actores que enlazan a los productores agrícolas y los principales distribuidores. Los intermediarios suelen comprar a los agricultores los productos para comercializarlos con los distribuidores mayoristas; en algunos casos, es el productor quien actúa como proveedor directo a los distribuidores mayoristas, suprimiendo así el tercer eslabón de la CS.

Usualmente, el intermediario se abastece directamente en las fincas o zonas de cultivo, donde son típicas las compras diarias y con periodicidades de tres o dos veces por semana (Asohofrucol, 2013). Las características de la compra se dan a través de acuerdos entre el productor y el intermediario en donde se definen la calidad y las condiciones de pago y de embalaje del producto. La forma de empaquetamiento (stock keep unit - SKU) difiere del tipo de hortaliza a comprar, donde predominan el atado, las cajas plásticas y los costales de fibra natural o sintética.

El embalaje es importante para el aseguramiento de la calidad del producto, si se considera que el tiempo de permanencia de las hortalizas en los vehículos destinados para el transporte puede tardar más de 21 horas, teniendo en cuenta el tiempo del embarque del primer producto al descargue del último. Cuando el intermediario actúa como acopiador del producto debe

garantizar que se mantengan condiciones de temperatura, humedad y ventilación óptimas para preservar la frescura y calidad de las hortalizas antes de llegar a manos de los distribuidores mayoristas. Si estas condiciones no se mantienen, las pérdidas pueden ser cuantiosas porque el producto puede ser rechazado por el cliente, o, en el mejor de los casos, ser drásticamente penalizado en su precio de compra.

Algunos autores consideran que la eliminación de intermediarios podría ser benéfico para mejorar la calidad del producto, reducir los costos de las hortalizas e incrementar los ingresos de los productores o cultivadores (Arena, 2017; Acosta, 2014). Según Baquero y Giraldo (2010) la presencia de intermediarios simplifica la cantidad de transacciones y operaciones de distribución de los productores, facilitando la eficiencia en la logística del suministro de hortalizas; este punto es de especial importancia para cultivadores de baja escala o alejados de los centros urbanos de comercialización, a quienes se les dificulta acceder a los canales de venta directa (Viteri et al., 2013; Carreño et al., 2023).

En Boyacá existen mercados de productores, ubicados en las provincias como Sugamuxi, Centro, Ricaurte, Occidente y Márquez. Estos mercados tienen la función de concentrar y preparar la producción agrícola de la región, para su posterior distribución hacia centros metropolitanos y regionales, y pueden ser aprovechados por mayoristas (PDEA, 2020).

d) *Cuarto eslabón: Distribuidor mayorista*

Los distribuidores mayoristas operan en las centrales de abasto para grandes clientes, almacenamiento temporal o abastecer a supermercados, mercados locales, tiendas minoristas y en ocasiones al consumidor final.

En Colombia existen diferentes mercados mayoristas distribuidos por toda la geografía nacional. Corabastos localizado en Bogotá es la principal central de abastecimiento de alimentos del país. Para marzo de 2022, Corabastos presentó una participación de 37.36% en el abastecimiento de verduras y hortalizas,

mientras que Centroabastos en Bucaramanga y el Complejo de Servicios del Sur en Tunja tuvieron una participación respectiva del 35.92% y 32.71% del mercado nacional (DANE, 2022). La participación de Boyacá se mantiene por encima de la participación nacional promedio (29.06%, ver Tabla 7). La Tabla siguiente presenta el detalle de participación del mercado de los principales centros mayoristas del país.

Tabla 7. Principales centros de abastos de Colombia.

Ciudad y mercado	Participación verduras y hortalizas (%)
Armenia, Mercar	29.12
Barranquilla, Barranquillita	21.12
Bogotá, Corabastos	37.36
Bucaramanga, Centroabastos	35.92
Cali, Santa Elena	27.91
Cartagena, Bazurto	19.49
Cúcuta, Cenabastos	26.05
Ibagué, Plaza La 21	26.44
Medellín, Central Mayorista	23.28
Neiva, Surabastos	31.77
Pasto, El Potrerillo	33.55
Tunja, Complejo de Servicios	32.71
Promedio nacional	29.06

Fuente: Elaboración propia con base en DANE (2022)

Según cifras del DANE (2022), los productos más demandados en los mercados mayoristas fueron: cebolla cabezona, cebolla rama, tomate chonto y zanahoria. Las principales fuentes de cebolla cabezona provino de Sogamoso, Sáchica y Samacá en Boyacá, Bogotá D.C. y Ocaña en Norte de Santander. Respecto a la oferta de tomate chonto, este provino de municipios como Sutamarchán, Villa de Leyva, Sáchica y Santa Sofía en Boyacá, o El Guarne en Antioquia. Por otro lado, la cebolla junca tuvo como principal procedencia a Aquitania en Boyacá.

e) Quinto eslabón: Proceso Industrial

La industria alimenticia desarrolla procesos para el procesamiento, transformación y preparación de productos agrícolas, que añaden valor adicional a las hortalizas. Principalmente, permiten que puedan ser aprovechadas para un consumo posterior resolviendo su carácter perecedero.

La demanda industrial de hortalizas requiere predominantemente ajíes y pimientos (43.1%), hortalizas y legumbres n.c.p. (22.2%), zanahorias (11.2%), cebolla cabezona (9.3%), ajos (6%), tomates (4.6%) y otros (3.6%). Estos productos son adquiridos a través de los productores, intermediarios o distribuidores mayoristas, tal como se observó en la Figura 2.

Las fases industriales involucran procedimientos de selección, limpieza, clasificación, transformación y empaque, ampliando la gama de productos para la venta y facilitando su aprovechamiento. Dentro de las alternativas que proporciona la industria se encuentran: hortalizas frescas y listas para el consumo, congeladas, envasadas, cortadas, encurtidas, enlatadas, solas o como parte de productos más elaborados (PHN, s.f.). Los principales productos de valor agregado producidos corresponden a salsas, pastas y vegetales desgranados, mezclados o precortados, siendo parte del eslabón marcas nacionales y multinacionales como: La Constancia, FRUCO, California, Kraft, Heinz, entre otras (PHN, s.f.).

Cabe resaltar, que en Colombia el procesamiento industrial de hortalizas y frutas es bastante bajo, representando para 2015 una participación del 0,2% de la producción total de la industria alimentaria. Según el Ministerio de Agricultura (2021) la presencia de hortalizas colombianas en mercados internacionales es limitada debido al bajo desarrollo y fomento de estos mercados, los cuales requieren de alta producción, productividad, calidad y de control de la inocuidad.

f) Sexto eslabón: Distribuidores minoristas

Los comercializadores minoristas son aquellos agentes de la CS encargados de atender la demanda del consumidor final. Las capacidades y características de atención al cliente en este escalón es muy variada y dependen del nicho de mercado. Los distribuidores minoristas pueden operar en diversos entornos, como plazas de mercado, tiendas, puestos de venta al aire libre, supermercados, hipermercados, entre otros espacios de atención al cliente.

De acuerdo con la Superintendencia de Industria y Comercio (2018), los espacios de distribución de los productos hortícolas definen los tipos de canales de comercialización, clasificándolos en canales tradicionales y modernos. Los canales tradicionales son encargados de la satisfacer la demanda de hortalizas en ciudades y municipios pequeños y están compuestos por comerciantes de ferias libres, verdulerías, plazas de mercado, tiendas de barrio, tiendas especializadas y autoservicios (Superintendencia de Industria y Comercio, 2018; Boitano, 2011). Por su parte, los canales de comercialización modernos incluyen las cadenas de hiper y supermercados, siendo los actores más importantes a nivel nacional: Éxito, Carulla-Vivero, Jumbo, Supertiendas Olímpica, Alkosto, Makro, Cafam, Colsubsidio y La 14, y Surtifruver (Mordon Intelligence, 2022).

Según la Superintendencia de Industria y Comercio (2018), los supermercados han tomado un papel preponderante en los canales de comercialización modernos, desplazando gradualmente a las plazas de mercado, consolidándose como los principales distribuidores de hortalizas a nivel nacional. Este hecho puede estar relacionado con los diversos problemas que afectan a las plazas de mercado del país: ubicaciones distantes para la mayoría de clientes que dificultan el desplazamiento en ciudades grandes, “inseguridad”, presencia de vendedores ambulantes, dificultad para el estacionamiento de vehículos, desaseo y falta de higiene” (Álvarez, 2002). Martínez et al. (2020) exponen una relación directa entre las preferencias de adquisición de hortalizas frescas y el estrato socioeconómico de los compradores, donde los consumidores de estratos 1 al 3 tienden a comprar en las plazas de mercado y tiendas de barrio, mientras que aquellos de estratos más altos optan por abastecerse de los supermercados y tiendas especializadas.

g) Séptimo eslabón: Consumidor final

Los consumidores de hortalizas se dividen en dos grupos: institucionales (restaurantes, hoteles, centros

educativos, etc.) y domésticos. Los consumidores institucionales suelen adquirir hortalizas en centrales de abastos, plazas de mercado o directamente con los intermediarios, mientras que los domésticos, compran en tiendas de barrio, plazas de mercado, supermercados o hipermercados, entre otros (Superintendencia de Industria y Comercio, 2018).

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Retos y oportunidades de mejora CS en el sector hortícola.

a) Eslabón de producción

El sector agrícola y agroindustrial es uno de los sectores económicos más importantes para Colombia, contribuyendo significativamente a la generación de empleo y el desarrollo del país (Montaña, 2016; Mordon Intelligence, 2022). Las actividades agrícolas como la siembra, mantenimiento y cosecha de hortalizas se desarrollan tradicionalmente de forma manual, donde se usan herramientas tales como azadones, picas y palas (González, 2022); esto se debe a que en el país los terrenos dedicados a su cultivo se encuentran en ladera que dificulta el uso de maquinaria especializada de alta productividad. En síntesis, el grado de tecnificación del eslabón es bajo, caracterizado por la alta informalidad laboral, baja implementación de sistemas de calidad y de buenas prácticas de manufactura, lo que en conjunto afecta la producción a gran escala y su expansión a mercados internacionales (Prieto, 2019).

Una de las problemáticas que presentan los productores de hortalizas está relacionada con los cambios climáticos a los que son sometidos los cultivos durante las diferentes épocas del año. La región cundiboyacense es la productora nacional por excelencia, sus

condiciones geográficas y edafoclimáticas son ideales por los cinco pisos térmicos que permiten una amplia variedad de cultivos de hortalizas con varias cosechas en el año. Por las mismas razones, los cultivos pueden verse afectados por ciclos de lluvias, sequías o heladas que inciden en la productividad de los cultivos de hortalizas (Velásquez et al., 2023). Al respecto, Escobar et al (2022) señala que, varios tipos de hortalizas son sensibles a los cambios climáticos que propician enfermedades, la formación de hongos y la proliferación de organismos patógenos. Para mitigar el impacto se requiere de apoyo tecnológico y de infraestructura.

En orden a avanzar en el rezago en infraestructura, el Plan Nacional de Riego y Drenaje para la Economía Campesina, Familiar y Comunitaria PNRECFE pretende realizar intervenciones en cuanto a: i) soluciones tecnológicas apropiadas de riego y drenaje, ii) recuperación de la infraestructura de riego de distritos de pequeña escala, iii) acompañamiento a las asociaciones en el diseño y formulación de proyectos, así como en la administración, operación y mantenimiento de estos, iv) promoción de prácticas adecuadas para el uso del agua en riego, y v) la mitigación de los riesgos originados por el cambio climático (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020) . Estrada (2022) indica que a nivel nacional “la infraestructura de riego y drenaje es deficiente en la actualidad y sólo cubre el 6% del país”

Colombia debe apostar por la tecnificación de las actividades agrícolas para incrementar la calidad de los productos, la eficiencia en los procesos productivos, la rentabilidad de los agricultores y la oportunidad para competir a nivel internacional. Asimismo, el cultivo de

productos hortícolas a nivel nacional debe enmarcarse en criterios de sostenibilidad, implicando que cada uno de los actores de la CS hortícola adopten estrategias integrales que garanticen el suministro de la demanda alimentaria, pero que además preserven los recursos naturales, protejan el medio ambiente y aseguren el bienestar de la comunidad. Esto en consideración con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, que según la FAO, para el sector agrícola buscan “asegurar patrones de consumo y producción sostenibles mediante cadenas de suministro alimentario y agrícola eficientes e inclusivas a escala local y superior.” (FAO, 2022).

La Norma Técnica Colombiana NTC5400 BPA establece los requisitos y lineamientos para la implementación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la producción primaria de alimentos. La norma contempla medidas preventivas para garantizar la calidad de los productos hortícolas, la seguridad alimentaria, la competitividad y la protección de los trabajadores, todo en aras de alcanzar el desarrollo sostenible. No obstante, por el momento las BPA no son obligatorias y aún existe cierto desconocimiento de su uso e implementación por parte de los productores.

En cuanto a la tecnología, el uso de aplicaciones de control de cultivos en tiempo real, se viene estableciendo a nivel mundial como una práctica cada vez más común entre los productores hortícolas. Estas aplicaciones ofrecen una variedad de funcionalidades que permiten monitorear el estado de los cultivos, gestionar la aplicación de fertilizantes y pesticidas de manera más precisa, recopilar datos sobre factores ambientales (temperatura, humedad del suelo y condiciones climáticas) y predecir problemas futuros (Tan et al., 2020; Xin et al., 2019; Sujatha et al., 2023).

b) Eslabón intermediarios y distribuidores

Dentro de las oportunidades de mejora que presentan los eslabones intermediario y distribuidor se encuentran las operaciones de transporte y empaque de productos hortícolas, las cuales determinan la durabilidad comercial de las hortalizas y son un punto crítico en la competitividad de la CS (Martínez, 2020).

A nivel nacional, las hortalizas usualmente son transportadas en camiones de carga general, que no cuentan con el diseño apropiado para la preservación óptima de los productos. Las hortalizas se someten a vibraciones, cambios de temperatura, problemas de aireación y humedad que alteran la calidad de las mismas (Flórez, 2017). También existen dificultades en la infraestructura de las vías nacionales que prolongan los tiempos de transporte, incrementando el riesgo de deterioro de las hortalizas. Esto a pesar del esfuerzo realizado por los últimos gobiernos para el desarrollo y mejoramiento de vías, que se han centrado en vías primarias y no en las vías terciarias, que constituyen las rutas más relevantes en los eslabones de proveedores e intermediarios. Consecuentemente, durante la distribución de los productos hortícolas los problemas más comunes que conllevan al desecho de la materia transportada están relacionados con el aplastamiento, excesiva deshidratación o maduración y descomposición de las hortalizas (Bermeo & Tovar, 2018).

Bermeo y Tobar (2018) mencionan que la implementación de buenas prácticas de producción (BPP) son una medida económica y fundamental para el tratamiento de las hortalizas luego de la cosecha y sostiene que estos procedimientos son fundamentales para reducir las pérdidas por

recolección temprana, falta de selección y clasificación, maduración excesiva ó pérdida abundante de agua. El autor presenta las seis actividades secuenciales: recolección, limpieza/desinfección, adecuación, empaque, almacenamiento, transporte y el uso de las BPP para la poscosecha de hortalizas.

Martínez (2020) considera primordial que durante el transporte y almacenamiento hasta el consumidor final se ajusten los parámetros de calidad a las condiciones ambientales para mantener las hortalizas frescas; lo que puede alcanzarse al implementar la cadena de frío, que incluye la integración de unidades de refrigeración móviles y estáticas, así como la adopción de empaques funcionales que aseguren la adecuada conservación de las hortalizas durante su traslado. Por otro lado, es fundamental establecer procedimientos de manejo y control de niveles de gases como el oxígeno (O₂) y dióxido de carbono (CO₂) para prevenir la maduración temprana de las hortalizas, el desarrollo de patógenos y la proliferación de microorganismos que podrían causar deterioro o contaminación.

c) Consumidor final

De acuerdo con Kesar y Tornqvist (2023), el 64% de las pérdidas de frutas y verduras ocurren en las etapas de producción, manejo y almacenamiento y el 36% una vez llegan al consumidor final. Los factores que afectan los consumidores finales en la CS son principalmente los costos y la calidad de las hortalizas. Los consumidores finales están sujetos a variaciones constantes en los precios de los productos, estas fluctuaciones son derivadas de los factores que afectan los primeros niveles de la CS, entre estos: cambios climáticos, precios de materias primas, costos de transporte, etc.

Además, la producción de hortalizas está limitada por los efectos de su condición perecedera: 1. Por las pérdidas posteriores a la cosecha, tanto en la cantidad como en la calidad de los alimentos que lo hace inadecuado para el consumo humano, 2. Por el desperdicio que se asocia a los volúmenes de productos de menor calidad que llegan a los consumidores que reducen su valor, a pesar de ser potencialmente apto para el consumo (Van et al., 2018). En consecuencia, para mantener la seguridad alimentaria y la rentabilidad de la actividad, la CS debe propiciar el mejor aprovechamiento de los alimentos mediante la reducción de las pérdidas posteriores a la cosecha (Aulakh et al., 2011). Es decir, se debe optar por métodos de producción limpia que logren minimizar la cantidad de desperdicios en cada una de las actividades de la CS.

Con base en todo lo anterior se concluye que, las CSs hortícola está compuesta por diferentes eslabones: proveedor, productor, intermediario, distribuidor mayorista, distribuidor minorista y cliente final. Cada eslabón desempeña un rol fundamental en la CS, sin embargo, el productor y el intermediario representan un punto crítico para el incremento de la eficiencia y operatividad de las actividades agrícolas. Especialmente, la logística de transporte, almacenamiento y manipulación de los productos hortícolas son las operaciones de mayor impacto en la durabilidad de las hortalizas. Durante el transporte, se debe procurar mantener condiciones ambientales adecuadas para garantizar que las hortalizas lleguen frescas al consumidor final.

Se debe apuntar a la mayor tecnificación del sector hortícola y la alineación de criterios de sostenibilidad en las actividades de producción. Adicionalmente, es crucial

establecer estándares y prácticas que promuevan la sostenibilidad ambiental. La incorporación de buenas prácticas agrícolas, el uso de tecnologías de riego, la adopción de normativas como la NTC5400 BPA y mecanismos de conservación en frío se sugieren como oportunidades potenciales para el mejoramiento del sector hortícola nacional. Estas herramientas incrementarían la productividad del sector hortícola, su expansión al mercado internacional y favorecerían la reducción de desperdicios en cada una de las etapas de la CS.

Todas estas medidas deben alinearse con el desarrollo de políticas nacionales que promuevan la sostenibilidad y la modernización del sector agrícola, por lo cual es necesaria la participación de los entes gubernamentales en la implementación de programas de capacitación, y de apoyo educativo y financiero a los diferentes productores de hortalizas.

6. AGRADECIMIENTO :

Al Centro de Investigaciones en Optimización y Logística - CIOL por su gestión en el desarrollo del trabajo y a la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, por el soporte técnico, administrativo y financiero que facilitó el desarrollo del trabajo.

7. REFERENCIAS:

Acosta, D. (2014). *Fijación de precios en mercados campesinos de Bogotá. Caso hortalizas frescas de Fómeque y Chipaque (Cundinamarca)*. Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Aguirre, S., Piraneque-Gambasica, N., & Pérez, I. (2012). Sistema de producción de tubérculos

- andinos en Boyacá, Colombia. *Cuadernos de desarrollo rural*, 9(69), 257-273.
- AGRONET. (2021). Reporte de área, producción y rendimiento Nacional por cultivo del periodo 2012-2022. Recuperado de la base de datos de: <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
- Álvarez, C. (2002). Las plazas de mercado en el mercadeo minorista de productos agropecuarios. *Revista de la Universidad de La Salle*(34), 65-70.
- Arena, M. (2017). *Opuesta para la creación de una cooperativa de productores de hortalizas orgánica en el municipio de Granada, Cundinamarca*. Tesis de pregrado, Universidad de la Salle.
- Asohofrucol. (2013). Plan Hortícola Nacional. Canasta de Productos Del Plan Hortícola Nacional, 437-462.
- Aulakh, J., Regmi, A., Fulton, J., & Alexander, C. (2011). Estimating Post-Harvest Food Losses: Developing a Consistent Global Estimation Framework. AgEcon Search.
- Baquero, A., & Giraldo, M. G. (2010). *Análisis de la cadena de suministro de frutas y verduras para Bogotá D.C.* Centro Latinoamericano de Innovación en Logística.
- Barrón, E., Moreno, Y., Martínez, F., Olivares, E., & Flores, L. (2015). Análisis de producción y comercialización hortícola del estado de Puebla: un enfoque de cadena de valor. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(4), 779-792.
- Bermeo, H., & Tovar, N. (2018). *Logística para la integración de valor en el sector hortofrutícola del Tolima. Aportes desde la ciencia y la tecnología*. (U. d. Universidad de Ibagué, Ed.) Ibagué: 23 centímetros.
- Bermeo, R. (2012). How China sees America. *Foreign Affairs*, 91(5), 1689-1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Boitano, L. (2011). *Análisis de la cadena de distribución en la comercialización de productos frescos en Chile: frutas y hortalizas*. Tesis de pregrado, Santiago de Chile.
- Borrego, J. (1993). Programación en horticultura. *Horticultura*(84), 26-27.
- Carreño, J., Monroy, R., & Satizabal, L. (2023). *Aplicativo para el desarrollo comercial de la industria agrícola cundiboyacense en Colombia*. Universidad EAN, Ingeniería, Bogotá.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2008). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation* (7a ed.). Pearson.
- DANE (2014). Tercer Censo Nacional Agropecuario. Recuperado de la base de datos de: <https://www.dane.gov.co/files/CensoAgropecuario/entrega-definitiva/Boletin-2-Productores-residentes/2-Boletin.pdf>
- DANE. (2019). *Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2017*. Bogotá.
- DANE. (2022). *Sistema de información de precios y abastecimiento del sector agropecuario componente de abastecimiento de alimentos*. Boletín técnico.
- Delegatura de Protección de la Competencia. (2011). Estudios de Mercado. Cadena Productiva de Las Hortalizas En Colombia: Diagnóstico de Libre Competencia (2009-2011), 25.
- Escobar, S., Cabezas, L., & Sánchez, L. (2022). Perspectiva del uso de *Pseudomonas* spp. como biocontrol de fitopatógenos en cultivos de hortalizas en Colombia: una revisión sistemática. *Mutis*, 12(2).

- Estrada, C. (2022). *En Colombia solo 6% del territorio nacional cuenta con cobertura de distritos de riego*. Obtenido de Según las cifras de la ADR, de 780 distritos de riego, 202 no están en funcionamiento: <https://www.agronegocios.co/clima/panorama-de-los-distritos-de-riego-en-colombia-3556286>
- FAO. (2011). Producción Artesanal de Semillas de Hortalizas para la Huerta Familiar. In Manual técnico. Obtenido de <http://www.fao.org/3/i2029s/i2029s.pdf>
- FAO. (2022). *La FAO y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Cumplir la Agenda 2030 mediante el empoderamiento de las comunidades locales*. Roma. Obtenido de <https://www.fao.org/3/cc2063es/cc2063es.pdf>
- Fernández, G., Aguilar, A., Martínez.Castellanos, G., Ruvalcaba-Sánchez, M., Correa-Medina, J., & Martínez-Flores, J. (2015). Contexto y Caracterización de la Cadena de Suministro del Limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) en Veracruz-México. *Conciencia Tecnológica*(50), 21-31.
- Flórez, M. (2017). Diseño de un modelo de articulación entre la cadena productiva hortofrutícola colombiana y la cadena logística de frío. *Temas agrarios*, 23(1), 77-94.
- Fretes, F., & Martínez, M. (2011). *Maíz Análisis de la cadena de valor*. USAID. Obtenido de <https://www.usaid.gov/sites/default/files/2022-05/maiz.pdf>
- García, R., & Olaya, E. (2006). Caracterización de las cadenas de valor y abastecimiento del sector agroindustrial del café. *Cuadernos de Administración*, 19(31), 197-217.
- García, R., Núñez, A., Ramírez, T., & Jaimes, S. (2013). Caracterización de la fase upstream de la cadena de valor y abastecimiento de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia. *Dyna*, 80(179), 79-89.
- García, R., Perdomo, A., Ortiz, O., Beltrán, P., & López, K. (2014). Characterization of the supply and value chains of Colombian cocoa. *Dyna*, 81(187), 30-40.
- González, B. (2022). *Propuesta de mejoramiento para el proceso de selección de tomate chonto en un cultivo ubicado en el municipio de Gama, Cundinamarca*. Tesis, Universidad ECCI, Bogotá.
- Goodman, L. A. (1961). Snowball Sampling. *The Annals of Mathematical Statistics*, 32(1), 148–170. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177705148>
- Instituto Colombiano Agropecuario. (2009). *Mis buenas prácticas agrícolas. "Guía para agroempresarios"*. Bogotá.
- Jaffee, S., Siegel, P., & Andrews, C. (2008). Rapid agricultural supply chain risk assessment. World Bank, (Commodity Risk Management Group), 50.
- Kesar, A., & Tornqvist, M. (2023). *Food loss in perishable food supply chains: The case of Colombia*. Jonkoping University.
- Leguizamon, E. (2018). *Historia de la horticultura*. INTA ediciones. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12123/15517>
- Lozada, Felipe. (2018). Análisis y propuesta de alternativas de mejoramiento para la cadena logística de productos hortofrutícolas en el Tolima. Caso aplicado a Cajamarca y su zona de influencia (Tesis Maestría en Gestión Industrial). Universidad de Ibagué, Tolima, Colombia. 2, 227–249.
- Managa, M. G., Tinyani, P. P., Senyolo, G. M., Soundy, P., Sultanbawa, Y., & Sivakumar, D. (2018). Impact of transportation, storage, and retail

- shelf conditions on lettuce quality and phytonutrients losses in the supply chain. (April), 1–10. <https://doi.org/10.1002/fsn3.685>
- Martínez, A., Tordecilla, L., Grandett, L., Rodríguez, M., & Silva, G. (2020). *Análisis del mercado de hortalizas frescas en la región Caribe*. Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12324/36648>.
- Martínez, K., & Rivera, L. (2018). *Caracterización de la cadena de suministro de la asociación ruta de la carne en el departamento de Boyacá*. Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Escuela de Ingeniería Industrial, Sogamoso.
- Martínez, M. (2020). *Monitorización de las variables ambientales durante el transporte de productos perecederos para estimar en tiempo real las pérdidas de calidad*. Tesis, Universidad Politécnica de Cartagena.
- Meléndez, E. (2003). Soluciones de Proceso SCM (Supply Chain Management) frente a Soluciones de Negocio ERP (Enterprise Resource Planning). 17–22.
- Minagricultura. (2021). Cadena de las hortalizas. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural , Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2014). Análisis General Horticultura Colombia (4).
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2015). Sector Hortícola Colombiano 2015.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2020). Plan Nacional de Riego y Drenaje para la Economía Campesina, Familiar y Comunitaria. Bogotá.
- Montalvo Serrato, J., Barriga Ospina, Ó. A., & Rojas Miranda, S. C. (2017). Tecnología aplicada en el agro colombiano: asimetrías evidenciadas en la competitividad entre los subsectores café y maíz durante el periodo 2005 – 2015. Recuperado de la base de datos de : https://ciencia.lasalle.edu.co/negocios_relaciones/114
- Montaña, Z. (2016). *Estudio de mercado para los productos hortícolas del programa de agricultura familiar en el municipio de Duitama*. Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Escuela de administración de empresas agropecuarias, Duitama.
- Mordon Intelligence. (2022). *Análisis del tamaño y la participación del mercado de frutas y verduras en Colombia tendencias y pronósticos de crecimiento (2023-2028)*. Obtenido de <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/colombia-fruit-vegetable-market>
- Núñez, J., Carvajal, J., Mendoza, O., & Carrero, D. (2018). Indicadores del impacto del cambio climático en la agricultura familiar andina colombiana. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 4(7), 824-831.
- PDEA. (2020). *Plan departamental de extensión agropecuaria. Boyacá 2020-2023*. Tunja.
- Pérez, N., & Gonzales, R. (2014). *Rediseño de la cadena de suministro para la mejora de la gestión de inventarios en la empresa Ferretera Corporación BIM S.A.C. de la ciudad de Chiclayo*. Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán, Pimentel.
- Perilla, A., Rodríguez, L., & Bermúdez, L. (2011). Estudio técnico económico del sistema de producción de tomate bajo invernadero en Guateque, Sutatenza y Tenza. *Revista colombiana de ciencias hortícolas*, 5(2), 220-232.

- PHN. (s.f.). *Plan hortícola nacional*.
- Prieto, D. (2019). *La tecnificación como herramienta para incrementar la actividad agropecuaria en Colombia*. Tesis, Fundación Universidad de América, Bogotá.
- Reale, M. (1989). *Introducción al Derecho*. 9ª edición. Ed. Ediciones Pirámide, S. A., Madrid.
- Reina, M., & Adarme, W. (2014). Logística de distribución de productos perecederos: estudios de caso Fuente de Oro (Meta) y Viotá (Cundinamarca). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(1), 80-91.
- Rincón Manrique, L., & Guerrero Díaz, G. (2024). Caracterización de los sistemas de producción y comercialización de la horticultura en el Suroccidente colombiano. *Revista De Fomento Social*, (308), 215-234. <https://doi.org/10.32418/rfs.2024.308.5282>
- Rodríguez, J. (2019). *Análisis del funcionamiento de la cadena de suministro del pimentón producido en el municipio de Cárquez, Cundinamarca*. Universidad de La Salle, Facultad de ciencias agropecuarias, Bogotá.
- Rubio Alfonso, L. M. (2006). Caracterización empresarial de algunos productores de hortalizas orgánicas en la Sabana de Bogotá y alrededores. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, (57), 133–163.
- Salamanca, L. (2023). *Informe final de pasantía evaluación y acompañamiento en los procesos de certificación en buenas prácticas ganaderas a los predios de los asociados y aliados de la cooperativa integral agroganadera de Boyacá*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente.
- Sánchez-Upegui, A. (2011). *Manual de redacción académica e investigativa: cómo escribir, evaluar y publicar artículos*. Fundación Universitaria Católica del Norte.
- Senyolo, G. M., Wale, E., & Ortmann, G. F. (2018). Analysing the value chain for African leafy vegetables in Limpopo Province, South Africa. *Cogent Social Sciences*, 4(1), 1–16. <https://doi.org/10.1080/23311886.2018.1509417>
- Stewart, G. (1997). Supply-chain operations reference model (SCOR): the first cross-industry framework for integrated supply-chain management. *Logistics Information Management*, Vol. 10 No. 2, pp. 62-67. <https://doi.org/10.1108/09576059710815716>
- Stone, R. B., Kurfman, M. A., Rajan, J. R. y Wood K. L. (2001). *Functional modelling experimental studies*. Pittsburgh: Design Engineering Technical Conferences.
- Sujatha, K.; et al. (2023). Mobile phone application for identification of nutrients and microbial contamination in fruits and vegetables. *AIP Conference Proceedings*, 2916.
- Superintendencia de Industria y Comercio. (2018). *Cadena productiva de las hortalizas: diagnóstico de libre competencia*.
- Tang, X., Tan, C., Chen, A., Li, Z., & Shuai, R. (2020). Design and implementation of temperature and humidity monitoring system for small cold storage of fruit and vegetable based on Arduino. *J. Phys.: Conf., Ser.* 1601 062010. doi:DOI 10.1088/1742-6596/1601/6/062010

- Tsolakis, N. K., Keramydas, C. A., Toka, A. K., Aidonis, D. A., & Iakovou, E. T. (2014). Agrifood supply chain management: A comprehensive hierarchical decision-making framework and a critical taxonomy. *Biosystems Engineering*, 120, 47–64. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2013.10.014>
- Valledupar, C., Marta, M. S., Enrique, J., & Nariño, C. (2015). Agroexpo 2015.
- Van, T., Irani, Z., Sharif, A. M., Lee, H., Aktas, E., Topalo, Z., & Huda, S. (2018). Computers and Operations Research Managing food security through food waste and loss: Small data to big data. 98, 367–383. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2017.10.007>
- Velásquez, C., Sosa, D., Fuentes, H., & Mora, I. (2023). *Sistema de recepción, almacenamiento y riego automatizado de agua para cultivos de hortalizas en Boyacá*. Universidad EAN, Ingeniería, Bogotá.
- Viteri, M., Ghezán, G., & Iglesias, D. (2013). *Tomate y lechuga: producción, comercialización y consumo*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Xin, J., Mingyong, L., Kaixuan, Z., Jiangtao, J., Hao, M., & Zhaomei, Q. (2019). Development of vegetable intelligent farming device based on mobile APP. *Cluster Comput*, 22(4), 8847–8857.