Determinación De Perdida De Alimentos En La Primera Milla De La Cadena De Suministro de Productos Perecederos De Brócoli (Brassica oleracea var. Italica) y Coliflor (Brassica oleracea var. Botrytis); Caso De Estudio En El Municipio De Totoró, Cauca, Colombia.

Mileth Johanna Zambrano Campo [1] , Jesús David Tejada Pito[1]

[1]Faculty of Engineering, Corporación Universitaria Comfacauca – Unicomfacauca, Popayán, Colombia.

Email: milethzambrano@unicomfacauca.edu.co, jesustejada@unicomfacauca.edu.co

Abstract

This study seeks to identify the causes or factors that generate food losses in agricultural production, specifically in two agricultural chains (broccoli, cauliflower). In the first place, this phenomenon generates a series of significant problems: from the loss of natural resources to the increase in environmental pollution, as well as inefficiency in the production and distribution of food.

The characterization of these factors in the first link of the agricultural supply chain allows us to know the processes in which food losses are being generated. According to data from the National Planning Department (DNP) in Colombia during 2021, it was observed that fruits and vegetables lead food waste with 62% (equivalent to 6.1 million tons), followed by roots and tubers with 25% (about 2.4 million tons). Agricultural production is responsible for a loss of 40.5%, followed by distribution and retail with 20.6%, the post-harvest and storage phase with 19.8%, consumption with 15.6%, and finally, industrial processing with 3.5%. The department of Cauca, located in the Pacific region of Colombia, together with Chocó, Valle del Cauca and Nariño, accounts for 17.1% of the country's total food losses.

As a result, it is expected to identify and quantify the losses of agricultural food that are occurring in the HZ microenterprise in the rural area of Totoró - Colombia, thus allowing the development of a series of recommendations that will make it possible to improve agricultural practices, storage and transportation and the incorporation of innovative technologies that will generate greater utilization and profitability of the crops.

Keywords: food loss, supply chains, productivity, agricultural crops.

1. Introducción

La cadena de suministro de productos perecederos es una de las principales fuentes de generación de residuos cada año. En 2019, aproximadamente 931 millones de toneladas de alimentos, lo que equivale al 17 % del suministro destinado al consumo humano, fueron desperdiciados durante las etapas de producción, distribución y procesamiento, así como a nivel minorista y de consumo (ONU, 2021). Esta problemática tiene un impacto negativo en varios aspectos, incluida la seguridad alimentaria de las poblaciones más vulnerables. Según la FAO (2023), aproximadamente 258 millones de personas en 58 países y territorios experimentaron situaciones de crisis caracterizadas por una inseguridad alimentaria aguda o condiciones aún más precarias.

Además, este problema afecta la calidad de los alimentos, el desarrollo económico y la preservación del medio ambiente en todo el mundo. Solo entre la fase posterior a la cosecha y la venta al por menor, aproximadamente el 14 % de los alimentos producidos a nivel mundial se pierden (FAO, 2019). Las principales causas de estas pérdidas en la cadena de suministro

incluyen el uso inadecuado de insumos en las operaciones de producción, una programación deficiente y la falta de sincronización en la recolección, así como prácticas inapropiadas en la producción, cosecha y manipulación de alimentos. La infraestructura inadecuada y las condiciones y prácticas inapropiadas en etapas posteriores también contribuyen significativamente a este problema (HLPE, 2020).

Adicionalmente, factores secundarios como las malas condiciones de almacenamiento, la gestión inadecuada de la temperatura en productos perecederos, y las condiciones y técnicas de comercialización inadecuadas en la etapa minorista, junto con el manejo inadecuado de los consumidores durante la compra, preparación y consumo de alimentos, desempeñan un papel importante en la generación de pérdidas (HLPE, 2020).

En Colombia, según el Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2022) se calcula que el 58% de las frutas y vegetales se pierden o desperdician anualmente, lo que representa más de 6 millones de toneladas de alimentos. De esta cantidad, alrededor del 28% se desperdicia en supermercados, tiendas de barrio, plazas de mercado y hogares, lo que equivale a aproximadamente 1.7 millones de toneladas. Estos desperdicios son el resultado de diversos factores, como la sobreproducción y la mala gestión del inventario, así como las preferencias estéticas de los consumidores.

Sin embargo, el problema no se detiene en el consumidor final. Una parte significativa de estas pérdidas ocurre durante las etapas de producción, almacenamiento y procesamiento industrial. De las más de 6 millones de toneladas de frutas y vegetales que se dañan, aproximadamente el 72% se pierde en las fincas y centros de procesamiento. En otras palabras, de cada 100 kilos de frutas y verduras que se dañan, 72 kilos se pierden antes de llegar a los supermercados y hogares.

De modo que, el poder cuantificar los volúmenes y cantidades de desperdicios es importante para poder generar algún tipo de soluciones en las diferentes etapas que se ven involucradas en la cadena de valor de los alimentos. Para el caso de estudio lo que es la primera milla de la cadena de suministro, es decir, en el eslabón del productor, cuantificar los volúmenes y cantidades de desperdicios es esencial para generar soluciones efectivas que reduzcan el desperdicio de alimentos y promuevan la sostenibilidad en la producción de productos perecederos en este caso como lo es el brócoli y la coliflor. Identificar áreas de mejora y desarrollar estrategias efectivas en esta etapa crítica ayudará a minimizar las pérdidas y optimizar los recursos en la producción, distribución y consumo de estos alimentos.
Por ende, la investigación destinada a analizar los desperdicios de alimentos desempeña un papel fundamental en la búsqueda de soluciones innovadoras y sostenibles para abordar este desafío global, contribuyendo así al logro del objetivo número doce de desarrollo sostenible de la ONU.

2

2. Revisión de literatura

En cuanto a la revisión y discusión de la literatura relacionada con la primera milla y la reducción de la pérdida de alimentos perecederos, es importante considerar la definición del término primera milla o "logística poscosecha", que se utiliza para describir toda la etapa de la cadena de suministro a la logística de la primera milla que incluye la cosecha, poscosecha y almacenamiento de productos agrícolas (Mousavi-Avval y Shah, 2020, p. 3).

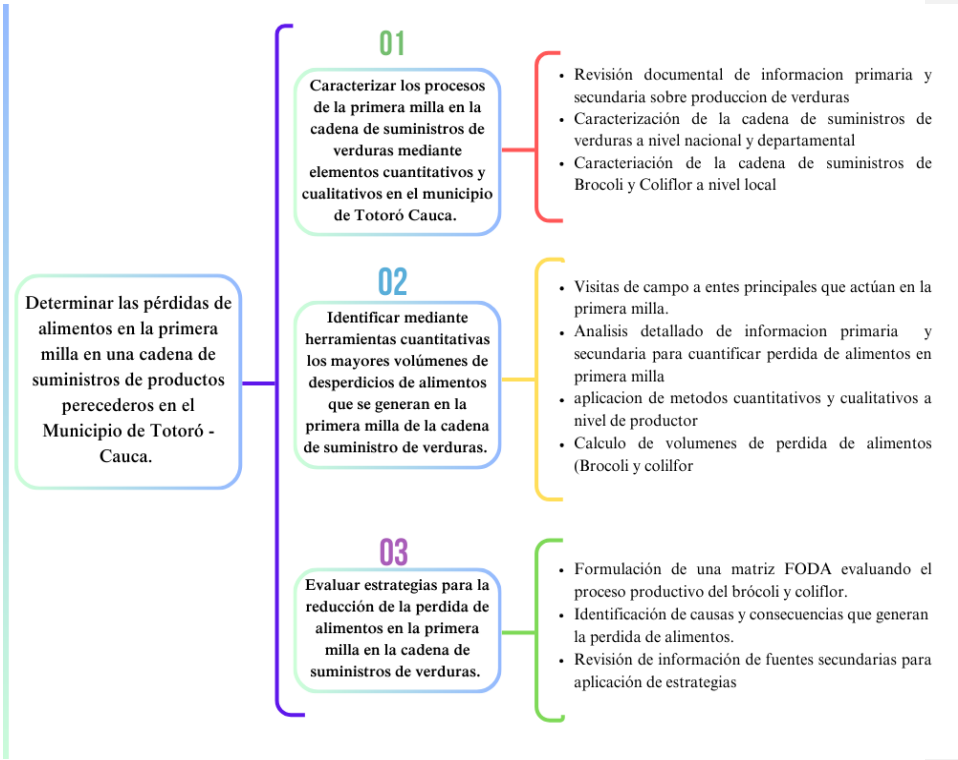
Inicialmente, discutimos la literatura sobre la reducción de la pérdida de alimentos en la primera milla de las cadenas agrícolas. Por ejemplo, Munsol Ju et al. (2017) realizaron una investigación sobre la pérdida de alimentos en la cadena de suministro de Japón, abarcando todas las etapas, pero centrándose en el comercio mayorista hasta los hogares. Utilizaron una metodología que distinguía entre partes no comestibles (huesos, cáscaras, etc.) y pérdida de alimentos (partes de los alimentos sí comestibles). Calculando el suministro bruto de alimentos y restando las partes no comestibles, determinaron que aproximadamente el 15% de los alimentos disponibles en Japón se desperdician, excluyendo la etapa de producción. Además, identificaron que las verduras son la categoría de alimentos con la mayor tasa de desperdicio. Al analizar la metodología utilizada, se comparó un concepto importante de Hoehn, D. (2023), quien critica este tipo de enfoque. Hoehn señala que los países con diferentes culturas consideran comestibles o no comestibles distintas fracciones de los alimentos debido a diversas razones, como las diferencias culturales o religiosas. Asi que aplicar este tipo de metodología y estandarizarla en los países puede dar resultados con muchas variaciones dependiendo donde se quiera calcular la perdida de alimentos. Al revisar el enfoque de esta investigación, que se centró en las etapas posteriores a la cosecha, lo que se denomina milla intermedia y última milla, el enfoque de la investigación a realizar se encamina más en la primera milla, tal como el enfoque de primera milla de Shijun Lu et al. (2022), quienes llevaron a cabo una investigación para calcular la pérdida de alimentos en la cadena agrícola de verduras y frutas en China. En el desarrollo de su metodología, basada en fuentes primarias, pudieron establecer la tasa de pérdida en la primera milla del sector agrícola, incluyendo la pérdida durante la producción agrícola (LAP), el manejo poscosecha (LPH) y el almacenamiento (LST). Se determinó que las patatas tuvieron una tasa de pérdida global del 20%, siendo el LST donde se generó más desperdicio. Por otro lado, las calabazas tuvieron el porcentaje más alto de pérdida, con más del 40%, y el proceso donde se generó más desperdicio fue en la LPH, lo cual también ocurrió en los vegetales, con una tasa total del 25%, y donde más se generan pérdidas es en la LPH. Este estudio se adapta realmente a lo que se quiere presentar en la investigación, en el caso de que se quieran presentar las mismas tasas de pérdidas, pero enfocadas solo en dos productos agrícolas. Además, la fuente de los datos que utilizaremos será secundaria.

3

3. Métodos y procedimientos

La ejecución del presente trabajo se realizará en base a los objetivos planteados y sus respectivas actividades como se muestra en la figura 1.

Figura 1. *Metodología dividida en 3 fases principales.*



Fuente: *Autores del proyecto*

4. Configuración Experimental / Numérica

Las ecuaciones utilizadas en este estudio se adaptaron de Delgado et al. (2017), quien propuso tres métodos para evaluar la pérdida de alimentos en la cadena de suministro: el método de categoría (C-method), el método de atributos (A-method) y el método de precio (P-method). Las ecuaciones se basan en las formulaciones originales presentadas por Delgado et al. (2017), las cuales fueron diseñadas utilizando el método de categoría de Sherington (1999) como

4

referencia para el C-method. Se usaron para estimar la pérdida cuantitativa y cualitativa de alimentos en diferentes etapas de la cadena de suministro.

4.1 Método por categorías

La ecuación (1) y (2) definida en el *C-method* diseñado por Sherington (1999) se usa para cuantificar la pérdida de peso (o cantidad) de acuerdo con las categorías de un producto agrícola específico en la primera etapa de la cadena de suministros (primera milla).

$$Weinghtloss_{\ p} = \sum_{i=1}^{I} C_i \cdot QC_{iPH} + \left(Q_{prod} - Q_{PH}\right) \qquad (1)$$

$Weinghtloss_{\ p}$ = Representa la pérdida cuantitativa de peso en el nivel del productor. Es la suma de las pérdidas en peso en cada categoría de producto, más el peso total perdido.

C_i = Es el coeficiente de daño para la categoría i, que indica el porcentaje de cultivo dañado en esa categoría.

QC_{iPH} = Cantidad de producto que queda en cada una de las categorías después de la fase de poscosecha.

Q_{prod}= Cantidad total de producto producido.

Q_{PH} = Es la cantidad total de producto después de la poscosecha.

i = Número total de categorías de calidad del producto.

La ecuación (2) cuantifica la pérdida de valor económico total del producto agrícola desde la producción hasta después de la poscosecha y se define como:

$$ValueLoss_p = \sum_{i=1}^{I}\left(\overline{P}_{ideal} - \overline{P}_{ci}\right) \cdot QC_{iPH} + (V_{\mathrm{Pr}od} - V_{PH}) \quad (2)$$

$\overline{P}_{ideal}$ = Precio de venta promedio de un producto ideal (sin daños).

$\overline{P}_{ci}$ = Precio de venta promedio de un producto en la categoría i. Estas categorías representan diferentes niveles de calidad o daño del producto.

5

QC_{iPH} = Cantidad de producto que queda en cada una de las categorías después de la fase de poscosecha.

$V_{\Pr od}$ = Valor total de todo el producto después de la producción.

V_{PH} = Valor total de todo el producto después de la poscosecha.

4.2 Método por Atributos:

Para calcular la perdida de alimentos por factores cualitativos y que Delgado et al. (2017) las define como "método de atributos", (A-method) se basa en la evaluación de un cultivo considerando criterios visuales simples, así como las propiedades táctiles y el aroma del producto a nivel de productor, para ello se utiliza la ecuación (3) y (4).

$$ValueLoss_{\,p} = \sum_{j=1}^{J} \quad \overline{Pa_j} \cdot Q_{PH} + (V_{\Pr od} - V_{PH}) \quad (3)$$

Donde

j = Número total de atributos identificados que afectan la calidad del producto.

$\overline{Pa_j}$ = Castigo promedio en el precio para una característica inferior del producto j. Es la reducción en el precio debido a características inferiores como calidad visual, táctil u olfativa. Este valor representa cuánto menos se paga por el producto debido a defectos específicos.

Q_{PH} = Cantidad total de producto después de la poscosecha.

$V_{\Pr od}$ = Valor total de todo el producto después de la producción

V_{PH} = Valor total de todo el producto después de la poscosecha.

Para calcular la pérdida cuantitativa de peso del producto se utiliza la ecuación (4) donde se tienen en cuenta características inferiores del producto, donde:

$$weigthLoss_{\,p} = \sum_{j=1}^{J} aj \;\cdot\; Q_{PH} \;+\; (\,Q_{\Pr od} - Q_{PH}) \quad (4)$$

6

aj = Proporción del producto afectado por la característica j. Es el porcentaje del producto que tiene características inferiores

Q_{PH} = Cantidad total de producto después de la poscosecha.

Q_{PROD} = Cantidad total de producto producido.

4.3. Método de Precio

Para evaluar la pérdida del valor económico la cual Delgado et al. (2017) las define como el 'Price method' (P-method) donde considera la diferencia experimentada por un productor entre el valor ideal de su producción (suponiendo que todos los productos se vendieran al precio ideal) y el valor real después de la postcosecha. Se realiza con las ecuaciones (5) y (6).

$$ValueLoss_p = V_{ideal} - V_{PH} \qquad (5)$$

V_{ideal} = Valor ideal de la producción del agricultor, obtenido multiplicando la producción del agricultor por el precio de venta promedio ideal.

V_{PH} = Valor total de la producción del agricultor después de la postcosecha, evaluado por el propio agricultor.

Así mismo, para cuantificar la transformación de la pérdida de valor económico en una medida de pérdida de peso equivalente, se debe dividir la pérdida de valor (calculada en la Ecuación 5) por el precio ideal de venta. De esta manera, se puede cuantificar la pérdida en términos físicos (peso) a partir de la pérdida de valor.

$$WeinghtLoss_p = {}^{ValueLoss_p}/P_{ideal} \qquad (6)$$

$ValueLoss_p$ = Pérdida de valor a nivel del productor, obtenida en la Ecuación 5.

P_{ideal} = Precio de venta promedio ideal.

7

Con respecto a las anteriores ecuaciones, estas nos permitirán proporcionar una cantidad y valor total de lo perdido entre las actividades de producción y poscosecha de los cultivos de brócoli y coliflor.

5. Resultados y discusión

5.1. Caracterización de la cadena de suministros de verduras y hortalizas.

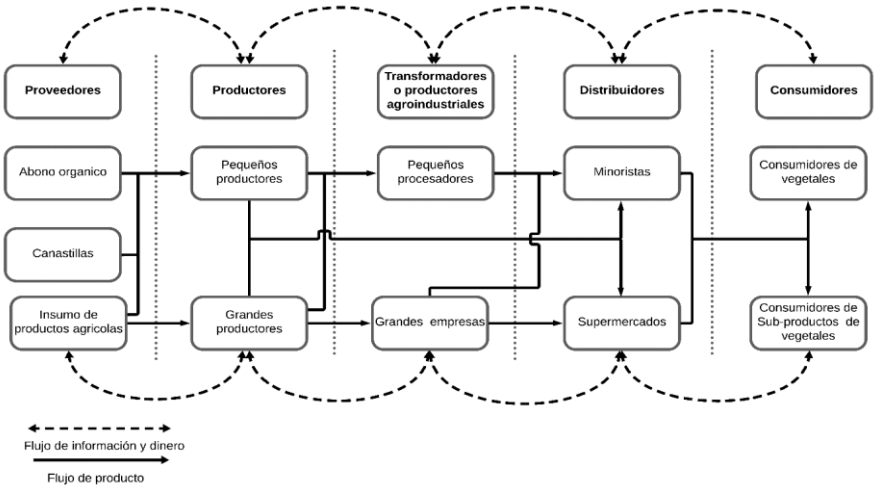
La producción de verduras en Colombia abarca una amplia variedad de cultivos, con más de 30 tipos diferentes. Las principales verduras cultivadas en el año 2021 incluyen arvejas con un volumen de producción de 68.058 ton, tomates con 603.551 ton, cebollas de bulbo con 281.035 ton, zanahorias con 291.278 ton, ahuyamas con 147.132 ton y cebollas de rama con 354.547 ton, siendo los tomates el cultivo con la mayor cantidad de producción (Ministerio de Agricultura, 2021). Según la Sociedad de Agricultores de Colombia (SAC), en el año 2020 se cosecharon aproximadamente 13.04 millones de toneladas de productos hortofrutícolas a nivel nacional (Revista Nacional de Agricultura, 2021). Esta producción refleja la importancia del sector agrícola en Colombia y su contribución a la seguridad alimentaria del país.

Comentado [hp1]: Cantidades o Ha sembradas

Siendo así, es importante conocer la cadena de suministros de verduras ya que es un proceso que involucra todas las etapas por las que pasan las verduras desde su producción hasta llegar al consumidor final. Esta cadena implica la coordinación y colaboración de múltiples actores, como agricultores, distribuidores, mayoristas y minoristas, para asegurar que las verduras lleguen frescas y en buen estado a los clientes. Por consiguiente, en la figura 2 se presenta la caracterización de la cadena de suministro de verduras, en los cuales se manejan los siguientes eslabones:

Figura 2.
Caracterización de la cadena de suministro de verduras en Colombia.

8



Nota: Adaptada de "Verduras y Hortalizas" (p. 12), por Orejuela Javier, at al 2015.

Tabla 1: *Descripción de los eslabones de la cadena de suministros de verduras*

ESLABÓN	DESCRIPCIÓN
PROVEEDORES	Hay empresas que producen y comercializan todo tipo de semillas y plántulas de las diversas variedades de verduras que se cultivan; fertilizantes químicos y orgánicos que ayudan a nutrir el suelo; pesticidas, fungicidas y herbicidas que son necesarios para el control de plagas, enfermedades y malezas; equipos y sistemas de riego esenciales para el correcto suministro de agua; maquinaria e implementos agrícolas necesarias para preparación, siembra, mantenimiento y cosecha de las verduras y por ultimo las que suministran los insumos y materiales de empaque como cajas, bolsas, entre otros, que son indispensables para el empaque y la presentación de las verduras que serán próximas a comercializar. Se maneja un promedio de 3 a 4 proveedores para asegurar la disponibilidad de los diferentes insumos, (Orejuela Javier, at al 2015) además de esto, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia cataloga en la caracterización de hortalizas a los proveedores de servicios como: mano de obra, insumos, maquinaria, riego, transporte y acompañamiento técnico (Min. de Agricultura. 2021).
PRODUCTORES	En el segundo eslabón esta la parte de productores donde lo componen agricultores y empresas dedicadas al cultivo y cosecha de verduras; aquí se puede encontrar pequeños agricultores familiares, medianos productores y grandes empresas agroindustriales, dependiendo de la escala de producción. Además, pueden estar organizados por

9

	asociaciones, cooperativas o gremios que les permiten tener mejores recursos. En el caso de Colombia según Dominguez, J. (2023), presidente de la red camaras de Comercio de Colombia, se ha presentado un crecimiento del 99,6% en el número de organizaciones asociativas dedicadas a actividades agropecuarias pasando de 3.022 en 2015 a 6.033 en el 2021. Actualmente se cuenta con 3.2 millones de personas que se dedican a la producción agropecuaria, pero según datos de (Asohofrucol, 2023) para el año 2022 la producción de hortalizas y verduras en Colombia alcanzo 13.07 millones.
TRANSFORMADORES O SECTOR INDUSTRIAL	Aquí se encuentran empresas o instalaciones dedicadas a procesar o darles valor agregado a las verduras frescas provenientes de los productores agrícolas. Este eslabón es importante ya que busca prolongar la vida útil de las verduras, agregar valor y satisfacer la demanda de los consumidores que les gusta los productos listos para consumir. En este caso esta como ejemplo la empresa Vive Agro quien se dedica a procesar y distribuir verduras de acuerdo con las necesidades de los clientes y sobre todo con los más altos estándares de calidad, actualmente cuenta con un portafolio con más de 160 productos entre frutas, hortalizas y vegetales que son producidos por más de 80 agricultores locales (Vive Agro, s. f.)
DISTRIBUIDORES	En el cuarto eslabón esta la distribución, que es donde se encuentran los actores que se encargan de comercializar y hacer llegar las verduras desde los centros de acopio o procesadores hasta los diferentes canales de venta al consumidor final. En esta sección se puede encontrar distribuidores mayoristas, minoristas, especializados, cadenas de supermercados y exportadores, quienes actúan como intermediarios entre los productores agrícolas y los consumidores finales. Su función principal es adquirir las hortalizas directamente de los agricultores en las diferentes zonas de cultivo, como veredas y centros de producción. Después, transportan y revenden estos productos en puntos de venta, como centrales mayoristas o plazas de mercado (Orejuela Javier, at al 2015). Los distribuidores desempeñan un papel crucial en la cadena de suministro al facilitar la comunicación y la transferencia de productos entre las áreas rurales y urbanas. En muchos casos, los agricultores venden sus productos a los distribuidores debido a la falta de conexiones directas con el mercado, influenciada por la infraestructura vial deficiente y los altos costos asociados con la comercialización. Los distribuidores, a su vez, establecen las condiciones de negociación con los agricultores, determinando aspectos como la forma de pago, la calidad y presentación del producto, y el precio de venta. Además, estos intermediarios juegan un papel importante en la distribución de alimentos en las grandes ciudades, abasteciendo los centros mayoristas y las tiendas de barrio.

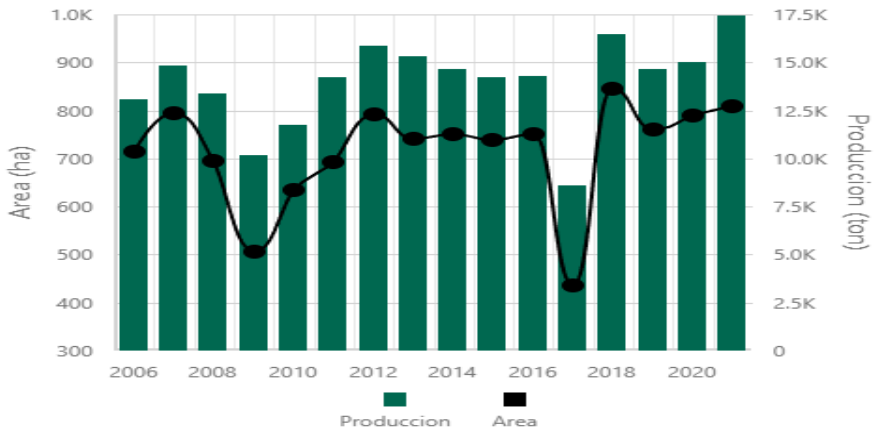
10

CONSUMIDORES	En esta sección están los clientes finales quienes demandan y adquieren las verduras. Los hogares que adquieren el producto en supermercados, plazas, tiendas de barrio u otros canales minoristas son consumidores domésticos o familiares; los de servicios que son: restaurantes, hoteles, hospitales, escuelas, entre otros y los de exportación que son las personas que adquieren el producto en otros países.

5.1.1 Caracterización de la cadena de suministros caso de estudio brócoli y coliflor

En cuanto a la producción de brócoli y coliflor, en Colombia esta se concentra en Antioquia, Boyacá, Cauca, Cundinamarca y Nariño. Durante el 2021, se registraron más de 17 mil toneladas producidas de brócoli con un área cosechada de más de 12 mil hectáreas (Agronet, 2024), como se muestra en la figura 3. En cuanto a la coliflor, estos mismos departamentos han mostrado una producción anual durante el mismo año que supera las 7 mil toneladas, con un área cosechada de 4 mil hectáreas (Agronet, 2024), como se observa en la figura 4.
Se estima que estas dos actividades agrícolas anualmente generan alrededor de 350 mil empleos en total. De estos, aproximadamente 117 mil son empleos directos, mientras que unos 233 mil son empleos indirectos (Ministerio de Agricultura y desarrollo social, 2021).

Figura 3.
Área cosechada y producción de Brócoli en Colombia.

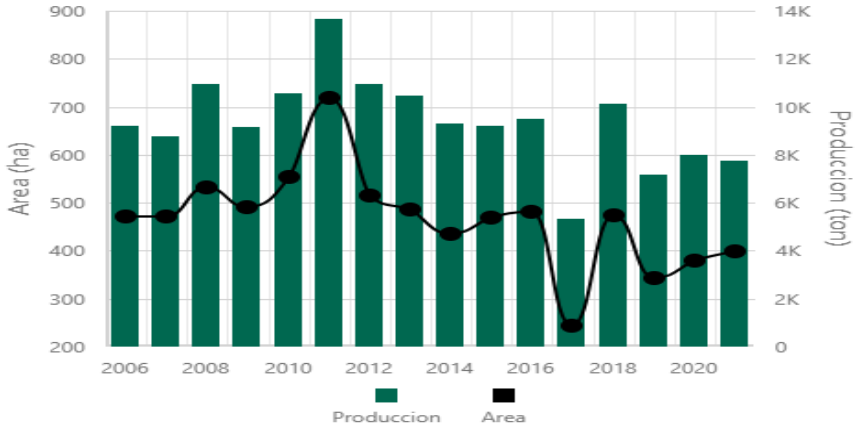


Nota. El grafico representas las toneladas de Brócoli producidas en Colombia año a año, así como las hectáreas utilizadas para su cosecha. Tomado de Agonet.com del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2024, (https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1)

Figura 4.

11

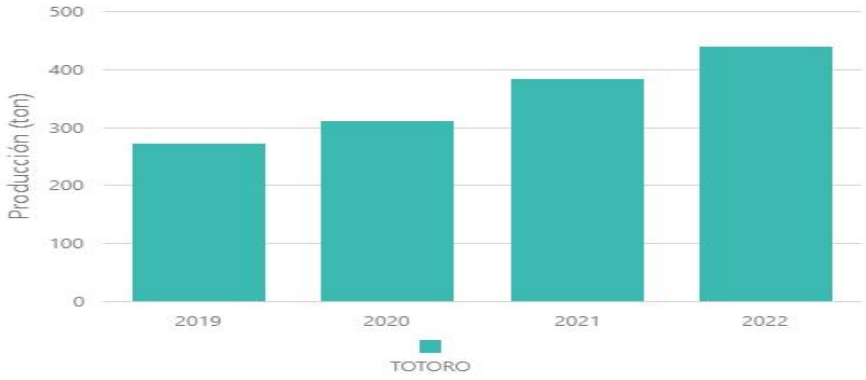
Área cosechada y producción de Coliflor en Colombia



Nota. El grafico representas las toneladas de coliflor producidas en Colombia año a año, así como las hectáreas utilizadas para su cosecha. Tomado de Agonet.com del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2024, (https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1)

Por otro lado, en el departamento del Cauca, la producción de brócoli para el año 2022 fue de 2,268 toneladas y de coliflor de 1,332 toneladas, lo que nos indica que estos cultivos han cogido mayor aceptación por los productores ya que se puede evidenciar un crecimiento significativo desde el año 2007 donde se presentaron las primeras producciones (Agronet, 2024)
Mientras tanto en el Municipio de Totoró la producción de brócoli fue de 438.45 ton en un área sembrada de 40 ha y para la coliflor fue de 192 ton con un área sembrada de 15 ha para el año 2022. Como se observa en la figura 5 el cultivo de Brócoli ha crecido mucho en comparación con la figura 6, donde la coliflor ha disminuido con respecto al año 2021, ya que se evidencia que son las mismas áreas sembradas, pero con diferente producción.

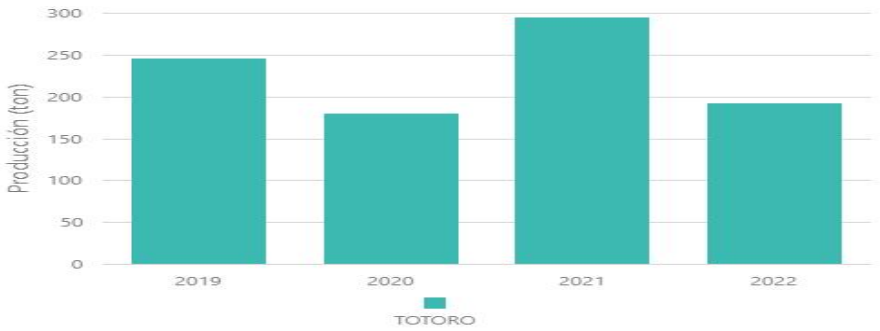
figura 5.
Producción de brócoli en el Municipio de Totoró



12

Nota. El grafico muestra las toneladas de brócoli cosechadas en el municipio de Totoro desde el año 2019, Tomado de Agonet.com del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2024 (https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1)

Figura 6.
Producción de Coliflor en el Municipio de Totoró

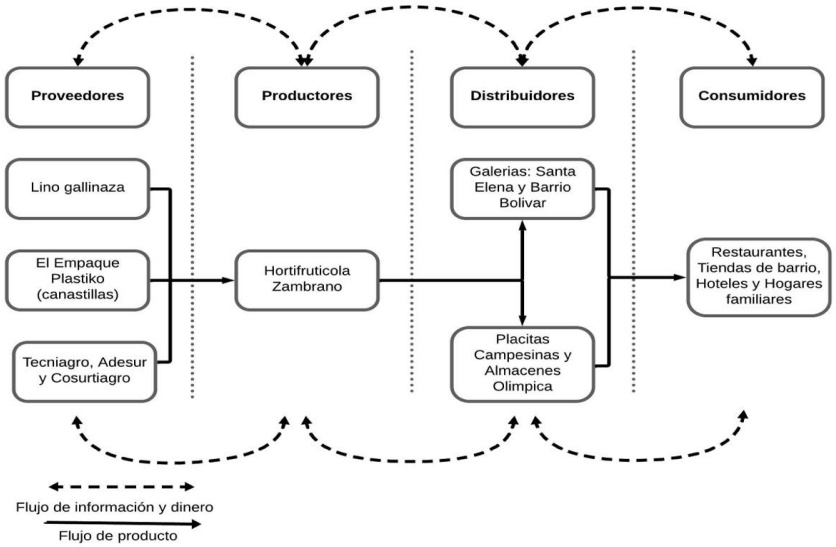


Nota. El grafico muestra las toneladas de brócoli cosechadas en el municipio de Totoro desde el año 2019, Tomado de Agonet.com del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2024, (https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1)

Para comprender mejor esta dinámica y sus implicaciones en la cadena de suministro local de la producción de brócoli y coliflor en el Municipio de Totoró y en base en la cadena de suministros de verduras y hortalizas de la figura 1, se configura la cadena de suministros para el brócoli (Brassica oleracea var. Italica) y coliflor (Brassica oleracea var. Botrytis) como se muestra en la figura 7 adaptada al caso de estudio del municipio de Totoro.

Figura 7.
Cadena de suministro caso de estudio brócoli y coliflor.

13



Nota: Autores del proyecto

5.1.2 Descripción de la cadena

Tabla 2*: descripción de la cadena de suministros de los cultivos Brócoli y Coliflor*

ESLABÓN	DESCRIPCIÓN
1 *PROVEEDORES*	Hay 2 proveedores de abono orgánico (gallinaza) encargados de entregar mensualmente 200 bultos donde lo requiera el agricultor. así mismo, se maneja 4 proveedores de insumos agrícolas como Tecniagro, Adesur, Cosurtiagro y Ferroagro quienes son los que distribuyen a nivel departamental todo tipo de insumos como abono químico, insecticidas, plaguicidas, semillas, entre otros, a un precio accesible y por último está el proveedor de canastas plásticas a quien se le realiza pedidos cada dos años por cantidades inferiores a 100 unidades.
2 *PRODUCTORES*	Hortifruticola Zambrano es una microempresa familiar ubicada en el Municipio de Totoró - Cauca y constituida desde hace más de 5 años, dedicada a la producción y comercialización de verduras como el brócoli, coliflor, calabacín verde y amarillo, repollo morado y acelgas. Siendo los productos estrella el brócoli y coliflor con una capacidad de siembra de 3 y 1.5 hectáreas y una producción promedio de 9 y 5 toneladas mensuales respectivamente.
3 *DISTRIBUIDORES*	Los productos cosechados son demandados principalmente por mayoristas y minoristas que están ubicados en las

14

		galerías de la ciudad de Popayán (barrio Bolívar) y en la ciudad de Cali (Santa Helena), así mismo, se surte directamente a placitas campesinas y almacenes de cadena como olímpica.
4	*CONSUMIDORES*	Los principales consumidores de Brócoli y Coliflor están distribuidos entre personal de casas de familia; restaurantes como Mey Chow, Quieta Margarita y Dos gardenias; tiendas de Barrio, entre otros. En ocasiones estos consumidores adquieren directamente el producto con los productores dado a que así se ahorran el pago de algún interés adicional.

En vista de lo anterior, se caracteriza el proceso en la primera milla de la cadena de suministro de brócoli y coliflor, representada en el eslabón de los productores. Las actividades involucradas son las siguientes:

Tabla 3: *Descripción de las actividades en primera milla*

Actividad	Descripción
Germinación de semillas Fuente: Autores del proyecto. Fuente: Autores del proyecto.	En esta sección se realiza la respectiva germinación de las semillas de brócoli y coliflor en bandejas con capacidad de albergue de 200 plántulas. Para la plantulación se usa un material orgánico conocido como turba, que es un sustrato de coco que permite que la semilla tenga una buena humedad y un buen enraizamiento. Estas plantulaciones se deben realizar semanalmente para que así se logre obtener una producción continua ya que estos cultivos son de una sola cosecha. Actualmente en el caso de estudio, se está manejando una germinación de 12.000 plántulas de brócoli y 6.000 de coliflor, pero se ha evidenciado que no se obtienen debido a factores que alteran el proceso de crecimiento de la plántula como afectaciones de hongos, riego inadecuado, mala distribución de la turba, entre otros. El tiempo promedio en que una plántula esta lista para el trasplante en campo abierto es de un 1 mes.
Preparación de terrero	En esta etapa se realizan labores de arado y nivelación de la tierra para que quede suelta y sea más fácil de manipular, seguidamente

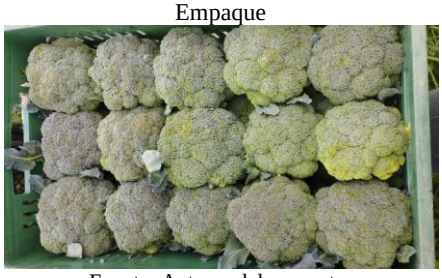
15

 Fuente: Autores del proyecto. Fuente: Autores del proyecto.	se toman medidas para establecer el largo del surco que debe ser de 25 metros, así mismo, las medidas entre planta y planta que es de 40 cm y entre surco y surco de 45 cm. Para tener un adecuado desplazamiento entre los surcos se es necesario manejar calles que son implementadas cada 4 surcos con una medida de 50 cm de ancho, del mismo modo, se realizan desagües para prevenir encharcamientos. Establecido estas medidas se procede al riego de la gallinaza y su respectivo tapado para iniciar con la siembra. Para la cantidad de plántulas que se disponen a sembrar, se maneja un promedio de 40 bultos de gallinaza por semana. ,
Siembra Fuente: Autores del proyecto. Fuente: Autores del proyecto.	En esta etapa se seleccionan las semillas que se trasplantarán en campo abierto dado a que hay algunas plántulas que no tiene cogollo o que sufren de alguna enfermedad que no se controló a tiempo. seguidamente se hace una fumigación a la semilla para prevenir enfermedades u hongos que se puedan adquirir días después de realizado la siembra. Normalmente, el brócoli y la coliflor se pueden plantar a unos dos centímetros de la superficie de la tierra. Se considera que por cada bandeja de 200 semillas se están perdiendo aproximadamente 20 plántulas, las cuales representan un valor significativo
Mantenimiento de cultivo	En este ítem se realiza actividades de fertilización que se hacen cada 20 días tras sembrada la plántula, así mismo, en

16

 Fuente: Autores del proyecto. Fuente: Autores del proyecto.	temporadas de verano se hace la instalación del riego ya que por lo general estos cultivos requieren de una cantidad moderada de humedad constante sin precipitarse a encharcamientos. Por otro lado, se maneja un control de plagas que pueden afectar los cultivos como la conocida mosca blanca, los pulgones, la mariposa de la col, el gusano medidor y hasta los trips. También pueden verse afectadas por hongos y enfermedades bacterianas generales, o específicas. Por ello, es conveniente mantener unos buenos controles preventivos de insecticidas y antifúngicos que aseguren el buen desarrollo de la planta.
Cosecha Fuente: Autores del proyecto. Fuente: Autores del proyecto.	Cuando los productos alcanzan su etapa de maduración, más o menos tras los 3 meses de trasplantado, se realiza la recolección manual donde se cortan las cabezas o pellas que tengan de 8 a 20 cm de diámetro para el brócoli y de 10 a 15 cm para la coliflor. Para estos cultivos se deben realizar hasta 3 cosechas a la semana, ya que no todas las plántulas maduran a la vez. Es de consideran que en esta etapa es donde se ve más reflejado la perdida de productos, dado a que por cambios de temperatura o por causas externas, la pella presenta daños, lo que genera que el producto sea descartado inmediatamente. Se ha evidenciado que la perdida puede estar abarcando un 60% de un lote listo para cosechar

17

Clasificación y selección Fuente: Autores del proyecto.	Una vez realizada la cosecha se selecciona el producto. En esta fase se manejan las categorías de primera y segunda para realizar la clasificación, siendo así, se toman en cuenta características como tamaño, color y compactación que son ítems esenciales para la oferta del producto. De acuerdo con esta selección se distribuye el producto ya sea para galería o para almacenes de cadena.
Empaque  Fuente: Autores del proyecto. Fuente: Autores del proyecto.	En esta etapa el producto se empaca en canastillas plásticas con medidas de 60x40x25 cm para el brócoli y para la coliflor de 60x40x18 cm. Este tipo de empaque se usa para que los dos productos no se maltraten y se pueda transportar fácilmente. La capacidad que cada canasta debe transportar es de 10 y 8 kilos respectivamente y la cantidad que logra albergar es de 30 a 35 unidades de brócoli y 15 a 18 unidades de coliflor.
Transporte inicial Fuente: Autores del proyecto.	Para finalizar, el producto es cargado y transportado por camiones tipo turbo o camionetas con capacidades de 1 a 5 toneladas. Una vez cosechado, el producto se vende directamente a plazas de mercado mayorista y supermercados.

18

Ya obtenido la descripción del proceso de la primera milla y teniendo claro cuáles son las etapas donde se presentan mayor pérdida de alimentos, procedemos a realizar la respectiva cuantificación que se verá reflejada de la siguiente manera

5.2. Cuantificación de pérdidas de alimentos en la primera milla

La cuantificación de la pérdida de alimentos en las cadenas de suministro varía principalmente debido a factores contextuales como la falta de recursos monetarios o humanos, la falta de datos confiables, la complejidad de la cadena de suministro y la metodología utilizada. Según Hoehn et al. (2023), "Hasta la fecha, no se ha acordado ninguna metodología estándar para cuantificar la pérdida y el desperdicio de alimentos (PDA)". Además, el cálculo oficial de la FAO para la cuantificación de alimentos presenta problemas debido a la dependencia de las estimaciones de la FAO y bases de datos secundarias similares, como la serie de datos de LAFA (Loss-Adjusted Food Availability). Esta dependencia genera niveles significativos de incertidumbre en los resultados informados sobre la cuantificación de las pérdidas de alimentos a escala mundial (Hoehn et al., 2023). debido a ello es crucial contar con una definición y un método de evaluación estandarizados que se centren en las etapas de la cadena de valor y la recolección de datos detallados. En este contexto, para cuantificar las pérdidas en la primera milla de la cadena de suministro de verduras especialmente de brócoli y coliflor, se utiliza la metodología propuesta por Delgado et al. (2017), definidas como "*(C-method)*", "*(A- method)*" y "*(P-method)*", En este enfoque, los agricultores y los intermediarios evalúan su producción durante la cosecha y poscosecha, así como en la compra y venta. Además, se calcula la pérdida cuantitativa y cualitativa utilizando fórmulas específicas que consideran el daño y los precios de venta en diferentes categorías presentadas en las siguientes ecuaciones:

5.2.1. Desarrollo Caso de estudio.

5.2.1.1 Por Método de categoría (C – method).

Para la cuantificación de perdida en el **brócoli (brassica oleracea var. italica),** para la finca productora **Hortifruticola Zambrano** quien en la actualidad maneja una siembra semanal de 12000 plántulas y un área de producción de 3 hectáreas, se utiliza la ecuación 1 para conocer la perdida de producto según sus categorías en la etapa de cosecha y poscosecha. Para esto se utilizarán datos de los 3 últimos meses de producción del año 2023:

Tabla 4. *producción de brócoli para los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2023*

Producto / mes	Octubre (kg)	Noviembre (kg)	Diciembre (kg)
Brócoli	828	1121	1160
	751	778	740
	665	1000	656
	469	825	440
	528	1134	495
	548	1080	560

19

	667	446	426
	894	493	248
	1148	740	310
	663	908	360
	809	982	650
	886	1168	700
	936	1187	
total	9792 kg	11862 kg	6745 kg

Nota: datos tomados de la empresa en estudio.

Según los datos disponibles, se observa que la producción no es estable, por lo que se recurre a calcular el promedio de la producción (9466 kg) mensual. Con base en esto, se aplicará la ecuación 1.

Para establecer la cantidad total después de la poscosecha y los coeficientes de daño, se toman como referencia las observaciones realizadas por el agricultor, quien define dos categorías. La primera categoría (alta calidad o de primera), representada en la figura número 8, tiene un coeficiente de daño en la poscosecha del 2%. La segunda categoría (media calidad o de segunda), mostrada en la figura número 9, tiene un coeficiente de daño del 7%.

Figura 8. *Brócoli alta calidad o de primera*

Nota. El brócoli de alta calidad se distingue por sus cabezas compactas y de color verde azulado uniforme. Las flores están cerradas y los tallos son firmes y limpios.

Figura 9. *Brócoli de media calidad o de segunda.*

20

Nota. El brócoli de calidad media se distingue por tener cabezas con algunas alteraciones, como áreas amarillentas, color menos uniforme o deformidades físicas no significativas.

Para calcular las pérdidas generadas en las diferentes categorías y con los datos suministrados, se desarrolla el cálculo de pérdidas de la siguiente manera:

- Cantidad total producida **(Q*prod*)** = 9466 kilos mensuales
- Cantidad total después de la postcosecha **(Q$_{PH}$)** = 9182 kilos mensuales
- Categorías de calidad ***i*** = alta calidad o de primera y media calidad o de segunda.
- Coeficiente de daño **(C*i*)** = Categoría alta = 0.02 (2% de daño) y Categoría media = 0.07 (7% de daño)
- Cantidad de producto después de postcosecha **(QC*i*$_{PH}$)** =
  Categoría alta calidad = 7182 kg
  Categoría media calidad = 2000kg
  Entonces:

$$Weinghtloss\,p\; = \sum_{i=1}^{2}(0.02 \cdot 7182 + 0.07 \cdot 2000) + (9466 - 9182)$$

- Aplicando la ecuación (1) resulta que la pérdida cuantitativa de peso es de unos 568 kilos mensuales. Esto significa que, de los 9466 kg de brócoli producidos, 568 kg se perdieron debido a daños en las diferentes categorías de calidad y pérdidas en la fase de poscosecha.

Por otro lado, para el cálculo de la ecuación 2 que nos permite conocer la pérdida del valor económico, los datos suministrados serán tomados por parte del agricultor y por fuentes secundarias como Agronegocios quien nos permite visualizar el comportamiento de los precios del producto a nivel nacional y son los siguientes:

- Precio promedio de venta producto ideal sin daños ($\overline{P}_{ideal}$) = $4000 / kg
- Precio de venta promedio por categorías ($\overline{P}_{ci}$) =
  alta calidad o de primera: $4000 /kg
  media calidad o de segunda; $3500 /kg

21

- Valor total de todo el producto después de la producción (V_{Prod}) = $37.864.000
- Valor total de todo el producto después de la postcosecha (**VPH**) = $35.728.000

$$ValueLoss_p = \sum_{i=1}^{2}[(0 \cdot 7182) + (500 \cdot 2000)] + (37.864.000 - 35.728.000) = 3.136.000$$

- Los resultados obtenidos en la ecuación 2, nos da a conocer que la pérdida de valor económico total para el cultivo de brócoli es de $3.136.000. Este valor representa la diferencia entre lo que el productor esperaba obtener si todo el producto fuera de calidad ideal y lo que realmente obtuvo después de las pérdidas y la degradación del producto durante la postcosecha.

Al igual que el brócoli, se calcula la perdida que se genera en la **coliflor (Brassica oleracea var. Botrytis)** se tiene que la siembra semanal es de 6000 plántulas con un área sembrada de 1.5 hectáreas. Los datos en estudio son los siguientes:

Tabla 5. *producción de coliflor para los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2023*

Producto / mes	Octubre (kg)	Noviembre (kg)	Diciembre (kg)
COLIFLOR	955	579	928
	713	352	1115
	387	700	1230
	275	882	668
	223	816	711
	71	661	700
	120	380	536
	401	110	404
	412	582	
	475	550	448
	606	520	
	609	1020	38
	612	715	
Total	5859	7867	6778

Nota: datos tomados de la empresa en estudio

Al observar que los datos suministrados presentan la misma inestabilidad de producción como el brócoli, se realiza el cálculo del promedio de producción donde tenemos que es 6835 kilogramos mensuales. Con respecto a las categorías y coeficientes de daño, se tomarán los mismos datos expuestos anteriormente para el cálculo de la ecuación 1, siendo así:
La primera categoría (alta calidad o de primera), representada en la figura número 10, tiene un coeficiente de daño en la poscosecha del 2% y la segunda categoría (media calidad o de segunda), mostrada en la figura número 11, tiene un coeficiente de daño del 5%.

22

Figura 10. *Coliflor de alta calidad o de primera.*

Nota. La coliflor de calidad alta o de primera, se caracteriza por tener una cabeza compacta y bien formada, así mismo, su color debe ser blanco cremoso y con hojas verdes y frescas

Figura 11. *Coliflor de media calidad o de segunda.*

Nota. La coliflor de calidad media se distingue por tener cabezas con algunas alteraciones, como áreas amarillentas y daños por insectos, pero no afectan para su consumo.

Seguidamente:

- Cantidad total producida **(Q*prod*)** = 6835 kilos mensuales
- Cantidad total después de la poscosecha **(Q_{PH})** = 6630 kilos mensuales
- Categorías de calidad ***i*** = alta calidad o de primera y media calidad o de segunda.
- Coeficiente de daño **(C*i*)** = Categoría alta = 0.02 (2% de daño) y Categoría media = 0.05 (5% de daño)

23

- Cantidad de producto después de poscosecha **(QC*iPH*)** =
  Categoría alta calidad = 6030 kg
  Categoría media calidad = 600kg

Entonces:

$$Weinghtloss\ p\ = \sum_{i\,=\,1}^{2} (0.02 \cdot 6030 + 0.05 \cdot 600) + (6835 - 6630)\ = 355.6$$

- Los resultados obtenidos nos indican que de los 6835 kilos de coliflor que fueron producidos para este año, se perdieron 356 kilos por causas asociadas a daños en las 2 categorías de calidad en la etapa de poscosecha.

Por otra parte, para el cálculo de la pérdida de valor económico correspondiente a la ecuación 2, los datos son:

- Precio promedio de venta producto ideal sin daños ($\overline{P}_{ideal}$) = $4000 / kg
- Precio de venta promedio por categorías ($\overline{P}_{ci}$) =
  alta calidad o de primera: $4000 /kg
  media calidad o de segunda; $3500 /kg
- Valor total de todo el producto después de la producción (**V*PROD***) = $27.340.000
- Valor total de todo el producto después de la postcosecha (**VPH**) = $26.220.000

$$ValueLoss_p = \sum_{i=1}^{2} [(0 \cdot 6030) + (500 \cdot 600)] + (27.340.000 - 26.220.000)$$
$$= 1.420.000$$

- Siendo así, la pérdida de valor económico correspondiente al cultivo de coliflor es de $1.420.000. Una cifra significativa que está perdiendo el agricultor al no lograr manejar un control adecuado de los daños que se presentan en la etapa de postcosecha.

Con todo y lo anterior, los resultados obtenidos por parte de los dos cultivos fueron de un total de pérdida de peso de 924 kilos correspondiente a una pérdida de valor económico de 4.5 millones. Se puede considerar que para que estos valores se minimicen, se deben realizar actividades encaminadas al mejoramiento de la producción, como la implementación de refrigeración inmediata que permita que los productos mantengan su frescura, así mismo, la utilización de camiones refrigerados que ayuden a que el producto no sufra estrés térmico y de deshidratación al conducirlos al mercado.

5.2.1.2. Método de atributos (A – method).

Para aplicar esta metodología en el cultivo de brócoli, se tomarán datos del anterior método y se incluirán datos nuevos suministrados por el agricultor con verificación de información secundaria.

24

se inicia definiendo los atributos de calidad (*j*) que permiten determinar si el producto es de alta o media calidad, estos serían los siguientes: Color, compactación, daños por plagas o enfermedades y olor. En la figura 12 se muestra el color óptimo y su compactación, en la figura 13 se evidencia el producto afectado por plagas o enfermedades.

Figura 12. *Brócoli de color y compactación optima.*

Nota. producto de alta calidad que se comercializa en supermercados.

Figura 13. *Brócoli afectado por plagas o enfermedades y con mal olor.*

Nota. Producto afectado por enfermedad ocasionada por acceso de humedad, el cual presenta pequeñas pudriciones en las flores y por tanto no es óptimo para ser comercializado

De acuerdo con el *A.method*, nos dice que se debe de estipular el castigo promedio en el precio ($\overline{Pa_j}$) para cada atributo, siendo: $\overline{Pa_1}$= \$100 / kg; $\overline{Pa_2}$ = \$200 / kg; $\overline{Pa_3}$ = \$400 / kg y $\overline{Pa_4}$ = \$100 / kg.
Además, Q_{PH} = 9182 kilos mensuales, $\mathbf{V_{PROD}}$ = \$37.864.000 y $\mathbf{V_{PH}}$ = \$35.728.000.

25

Entonces:

$$ValueLoss_p = \sum_{j=1}^{4} (7.345.600) + (37.864.000 - 35.728.000) = 9.481.600$$

- Aplicando los datos en la ecuación 3 nos da que la pérdida de valor económico total por factores cualitativos en la primera milla de la cadena de suministro del brócoli es de $9.481.600. Al ser una cifra tan alta, se aconseja que el productor debe priorizar las áreas de mejora, como implementar mejores prácticas de cultivo para mantener el color y la compactación deseados, y mejorar las medidas de control de plagas y enfermedades para reducir los daños y la consiguiente pérdida de valor.

En relación con la perdida cuantitativa de peso del producto establecida en la ecuación 4 se tiene que:

$\boldsymbol{a_j}$ = Proporción del producto afectado por la característica j.
Color 1%, compactación 2%, daños por plagas o enfermedades 3% y olor 1%.
$\mathbf{Q_{PH}}$ = 9182 kilos mensuales
$\mathbf{Q_{PROD}}$ = 9466 kilos mensuales

Entonces:

$$WeinghtLoss_p = \sum_{j=1}^{4} (642.74) + (9466 - 9182) = 926.74$$

- El resultado obtenido de la formula nos dice que la pérdida cuantitativa de peso es de 927 kg. Esto significa que, de los 9466 kg de brócoli producidos, 927 kg se pierden debido a características inferiores como color, compactación, daño por plagas/enfermedades y olor, así como pérdidas generales desde la cosecha hasta la postcosecha.

De modo similar, se aplica la metodología del (A-method) en el cultivo de coliflor, con datos ya estipulados en este estudio.

Se definió los atributos de calidad (j) que permiten determinar si el producto es de alta o media calidad, estos serían los siguientes: Color, daños por plagas o enfermedades y olor. En la figura 14 se muestra el color de la coliflor, en la figura 15 la coliflor afectada por plagas o enfermedades.

Figura 14. *Coliflor con afectaciones en el color*

26

Nota. Producto que presenta alteraciones en el fruto pero que no incide en el consumo humano.

Figura 15. *Coliflor afectada por plagas o enfermedades*

Nota. Coliflor afectada por gusano de mariposa, no es óptimo para ser comercializado

Siendo así, el castigo promedio en el precio $\overline{Pa_j}$ para cada atributo es: $\overline{Pa_1}$ = \$100 / kg; $\overline{Pa_2}$ = \$400 / kg y $\overline{Pa_3}$ = \$100 / kg.
Además, $\mathbf{Q_{PH}}$ = 6630 kilos mensuales, $\mathbf{V_{PROD}}$ = \$27.340.000 y $\mathbf{V_{PH}}$ = \$26.220.000.

Entonces:

$$ValueLoss_p = \sum_{j=1}^{3} (3.978.000) + (27.340.000 - 26.220.000) = 5.098.000$$

27

- Los resultados nos arrojan que la pérdida de valor económico total por factores cualitativos en la primera milla de la cadena de suministro de la coliflor es de $5.098.000. Al ser una cifra considerable, se destaca que el agricultor debe implementar nuevas medidas en el manejo del cultivo para minimizar dichas perdidas.

Para la perdida cuantitativa de peso se establece que:

$\boldsymbol{a_j}$ = Proporción del producto afectado por la característica j.
Color 1%, daños por plagas o enfermedades 3% y olor 1%.
$\mathbf{Q_{PH}}$ = 6630 kilos mensuales
$\mathbf{Q_{PROD}}$ = 6835 kilos mensuales

Aplicando la formula se tiene:

$$WeinghtLoss_p = \sum_{j=1}^{3} (331.5) + (6835 - 6630) = 536.5$$

- lo que significa que, de 6835 kilos que se producen de coliflor mensualmente, la pérdida cuantitativa de peso es de 537 kg relacionados con los atributos de calidad.

5.2.1.3. Por Método de precio (P– method).

Para determinar la pérdida de valor económico entre el valor ideal y el valor real de la producción en el cultivo del brócoli, se toman en cuenta los siguientes datos para aplicarlo en la ecuación 5:

V_{ideal} = $\mathbf{Q}_{prod}$ * $\mathbf{P}_{ideal}$ = 9.466 kg * $4.000 = $37.864.000
$\mathbf{V_{PH}}$ = $\boldsymbol{\$}$35.728.000

Entonces: $ValueLoss_p = V_{ideal} - V_{PH}$ = $2.136.000

- Este resultado indica que, debido a las pérdidas en la poscosecha y la reducción de calidad, el valor de la producción del agricultor es $2.136.000 menor que el valor ideal esperado si todo el producto estuviera en perfectas condiciones.

Entre tanto, para conocer la pérdida de peso a través del valor económico se aplicará la ecuación 6.

$$WeinghtLoss_p = \frac{ValueLoss_p}{P_{ideal}} = \frac{2.136.000}{4.000} = 534\ kg$$

- Esto significa que, por las pérdidas de calidad y cantidad en el proceso productivo, el valor económico perdido por el productor equivale a la pérdida de 534 kg de brócoli en peso.

28

5.3. Análisis FODA, para la prevención de los desperdicios en la primera milla de la cadena de suministros de brócoli y coliflor.

Al utilizar la matriz FODA para evaluar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas dentro del proceso productivo del brócoli y la coliflor, se pueden identificar las situaciones que generan más desperdicio de comida. Esta herramienta es útil en investigación, evaluación comparativa, análisis de industrias, situaciones y planificación de escenarios (Leigh, D. 2009).

En el caso de la reducción de desperdicios de alimentos, se aplicó una matriz FODA, como se muestra en la tabla 6, en la cual se identificaron factores internos (fortalezas y debilidades) y externos (oportunidades y amenazas) que podrían afectar la implementación de prácticas de reducción de desperdicios en la primera milla de la cadena de suministro de brócoli y coliflor, como se detalla en el caso de estudio donde se desarrolló la investigación. Este análisis determina qué prácticas deben mantenerse o ampliarse en el futuro y cuáles deben eliminarse o combinarse con otros métodos y herramientas (Keeps, EJ, 2006).

Tabla 6.
Matriz FODA del proceso productivo de brócoli y coliflor - caso de estudio.

Fortalezas	Oportunidades
• Experiencia en el manejo y cosecha de los cultivos de brócoli y coliflor • Tierra fértil y condiciones climáticas favorables • Infraestructura y equipos adecuados • Diversificación de cultivos • Mano de obra capacitada.	• Adopción de nuevas tecnologías que prologuen la vida útil del producto. • Desarrollo de productos procesados a partir de excedentes. • Transporte con sistema de enfriamiento. • Acceso a programas de capacitación y asistencia técnica. • Colaboración con organizaciones para reducir los desperdicios
Debilidades	**Amenazas**
• Pérdida de plántulas en la etapa de germinación • Falta de capacitación y sensibilización sobre pérdidas y desperdicios • Infraestructura de almacenamiento y transporte deficiente • Dificultad para monitorear y cuantificar las pérdidas en cada etapa • Falta de recursos financieros para implementar mejoras	• Condiciones climáticas adversas • Plagas y enfermedades que afectan rendimiento y calidad • Alta competencia • Fluctuaciones en la demanda y precios del mercado • Incremento en los costos de producción.

Tabla 7: análisis de la matriz FODA.

29

Fortalezas - Oportunidades (FO):	**Fortalezas - Amenazas (FA):**
Utilizar la experiencia y el conocimiento del terreno para identificar nuevas áreas de cultivo con condiciones óptimas. Implementar sistemas mejorados de riego y drenaje para aumentar la eficiencia en el uso del agua y maximizar la producción.	Utilizar la experiencia en el terreno y las prácticas agrícolas adecuadas para mitigar los efectos negativos de las condiciones climáticas adversas. Desarrollar programas de control de plagas y enfermedades basados en el conocimiento local y la experiencia en el manejo de cultivos.
Debilidades - Oportunidades (DO):	Debilidades - Amenazas (DA):
Implementar medidas para reducir la pérdida de plántulas en la etapa de germinación, como mejorar las técnicas de siembra y cuidado de las plántulas. Utilizar sistemas de almacenamiento en cámaras frigoríficas y transporte con enfriamiento para prolongar la vida útil de los productos.	Desarrollar planes de contingencia para enfrentar las condiciones climáticas adversas y las fluctuaciones en los precios de los productos agrícolas, centrándose en la protección de los cultivos y la reducción de costos. Implementar estrategias de control de plagas y enfermedades más efectivas, como la introducción de prácticas de manejo integrado de plagas y el uso de métodos biológicos.

En el caso de estudio de Hortofrutícola Zambrano, enfocado en los procesos de primera milla de los productos de brócoli y coliflor, se identifican varias fortalezas. La finca posee una vasta experiencia y conocimiento del terreno, lo cual es crucial según Escobar H. (2013), quien enfatiza la importancia de comprender el historial del terreno y seleccionar áreas sin hernia de las crucíferas. Además, se destaca el uso de material orgánico para la plantulación, como turba y sustrato de coco, que favorecen la humedad y el enraizamiento adecuado de las semillas. Las prácticas agrícolas adecuadas y adaptadas a las condiciones locales del Cauca, así como la realización de labores de arado y nivelación, y el uso de desagües para prevenir encharcamientos, son fundamentales para el éxito del cultivo. La zona de estudio cuenta con pendientes adecuadas y altitud óptima para la siembra (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Antioquia, 2011).

Existen oportunidades significativas de mejora en la optimización de sistemas de riego y drenaje, lo que ayuda a prevenir la pérdida de productos por exceso de agua y asegura un desarrollo óptimo de las plantas (Jaramillo et al., 2016). Mantener la plantación libre de malezas y realizar una rotación de cultivos adecuada son prácticas preventivas importantes para reducir los ataques de plagas y enfermedades, y para conservar la fertilidad del suelo. Cada tipo de planta tiene necesidades nutricionales únicas, por lo que variar los cultivos previene el agotamiento de nutrientes específicos (Jaramillo y Ríos, 2007).

30

Hay debilidades como la pérdida de plántulas en la etapa de germinación, que se puede prevenir siguiendo recomendaciones como realizar el trasplante en horas frescas y mantener las plántulas hidratadas (Jaramillo et al., 2006; Flórez et al., 2010, citado en Jaramillo et al., 2016). El control ineficaz de enfermedades y plagas también es una debilidad significativa. Se recomienda un manejo integral adaptado a cada caso específico, identificando y describiendo las plagas para tomar decisiones informadas que prevengan o reduzcan sus poblaciones a niveles manejables (Jaramillo et al., 2016).

Las principales amenazas para el proceso incluyen condiciones climáticas adversas, el aumento de plagas y enfermedades, y los estrictos estándares estéticos del mercado que pueden llevar al descarte de productos que no cumplen con estas exigencias. En resumen, aunque Hortofrutícola Zambrano tiene muchas fortalezas y oportunidades de mejora, enfrenta debilidades y amenazas significativas que deben gestionarse adecuadamente para asegurar el éxito de sus cultivos de brócoli y coliflor.

6. Conclusiones E Investigaciones Futuras.

Al analizar la cadena de suministro de verduras y hortalizas en Colombia, específicamente en el departamento del Cauca y el Municipio de Totoró, se pueden extraer conclusiones fundamentales que arrojan luz sobre el proceso y sus implicaciones en la pérdida de alimentos en la primera etapa, conocida como la primera milla.

La complejidad y diversidad de actores involucrados en esta cadena son notables. Desde proveedores de insumos agrícolas hasta consumidores finales, pasando por productores, transformadores y distribuidores, diversos actores colaboran en este proceso. Esta diversidad puede afectar la eficiencia y efectividad de la cadena en su conjunto, así como la gestión de la pérdida de alimentos en cada fase.

La importancia de la coordinación y colaboración entre estos actores es evidente, la coordinación entre los diferentes eslabones de la cadena es crucial para garantizar la calidad y frescura de los productos, así como para reducir las pérdidas. Una colaboración efectiva entre proveedores, productores, distribuidores y consumidores puede contribuir significativamente a mejorar la eficiencia de la cadena y a reducir las pérdidas de alimentos.

Se identifican claramente los puntos críticos de pérdida en los procesos que abarcan la primera milla. La caracterización proporciona una visión detallada de las etapas específicas de la cadena donde se producen las mayores pérdidas de alimentos. Desde la germinación de semillas hasta la siembra, el mantenimiento del cultivo y la cosecha, se han identificado factores como enfermedades, plagas, mal manejo de los productos y condiciones ambientales adversas que contribuyen a las pérdidas.

Por otro lado, los métodos aplicados a nivel de productor permitieron conocer que las perdidas tanto en peso como en valor económico son cruciales dado a que estas radican principalmente en la disminución de la calidad del producto.

31

Las ecuaciones aplicadas proporcionan un marco analítico sólido para cuantificar y comprender las pérdidas en la producción agrícola. Al identificar tanto las pérdidas de valor económico como las pérdidas cuantitativas de peso debido a características inferiores, los productores pueden tomar decisiones informadas para mejorar sus prácticas, reducir pérdidas y, en última instancia, aumentar la rentabilidad de sus operaciones. La aplicación de estas fórmulas facilita una gestión más eficiente y estratégica de los recursos agrícolas, lo que es crucial para la sostenibilidad y el éxito a largo plazo en la agricultura.

La determinación de las pérdidas de alimentos en primera milla de cadenas productivas de verduras es importante implementarlas ya que permiten brindarles información verídica a los productores sobre si sus cultivos son rentables y si sí están cultivando la cantidad que se proponen. Se ha evidenciado que muchos de ellos practican la agricultura de forma empírica y no obtienen ningún acompañamiento de entes gubernamentales que les brinde la adecuada información sobre productividad eficaz y eficiente.

Al cuantificar las perdidas nos permite brindarle al agricultor posibilidades de mejora que busquen un buen desarrollo en las prácticas agrícolas partiendo de bases fundamentales que solo el productor puede manejar de forma adecuada, es decir, que al sugerir mejoras se debe de tener en cuenta las condiciones del clima, el manejo de los cultivos (brócoli y coliflor), el control de las enfermedades, entre otros.

El análisis realizado mediante la FODA revela los factores que influyen en la pérdida de alimentos en la primera milla de la cadena de suministros de verduras en el Municipio de Totoró - Cauca. Este análisis permito identificar las áreas críticas de enfoque, sino que también ha proporcionado una visión clara de las estrategias potenciales que podrían adoptarse para mitigar este desafío.
Al considerar las fortalezas internas, como la experiencia y el conocimiento del terreno, y combinarlas con las oportunidades externas, como la optimización de sistemas de riego y drenaje, se abre un amplio abanico de posibilidades para implementar soluciones efectivas. Por ejemplo, aprovechar la experiencia local para adaptar las prácticas agrícolas a las condiciones específicas de la región y simultáneamente mejorar la eficiencia del riego y drenaje podría ser una estrategia clave.
Sin embargo, es crucial abordar las debilidades internas, como la pérdida de plántulas en la etapa de germinación, de manera proactiva. Estrategias para mejorar los procesos de siembra y cuidado de las plántulas son indispensables para garantizar una mayor tasa de supervivencia y, por ende, reducir las pérdidas.
Además, las amenazas externas, como las condiciones climáticas adversas y la competencia de productos importados de bajo costo, requieren una estrategia de respuesta sólida. Esto podría incluir la implementación de medidas de mitigación de riesgos, como la diversificación de cultivos para reducir la dependencia de un solo producto vulnerable a condiciones climáticas extremas, y la promoción de la producción local como una alternativa sostenible frente a los productos importados.

Como investigaciones futuras se puede sugerir que estos estudios se amplíen más a nuevos productos agrícolas ya que son muy pocas las investigaciones que se enfocan en este tema, así

32

mismo, con respecto a los cultivos involucrados en este estudio se puede ampliar la investigación sobre la implementación de tecnologías y sistemas de monitoreo en tiempo real para mejorar la visibilidad y el control de los productos en la primera milla de la cadena de suministro de verduras. Además, se puede manejar un estudio de estrategias de embalaje y transporte que puedan reducir las pérdidas de alimentos, como el uso de materiales de embalaje más resistentes y sistemas de refrigeración eficientes.

7. Bibliografía

Agronet. (2024). Estadísticas de producción departamental. https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=2

Bartali, E. H., Boutfirass, M., Yigezu, Y. A., Niane, A. A., Boughlala, M., Belmakki, M., & Halila, H. (2022). Estimates of food losses and wastes at each node of the wheat value chain in Morocco: Implications on food and energy security, natural resources, and greenhouse gas emissions. Sustainability, 14(24), 16561. https://doi.org/10.3390/su142416561

Beleño, I. (27 de 03 de 2018). AGRONEGOCIOS. Obtenido de En el sector agrícola se pierden 6 millones de toneladas de alimentos al año: https://www.agronegocios.co/agricultura/en-el-sector-agricola-se-pierden-6-millones-de-toneladas-de-alimentos-al-ano-2706145

Bertola, C. E. (2020). Caracterización y análisis de la cadena de suministro del brócoli y coliflor en el Cinturón Hortícola de La Plata en el marco de las Buenas Prácticas Agrícolas (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata). http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/106949

Bilska, B., Tomaszewska, M., & Kołożyn-Krajewska, D. (2024). Food waste in polish households – Characteristics and sociodemographic determinants on the phenomenon. Nationwide research. Waste Management (New York, N.Y.), 176, 30–40. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2024.01.030

CGIAR. (2020). Food Loss and Food Waste: A Once in a Generation Opportunity. (2022, February 22). CGIAR. https://www.cgiar.org/news-events/event/sdg-12-3-food-loss-and-food-waste-a-once-in-a-generation-opportunity/

CFS. (2021). Voluntary Guidelines on Food Systems and Nutrition. Rome, Committee on World Food Security. also available at http://www.fao.org/fileadmin/templates/cfs/Docs2021/Documents/CFS_VGs_Food_Systems_and_Nutrition_Strategy_EN.pdf

DANE. (29 de 10 de 2020). Encuesta Nacional Agropecuaria 2019. Obtenido de https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/encuesta-nacional-agropecuaria-ena

33

Departamento Nacional de Planeacion. (2016, March 3). PÉRDIDA Y DESPERDICIO DE ALIMENTOS EN COLOMBIA. Gov.Co. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Sinergia/Documentos/Estudio_Perdidas_desperdicios_alimentos_Ficha.pdf

Dome, M. M., & Prusty, S. (2017). Determination of vegetable postharvest loss in the last-mile supply chain in Tanzania: a lean perspective. International Journal of Logistics Systems and Management, 27(2), 133. https://doi.org/10.1504/ijlsm.2017.083808

EOT, Totoró Cauca, A. M. (1998). Esquema de Ordenamiento Territorial Totoró Cauca (1998), tomado de https://repositoriocdim.esap.edu.co/handle/123456789/10363

FAO. (2022). Voluntary Code of Conduct for Food Loss and Waste Reduction. Rome. https://doi.org/10.4060/cb9433en

FAO. (2021). El mundo desperdicia el 17% de los alimentos mientras 811 millones de personas sufren hambre. Noticias ONU. https://news.un.org/es/story/2021/09/1497582

FAO. (2023). Informe mundial sobre las crisis alimentarias: En 2022, el número de personas en situación de inseguridad alimentaria aguda aumentó hasta los 258 millones en 58 países. Newsroom; FAO obtenido de https://www.fao.org/newsroom/detail/global-report-on-food-crises-GRFC-2023-GNAFC-fao-wfp-unicef-ifpri/es

Guiding Principles. (2019). Sustainable healthy diets. Fao.org. Recuperado el 1 de mayo de 2024, de https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/03bf9cde-6189-4d84-8371-eb939311283f/content

Harrison, G.G., Rathje, W.L., Hughes, W.W. (1975). Food waste behavior in an urban population. Journal of Nutrition Education, obtenido de https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85005647315&doi=10.1016%2fS0022-3182%2875%2980062-8&partner, DOI: 10.1016/S0022-3182(75)80062-8

Hoehn, D., Vázquez-Rowe, I., Kahhat, R., Margallo, M., Laso, J., Fernández-Ríos, A., Ruiz-Salmón, I., & Aldaco, R. (2023). A critical review on food loss and waste quantification approaches: Is there a need to develop alternatives beyond the currently widespread pathways? Resources, Conservation, and Recycling, 188(106671), 106671. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106671

Isaza, G. A. L., Vallejo, M. J. C., & Estrada-Márquez, M. L. (2021). Caracterización de la cadena de suministro de los cafés especiales de Belén de Umbría, Risaralda, Colombia. Scientia et Technica, 26(04), 449-460. https://doi.org/10.22517/23447214.23911

Jaramillo JE, Díaz CA. El cultivo de las crucíferas, brócoli, coliflor, repollo, col china. Manual técnico 20. Rionegro: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria tomado de http://hdl.handle.net/20.500.12324/13457

Jorge Jaramillo Noreña, Paula Andrea Aguilar, Carolina Valencia Cardona, Alegría Saldarriaga Cardona, Antonio María Martínez Reina, Cesar Augusto Forero, Orlando Arguello, Germán Franco. (2016). Modelo Metodologico para el cultivo de brócoli Brassica olerácea L. var. Itálica, en el departamento de Antioquia. AGROSAVIA. http://hdl.handle.net/20.500.12324/13754

Khandelwal, C., Singhal, M., Gaurav, G., Dangayach, G. S., & Meena, M. L. (2021). Agriculture supply chain management: A review (2010–2020). Materials Today: Proceedings, 47, 3144–3153. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.06.193

Leigh, D. (2009). Análisis FODA. Manual para mejorar el desempeño en el lugar de trabajo: volúmenes 1-3, 115-140.

Min. de Agricultura (2021). Cadena de las Hortalizas. Gov.co. Recuperado el 24 de abril de 2024, de https://sioc.minagricultura.gov.co/Hortalizas/Documentos/2021-03-30%20cifras%20sectoriales.pdf

Min. de agricultura (2015). En Colombia 35% de las personas no consumen frutas y 70% no consume hortalizas diariamente. Gov.co. Recuperado el 1 de mayo de 2024, de https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/En-Colombia-35-de-las-personas-no-consumen-frutas-y-70-hortalizas-.aspx

Min. De Desarrollo Rural, S. y Agricultura (2019). La coliflor, un ramillete de salud. gob.mx. Recuperado el 23 de abril de 2024, de https://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-coliflor-un-ramillete-de-salud?idiom=es

Mousavi-Avval, S.H., & Shah, A. (2020). Techno-economic analysis of pennycress production, harvest and post-harvest logistics for renewable jet fuel. Renewable Sustainable Energy Reviews, 123, 109764. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109764

Munsol Ju, Osako, M., & Harashina, S. (2017). Tasa de pérdida de alimentos en la cadena de suministro de alimentos mediante análisis de flujo de materiales. Gestión de residuos (Nueva York, NY), 61, 443–454. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.01.021

Nahman, A., de Lange, W. 2013 Costs of food waste along the value chain: Evidence from South Africa (2013) Waste Management, https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84885184522&doi=10.1016%2fj.wasman.2013.07.012&partnerID=40&md DOI: 10.1016/j.wasman.2013.07.012

Sherington, J. (1999). Rapid assessment methods for stored maize cobs: weight losses due to insect pests. Journal of Stored Products Research, 35(1), 77–87. doi:10.1016/s0022-474x(98)00012-5

Dominguez, J. (2023). Confecámaras. Confecámaras. https://confecamaras.org.co/noticias/870-asociatividad-en-el-sector-agricola-factor-clave-para-el-fortalecimiento-productivo-y-el-mejoramiento-de-la-calidad-de-vida-en-el-campo-colombiano

ASOHOFRUCOL. (2022). Balance del Sector hortificula en Colombia. Tomado de https://www.asohofrucol.com.co/img/pdfrevistas/97Balance%20del%20sector%20hortifruticola.pdf

36