

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial

TEMA:

**ANÁLISIS DE SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO PARA BRÓCOLI
(*Brassica oleraceae*) Y APIO (*Apium graveolens*) EN CENTROS DE DISTRIBUCIÓN
DEL CANTÓN AMBATO**

AUTOR:

Juan Carlos Andrade Insuasti

TUTOR:

Ing. Patricio Carrillo Mgs.

Riobamba – Ecuador

2021

REVISIÓN DEL TRIBUNAL

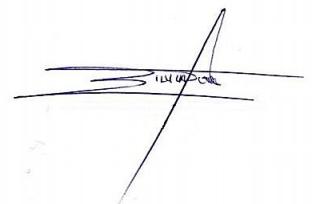
Los miembros del tribunal de graduación del proyecto de investigación titulado “ANÁLISIS DE SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO PARA BRÓCOLI (*BRASSICA OLERACEAE*) Y APIO (*APIUM GRAVEOLENS*) EN CENTROS DE DISTRIBUCIÓN DEL CANTÓN AMBATO”, presentado por el Sr. Juan Carlos Andrade Insuasti y dirigida por el MgS. Patricio Carrillo.

Una vez escuchada la defensa Oral y revisado el informe final de investigación con fines de graduación escrito en el cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para consistencia de lo expuesto firman:

PhD. Silvia Torres

Presidenta del Tribunal



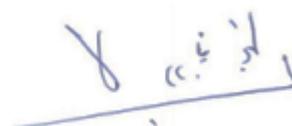
MgS. Patricio Carrillo Flor

Director del proyecto de Investigación



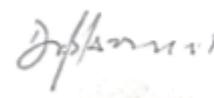
Ing. Jorge Vanegas PhD.

Miembro del tribunal



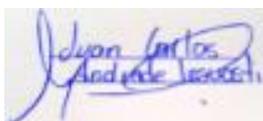
Dr. Mario Salazar Vallejo

Miembro del tribunal



AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Toda la responsabilidad del contenido de este trabajo de grado, le corresponde exclusivamente a Juan Carlos Andrade Insuasti, con C.C. 180471407-7 e Ing. Patricio Carrillo Flor Mgs. al ser director del proyecto de investigación, incluyendo todas las tablas y figuras que se encuentran en el trabajo, excepto las que contienen su propia fuente y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



Juan Carlos Andrade Insuasti.
C.C. 180471407-7
AUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.



Ing. Patricio Carrillo Flor MgS
C.C. 060131025-3
TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. Patricio Carrillo Flor MgS., en calidad de tutor del proyecto de investigación titulado: “ANÁLISIS DE SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO PARA BRÓCOLI (*Brassica oleraceae*) Y APIO (*Apium graveolens*) EN CENTROS DE DISTRIBUCIÓN DEL CANTÓN AMBATO.”, certifico; que el informe final de trabajo investigativo, ha sido revisado y corregido, razón por la cual autorizo al estudiante **Juan Carlos Andrade Insuasti**, para que se presenten ante el tribunal de defensa respectivo, para que se lleve a cabo la sustentación de la tesis.

Atentamente,



Ing. Patricio Carrillo Flor MgS.

C.C. 060131025-3
TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

VEREDICTO DE LA INVESTIGACIÓN POR LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL



DIRECCIÓN ACADÉMICA
VICERRECTORADO ACADÉMICO



UNACH-RGF-01-04-02.19
Versión 2.

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Facultad: Ingeniería
Carrera: Ingeniería Agroindustrial

1. DATOS INFORMATIVOS DOCENTE TUTOR/MIEMBRO

Apellidos: Carrillo flor
Nombres: Fabián Patricio
Cedula/Pasaporte: 060131025-3
Tutor/Miembro: Tutor

2. DATOS INFORMATIVOS DEL ESTUDIANTE

Apellidos: Andrade Insuasti
Nombres: Juan Carlos
C.I / Pasaporte: 180471407-7
Título del Proyecto de Investigación: Análisis de sistemas de almacenamiento para Brócoli (*Brassica oleraceae*) y Apio (*Apium graveolens*) en centros de distribución del cantón Ambato.
Dominio Científico: Desarrollo territorial y hábitat sustentable para mejorar la calidad de vida.
Línea de Investigación: Sistema de producción de materias primas.

3. CONFORMIDAD PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Aspectos	Conformidad Si/No	Observaciones
1. Título	Si	
2. Introducción	Si	
3. Planteamiento del problema	Si	
4. Objetivos: General y Específicos	Si	
5. Estado del arte relacionado a la temática de investigación	Si	
6. Metodología	Si	
7. Resultados y discusión	Si	
8. Conclusiones y Recomendaciones	Si	
9. Bibliografía Con norma APA, VANCOUVER, IEEE, ISO o según determine la Facultad con resolución.	Si	
10. Anexos	Si	

Fundamentado en las observaciones realizadas y el contenido presentado, **SI** es favorable el dictamen Proyecto de Investigación Escrito, autorizando su empastado.

Lugar y Fecha: 6 de junio de 2021

Mgs. Patricio Carrillo
DOCENTE TUTOR



DICTAMEN FAVORABLE DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Facultad: Facultad de Ingeniería

Carrera: Carrera Agroindustria

4. DATOS INFORMATIVOS DOCENTE TUTOR/MIEMBRO

Apellidos: Vanegas Ruíz

Nombres: Jorge Leonardo

Cedula/Pasaporte: 0916884356

Tutor/Miembro: Miembro

5. DATOS INFORMATIVOS DEL ESTUDIANTE

Apellidos: Andrade Insuasti

Nombres: Juan Carlos

C.I / Pasaporte: 180471407-7

Título del Proyecto de Investigación: Análisis de sistemas de almacenamiento para Brócoli (*Brassica oleraceae*) y Apio (*Apium graveolens*) en centros de distribución del cantón Ambato.

Dominio Científico: Desarrollo territorial y hábitat sustentable para mejorar la calidad de vida.

Línea de Investigación: Sistema de producción de materias primas.

6. CONFORMIDAD PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Aspectos	Conformidad Si/No	Observaciones
11. Título	Si	
12. Introducción	Si	
13. Planteamiento del problema	Si	
14. Objetivos: General y Específicos	Si	
15. Estado del arte relacionado a la temática de investigación	Si	
16. Metodología	Si	
17. Resultados y discusión	Si	
18. Conclusiones y Recomendaciones	Si	
19. Bibliografía Con norma APA, VANCOUVER, IEEE, ISO o según determine la Facultad con resolución.	Si	
20. Anexos	N/A	

Fundamentado en las observaciones realizadas y el contenido presentado, **SI** es favorable el dictamen Proyecto de Investigación Escrito, autorizando su empastado.

Lugar y Fecha: 8 de junio de 2021

Ing. Jorge L. Vanegas Ruiz, PhD.
DOCENTE MIEMBRO



DICTAMEN FAVORABLE DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Facultad: Ingeniería
Carrera: Ingeniería Agroindustrial

7. DATOS INFORMATIVOS DOCENTE TUTOR/MIEMBRO

Apellidos: Salazar Vallejo
Nombres: Mario Hernán
Cedula/Pasaporte: 0601254204
Tutor/Miembro: Miembro

8. DATOS INFORMATIVOS DEL ESTUDIANTE

Apellidos: Andrade Insuasti
Nombres: Juan Carlos
C.I / Pasaporte: 180471407-7
Título del Proyecto de Investigación: Análisis de sistemas de almacenamiento para Brócoli (*Brassica oleraceae*) y Apio (*Apium graveolens*) en centros de distribución del cantón Ambato.
Dominio Científico: Desarrollo territorial y hábitat sustentable para mejorar la calidad de vida.
Línea de Investigación: Sistema de producción de materias primas.

9. CONFORMIDAD PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Aspectos	Conformidad Si/No	Observaciones
1. Título	Si	
2. Introducción	Si	
3. Planteamiento del problema	Si	
4. Objetivos: General y Específicos	Si	
5. Estado del arte relacionado a la temática de investigación	Si	
6. Metodología	Si	
7. Resultados y discusión	Si	
8. Conclusiones y Recomendaciones	Si	
9. Bibliografía Con norma APA, VANCOUVER, IEEE, ISO o según determine la Facultad con resolución.	Si	
10. Anexos	Si	

Fundamentado en las observaciones realizadas y el contenido presentado, **SI** es favorable el dictamen Proyecto de Investigación Escrito, autorizando su empastado.

Lugar y Fecha: Riobamba 9 de junio de 2021

Dr. Mario Salazar
DOCENTE MIEMBRO

DEDICATORIA

“Pues Dios no nos ha dado un espíritu de timidez, sino de poder, de amor y de dominio propio. (2 Timoteo 1:7)”

El presente trabajo de investigación va dedicado a Dios, por bendecir mi vida y darme siempre las fuerzas para cumplir mis metas, a mis padres Juan Carlos Andrade y Dennise Insuasti, por ser siempre incondicionales conmigo,

A mis abuelos Nabor Insuasti y Anita Basante, por su amor y apoyo en cada momento de vida, por inculcarme el valor al trabajo, la familia y a entregar mi vida a Dios.

A mis compañeros de estudio, a mis maestros y amigos, quienes con su ayuda y compañía hicieron de mi paso por la Universidad Nacional de Chimborazo una experiencia inolvidable.

“En memoria de mi abuelo Manuel Joaquín Andrade, que siempre me inspiró y confió en mí, por alcanzar mis sueños”

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres Juan Andrade y Dennise Insuasti por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación durante el transcurso de mi vida.

A mi hermana, por ser la persona que, con ejemplo profesional, me ha indicado lo cuán importante es saber luchar y alcanzar los sueños por más duro que sea el camino.

A mis amigos por confiar y creer en mí y haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidaré.

Un agradecimiento especial para la Universidad Nacional de Chimborazo y a todos los que hacen la carrera de Ingeniería Agroindustrial, por siempre apoyarnos como estudiantes y formarnos como seres humanos, de igual manera al Ing. Patricio Carrillo Flor MsC. tutor de tesis, quien dedico su tiempo y conocimiento para que este trabajo se lleve a cabo de la mejor manera.

ÍNDICE GENERAL

REVISIÓN DEL TRIBUNAL	i
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	ii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	iii
VEREDICTO DE LA INVESTIGACIÓN POR LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	iv
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
Índice de Tablas	xi
Índice de Figuras	xii
RESÚMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CUERPO DE LA INVESTIGACIÓN	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
CAPÍTULO I.....	4
1.2. Planteamiento del problema	4
1.2.1. Formulación del problema	5
1.3. Justificación.....	5
1.4. OBJETIVOS	6
1.4.1. Objetivo General	6
1.4.2. Objetivos Específicos	6
CAPÍTULO II.	7
ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO	7
2.1.1. Morfología del brócoli	8
2.1.2. Consideraciones fisiológicas	9
2.1.3. Variedades de brócoli.....	9
2.1.4. Técnicas de producción del brócoli.....	11
2.1.5. Fases del cultivo	13
2.1.6. Plagas del brócoli	14
2.1.8. Criterios en la cosecha de brócoli.....	17
2.1.9. Criterios de calidad para la venta	18
2.1.9. Criterios en la poscosecha de brócoli	19
2.1.10. Fisiopatías.....	20
2.1.11. Enfermedades	21
2.2. Apio.....	23
2.2.2. Taxonomía.....	23
2.2.3. Características	24
2.2.4. Preparación del suelo	24

2.2.5. Temperaturas de cultivo	25
2.2.6. Siembra	25
2.2.7. Binas y aporcados.....	26
2.2.8. Riego	26
2.2.9. Recolección	26
2.2.10. Plagas y enfermedades	27
2.2.11. Fetopatías	27
2.2.12. Poscosecha	28
2.2.13. Temperatura óptima	28
2.2.14. Fisiopatías.....	29
2.2.15. Enfermedades	30
2.3. Causas de la descomposición de alimentos	30
2.4. Almacenamiento de productos hortofrutícolas.....	30
2.4.1. Sistemas de almacenamiento de hortalizas	31
2.4.1.1. Almacenamiento a campo	31
2.4.2. Producción de apio en Ecuador	32
2.4.3. Zonas productoras de apio en el Ecuador.....	33
CAPÍTULO III	34
METODOLOGÍA	34
3.1. Tipo de investigación	34
3.2. Diseño de investigación	35
3.2.1. Explicativa.....	35
3.2.2. Descriptiva	35
3.2.3. Bibliográfica.....	35
3.3. Revisión Bibliográfica.....	36
3.3.1. Estrategias de búsqueda	36
3.4. Metodología	36
3.4.1. Bibliográfica.....	36
3.5. Población y muestra	37
3.5.1. Tipo de análisis.....	37
CAPÍTULO IV	38
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
CONCLUSIONES	47
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
6.1. Bibliografía	49
6.2 Webgrafía.....	50

Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica	7
Tabla 2. Distribución de abono	13
Tabla 3. Tasa de respiración de brócoli.....	20
Tabla 4. Siembra, cosecha, producción y ventas de brócoli en Ecuador (2014-2019).....	22
Tabla 5. Condiciones de almacenamiento óptimo.....	39
Tabla 6. Método de enfriamiento recomendados para frutas y hortalizas.....	42
Tabla 7. Consejos de almacenamiento	43

Índice de Figuras

Figura 1 Fructificación del brócoli.....	14
Figura 2 Diferencia entre pella de calidad (izq.) y pella con deterioro (drcha.).....	18
Figura 3. Diagrama de flujo de revisión sistemática.....	34

RESÚMEN

La producción de hortalizas en el cantón Ambato como el brócoli (*Brassica oleraceae*) y el apio (*Apium graveolens*), es el principal ingreso económico de varios agricultores, en la actualidad existe una excesiva producción de brócoli lo cual produce una desmesurada comercialización de este producto, mientras que el apio al ser caducifolio, ocasiona cuantiosos desperdicios del producto, con ello se produce un desecho y mermas a corto plazo de sus productos por falta de aplicación de correctas técnicas de almacenamiento. Este trabajo describe y analiza las técnicas de almacenamiento para el brócoli y el apio para alargar la vida útil de estas hortalizas y evitar mermas del producto, este trabajo se analizará a partir de la revisión de estudios publicados en buscadores como Google Scholar, Scopus, ScienceDirect en el periodo comprendido entre los años 2010 y 2020. Este estudio parte de la recolección de información establecido por el método PRISMA para determinar una técnica de poscosecha después de un análisis de los datos obtenidos, con el propósito de obtener una buena conservación de las hortalizas producidas en el cantón Ambato. Los resultados nos permitirán observar las diferentes técnicas de almacenamiento que nos ayude a la conservación de estos productos. El sistema más recomendado es el de refrigeración, ya que el contenido de humedad del brócoli ronda el 88.60% y el apio el 98.50%, que nos permite la conservación de los contenidos de humedad, la estructura organoléptica y, su contenido de vitaminas y minerales en estas hortalizas alargando la vida útil y evitando las mermas.

Palabras clave: Cosecha, brócoli, apio, almacenamiento, conservación, mermas

ABSTRACT

The production of broccoli (*Brassica oleraceae*) and celery (*Apium graveolens*) vegetables in the canton of Ambato is the primary economic income of farmers. Nowadays, there is an excessive production of broccoli which produces rampant commercialization of it. At the same time, the celery vegetable is deciduous; it causes considerable product waste, resulting in short-term waste and shrinkage of products due to the lack of correct storage techniques. This project describes and analyzes the storage techniques for broccoli and celery in order to extend the life of these vegetables, and it will help to avoid product losses; additionally, this project will be analyzed from the review of studies published such as Google Scholar, Scopus, ScienceDirect in 2010 and 2020. This study is based on the collection of information established by the PRISMA method to determine a post-harvest technique after analyzing the data obtained to get exemplary conservation of these vegetables in the canton of Ambato. The results will allow us to observe the different storage techniques that help us to preserve the products. The most reliable system is refrigeration since the moisture content of broccoli is around 88,60% and celery 98,50% that helps us preserve the moisture content, the organoleptic structure, and its vitamins and minerals, vegetables will extend their useful life and avoid wastage.

Keywords: harvest, broccoli, celery, storage, conservation, wastage.

Reviewed by:

Mgs. Hugo Romero

ENGLISH PROFESSOR

c.c. 0603156258

CUERPO DE LA INVESTIGACIÓN

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

La producción agrícola es uno de los ejes económicos más grandes de la población mundial. El cultivo de hortalizas en el mundo de acuerdo al período comprendido entre 1980 a 2005 había crecido de 324 millones a 881 millones de toneladas. Lo que equivale a una tasa anual del 4,1%. Esto debido al incremento en la densidad poblacional. Es así, que la producción en China tuvo un crecimiento de 8,6% anual, representando el 50% de la totalidad del mundo. Los países con mayores índices de exportación de hortalizas son: España con un porcentaje de 15,2%, Holanda se encuentra en la segunda posición con 13,6%, luego México con 9,6%, China 6,9% y Estados Unidos 5,8% (Ferratto & Cristina, 2008).

De acuerdo al portal web TradeMap, (2013) las exportaciones de brócoli incrementaron en valor y cantidad, así en 2013 se alcanzó un total de 1'221.176 toneladas por un costo de 1.156'435.000 dólares, teniendo una variante en promedio de miles de dólares que representa el 4,68% y una variación del 6,31% en toneladas. Así, se puede decir que incrementó la tasa anual de exportaciones en un 4,68%.

A nivel mundial el mayor exportador de brócoli en el mundo es España con un 37% del comercio mundial, en el siguiente puesto se ubica Francia con un 14%, Estados Unidos y México con el 13%, Holanda tiene un 13% y Guatemala, Ecuador y Alemania el 2% (TradeMap, 2013).

Además, el consumo de apio se establece en un 30% de la variedad de apio blanco y el 70% de apio verde. España es el mayor exportador de este producto siendo sus consumidores Reino Unido con el 70%, luego Francia con un 15%, y otros países europeos como Italia y Suecia el otro 15%. La competencia directa de España es Israel (Torres, 2012).

En el Ecuador existen cerca de 2000 productores de brócoli, por tal razón se ha dado un incremento considerable. Según datos de COPEI, (2011) mediante el tercer censo Agropecuario, el cultivo de brócoli ha llegado a ocupar 3.359 hectáreas en la región Sierra, llegando a una producción de 14,6 toneladas por hectárea. De tal modo, que para

el 2011 se tiene a Cotopaxi con un 68% de la producción, luego está Pichincha con 16%, seguido de Imbabura 10%, Carchi el 3%, Chimborazo el 2% y el resto del país con el 1%.

El 98% de la producción de brócoli es para la exportación, así la economía de los pequeños productores se ve reflejada por el consumo mundial de este producto. Los dos tercios de la producción total de la Sierra viene de las haciendas, que representan el 7%, el otro 93% viene de estos pequeños productores (Le Gall, 2009).

Así mismo, la producción de apio se concentra en la región Sierra. Los mayores productores son Chimborazo, Tungurahua y Pichincha. El consumo de apio a nivel nacional está entre los 400.000 y 500.000 kg por mes, así las ciudades con mayor consumo son: Quito, Guayaquil y Cuenca con un 50%. La producción de apio en Pichincha se centra en localidades de Tumbaco, El Quinche y Pifo, siendo la provincia con mayor producción, seguida de Ambato en la provincia de Tungurahua (Enríquez, 2015).

Este proyecto de investigación tiene como principal propósito realizar un análisis comparativo de los diferentes sistemas de almacenamiento para dos hortalizas cultivadas en la sierra centro del Ecuador y comercializadas en los centros de comercio y distribución de la ciudad de Ambato, así se realizará un estudio crítico de las fichas técnicas de almacenamiento y plantear, cuál de estos sistemas de almacenamiento garantiza la inocuidad a los productos e impide que existan mermas de las hortalizas por descomposición y/o contaminación. De esta manera se puede ayudar a mejorar la situación actual de los centros de distribución en cuanto a la conservación de los vegetales tratados en esta investigación.

La mayor parte de la producción de hortalizas en la sierra ecuatoriana se comercializa en los centros de distribución y comercialización del cantón Ambato, parte de la producción como el brócoli (*Brassica oleraceae var. itálica*) y el apio (*Apium graveolens*), representa uno de los principales ingresos económicos de agricultores de la zona debido a que la agricultura representa el mayor movimiento económico en la provincia, el 40% de la población activa se dedica a este comercio, siendo el 50% de las tierras ocupadas por el cultivo. Además, los diferentes tipos de suelos pertenecientes a la provincia proporcionan una gran variedad de productos para el consumidor (La Hora, 2008).

Otro punto que tomar son los datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en cuanto a producción de hortalizas, como el apio que en el país muestra un crecimiento considerable, tributando el 16% al PIB (López, 2005).

Uno de los principales sistemas utilizados para la preservación de las hortalizas es el almacenamiento, todo el aparataje agroindustrial es muy importante para la conservación de hortalizas. Tal actividad se entiende como un sistema que permite mantener los alimentos, para garantizar su calidad, propiedades alimenticias y estado físico de los mismos durante un periodo de tiempo determinado (García, Quevedo, & Delgado, 2003). Los centros de almacenamiento de productos deben seguir protocolos para reducir los riesgos asociados a la contaminación. Estos documentos proporcionan información a modo de bitácora en la cual se evidencia los diferentes procesos que se realizaron durante el almacenamiento de los vegetales.

CAPÍTULO I

1.2. Planteamiento del problema

El problema de la investigación se centra en la actual crisis sanitaria, por lo cual es indispensable que los alimentos que se comercializan en los centros de distribución y comercialización de productos alimenticios deban ser protegidos y mantenidos en completa salubridad, estos procesos son tratados por el manejo poscosecha que garantizan la inocuidad alimentaria para su posterior comercialización y consumo humano (Polit, 2005, párrafo 1).

Actualmente en el marco de la pandemia por el COVID -19, la sociedad ecuatoriana ha basado su alimentación en el consumo de frutas y hortalizas, para contribuir al refuerzo del sistema inmunológico y evitar el contagio, es por esto que los centros de distribución de alimentos en la ciudad de Ambato han tenido un crecimiento en las ventas de hortalizas, siendo necesario, realizar un análisis para determinar las técnicas poscosecha de almacenamiento de productos que se utilizan actualmente en los centros de distribución, garantizando un producto saludable al consumidor. En lo que se refiere a la información levantada es preciso realizar un estudio exploratorio sobre dichos sistemas de almacenamiento para los alimentos, así determinar su influencia, procedimiento y contribución al proceso de conservación de los mismos, sugiriendo mejoras en dichas técnicas.

Actualmente se ha detectado que se realiza un inadecuado manejo poscosecha a los productos que se reciben en los centros de distribución, ocasionando pérdidas económicas a los productores y consumidores debido al estado de descomposición y/o contaminación de los productos por un inadecuado almacenamiento. Como se evidencia en algunos registros oficiales en países desarrollados se ha visto pérdidas entre 5% y el 25% a causa de una mala conservación en comparación al volumen producido, así mismo; en países en vías de desarrollo llegan los índices entre 20% al 50%.

Es así, que por estas causas tanto, la pandemia de COVID-19 como los deficientes procedimientos poscosecha de los centros de acopio exigen un estudio pertinente para sus mejoras en almacenamiento de productos agrícolas.

1.2.1. Formulación del problema

¿Qué método de almacenamiento es el más eficaz como técnica de poscosecha para el brócoli (*Brassica oleraceae var itálica*) y apio (*Apium graveolens*) comercializadas en los centros de distribución de la ciudad de Ambato?

1.3. Justificación

En razón a la necesidad alimentaria de la población por adquirir productos en un estado óptimo de salubridad se realizará este estudio, a fin de determinar los procesos de almacenamiento de dos hortalizas como: el brócoli (*Brassica oleraceae var itálica*) y apio (*Apium graveolens*), con esta información se podrá determinar un análisis crítico que servirá como fuente de consulta para conocer y mejorar los procesos poscosecha.

En los diferentes centros de distribución del cantón Ambato se receiptan constantemente productos agrícolas como el brócoli y apio los cuales pueden ser contaminados por un mal manejo. En especial pueden tener un alto riesgo de contaminación microbiana o el factor más reciente con el virus de COVID-19 que puede ser transportado en el producto. Por esta razón, es importante investigar estos sitios para concluir y proceder a realizar un análisis crítico a fin de determinar cuáles son los sistemas de almacenamiento más apropiados.

Se fomenta el desarrollo del manejo poscosecha de los productos agrícolas, así se puede ofrecer una hortaliza de mejor calidad al consumidor, dotándola de seguridad y una adecuada procedencia para el consumo humano. Esto a su vez, mejorará la economía de los productores, ya que contarán con alimentos inocuos.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Analizar los sistemas de manejo de almacenamiento poscosecha para el brócoli (*Brassica oleraceae var. itálica*) y el apio (*Apium graveolens*) aplicados en los centros de distribución de la ciudad de Ambato.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar los sistemas de almacenamiento utilizados para el Brócoli y el Apio en los centros de distribución del cantón de Ambato.
- Conocer las operaciones durante el proceso del almacenamiento, la logística y los principales elementos de control que deben aplicarse en los almacenes de conservación y almacenamiento, valorando la alta responsabilidad que implica respetar los estándares establecidos y los sistemas que garantizan la inocuidad.
- Definir la técnica específica para el almacenamiento correcto del brócoli y el apio comercializados en los centros de distribución del cantón Ambato.

CAPÍTULO II.

ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO

2.1.Brócoli

Esta hortaliza conocida como brócoli tiene origen mediterráneo. Fue introducido por los Romanos 200 años A.C. al continente europeo, a través de que se llevaron algunas plantas de regreso a los países de origen, de este modo, se expandió el cultivo en la zona continental. Luego se dio a conocer en América por los europeos por el año 1942 (Castillo, 2015)

Según Toledo, (2003): “El brócoli es una dicotiledónea anual perteneciente a la familia Cruciferae, siendo identificada bajo el nombre de *Brassica oleracea* L. var. *Italica*”.

La hortaliza tiene una estrecha relación genética con otras variedades botánicas dentro de la misma especie *brassica oleracea* L. Entre las más conocidas en el medio la col (*B. oleracea* L. var *capitata* L.) y la coliflor (*B. oleracea* L. var *botrytis* L.), también la col de Bruselas (*B. oleracea* L. var *gemmifera* L.) y el colirábano o colinabo (*B. oleracea* L. *gongylodes* L.). Estas variedades botánicas se cruzan libremente entre sí. (Toledo, 2003)

La taxonomía entre el brócoli y la coliflor es muy cercana, se dice que existe evidencia que el brócoli es el progenitor de la coliflor, en razón que tiene una estructura floral menos compleja (Toledo, 2003). A continuación, se muestra una tabla con su taxonomía:

Tabla 1. Clasificación taxonómica

Reino	Plantae
División	Fanerógama Magnoliophyta
Clase	Dicotiledónea Magnoliopsida
Orden	Brassicales
Familia	Brassicaceae (crucíferas)
Género	Brassica L. 1753
Especie	Brassica Oleracea
Subespecie	Brassica oleracea var. itálica Plenk 1794

Nota: la tabla muestra la clasificación taxonómica del Brócoli (Acosta, Martínez,

Cerdá, Fernández, & Nuñez, 2018)

2.1.1. Morfología del brócoli

El brócoli está emparentado con la coliflor, se logra diferenciarlo por las cabezuelas de color verde y tallos (pellas) de las inflorescencias (conjunto de flores agrupadas) tiene cierta textura más floja y las inflorescencias en ciertas ocasiones tienen forma cónica. Las raíces son ramificadas, profundas, extendiéndose alrededor del tallo entre 45 a 60 cm. La raíz madre puede llegar a profundizar entre los 0,8 cm en el suelo, pero luego se pierde en el proceso de extracción de las plantas del almácigo. El sistema radicular de las raíces del brócoli trasplantado es generalmente formado por raíces adventicias secundarias, terciarias y raicillas, las que se concentran en gran cantidad entre los 0,4 cm y 0,6 cm (Castillo, 2015)

Las hojas del brócoli tienen peciolo alargados, limbo con las hojas lobuladas de color grisáceo, muy ondulados y con lóbulos profundos. Por lo general tiene entre 15 a 30 hojas grandes, cada una puede llegar a alcanzar una dimensión de 50 cm a 30 cm. Las flores cuando están maduras son pequeñas, apenas con cuatro pétalos amarillos. Esta hortaliza puede llegar a tener una altura de 60 a 90 cm (Castillo, 2015).

Las inflorescencias semejantes a pella se forman en un corimbo debido a las numerosas flores, todo lo que permanece en estado de no madurez, se convierte en la parte comestible de la hortaliza. A la pella es conocida también como “cabeza” y se le conoce como florete al conjunto de flores por unidad que se insertan por medio de un péndulo común al tallo principal de esta inflorescencia. Un corimbo está formado por varias flores (Toledo, 2003).

En un principio la inflorescencia se muestra compacta y firme, cuando empieza a crecer prolongadamente pierde consistencia en medida de su desarrollo de los péndulos, maduración de sus flores y la separación de los floretes. El color de los corimbos tiene varias tonalidades de verde dependiendo del método de cultivo (Toledo, 2003).

El fruto es una sícula con más de 10 semillas, dehiscente cuando madura. Las semillas son redondas pequeñas de 2 mm de diámetro y generalmente de un tono marrón oscuro tornándose rojizo. Un gramo de semilla tiene entre 180 a 280 semillas. (Toledo, 2003).

2.1.2. Consideraciones fisiológicas

El brócoli es una verdura mesofítica, su origen data de una región sub-húmeda-templada por lo cual, necesita condiciones de temperatura moderada. También una adecuada fuente de agua, alta humedad relativa y luminosidad moderada del ambiente para un desarrollo sin conflictos (Acosta, et al., 2018).

El brócoli por lo general se desarrolla entre las estaciones de otoño e invierno. Así necesitará esta planta para su cultivo inicial temperaturas que vayan entre los 20 °C a 24°C, luego para su florescencia necesitará entre 10 °C a 15 °C alrededor de varias horas del día. La planta y la pella o cabeza parecen no helarse a temperaturas cercanas a los 0°C, siempre que no sea esa temperatura constante. Otras variedades que tienen la cabeza única y blanca parecidas a la coliflor suelen ser menos resistentes a climas fríos que los brócolis ahijados (Castelo, 2016).

En regiones donde las bajas temperaturas suelen ser constantes se producen variedades tardías, de recolección a finales de invierno o principios de primavera. La humedad adecuada para estas va entre el 60% a 70% (Castelo, 2016).

La gran parte de los cultivos de brócoli usados en la actualidad se comportan como plantas anuales, lo que quiere decir que no es necesario exponerlas a climas fríos (vernalización) para la inducción y diferenciación floral para su posterior formación floral de la pella. Algunas producciones de brócoli tardío requieren ser vernalizados o expuestos a temperaturas de menos de 10 °C durante un tiempo determinado, para que se produzca la inflorescencia. Así se los ha llamado de comportamiento bianual (Acosta, et al., 2018).

2.1.3. Variedades de brócoli

Existen diferentes clases de brócoli dependiendo en su mayoría de la ubicación geográfica donde se cultiven. En España por ejemplo se puede encontrar: Belstar, Carusso, Chios, Marathon, Mónaco, Parthenon. En México se hallan: Heritage, Ironman, Arcadia, Expo. Y en Ecuador se ha cultivado variedades como: el brócoli Legacy, Domador, Marathon, entre otros. Así como hay variedades de esta verdura también se las conoce con diferentes nombres dependiendo el lugar (Castillo, 2015). También se ha tomado otra clasificación:

2.1.3.1. Temprana

Se recolecta en menos de 90 días su producción. Por lo general se da entre verano y otoño. Entre las variedades están Chronos, Green magic o Poseidon (Acosta, et al., 2018).

2.1.3.2. Intermedias

Se recolecta la cabeza entre los 90 a 110 días desde la siembra. Esta variedad es la más conocida que se distribuye en Europa y Asia, también en regiones como Murcia. Incluyen tipos de brócoli como: Marathon, Naxos o Parthenon (Castillo, 2015).

2.1.3.3. Tardías

Supera los 110 días para su reelección después de la siembra entre invierno y primavera, se incluyen variedades como Spiridon, San José (azulado), Verde tardío o San Isidro (Castelo, 2016).

También Toledo (2003) añade otras variedades híbridas que se han desarrollado para el alto rendimiento de la planta, las cuales se diferencian por las cabezas grandes, compactas y de color verde intenso tornando ha azulado. Estas son:

2.1.3.4. Pirate

Se lo puede diferenciar por su cabeza grande redondeada y compacta de color verde azulado, no tiene tanta separación entre los floretes. Es de excelente calidad para la agroindustria. Es una variedad tardía de 55 a 60 días de trasplante a cosecha. Tiende a pudrirse con frecuencia. Su siembra se da entre otoño a primavera. Tiene escasa producción en los brotes laterales.

2.1.3.5. Packman

Tiene una cabeza de gran tamaño, de color verde fuerte y con forma de cúpula uniforme. Muestra una buena producción en los brotes laterales. Es de cultivo temprano entre 45 a 50 días después del trasplante. Se ha cultivado en verano también suele tender a pudrirse con frecuencia.

2.1.3.6. Shogun

Esta especie posee una cabeza grande de color verde intenso y de forma lobulada. El tiempo correcto para su cosecha es a los 55 y 60 días después del trasplante, siendo principalmente sembrado en los ciclos de otoño o primavera.

2.1.3.7. HM

Se muestra una producción de manera densa y apiñado, uniforme y semi-redonda con unos botones florales semi-finos. Este cultivo tiende a ser tardío entre 55 días después de realizar el trasplante.

2.1.3.8. Green Duke

Posee varias cabezas de excelente crecimiento y homogeneidad, además sus floretes son apretados. El cultivo debe ser temprano entre los 45 a 50 días después de realizado el trasplante.

2.1.3.9. Marathon

La cabeza de esta especie de este es un poco grande de color verde intenso con escaso espacio entre cada florete. Esta especie es de cultivo moroso. Entre los 65 a 75 días después de realizar el trasplante de buen vigor y corta producción en los brotes laterales.

2.1.4. Técnicas de producción del brócoli

Para el cultivo de brócoli es necesario realizar la selección y preparación del terreno debido a que es una verdura de trasplante para lo cual, se debe seguir los siguientes pasos:

2.1.4.1. Preparación de la tierra

En esta fase es indispensable contar con un excelente labrado en la tierra para que este muestre condiciones aceptables para la siembra. Se debe realizar caballones separados entre sí de 0,8 a 1 cm dependiendo de la variedad de la planta (Toledo, 2003).

2.1.4.2. Siembra

Para las labores de siembra la semilla debe ser colocada en unos semilleros en los cuales permanece de 40 a 45 días hasta el trasplante. La semilla debe ser cubierta por una capa delgada de tierra de entre 1 a 1,5 cm teniendo cuidado de que este brote tenga un desarrollo óptimo. Los riegos deben ser recurrentes para que la planta se desarrolle con total normalidad. Los brotes crecen aproximadamente a los 10 días. La cantidad de semilla para utilizarla en una hectárea de terreno es de 250 a 300 gr en relación con la plantación y la variedad de la verdura (Castelo, 2016).

2.1.4.3. Trasplante

La planta antes de poder trasplantarla al terreno debe alcanzar una altura de 18 a 20 cm y las hojas deben tener un tamaño entre 6 a 8 cm, siendo esto en los 50 días de siembra. Además, el suelo debe ser fertilizado para que posea los nutrientes necesarios y la planta tenga estabilidad y firmeza. Seguido se debe quitar las plantas débiles y aquellas que presenten la yema terminal abortada. Para lograr el distanciamiento correcto entre plantas generalmente se usan densidades de 12.000-30.000 plantas/ha, que en marcos de siembra significa de 0.80-1 metro entre líneas y 0.40-0.80 metros entre plantas (Toledo, 2003).

2.1.4.4. Riego

El riego de esta hortaliza tiene que ser abundante y de una manera regular en el estado de desarrollo. En la etapa de inducción floral y crecimiento de la pella, es conveniente que el suelo no esté completamente húmedo, y que se mantenga un estado de tempero (Castelo, 2016).

2.1.4.5. Abonado

Esta parte del cultivo es necesario puesto que se debe colocar suficiente abono o materia orgánica, esta tiene que ser colocada en un mes o dos antes de realizar la siembra siendo la proporción óptima de 4kg/ha de estiércol en estado fermentado. El cultivo de brócoli necesita de cantidades precisas de potasio y boro para su desarrollo en los suelos (Castillo, 2015).

Tabla 2. Distribución de abono

	% en unidades de fertilizante	Kg/ha	Unidades de fertilizante/ha
Abono de fondo			
Sulfato amónico	20	600	120
Superfosfato de cal	18	500	90
Sulfato de potasio	50	300	150
Abono de cobertera			
Nitrato amónico	33.5	300	100

Nota: En la tabla se muestra de distribución del abono para la producción de brócoli (Castelo, 2016).

2.1.4.5. Malas hierbas

La limpieza del suelo es fundamental para evitar la presencia de plantas no deseadas que dañen el cultivo y eviten el crecimiento correcto del cultivo. Pendimetalina al 33% se utiliza para eliminar las hierbas no deseadas siendo un concentrado en emulsión a una dosis de 3 a 5 l/ha (Castillo, 2015).

2.1.4.6. Recolección

Dependiendo de las condiciones del clima y la variedad sembrada de brócoli se la realizará en el tiempo estipulado. El brócoli debe tener el número de hojas adecuadas para su protección. Cuando el tallo llega a los 5 a 6 cm de altura es el momento preciso para su recolección. Si la calidad del brócoli es buena se verán sus inflorescencias cerradas y de color verde oscuro brillante compacto.

2.1.5. Fases del cultivo

2.1.5.1. Crecimiento

Durante el periodo de crecimiento se puede visualizar la aparición de las primeras hojas que salen de la tierra (Castelo, 2016).

2.1.5.2. Inducción floral

Después de transcurrido varios días del primer brote de las hojas a temperatura relativamente bajas, se puede observar parte de su primera floración, mostrándose al mismo tiempo el brote de más hojas durante su crecimiento (Castelo, 2016).

2.1.5.3. Formación de pellas

La plántula desarrolla la pella en la parte principal de la yema, también en las yemas que son axilares de las hojas ocurre una fase conocida como inducción floral con el crecimiento del resto de pellas, estas no son tan grandes como las de la parte central (Castillo, 2015).

2.1.5.4. Floración

Los tallos de la planta sostienen la parte conocida como la pella y empiezan el crecimiento en su longitud, además se logra visualizar como se van abriendo las flores (Castillo, 2015).

2.1.5.5. Fructificación

Se puede observar en la planta la formación de los frutos (silicuas) y de las semillas (Castelo, 2016) como se muestra en la siguiente imagen:



Figura 1 Fructificación del brócoli

Fuente: (infoagro, 2017)

2.1.6. Plagas del brócoli

2.1.6.1. Minador de hojas

Los minadores de hojas son dípteros comúnmente amarillos y negros, es una plaga polífaga y peligrosa. La característica principal de su daño es labrar las hojas en las cuales realizan la muda larvaria y la ninfosis por lo general afectando a los tallos y sus frutos. Para el tratamiento de esta plaga se utiliza: Diazinon, Fosalone, Triclorfon o algunas mezclas de piretroides con abonos a base de ciertos aminoácidos (Castelo, 2016).

2.1.6.2. Mosca de col

La mosca de col es un díptero que durante el invierno tiene forma de pupa. Las moscas adultas se desarrollan y aparecen en primavera, oviponiendo sobre la base de los tallos, para luego desarrollar sus larvas en ellas. Para lograr controlar esta plaga se incorpora al suelo un producto desinfectante en forma granulada. Además, se aplica algún tipo de tratamiento aéreo dirigido a la base de las plantas. También se utiliza: Clorpirifos, Diazinon y Fosalone (Castillo, 2015).

2.1.6.3. Oruga de col

Estas orugas son lepidópteros que en su fase inicial de oruga provoca significativos daños. Llegan a tener tres generaciones durante el año. Las mariposas son de color blanco con manchas grises realizando la puesta en el envés de las hojas. En cambio, las orugas son de color verde y bordes amarillos, estas orugas producen graves daños en las hojas, sobre las que se agrupan destruyéndolas por completo, excepto los nervios. Otro daño significativo es el excremento de las orugas que provocan un mal olor al acumularse en las hojas interiores y hacen que el producto no pueda ser comercializado. Para su control se recomienda utilizar diversas fórmulas comerciales de *Bacillus thuringiensis*. Cuando eclosionan los huevos es el momento preciso para realizar el tratamiento químico (Toledo, 2003).

2.1.6.4. Gorgojo de las coles (*Ceuthorrhynchus pleurostigma* Marsch.)

Los gorgojos son coleópteros que aparecen principalmente durante primavera y atacan directo a la raíz de la planta cavando hoyos en donde ponen sus huevos, después de eso se da lugar a los abultamientos, en el interior de estas se alojan unas pequeñas larvas blancas de cabeza parda; estas excrecencias se pueden apreciar en el momento del trasplante. Los abultamientos se producen como a causa de la actividad de esta plaga en sus mordiscos lo que da lugar a las agallas en las hojas. El detrimento que ocasiona esta plaga provoca una baja significativa en el producto. El tratamiento para el gorgojo es por medio de pulverizaciones a base de Lindano colocado en el semillero, cuando las plántulas tienen 3 o 4 hojas. Es recomendable colocar nitrógeno en cobertera. La fórmula recomendada para el tratamiento en la plantación es el Clorfenvinfos con aplicaciones de cada 10-15 días y dirigido al pie de cada planta (Toledo, 2003).

2.1.6.5. Polilla de las crucíferas (*Plutella xylostella* L.)

Esta polilla es un microlepidóptero, cuyo daño es realizado principalmente por sus larvas que acaban con las hojas dejándolas cribadas. El tiempo correcto de tratamiento se realizará cuando se observen las orugas recién eclosionadas. También es efectivo el control con *Bacillus thuringiensis* (Acosta, et al., 2018).

2.1.6.6. Pulgilla de la col (*Phyllotreta nemorum* L.)

Las pulgillas adultas ocurrentemente mordisquean las hojas y las larvas realizan las galerías preferentemente en las hojas y raíces. Esta plaga produce graves daños a las plantas trasplantadas. Para los tratamientos que son aéreos se debe controlar con Carbaril, Metiocarb o Triclorfon (Toledo, 2003).

2.1.7. Enfermedades

2.1.7.1. Alternaria (*Alternaria brassicae* Bolle)

Los primeros síntomas se pueden observar al nacer los cotiledones y en la aparición de las primeras hojas, aparecen unas manchas negras de un centímetro de diámetro, con anillos concéntricos más fuerte de color. Para su control cada 7-10 días se debe ejecutar tratamientos preventivos con alguno de los productos siguientes: Oxicloruro de cobre, Mancoceb, Propineb. Una vez que aparece la enfermedad se tratará con Clortalonil 5%, presentado como polvo para espolvoreo a una dosis de 20 kg/ha (Acosta, et al., 2018).

2.1.7.2. Hernia (*Plasmodiophora brassicae* Wor.)

Generalmente esta enfermedad ataca a las raíces del brócoli las cuales se encuentran afectadas de grandes abultamientos o protuberancias. Como resultado del atrofiamiento que sufren los vasos conductores, la parte aérea del brócoli no se desarrolla bien por ende las hojas se marchitan en los momentos de mayor sequedad en el ambiente para posteriormente volver a recuperarse más tarde cuando la humedad aumente.

Si se arranca las plantas afectadas por la enfermedad se presentan malformaciones de las raíces (alargamiento de las zonas carnosas y formación de excrecencias) y raicillas que al inicio son de color blanco en su interior, posteriormente se hacen grisáceas y al final sufren podredumbre blanda. Después de un tiempo el hongo genera esporas capaces de esparcir la enfermedad en el transcurso de la primavera.

Naturalmente los suelos de naturaleza alcalina no son favorables para esta enfermedad, siendo necesario ocupar encalados para tener una inactividad por corto tiempo. Se debe emplear variedades resistentes, desinfectar el suelo con Formalina o Metam-sodio, eliminar las plantas atacadas en el momento del trasplante, realizar rotaciones largas en los terrenos donde existe la enfermedad, evitando la plantación de especies susceptibles. Para el tratamiento químico se recomienda utilizar: Dazomet, Metam-sodio o Quintoceno (Castelo, 2016).

2.1.7.3. Mancha angular (*Mycosphaerella brassicicola* Gaumann.)

Se forman unas manchas de forma circunferencial que llegan a medir aproximadamente 2 cm de diámetro, de color oscuro y aspecto acorchado. Para su control se debe emplear semillas exentas de la enfermedad y tratar las semillas. También son eficaces los tratamientos preventivos con Oxiclورو de cobre, Mancozeb, Propineb (Castillo, 2015).

2.1.7.4. Roya (*Albugo candida* (Pers.) Kuntze.)

Esta provoca deformaciones en diversos órganos de las plantas, en las hojas aparecen unas pústulas de color blanco. Es conveniente prevenir cada 7-10 días con Mancozeb, Propineb, Maneb, Oxiclورو de cobre, Hexaconazol (Castelo, 2016).

2.1.8. Criterios en la cosecha de brócoli

Según Acosta y col. (2018) se debe tener en cuenta los siguientes lineamientos para la recolección del brócoli:

Planta

- Ciclo: días que pasan desde la siembra hasta su cosecha
- Altura de la planta
- Vigor o fuerza en el desarrollo
- Porte de las hojas: erectas (no caídas); las hojas erectas facilitan el desarrollo de la pella y su recolección.

Pella o cabeza del brócoli:

- Situación de la pella.
- Forma: Esférica o ligeramente aplanada es la idónea, ya que el agua de la lluvia no queda retenida en superficie.
- Tamaño y uniformidad.
- Grano y maduración del mismo.
- Color.
- Compacidad. Se desean pellas compactas y pesadas con buen aguante en el campo y en poscosecha.
- Tronco hueco. Es un defecto que podría ocurrir por malas prácticas agrícolas (exceso de abonos nitrogenados).
- Resistentes a enfermedades, heladas y altas temperaturas.



Figura 2 Diferencia entre pella de calidad (izq.) y pella con deterioro (drcha.)

Fuente: (Acosta, et al., 2018).

2.1.9. Criterios de calidad para la venta

Escoger:

- En el brócoli las cabezas son compactas, firmes con unos floretes cerrados
- En esta hortaliza las cabezas deben tener una tonalidad verde oscuro
- En el brócoli los pedicelos no son muy gruesos y fibrosos

Evitar:

- En el brócoli se debe eludir las cabezas con racimos hinchados, no compactos, blandos y con floretes abiertos.
- Las cabezas que tienen una coloración verde amarillenta o marchito.
- Las cabezas que tienen manchas necróticas o mohosas.

Clasificar:

El brócoli se clasifica según su calibre (diámetro ecuatorial en la sección mayor de la inflorescencia), en:

- Pequeño, con un peso inferior de 300 g y un diámetro inferior de 13 cm.
- Mediano, con un peso que oscila entre 300-500 g y un diámetro que varía entre 13-16 cm.
- Grande con un peso superior de 500 g y un diámetro superior de 16 cm.

2.1.9. Criterios en la poscosecha de brócoli**2.1.9.1. Temperatura y humedad relativa óptima**

Se necesita una temperatura de 0 °C y una HR > 95% para garantizar la vida de almacenamiento (21-28 días). El brócoli almacenado a una temperatura de 5°C puede tener una vida útil de 14 días, pero de solo 5 días a 10 °C. Usualmente, esta hortaliza se enfría sumamente rápido con la inyección de una mezcla hielo-agua (liquid-icing) a los cartones encerados en los que se ha empacado el producto en el campo. El hidro enfriamiento y el enfriamiento con aire forzado son generalmente utilizados, cabe mencionar que el manejo de la temperatura durante la distribución es más crítico que el empacado con hielo (Acosta, et al., 2018).

2.1.9.2. Daños por congelación

Estos daños ocurren si se adiciona sal a la mezcla hielo-agua o cuando el brócoli sin hielo se almacena a una temperatura inferior a -1 °C, las áreas dañadas (congeladas y después descongeladas) resultan con una tonalidad verde oscuro y apariencia translúcida, pudiendo tornarse pardas y volverse muy susceptibles a la pudrición bacteriana (Acosta, et al., 2018).

2.1.9.3. Tasa de respiración

Las cabezas de brócoli tienen tasas de respiración relativamente altas:

Tabla 3. Tasa de respiración de brócoli

Temperatura	0°C	5°C	10°C	15°C	20°C
ml CO ₂ /kg*h	10-11	16-18	38-43	80-90	140-160

Nota: La tabla 3 muestra la tasa de respiración para la conservación del brócoli post-cosecha (Castelo, 2016)

2.1.9.4. Efectos del etileno

La tasa de producción de etileno es muy baja, debido a que el brócoli es sumamente sensible al etileno presente en el ambiente de poscosecha. El síntoma más común es el amarillamiento de las inflorescencias. El contacto con 2 ppm de etileno a 10 °C reduce la vida en un 50% (Castelo, 2016).

2.1.9.5 Efectos de atmósferas controladas (AC)

El brócoli se puede beneficiar de atmósferas conteniendo 1-2% O₂ con 5-10% CO₂ en una temperatura entre 0-5 °C. Aunque en condiciones de atmósferas controladas tales concentraciones bajas de O₂ extienden su vida útil, las variaciones de temperatura durante el manejo comercial hacen que estas concentraciones sean arriesgadas, debido a que el brócoli es capaz de producir volátiles azufrados de olor desagradable. Por tanto, es recomendable una tasa de recambio de aire alta en los contenedores marítimos en los que se embarca esta hortaliza. La gran mayoría de los empaques con atmósfera modificada (Modified Atmosphere Packaging, MAP) son diseñados para mantener tanto el O₂ como el CO₂ a concentraciones de cerca del 10% para así eludir el desarrollo de estos volátiles de olores indeseables (Castillo, 2015).

2.1.10. Fisiopatías

2.1.10.1. Tallo hueco

Se lo distingue por presentar una cámara en la parte central del tallo de la base de la inflorescencia. La superficie de corte en el pedúnculo tiende a tomar una tonalidad parda. El desarrollo de esta fisiopatía depende la manera de cultivar y de las condiciones durante la producción (Castelo, 2016).

2.1.10.2. Amarillamiento de las inflorescencias

Su amarillamiento puede ser causado por una sobre madurez en la cosecha, temperaturas altas de almacenamiento y/o contacto con el etileno. En la mayoría de estos casos el principio fisiológico es la senescencia de las inflorescencias. La presencia de un color amarillo en las inflorescencias termina con la vida útil del brócoli. El amarillamiento por senescencia no debe ser confundido con el color verde claro-amarillento que presentan las zonas de las inflorescencias que no estuvieron expuestas a la luz durante el crecimiento, varias veces llamado "amarillamiento marginal" (Castillo, 2015).

2.1.10.3. Granos pardos en la superficie del cogollo

Es una fisiopatía en la que ciertas áreas de las inflorescencias no se desarrollan adecuadamente, por ende, toman una coloración parda y mueren. Se asume que es causada por un desequilibrio nutricional de la planta (Castillo, 2015).

2.1.11. Enfermedades

2.1.11.1. Pudrición bacteriana

En la actualidad existen varias bacterias causantes de pudriciones blandas (*Erwinia*, *Pseudomonas*) que disminuye la vida del brócoli. Regularmente, las pudriciones a causa de estos microorganismos se asocian con daño físico (Toledo, 2003).

2.1.11.2. Enfermedades causadas por hongos

Aunque no es tan común como las pudriciones bacterianas, las pudriciones causadas por moho gris (*Botrytis cinerea*) y moho negro (*Alternaria*) pueden infestar las cabezas de brócoli debido a que durante su crecimiento se exponen a condiciones lluviosas o muy frías (Toledo, 2003).

2.1.12. Producción de brócoli en Ecuador

De acuerdo a Enriquez, (2017) Ecuador posee una gran ventaja frente a sus competidores por su producción de brócoli que se da todo el año debido al clima, salud de las plantas y el acceso al riego, solo en las tres provincias de Imbabura, Pichincha y Cotopaxi existen alrededor de 2000 hectáreas, siendo Cotopaxi el principal productor del 80% de este producto con 3 cultivos al año. Sin embargo, los cultivos de esta hortaliza son transitorios

en Ecuador, entre el 2017 – 2019 se cultivaron un promedio de 9000 hectáreas de esta hortaliza con un resultado de cosecha del 99.8% de la siembra, cabe mencionar que el tiempo de obtención del producto desde la siembra hasta la cosecha es de alrededor de 90-100 días. En la tabla se evidencia que, en el 2019, la producción de toneladas métricas de brócoli decreció en un 10% cuando en años anteriores había crecido más del 55%, además en el 2017 se tuvo que incrementar un 31% de hectáreas sembradas para que la producción de brócoli crezca a un 34%, algo similar ocurrió en el 2018 en donde se incrementó 59% de hectáreas sembradas para obtener 65% más de toneladas producidas (Sánchez et al., 2020).

A continuación, se muestra una tabla en la cual se pueden observar los periodos de cosecha por año y los niveles de producción por hectáreas.

Tabla 4. Siembra, cosecha, producción y ventas de brócoli en Ecuador (2014-2019)

AÑO	Siembra Hectáreas	Cosecha Hectáreas	Producción TM	Ventas TM
2014	6.868,00	6.868,00	113.029,00	112.703,00
2015	7.816,95	7.606,05	107.386,14	106.149,37
2016	5.520,26	5.519,02	74.190,08	73.110,59
2017	7.213,75	7.192,50	114.271,86	110.656,46
2018	11.461,84	11.431,27	188.094,55	186.755,96
2019	9.923,43	9.919,01	169.724,75	164.048,17
Promedio	8.134,04	8.089,31	127.782,73	125.570,59
Máximo	11.461,84	11.431,27	188.094,55	186.755,96
Mínimo	5.520,26	5.519,02	74.190,08	73.110,59

Nota: La tabla muestra el nivel de producción por períodos anuales en el Ecuador (INEC, 2014).

2.1.12.1. Zonas de producción en el Ecuador

Ecuador es considerado el sexto exportador de brócoli a escala mundial, siendo las principales empresas exportadoras Provefrut, Nova, Frutierrez domiciliadas en Quito, Foodsales en Guayaquil y solamente la empresa Ecofroz se ubica en el Cantón Mejía, por otro lado, la producción de esta hortaliza se da en la mayoría de las provincias de la Sierra (Acción Ecológica, 2015).

En su investigación Motalvo, (2014) manifiesta que las zonas apropiadas para el cultivo de brócoli se diferencian por ser bosques secos y zonas húmedas montano-bajas, que cuentan con clima templado y frío, alturas entre los 2,700 y 3,200 msnm, siendo así la región andina óptima para este cultivo. La provincia del Cotopaxi es la primera provincia

productora de brócoli del país con un 68% de la producción total, seguida por la provincia del Pichincha e Imbabura que generan el 16% y el 10% de la producción total nacional respectivamente.

2.2. Apio

2.2.1. Origen

Los vestigios más antiguos del origen del apio se remontan al antiguo Egipto con una presencia esporádica en la región de la cuenca mediterránea, en particular los países ribereños de la zona de Europa y África donde el clima es más húmedo y posee vertientes salinas. También se lo ha referenciado al Cáucaso y las estribaciones del Himalaya (López J, 2017).

2.2.2. Taxonomía

El apio (*Apium graveolens*) pertenece al reino Plantae y división de las Magnoliophyta. Tiene los tallos acanalados que forman una gruesa penca con hojas apersogadas. La planta posee un potente sabor acre, aunque durante el cultivo los tallos que se blanquean hacen que pierdan estas cualidades, adquiriendo un sabor un poco más dulce y el característico aroma del apio.

Según Mondragón (2012), se lo puede identificar en las siguientes categorías taxonómicas:

Reino: Plantae

Subreino: Traqueobionta (plantas vasculares)

Supervisión: Spermatophyta (plantas con semillas)

División: Magnoliophyta (plantas con flor)

Clase: Magnoliopsida (dicotiledóneas)

Subclase: Rosidae

Orden: Apiales.

Género: Apium

Especie: Graveolens

2.2.3. Características

La siembra se puede realizar en dos épocas del año, la una en invierno y otra se la realiza durante la primavera. Por ello, es posible encontrar esta hortaliza durante todo el año en el mercado, aunque los mejores se encuentran en otoño e invierno (Fernández, 2016).

2.2.3.1. Tamaño

Su tamaño oscila entre los 5-60 cm, no es común que llegue a 1 m de alto. El tallo tiende a ser ramificado, delgado y ascendente, algunas con rayas longitudinales. Sus hojas formadas de pecíolos de 1-10 cm, la base es ancha en forma de vaina. Tiene unas láminas mixtas, oblongo-ovadas o deltoideo-ovadas, recurrentemente con divisiones de 2-10 cm de largo y de 3-8 cm del ancho de la planta, con unas divisiones en forma de línea a filiformes (en forma de hilo), de 2 a 7 mm de longitud por 1 mm o menos de ancho (Mondragón, 2012).

2.2.3.2. Inflorescencia

Las umbelas suelen ser simples o compuestas, de alrededor de 2 cm de alto, estas son opuestas a las hojas, sésiles o, radios primarios (1) y (5), involucro (brácteas en la base de la umbela) ausente, los radios considerados secundarios son de 6 a 15, de 1 a 7 mm de largo. Sus flores generalmente son centrales casi sésiles o sobre pedicelos mucho más cortos que las periféricas; pétalos ovales 5, de 0.5 mm de largo, blancos. Además, se percibe un fruto de forma ovoide de 1.5 a 3 mm de largo, generalmente compuesto por dos mericarpios (frutos parciales) con 5 costillas engrosadas (Mondragón, 2012).

2.2.4. Preparación del suelo

El apio es una planta que no requiere de un tipo de suelo específico ya que tolera cualquier tipo de ellos, es sensible a los encharcamientos, por lo que en las labores de preparación del terreno definitivo es muy importante realizar trabajos de desfonde con un subsolador, acompañada por otra de desfogadera y unos de fresados finales, para conseguir mantener en estado esponjoso los bordes del suelo donde se efectúa el desarrollo del sistema radicular. Sobre todo, en aquellos terrenos con una textura franco-arcillosa, tan frecuentes de las paramos agrícolas donde tiene su mayor implantación (López, 2017).

2.2.5. Temperaturas de cultivo

Las temperaturas están sujetas a cada fase de cultivo:

- Fase de semillero: siembra entre 17 y 20 °C. Hay que tener un control óptimo de temperatura de 13-15 °C para eludir la inducción prematura floral.
- Fase de campo: transcurrido el primer tercio del cultivo la temperatura óptima debe estar alrededor de 16-20 °C. Después, se acomoda a temperaturas inferiores a las referidas, pero superiores siempre a 8-10 °C (FAO, 2014).

Las temperaturas proximales más frecuentes a 5 °C producen unos pecíolos quebradizos. Aunque el cultivo no exige un tipo de suelo específico es preciso que no exista exceso en la humedad. Es necesario un suelo profundo, ya que las raíces alcanzan gran longitud vertical. El pH debe mostrar una neutralidad. Requiere de grandes cantidades de boro, por lo que se vuelve indispensable para el suelo (FAO, 2014).

Rechaza la alta salinidad, sea este del suelo propio o del agua para riego. Este cultivo requiere de una alta humedad en el suelo, pero sin llegar a niveles extremadamente altos; los riegos deben permitir que el suelo esté en un estado perfecto de humedad de tempero. Si el suelo está en estado de deshidratación se da lugar a un engrosamiento de los tejidos y, por tanto, a una pérdida de calidad del producto (López, 2017).

2.2.6. Siembra

Encontramos principalmente dos épocas de siembra durante los dos ciclos de producción (invierno y primavera). Las siembras del cultivo en el ciclo de invierno se realizan desde los primeros días de julio a los días finales de agosto, efectuando los trasplantes desde los últimos días de agosto hasta finales de octubre. Cuando el trasplante ha sido realizado durante la primavera es necesario realizar la siembra en semillero transcurridas las primeras semanas del mes de noviembre, y pudiendo trasplantarlas durante los meses de enero y febrero (Infoagro, 2016).

Cuando las plantas del cultivo alcanzan los 15 cm de altura y ha desarrollado alrededor de 3 o 4 hojas verdaderas, con una longitud de su pecíolo de aproximadamente 10 cm y de limbo de hoja de 4 a 5 cm, significa que está lista para el trasplante, siempre que tenga un correcto crecimiento de sus raíces. Si la planta llega a un estado excesivo de desarrollo

de la parte aérea en las primeras fases en el semillero, es necesario realizar una poda a unos 10 o 12 cm de altura, para evitar descompensaciones en la planta entre la parte aérea y subterránea (FAO, 2014).

2.2.7. Binas y aporcados

Durante el crecimiento vegetativo no es conviene que el “corazón” de la plántula permanezca cubierta de tierra, ya que esto puede ocasionar una parada vegetativa en el crecimiento de la hortaliza. Por esta razón, solo se deben de realizar las labores de bina necesarias, así se evitará que caiga tierra en el centro de la planta; también durante en crecimiento no es necesario recalzar el cultivo. En cambio, cuando el cultivo esté en pleno desarrollo, se realiza el aporcamiento de las plantas; con esta operación se incrementa la longitud de las pencas (Sendra et al., 2011).

2.2.8. Riego

Durante la primera fase de su desarrollo, el riego tiene que ser abundante y regular, ya que la plántula de la hortaliza debe tener un crecimiento continuo. En todo su ciclo, este cultivo tiende a sentir estrés en suelos secos (López, 2017).

Es un cultivo muy exigente de agua de excelente calidad. Cuando la conductividad eléctrica en el agua de riego es alta tiende a frenar el desarrollo vegetativo, provoca que la planta fracturas y favorece los problemas de "corazón negro", debido a que la planta no es capaz de asimilar el calcio (Sendra et al., 2011).

En las estaciones de otoño e invierno, en lo que refiere a la utilización de riego localizado se utilizan 7.000 m³ de agua por cada hectárea. En el ciclo de primavera, se utilizan aproximadamente de 3.500 a 4.500 m³/ha. Es necesario utilizar cubiertas flotantes para evitar la inducción floral, así se logra la reducción del ciclo de 10-15 días si se emplea además acolchado negro debajo de la cubierta (Sendra et al., 2011).

2.2.9. Recolección

La cosecha del apio se la realiza cuando este alcanza el tamaño requerido para el mercado y antes que los pecíolos se conviertan en esponjas. Los cultivos apio presentan un crecimiento homogéneo y son cosechados por única vez. Los tallos son empacados dependiendo su tamaño después de eliminarse los pecíolos y hojas exteriores del producto. Comúnmente la cosecha del apio se realiza de forma manual con ayuda de una

espátula de bordes afilados, con el frontal corto se corta la planta y con la parte lateral el restante de la raíz y parte apical de las hojas. Se recomienda recolectar la hortaliza durante las horas más frescas del día y colocar el apio en cajas lavadas con agua clorada, en lugares sombreados y ventilados. Es importante que se evita las altas temperaturas mientras se transporte el producto: la característica principal del apio es la capacidad de crujir, es decir, que al quebrarlo emita un sonido vidrioso característico. Siendo lo primero que se pierde cuando existe deshidratación del producto (Sendra et al., 2011).

2.2.10. Plagas y enfermedades

Las plagas más comunes que puede tener el apio son:

- Mosca de zanahoria
- Mosca de apio
- Pulgones
- Gusanos grises
- Nemátodos

Mientras que las enfermedades que pueden afectar a los cultivos de apio son:

- Mildiu del apio
- Mancha foliar o tizón
- Septoriosis (*Septoria apii* (Briosi et Car.) Chest., *Septoria apii graveolentis* (Dorg) (Infoagro, 2016).

2.2.11. Fetopatías

2.2.11.1. Ahuecado de las pencas

Está provocado por una depresión de la temperatura (ligeras heladas), excesiva humedad, un desproporcionado abono nitrogenado. Tras de esto la epidermis puede sufrir un desprendimiento. En estos casos se recomienda retardar la cosecha (Infoagro, 2016).

2.2.11.2. Corazón negro (black heart)

El corazón negro aparece debido a un mal abonado o contenidos de calcio insuficientes o condiciones de ambiente que imposibilitan su traslocación (Fernández, 2016).

2.2.11.3. Pardeamientos de las hojas o decoloraciones

La aparición de pardeamientos puede ir unidos a resquebrajamientos de pecíolos, y son causados por deficiencias en boro y magnesio (Fernández, 2016).

2.2.11.4. Ruptura de nudos peciolares

Se producen debido a los altos niveles de potasio en el suelo con elevados niveles de pH, acompañado de vientos recios (Fernández, 2016).

2.2.12. Poscosecha

Limpieza: Restos de tierra, hojas, algunos brotes en los laterales y los pecíolos en mal estado (Infoagro, 2016).

Corte de los "tallos": En campo se cortan a partir de los 35 cm, en el almacén a una longitud entre 27 y 30 cm. El corte es necesario hacerlos por arriba del nudo.

Lavado: Se limpian las pencas con agua clorada por goteo, tras su escurrido y se procede al embolsado del producto (Fernández, 2016).

Embolsado: Se coloca en una especie de film o bolsa para proteger las pencas, recubriéndolas por completo, sin dejar al descubierto los extremos superiores de los tallos (CEDAF, 2014).

Tras la operación las pencas sufren una reducción de su peso en alrededor del 30%, dando piezas de peso entre 400-900 g, siendo los calibres más comerciales los que se encuentran entre 460-720 g (CEDAF, 2014).

2.2.13. Temperatura óptima

La temperatura más favorable es de 0 °C. En condiciones óptimas, el apio tiene que estar en una buena calidad después de ser almacenado de 5 a 7 semanas. Generalmente, el apio es refrigerado y después conservado a temperaturas de 0-2 °C. Si se va a almacenar durante 3 o 4 semanas. Para conservar una buena calidad visual y sensorial del producto,

no es admisible su almacenamiento a temperaturas de más de 5 °C más de 2 semanas como máximo. El crecimiento de los tallos interiores ocurre durante la poscosecha a temperaturas mayores de 0 °C. Humedad relativa óptima varía entre los 95-100% (Mondragón, 2012).

2.2.14. Fisiopatías

Corazón Negro (black heart). En las hojas se desarrolla un tono pardo, el cual progresivamente se torna de color negro. El origen de este problema es similar al que produce las puntas quemadas (tip-burn) en ciertas hortalizas o la pudrición del extremo floral (blossom-end rot) en frutas. Aunque varios factores pueden estar involucrados, el estrés hídrico provoca un desorden debido a la deficiencia de calcio produciendo muerte celular.

Partidura Parda (brown checking). Partiduras, principalmente a lo largo de la superficie interna de los pecíolos causados por una deficiencia de boro (Infoagro, 2016).

Daño por Congelamiento. Este daño puede iniciarse a menos 0.5°C. En los indicios del congelamiento se muestra una apariencia del tejido de embebido en agua en las hojas que se encuentran podridas y marchitas. Los niveles medios de congelamiento provocan ciertas vetas cortas en área del pecíolo las cuales desarrollan una tonalidad parda con un almacenamiento adicional (CEDAF, 2014).

Desorganización de la Médula (pith breakdown). El desajuste de los tejidos interno se conoce comúnmente como esponjosidad. El parénquima del pecíolo se transforma en un color blanquecino, esponjoso y medio vacuolado, y de una apariencia media seca. La desorganización de la médula se inicia por varias circunstancias que inducen senescencia, incluyendo estrés por frío e hídrico, cambios de pre-inducción del tallo floral e infecciones radiculares. La desorganización se produce después de realizar las labores de cosecha, pero las condiciones adecuadas de almacenamiento aminoran su desarrollo (López, 2017).

Partiduras o Rajaduras. Son muy comunes y generan pardeamiento y pudrición. La cosecha, empaquetado y manejo en general se debe realizar con gran cuidado para prevenir daños a los altamente sensibles y túrgidos pecíolos (Infoagro, 2016).

2.2.15. Enfermedades

Las mayores pérdidas poscosecha de un producto es a causa de las enfermedades, particularmente en combinación con un manejo rudimentario y un pobre control de la temperatura y humedad. La pudrición bacteriana (bacterial soft-rot) causada principalmente por *Erwinia* y *Pseudomonas* y *Xanthomonas*, el moho gris (gray mold) causado por *Botrytis cinerea* y la pudrición acuosa (watery rot) por *Sclerotinia spp.* son los más importantes microorganismos considerados patógenos que causan pérdidas de poscosecha durante el transporte, almacenamiento y dentro de la comercialización. *Botrytis* y *Sclerotinia* se desarrollan en un período de pocas semanas, aún a 2 °C (Mondragón, 2012).

2.3. Causas de la descomposición de alimentos

La conservación de alimentos tiene como principio fundamental, el de prevenir o impedir la alteración o descomposición y evitar que exista daños en la salud del consumidor. “Decimos que un alimento se descompone cuando pierde sus características normales” (Carrillo & Reyes, 2013).

Otros procesos son:

- Acidificación o “agriamiento” de la leche.
- Enmohecimiento avanzado en las frutas y verduras.

Como menciona Carrillo & Reyes (2013) el lugar donde se almacenen los productos terminados, así como el tiempo en que estos permanezcan en conservación puede llegar a menorar el tiempo de vida útil del alimento, si esto no se realiza en condiciones apropiadas. Es importante que el transporte de los productos se haga en unidades con sistemas de enfriamiento con control de temperaturas.

2.4. Almacenamiento de productos hortofrutícolas.

Si la producción agrícola debe almacenarse, es de suma importancia que el producto sea de primera calidad. El lote del producto para almacenar debe estar libre de golpes, pudriciones o contaminaciones y los recipientes que lo contengan deberán estar bien ventilados, desinfectados y ser lo altamente resistentes para soportar el producto apilado. A rasgos generales, las técnicas más convenientes para la conservación incluyen el control

de la temperatura, humedad relativa, buena circulación de aire y el dejar un espacio considerable para tener una buena ventilación, así como evitar la mezcla de productos incompatibles (Voguel, 2011).

2.4.1. Sistemas de almacenamiento de hortalizas

2.4.1.1. Almacenamiento a campo

Este sistema se lo realiza en pilas sobre materiales aislantes de la humedad del suelo y cubierto con lonas que protejan el lote de producto, plásticos o paja es también un sistema muy difundido. Es muy común en cosechas grandes que por ser muy voluminosas requieren de cuartos de almacenamiento muy grandes para conservarlas, como por ejemplo cosechas de papa, cebolla, zapallo, etc. Otra alternativa es el almacenamiento a campo sobre los denominados bins (cajones de madera o plástico de 120x100 cm y diseñados para ser manipulados con montacargas), normalmente apilados de a dos y el superior protegido de la lluvia (López, 2003).

2.4.1.2. Ventilación Natural

Es el sistema más simple de almacenamiento en la que el flujo natural del aire alrededor es aprovechado recorriendo alrededor del producto eliminando el calor y la humedad generada por la respiración. Es posible utilizar cualquier tipo de construcción que proteja del ambiente externo y que posea aberturas suficientes para el recorrido del aire. El producto es colocado en su interior a granel, en bolsas, cajas, cajones, bins, tarimas u otras estructuras auxiliares (López, 2005).

2.4.1.3. Ventilación Forzada

Las variaciones naturales de la humedad y temperatura ambiental pueden ser aprovechadas con ciertos tipos de ventiladores que fuercen al aire a pasar a través del producto acelerando el intercambio gaseoso y térmico. Una de las características principales de este sistema llegar a almacenar hasta 3 metros en pila de producto a granel. El aire recorre por debajo del piso forzado por un ventilador y pasa a través de la masa almacenada mediante aberturas o conductos perforados (López, 2003).

2.4.1.4. Refrigerado

La temperatura regulada y controlada es una herramienta fundamental para evitar el deterioro de los productos: Una temperatura baja es capaz de reducir la actividad de las enzimas y microorganismos que son responsables del deterioro de productos considerados perecederos. De esta forma, se menora el ritmo respiratorio, conservando algunas reservas que son consumidas durante este proceso, se retarda la maduración y se minimiza el déficit de las presiones de vapor entre el producto y el medio ambiente, disminuyendo la deshidratación (López, 2005).

2.4.1.5. Preenfriado

Uno de los métodos más comunes es el preenfriado que según Gordón (2010) “consiste en una eliminación rápida del calor de campo de los productos antes de su almacenamiento. Esta técnica se puede realizar de manera eficiente por algunos métodos entre los cuales están: enfriamiento por agua, que se lo realiza por inmersión o riego del producto en aparatos llamados hydrocoolers; enfriamiento con hielo molido, el mismo que es introducido en contenedores; enfriamiento al vacío, donde el producto se coloca en un cilindro metálico y el aire es evacuado evaporando el agua de la superficie del producto”.

2.4.1.6. Ventajas de los alimentos almacenados.

- Abastecer a la población, una vez pasada la época de cosecha.
- Sube el poder de compra del consumidor.
- Mejora la calidad y en la disponibilidad del producto.
- Garantiza la inocuidad alimentaria del producto.

2.4.2. Producción de apio en Ecuador

De acuerdo al Tercer Censo Agropecuario del año 2000, en Ecuador es la provincia de Tungurahua la que aporta con la mayor superficie de apio cultivado, siendo 12 hectáreas de apio sembrado en cultivo solo, y de 4 hectáreas en asociación, además de pérdidas en cosecha que llegan al 30% debido al mal manejo en almacenamiento, esto significa que existen pérdidas significativas en la rentabilidad del agricultor (MAGAP, 2000).

La actividad de comercio del apio se realiza principalmente en los mercados mayoristas, donde el apio y productos similares llegan a perder hasta el 40% de materia verde, esto significa que el mal manejo en poscosecha es un factor de importancia en la cadena de producción del apio, este factor se puede contrarrestar con un adecuado almacenamiento y un empaquetado que alargue la vida útil en percha, además se debe aplicar un pre enfriamiento del producto como práctica necesaria en poscosecha, todo esto en un ambiente frío con temperaturas controladas (FAO, 2006).

2.4.3. Zonas productoras de apio en el Ecuador

Actualmente en Ecuador no existen datos contundentes sobre el área de producción de apio, sin embargo, se estima que, en la provincia de Tungurahua al norte de Ambato, parroquia Izamba existe más de 12 hectáreas de cultivo, esta información fue facilitada por el tercer Censo Nacional Agropecuario realizado en el 2000, en donde no se documentaron cifras exactas para Machachi en Pichincha, Panzaleo y Cotopaxi (Pillajo, 2013).

CAPÍTULO III

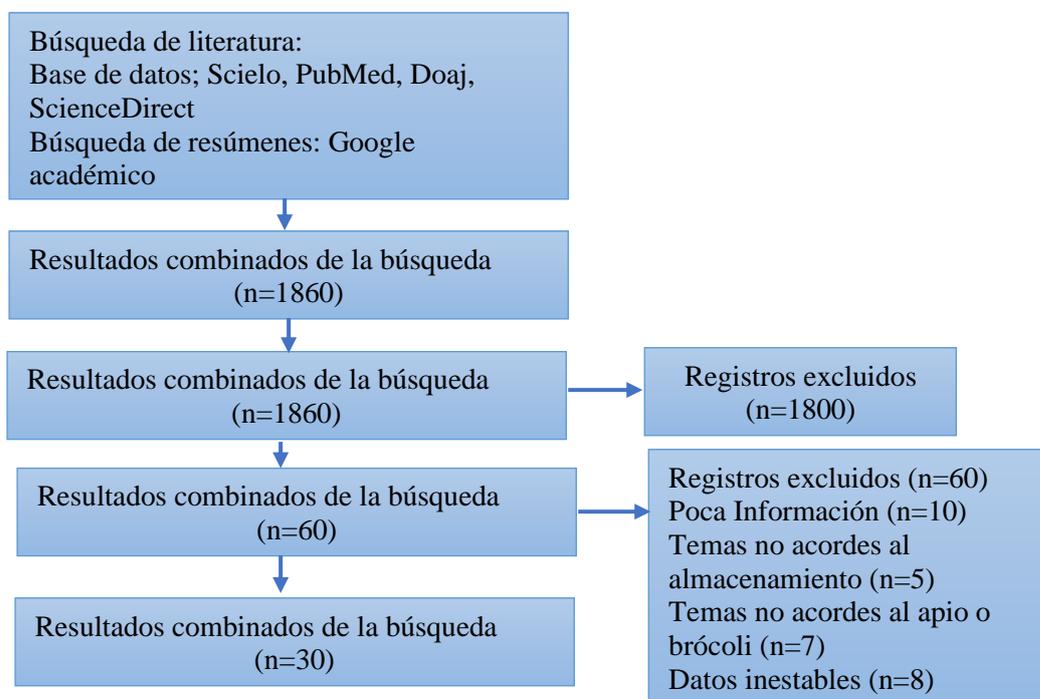
METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

Esta investigación se ha realizado bajo una revisión bibliográfica de documentos con referencia al almacenamiento de hortalizas, y contrastar con la información obtenida de los centros de distribución del cantón Ambato, con esto, se ha de plantear un análisis crítico para la conservación de dos productos agrícolas: brócoli (*Brassica oleraceae*) y apio (*Apium graveolens*).

A continuación, se presenta el diagrama de flujo de revisión sistemática donde se muestra el número de registros únicos identificados en el buscador, se ha tomado en cuenta para su diagramación el número de registros excluidos en una evaluación previa mediante criterios como: tema y resumen. La base de registros recuperados en texto completo será puesta a consideración mediante otros criterios de evaluación dependiendo de la información que aporten al estudio. Finalmente, se han seleccionado un número adecuado que cumpla con el objetivo de la investigación.

Figura 3. Diagrama de flujo de revisión sistemática



Nota: para la selección de los documentos se realizó una búsqueda con las palabras claves: almacenamiento, brócoli, apio, poscosecha, métodos, conservación (Andrade, 2021).

3.2. Diseño de investigación

3.2.1. Explicativa

Este tipo de investigación se enfoca en establecer las causas que origina un fenómeno determinado. Revela las causas y efectos de la investigación a partir de la explicación de la problemática mediante la deducción de teorías y leyes (Cazau, 2006). Con la recolección de información y posterior análisis, el estudio tiene como propósito, proponer y explicar un método específico de almacenamiento adecuado para el brócoli y el apio.

3.2.2. Descriptiva

Para este tipo de investigación se ha seleccionar una serie de cuestiones, conceptos o variables midiéndolas independientemente cada una de ellas. Con el fin de describirlas. Esta clase de estudios lo que busca es determinar las características importantes de los objetos de estudio (Cazau, 2006). Se analizará cada sistema de almacenamiento, para facilitar la conservación de brócoli y apio, comercializados en los centros de distribución de la ciudad de Ambato, con el propósito de obtener una técnica de almacenamiento poscosecha ideal.

3.2.3. Bibliográfica

Esta revisión se realizó de acuerdo con la declaración PRISMA (2009) sobre revisiones sistemáticas, el mismo que conlleva a una revisión, expansión y mejora de información mediante la estructura de 4 fases: identificación, cribado, elección e inclusión; se evaluaron los resúmenes y textos completos para determinar su elegibilidad. Se incluyeron los estudios en la revisión sistemática aplicando los siguientes filtros de cribaje:

- (1) El rango de año de publicación entre el 2010 y 2020;
- (2) Los sistemas de almacenamiento utilizados para hortalizas frescas.
- (3) Que sean artículos científicos originales o de revisión, publicados en revistas indexadas y algunas tesis relevantes en el tema de almacenamiento de hortalizas.

3.3. Revisión Bibliográfica

Para el desarrollo del presente trabajo se fundamentó en información relevante sobre el uso y manejo de hortalizas, documentada en revistas, libros, trabajos de investigación, artículos científicos entre otros documentos académicos ya sean físicos o encontrados en la web académica.

3.3.1. Estrategias de búsqueda

- **Tipos de publicaciones:** revistas y artículos científicos; libros, editoriales, tesis de maestrías.
- **Fuentes documentales:** bases de datos como: Scielo, Google Académico, PubMed, Scopus, ProQuest, ScienceDirect.
- **Intervalo de tiempo:** de 10 años (2010-2020)
- **Palabras claves para la búsqueda:** almacenamiento/storegate, brócoli/broccoli, apio/celery, poscosecha, métodos, conservación/preservation.
- **Idioma:** sin restricción

3.4. Metodología

Esta investigación contará con la siguiente metodología para la recolección de datos: Bibliográfica.

3.4.1. Bibliográfica

Según Ávila (1985, p. 50), la investigación documental es la técnica que consiste en la selección y recopilación de información mediante la crítica y lectura de materiales bibliográficos. La investigación bibliográfica proporcionará la información necesaria para la investigación, misma que permitirá conocer, comparar, ampliar, profundizar y deducir diferentes enfoques, teorías, conceptualizaciones y criterios de diversos autores sobre una cuestión determinada, basándose en libros, folletos, revistas, tesis, internet y otros; en los cuales se revisará fuentes escritas de diferentes autores para elaborar el marco teórico que definirá la metodología de la investigación con la finalidad de mejorar y ampliar los conocimientos en la realización y desarrollo de la presente investigación.

3.5. Población y muestra

El estudio y análisis de los métodos de almacenamiento para el brócoli y apio será realizada de los datos obtenidos en la provincia de Tungurahua, en el cantón Ambato. Esta abarcará al total de la población que se ha visto involucrada en comercialización de este tipo de hortalizas.

3.5.1. Tipo de análisis

- **Hipótesis nula. (H₀)**

El almacenamiento por los métodos analizados de hortalizas como el brócoli y apio no influye en la calidad bromatológica de los mismos.

- **Hipótesis alternativa. (H_a)**

El almacenamiento por los métodos analizados de hortalizas como el brócoli y apio influye en la calidad bromatológica de los mismos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de la cosecha es importante que el producto sea guardado inmediatamente en un lugar fresco ya sea en canastas o colocarlo para venderlo inmediatamente, por lo que en relación de almacenamiento para las hortalizas es recomendable:

- Rechazar las hortalizas dañadas o que presente un aspecto malo.
- Es posible almacenar en una habitación que no sea muy fresca ni muy calurosa, pero sí que se encuentre a la sombra.
- Algunos productos como los frutales y hortícolas se pueden cosechar inmaduros y conservarse hasta que maduren.
- Otros, como las cebollas y ajos se tienen que cosechar secas (Silva, 2014).

En los lugares que presentan clima templado la mayor producción de frutas y hortalizas se presentan por estaciones, lo que es muy diferente al clima tropical donde el periodo de cultivo es amplio y se presenta una cosecha distributiva. Es importante mencionar que el tiempo de un producto almacenado va en función de todas las características internas como externas, por lo que se puede determinar productos perecederos como la frambuesa hasta los de larga conservación como la cebolla, además de las características se deben tomar en cuenta las condiciones con las que son almacenadas.

Tabla 5. Condiciones de almacenamiento óptimo

ESPECIE	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (días)
A-B			
Aceituna fresca	5-10	85-90	28-42
Acelga	0	95-100	10-14
Acerola	0	85-90	49-56
Achicoria	0	95-100	14-21
Ajo	0	65-70	180-210
Albahaca	0	85-95	7
Alcaucil	0	95-100	14-21
Alcayota	7	85-90	28-42
Ananá	7-13	85-90	14-28
Anona	5-7	85-90	28-42
Apio	0	98-100	30-90
Apionabo	0	97-99	180-240
Arándano azul	-0.5-0	90-95	14
Arándano rojo	2-4	90-95	60-120
Arveja	0	95-98	7-14
Arveja china	0-1	90-95	7-14
Atemoya	13	85-90	28-42
Babaco	7	85-90	7-21
Banana - Plátano	13-15	90-95	7-28
Batata	13-15	85-90	120-210
Berenjena	8-12	90-95	7
Berro	0	95-100	14-21
Bledo	0-2	95-100	10-14
Bok Choy	0	95-100	21
Brócoli	0	95-100	14-21
Brates germinados	0	95-100	7

Nota: la tabla muestra las condiciones de almacenamiento de varios productos agrícolas entre los cuales se encuentra el apio y brócoli, subrayado en amarillo (Cantwell 1999; Sargent,2000; McGregor, 1987).

Los productos cosechados que no se van a comercializar inmediatamente, es necesario almacenarlos en condiciones especiales que eviten la pérdida de humedad, pérdida de peso y el amarillamiento por efecto del etileno. La humedad relativa que requieren las hortalizas en el almacenamiento debe estar alrededor del 95% para la mayoría de los productos, cuando no alcanza los valores adecuados se relaciona directamente con la pérdida de agua de los productos, causando marchitamiento y pérdida de peso.

Los productos hortícolas usualmente se almacenan a 0 °C, sin embargo, existen productos que son sensibles al congelamiento, estos se deben almacenar por separado

y se deben mantener con temperaturas entre 7 a 10 °C como el tomate y pimiento (Vaca, 2014).

Producto	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	almacenamiento aprox. (días)
Acelga	0	95 – 100	10 – 14
Apio	0	97 – 99	60 – 90
Brócoli	0	95 – 100	10 – 14
Cebolla (atado)	0	65 – 70	180 – 240
Cebolla seca	0	65 – 70	30 – 240
Col china	0	95 – 100	60 – 90
Col repollo	0	98 – 100	21 – 42
Coliflor	0	95 – 98	21 – 28
Lechuga	0	98 – 100	15 – 21
Papanabo	0	95	120 – 150
Perejil	0	95 -100	15 – 18
Pimiento, ají	7 – 13	90 – 95	15 – 21
Rábano	0 – 1	95 – 100	120
Remolacha	0	98 – 100	120 – 180
Tomate (maduro)	13 – 15	90 – 95	4 – 7
Vainita, Frijol	4 – 7	95 – 100	10 – 14
Zanahoria	0	98 – 100	210 – 270
Zucchini	5 – 10	95	7 – 15

Nota: La tabla muestra los niveles de temperatura, humedad relativa y promedio de almacenamiento de varios productos entre estos el apio y el brócoli (Kander & Kitinija, 2003).

Preenfriamiento con hielo

Se emplea hielo molido o cubos de hielo y puede aplicarse una variedad grande de productos, como brócoli, zanahorias, maíz dulce, espinacas, apio, col, melón, cebolla, perejil, entre otros. Este sistema es ideal para los productos empacados que no pueden ser enfriados con aire forzado. Para lograr que este sistema de almacenamiento funcione, el hielo se coloca en los contenedores y entre los empaques ya estibados. Sin embargo, en los productos con tasas de respiración altas, este método presenta un efecto residual. Desde el punto de vista de eficiencia en el consumo de energía de enfriamiento con hielo, medio kilogramo puede enfriar cerca de 1.5 kilogramos de producto y reducir la temperatura de 29 a 5 grados centígrados (Yáñez, 2018).

En este proceso, el hielo es colocado dentro de los contenedores. La utilización de hielo se recomienda utilizarlo en la conservación de brócoli, zanahorias, maíz dulce, espinacas, col, melón, cebolla, perejil, fríjol (verde), rábano, espinaca y nabo, y es particularmente efectivo en las hortalizas empacadas que no puedan ser enfriados con

el sistema de aire forzado. Se genera un efecto residual en productos que tienen altas tasas de respiración. Hablando de la eficiencia en el consumo de energía en este método de conservación por hielo, una libra de éste puede enfriar cerca de 3 libras de producto de 85 ° F a 40 ° F (Villafuerte, 2001).

Preenfriamiento por vacío

El sistema se trata de la evaporación de una parte del agua del producto a una presión atmosférica muy baja. Los productos que tienden a liberar agua de forma rápida se pueden enfriar en 20 o 30 minutos. Las hortalizas con una alta relación de superficie / peso y que logran liberar agua con facilidad, como las hortalizas de hoja, se adaptan mejor a este tipo de método. En ciertas ocasiones también se utiliza para el enfriamiento de apio, ciertas variedades de maíz, zanahorias y algunos tipos de chile. Este sistema se utiliza para conseguir un secado superficial, y para inhibir el desarrollo de pudriciones poscosecha (Yáñez, 2018).

De igual manera es muy efectivo en productos con una buena relación área superficial/ volumen (como las habichuelas, col de bruselas, repollo, coliflor, apio, maíz dulce y espinaca), que no pueden ser preenfriados con otros métodos. El producto debe ser introducido dentro de un cilindro de estructura metálica y el aire debe evacuado. El vacío logra que el agua se empiece a evaporar de la superficie de la hortaliza, disminuyendo así el grado de temperatura. Este proceso puede provocar marchitamiento de los frutos si se sobre ocupa debido a que puede generar una excesiva pérdida de agua. Este tipo de enfriadores suelen ser bastante eficientes, pero su costo operacional es muy alto. El enfriamiento por evaporación es un medio óptimo para brindar a la atmosfera un control de temperaturas bajas con humedades que relativamente son altas, que convengan al producto que se encuentra en almacenamiento. Este tipo de enfriamiento trabaja mejor cuando la humedad del aire está por debajo del 65% y solo puede reducir la temperatura del fruto en unos 10 a 15 °F, donde el producto puede llegar a no estar suficientemente refrigerado (Villafuerte, 2001).

Preenfriamiento con agua

El producto se enfría por inmersión o goteo del mismo con agua a temperaturas bajas, en aparatos llamados hydrocoolers, estos son más rápidos que el aire forzado y no deshidratan el producto. Puede utilizarse siempre y cuando el producto tolera la humedad y el empaque no es alterado por el agua o ciertos desinfectantes que pueden incorporarse en las aguas que están recirculando. La limpieza que se debe hacer al agua y las condiciones que debe resistir el empaque del producto pueden elevar significativamente el costo. El agua se enfría mediante refrigeración mecánica, pero si no hay disposición de esta agua se puede usar una fuente alterna de agua refrigerada. Es recomendable utilizar este tipo de enfriamiento en productos como el espárrago, frijol, remolacha, brócoli, col de Bruselas, repollo, zanahoria, apio, maíz dulce, col, puerro, lechuga, melón, cebolla, perejil, guisante, papa, rábano, espinaca y nabo (Villafuerte, 2001).

Tabla 6. Método de enfriamiento recomendados para frutas y hortalizas

Producto	TAMAÑO DE LA OPERACIÓN		Observaciones
	Grande	Pequeña	
Frutas			
Citricos	CF, AF	CF	
Frutos de hueso	AF, HE	AF	El albaricoque no tolera HE
Subtropicales	AF, HE, CF	AF	
Tropicales	AF, CF	AF	
Frutillas de arbusto	AF	AF	
Kiwi	AF	AF	
Uvas	AF	AF	Requieren de un enfriamiento rápido con instalación adaptada para el tratamiento con SO ₂
Hortalizas de hoja			
Col	EV, AF	AF	
Lechuga 'Iceberg'	EV	AF	
Col rizada	EV, CF	AF	
Lechuga, Espinaca, Endivia, Escarola, Col China	EV, AF, HE	AF	
Hortalizas de raíz			
Con hojas	HE, AF	HE, AF	Puede usarse EV en zanahorias
Sin hojas	HE	HE, AF	
Papa blanca	CF		
Camote	HE	CF	
Hortalizas de flor y tallo			
Alcachofa	HE	AF	
Espárrago	HE	HE	
Brócoli, Col de Bruselas	HE, AF	AF	
Coliflor	AF, EV	AF	
Apio, Ruibarbo	HE, EV	HE, AF	
Cebollín, Poro	HE		
Hongos	AF, EV	AF	
Hortalizas de Bulbo			
Cebolla curada o seca	CF	CF, AF	
Ajo	CF		
Hortalizas de Fruto			
Pepino, Berenjena	CF, AF	AF	Las hortalizas de fruto son sensibles a daño por frio a varias temperaturas
Melones			
Cantalup	HE, AF	AF	
Honey Dew, Casaba,	AF, CF	AF	
Crenshaw			
Sandía	AF, HE	AF, CF	
Chiles	CF, AF, EV	AF	
Calabacita, okra	CF, AF	AF	
Elote	HE, EV	HE	
Tomate	CF, AF		

Nota: la tabla muestra el enfriamiento correspondiente para varios productos entre estos el brócoli y apio. Se debe considerar que: cámara frigorífica (CF), aire forzado (AF), hidro enfriamiento (HE) y enfriamiento por vacío (EV) (Kader, 2002).

El brócoli fresco presenta un índice alto de perecibilidad, por lo que solo se le puede almacenar por periodos cortos. Las inflorescencias pueden conservarse en buenas condiciones durante 10 a 14 días, a 0 °C y 95-100 % de humedad relativa. El calor generado por el brócoli a 0 °C es de 4100-4700 Btu/t-día. No es recomendable el almacenamiento por más de dos semanas porque se intensifica el amarillamiento de las cabezas y comienza el ablandamiento de los tejidos. Además, las flores individuales empiezan a caer. El brócoli que presenta congelamiento es capaz de conservarse por tiempo indefinido a una temperatura variable de -18 a-20 °C. A temperaturas menores que -0,6 °C, el producto fresco sufre daño por congelamiento, lo cual ocasiona la pérdida total de las inflorescencias. Luego del descongelamiento, los tejidos afectados se tornan marrones produciéndose olores desagradables. Los floretes más inmaduros, localizados en el centro de la cabeza, son los más sensibles al daño por congelamiento (Toledo, 2003).

La forma más adecuada de conservar frutas y verduras es colocarlas en el refrigerador, también son recomendables las bolsas de plástico perforadas. Conservar esas frutas y verduras en bolsas en la gaveta especial para productos frescos en el refrigerador. Para la conservación a temperatura ambiente las frutas y verduras deben tener ciertas condiciones como estar secas y frescas. Idealmente, la temperatura debe ser de 50 a 70 ° F. Las temperaturas más altas aceleran el deterioro (Laanen & Scott, 2014).

Tabla 7. Consejos de almacenamiento

Frutas/Verduras	Método/Tiempo de almacenameinto	Consejos
Bayas (Moras, Frambuesas, Fresas)	Gaveta del refrigerador para productos crujientes: 2 a 3 días	Antes de guardar las bayas, deseche cualquier fruta podrida o aplastada. Guarde las bayas sin lavar en bolsas plásticas o contenedores plásticos. No remueva los pedúnculos verdes de las fresas antes de guardarlas.
Brócoli	Gaveta del refrigerador para productos crujientes: 3 a 5 días	Guarde el brócoli sin lavar en bolsas plásticas.

Nota: En la tabla se muestran varios consejos para la conservación del brócoli (Laanen & Scott, 2014).

La humedad relativa es una variable que se relaciona con la frescura debido a que permite que la verdura tenga mejor apariencia y evita que se forme el moho u otras características que no es del gusto del consumidor.

Humedad relativa	
<p>Humedad relativa baja: implica una deshidratación del producto, marchitamiento, pérdida de peso, etc.</p>	<p>Humedad relativa alta: implica el desarrollo de microorganismos y podredumbre.</p>

Cuando el control de la humedad relativa es ineficiente esta puede generar dos partes: una parte baja que provoca la deshidratación del producto, acelera el marchitamiento y pérdida sustancial de peso, entre otras consecuencias; o una parte alta, cuya propensión es el desarrollo de microorganismos y podredumbre del producto en almacenamiento. Por eso, es importante jugar con la humedad relativa alta o baja; las más recomendadas están entre 85 % y 95%, pero siempre se debe tener en cuenta si el producto la admite o no. Hay excepciones en los cultivos que deben tener una humedad relativa mayor a 95 % como los frutos secos, bulbos, lechuga, apio, etc (López, 2010).

El apio debe someterse primero a una pre-refrigeración y después la temperatura óptima de conservación es de 0 °C y la humedad relativa del 90-95%. Se puede conservar el apio por algunas semanas, incluso, se lo puede conservar de 2 a 3 meses cuando se lleva un óptimo control de temperatura de 0-1 °C y una humedad relativa sobre el 90 y 95 %. La temperatura ideal es de 0 °C y la humedad relativa favorable rondando el 98-100 %. Para lograr un lentificamiento en los procesos de metabolización del apio y lograr alargar su vida poscosecha, se someten al proceso llamado pre-refrigeración. Esto se lo puede realizar de diferentes formas, por el sistema de aire frío, por agua a temperaturas bajas ('hidrocooling') o por sistema de vacío ('vacuum'), siendo la más utilizable la última debido a su rapidez y a que puede aplicarse a los apios ya dispuestos en cajas; el ciclo necesario para bajar la temperatura de 21°C a 8 °C, puede durar unos 13 minutos. Antes de embolsarlos los apios deben humedecerse para evitar que una desecación excesiva con la pre-refrigeración. Para lograr un almacenamiento de calidad no es recomendable hacerlo a temperaturas superiores a 5 °C por más de dos semanas.

La forma adecuada de transportar el producto en camiones con sistema de refrigeración y con buena ventilación, dependiendo de la época y de la distancia al mercado. Analizando los efectos del etileno, es sabido que a bajas temperaturas el apio no es muy sensible a niveles reducidos del mismo que existen en el ambiente. Sin embargo, si la concentración de etileno es de 10 ppm o más, a temperaturas superiores a 5 °C, puede producirse una pérdida del color verde. Al alterar los niveles de los componentes de la atmósfera se puede alargar la conservación del color verde en el producto y mermar la aparición de podredumbre. Con control de la atmósfera para el almacenamiento de apio y brócoli o de su transporte para largas distancias tiene una aplicación netamente comercial. Un elevado nivel de CO₂ provocan un retraso del amarillamiento y pudrición de las hojas del apio, pero no se recomienda este método en cargas mixtas con lechuga, ya que ésta no asimila las atmósferas enriquecidas con CO₂. También se sabe que se producen retrasos de la senescencia y podredumbres con 2-4 % de O₂ y 3-5 % CO₂ (Romero, 2021).

El brócoli por sus condiciones es un producto que no puede ser conservado de manera natural, por lo que no suele almacenarse a temperaturas ambientales. Si se quiere conservar, las condiciones adecuadas son de 0 °C y humedad relativa alta, lo que permite almacenarlo durante 2 semanas, aunque este plazo se puede alargar logrando tener atmósferas controladas, que se generan espontáneamente en los envases sellados por plásticos, en donde el oxígeno tiende a reducirse y el CO₂ se eleva como consecuencia de la tasa de respiración del producto. El brócoli es un producto por naturaleza muy perecedero, por esto, es muy recomendable preenfriarlo lo antes posible tras su recolección y evitar mermas del producto a causa de la pudrición. Así, se evita un marchitamiento y amarillamiento muy acelerado.

Los sistemas de conservación más factibles son la pre-refrigeración por agua o por aire humidificado. Este último método antes del envasado humedece adecuadamente los brócolis, sin aportar la acumulación de agua líquida, lo que reducirá el riesgo de podredumbres bacterianas, ya que estos organismos encuentran un medio óptimo si hay agua en el medio provocado por la temperatura baja. Un método que se utiliza en algunos estados de Estados Unidos es el preenfriamiento mezclado con agua y hielo.

El brócoli se almacena en contadas ocasiones, y solo si el mercado lo requiere, ya que es como se ha indicado, muy perecedero. Las condiciones óptimas de 0 °C y humedad del 90-95 % únicamente permiten conservarlo por un periodo de 2 semanas. Es necesario separarlos de productos que produzcan etileno, ya que es una especie que no tolera este gas, que provoca el envejecimiento acelerado del brócoli, acortando por tanto el periodo de conservación. Se pueden usar atmósferas modificadas, lo que permite prolongar la conservación a 0 °C o usar temperaturas superiores. La recomendación es usar un nivel de oxígeno del 1-2 % y de anhídrido carbónico del 5-10 %. Sin embargo, este sistema no es utilizado a nivel comercial. Llega a ser necesario emplear el efecto de modificación espontánea que se produce al interior de los envases envueltos en plástico, donde por efecto de la respiración del producto se produce una reducción del oxígeno y un aumento del CO₂. Para obtener estas atmósferas modificadas conviene usar materiales permeables, que no confieran a las pellas sabores u olores extraños (Romero, 2021).

CONCLUSIONES

- En el estudio realizado se ha determinado que los sistemas de almacenamiento son muy importantes para la conservación del brócoli y apio, por lo que en los centros de distribución del cantón Ambato se utilizan el almacenamiento a campo, ventilación natural, ventilación forzada, refrigeración y el pre enfriado.
- Al momento del almacenamiento es necesario el control sobre la temperatura, ya que es una herramienta principal que reduce el deterioro luego de haber cosechado las hortalizas, por lo que este factor junto a la humedad relativa debe ser controlados en forma precisa en el interior de la bodega donde reposan los productos.
- Sobre la base del estudio desarrollado al conocer sobre los resultados de las diversas opciones se puede observar que el apio y brócoli a una temperatura de 0°C y la humedad relativa hasta del 100% se puede conservar en almacenamiento hasta en 90 días el apio y 21 días el brócoli.
- Referente al brócoli es importante mencionar que es un producto que también se exporta a otros países por lo que se menciona que el principal sistema de almacenamiento que permite la conservación es el hidrocóoling ya que estudios demuestran que se conservan por mayor tiempo sin perder la esencia de su estructura organoléptica ni su composición bromatológica.
- El mejor sistema de almacenamiento para el apio es el de pre-refrigeración por agua, por lo que ofrece una prolongación de las condiciones físicas en relación al color y de las características bromatológicas; lo que hace más atractivo y que tenga mayor acogida en el mercado por los consumidores.

RECOMENDACIONES

- Identificar a base de las necesidades de cada centro de distribución y comercialización el almacenamiento más óptimo que permita aprovechar el producto y obtener rendimientos económicos adecuados, para de este modo garantizar la buena conservación que de paso a una prolongada duración en buenas condiciones hasta llegar al consumidor final.
- Se recomienda almacenar apropiadamente las hortalizas con la finalidad de evitar desperdicios y pérdidas económicas debido a las mermas, esto se logra mediante el adecuado tratamiento en relación con las características de cada producto para que de esta manera los usuarios disfruten de su buen sabor, textura y aroma, es importante considerar que las hortalizas pueden permanecer en óptimas condiciones hasta por semanas si se realiza el adecuado almacenamiento para su conservación
- En la conservación de alimentos no se puede presentar un método constante por lo que es necesario que se controle periódicamente todas las condiciones referentes al brócoli, apio y todos aquellos recursos que conlleva obtener un resultado efectivo.
- Es recomendable la utilización para el brócoli y apio de un cuarto frío a una temperatura de 0 °C para el correcto almacenamiento, ya que en los estudios realizados se evidenció que el método más efectivo y recomendado para conservar en buenas condiciones dichas hortalizas es preenfriamiento por agua (hidrocooling).

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6.1. Bibliografía

- Acción Ecológica. (2015). *Ecuador: Los sectores que se favorecen: brócoli*. Obtenido de <https://www.bilaterals.org/?ecuador-los-sectores-que-se-27154&lang=en>
- Acosta, J., Martínez, B., Cerdá, A., Fernández, B., & Nuñez, E. (2018). *Alimento de la región de Murcia: Brócoli*. -Santander: Universidad de Murcia .
- Cantwell, Sargent, & McGregor. (2000). *Condiciones óptimas de las hortalizas*.
- Carrillo, L., & Reyes, A. (2013). Vida útil de los alimentos. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Bilógicas y Agropecuarias, Vol. 2, Núm. 3*.
- Castelo, J. (2016). *Cultivo de brócoli*. Buenos Aires: Agroindustria.
- Castillo, M. (2015). *Importancia de la producción y exportación de brócoli de la provincia del Cotopaxi: estrategias de comercialización hacia los mercados no tradicionales años 2010-2014*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Cazau. (2006). *Introducción a la investigación en ciencias sociales* . Buenos Aires: Ruidinskín.
- CEDAF. (2014). *Cultivo de lechuga y apio*. Santo Domingo: Centro de desarrollo agropecuario y forestal.
- Enríquez, P. (2015). *EVALUACIÓN AGRONÓMICA Y PRODUCTIVA DE DOS VARIETADES DE APIO (Apium graveolens) CON TRES TIPOS DE ABONO ORGÁNICO EN LA PARROQUIA DE PIFO, PROVINCIA DE PICHINCHA*. Guaranda: UBE.
- Escobar, A., Marquez, C. J., restrepo, C. E., & Pérez, L. J. (2014). *Aplicación de Tecnología de Barreras para la Conservación de Mezclas de Vegetales Mínimamente*. Medellín: Revista Facultad Nacional de Agronomía.
- Fernández, T. (2016). *Manual del cultivo*. México D.F: Biblioteca Técnica de Servicios y Almacigos.
- Ferratto, J., & Cristina, M. (2008). Producción, consumo y comercialización de hortalizas en el mundo. *Agromensajes*, 14-16.
- Freire, C., Mayorga, F., Sánchez, A., & Vayas, T. (2019). Producción de brócoli en el Ecaudor . *Observatorio económico y social de Tunguragua*, 1-4.
- García, V., Quevedo, C., & Delgado, J. (2003). *Manual de almacenamiento transporte de frutas u hortalizas frescas en materia de inocuidad*. Santa Cruz Atoyac: SAGARPA.

- Gordón, J. (2010). *Propuesta de mejoramiento de manejo postcosecha en hortalizas productivas en un sistema campesino*. Quito : Escuela Politécnica Nacional.
- Kader, A. (2002). *Postharvest technology of horticultural crops*. Berkley: University of California.
- Kander, A., & Kitinija, L. (2003). *Técnica de manejo poscosecha a pequeña escala*. Serie de Horticultura Poscosecha N. 8260.
- Laanen, V., & Scott, A. (2014). *Almacenamiento seguro de frutas y verduras*. México: Sistema Universitario de Texas.
- Le Gall, J. (2009). El brócoli en Ecuador: la fiebre del oro verde. Cultivos tradicionales, estrategias campesinas y globalización. *Anuario Americanista Europeo*, 261-288.

6.2 Webgrafía

- CORPEI. (25 de noviembre de 2011). <https://www.infoagro.com/documentos>. Obtenido de <https://www.infoagro.com/documentos/#menuHeaderSectors>
- Enriquez, C. (2017). *El brócoli mantiene una alta demanda externa*. Obtenido de Revista Lideres: <https://www.revistalideres.ec/lideres/brocoli-mantiene-alta-demanda-externa.html#:~:text=2%200000%20hect%C3%A1reas%2C%20que%20se,hace%20tres%20veces%20al%20a%C3%B1o>.
- FAO. (2006). *Fichas Técnicas para productos frescos y procesados*. Obtenido de http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/
- FAO. (2014). *Cultivo de apio*. Buenos Aires: FAO.
- INEC. (2014). *ENCUESTA DE SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA CONTINUA ESPAC*. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2014-2015/2014/Informe%20ejecutivo%20ESPAC%202014.pdf
- Infoagro. (2016). *Manual para el cultivo de apio*. México D.F: Infoagro.
- infoagro. (4 de febrero de 2017). *infoagro.com*. Obtenido de <https://www.infoagro.com/hortalizas/broculi.htm>
- La Hora. (2 de June de 2008). *lahora.com.ec*. Recuperado el 26 de marzo de 2021, de <https://lahora.com.ec/noticia/728608/tungurahua-una-zona-agrcola-rica>
- López, A. (2003). *Manual para la preparación y venta de frutas y hostalizas*. Balcarce: FAO.

- López, A. (2005). *Manual Para la Preparación y Venta de Frutas y Hortalizas Del campo al mercado*. Balcarce: FAO.
- López, C. (2010). *Almacenamiento y refrigeración de frutas y verduras*. México: mundo hvacr.
- López, J. (2017). Apio. Cultivos Hortícolas al aire libre. *Fundacion Cajamar: Serie agricultura*, 315-337.
- MAGAP. (2000). *Análisis e interpretación del tercer censo agropecuario*. . Obtenido de <http://www.agroecuador.com/HTML/Censo/Censo.htm>
- Mondragón, J. (2012). *El apio*. México : Conabio.
- Motalvo, F. (2014). “*EVALUACIÓN DE CUATRO DISTANCIAMIENTOS DE SIEMBRA EN EL DESARROLLO Y PRODUCCIÓN DE DOS VARIEDADES DEL BRÓCOLI (Brassicaoleracea L.) EN EL CANTÓN IBARRA PROVINCIA DE IMBABURA*”. Obtenido de UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/633/T-UTB-FACIAG-AGR-000107.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pillajo, M. (2013). *EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO EN POSCOSECHA DEL APIO (Apium graveolens), CON TRES ATMÓSFERAS MODIFICADAS Y TRES TEMPERATURAS DE ALMACENAMIENTO EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, 2013*. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2571/1/T-UTC-00107.pdf>
- Romero, J. A. (2021). *Apio, Apium Graveolens / Umbelliferae*. Frutas y Hortalizas.
- Sánchez, A., Vayas, T., Mayorga, F., & Freire, C. (2020). *Producción de brócoli en Ecuador*. Obtenido de <https://blogs.cedia.org.ec/obest/wp-content/uploads/sites/7/2020/12/Brocoli-en-Ecuador.pdf>
- Sendra, N., Tonelli, B., Alí, & Sergio. (2011). *Cultivo de apio*. Entre Ríos: Facultad de Ciencia Agropecuarias.
- Silva, V. M. (2014). *El cultivo de las hortalizas*. La Paz: Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito UNODC.
- Toledo, D. J. (2003). *Cultivo del Brócoli*. Lima: Instituto Nacional de Investigación Agraria.
- Toledo, J. (2003). *Cultivo de Brócoli* . Lima : INIA: Intituto Nacional de Investigación Agraria .
- Torres, C. (2012). “Efecto de tres abonaduras orgánicas en el cultivo de apio. *Amanecer agrícola*, 13-27.

- TradeMap. (2013). *trademap.org*. Obtenido de <https://www.trademap.org/Index.aspx?lang=es>
- Vaca, L. S. (20143). *Implementación de un sistema de manejo poscosecha en la producción de hortalizas de la asociación ñucanchi llacta, la Tola, Checa, Quito, Pichincha* . Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Villafuerte, A. (2001). *Preenfriamiento y enfriamiento de productos agrícolas*.
- Voguel, R. (2011). Instalaciones Agrarias . *Instalaciones agropecuarias* .
- Yáñez, M. L. (2018). *Preenfriamiento, tipos y aplicaciones*. Revista Mundo HVAC&R.