



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES  
RENOVABLES  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE COLIFLOR Y BRÓCOLI EMPACADA LISTA PARA EL CONSUMO EN LA PARROQUIA CHUQUIRIBAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA

AUTOR:

José Alejandro Narváez Pallo

DIRECTOR:

Ing. Wilson Rolando Chalco Sandoval, Ph.D

LOJA – ECUADOR

2019

*Tesis de Grado Previa a la  
Obtención del Título de  
Ingeniero Agrícola*



## CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Ing. Wilson Rolando Chalco Sandoval PhD.

**DOCENTE DE LA FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES  
RENOVABLES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.**

### **CERTIFICA:**

En calidad de director de la tesis titulada “DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE COLIFLOR Y BRÓCOLI EMPACADA LISTA PARA EL CONSUMO EN LA PARROQUIA CHUQUIRIBAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA”, de la autoría del señor egresado de la carrera de Ingeniería Agrícola José Alejandro Narváz Pallo, ha concluido de acuerdo al cronograma aprobado y autorizo se continúe con el trámite de graduación.

**Loja, 7 de enero de 2020**



.....

Ing. Wilson Rolando Chalco Sandoval PhD.

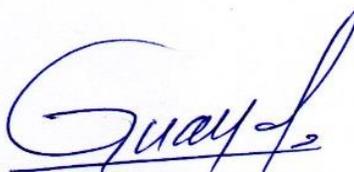
**DIRECTOR DE TESIS**

## CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

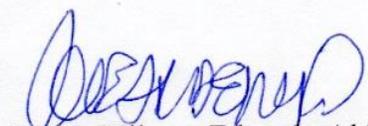
El tribunal calificador de la tesis, **DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE COLIFLOR Y BRÓCOLI EMPACADA LISTA PARA EL CONSUMO EN LA PARROQUIA CHUQUIRIBAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA**, de la autoría del señor José Alejandro Narvárez Pallo, egresado de la carrera de Ingeniería Agrícola, certificamos que se ha incorporado al trabajo final de tesis, las sugerencias respectivas. Por lo que autorizamos la impresión y publicación.

Loja, enero del 2020

Atentamente;



M.Sc. Pedro Manuel Guaya Pauta  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



M.Sc. Wilman Eduardo Aldeán  
**VOCAL DEL TRIBUNAL**



M.Sc. Nonemi del Carmen Jumbo  
**VOCAL DEL TRIBUNAL**

## AUTORÍA

Yo, José Alejandro Narváez Pallo, declaro ser el autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional - Biblioteca Virtual.

**Autor:** José Alejandro Narváez Pallo

**Firma:**  \_\_\_\_\_

**Cédula:** 1723763395

**Fecha:** enero 2020

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.**

Yo, José Alejandro Narváez Pallo declaro ser autor de la tesis titulada “**DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE COLIFLOR Y BRÓCOLI EMPACADA LISTA PARA EL CONSUMO EN LA PARROQUIA CHUQUIRIBAMBA, CANTÓN Y PROVINCIA DE LOJA**”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Agrícola, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja, para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización en la ciudad de Loja, a los veinte días del mes de enero del dos mil veinte.

Firma:  .....

Autor: José Alejandro Narváez Pallo

Cédula: 1723763395

Dirección: Redondel de carigán, vía de integración barrial a 200 metros en dirección a motupe

Correo electrónico: alejo\_925@hotmail.com

Celular: 0983544227

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Director de Tesis:** Ing. Wilson Chalco Sandoval Ph.D

**Tribunal de grado:** Ing. Pedro M. Guaya Mg. Sc. (Presidente)

Ing. Nohemi C. Jumbo Mg. Sc. (Vocal)

Ing. Wilman E. Aldeán Mg. Sc. (Vocal)

## **AGRADECIMIENTO**

*A la Universidad Nacional de Loja - Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables y a la Carrera de Ingeniería Agrícola y su planta administrativa y docente quien contribuyeron en mi formación profesional.*

*A mis seres querido: amigos y familiares quienes confiaron en mí y me apoyaron durante el transcurso de mi vida universitaria.*

*A mi amiga Verónica Rojas por haber brindado su amistad incondicional durante todo este tiempo de mi vida universitaria, por su apoyo y animo en las buenas y en las malas.*

*A mi director de tesis Dr. Wilson Chalco por la asesoría durante la realización de mi tesis, conjuntamente con las técnicas de laboratorio en especial a la Ingeniera Beatriz Guerrero quien me brindo su tiempo y apoyo incondicional, a la Doctora Elizabeth Ramírez por sus consejos y asesorías brindadas.*

*Uno recuerda con aprecio a sus maestros brillantes, pero con gratitud a aquellos que tocaron nuestros sentimientos gracias Ingenieros Pedro Guaya y Gonzalo Jaramillo*

## **DEDICATORIA**

*A Dios, por guiar mi camino y darme la fortaleza necesaria que me ha permitido a cumplir una de mis metas trazadas.*

*A mis padres José Narváez y María Pallo por ayudarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, por todo su sacrificio y esfuerzo que han depositado en mi formación profesional.*

*A mis hermanas Elisa y Adriana por ser parte importante en mi vida, por apoyarme en cada decisión que tomo, y por estar a mi lado en cada momento en las buenas y malas.*

*José Alejandro Narváez Pallo*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido	Pág.
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS .....	ii
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	iii
AUTORÍA.....	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN. ....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA .....	vii
RESUMEN .....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Antecedentes .....	3
2.2. Importancia del consumo de hortalizas.....	3
2.3. Importancia del consumo de coliflor y brócoli .....	4
2.4. Coliflor .....	5
2.4.1. Generalidades.....	5
2.4.2. Taxonomía.....	6
2.4.3. Composición nutricional. ....	6
2.5. Brócoli.....	7
2.5.1. Generalidades.....	7
2.5.2. Taxonomía.....	8
2.5.3. Composición nutricional. ....	9
2.6. Manejo poscosecha de hortalizas .....	10
2.6.1. La importancia de la poscosecha.....	10

2.6.2. Manejo poscosecha de brócoli.....	11
2.6.3. Manejo poscosecha de coliflor.....	12
2.6.4. Etapas de la poscosecha.....	13
2.7. Calidad de hortalizas.....	22
2.7.1. Caracterización físico-química.....	22
2.7.2. Evaluación microbiología de los alimentos.....	25
2.7.3. Evaluación organoléptica.....	28
2.7.4. Escala hedónica, criterios de evaluación.....	30
2.8. Costos de producción.....	31
2.8.1. Costos fijos.....	32
2.8.2. Costos variables.....	32
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
3.1. Ubicación.....	33
3.2. Materiales.....	34
3.2.1. Equipos y materiales de laboratorio.....	34
3.2.2. Reactivos de laboratorio.....	35
3.2.3. Insumos.....	35
3.2.4. Materiales y equipos de oficina.....	35
3.3. Análisis estadístico.....	36
3.4. Metodología para el primer objetivo.....	36
3.4.1. Definir la variedad de coliflor y brócoli a utilizar en la investigación.....	36
3.4.2. Evaluar preliminarmente varios tipos y concentración de desinfectantes.....	36
3.5. Metodología para el segundo objetivo.....	47
3.6. Metodología para el tercer objetivo.....	47
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48

4.1	Establecer los parámetros óptimos de desinfección considerando los parámetros físico-químicos, microbiológicos y organolépticos.....	48
4.1.1.	Determinación de la variedad de coliflor y brócoli en la parroquia de Chuquiribamba ..	48
4.1.2.	Evaluación preliminar de los tratamientos con varios desinfectantes en la coliflor y el brócoli. ....	48
4.1.3.	Definir los tratamientos en función del tipo y concentración de desinfectante .....	55
4.1.4.	Resultados del análisis organoléptico, físico-químico y microbiológico de las pruebas definitivas.....	55
4.2.	Evaluar la vida útil de los tratamientos de la coliflor y brócoli empacados y listos para el consumo mediante los análisis físico-químicos, organolépticos y microbiológicos.....	69
4.2.1.	Evaluación físico-química, organoléptica y microbiológica de los tratamientos con respecto al tiempo de vida útil de la coliflor. ....	69
4.2.2.	Evaluación físico-química, organoléptica y microbiológica de los tratamientos con respecto al tiempo de vida útil del brócoli. ....	70
4.2.3.	Definir de la vida útil de los tratamientos. ....	70
4.2.4.	Establecer los parámetros óptimos de desinfección en función de la calidad y vida útil del producto.....	71
4.3.	Determinar los costos variables de producción del mejor tratamiento. ....	72
5.	CONCLUSIONES .....	74
6.	RECOMENDACIONES.....	75
7.	BIBLIOGRAFÍA .....	76
8.	ANEXOS .....	88

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tablas</b>	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Composicion nutricional y bromatológica de la coliflor cruda por cada 100g en peso....	7
Tabla 2. Composicion nutricional y bromatológica de la coliflor cruda por cada 100g en peso....	9
Tabla 3. Ventaja y Desventajas del uso del cloro como agente desinfectante.....	16
Tabla 4. Valoración de los valores de Q10 para las frutas y hortalizas enteras, en función de la temperatura .....	21
Tabla 5. Escala hedónica de 5 puntos para la evaluación organoléptica .....	31
Tabla 6. Tratamientos de desinfección aplicados a la coliflor y brócoli .....	37
Tabla 7. Volúmenes a utilizar de hipoclorito de sodio .....	40
Tabla 8. Determinación del volumen de aceite esencial de tomillo y orégano para preparar las soluciones desinfectantes de las pruebas preliminares para el brócoli .....	41
Tabla 9. Determinación del volumen de aceite esencial de tomillo y orégano para preparar las soluciones desinfectantes de las pruebas preliminares para la coliflor.....	41
Tabla 10. Concentraciones de ozono a utilizar .....	42
Tabla 11. Diluciones utilizadas para determinar <i>E. coli</i> , coliformes, mohos y levaduras presente en los tratamientos definitivos de la coliflor. ....	46
Tabla 12. Diluciones utilizadas para determinar <i>E. coli</i> , coliformes, mohos y levaduras presente en los tratamientos definitivos del brócoli .....	46
Tabla 13. Resultados del análisis organoléptico de los tratamientos preliminares vs tiempo de almacenamiento (refrigeración) de la coliflor .....	49
Tabla 14. Resultados del análisis organoléptico de los tratamientos preliminares vs tiempo de almacenamiento (refrigeración) del brócoli .....	52

Tabla 15. Tratamientos definitivos para la coliflor y brócoli .....	55
Tabla 16. Resultados del análisis organoléptico de las pruebas definitivas en relacion con el tiempo inicial y final de almacenamiento de la coliflor .....	56
Tabla 17. Resultados del análisis organoléptico de las pruebas definitivas en relacion con el tiempo inicial y final de almacenamiento del brócoli .....	58
Tabla 18. Resultados del análisis físico-químico de las pruebas definitivas en relación con el tiempo inicial y final de almacenamiento de la coliflor .....	60
Tabla 19. Resultados del análisis físico-químico de las pruebas definitivas en relación con el tiempo inicial y final de almacenamiento del brócoli .....	62
Tabla 20. Resultados del microbiológico de las pruebas definitivas en relación con el tiempo inicial y final de almacenamiento de la coliflor .....	64
Tabla 21. Resultados del microbiológico de las pruebas definitivas en relación con el tiempo inicial y final de almacenamiento del brócoli .....	67
Tabla 22. Tiempo de vida útil por tratamiento para la coliflor .....	71
Tabla 23. Tiempo de vida útil por tratamiento para el brócoli .....	71
Tabla 24. Costos variables de producción con hipoclorito de sodio en la coliflor .....	72
Tabla 25. Costos variables de producción con Aceite esencial de tomillo en el brócoli .....	73

**ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Figuras</b>	<b>Pág.</b>
Figura 1. Coliflor ( <i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>Botrytis</i> ).....	5
Figura 2. Brócoli ( <i>Brassica oleracea</i> var. <i>Itálica</i> ).....	8
Figura 3. División Política- Administrativa de la Parroquia Chuquiribamba.....	33
Figura 4. Áreas de investigación.....	34
Figura 5. Flujograma de proceso poscosecha de la coliflor y brócoli. ....	38

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexos</b>	<b>Pág.</b>
Anexo 1. Norma INEN para la coliflor y brócoli .....	88
Anexo 2. Determinación de materia seca parcial (msp) por el método gravimétrico.....	90
Anexo 3. Determinación de cenizas.....	93
Anexo 4. Determinación de proteínas totales: determinación del nitrógeno total por el método de kjeldahl (método de referencia).....	93
Anexo 5. Determinación de fibra.....	96
Anexo 6. Protocolo para coliformes/ <i>E. coli</i> .....	98
Anexo 7. Protocolo para mohos y levaduras .....	100
Anexo 8. Hoja de evaluación para análisis organoléptico .....	101

**DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE COLIFLOR Y  
BRÓCOLI EMPACADA LISTA PARA EL CONSUMO EN  
LA PARROQUIA CHUQUIRIBAMBA, CANTÓN Y  
PROVINCIA DE LOJA.**

## RESUMEN

La desinfección de las hortalizas juega un rol importante en la conservación de los alimentos, lo cual se debe a que los desinfectantes presentan la capacidad de inhibir los microorganismos patógenos y ralentizar otros procesos de deterioro, logrando mantener durante mayor tiempo las características de calidad de los alimentos; a partir de ello, se planteó el desarrollo de prototipos de coliflor y brócoli empacada aplicando diferentes tipos de desinfectantes para conservar la calidad del producto durante mayor tiempo y a la vez agregar valor a estos productos; para lo cual, se realizó pruebas preliminares con diferentes tipos y concentraciones de desinfectantes, a las cuales se evaluó las características organolépticas, y en base a estos resultados se estableció los tratamientos de desinfección utilizando hipoclorito de sodio a 100 ppm (T2), aceite esencial de tomillo a 50 y 5 ppm (T3) para coliflor y brócoli, respectivamente, y ozono a 20 ppm (T4), adicionalmente se realizó el tratamiento testigo (T1) en el cual no se realizó la desinfección. En los tratamientos definitivos se evaluaron las características organolépticas, físico-químicas y microbiológicas durante el tiempo de almacenamiento y en base a estos resultados se estableció los mejores tratamientos tanto para la coliflor como para el brócoli.

Los resultados obtenidos de la evaluación de las características de calidad muestran que existen diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento testigo (T1) y el resto de tratamientos (T2, T3, T4), esto para ambos productos; así mismo, se observó que los tratamientos que recibieron desinfección no presentaron diferencias estadísticamente significativas en las características organolépticas (color, flavor y textura) y en la composición química (agua, proteína cruda, carbohidratos, fibra cruda y cenizas); mientras que los análisis microbiológicos (coliformes totales, *Escherichia coli*, mohos y levaduras) mostraron diferencias al final del tiempo de almacenamiento entre algunos tratamientos; sin embargo, el recuento microbiano de T2, T3 y T4 está dentro de los parámetros microbiológicos permitidos para el consumo. El tiempo de almacenamiento fue diferente para la coliflor: T2 - 28 días, T3 - 20 días y T4 - 16 días, mientras que para el brócoli fue: T2 - 60 días, T3 - 70 días y T4 - 55 días. Con estos resultados se definió el mejor tratamiento para cada producto; siendo para la coliflor el hipoclorito de sodio a 100 ppm (T2) y para el brócoli el aceite esencial de tomillo a 5 ppm (T3).

## ABSTRACT

Vegetables disinfection plays an important role in food preservation, which is due to the fact that disinfectants have the ability to inhibit pathogenic microorganisms and slow down other deterioration processes, managing to maintain the food quality characteristics. From this, the development of packaged cauliflower and broccoli prototypes was proposed, applying different types of disinfectants to preserve the quality of the product for a longer time and at the same time adding value to these products; for which, preliminary tests were carried out with different kinds and concentrations of disinfectants. The organoleptic features were evaluated on these tests, and, based on the results, disinfection treatments were established using sodium hypochlorite at 100 ppm (T2), thyme essential oil at 50 and 5 ppm (T3) for cauliflower and broccoli, respectively, and ozone at 20 ppm (T4). Additionally, the reporting treatment (T1) was completed in which disinfection was not accomplished. In the definitive treatments the organoleptic, physicochemical and microbiological features were evaluated during the storage time and based on these results the best treatments were established for both cauliflower and broccoli.

Results obtained from the evaluation of the quality features show that there are statistically significant differences between the reporting treatment (T1) and the rest of treatments (T2, T3, T4), this for both products. Likewise, it was observed that the treatments that received disinfection did not show statistically significant differences in the organoleptic features (color, flavor and texture) and in the chemical composition (water, crude protein, carbohydrates, crude fiber and ashes); while microbiological analyzes (total coliforms, *Escherichia coli*, molds and yeasts) showed differences at the end of storage time between some treatments. Nevertheless, the microbial re-count of T2, T3 and T4 is within the microbiological parameters allowed for consumption. The storage time was different for cauliflower: T2 - 28 days, T3 - 20 days and T4 - 16 days, while for broccoli it was: T2 - 60 days, T3 - 70 days and T4 - 55 days. With these results the best treatment for each product was defined; being for cauliflower sodium hypochlorite at 100 ppm (T2) and for broccoli the thyme essential oil at 5 ppm (T3).

## 1. INTRODUCCIÓN

Los productos agrícolas tales como las frutas y hortalizas por sus características biológicas y la influencia de agentes externos tales como la humedad, temperatura, entre otros; provocan que el alimento comience a deteriorarse inmediatamente después de ser cosechados, por lo cual, la poscosecha constituye una de las fuentes principales de las pérdidas de alimentos (Gordón, 2010).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO (2014) América Latina registra el 6 % de las pérdidas poscosecha a nivel mundial; mientras que en el Ecuador estas pérdidas ascienden al 40 %, esto se da en las etapas de cosecha, poscosecha y procesamiento de los productos; debido al déficit tecnológico, infraestructura inadecuada y la falta de apoyo gubernamental. La parroquia de Chuquiribamba ubicada al noroccidente de la ciudad de Loja es conocida por ser una zona agrícola, ya que provee de estos productos a diferentes localidades del sur del Ecuador (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Chuquiribamba, 2014). Sin embargo, la falta de capacitación a los productores agrícolas en temas de cosecha y poscosecha; y, la deficiente infraestructura y equipamiento con que cuentan no reúne las condiciones mínimas tanto para garantizar la inocuidad de los alimentos como para la comercialización. Además, genera bajos niveles de producción y productividad, el aspecto de los productos agrícolas se ve afectada por golpes, heridas, magulladuras entre otros defectos físicos, en el aspecto microbiológico se ve afectada por el desarrollo y proliferación de toxiinfecciones alimentarias producidos por los microorganismos patógenos que afectan a la salud de los consumidores; todos estos problemas dan como resultado deficiente inocuidad, inocuidad y soberanía alimentaria. Así mismo, las vías de transporte especialmente en temporadas lluviosas se encuentran en mal estado que repercute en un incremento de los costos de transporte. Estos problemas traen como consecuencia que los agricultores tengan que vender a los intermediarios a menor precio que no compensan ni siquiera los costos de producción, teniendo una economía familiar de subsistencia (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Chuquiribamba, 2014). Finalmente, es necesario indicar que no existe en bibliografía datos sobre la cantidad de pérdidas o desperdicios de los productos agrícolas en esta parroquia.

Como estrategia para solucionar esta problemática se planteó el uso de técnicas para la conservación de productos alimenticios que permitan mantener sus características organolépticas, prolonguen la vida útil del producto y garanticen su inocuidad, con ello se pretende disminuir las

pérdidas producidas en la poscosecha; siendo la desinfección mediante la utilización de desinfectantes (de origen químico y natural) una técnica que toma fuerza con el pasar de tiempo que logra cumplir los desafíos antes mencionados en el ámbito de las poscosecha

Con el presente trabajo de investigación se comprobó la efectividad de tres agentes desinfectantes (hipoclorito de sodio, ozono y el aceite esencial de tomillo) mostrando que pueden contribuir a mantener las características de calidad e incrementar el tiempo de vida útil de la coliflor y brócoli. Además, se pretende que este trabajo de investigación sea una alternativa que contribuya a mejorar los ingresos económicos y brindar una mejor calidad de vida a los productores y sus familias.

En base a lo antes señalado para llevar a cabo la presente investigación se planteó los siguientes objetivos:

### **Objetivo general**

Desarrollar un prototipo de coliflor y brócoli empacada aplicando diferentes tipos de desinfectantes, en la parroquia Chuquiribamba, cantón y provincia de Loja.

### **Objetivos específicos**

- Establecer los parámetros óptimos de desinfección considerando los parámetros físico-químicos, microbiológicos y organolépticos.
- Evaluar la vida útil de la coliflor y brócoli empacada mediante los análisis físico-químicos, organolépticos y microbiológicos.
- Determinar los costos variables de producción del mejor tratamiento.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Antecedentes

Durante varios millones de años, las frutas, hojas y semillas le proporcionaron al hombre prehistórico las calorías esenciales para la sobrevivencia (Flandrin y Montanari, 2011). La mayoría de verduras y hortalizas que podemos encontrar en los países latinos tienen su origen en regiones asiáticas, Oriente Próximo, sur de Europa y norte de África. El factor climático ha favorecido su introducción en la región, al tratarse de una zona templada, con temperaturas suaves en invierno y precipitaciones escasas o moderadas que confieren a estos productos una fisonomía y sabor particular (Flandrin y Montanari, 2011).

Tanto el brócoli como la col de Bruselas son especies cultivadas desde la antigüedad en los países europeos. Ambas pertenecen a la familia de las crucíferas (Quintero, 1986 y Rincón *et al.*, 1999). Son hortalizas originarias del Mediterráneo y Asia Menor. En Italia, Libia y Siria se recolectaron los primeros ejemplares de esta planta proveniente de las coles y las coliflores.

Los primeros usos del brócoli, calabazas, coliflores, entre otros; llegarían en un primer momento de la mano del pueblo romano, durante los siglos de dominación de la Península Ibérica (III a.C. a IV d.C.), pero sería con la invasión musulmana en la Edad Media (siglos VIII-XV) cuando su consumo y cultivo se desarrollaría en mayor grado gracias a las nuevas técnicas de control del agua mediante acequias y norias (ya comenzadas por los romanos) (Flandrin y Montanari, 2011).

### 2.2. Importancia del consumo de hortalizas

La seguridad alimentaria también radica en la importancia del consumo de hortalizas por su gran aporte nutricional que brinda a las personas, estos alimentos proporcionan fibra dietaria, disminuyen el riesgo de enfermedades crónicas y de cáncer, además son alimentos con contenidos bajos en calorías (Ramírez, 2013).

La ingesta de frutas y hortalizas es beneficio para la salud debido a que disminuye el riesgo de padecer algunos tipos de cáncer y otras enfermedades crónicas, estimulan el sistema inmune, regular las enzimas detoxificantes, disminuyen la agregación plaquetaria, presentan actividad

antioxidante, modifican la concentración de hormonas esteroideas y del metabolismo hormonal, incrementan la actividad antiviral, disminuyen la presión sanguínea y contienen compuestos con actividad antibacteriana (Lampe, 1999).

Según la Organización Mundial de la Salud (2002) una baja o nula ingesta de frutas y hortalizas provoca aproximadamente el 19% de los cánceres gastrointestinales, el 31% de las cardiopatías isquémicas y el 11% de los accidentes cerebrovasculares a nivel mundial.

Según la Asociación Dietética Americana (2009) y Hasler & Brown (2009) las frutas y hortalizas son consideradas alimentos funcionales, debido a que poseen componentes activos fisiológicamente y proveen efectos beneficiosos para la salud cuando forman parte de una dieta variada y moderada.

### **2.3. Importancia del consumo de coliflor y brócoli**

El brócoli es muy importante en la nutrición humana, y su valor nutritivo radica principalmente en su alto contenido de vitaminas y minerales, es una excelente fuente de vitamina A, potasio, hierro y fibra; además, es rico en hidratos de carbono, proteínas y grasas (Bernal, 2004). Actualmente por su alto contenido de ácido fólico, proteínas, vitaminas, hidratos de carbono, minerales y grasas; puede ser muy importante en la nutrición y salud del hombre. Los beneficios a la salud que se le atribuyen al brócoli, ha determinado una amplia aceptación en cuanto a su sabor y variedad de usos culinarios (Jaramillo, 2003). Según lo que menciona Sierra (2012) el brócoli es rico en compuestos azufrados que ayudan a prevenir el cáncer, contribuye a la síntesis de una proteína llamada thioredoxin, que protege a las células cardiacas y aporta luteína, un carotenoide importante para proteger la retina y que ayuda a prevenir la degeneración macular. Su índice glucémico es 15, el cual se considera bajo.

La coliflor tiene propiedades diuréticas debido a su alto contenido de agua y potasio, y, bajo aporte de sodio. El consumo de estas hortalizas favorece la eliminación del exceso de líquidos del organismo y resulta beneficiosa en caso de hipertensión, retención de líquidos y oliguria (producción escasa de orina); por ello se recomienda también a quienes padecen hiperuricemia y gota, y, a las personas con tendencia a formar cálculos renales (Grupo Eroski, 2019).

De acuerdo a Tian, *et al.*, (2016) el consumo de una ración diaria de 100 gramos de brócoli aportara la cantidad de potasio que el cuerpo necesita para ayudar a prevenir la hipertensión, el infarto cerebral y otras enfermedades de tipo cardiovascular; esto debido a las concentraciones de potasio (300 mg) y sodio (30 mg) del brócoli y la coliflor. Cabe destacar que en el caso del potasio, éste ayuda a mantener el balance de acidez y de alcalinidad de los fluidos corporales y es vital para las contracciones musculares, los impulsos nerviosos y el funcionamiento del corazón y de los riñones.

## 2.4. Coliflor

### 2.4.1. Generalidades.

Según Vila (1981) e Infoagro (2010) una de las hortalizas de mayor consumo es la coliflor. Su parte comestible es la inflorescencia sin madurar, conocida como pella, está formada por una masa compacta de ramificaciones florales, en cuya superficie aparecen las flores semiabortadas (ver figura 1) como consecuencia de una concentración de savia.

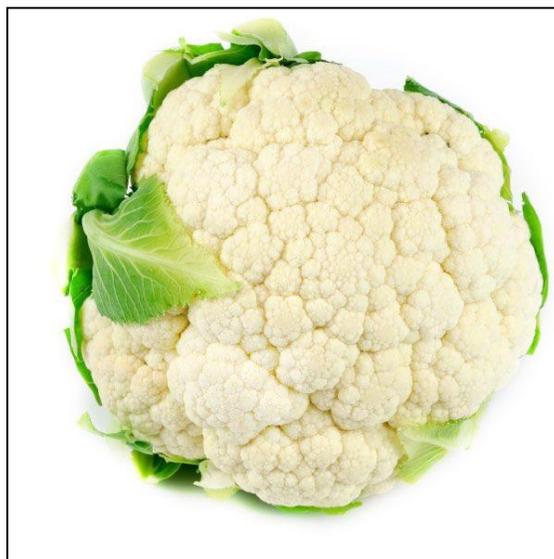


Figura 1. Coliflor (*Brassica oleracea* L. var. *Botrytis*);  
Fuente: yomercofacil.com

Según Trevor y Cantwell (2007) las cabezas maduras tienen al menos 15 cm de diámetro, las partes florales son protuberantes o sueltas, que crean una apariencia granulosa, que significa que la hortaliza presenta sobremadurez.

Las coliflores, después de ser deshojadas, son embaladas típicamente en cajas de cartón con 12 a 24 cabezas, siendo 12 lo más común (Trevor y Cantwel, 2007).

#### **2.4.2. Taxonomía.**

De acuerdo a Gómez, (2012) la clasificación taxonómica de la coliflor se presenta de la siguiente manera:

- Reino: Vegetal
- División: *Tracheophita*
- Clase: *Angiosperma*
- Subclase: *Dicotyledoneae*
- Orden: *Rhoedales*
- Familia: *Brassicaceae*
- Género: *Brassica*
- Especie: *Brassica oleracea*
- Variedad: *Botryti*

#### **2.4.3. Composición nutricional.**

Según el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España - MAPA (2018) el principal componente de la coliflor es el agua, lo que, acompañado de los bajos contenidos que presentan en hidratos de carbono, proteínas y grasas, le convierte en un alimento de escaso aporte calórico (ver tabla 1). Además, se considera una importante fuente de fibra, así como de vitaminas y minerales; en relación con las vitaminas destaca la vitamina C, folatos y vitamina B6; también contiene otras vitaminas del grupo B, como la B1, B2 y B3, pero en menores cantidades (MAPA, 2018).

Tabla 1  
*Composición nutricional y bromatológica de la coliflor cruda por cada 100 g en peso seco.*

Nutrientes	Cantidad
Energía (Kcal)	22,0
Proteína (g)	2,2
Grasa total (g)	0,2
Colesterol (mg)	0,0
Carbohidratos (g)	3,1
Fibra(g)	2,1
Calcio (mg)	22,0
Hierro (mg)	1,0
Yodo ( $\mu\text{g}$ )	0,0
Vitamina A (mg)	5,0
Vitamina C (mg)	67,0
Vitamina D ( $\mu\text{g}$ )	0,0
Vitamina E (mg)	0,2
Vitamina B12 ( $\mu\text{g}$ )	0,0
Folato ( $\mu\text{g}$ )	69,0

Fuente: Tablas de composición de alimentos (1998).

## 2.5. Brócoli

### 2.5.1. Generalidades.

El brócoli es una planta de la familia de las brasicáceas, antes llamadas crucíferas. Esta planta posee abundantes cabezas florales carnosas de color verde, dispuestas en forma de árbol, sobre ramas que nacen de un grueso tallo comestible; la gran masa de cabezuelas está rodeada de hojas; es muy parecido a su pariente la coliflor, variando el color (ver figura 2).

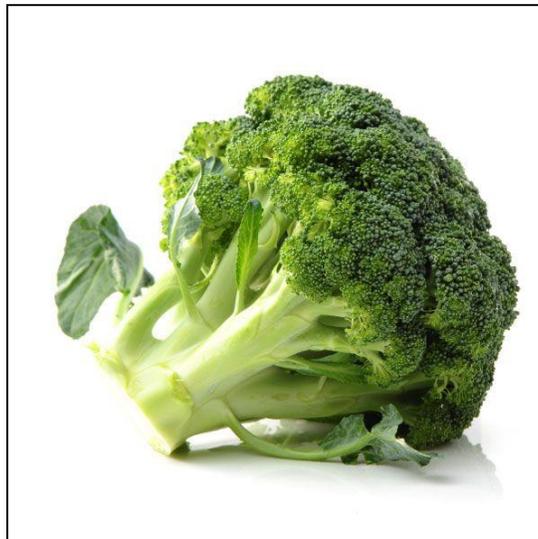


Figura 2. Brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*)

Fuente: yomercofacil.com

El cultivo del brócoli se asienta en zonas con climas templados y en suelos ricos en materia orgánica. Según la Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones (2009) el consumo de brócoli es uno de los principales factores del incremento de la comercialización, es la marcada tendencia del mercado internacional, lo cual lo convirtió en el segundo producto no tradicional de exportación, después de las rosas.

### 2.5.2. Taxonomía.

La clasificación taxonómica del brócoli es la siguiente:

- Reino Vegetal: *Phylum Spermatophyta*
- División: *Magnoliophyta (embriophyta, shiphonogama)*
- Subdivisión: *Angiosperma*
- Clase: *Magnoliopsida (dicotiledónea)*
- Subclase: *Dillenidae*
- Orden: *Caprales*
- Familia: *Crusiferae*
- Género: *Brassica*
- Especie: *Oleracea*
- Grupo o variedad: *Itálica*
- Nombre común: Brócoli

### 2.5.3. Composición nutricional.

El brócoli ha sido clasificado como la hortaliza de mayor valor nutritivo por gramo de tejido para consumo. La calidad nutricional de esta hortaliza está dada por varios componentes (ver tabla 2), es rico en fibra y es una fuente importante de vitaminas A y C. Una porción de inflorescencias de brócoli de 155 gramos proporciona el 68% de las necesidades diarias de vitamina A y más de dos veces los requerimientos diarios de vitamina C para un adulto (Jaramillo, 2003); además, es una fuente rica de minerales y contiene un alto contenido de antioxidantes y glucosinolatos (anticancerígenos) (Silva *et al.*, 2019 y Cesaveg, 2001).

Tabla 2  
*Composición nutricional y bromatológica del brócoli crudo por cada 100 g de peso seco.*

Nutrientes	Cantidad
Energía (Kcal)	26,0
Proteína(g)	3,0
Grasa Total (g)	0,4
Colesterol (mg)	0,0
Carbohidratos(g)	2,4
Fibra (g)	3,0
Calcio (mg)	93,0
Hierro (mg)	1,4
Yodo (µg)	2,0
Vitamina A (mg)	69,0
Vitamina C (mg)	110,0
Vitamina D (µg)	0,0
Vitamina E (mg)	1,0
Vitamina B12 (µg)	0,0
Folato (µg)	110,0

Fuente: FUNIBER (2017).

## **2.6. Manejo poscosecha de hortalizas**

Las razones principales para el buen manejo poscosecha de alimentos son; superar problemas en la agricultura durante la cosecha, obtener productos con valor agregado y proporcionar variedad en la dieta (Darré, 2019). Los inconvenientes que suceden en la producción agrícola se pueden solucionar mediante un mejor control de las etapas de poscosecha, tiempos improductivos y cantidades de alimentos innecesario para el mercado; Además, con el uso de métodos sencillos de conservación se puede aumentar la vida útil de los alimentos. Es importante señalar que los productos alimenticios con valor agregado, proporcionan alimentos de calidad en términos de mejora de las propiedades nutricionales, funcionales y sensoriales (Roldán, 2012).

Según el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - IICA (2006) la poscosecha es el conjunto de actividades que se realizan a los productos cosechados, con el propósito de mantener la calidad y prolongar la vida útil de los mismos. A su vez IICA (1987) y Rey *et al.*, (2018) define a esta etapa como el conjunto de operaciones y procedimientos tecnológicos tendientes no solo y simplemente a movilizar el producto cosechado desde el productor hasta el consumidor, sino a proteger su integridad y preservar su calidad de acuerdo con su propio comportamiento y características físicas, químicas y biológicas; durante todo su periodo de posrecolección que comprende las etapas de cosecha, acopio local o en finca, selección y clasificación, lavado, desinfección, secado, envasado, embarque, transporte, desembarque y almacenamiento.

### **2.6.1. La importancia de la poscosecha.**

Actualmente, a nivel mundial la producción y consumo de frutas y hortalizas frescas está creciendo. De acuerdo con la Food and Agriculture Organization - FAO (2004), el valor bruto de la producción mundial de frutas y verduras comercializadas en fresco fue 275.309 USD en 2014. Sin embargo, las pérdidas poscosecha de los alimentos variaron según la región; en los países desarrollados el porcentaje de pérdidas vario entre 5 a 25%, mientras que en los países en vías de desarrollo estuvo entre el 20 y 50%, lo cual se debe principalmente a que existe una deficiente infraestructura de vías, uso inadecuado de empaques, sistemas inadecuados de enfriamiento; inconvenientes en los procesos de recolección, selección y clasificación (FAO, 1989).

### **2.6.2. Manejo poscosecha de brócoli.**

Para el consumo de brócoli se cosechan las inflorescencias inmaduras. Los vegetales que se cosechan inmaduros sufren un severo estrés ya que, al separarlos drásticamente de la planta pierden los aportes de energía, nutrientes, minerales y hormonas; esto desencadena rápidamente el proceso de senescencia, por lo que el tiempo de vida poscosecha para estos vegetales es muy corto. Son considerados como productos altamente perecederos con una vida útil de sólo 3 a 4 semanas cuando se almacenan en aire y a 0°C o de aproximadamente 3 a 4 días cuando se almacenan a temperatura ambiente (20°C). Durante el almacenamiento del brócoli a 20°C, se producen cambios bioquímicos que afectan la calidad nutricional y comercial del producto, como las modificaciones del color superficial que describen el cambio de verde a amarillo. De igual forma, puede presentarse disminución del contenido de proteínas totales y aumento de proteínas solubles, lo que afecta la calidad nutricional, y además la disminución de proteínas se acompaña de una acumulación de amonio en los tejidos que afecta las características organolépticas (Zhu *et al.*, 2019).

Asimismo, durante el almacenamiento existe una disminución del contenido de clorofilas debido al aumento de la actividad de enzimas que degradan estos componentes, lo cual trae como consecuencia el amarillamiento y pérdida de calidad comercial; además, existe una disminución del contenido de antioxidantes, posiblemente con una disminución del contenido de ácido ascórbico. Estos fenómenos que suceden en esta hortaliza produce pérdidas en la calidad nutritiva (Rodríguez *et al.*, 2018).

De acuerdo a Tian *et al.*, (2016) el brócoli es extremadamente sensible al etileno (hormona aceleradora de la senescencia), siendo el amarillamiento de las inflorescencias el síntoma más evidente del contacto con etileno, por ejemplo, se ha determinado que el contacto con 2 ppm de etileno a 10°C reduce la vida útil del brócoli en un 50%.

Asimismo, el amarillamiento de las inflorescencias puede deberse a sobre madurez en el momento de la cosecha, temperaturas altas de almacenamiento y/o contacto con etileno. Se recomienda cosechar las cabezas de brócoli con algunas de las hojas que las rodean para que queden protegidas frente a daños mecánicos y biológicos (Toivonen y Sweeney, 1998).

Por otra parte, la recolección se debe realizar en las primeras horas de la mañana, para evitar la deshidratación, luego de la cosecha se deben mantener en condiciones de alta humedad y bajas temperaturas, ya que se trata de una hortaliza con alta velocidad de respiración lo que reduce su vida útil. El manejo descuidado durante la cosecha puede causar daño en las inflorescencias, acelerando la senescencia o aumentando las pudriciones, de ahí que se recomienda colocar el brócoli en cajones (con buena ventilación) y con cuidado.

Cabe destacar que durante la cosecha la cabeza central del brócoli de buena calidad debe tener las inflorescencias cerradas y de color verde oscuro (grisáceo azulado) brillante, y debe ser compacta (firme a la presión de la mano), así como, el tallo debe estar bien cortado y tener la longitud requerida (Zhu et., al 2019).

Con respecto al almacenamiento, la refrigeración es sin duda lo más indicado para mantener el producto con mejor calidad durante más tiempo, ya que mediante la refrigeración se reduce la velocidad de respiración de las inflorescencias y la posible producción de etileno; se requiere una temperatura de 0°C y una humedad relativa mayor a 95% para optimizar la vida de almacenamiento (21-28 días). Cuando se almacena brócoli a 5°C puede alcanzar una vida útil de 14 días, pero si se almacena a 10°C será sólo 5 días (Infoagro, 2019 & Toivonen y Sweeney, 1998).

### **2.6.3. Manejo poscosecha de coliflor.**

De acuerdo a Favre (2018) para conservar las coliflores durante un tiempo prologado es recomendable pre enfriarlas desde 0 a 5°C. Después se pueden mantener entre 0 a 1°C con 95% de humedad durante mes y medio. El periodo de almacenamiento se puede alargar hasta dos meses mediante el uso de atmósferas controladas. Los mejores resultados se obtienen con concentraciones de oxígeno entre el 2 y el 5%, y de dióxido de carbono hasta el 4% (Favre, 2018). Asimismo, en el caso de que se comercialice de forma inmediata, las hojas no se cortan, se dejan en el producto, debido a que la protegen de la deshidratación y del ataque de enfermedades (Rey *et al.*, 2018).

Los métodos más recomendables para llevar a cabo el preenfriamiento son el aire forzado húmedo y el agua helada. Las coliflores no son aptas para su conservación durante largo tiempo.

De igual forma el nivel de etileno debe mantenerse a niveles bajos para evitar los efectos de abscisión de hojas (Interempresas Media, 2019).

#### **2.6.4. Etapas de la poscosecha.**

El propósito fundamental de la poscosecha es la conservación de los productos agrícolas en buen estado. Comprende las labores de selección de materia prima, lavado, desinfección, secado, envasado, etiquetado y almacenamiento. Las pérdidas en poscosecha son consecuencia de la incidencia e interacción de diversos factores tanto físicos, fisiológicos y biológicos, que reducen la cantidad y calidad de los productos cosechados. Se estima que las pérdidas ascienden a un 25% del total de la cosecha. Esto significa que la cuarta parte de lo que se produce en el campo no llega al consumidor o llega en mal estado (Naranjo *et al.*, 2002).

La norma INEN número 1974 y 1976 (ver anexo 1) para hortalizas frescas y específicamente coliflor y brócoli indica las condiciones que debe reunir esta hortaliza al momento de la recepción, cómo esta debe ser transportada y conservada antes de ser procesada (Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización, 2003).

##### **2.6.4.1. Selección de materia prima.**

La selección de las hortalizas para comercializar se debe realizar descartando todas aquellas que presentan algún grado de descomposición o daño mecánico, entre otros; eliminando de una forma adecuada las hortalizas que se hayan descartado dado que estas pueden servir como hospederos de plagas o algún tipo de enfermedad que pueda afectar en el futuro. Todas las operaciones de selección y clasificación se deben efectuar en instalaciones o áreas que posean condiciones de higiene y seguridad controladas.

El brócoli y la coliflor proveniente del campo, llegan en bandejas plásticas, luego se somete a una breve revisión mediante control físico y organoléptico por muestreo para decidir si se acepta o rechaza el producto, tomando en cuenta ciertas tolerancias de deshidratación, color, tamaño, presencia de materiales extraños y libres de daños causados por cicatrices, enfermedades, insectos u otros daños mecánicos.

En la coliflor se considera el tamaño y la apariencia de la inflorescencia como indicativo del momento de la cosecha: cuando tiene un diámetro mayor de 15 cm, y antes de que los ramilletes florales se separen y pierda su apariencia compacta (MAG, 1991).

#### **2.6.4.2. Lavado.**

Las hortalizas llegan a tener una gran cantidad de bacterias y otros microorganismos que pueden llegar a ser causantes de enfermedades para las personas, y es que las hortalizas nacen, se desarrollan en la tierra y en ambientes abiertos donde es inevitable que se contaminen con bacterias. Es necesario que las hortalizas pasen por un proceso de lavado, para reducir en lo posible la mayor cantidad de materiales extraños (polvo, tierra, insectos, piedras, entre otros) presentes luego de la cosecha.

No es recomendable lavar con jabón o detergentes, ya que pueden llegar a quedar residuos en las hendiduras y fisuras de las hortalizas. Es recomendable lavarlas a chorro del grifo, pero en caso de no ser posible, lavarlas por separado para evitar que se contaminen unas con otras.

#### **2.6.4.3. Desinfección de hortalizas.**

Según la Food and Drug Administration - FDA (1998) se denomina desinfección a la destrucción de microorganismos, mediante procedimientos o agentes físicos o químicos “aplicados en superficies limpias” de forma que se reduzca el número de microorganismos que pueden causar infección u ocasionar otros efectos indeseables

Los tratamientos con agentes desinfectantes se hacen en solución acuosa por inmersión o aspersión. El alcance del tratamiento depende del compuesto del desinfectante y de los microorganismos que se quiera eliminar. Su eficacia varía con la concentración del agente, y en mayor o menor medida con la temperatura, el pH, el tiempo de contacto y el contenido de materia orgánica. Por ello, se están desarrollando diversas técnicas alternativas, emergentes y sostenibles, para prolongar la calidad y vida útil de los productos frescos, como, por ejemplo: irradiación ultravioleta visible con longitud de onda de entre 100 a 279 nm (UVC), ozono, ácidos orgánicos, envasado en atmósferas modificadas, coberturas comestibles, aceites esenciales y otros (Artés-Calero *et al.*, 2009).

Existen varios métodos para desinfectar las hortalizas; sin embargo, cada método tiene ventajas y desventajas dependiendo del producto y del proceso. En general, los métodos utilizados son procesos físicos y/o químicos (Garmendia y Vero, 2006). Los métodos químicos involucran el uso de agentes químicos como desinfectantes superficiales. En general, estos desinfectantes químicos se utilizan en soluciones acuosas y en algunos casos como soluciones gaseosas (Castro, 2011).

#### **2.6.4.4. Clasificación de los desinfectantes para las hortalizas.**

De acuerdo a Garmendia y Vero (2006) los desinfectantes más utilizados en la actualidad para tratar hortalizas atendiendo al grupo químico se clasifican en:

- Halógenos: cloro, dióxido de cloro, yodo y bromo.
- Compuestos iónicos: fosfato trisódico, compuestos de amonio cuaternario (Quats) y ácidos orgánicos.
- Oxígeno “activo”: peróxido de hidrógeno, ácido peracético y ozono.
- Detergentes.
- Origen natural: aceites esenciales, aji, entre otros.

##### **2.6.4.4.1. Cloro.**

El cloro (Cl) es el desinfectante más utilizado en la industria alimentaria, debido a que por su bajo costo se ha utilizado ampliamente para desinfección de alimentos y superficies en contacto con alimento. Las formas principales de cloro usados incluyen hipoclorito de sodio (NaClO), hipoclorito de calcio  $[Ca(ClO)_2]$ , y cloro gaseoso ( $Cl_2$ ) (Richardson *et al.*, 1998).

Los hipocloritos son fáciles de aplicar, requieren pequeños volúmenes de agua, elevan el pH y presentan una acción germicida baja en presencia de materia orgánica. La capacidad del cloro para destruir microorganismos depende de la cantidad de cloro residual libre, es decir, el cloro restante después de que reaccione con la materia orgánica (Chlorine Institute, 1997).

En la tabla 3, se presentan las ventajas y desventajas del cloro.

Tabla 3.  
*Ventajas y Desventajas del uso del Cloro como Agente Desinfectante.*

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relativamente barato</li> <li>• Acción rápida</li> <li>• Amplia acción contra muchos microorganismos</li> <li>• Incoloro</li> <li>• Fácil Preparación y uso</li> <li>• Fácil determinar la concentración</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inestable durante el almacenamiento</li> <li>• Afectado por el contenido de materia orgánica (Pérdida de efecto germicida)</li> <li>• Los virus tienden a ser resistentes</li> <li>• Corrosivo</li> <li>• La eficacia desciende cuando aumenta el pH de la solución</li> <li>• Tóxico a altos niveles</li> </ul>

Fuente: International Commission on microbiological specifications for foods "ICMSF" (1980).

El hipoclorito de sodio es una solución clara de ligero color amarillento y un olor característico, tiene una densidad relativa de 1,1 g/ml (5.5% de solución acuosa) el uso doméstico normalmente contiene 5% de hipoclorito de sodio (Lenntech, 2014). Además, actúa como germicida contra bacterias, virus, esporas, hongos; y presenta un riesgo ambiental mínimo. Sin embargo, la toxicidad del cloro para los microorganismos varía ampliamente, y depende de las condiciones del agua, la temperatura y las especies de microorganismos (King, 2001). El efecto antimicrobiano de hipoclorito de sodio depende de la cantidad de cloro libre (en forma de ácido hipocloroso,  $\text{HClO}^{\cdot}$ ) presente en el agua que entra en contacto con las células microbianas (Bartz *et al.*, 2001).

Según la FDA (2002) la utilización del hipoclorito de sodio se debe utilizar en concentraciones entre 50 y 200 ppm durante un tiempo de 1 o 2 minutos, obteniendo como resultado reducciones alcanzadas de aproximadamente 2 log UFC/g de carga bacteriana. A su vez Sapers (2001) al utilizar una concentración de 100 ppm de hipoclorito de sodio obtuvo una reducción de 4,61 log UFC/g lo que significa al 99.9 % de la reducción bacteriana.

Sin embargo, trabajos realizados anteriormente como el de Wu *et al.*, (2000) demuestran que, utilizando una concentración de 250 ppm de cloro libre durante un tiempo de 5 minutos

obtuvo una reducción de 7 log UFC/g en la carga de *Shigella sonnei* en la desinfección por inmersión de hojas de perejil.

#### 2.6.4.4.2. Ozono.

Es una variedad triatómica especial del oxígeno, que se forma naturalmente en las altas capas de la atmósfera y que fue descubierto en 1840. Inicialmente se empleó como germicida por su alto potencial para la eliminación de microorganismos, el ozono actúa con gran eficiencia como desinfectante y oxidante (Lisette, 2006). A su vez, se considera como desinfectante de mayor eficiencia microbicida y requiere tiempos de contacto bastante cortos (Ricaurte, 2006).

El ozono es un desinfectante que presenta un gran poder de inactivación de virus, bacterias, mohos y levaduras a través de la oxidación de sus membranas celulares, también se utiliza en el control de insectos. De esta manera se convierte en una herramienta de gran valor para el control higiénico-sanitario (Glowacz *et al.*, 2015 y Wang *et al.*, 2008).

En Estados Unidos el ozono es considerado un producto GRAS (General and Recognised as Safe) y está aprobado su uso como agente desinfectante (Kying *et al.*, 2014). Actualmente existen procesos de limpieza y desinfección, así como, técnicas de conservación en los más diversos sectores alimentarios que incluyen al ozono (Parzanese, 2013).

Ricaurte (2006) ha señalado las bondades de la utilización del ozono en la agricultura, empleando el agua ozonizada en conservación de frutas, hortalizas y cárnicos en cámaras frías (Asociación Argentina de Ozono, 2012 y SESA, 2012).

Existen varios investigadores que han demostrado la eficacia del ozono como germicida, es así que Smilanick *et al.*, (1999) manifestó que si se somete a una solución de ozono de concentración de 1,5 µg/ml durante 2 minutos se lograba eliminar entre el 95 y el 100% de esporas de varias especies fúngicas (*p. digitatum*, *P. italicum*, *P. expansum*, *Botrytis cinera*). Por otro lado, Kim *et al.*, (1999) a una dosis de 62,4 ppm durante 3 y 5 min obtuvieron reducciones de 1,2 log en los recuentos de mesófilos y de 1,8 log en psicrófilos, llegando a reducciones mayores cuando el tiempo del tratamiento fue de 5 minutos. Con respecto a la reducción de *Echerichia coli*, Singh *et al.*, (2002) demostró que, a una concentración de 10 ppm durante 5 min en lechugas, consiguieron reducciones de  $1,63 \pm 0,08$  unidades log en una población inicial de  $3,71 \pm 0,05$  log.

#### 2.6.4.4.3. Aceites esenciales.

De manera general Bermúdez *et al.*, (2019) y Granados-Chinchilla *et al.*, (2016) mencionan que los aceites esenciales son mezclas volátiles de terpenos (principalmente por monoterpenos y sesquiterpenos) obtenidas de plantas, estos productos poseen propiedades repelentes e insecticidas. Los aceites esenciales son mezclas complejas, normalmente líquidas y en general son los responsables del aroma de las plantas. Se extraen a partir de una materia prima vegetal, bien por arrastre con vapor, procedimientos mecánicos o por destilación seca (Bermúdez *et al.*, 2019).

Los aceites esenciales contienen varios compuestos que le provee una actividad germicida, por ejemplo, el aceite proveniente de tomillo tiene una actividad antimicrobiana, debido a la presencia de fenoles volátiles tales como el timol y el carvacrol (Al-Bayati, 2008). Celiktas *et al.*, (2007) determinaron que este aceite esencial tiene una actividad biocida contra bacterias gram-positivas a concentraciones de 0,5 % para *Listeria monocytogene*; además, Ardila, *et al.*, (2009) demostró que en diferentes investigaciones que a concentraciones 0,02 % este producto tiene actividad frente a *L. monocytogenes*. Govaris *et al.*, (2010) ha concluido que este aceite esencial tiene una actividad antibacteriana en la formulación de quesos, cuando se adiciona en una concentración del 0,1 %, obteniendo una letalidad del 81,5% de la carga microbiana.

#### 2.6.4.5. Secado (escurrido).

Sirve para eliminar parte del agua de los alimentos, con el fin de ahorrar tiempo en las etapas posteriores. Para ello, existen varios métodos de secado tales como: por centrifuga, aire caliente, malla plástica, papel secante, entre otros (FAO,1993).

#### 2.6.4.6. Envasado.

El propósito del envase o empaque consiste en proteger el producto de cualquier tipo de deterioro, bien sea de naturaleza química, microbiológica, física o mecánica (IICA, 1987).

Según La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura - UNESCO (2005) después del secado los productos tienen que ser envasados rápidamente para evitar la contaminación del alimento. Para este propósito se pueden utilizar recipientes de plástico, cajas o latas herméticas de metal, bolsas de polipropileno y polietileno, entre otros materiales (IICA, 1987 y Darré, 2019). A continuación, se describen algunos tipos de envases.

#### *2.6.4.6.1. Envases plásticos.*

El uso de los plásticos en la fabricación de envases ha aumentado rápidamente en los últimos años, dado la existencia de diferentes tipos de materiales plásticos con diferentes propiedades. Esto hace que sea posible esta gran dinámica de crecimiento conjuntamente con el uso combinado de diferentes materiales aumentando la posibilidad de sus usos y aplicaciones (Heinonen y Meyer 2002).

#### *2.6.4.6.2. Envasado mediante películas plásticas.*

El material de envasado elegido debe ser capaz de mantener constante la mezcla de gases, impidiendo la entrada de oxígeno y la fuga de dióxido de carbono. Además, es importante que posea las características de antivaho y de pelabilidad. Con la cualidad del antivaho evitamos que las gotas de agua procedentes del vapor de agua se condensen en la superficie interna del envase. La soldadura de los envases además de ser resistentes e impermeables, debe facilitar la apertura de la bolsa (Mónaco *et al.*, 2007).

#### *2.6.4.6.3. Bolsas ziploc.*

Son un tipo de bolsas herméticas con autocierre, en un inicio se fabricaron para envasar sándwiches por eso se hicieron famosas, con el tiempo se fueron modificando en material de fabricación, dimensiones y cantidades por empaque. Las bolsas ziploc se elaboran con dos tipos de polietileno (polietileno de baja densidad y polietileno lineal de baja densidad). El envase de polietileno lineal de baja densidad (LLDPE) incorporan el material tanto para el cierre como para la bolsa, este polímero plástico es altamente resistente a la tensión aplicada, se fabrican con una película protectora que les da estabilidad frente a rupturas; mientras que los de polietileno de baja densidad (LDPE) se usan en las películas protectoras (Hill, 2017).

#### *2.6.4.6.4. Poliestireno expandido.*

Están constituido por un sin número de celdas cerradas, solidariamente apoyadas y termosoldadas tangencialmente entre sí, las cuales contienen aire quieto ocluido en su interior. El 98% del aire quieto en su volumen es lo que le confiere una extraordinaria capacidad de aislamiento térmico (Especificar.cl, 2019). Tal es así que, para Rafael Gavara, investigador del Consejo

Superior de Investigaciones Científicas de España “CSIC”, existen diferentes formas de procesar el poliestireno. El poliestireno expandido extruido se utiliza para la fabricación de bandejas para los productos frescos que los encontramos en tiendas y supermercados (Palomo, 2017).

#### **2.6.4.7. Métodos de almacenamiento de alimentos por frío.**

##### *2.6.4.7.1. Refrigeración.*

Desde tiempos prehistóricos, el hombre comprobó que las temperaturas frías podían conservar los animales de caza por mucho más tiempo sin alterar su composición, a partir de entonces se comenzó a aplicar este método para la conservación de alimentos, siendo en la actualidad la técnica más extendida y aplicada, tanto en el ámbito doméstico como industrial (Rodríguez, 2002 y Rodríguez *et al.*, 2018).

La refrigeración de los alimentos y bebidas mediante la utilización de temperaturas ligeramente superiores a 0°C, inhiben durante unos días o semanas el crecimiento de los microorganismos, reduce la actividad metabólica, mantiene el sabor y el valor nutritivo de los alimentos. Además, disminuye la incidencia de las podredumbres, sin embargo, si se mantiene una humedad alta, puede aumentar el número y tipo de microorganismos (Madrid *et al.*, 2003).

##### *2.6.4.7.2. Temperaturas óptimas de refrigeración para frutas y hortalizas.*

Referente a las frutas y hortalizas frescas son tejidos vivos que adquieren vida independiente una vez cosechados. Mediante la respiración, utilizan sus reservas metabólicas acumuladas durante la fase de crecimiento y maduración y pueden dar continuidad a los procesos de síntesis necesarios para su sobrevivencia (Chitarra y Chitarra 2005). En ese sentido, la disminución de la temperatura del producto y la reducción del tiempo en el cual se alcanza la temperatura óptima de almacenamiento juegan un papel esencial, pues son los factores que más influyen en la disminución de estos procesos. Los procesos metabólicos incluidos la respiración y la maduración son altamente influenciados por la temperatura. El valor típico de Q10 (la relación entre las tasas de respiración como consecuencia del incremento de 10°C) para las frutas y hortalizas enteras y mínimamente procesadas habitualmente es de 2,5 y 7, respectivamente.

Sin embargo, estos valores pueden variar en función del rango de temperatura utilizada (ver tabla 4), pues las enzimas que gobiernan las reacciones bioquímicas pueden ser afectadas por la temperatura (Chitarra y Chitarra, 2005 y Rao, 2015). Debido a eso, la reducción de la temperatura de las frutas y hortalizas recién cosechadas se debe realizar tan rápido como sea posible, mientras que en los productos mínimamente procesados es imprescindible que la manipulación y el procesado se realicen a temperaturas inferiores a 10°C, pues la tasa respiratoria generalmente es proporcional a la velocidad de deterioro de los mismos (Escalona y Luchsinger 2008).

Tabla 4

*Variación de los valores de  $Q_{10}$  para frutas y hortalizas enteras, en función de la temperatura.*

Temperatura (°C)	$Q_{10}$
0-10	2.5-4.0
10-20	2.0-2.5
20-30	1.5-2.0
30-40	1.0-1.5

Fuente: Rao, 2015

La temperatura de almacenamiento también afecta el deterioro causado por microorganismos patógenos y/o alteradores. Abadias et. al. (2012) encontraron que el crecimiento de *E. coli* O157:H7 en escarola mínimamente procesada almacenada a 25°C, aumentó 1,8 log UFC g<sup>-1</sup> en los primeros tres días de almacenamiento. Sin embargo, cuando fueron almacenadas a 5°C la población disminuyó entre 0,6 a 0,9 log UFC g<sup>-1</sup> y 0,8 a 1,0 log UFC g<sup>-1</sup> después de 8 y 10 días de almacenamiento, respectivamente. Además, los autores de este trabajo hacen hincapié en la importancia de un estricto control de la temperatura de los alimentos, incluyendo el transporte, distribución, almacenamiento y manipulación en los supermercados y consumidores.

Debido a los efectos mencionados anteriormente, el almacenamiento a baja temperatura ha sido y continúa siendo la técnica de poscosecha más eficiente para mantener la calidad de las frutas y hortalizas y extender su periodo de comercialización (Aghdam, 2014).

## **2.7. Calidad de hortalizas**

El control de calidad se da en dos etapas, una es la evaluación sensorial (organoléptica) y otra la evaluación técnica (físico-química y microbiológica) que sirve para prevenir riesgos biológicos, químicos y físicos en la cadena de valor de un alimento. La evaluación sensorial consiste en evaluar a través de los órganos de los sentidos, las características de olor, color, textura, sabor y apariencia de la fruta y hortaliza. A continuación, se describe los tipos de evaluación de calidad para los alimentos (DECCO, 2018).

### **2.7.1. Caracterización físico-química.**

Se realiza mediante la valoración instrumental, para determinar la calidad nutritiva del alimento. En general, las hortalizas se destacan por un bajo contenido calórico y ricos en carbohidratos, pero son deficientes en lípidos y proteínas. Entre las ventajas de las hortalizas con el resto de alimentos es el aporte de nutrientes esenciales, como: vitaminas, sales minerales, compuestos polifenólicos y fibra alimentaria para el crecimiento y desarrollo del individuo promedio (Vanacocha, 2014).

Es importante destacar el papel que juegan las hortalizas en la alimentación humana, ya que son ricas en vitaminas, minerales, fibra y, en menor medida, en almidón y azúcares, lo cual explica su bajo aporte calórico; son también una fuente indiscutible de sustancias de acción antioxidante (Grupo Eroski, 2019).

#### **2.7.1.1. Humedad.**

Todos los tipos de alimentos contienen agua en diferentes proporciones, esta se encuentra de forma libre en la periferia del alimento volviendo fácil su extracción, y la ligada que está unida molecularmente a los compuestos fundamentales del alimento (Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural- UPV ETSIAMN, 2012). La humedad es un factor delimitante en la conservación de los alimentos, el agua interviene en todas las propiedades físicas y químicas del producto, por lo cual su determinación es uno de los pasos más importantes en el análisis básico de los alimentos (Nielsen, 2013).

#### *2.7.1.1.1. Determinación de la humedad mediante el método gravimétrico.*

Consiste en colocar en una cápsula limpia 2 gramos de muestra triturada (previamente preparada), la cápsula es llevada a la estufa durante 24 horas a  $105 \pm 2$  °C, al terminar la etapa de secado se deja enfriar en el desecador a temperatura ambiente, cuando está totalmente frío se pesan las muestras y se realizan los cálculos respectivos para determinar el porcentaje de humedad del producto (UPV ETSIAMN, 2012).

#### *2.7.1.2. Proteína.*

En general, el contenido en proteínas de las hortalizas es muy bajo. Además, las que se hallan son incompletas o de bajo valor biológico por carecer de algunos aminoácidos esenciales. La fracción proteica de las hortalizas se compone en su mayor parte de enzimas; estas pueden ejercer en la manipulación y preparación de los vegetales un papel positivo o negativo; por un lado, participan en la formación de los aromas típicos, y, por otro, son responsables de la producción de olores no deseados, alteraciones en sus tejidos y modificaciones en el color (tonos pardos) (Cárdenas *et al.*, 2012 y Darré, 2019). Algunos autores han realizado determinaciones de este nutriente en diferentes alimentos. Wills *et al.*, (1999) indican que en general el contenido de proteína más alto se encuentra en las hortalizas del género Brassica (coles, coliflor y brócoli) (entre 3 y 5 g/100 g) y en las legumbres verdes alrededor de 5 %.

#### *2.7.1.2.1. Determinación de proteína mediante el método Kjeldahl*

La Association of Official Agricultural Chemists - AOAC (1984) emitió el método Kjeldahl, técnica 2.062, el cual es un procedimiento en la que se digieren las proteínas y otros compuestos orgánicos presentes en un alimento, en presencia de ácido sulfúrico y una pastilla catalizadora (PanReac, 2016). El nitrógeno total se convierte en sulfato de amonio, la mezcla se neutraliza con una base y se destila, el destilado se recoge en una solución de ácido bórico, formando aniones borato que se titulan frente a HCL o H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> estandarizado para determinar la cantidad de nitrógeno en la muestra (UPV, ETSIAMN, 2012).

### **2.7.1.3. Carbohidratos.**

Las hortalizas son ricas en hidratos de carbono complejos (almidón), lo que diferencia a este grupo del de las frutas, que tienen en mayor cantidad hidratos de carbono sencillos o azúcares (fructosa, glucosa y sacarosa). Estos también se hallan en las hortalizas, pero en cantidades mínimas; es por esta razón que carecen del sabor dulce propio de las frutas (Cárdenas *et al.*, 2012)

De acuerdo a Almarcegui *et al.*, (2015) el contenido de carbohidratos oscila, entre el 1 y el 6 %. Debido a esto, se trata de alimentos de escasa importancia desde el punto de energético; sin embargo, tienen gran interés por su contenido en micronutrientes: vitaminas y minerales.

Los hidratos de carbono son biomoléculas compuestas por C, H y O, cuya función principal es ser fuente energética, para su determinación se utiliza los siguientes métodos: a) métodos químicos (método de ácido fenol sulfúrico y método de ácido sulfúrico) b) métodos para la determinación de azúcares reductores (método volumétrico propuesta de lane-eynon (1923), método fehling-soxhlet, método gravimétrico o la propuesta de munson-walker c) método fluorimétrico, entre otros.

### **2.7.1.4. Fibra.**

Es un compuesto de gran importancia, regula la función gastrointestinal aumentando el volumen de las heces, la velocidad de tránsito intestinal, y reduciendo la compresión intra-abdominal; capta sustancias a nivel intestinal e impide su absorción (entre estas sustancias se encuentra el colesterol); contribuye a reducir la incidencia de cáncer de colon (Cárdenas *et al.*, 2012). Belitz y Grosch (1997) citan valores en contenido de fibra entre 0,5 y 1,5% en hortalizas en general. Actualmente se tiene en cuenta la “fibra alimentaria” o “fibra dietética”; está constituida por fibra insoluble (principalmente celulosa) y soluble (principalmente pectinas) y su proporción varía en función del vegetal.

#### *2.7.1.4.1. Determinación de fibra mediante el método de Weende.*

La fibra dietaria interviene en procesos fisiológicos en el cuerpo humano, esta se encuentra en las paredes celulares de los vegetales, una de las más abundantes es la lignina, principal hidrato de carbono complejo que se evalúa al hablar de fibra (Nielsen, 2013). Este método cuantifica el

contenido total de fibra de la muestra, tras ser digerida con soluciones de  $H_2SO_4$  y  $NaOH$ , y los restos calcinados del alimento, es decir la técnica establece el residuo que resulta de dos hidrolisis consecutivas (ácida y alcalina), se calcula por medio de la diferencia de peso tras la calcinación (Nielsen, 2013).

#### **2.7.1.5. Cenizas.**

Las cenizas son los residuos inorgánicos que resultan después de la calcinación o la oxidación completa de la materia orgánica de un alimento, el contenido de cenizas equivale a la cantidad total de minerales contenidos, su determinación establece normativas de calidad principalmente en alimentos enriquecidos o fortificado (Nielsen, 2013).

Las cenizas no contienen toda la cantidad de materia inorgánica que el alimento del que se extraen. La determinación de cenizas implica el someter las muestras a calor excesivo en un horno mufla a  $550^{\circ}C$  o más (máximo  $650^{\circ}C$ ), hasta que toda la materia orgánica que posea la muestra se incinere completamente al punto de llegar a cenizas blancas, que son los residuos orgánicos producto de la calcinación (Nielsen, 2003 y Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM, 2012).

##### *2.7.1.5.1. Determinación de cenizas mediante el método gravimétrico.*

El análisis de cenizas se realiza a partir de crisoles limpios, en los cuales se añade 2 gramos de muestra, que son llevados al horno mufla a  $550^{\circ}C$  durante 3 horas, la materia orgánica se calcina hasta llegar a cenizas blancas. Estas cenizas son los residuos inorgánicos que se enfrían en desecador y se pesan hasta peso constante para los cálculos respectivos (Nielsen, 2003).

#### **2.7.2. Evaluación microbiología de los alimentos.**

Desde el punto de vista de la inocuidad, los alimentos pueden ser vehículos de infecciones (ingestión de microorganismos patógenos) o de intoxicaciones (ingestión de toxinas producidas por microorganismos) graves. Tian *et al.*, (2016) señala que, cuando se habla de calidad de un alimento se debe considerar el aspecto microbiológico, que resulta fundamental porque influye en la conservación y la vida útil del producto. Además, porque los microorganismos pueden ser

causantes de enfermedades transmitidas por los alimentos (ETA's). Por lo cual, es necesario conocer las normas microbiológicas en materia de alimentos.

#### **2.7.2.1. Tipos de microorganismos en frutas y hortalizas.**

Los alimentos pueden ser capaces de transmitir enfermedades de origen alimentario (ETA's), representando un grave problema para la salud humana, el grado y la velocidad del incremento de la población de microorganismos depende del producto y las condiciones de almacenamiento. Es por esto que Zhu *et al.*, (2019) plantea dos grupos de microorganismos que indican contaminación en un alimento: Indicadores de condiciones de manejo o de eficiencia de proceso (Aerobios mesófilos, Coliformes totales, Mohos y levaduras); e indicadores de contaminación fecal (Coliformes totales, *Escherichia coli*, Enterococos y *Clostridium perfringens*).

Según Downes *et al.*, (2001) la microbiota es muy variable en hortalizas recién cosechadas y está constituida por bacterias gramnegativas como Enterobacter, Pantoea y Pseudomonas, pero las partes que crecen cerca o dentro del suelo contienen bacterias grampositivas, por ejemplo, *Bacillus*, *Paenibacillus*, *Clostridium*. Para Berrang *et al.*, (1989) muchos de estos organismos son pectinolíticos o celulolíticos y originan el reblandecimiento característico de las podredumbres blandas.

##### **2.7.2.1.1. Coliformes totales.**

El suelo, el agua y fertilizantes que se utilizan en los cultivos pueden ser focos de contaminación que originen la aparición de patógenos entéricos, sobre todo si se usan desechos humanos o animales, o aguas residuales para el riego. Los coliformes totales son microorganismos en forma de bastón, bacilos gram-negativos que no forman esporas, pueden crecer en medio aerobio o anaerobio y son capaces de producir ácido y gas; se encuentran en el intestino de los humanos y animales; en las normas se establece un mínimo número permitido de este grupo bacteriano (Ray y Bhunia, 2010).

#### *2.7.2.1.2. Echerichia coli.*

Es un bacilo gram-negativo perteneciente al grupo de los coliformes fecales, se encuentra en el tracto intestinal de animales y humanos. Existen serotipos de *E. coli* que son causantes de toxiinfecciones y enfermedades gastrointestinales agudas, como *E. coli* O157:H7. En los cultivos de brócoli y coliflor se emplea como un indicador de contaminación fecal en alimentos, parámetro que se analiza para asegurar la calidad e inocuidad del alimento (Ray y Bhunia, 2010).

#### *2.7.2.1.3. Mohos y levaduras en hortalizas.*

Las hortalizas como el brócoli y la coliflor pueden poseer mohos como *Alternaria* (*A. brassicae* y *A. brassicicola*) que son capaces de lesionar su estructura y volverla frágil dándole un aspecto negruzco u opaco (Ray y Bhunia, 2010). En un principio afecta a las hojas, lo cual no es muy importante, ya que estas plantas tienden a sufrir defoliaciones; toma importancia cuando asciende el hongo (al poseer características propicias en el suelo) de la pella hasta la cabeza en donde las lesiones se extienden por la presencia de bacterias que facilitan la putrefacción (Köhl et. al., 1995).

#### **2.7.2.2. Métodos de aislamiento de microorganismos.**

El aislamiento bacteriano es un procedimiento de separación de un microorganismo específico a partir de un grupo de microorganismos; una célula bacteriana viable origina una cepa completa que posteriormente permite la identificación precisa del microorganismo. Los métodos de aislamiento bacteriano pueden ser de dos tipos; tradicionales y rápidos (Madigan et. al., 2004).

Según Brook y Stratton (1998) los métodos tradicionales utilizan cajas con agares solidificados, en los que se distribuyen los microorganismos en su superficie, estos pueden ser agares base, selectivos o diferenciales, se emplean de acuerdo a las necesidades que requieran para su aislamiento, los agares base contienen sustancias nutritivas a los que se puede adaptar cualquier microorganismo no exigente.

Los métodos rápidos son fáciles de transportar y utilizar, poseen indicadores que emiten resultados en menor tiempo en comparación con los métodos tradicionales (Ray y Bhunia, 2010).

### **2.7.2.3. Recuentos por placas petrifilm.**

Las placas petrifilm son medios de cultivos listos para utilizar, se basan en el mismo fundamento que los métodos tradicionales, pero son más específicos ya que contienen indicadores que se colorean ante la presencia del microorganismo que se pretende aislar; estas se constituyen por películas adhesivas y nutrientes específicos, como también tienen áreas que facilitan el conteo de colonias bacterianas; en un principio se diseñaron para aislar microorganismos aerobios y coliformes, después se incluyó el estudio de mohos, levaduras y *E. coli* (Guidi *et al.*, 2015).

En la actualidad los métodos realizados con las placas petrifilm han sido validados por la French Standardization Association – AFNOR como métodos alternativos, según la norma ISO 16140 y han sido reconocidos por la AOAC como métodos oficiales de análisis (3M Science. Applied to Life, 2019). A continuación, se detallan las normas que se aplica de acuerdo al tipo de análisis.

#### *Placa de recuento rápido de levaduras y mohos 3M™ Petrifilm™*

- AOAC® PTM Performance Tested Method
- AOAC® OMA Official Method of Analysis
- Validación NF de la certificación AFNOR

#### *Placa de recuento rápido de E. coli/coliformes 3M™ Petrifilm™*

Certificación MicroVal según EN ISO 16140-2; N°. de certificado: 2017 LR76. AOAC OMA official method 2018.13.

### **2.7.3. Evaluación organoléptica.**

El análisis organoléptico también llamado sensorial, consiste en el examen de características tales como color, consistencia, textura, peso, tamaño, olor y sabor. Comprende el conjunto de propiedades de un producto que estimulan diversos receptores sensoriales en la persona. Este tipo de análisis es realizado por expertos que generalmente son jurados entrenados que evalúan las características de los alimentos en base a percepciones subjetivas. Es decir, son evaluaciones cualitativas que varía de acuerdo a percepciones de cada uno de los integrantes del jurado. En algunos casos se puede utilizar instrumentos para realizar el análisis sensorial; sin embargo, se recomienda corroborar los resultados por instrumentos con los jurados evaluadores.

Los parámetros que más utilizan en el análisis sensorial en hortalizas es el sabor, olor, color, consistencia, entre otros (Arthey y Dennis, 1992, Vanaclocha, 2014 y Navarro *et al.*, 2007).

### **2.7.3.1. Criterios de evaluación.**

La calidad interna (sabor, aroma, textura, valor nutritivo, ausencia de contaminantes bióticos y abióticos) está vinculado a aspectos generalmente no perceptibles, pero no por ello menos importante para los consumidores, Por lo tanto, con sólo mirar el color, el consumidor sabe que un fruto está inmaduro y que no posee buen sabor, textura o aroma. Si el color no es suficiente para evaluar la madurez, utiliza las manos para medir la firmeza u otras características perceptibles. El aroma es un parámetro menos utilizado salvo en aquellos casos en que está directamente asociado a la madurez como es en las frutas (FAO, 2003).

#### **2.7.3.1.1. Color.**

En el brócoli hay amplitud de matices verdes con tonalidades verdes azulosos, pasando por verdes claros, medios y oscuros, hasta verdes oscuros con tonalidad azulada o grisácea según la intensidad de la serosidad. En el caso de la coliflor se prefiere las pellas totalmente blancas, y dependiendo de la variedad presentan diferente tipo de tonalidades (Jaramillo, 2005).

Los colores que adquieren el brócoli y la coliflor son importantes, ya que en base a estos se puede deducir que dichos vegetales están aptos para el consumo humano, en el caso de encontrar la pella del brócoli amarillo o de la coliflor con pigmentaciones negras es un indicativo que los productos tienen varios días de ser cosechados y demuestran un mayor grado de madurez.

#### **2.7.3.1.2. Flavor.**

Es la combinación de las sensaciones percibidas por la lengua (sabor o gusto) y por la nariz (aromas) (Wills *et al.*, 1981). “Sin bien son perfectamente separables unas de otras, por estar tan cerca los órganos receptores; simultáneamente al acto de acercar a la boca, morder, masticar y degustar, estamos percibiendo los aromas, particularmente aquellos que se liberan con la trituración de los tejidos (FAO, 2003).

#### *2.7.3.1.3. Textura o apariencia*

La apariencia es la primera impresión que el consumidor recibe, siendo el componente más importante para la aceptación y eventualmente la compra. En aquellas especies en donde la inflorescencia es el órgano comercializado tales como brócoli o coliflor, etc. la compacidad es el aspecto de mayor relevancia y en general es un indicador del grado de desarrollo a la cosecha, ya que las inflorescencias abiertas indican que fueron cosechadas posteriormente al momento óptimo. En cierta medida es también un indicador de la frescura ya que la compacidad disminuye con la deshidratación (FAO, 2003).

Como lo señalado en el párrafo anterior, la apariencia es algo importante en lo que se refiere a los alimentos que se pretende ingerir; es así, que el ser humano siempre se fija en las condiciones que se encuentran las hortalizas y de esta forma sentirse seguro que lo que compra están aptas para ser ingeridas; por consiguiente el consumidor seleccionará productos de buena calidad; en el caso de la coliflor y brócoli va a asegurarse de la frescura, firmeza de estas, así como también de su color y brillo vivaz.

#### **2.7.4. Escala hedónica, criterios de evaluación.**

La calidad como aceptabilidad por parte del consumidor de un determinado producto está integrada por distintos aspectos recogidos por los sentidos: vista (color y defectos) olfato (aroma y flavor), tacto (manual y bucal), oído (tacto y durante la masticación) y gusto (sabor); todos los aspectos de la calidad, tanto externos como internos, son contemplados y valorados por el consumidor a la hora de decidir sobre la adquisición de un producto para consumo en fresco.

Cuando se hace referencia a la calidad desde el punto de vista de consumidor, su medida se hace menos tangible y cuantificable. El análisis sensorial se transforma, en este caso, en una herramienta de suma utilidad, dado que permite encontrar los atributos de valor importantes para los consumidores, que sería muy difícil de medir de otra manera (Picallo, 2002).

##### **2.7.4.1. Rangos de escala hedónica.**

Este tipo de prueba determina el agrado o la actitud que tiene un consumidor acerca de un determinado producto. Para determinar el grado de aceptación o el desagrado de un producto se

aplica un tipo de prueba, el cual utiliza la escala hedónica, siendo un método sencillo de aplicar por los consumidores (Chambers y Baker, 1996).

Las escalas hedónicas siempre deben contener un número impar de puntos y se debe incluir el punto “ni me gusta ni me disgusta”. La escala hedónica de 9 y 7 puntos son las más utilizadas, a su vez para pruebas de aceptabilidad se utiliza una escala hedónica de 5 puntos (ver tabla 5), pero cuando se tiene una sola muestra la escala de 3 puntos es suficiente (Anzaldúa-Morales, 1994; Lawless y Heymann, 1999).

Tabla 5

*Escala hedónica de 5 puntos para la evaluación organoléptica.*

Valoración de la escala	Atributos organolépticos		
	Color	Flavor	Textura
5	Me gusta mucho	Muy bueno	Muy firme
4	Me gusta moderadamente	Bueno	Firme
3	No me gusta ni me disgusta	NI gusta / NI disgusta	Poco firme
2	Me disgusta moderadamente	Disgusta un poco	Poco blanda
1	Me disgusta mucho	Disgusta moderadamente	Muy blanda

Fuente: El autor.

Los valores numéricos obtenidos de los resultados deben ser tratados como cualquier dimensión física y, por lo tanto, pueden ser graficados, promediados o sometidos a análisis estadísticos, tales como la prueba t de student, la prueba de Fisher, el análisis de varianza-ANOVA, análisis de regresión, entre otros (Anzaldúa- Morales, 1994).

## 2.8. Costos de producción

Se entiende como la adquisición de insumos los cuales se generan durante el proceso de transformar la materia prima en un producto final. El precio de un producto se establece entre otros factores, en base a los costos de producción, para lo cual es necesario cuantificar los costos que se generan durante las etapas de la poscosecha (Polimeni, 2000).

Entre los parámetros que se toman en cuenta para determinar los costos de producción es la mano de obra, costos indirectos de fabricación, servicios básicos, entre otros (Marulanda, 2009).

### **2.8.1. Costos fijos.**

Son aquellos que permanecen constantes dentro de un periodo determinado dentro de una actividad productiva, sin importar si cambia el volumen de producción, como ejemplo de ellos están: depreciación de equipos, arrendamiento de la planta, sueldo de jefe de producción (García, 2008 y Smith *et al.*, 2009).

### **2.8.2. Costos variables.**

Es aquel que varía y son evitables o condicionales, ante cambios en el volumen de producción; los costos variables son generalmente directos y algunos ejemplos podrían ser: la mano de obra directa, las hortalizas, envases, etiquetas, desinfectantes, entre otros (Horngren, 2007).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación

El proyecto se desarrolló en dos escenarios diferentes: la parroquia rural de Chuquiribamba y la Universidad Nacional de Loja; en el primero de ellos se definieron las variedades de coliflor y brócoli que se utilizaron en la investigación. La parroquia rural de Chuquiribamba se encuentra a una altitud de 2.723 m.s.n.m. está ubicada al noroeste de la ciudad de Loja - Ecuador, situada aproximadamente a 46 km; en las siguientes coordenadas planas (UTM), latitud: 9630181 N y longitud: 680455 E. De acuerdo a la división política limita al norte con las parroquias de Gualiel y Santiago, al sur con la parroquia Chantaco y el cantón Catamayo, al este con la parroquia Santiago y al oeste con la parroquia El Cisne (ver figura 3); posee una superficie de 198 km<sup>2</sup> con una población 2.645 habitantes y una temperatura que fluctúa entre 8°C y 20°C, siendo 12,5°C la temperatura promedio, la parroquia es conocida abastecedora de hortalizas para la ciudad de Loja (PDOT Chuquiribamba, 2014).

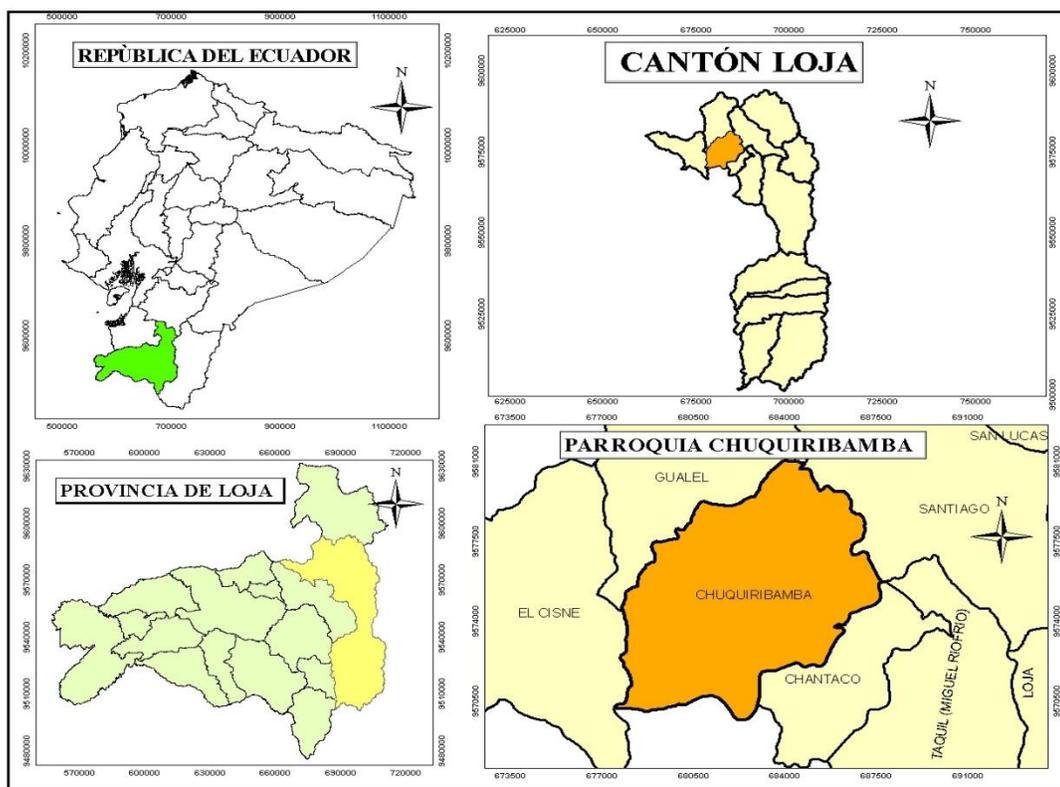


Figura 3. División Política- Administrativa de la Parroquia Chuquiribamba.

Fuente: El autor.

La segunda parte de la investigación correspondiente al trabajo experimental, se realizó en las instalaciones pertenecientes a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la UNL, específicamente en los laboratorios de: Suelos, aguas y bromatología; Micología y Poscosecha de frutas y hortalizas (ver figura 4).



Figura 4. Áreas de investigación.  
Fuente: El autor.

## 3.2. Materiales

### 3.2.1. Equipos y materiales de laboratorio.

Para los ensayos en laboratorio del presente estudio, se utilizaron los siguientes materiales y equipos: placas petrifilm de la marca 3M para mohos y levaduras, coliformes totales y *E. coli*; materiales de vidrio: vasos de precipitación de 100 y 250 ml, tubos de ensayo de 10 ml, probetas graduadas de 10 y 100 ml, matraces Erlenmeyer de 200, 500 y 1000 ml, balón de aforo de 1000 ml, termómetros de mercurio de rango que va desde 0 a 250 °C, pipetas graduadas de 1, 5 y 10 ml, varilla agitadora, bureta graduada de 50 ml; pera de goma, crisoles de porcelana, pinzas metálicas, mortero y pistilo de porcelana, gradillas para tubos de ensayo, agitador magnético marca Corning

StirrerrHotplte modelo PC- 320 con 6 velocidades, mechero bunsen, autoclave marca Biobase, desecador de vidrio 210 MM con disco de cerámico marca Quimis, balanza analítica Metter con tres dígitos de precisión, balanza gramera digital marca Ohaus Scout con dos dígitos de precisión, potenciómetro digital (modelo, rango) marca Schott, mufla marca Furnace modelo 1300 produce una temperatura que alcanza los 1100 °C, mufla Naber modelo 2804 Lilienthal/Breman alcanza un temperatura de 1100 °C, equipo extractor de fibra marca Velp Scientifica modelo 6, estufa (temperatura) marca Mermert, equipo Kjedadhl marca Velp Scientifica, equipo de esterilización marca Tuttnauer, equipo ozonificador Calli Generador 500 mg/h de ozono, cuchillo, refrigerador Samsung Digital Inveter Technology 452 litros de capacidad.

### **3.2.2. Reactivos de laboratorio**

Los reactivos utilizados en la investigación fueron: acetona anhidra al 99.8% (ACS Fisher), ácido sulfúrico a 0,255 y 0,1 N (ACS Fisher), ácido sulfúrico al 98% (comercial), ácido bórico al 4%, agua destilada, agua peptonada al 0,1%, cloruro de sodio, hidróxido de sodio 0.313 N, hidróxido de sodio al 50 %, indicador Mortimer (0,016 % rojo de metilo y 0,083 % verde de bromocresol en etanol), BDH n-octanol al 99 %, pastillas catalizadoras Velp Scientifica (unidades de digestión Kjedadhl), polisorbato (tween 20).

### **3.2.3. Insumos**

Se utilizó brócoli y coliflor cosechados en Chuquiribamba, agua de bidón marca Pure Water, cloro marca Clorox al 6,15%, aceite esencial de orégano y tomillo, fundas Ziploc de 18 x 20 cm, papel de aluminio, bolsas de papel Kraft de 22 x 20 x 10cm, toallas de papel para secado, cuchillo de cocina de 25 cm, guantes de nitrilo, mascarillas desechables, gorros desechables, bandejas de poliestireno expandido y film (polietileno).

### **3.2.4. Materiales y equipos de oficina**

Computadora portátil marca Lenovo ideapad 300, Impresora Canon 2510, cámara fotográfica, internet, cinta adhesiva, tijeras, rotuladores, entre otros.

### **3.3. Análisis estadístico**

El análisis estadístico para este proyecto se lo realizó a través del análisis de varianza (ANOVA), utilizando el software Statgraphics Plus para Windows 5,1; mediante la utilización de la prueba de comparación de medias (Fisher) con un nivel de confianza del 95% ( $p < 0,05$ ). Es importante recalcar que para la realización de la calificación para los atributos organolépticos fue necesario un panel de ocho jueces, para los análisis físico-químicos se lo realizó por triplicado, y por último el análisis microbiológico se trabajó por duplicado.

### **3.4. Metodología para el primer objetivo.**

*Establecer los parámetros óptimos de desinfección considerando los cambios físicos químicos, microbiológicos y organolépticos.*

#### **3.4.1. Definir la variedad de coliflor y brócoli a utilizar en la investigación.**

Para el cumplimiento del primer objetivo se definió la variedad tanto en coliflor como en brócoli, para ello se indagó con los productores de la parroquia Chuquiribamba sobre las variedades que presentaban mayor producción.

Antes de realizar lo mencionado en el párrafo anterior, en la cosecha de los productos en las pruebas preliminares y finales se toma en cuenta las variaciones climáticas, tales como temperatura y precipitación presentadas en la localidad; tal es así que la temperatura media para febrero y mayo fue de 13,4 °C, mientras que para la precipitación fue 135 y 65 mm; respectivamente.

#### **3.4.2. Evaluar preliminarmente varios tipos y concentración de desinfectantes.**

Para la realización de las pruebas preliminares se seleccionaron cuatro tipos de desinfectante a diferentes concentraciones, tomando como base la información encontrada en la revisión de literatura, en donde se señala que los desinfectantes químicos son los más utilizados, ya que contribuyen a garantizar la calidad e inocuidad de los alimentos como el hipoclorito de sodio “Cloro”. Artés *et al.*, (2009) manifiesta que en los últimos años surge el interés por otro tipo de técnicas sostenibles y emergentes de desinfección que puedan reemplazar al cloro, que

proporcionen otros beneficios como sucede con el ozono (O<sub>3</sub>), agentes antimicrobianos naturales tales como los aceites esenciales entre otros.

De acuerdo a lo antes descrito, se presenta en la Tabla 6, las concentraciones para cada desinfectante. Es importante mencionar, que en todos los tratamientos se seleccionaron coliflores y brócolis con la misma madurez fisiológica; y la temperatura de almacenamiento fue de 3°C.

Tabla 6

*Tratamientos de desinfección aplicados a la coliflor y brócoli.*

Tratamientos	Concentración ppm (coliflor)	Concentración ppm (brócoli)	Tiempo de desinfección
Ozono	10	10	5 min
Ozono	20	20	10 min
Aceite tomillo	5	1	5 min
Aceite tomillo	25	5	5 min
Aceite tomillo	50	25	5 min
Aceite orégano	5	1	5 min
Aceite orégano	25	5	5 min
Aceite orégano	50	25	5 min
Hipoclorito	50	50	3 min
Hipoclorito	100	100	3 min

Fuente: El autor.

A continuación, se presente el flujograma de proceso poscosecha para la coliflor y brócoli (figura 5).

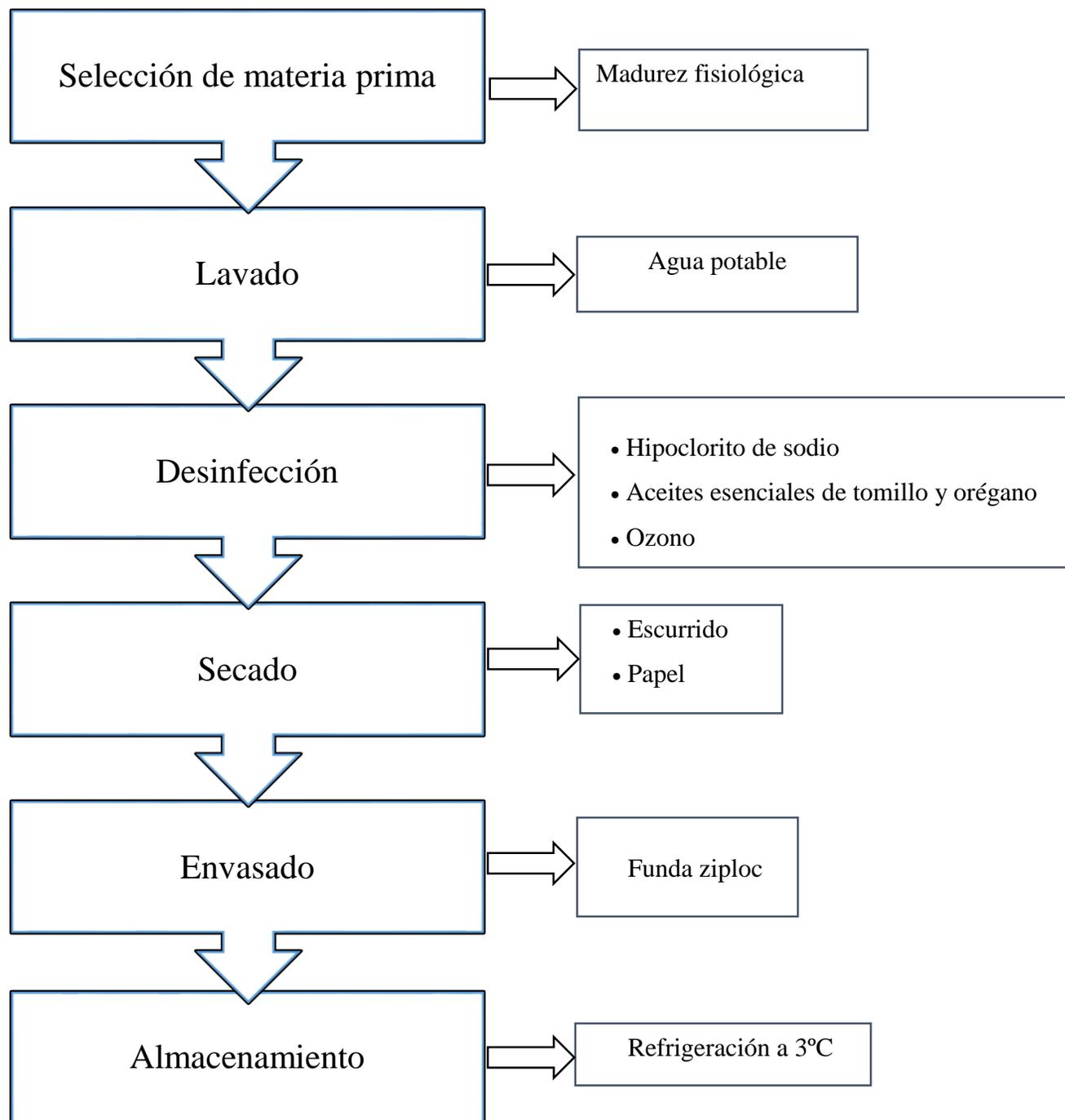


Figura 5. Flujograma de proceso poscosecha de la coliflor y brócoli.

Para el MAPA (2010), la selección y clasificación es una función muy importante, ya que con ello se realiza el proceso completo que se inicia en la recepción y finaliza con el envasado y almacenado del producto. A continuación, se realiza la descripción del flujograma del proceso poscosecha para la coliflor y brócoli que se detalla a continuación:

#### 3.4.2.1.1. Selección de coliflor y brócoli

En esta etapa se realizó la selección en base al grado de madurez fisiológica que tenían los productos de estudio, en el caso de la coliflor se realizó esta actividad tomando en cuenta el grado de compactación de su cabeza y tamaño de la pella, mientras que en el caso del brócoli su madurez está relacionada con el color (debe ser verde azulado brillante) y tamaño de la pella. Además, se tomó en cuenta que los productos no presenten ningún tipo de alteraciones.

#### 3.4.2.1.2. Lavado

Previamente para el lavado se retiran hojas y tallo, una vez realizado, los productos fueron lavados en agua potable para retirar residuos tales como: insectos, tierra, polvo, entre otros.

Es importante aclarar que calidad del agua utilizada cumple con la norma INEN 1108 (Angamarca, 2018 y Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Loja, 2019).

#### 3.4.2.1.3. Desinfección

Para la preparación de las dosis de desinfectante se tomó en cuenta la concentración y el tipo de desinfectante como se los detalla en la tabla 8, posteriormente se procedió a la desinfección del coliflor y brócoli.

#### *Hipoclorito de sodio*

Para la preparación de las soluciones desinfectantes a concentraciones de 50, 100 y 200 ppm, se tomó en cuenta la concentración del cloro comercial (6,15 %). Para realizar los cálculos respectivos se utilizó la fórmula representada en la figura 6, tomando como base el volumen a preparar de solución (5000 ml para este caso).

$$V_1 = \frac{C_1 \times V_2}{C_2 \times 10.000}$$

Fórmula para determinar la cantidad de desinfectante

Donde:

$V_1$  = Volumen de hipoclorito de sodio (ml)

$C_1$  = Concentración de hipoclorito a preparar (ppm)

$V_2$  = Volumen de solución requerido (ml)

$C_2$  = Concentración del cloro comercial (%)

10.000 = Factor de dilución (número de veces que debe diluirse el desinfectante)

Tabla 7

*Volúmenes a utilizar de hipoclorito de sodio.*

Concentraciones (ppm)	Concentración comercial (%)	Volumen de solución a preparar (ml)	Volumen de cloro (ml)
50	6,15	5000	4,06
100	6,15	5000	8,13
200	6,15	5000	16,26

Fuente: El autor.

Obtenidos los valores a utilizar tal como lo detalla la tabla 7, se preparan las diferentes soluciones del desinfectante para luego proceder a sumergir los productos durante 3 minutos.

#### *Aceite esencial de tomillo y orégano*

En la preparación de las soluciones desinfectantes de los dos aceites esenciales, se partió de las concentraciones a preparar (1, 5, 25, 50 y 100 ppm), tomando en cuenta la densidad del aceite (0,91 g/ml) para ambos desinfectantes; con estos datos se aplicó la fórmula representada en la figura 7, el volumen a preparar de solución fue de 5 litros.

$$V_1 = \frac{C * V_2}{\delta}$$

Fórmula para obtener el volumen de aceite a utilizar.

Dónde:

$V_1$  = Volumen de desinfectante (ml)

$C_1$  = concentración de aceite esencial de tomillo u orégano a utilizar (mg/L)

$V_2$  = Volumen de solución requerida (L).

$\delta$  = densidad del aceite esencial de tomillo y orégano (g/ml)

100 = Factor de dilución (mg/g)

Tabla 8

*Determinación del volumen de aceite esencial de tomillo y orégano para preparar las soluciones desinfectantes de las pruebas preliminares para el brócoli.*

Concentraciones (ppm)	Densidad del aceite de orégano (g/ml)	Volumen de la solución (L)	Volumen de aceite orégano (ml)
1	0,910	5	0,054
5	0,910	5	0,270
25	0,910	5	0,137

Fuente: El autor

Tabla 9

*Determinación del volumen de aceite esencial de tomillo y orégano para preparar las soluciones desinfectantes de las pruebas preliminares para la coliflor.*

Concentraciones (ppm)	Densidad del aceite de orégano (g/ml)	Volumen de la solución (L)	Volumen de aceite orégano (ml)
25	0,910	5	0,137
50	0,910	5	0,274
100	0,910	5	0,550

Fuente: El autor

Obtenidos los valores a utilizar tal como lo detalla la Tabla 8 y 9, se preparan las diferentes soluciones de los diferentes desinfectantes para luego proceder a sumergir a las coliflores y brócolis en la solución desinfectante durante 5 minutos.

### *Ozono*

El método más usado para producir O<sub>3</sub> es el de descarga en corona, para lo cual se empleó una máquina de ozonificación y se siguió la recomendación del fabricante para la preparación de las diferentes soluciones del desinfectante, donde indica que para la realización de la desinfección en productos alimenticios se lo debe aplicar durante 5 minutos y para la eliminación de la flora bacteriana recomienda un tiempo de 10 minutos (Perry y Yousef, 2011). Posteriormente se calculó las concentraciones que emite en diferentes tiempos (5 y 10 minutos) en un volumen determinado de agua, para lo cual se utilizó la fórmula descrita en la figura 8.

$$C_1 = \frac{t * C_2}{V}$$

Fórmula para determinar la concentración de ozono.

Donde:

C<sub>1</sub> = Concentración necesaria (ppm)

t = Tiempo de desinfección del agua (h)

C<sub>2</sub> = Concentración del ozonificador (mg/h)

V = Volumen requerido (L)

Tabla 10  
*Concentraciones de ozono a utilizar.*

Tiempo (h)	Concentración del ozono (mg/h)	Volumen requerido (L)	Concentración requerida (ppm)
0,083	500	4,15	10
0,166		4,15	20

Fuente: El autor

Obtenidos los valores a utilizar tal como lo detalla la tabla 10, se prepararon las diferentes soluciones del desinfectante en 4,15 litros y se adicionó ozono mediante un burbujeador según los tiempos que constan en la tabla antes mencionada, para luego proceder a sumergir los productos en las soluciones preparadas.

#### *3.4.2.1.4. Secado*

Se llevó a cabo en un lugar estéril y se utilizó una bandeja adecuada para permitir que el agua escurra durante 3 minutos, posteriormente se utilizó papel secante y con ello retirar el agua restante que se halle en los productos.

#### *3.4.2.1.5. Envasado*

Los productos una vez secos, se procedieron a colocar en fundas ziploc.

#### *3.4.2.1.6. Almacenamiento*

Luego, los productos fueron almacenados a una temperatura de 3°C en un refrigerador, hasta que presentaron evidencias de deterioro.

#### ***3.4.2.2. Análisis organoléptico de las pruebas preliminares.***

Una vez terminado el proceso poscosecha de los productos, se realizó el análisis organoléptico a tiempo inicial y final de almacenamiento, para ello se utilizó la escala hedónica de 5 puntos como se presentó en la tabla 5. Se utilizó un panel sensorial compuesto por 8 catadores y se llevó a cabo tomando en cuenta los parámetros de color, flavor y textura.

#### ***3.4.2.3. Definir los tratamientos en función del tipo y concentración de desinfectante***

Con los resultados del análisis organoléptico de las pruebas preliminares, se establecieron los mejores tratamientos de cada uno de los desinfectantes y dosis a utilizar (ver tabla 15).

#### ***3.4.2.4. Pruebas definitivas con los diferentes tratamientos de desinfección establecidos para la coliflor y brócoli.***

Las pruebas definitivas fueron realizadas, una vez conocidos los resultados preliminares de los tratamientos y las dosis aplicadas en la coliflor y brócoli, donde los productos de estudio recibieron nuevamente el manejo poscosecha considerando las concentraciones definidas en tabla 18. Para determinar la calidad y tiempo de vida útil de los productos se realizó los análisis físico – químico, organoléptico y microbiológico, cuya metodología se detallan a continuación.

##### *3.4.2.4.1. Análisis físico – químico.*

Todos los análisis físico - químico se realizaron por triplicado, cuyos procedimientos se describen a continuación para los dos productos de estudio.

##### *Determinación de humedad*

Se realizó mediante dos procedimientos; el primero consiste en determinar la materia seca parcial para lo cual se debe secar la muestra a 65°C hasta obtener un peso constante, en el segundo paso se tritura la muestra y se deja a 105°C durante 24 horas para luego ser pesadas; el detalle del procedimiento se presenta en el anexo 2.

##### *Determinación de cenizas*

Se procedió a pesar los crisoles vacíos, posteriormente se agregó 1 gramo de muestra previamente triturada y se la lleva a la mufla a una temperatura de 550°C durante 3 horas, luego se dejó reposar 30 minutos los crisoles en la mufla para posteriormente retirarlos y colocarlos en un desecador para que se enfríen, finalmente se pesa la muestra; este procedimiento se detalla en el anexo 3.

##### *Determinación de proteína*

Se realizó mediante el método Kjeldahl (técnica 2.062), el cual es un procedimiento utilizado para la determinación de proteína y que comprende tres etapas: digestión, destilación y valoración, igualmente el procedimiento se detalla en el anexo 4.

### *Determinación de fibra*

Para la determinación de este nutriente se siguió la norma AOAC 962.09, este método cuantifica el contenido total de fibra mediante soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de potasio, este procedimiento está detallado en el anexo 5.

### *Determinación de carbohidratos o azúcares*

La determinación de este nutriente no se realizó experimentalmente, sino que se calculó mediante la siguiente fórmula.

$$C = 100 - (H + P + Cz)$$

Fórmula para determinar carbohidratos.

Donde:

C: Porcentaje de carbohidratos

H: Porcentaje de Humedad

P: Porcentaje de proteína

Cz: Porcentaje de cenizas

### *Determinación de lípidos o grasas*

Su determinación no fue necesaria para esta investigación, debido a que tanto la coliflor como el brócoli contienen pequeñas cantidades de grasa, tal como lo muestran las tablas 1 y 2.

#### *3.4.2.4.2. Análisis organoléptico.*

Se realizó el mismo procedimiento mencionado anteriormente para las pruebas preliminares realizadas al inicio ( $T_0$ ) como al final ( $T_f$ ).

#### *3.4.2.4.3. Análisis microbiológicos.*

Los análisis microbiológicos se los realizó por duplicado, cuyo procedimiento es el siguiente: La cantidad de materia prima (coliflor y brócoli) utilizada fue 10 gramos, tomando de diferentes lados de la pella, los mismos que después se colocaron en cajas petri estériles. En un

vaso pequeño de licuadora se colocó 90 ml agua peptonada y la muestra, se homogenizó la mezcla durante 3 minutos. Las diluciones utilizadas se presentan en las tablas 14 y 15. Para realizar la siembra, se añadió 1 ml de la muestra homogenizada en las placas petrifilm, para luego ser incubadas a una temperatura de 35°C durante 24 y 48 horas para coliformes totales y *E. coli*, respectivamente. En el caso de los mohos y levaduras, se colocaron en incubación a 25°C durante 48 y 72 horas.

Tabla 11

*Diluciones utilizadas para determinar E. coli, coliformes, mohos y levaduras presente en los tratamientos definitivos de la coliflor.*

Tratamientos	Descripción	Diluciones para T <sub>o</sub> y T <sub>f</sub>
T1	Testigo	10 <sup>-2</sup> y 10 <sup>-3</sup>
T2	Hipoclorito de sodio	10 <sup>-1</sup>
T3	Aceite esencial de tomillo	10 <sup>-1</sup>
T4	Ozono	10 <sup>-1</sup>

Fuente: El autor.

Tabla 12

*Diluciones utilizadas para determinar E. coli, coliformes, mohos y levaduras presente en los tratamientos definitivos del brócoli*

Tratamientos	Descripción	Diluciones para T <sub>o</sub> y T <sub>f</sub>
T1	Testigo	10 <sup>-2</sup>
T2	Hipoclorito de sodio	10 <sup>-1</sup>
T3	Aceite esencial de tomillo	10 <sup>-1</sup>
T4	Ozono	10 <sup>-1</sup>

Fuente: El autor.

Una vez transcurrido el tiempo de incubación, se procedió a realizar el recuento de las colonias, para recuento de *E. coli* / Coliformes en las placas Petrifilm se toma en cuenta el gas atrapado alrededor de las colonias, para determinación de levaduras se visualizan colonias pequeñas y redondas con tonalidades que varían desde beige o crema hasta azul verdoso y con bordes delimitados, en cambio para identificar mohos a menudo se representan colonias planas más grandes de diversos colores con bordes no definidos y focos (3M Petrifilm, 2012), los procedimientos se describen en los anexos 6 y 7.

Para calcular el número de Unidades Formadoras de Colonias por gramo (UFC/g) se aplicó la siguiente fórmula.

$$N = \Sigma C * f = \text{UFC/g}$$

Dónde:

N = Número de UFC por gramo

$\Sigma C$  = Suma de colonias contadas en las placas Petrifilm

f = factor de dilución utilizado;  $10^{-1} = 10$ ,  $10^{-2} = 100$ ,  $10^{-3} = 1000$

### **3.5. Metodología para el segundo objetivo.**

*Evaluar la vida útil de los tratamientos de la coliflor y brócoli empacados y listos para el consumo mediante los cambios físico-químicos, organolépticos y microbiológicos.*

Los resultados obtenidos de los análisis físico-químicos, organolépticos y microbiológicos referentes al primer objetivo, sirvieron de base para evaluar la vida útil de los tratamientos correspondientes a los 3 desinfectantes definitivos y a su vez definir el mejor tratamiento, teniendo en cuenta el desinfectante que presentó el mayor tiempo de almacenamiento y mejores características de calidad e inocuidad. Una vez definido el mejor tratamiento, se establecieron parámetros óptimos en la desinfección para la coliflor y el brócoli.

### **3.6. Metodología para el tercer objetivo.**

*Determinar los costos variables de producción del mejor tratamiento.*

Para determinar los costos variables de producción, se tomó en cuenta la cantidad y los precios de los materiales, insumos y mano de obra, que fueron necesarios para la elaboración de la coliflor y el brócoli desinfectado y envasado.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 Establecer los parámetros óptimos de desinfección considerando los parámetros físico-químicos, microbiológicos y organolépticos**

#### **4.1.1. Determinación de la variedad de coliflor y brócoli en la parroquia de Chuquiribamba.**

Se realizó la visita de campo en los predios de los productores de la parroquia Chuquiribamba, donde se constató que las variedades que presentan mayor producción en la zona corresponden a: coliflor la variedad fue bola de nieve, mientras que para el brócoli fue el Legacy.

#### **4.1.2. Evaluación preliminar de los tratamientos con varios desinfectantes en la coliflor y el brócoli.**

Para realizar esta actividad, los productos fueron sometidos al proceso poscosecha y tratados con los 4 tipos de desinfectante como se detalló en tabla 8, luego fueron almacenados y evaluados organolépticamente hasta que la calidad de producto sea adecuada para realizar los análisis por parte de los catadores; a continuación se presentan los resultados.

Tabla 13

*Resultados del análisis organoléptico de los tratamientos preliminares vs tiempo de almacenamiento (refrigeración) de la coliflor.*

Tratamiento	Concentración (ppm)	Tiempo de refrigeración (días)	Color		Flavor		Textura	
			T <sub>o</sub>	T <sub>f</sub>	T <sub>o</sub>	T <sub>f</sub>	T <sub>o</sub>	T <sub>f</sub>
Testigo	-	8	4,8(0,5) <sup>aw</sup>	1,5(0,5) <sup>ax</sup>	4,8(0,5) <sup>aw</sup>	1,6(0,5) <sup>ax</sup>	4,8(0,5) <sup>aw</sup>	1,5(0,5) <sup>ax</sup>
Hipoclorito de sodio	50	24	4,8(0,5) <sup>aw</sup>	1,7(0,5) <sup>ax</sup>	4,8(0,4) <sup>aw</sup>	1,6(0,5) <sup>ax</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	1,6(0,5) <sup>ax</sup>
	100	28	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	1,8(0,5) <sup>ax</sup>	4,9(0,5) <sup>aw</sup>	1,8(0,5) <sup>ax</sup>	4,8(0,5) <sup>aw</sup>	1,8(0,5) <sup>ax</sup>
	200	26	4,8(0,5) <sup>aw</sup>	1,7(0,5) <sup>ax</sup>	4,8(0,5) <sup>aw</sup>	1,6(0,5) <sup>ax</sup>	4,8(0,5) <sup>aw</sup>	1,6(0,5) <sup>ax</sup>
Aceite esencial de orégano	25	16	4,8(0,5) <sup>aw</sup>	1,7(0,5) <sup>ax</sup>	4,8(0,5) <sup>aw</sup>	1,6(0,5) <sup>ax</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	1,6(0,5) <sup>ax</sup>
	50	20	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	1,7(0,5) <sup>ax</sup>	4,8(0,5) <sup>aw</sup>	1,8(0,5) <sup>ax</sup>	4,8(0,5) <sup>aw</sup>	1,7(0,5) <sup>ax</sup>
	100	12	4,8(0,5) <sup>aw</sup>	1,7(0,5) <sup>ax</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	1,6(0,5) <sup>ax</sup>	4,8(0,5) <sup>aw</sup>	1,6(0,5) <sup>ax</sup>
Aceite esencial de Tomillo	25	20	4,8(0,5) <sup>aw</sup>	1,7(0,5) <sup>ax</sup>	4,8(0,5) <sup>aw</sup>	1,6(0,5) <sup>ax</sup>	4,8(0,5) <sup>aw</sup>	1,6(0,5) <sup>ax</sup>
	50	24	4,8(0,5) <sup>aw</sup>	1,8(0,5) <sup>ax</sup>	4,8(0,5) <sup>aw</sup>	1,8(0,5) <sup>ax</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	1,7(0,5) <sup>ax</sup>
	100	16	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	1,7(0,5) <sup>ax</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	1,6(0,5) <sup>ax</sup>	4,8(0,5) <sup>aw</sup>	1,6(0,5) <sup>ax</sup>
Ozono	10	12	4,8(0,5) <sup>aw</sup>	1,6(0,5) <sup>ax</sup>	4,8(0,5) <sup>aw</sup>	1,6(0,5) <sup>ax</sup>	4,8(0,5) <sup>aw</sup>	1,6(0,5) <sup>ax</sup>
	20	18	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	1,6(0,5) <sup>ax</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	1,6(0,5) <sup>ax</sup>	4,8(0,5) <sup>aw</sup>	1,6(0,5) <sup>ax</sup>

a: Diferentes superíndices dentro de la misma columna, indica que existe diferencias significativas debido a los tratamientos ( $p < 0,05$ ).

w-x: Diferentes superíndices dentro de la misma fila (atributos), indica que existe diferencias significativas debido al tiempo de almacenamiento ( $p < 0,05$ ).

Fuente: El autor

En la Tabla 13 se presenta los resultados del análisis organoléptico de los tratamientos preliminares para la coliflor, en ella se puede observar que los tratamientos que recibieron desinfección se mantuvieron mayor tiempo (12 a 28 días), en comparación con el tratamiento testigo (sin desinfección), que solamente se conservó 8 días; como se mencionó en la revisión bibliográfica, este comportamiento se debe a la actividad antimicrobiana de los agentes desinfectantes y las condiciones de almacenamiento (refrigeración), que inhibe el crecimiento y la actividad microbiana. Así mismo, otras investigaciones encontraron resultados similares, Rivas (2015) observó que los tratamientos de desinfección realizados con aceite esencial de orégano en la coliflor a concentraciones de 500 y 1000 ppm se mantuvieron durante un mayor tiempo (21 días), en comparación al testigo que no recibió ningún tratamiento (9 días). Por otro lado, Ayala y Villamizar (2002) en su trabajo realizado sobre el diagnóstico y propuesta higiénico sanitaria para las hortalizas (zanahoria, brócoli, lechugas, entre otros) mínimamente procesadas en forma artesanal, demostraron que realizando pruebas con hipoclorito de sodio a 30, 50 y 100 ppm durante 15 minutos, se podía conservar mayor tiempo el alimento y disminuir la carga microbiana patógena; en este caso se determinó que la mejor concentración para conseguir conservar las hortalizas fue 100 ppm.

A sí mismo, se observa que cada tipo de desinfectante a una concentración determinada presenta un mejor comportamiento en cuanto al tiempo de conservación en refrigeración, en el caso del hipoclorito de sodio se realizó pruebas con 50, 100 y 200 ppm y se observó que el tratamiento con 100 ppm tuvo mayor tiempo de almacenamiento (28 días). Las pruebas con los aceites esenciales de orégano y tomillo fueron llevadas a cabo con 25, 50 y 100 ppm, siendo 50 ppm la concentración óptima para ambos casos, sin embargo, el tiempo de almacenamiento fue diferente, 20 y 24 días para aceite esencial de orégano y tomillo, respectivamente, finalmente; se realizó pruebas con el ozono a concentraciones de 10 y 20 ppm, donde a esta última concentración se obtuvo el mejor resultado de almacenamiento (18 días). Este comportamiento lo observaron otros autores, Cisneros *et al.*, (1995) realizaron pruebas con zanahoria rallada desinfectada con una solución de clorito de sodio acidificado a concentraciones de 100, 250 y 500 ppm sumergidos entre 1 y 2 minutos, y encontraron que a 500 ppm fue el mejor tratamiento, debido a que se conservó la apariencia y sabor durante más tiempo (12 días) en comparación con los demás tratamientos. Por otro lado, Salvador *et al.*, (2006) analizaron el efecto de las concentraciones de ozono en aire de 0,15 ppm sobre las características sensoriales y de calidad del caqui durante 10 días de

almacenamiento a 15 °C y obtuvieron como resultado la prolongación de la vida útil de este producto.

Además, se observa que no existen diferencias estadísticamente significativas (nivel de significancia del 95%) en todos los atributos evaluados a  $T_0$ , cuyos valores oscilan entre 4,8 y 4,9 (según la escala hedónica de 5 puntos, ver tabla 5); igualmente en el tiempo final tampoco se apreció cambios significativos en los valores de los atributos organolépticos teniendo valores entre 1,5 y 1,6.

En esta misma tabla se puede observar que el tratamiento con hipoclorito de sodio fue el mejor debido a que conservó mayor tiempo (28 días) las características organolépticas del producto en comparación con los demás tratamientos preliminares. Similares resultados fueron reportados por Lareo *et al.*, (2002) evaluaron durante 49 días el comportamiento organoléptico de la lechuga mínimamente procesada, desinfectada con agua clorada a 200 ppm a diferentes temperaturas de almacenamiento (5, 10 y 15 °C) y observaron que los atributos evaluados fueron afectados significativamente ( $p < 0,001$ ) a diferentes tiempos; en el caso de las muestras almacenada a 10 y 15°C hubo defectos en la apariencia debido a la aparición de manchas marrones y necróticas, mientras que en las muestras conservadas a 5 °C, aparecieron estos defectos a los 21 días. Por otra parte, Sánchez (2013) demostró que la aplicación de radiación UV-C con dosis entre 10 y 15  $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-2}$  podía conservar durante 7 días a 5 °C las hojas de berro, este resultado se observó en todos los tratamientos, lo cual fue verificado con el análisis estadístico que demuestra que no existe diferencias significativas entre los tratamientos.

Tabla 14

*Resultados del análisis organoléptico de los tratamientos preliminares vs tiempo de almacenamiento (refrigeración) del brócoli.*

Tratamientos	Concentración (ppm)	Tiempo de refrigeración (días)	Color		Flavor		Textura	
			T <sub>o</sub>	T <sub>f</sub>	T <sub>o</sub>	T <sub>f</sub>	T <sub>o</sub>	T <sub>f</sub>
Testigo	-	20	4,9(0,5) <sup>aw</sup>	1,5(0,4) <sup>ax</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	1,6(0,4) <sup>ax</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	1,5(0,5) <sup>ax</sup>
Hipoclorito de sodio	50	40	4,8(0,4) <sup>aw</sup>	1,7(0,5) <sup>ax</sup>	4,7(0,5) <sup>aw</sup>	1,8(0,4) <sup>ax</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	1,7(0,5) <sup>ax</sup>
	100	58	4,8(0,4) <sup>aw</sup>	1,7(0,5) <sup>ax</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	1,9(0,4) <sup>ax</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	1,8(0,4) <sup>ax</sup>
	200	43	4,9(0,5) <sup>aw</sup>	1,8(0,4) <sup>ax</sup>	4,7(0,5) <sup>aw</sup>	1,8(0,4) <sup>ax</sup>	4,9(0,5) <sup>aw</sup>	1,7(0,5) <sup>ax</sup>
Aceite esencial de orégano	1	34	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	1,8(0,4) <sup>ax</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	1,8(0,4) <sup>ax</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	1,7(0,5) <sup>ax</sup>
	5	42	4,8(0,4) <sup>aw</sup>	1,8(0,4) <sup>ax</sup>	4,8(0,4) <sup>aw</sup>	1,9(0,4) <sup>ax</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	1,7(0,5) <sup>ax</sup>
	25	54	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	1,8(0,4) <sup>ax</sup>	4,8(0,4) <sup>aw</sup>	1,9(0,4) <sup>ax</sup>	4,8(0,4) <sup>aw</sup>	1,8(0,4) <sup>ax</sup>
Aceite esencial de tomillo	1	40	4,8(0,4) <sup>aw</sup>	1,8(0,4) <sup>ax</sup>	4,8(0,4) <sup>aw</sup>	1,9(0,4) <sup>ax</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	1,8(0,4) <sup>ax</sup>
	5	68	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	1,9(0,4) <sup>ax</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	2,0(0,5) <sup>ax</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	1,9(0,4) <sup>ax</sup>
	25	54	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	1,8(0,4) <sup>ax</sup>	4,8(0,4) <sup>aw</sup>	1,9(0,4) <sup>ax</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	1,8(0,4) <sup>ax</sup>
Ozono	10	37	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	1,7(0,5) <sup>ax</sup>	4,7(0,5) <sup>aw</sup>	1,8(0,4) <sup>ax</sup>	4,8(0,4) <sup>aw</sup>	1,7(0,5) <sup>ax</sup>
	20	56	4,8(0,4) <sup>aw</sup>	1,8(0,4) <sup>ax</sup>	4,8(0,4) <sup>aw</sup>	1,9(0,4) <sup>ax</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	1,8(0,4) <sup>ax</sup>

a: Diferentes superíndices dentro de la misma columna, indica que existe diferencias significativas debido a los tratamientos ( $p < 0,05$ ).

w-x: Diferentes superíndices dentro de la misma fila (atributos) indica que existe diferencias significativas debido al tiempo de almacenamiento ( $p < 0,05$ ).

Fuente: El autor

De la misma forma, en la Tabla 14 se presenta los resultados del análisis organoléptico de los tratamientos preliminares realizados en el brócoli, en ella se puede observar un comportamiento muy similar al encontrado en la coliflor. Tal es así que, los tratamientos que recibieron desinfección se mantuvieron durante mayor tiempo (58 a 68 días), en comparación con el tratamiento testigo (sin desinfección) solamente se conservó 20 días; como se mencionó en la revisión bibliográfica, las condiciones de almacenamiento es sin duda lo más indicado para conservar al producto durante más tiempo, ya que reduce la velocidad de respiración de la pella y la posible producción de etileno, que junto a la utilización de desinfectantes se logra ralentizar los procesos de deterioro del producto. Así mismo, otros investigadores encontraron resultados similares, Ordoñez *et al.*, (2014) evaluaron el efecto de un recubrimiento de almidón de yuca modificado y aceite esencial de tomillo en el pimiento con cinco tratamientos: T1: muestra testigo, T2: 4% almidón y sin aceite, T3= 4% almidón y 500 ppm de aceite; T4= 4% almidón y 1000 ppm de aceite y T5= 4% almidón y 2000 ppm aceite, y observaron que los tratamientos T4 y T5 se mantuvieron con una buena condición comercial hasta el día 17 a diferencia del T1 que tuvo un tiempo de almacenamiento de 12 días. Por otro lado, Galvis *et al.*, (2018) realizaron la evaluación en la lechuga con la utilización del ácido cítrico a diferentes concentraciones (150, 250, 300 y 500 ppm) y la aplicación de un tratamiento térmico a dos distintas temperaturas (45 y 55 °C) y demostraron que el mejor tratamiento fue utilizando 500 ppm de ácido cítrico, el cual podía conservar el producto durante 12 días, mientras que el testigo solamente se conservó 6 días.

A sí mismo, en esta tabla se observa que los diferentes desinfectante a una concentración determinada presenta un mejor comportamiento en cuanto al tiempo de almacenamiento en refrigeración; tal es así que, en el caso del hipoclorito de sodio se realizó pruebas con 50, 100 y 200 ppm y se observó que el tratamiento con 100 ppm tuvo mayor tiempo de almacenamiento (58 días); las pruebas con los aceites esenciales de orégano y tomillo fueron llevadas a cabo con 1, 5, y 25 ppm, siendo 25 ppm en aceite esencial de orégano y 5 ppm utilizando aceite esencial de tomillo, sin embargo, el tiempo de almacenamiento fue diferente, 58 y 68 días para aceite esencial de orégano y tomillo, respectivamente; finalmente, se realizó pruebas con el ozono a concentraciones de 10 y 20 ppm, donde a esta última concentración se obtuvo el mejor resultado de almacenamiento (56 días). Este comportamiento lo observaron otros autores, Rivas (2015) evaluó los tratamientos realizados con aceite esencial de orégano en el brócoli a concentraciones de 500 y 1000 ppm, a diferentes temperaturas (0, 5 y 10 °C) y conservados durante 20 días, y

demonstró que los mejores tratamientos fueron con 500 y 1000 ppm y almacenados a 0 °C, preservaron de mejor manera la calidad sensorial. Por otro lado, Rojas *et al.*, (2008) realizaron una investigación con sandía mínimamente procesada y evaluaron diferentes concentraciones de ácido cítrico (5000, 7500 y 12500 ppm) con atmósfera modificada a 4 °C y encontraron que la sandía tratada con 7500 ppm de ácido cítrico podía mantener mejor la textura y aroma durante 21 días.

Además, en esta tabla se observa que los atributos evaluados en todos los tratamientos a  $T_0$  y  $T_f$ , presentan un comportamiento similar, donde los valores de los atributos organolépticos están comprendidos entre 4,9 y 1,5; el significado de los mismos se encuentra descrito en la tabla 5.

En la comparación de los tratamientos desinfectados se observa que las muestras desinfectadas con aceite esencial de tomillo se conservaron durante mayor tiempo en refrigeración (68 días) en relación a los demás tratamientos; como se describió en la referencia bibliográfica, esto se debe al poder antimicrobiano de los compuestos timol y carvacrol que se encuentran presente en este aceite. Así mismo, se encontró trabajos con comportamientos similares, por ejemplo, Raigon y Cortell (2013) investigaron la desinfección de cítricos mediante la utilización de extractos de tomillo (timol) y aceite esencial de tomillo a concentraciones de 100 ppm, 250 ppm y 500 ppm, y observaron que el tratamiento con aceite esencial de tomillo podía conservar mayor tiempo las características organolépticas de los productos, lo cual se corroboró con el análisis estadístico que indica que existe diferencias estadísticamente significativas entre los dos tratamientos. Por otro lado, Luna *et al.*, (2015) evaluaron la eficiencia de la desinfección con aceites esenciales y combinados entre sí (Sonicación, aceite esencial de orégano, aceite esencial de orégano + sonicación+ aceite esencial de tomillo, aceite esencial de tomillo + sonicación) a concentraciones de 5 y 10 ppm en las cuales, hallaron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) al comparar los % I de los frutos expuestos a tratamientos mixtos con la concentración de aceite esencial empleada, donde la mayor actividad antioxidante se verifico en frutos desinfectados con tomillo a 5 ppm.

#### 4.1.3. Definir los tratamientos en función del tipo y concentración de desinfectante

Una vez obtenido los resultados de las pruebas preliminares tanto para la coliflor como para el brócoli, se procedió a definir los tratamientos definitivos considerando el tiempo de refrigeración para cada desinfectante; por ejemplo, en el caso de la coliflor desinfectada con hipoclorito de sodio se realizan pruebas con 50, 100 y 200 ppm, y se determinó que las muestras se conservaron mayor tiempo en refrigeración con 100 ppm, por lo cual, se consideró este tipo y concentración de desinfectante como tratamiento definitivo; este mismo análisis se realizó en el caso del ozono. En el caso de los aceites esenciales de orégano y tomillo se decidió seleccionar uno de ellos debido a que el tiempo de refrigeración es similar, además contienen los mismos principios activos (timol y carvacrol); debido a esto se seleccionó el aceite esencial de tomillo, el cual se conservó 24 días en refrigeración.

En la Tabla 15 se presenta los tratamientos definitivos, considerado el tipo y concentración de desinfectante. Donde el T1 corresponde al testigo (no se desinfecta), T2 corresponde al hipoclorito de sodio, T3 es el aceite esencial de tomillo y el T4 se utiliza el ozono como agente desinfectante.

Tabla 15  
*Tratamientos definitivos para la coliflor y brócoli.*

Tratamientos	Brócoli	Coliflor
	Concentración (ppm)	
T1	--	--
T2	100	100
T3	5	50
T4	20	20

Fuente: El autor.

#### 4.1.4. Resultados del análisis organoléptico, físico-químico y microbiológico de las pruebas definitivas.

Una vez definido los tratamientos se procedió a realizar el proceso poscosecha como se muestra en la figura 5, con los valores definidos en la tabla 15 para la elaboración de la coliflor y brócoli. A continuación, se presentan los resultados y discusión de los análisis organolépticos, físico-químico y microbiológicos.

#### 4.1.4.1. Análisis organoléptico.

Tabla 16

Resultados del análisis organoléptico de las pruebas definitivas en relación con el tiempo inicial y final de almacenamiento de la coliflor.

Tiempo de almacenamiento (días)	Color				Flavor				Textura			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
0	4,8(0,5) <sup>aw</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	4,8(0,5) <sup>aw</sup>	4,8(0,5) <sup>aw</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	4,8(0,5) <sup>aw</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>
4	3,6(0,5) <sup>bw</sup>	4,7(0,5) <sup>abx</sup>	4,4(0,5) <sup>abx</sup>	4,4(0,5) <sup>ax</sup>	3,6(0,5) <sup>bx</sup>	4,7(0,5) <sup>abx</sup>	4,8(0,5) <sup>ax</sup>	4,4(0,5) <sup>ax</sup>	3,5(0,5) <sup>aw</sup>	4,7(0,5) <sup>ax</sup>	4,8(0,5) <sup>ax</sup>	4,8(0,5) <sup>ax</sup>
8	1,7(0,7) <sup>cw</sup>	4,3(0,5) <sup>by</sup>	4,1(0,4) <sup>bxy</sup>	3,6(0,5) <sup>bx</sup>	1,7(0,7) <sup>cw</sup>	4,25(0,5) <sup>bx</sup>	4,3(0,4) <sup>bx</sup>	4,0(0,0) <sup>bx</sup>	1,7(0,7) <sup>bw</sup>	4,6(0,5) <sup>ay</sup>	4,1(0,4) <sup>bx</sup>	3,8(0,4) <sup>bx</sup>
12	-	4,1(0,4) <sup>bx</sup>	3,8(0,4) <sup>cw</sup>	2,6(0,5) <sup>cw</sup>	-	4,1(0,4) <sup>bx</sup>	3,8(0,5) <sup>cwx</sup>	3,6(0,5) <sup>cw</sup>	-	4,1(0,4) <sup>bx</sup>	3,8(0,4) <sup>bx</sup>	3,1(0,4) <sup>cw</sup>
16	-	4,0(0,0) <sup>by</sup>	2,5(0,5) <sup>cx</sup>	1,7(0,5) <sup>dw</sup>	-	4,0(0,0) <sup>by</sup>	2,8(0,4) <sup>dx</sup>	1,8(0,4) <sup>dw</sup>	-	4,0(0,0) <sup>by</sup>	2,6(0,5) <sup>cw</sup>	1,7(0,5) <sup>dw</sup>
20	-	3,1(0,6) <sup>cx</sup>	1,8(0,4) <sup>dw</sup>	-	-	3,3(0,5) <sup>cx</sup>	1,7(0,5) <sup>cw</sup>	-	-	3,1(0,6) <sup>cx</sup>	1,7(0,5) <sup>dw</sup>	-
24	-	2,6(0,5) <sup>d</sup>	-	-	-	3,1(0,4) <sup>e</sup>	-	-	-	3,0(0,0) <sup>e</sup>	-	-
28	-	1,7(0,5) <sup>e</sup>	-	-	-	1,8(0,4) <sup>d</sup>	-	-	-	1,7(0,5) <sup>d</sup>	-	-

a-e: diferentes superíndices dentro de la misma columna, indica que existe diferencias significativas debido al tiempo de almacenamiento ( $p < 0,05$ )

w-y: Diferentes superíndices dentro de la misma fila (atributos), indica que existe diferencias significativas debido a los tratamientos ( $p < 0,05$ ).

Fuente: El autor

En la Tabla 16 se presenta los resultados del análisis organoléptico de los tratamientos definitivos para la coliflor; como se esperaba, se observa resultados muy similares a los encontrados en las pruebas preliminares de este mismo producto, razón por la cual no se realizó un análisis profundo de los resultados. Los tratamientos que recibieron desinfección, esto es T2, T3 y T4 presentan mayor tiempo de conservación (16 a 28 días) en comparación con el tratamiento T1 (8 días).

En relación a los atributivos organolépticos se puede observar que todos los tratamientos al inicio presentan valores entre 4,8 y 4,9; mientras al final del tiempo de almacenamiento descienden estas calificaciones hasta valores de 1,7 y 1,8 (escala hedónica de 5 puntos). Este comportamiento fue comprobado por el análisis estadístico considerando un nivel de confianza del 95%.

Finalmente, se puede ver que el T2 fue el mejor tratamiento en cuanto a conservar las características organolépticas durante el mayor tiempo de almacenamiento (28 días) en relación a T1 (8 días), T3 (20 días) y T4 (16 días).

Tabla 17

*Resultados del análisis organoléptico de las pruebas definitivas en relación con el tiempo inicial y final de almacenamiento del brócoli.*

Tiempo de almacenamiento (días)	Color				Flavor				Textura			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
0	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>
5	4,6(0,5) <sup>aw</sup>	4,8(0,4) <sup>abw</sup>	4,8(0,5) <sup>aw</sup>	4,8(0,5) <sup>abw</sup>	4,8(0,5) <sup>aw</sup>	4,8(0,4) <sup>aw</sup>	4,8(0,5) <sup>aw</sup>	4,8(0,5) <sup>abw</sup>	4,8(0,5) <sup>abw</sup>	4,9(0,4) <sup>aw</sup>	4,8(0,5) <sup>aw</sup>	4,8(0,5) <sup>abw</sup>
10	4,1(0,4) <sup>bw</sup>	4,6(0,5) <sup>abcx</sup>	4,6(0,5) <sup>ax</sup>	4,6(0,5) <sup>abx</sup>	4,3(0,5) <sup>bw</sup>	4,7(0,5) <sup>ax</sup>	4,6(0,5) <sup>ax</sup>	4,6(0,5) <sup>abx</sup>	4,3(0,5) <sup>bw</sup>	4,8(0,5) <sup>abw</sup>	4,6(0,5) <sup>aw</sup>	4,6(0,5) <sup>abw</sup>
15	3,1(0,4) <sup>cw</sup>	4,3(0,4) <sup>cdx</sup>	4,1(0,4) <sup>bx</sup>	4,5(0,5) <sup>abx</sup>	3,3(0,5) <sup>cw</sup>	4,3(0,4) <sup>bx</sup>	4,1(0,4) <sup>bx</sup>	4,5(0,5) <sup>abx</sup>	3,1(0,4) <sup>cw</sup>	4,3(0,5) <sup>bcx</sup>	4,1(0,4) <sup>bx</sup>	4,5(0,5) <sup>abx</sup>
20	1,7(0,5) <sup>dw</sup>	4,2(0,0) <sup>cdex</sup>	4,0(0,0) <sup>bcx</sup>	4,4(0,5) <sup>bcx</sup>	1,7(0,5) <sup>dw</sup>	4,2(0,4) <sup>bcx</sup>	4,0(0,0) <sup>bx</sup>	4,4(0,5) <sup>bcx</sup>	1,8(0,4) <sup>dw</sup>	4,2(0,5) <sup>cdx</sup>	4,0(0,0) <sup>bcx</sup>	4,4(0,5) <sup>bcx</sup>
25	-	4,1(0,4) <sup>defw</sup>	3,8(0,4) <sup>bedw</sup>	4,0(0,0) <sup>edw</sup>	-	4,1(0,4) <sup>bcw</sup>	3,8(0,4) <sup>bcw</sup>	4,0(0,0) <sup>edw</sup>	-	4,1(0,4) <sup>cdew</sup>	3,8(0,4) <sup>bedw</sup>	4,0(0,0) <sup>edw</sup>
30	-	4,0(0,0) <sup>defw</sup>	3,7(0,5) <sup>bedew</sup>	3,7(0,5) <sup>dew</sup>	-	4,0(0,0) <sup>bcw</sup>	3,7(0,5) <sup>bedew</sup>	3,7(0,5) <sup>dew</sup>	-	4,0(0,0) <sup>cdew</sup>	3,7(0,4) <sup>bedew</sup>	3,7(0,5) <sup>dew</sup>
35	-	3,8(0,4) <sup>efgw</sup>	3,6(0,5) <sup>cedfw</sup>	3,5(0,5) <sup>efw</sup>	-	3,8(0,4) <sup>bedw</sup>	3,6(0,5) <sup>bedew</sup>	3,5(0,5) <sup>efw</sup>	-	3,8(0,4) <sup>efgw</sup>	3,6(0,5) <sup>cedfw</sup>	3,5(0,5) <sup>efw</sup>
40	-	3,6(0,5) <sup>fghw</sup>	3,5(0,5) <sup>defgw</sup>	3,4(0,5) <sup>efw</sup>	-	3,7(0,5) <sup>cdew</sup>	3,5(0,5) <sup>cedfw</sup>	3,4(0,5) <sup>efw</sup>	-	3,7(0,5) <sup>fghw</sup>	3,5(0,5) <sup>defgw</sup>	3,4(0,5) <sup>efw</sup>
45	-	3,5(0,5) <sup>ghw</sup>	3,3(0,5) <sup>efghw</sup>	3,1(0,6) <sup>fw</sup>	-	3,5(0,5) <sup>defw</sup>	3,4(0,5) <sup>defgw</sup>	3,1(0,6) <sup>fw</sup>	-	3,5(0,5) <sup>ghw</sup>	3,3(0,5) <sup>efgw</sup>	3,2(0,5) <sup>fw</sup>
50	-	3,3(0,5) <sup>hiw</sup>	3,2(0,5) <sup>fghw</sup>	2,8(0,5) <sup>gw</sup>	-	3,3(0,5) <sup>efx</sup>	3,2(0,5) <sup>efgx</sup>	2,6(0,5) <sup>gw</sup>	-	3,3(0,5) <sup>hiw</sup>	3,2(0,5) <sup>fghx</sup>	2,4(0,5) <sup>gw</sup>
55	-	2,2(0,4) <sup>iw</sup>	3,1(0,4) <sup>ghx</sup>	1,8(0,4) <sup>hw</sup>	-	2,8(0,4) <sup>fx</sup>	3,1(0,4) <sup>fgx</sup>	1,7(0,5) <sup>gw</sup>	-	2,4(0,5) <sup>iw</sup>	3,1(0,4) <sup>ghx</sup>	1,7(0,4) <sup>gw</sup>
60	-	1,7(0,5) <sup>iw</sup>	3,0(0,0) <sup>hx</sup>	-	-	1,8(0,4) <sup>fw</sup>	3,0(0,0) <sup>ghx</sup>	-	-	1,7(0,5) <sup>iw</sup>	2,9(0,4) <sup>hx</sup>	-
65	-	-	2,8(0,4) <sup>j</sup>	-	-	-	2,9(0,4) <sup>h</sup>	-	-	-	2,4(0,5) <sup>j</sup>	-
70	-	-	1,8(0,4) <sup>j</sup>	-	-	-	1,9(0,5) <sup>j</sup>	-	-	-	1,7(0,4) <sup>j</sup>	-

a-j: diferentes superíndices dentro de la misma columna indica que existe diferencias significativas debido al tiempo de almacenamiento ( $p < 0,05$ )

w-z: diferentes superíndices dentro de la misma fila (atributos) indica que existe diferencias significativas debido a los diferentes tipos de tratamiento ( $p < 0,05$ )

Fuente: El autor

De la misma forma en la Tabla 17 se presenta los resultados del análisis organoléptico de los tratamientos definitivos realizados en el brócoli; nuevamente se observa similitud entre estos resultados y los observados en las pruebas preliminares de este mismo producto, debido a esto no fue necesario realizar un análisis exhaustivo de estos resultados. Los tratamientos que recibieron desinfección, esto es T2, T3 y T4 presentan una mejor conservación en refrigeración (55 a 70 días), en comparación con el tratamiento T1 (20 días).

En relación a los atributivos organolépticos se puede observar que todos los tratamientos al inicio presentan valores de 4,9; mientras al final del tiempo de almacenamiento descienden estas calificaciones hasta valores de 1,7 y 1,9 (escala hedónica de 5 puntos). De la misma forma, este comportamiento fue verificado por el análisis estadístico considerando un nivel de confianza del 95%.

Finalmente, se puede concluir que el T3 fue el mejor tratamiento, ya que conserva mayor tiempo (70 días) las características organolépticas del producto en comparación a T1 (20 días), T2 (60 días) y T4 (55 días).

#### 4.1.4.2. Resultados del análisis físico – químico.

Tabla 18

Resultados del análisis físico- químico de las pruebas definitivas en relación con el tiempo inicial y final de almacenamiento de la coliflor.

Tratamientos	Humedad (%)		Proteína cruda (%)		Carbohidratos (%)		Fibra cruda (%)		Cenizas (%)	
	T <sub>o</sub>	T <sub>f</sub>	T <sub>o</sub>	T <sub>f</sub>	T <sub>o</sub>	T <sub>f</sub>	T <sub>o</sub>	T <sub>f</sub>	T <sub>o</sub>	T <sub>f</sub>
T1	96,2(0,2) <sup>aw</sup>	95,7(0,4) <sup>aw</sup>	0,2(0,1) <sup>aw</sup>	0,3(0,1) <sup>aw</sup>	3,1(0,4) <sup>aw</sup>	3,5(0,5) <sup>aw</sup>	0,7(0,1) <sup>aw</sup>	0,8(0,1) <sup>aw</sup>	0,5(0,1) <sup>aw</sup>	0,5(0,1) <sup>aw</sup>
T2	95,8(0,6) <sup>aw</sup>	95,3(0,2) <sup>aw</sup>	0,2(0,1) <sup>aw</sup>	0,2 (0,1) <sup>aw</sup>	3,5(0,5) <sup>aw</sup>	4,0(0,2) <sup>aw</sup>	0,7(0,1) <sup>aw</sup>	0,8(0,1) <sup>aw</sup>	0,5(0,1) <sup>aw</sup>	0,5(0,1) <sup>aw</sup>
T3	96,0(0,2) <sup>aw</sup>	95,5(0,2) <sup>ax</sup>	0,2(0,1) <sup>aw</sup>	0,2 (0,1) <sup>aw</sup>	3,3(0,4) <sup>aw</sup>	3,8(0,2) <sup>aw</sup>	0,7(0,1) <sup>aw</sup>	0,8(0,1) <sup>aw</sup>	0,5(0,1) <sup>aw</sup>	0,5(0,1) <sup>aw</sup>
T4	96,3(0,2) <sup>aw</sup>	95,7(0,4) <sup>aw</sup>	0,2(0,1) <sup>aw</sup>	0,3 (0,1) <sup>aw</sup>	3,1(0,4) <sup>aw</sup>	3,6(0,4) <sup>aw</sup>	0,7(0,1) <sup>aw</sup>	0,8(0,1) <sup>aw</sup>	0,5(0,1) <sup>aw</sup>	0,5(0,1) <sup>aw</sup>

a-b: Diferentes superíndices dentro de la misma columna, indica que existe diferencias significativas debido a los tratamientos ( $p < 0,05$ ).

w-x: Diferentes superíndices dentro de la misma fila (nutriente), indica que existe diferencias significativas debido al tiempo de almacenamiento ( $p < 0,05$ ).

Fuente: El autor.

En la Tabla 18 se muestran los resultados del análisis físico-químico de los tratamientos definitivos realizados a la coliflor vs el tiempo de almacenamiento; se observa que se mantienen los porcentajes de los nutrientes analizados (agua, proteína cruda, carbohidratos, fibra cruda y cenizas) durante el tiempo de almacenamiento y entre los tratamientos; así por ejemplo, los valores de proteína cruda para el T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> no presentan diferencias estadísticamente significativas a T<sub>0</sub> (0,2%) y T<sub>f</sub> (0,2%). Estos resultados se pueden explicar de la siguiente forma: las condiciones de almacenamiento en este caso la refrigeración ayuda a disminuir los efectos negativos de los procesos fisiológicos que suceden en los alimentos, tales como: transpiración, respiración y los procesos de degradación a nivel de nutrientes; el envase es otro factor a tomar en cuenta debido a que protege al producto de la pérdida de humedad (deshidratación), además el desinfectante actúan como un antioxidante, antimicrobiano que permite ralentizar el crecimiento y actividad de los microorganismos patógenos. Los tres factores antes citados contribuyen a mantener durante mayor tiempo las características iniciales de calidad del producto.

Así mismo, en bibliografía se encontró trabajos con comportamientos similares, por ejemplo, Trujillo *et al.*, 2011 aplicaron diferentes conservantes a la coliflor y las almacenaron a una temperatura de  $4 \pm 2$  °C durante 15 días y observaron que los tratamientos aplicados no repercutieron en sus características físico-químico, organolépticas y no presentaron cambios significativos. Así mismo, otro trabajo realizado por Escobar *et al.*, 2014 llevaron a cabo un trabajo denominado: La tecnología de barreras en la conservación de mezclas de vegetales mínimamente procesados, donde describe que las muestras fueron desinfectadas con una solución de hipoclorito de sodio y almacenadas a una temperatura de 4 °C, como resultado determinaron que este tipo de tecnología permite conservar las características fisiológicas, físico-químicas y la calidad sensorial durante un tiempo de almacenamiento.

Tabla 19

*Resultados del análisis físico- químico de las pruebas definitivas en relación con el tiempo inicial y final de almacenamiento del brócoli.*

Tratamientos	Humedad (%)		Proteína cruda (%)		Carbohidratos (%)		Fibra cruda (%)		Cenizas (%)	
	T <sub>o</sub>	T <sub>f</sub>	T <sub>o</sub>	T <sub>f</sub>	T <sub>o</sub>	T <sub>f</sub>	T <sub>o</sub>	T <sub>f</sub>	T <sub>o</sub>	T <sub>f</sub>
T1	93,1(0,3) <sup>aw</sup>	92,5(0,6) <sup>aw</sup>	0,4(0,1) <sup>aw</sup>	0,5(0,1) <sup>aw</sup>	5,8(0,3) <sup>aw</sup>	6,2(0,4) <sup>aw</sup>	0,9 (0,3) <sup>aw</sup>	1,0(0,3) <sup>aw</sup>	0,7(0,2) <sup>aw</sup>	0,8(0,2) <sup>aw</sup>
T2	93,2(0,7) <sup>aw</sup>	92,6(0,4) <sup>aw</sup>	0,4(0,1) <sup>aw</sup>	0,5(0,1) <sup>aw</sup>	5,7(0,3) <sup>aw</sup>	6,0(0,3) <sup>aw</sup>	0,9(0,3) <sup>aw</sup>	1,2(0,2) <sup>aw</sup>	0,7(0,2) <sup>aw</sup>	0,9(0,2) <sup>aw</sup>
T3	93,0(0,3) <sup>aw</sup>	92,5(0,4) <sup>aw</sup>	0,4(0,1) <sup>aw</sup>	0,5(0,1) <sup>aw</sup>	5,9(0,4) <sup>aw</sup>	6,1(0,2) <sup>aw</sup>	0,9(0,3) <sup>aw</sup>	1,2(0,2) <sup>aw</sup>	0,7(0,2) <sup>aw</sup>	0,8(0,2) <sup>aw</sup>
T4	93,0(0,3) <sup>aw</sup>	92,5(0,4) <sup>aw</sup>	0,4(0,1) <sup>aw</sup>	0,5(0,1) <sup>aw</sup>	5,9(0,3) <sup>aw</sup>	6,1(0,2) <sup>aw</sup>	0,9(0,3) <sup>aw</sup>	1,1(0,2) <sup>aw</sup>	0,7(0,2) <sup>aw</sup>	0,8 (0,2) <sup>aw</sup>

a...: Diferentes superíndices dentro de la misma columna, indica que existe diferencias significativas debido a los tratamientos ( $p < 0,05$ ).

w...: Diferentes superíndices dentro de la misma fila (nutriente), indica que existe diferencias significativas debido al tiempo de almacenamiento ( $p < 0,05$ ).

Fuente: El autor

De la misma forma en la Tabla 19 se presentan los resultados del análisis físico-químico de las pruebas definitivas realizadas al brócoli vs el tiempo de almacenamiento, en ella se puede observar un comportamiento muy similar al encontrado en la coliflor; se puede ver que se mantienen los porcentajes de los nutrientes analizados (agua, proteína cruda, carbohidratos, fibra cruda y cenizas) durante el tiempo de almacenamiento y entre los tratamientos; así por ejemplo, los valores de proteína cruda para el T3 y T4 no presentan diferencias estadísticamente significativas a T<sub>0</sub> (0,4%) y T<sub>f</sub> (0,5%). Estos resultados como se los menciono anteriormente se explican de la siguiente forma: las condiciones de almacenamiento como la refrigeración ayuda a reducir los efectos negativos de los procesos fisiológicos que suceden en los alimentos, tales como: transpiración, respiración y los procesos de degradación a nivel de nutrientes; otro factor a tomar en cuenta es el envase, debido a que protege al producto de la pérdida de humedad (deshidratación), además el desinfectante actúan como un antioxidante y antimicrobiano que permite ralentizar el crecimiento y actividad de los microorganismos. Los tres factores antes citados contribuyen a mantener durante mayor tiempo preservando las características iniciales de calidad del producto.

Cano (2016) llevo a cabo un trabajo sobre la influencia del almacenamiento y envasado (film y poliofilina) sobre los parámetros de calidad físico-químico del brócoli examinado durante 21 días a una temperatura de 4 °C, y observo que el tipo de envase y tiempo de almacenamiento no afecta para que se produzcan cambios significativos en las características físico-químicas y organolépticas. En una investigación similar realizada por Cedeño (2016) demostró que el almacenamiento a 0°C y el envasado (film y poliofilina) no influyen en las características de calidad funcional (físico-químico y organoléptica) del brócoli. Por otro lado, Jinde (2014) comprobó que el efecto de la temperatura, tiempo de secado y la aplicación de aceite esencial de canela no influye sobre las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de cuatro hortalizas (col morada, col de repollo entre otras).

#### 4.1.4.3. Análisis microbiológico

Tabla 20

Resultados del análisis microbiológico de las pruebas definitivas en relación con el tiempo inicial y final de almacenamiento de la coliflor.

Tratamientos	Coliformes totales (UFC/g)		<i>E. coli</i> (UFC/g)		Mohos y levaduras (UFC/g)	
	T <sub>0</sub>	T <sub>f</sub>	T <sub>0</sub>	T <sub>f</sub>	T <sub>0</sub>	T <sub>f</sub>
T1	1,0x10 <sup>1</sup> (1,4x10 <sup>1</sup> ) <sup>aw</sup>	8,6x10 <sup>4</sup> (2,8x10 <sup>3</sup> ) <sup>bx</sup>	-	-	0,0x10 <sup>0</sup> (0,0x10 <sup>0</sup> ) <sup>aw</sup>	2,0x10 <sup>2</sup> (2,1x10 <sup>1</sup> ) <sup>bx</sup>
T2	5,0x10 <sup>0</sup> (7,1x10 <sup>0</sup> ) <sup>aw</sup>	5,0x10 <sup>0</sup> (7,1x10 <sup>0</sup> ) <sup>aw</sup>	-	-	0,0x10 <sup>0</sup> (0,0x10 <sup>0</sup> ) <sup>aw</sup>	1,0x10 <sup>1</sup> (1,4x10 <sup>1</sup> ) <sup>aw</sup>
T3	0,0x10 <sup>0</sup> (0,0x10 <sup>0</sup> ) <sup>aw</sup>	5,0x10 <sup>0</sup> (7,1x10 <sup>0</sup> ) <sup>aw</sup>	-	-	5,0x10 <sup>0</sup> (7,1x10 <sup>0</sup> ) <sup>aw</sup>	2,0x10 <sup>1</sup> (1,4x10 <sup>1</sup> ) <sup>aw</sup>
T4	1,0x10 <sup>1</sup> (1,4x10 <sup>1</sup> ) <sup>aw</sup>	2,0x10 <sup>1</sup> (1,4x10 <sup>0</sup> ) <sup>aw</sup>	-	-	0,0x10 <sup>0</sup> (0,0x10 <sup>0</sup> ) <sup>aw</sup>	5,0x10 <sup>0</sup> (7,1x10 <sup>0</sup> ) <sup>aw</sup>

A, b: Diferentes superíndices dentro de la misma columna, indica que existe diferencias significativas debido a los tratamientos (p< 0,05).

w-x: Diferentes superíndices dentro de la misma fila (microbiológico) indica que existe diferencias significativas debido al tiempo de almacenamiento (p<0,05).

Fuente: El autor

En la Tabla 20 se muestran los resultados del análisis microbiológico de los tratamientos definitivos de la coliflor y el tiempo de almacenamiento, se puede observar que no existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos evaluados, así como, en el tiempo de almacenamiento del producto para coliformes totales, mohos y levaduras, a excepción del tratamiento T1. Por ejemplo, en el caso de coliformes totales para el T2 (hipoclorito de sodio) se observa la misma cantidad tanto al inicio como al final del tiempo de almacenamiento (28 días); esto es,  $5,0 \times 10^0$  UFC/g. Igualmente, como se describió en la revisión de literatura, este comportamiento se debe a la capacidad antimicrobiana que tienen los desinfectantes utilizados, por ejemplo, el cloro elimina patógenos, bacterias y virus, mediante el siguiente mecanismo; rompe las uniones moleculares, inhibe la actividad enzimática, lo cual provoca la ruptura de su estructura molecular y posteriormente causa la muerte a los microorganismos. A su vez la influencia de la temperatura de refrigeración también juega un papel muy importante para detener los procesos de deterioro de un alimento, por ejemplo, se ha comprobado que las bajas temperaturas permiten eliminar e inhibir el crecimiento y desarrollo de la mayoría de microorganismos patógenos.

Nascimento *et al.*, (2003) demostró el efecto de un tratamiento de 15 minutos con hipoclorito a 200 ppm sobre la flora superficial de lechuga, logrando una reducción de bacterias y hongos de aproximadamente 3 órdenes; así mismo, Rojas (2007) evaluó la actividad antimicrobiana del hipoclorito de sodio a una concentración de 500 ppm y observó que a estas condiciones se logró inhibir la *Listeria monocytogenes* en un 100%, esto para productos cárnicos.

Además, se evidencia tanto para coliformes totales como para mohos y levaduras, que todos los tratamientos sin almacenar ( $T_o$ ) no presenta diferencias estadísticamente significativas, mientras que, al final del tiempo de almacenamiento ( $T_f$ ) existen diferencias entre el T1 y los demás tratamientos que recibieron desinfección, esto es T2, T3 y T4. Como se mencionó anteriormente, este comportamiento se debe a la capacidad antimicrobiana de los desinfectantes y a las bajas temperaturas aplicadas durante el almacenamiento. Por otro lado, no se observó la presencia de *E. coli* para ninguno de los tratamientos aplicados, tanto para el  $T_o$  y  $T_f$  del almacenamiento.

En relación a los tratamientos que recibieron desinfección, se puede concluir que los tratamientos T2 y T3 en lo que concierne a coliformes totales para  $T_f$ , presentaron menor carga

microbiana ( $5,0 \times 10^0$  UFC/g), aunque es necesario aclarar que estadísticamente no hay diferencia en comparación al T4. En el caso de los mohos y levaduras para T<sub>f</sub>, el T4 fue el que presentó el menor recuento de estos microorganismos. Así mismo, otros investigadores encontraron resultados similares, por ejemplo, la University of Maryland (2002) concluyó que el uso de desinfectantes tales como el cloro y el uso de agua fría pueden ayudar reducir la proliferación de microorganismos patógenos en hortalizas. Así mismo, la utilización de otros tipos de desinfectante puede tener iguales resultados tales como los descritos por Rahman *et al.*, (2010) quienes reportaron una reducción mayor de microorganismos indicadores (mesófilos aerobios, mohos y levaduras) y patógenos (*E. coli* O157:H7 y *L. monocytogenes*) en espinacas frescas cortadas cuando aplicaron agua electrolizada ligeramente ácida en comparación con las tratadas con agua desionizada.

Cabe recalcar que en Ecuador, no se cuenta con normas que establezcan los límites máximos permisibles para microorganismos patógenos presentes en hortalizas semiprocesadas, por lo que se decidió recurrir a lo señalado por Pascual y Calderón (2000), quienes recomiendan rangos de microorganismos en base al código alimentario español sobre la microbiológica para alimentos, en su publicación determinan que los límites máximos permitidos para coliformes totales va desde  $1 \times 10^2$  a  $1 \times 10^4$  UFC/g; en el caso de mohos y levaduras se establecen valores desde  $1 \times 10^2$  a  $1 \times 10^4$  UFC/g, mientras que para la *E. coli* va desde  $1 \times 10^1$  a  $1 \times 10^2$  UFC/g. A partir de estos rangos se puede concluir que todos los tratamientos que recibieron desinfección se encuentran dentro de los parámetros permitidos tanto para coliformes totales, *E. coli*, mohos y levaduras; mientras que el tratamiento testigo (sin desinfectar) supera los límites permitidos en cuanto a los coliformes totales.

Tabla 21

*Resultados del análisis microbiológico de las pruebas definitivas en relación con el tiempo inicial y final de almacenamiento del brócoli.*

Tratamientos	Coliformes totales (UFC/g)		<i>E. coli</i> (UFC/g)		Mohos y levaduras (UFC/g)	
	T <sub>o</sub>	T <sub>f</sub>	T <sub>o</sub>	T <sub>f</sub>	T <sub>o</sub>	T <sub>f</sub>
T1	5,0x10 <sup>0</sup> (7,1x10 <sup>0</sup> ) <sup>aw</sup>	1,9x10 <sup>3</sup> (7,07x10 <sup>1</sup> ) <sup>bx</sup>	-	-	1,0x10 <sup>2</sup> (0,0x10 <sup>0</sup> ) <sup>bw</sup>	2,0x10 <sup>2</sup> (0,0 x10 <sup>0</sup> ) <sup>dx</sup>
T2	5,0x10 <sup>0</sup> (7,1x10 <sup>0</sup> ) <sup>aw</sup>	5,0x10 <sup>0</sup> (7,07x10 <sup>0</sup> ) <sup>aw</sup>	-	-	0,0x10 <sup>0</sup> (0,0x10 <sup>0</sup> ) <sup>aw</sup>	5,5x10 <sup>1</sup> (7,07x10 <sup>0</sup> ) <sup>cx</sup>
T3	0,0x10 <sup>0</sup> (0,0x10 <sup>0</sup> ) <sup>aw</sup>	5,0x10 <sup>0</sup> (7,07x10 <sup>0</sup> ) <sup>aw</sup>	-	-	0,0x10 <sup>0</sup> (0,0x10 <sup>0</sup> ) <sup>aw</sup>	5,0x10 <sup>0</sup> (7,07x10 <sup>0</sup> ) <sup>aw</sup>
T4	0,0x10 <sup>0</sup> (0,0x10 <sup>0</sup> ) <sup>aw</sup>	5,0x10 <sup>0</sup> (7,07x10 <sup>0</sup> ) <sup>aw</sup>	-	-	0,0x10 <sup>0</sup> (0,0x10 <sup>0</sup> ) <sup>aw</sup>	4,0x10 <sup>1</sup> (0,0x10 <sup>0</sup> ) <sup>bw</sup>

a-d: Diferentes superíndices dentro de la misma columna, indica que existe diferencias significativas debido a los tratamientos (p< 0,05).

w-x: Diferentes superíndices dentro de la misma fila (microbiológico) indica que existe diferencias significativas debido al tiempo de almacenamiento (p<0,05).

Fuente: El autor

De la misma forma en la Tabla 21 se presenta los resultados del análisis microbiológico de las pruebas definitivas realizadas en el brócoli vs el tiempo de almacenamiento; en general, se puede observar un comportamiento similar al encontrado en la coliflor. En cuanto al contenido de coliformes totales para  $T_0$ , se puede comprobar que no existen diferencias estadísticamente significativas entre todos los tratamientos, mientras que para  $T_f$  se presenta diferencias significativas entre el tratamiento T1 y los tratamientos desinfectados T2, T3, T4; En relación al recuento de mohos y levaduras para  $T_0$ , se puede observar que existe diferencias estadísticamente significativas entre el T1 y, T2, T3 y T4; para  $T_f$  se puede ver que existe diferencias entre todos los tratamientos evaluados. Es importante destacar que el tratamiento T3 es el que presenta menor recuento de mohos y levaduras ( $5,0 \times 10^0$ ), mientras que el tratamiento testigo tiene mayor cantidad de estos microorganismos; en base a los antes mencionados se comprueba la efectividad que tienen los desinfectantes para reducir e inhibir el desarrollo y crecimiento microbiano; por ejemplo, el aceite esencial de tomillo posee un alto poder antibacteriano, que actúa contra el desarrollo de microorganismos sin dejar huella química en el organismo receptor, esto se debe principalmente a la presencia de compuestos fenólicos tales como el carvacrol, timol, eugenol, entre otros, que ayudan a inhibir y eliminar a los microorganismos patógenos, y conjuntamente con las temperaturas de refrigeración se logra la disminución del crecimiento y desarrollo de los microorganismos patógenos causantes del deterioro de los alimentos, en este caso de la coliflor y el brócoli.

Paparella *et al.*, (2008) en su investigación demostró que el aceite esencial de tomillo a una concentración de 0,10% presenta gran actividad antibacteriana, reduciendo la viabilidad celular de *L. monocytogenes*; por otra parte, Guano, (2014) demostró que el uso de los aceites esenciales de orégano y tomillo en concentración de 250 ppm a tiempos de 1, 3, 5 y 7 minutos en hortalizas troceadas (col, col de repollo, col morada, lechuga y espinaca) pudo disminuir la cantidad de bacterias, siendo el aceite esencial de tomillo el que mostro mejores resultados.

Además, es importante destacar que no se observó la presencia de *E. coli* para ninguno de los tratamientos evaluados durante el tiempo de almacenamiento.

Igualmente, tomado en consideración los límites máximos permitidos según Pascual y Calderón (2000) se puede concluir que todos los tratamientos que recibieron

desinfección al igual que el T1 presentan valores de carga microbiana dentro de los parámetros permitidos en hortalizas.

#### **4.2. Evaluar la vida útil de los tratamientos de la coliflor y brócoli empacados y listos para el consumo mediante los análisis físico-químicos, organolépticos y microbiológicos.**

A fin de cumplir el segundo objetivo de la investigación se realizó el análisis de resultados obtenidos de los tratamientos de desinfección definitivos tanto para la coliflor como para el brócoli. Una vez que se lleve a cabo el análisis se definirá el mejor tratamiento para cada producto de estudio y finalmente se definirá la vida útil de los mismos. Es importante destacar que para realizar este análisis no se tomó en cuenta el tratamiento testigo debido a que presentó resultados inferiores al resto de tratamientos.

##### ***4.2.1. Evaluación físico-química, organoléptica y microbiológica de los tratamientos con respecto al tiempo de vida útil de la coliflor.***

Los resultados del análisis físico-químico para todos los tratamientos muestran que no existe diferencias estadísticamente significativas entre los valores de agua, proteína cruda, carbohidratos, fibra cruda y ceniza; tanto al inicio de los tratamientos ( $T_0$ ) como al final del tiempo de almacenamiento ( $T_f$ ).

En cuanto a los resultados del análisis organoléptico se observa que los tratamientos tienen comportamientos similares en cuanto a los atributos de color, flavor y textura con valores iniciales alrededor de 4,9 y al final del tiempo de almacenamiento presento calificaciones en promedio de 1,7, que según la escala hedónica de 5 puntos los productos todavía podían ser consumidos; sin embargo, hubo diferencias en el tiempo de almacenamiento para los tratamientos, esto es, para T2, T3 y T4 fue 28, 20 y 16 días, respectivamente; destacando el T2 como el que mayor tiempo de almacenamiento tuvo.

Por otro lado, los resultados del análisis microbiológico muestran que no existe diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos que recibieron desinfección en cuanto a coliformes totales, mohos y levaduras; además, es importante destacar que no existe la presencia de *E. coli* en ninguna de las muestras analizadas.

Tomando en cuenta todos los resultados anteriormente mencionados se puede definir que el T2 es el mejor tratamiento, debido a que conservó las características

organolépticas, físico-químicas y microbiológicas durante más tiempo (28 días) que otros tratamientos.

#### ***4.2.2. Evaluación físico-química, organoléptica y microbiológica de los tratamientos con respecto al tiempo de vida útil del brócoli.***

Igualmente, en el caso del brócoli las muestras fueron analizadas y los resultados mostraron el siguiente comportamiento, los resultados del análisis físico-químico indican que durante el tiempo de almacenamiento los diferentes tratamientos no muestran diferencias estadísticamente significativas en relación a los porcentajes de los nutrientes evaluados (agua, proteína cruda, carbohidratos, fibra cruda y cenizas) tanto al  $T_0$  y  $T_f$ .

Por parte, los resultados del análisis organoléptico muestran que no existe diferencias estadísticamente significativas en cuanto a los atributos de color, flavor y textura. Sin embargo, se observa un diferente comportamiento en cuanto al tiempo de almacenamiento en refrigeración para cada tratamiento; esto es, para  $T_2$ ,  $T_3$  y  $T_4$  fueron 70, 60 y 55 días, respectivamente.

En cuanto a los resultados del análisis microbiológico se pudo observar que no existe diferencias estadísticamente significativo entre los tratamientos para coliformes totales, mohos y levaduras tanto para  $T_0$  como para  $T_f$ ; es importante destacar que no se observó la presencia de *E. coli* en ningún de los tratamientos evaluados.

Con los resultados antes citados, se puede destacar que el  $T_3$  fue el mejor, debido a que pudo conservar durante mayor tiempo (70 días) las características organolépticas, físico-químico y microbiológicas en relación a los demás tratamientos.

#### **4.2.3. Definir de la vida útil de los tratamientos.**

Con el análisis antes realizado se puede definir la vida útil de los tratamientos para la coliflor y el brócoli, debido a que los resultados de los análisis realizados son similares, el tiempo de almacenamiento de los diferentes tratamientos fue el único parámetro que se consideró para realizar esta definición. A continuación, en las tablas 22 y 23 se muestran los resultados de vida útil para cada tratamiento tanto para coliflor como para el brócoli.

Tabla 22  
*Tiempo de vida útil por tratamiento para la coliflor.*

Tratamientos	Concentración (ppm)	Tiempo de vida útil (días)
T2	100	28
T3	50	20
T4	20	16

Fuente: El autor

Tabla 23  
*Tiempo de vida útil por tratamiento para el brócoli*

Tratamientos	Concentración (ppm)	Tiempo de vida útil (días)
T2	100	60
T3	5	70
T4	20	55

Fuente: El autor

#### **4.2.4. Establecer los parámetros óptimos de desinfección en función de la calidad y vida útil del producto.**

##### ***4.2.4.1. Parámetros óptimos de desinfección en función de la calidad y vida útil de la coliflor.***

Con la evaluación elaborada de los análisis físico-química, organoléptica y microbiológica de los tratamientos con respecto al tiempo de y vida útil, se definió que el tratamiento que mejor condición presento en el caso de la coliflor fue el T2, el cual hace referencia al tratamiento con hipoclorito de sodio a una concentración de 100 ppm, envasada en funda ziploc y refrigerada a 3 °C, este tratamiento presento un tiempo de vida útil de 28 días manteniendo las características de calidad.

##### ***4.2.4.2. Parámetros óptimos de desinfección en función de la calidad y vida útil del brócoli.***

Similarmente, en el caso del brócoli se define el mejor tratamiento fue el T3, el cual consistió en desinfectar las muestras con aceite esencial de tomillo a una concentración de 5 ppm, encasadas en funda ziploc y refrigeradas a 3 °C; con estas condiciones el producto mantuvo las características de calidad durante 70 días que representa el mayor tiempo de vida útil de todos los tratamientos evaluados.

### 4.3. Determinar los costos variables de producción del mejor tratamiento.

Para realizar estos cálculos, se tomó en consideración los mejores tratamientos para cada producto (coliflor y brócoli) para posteriormente determinar cuánto cuesta la producción de una unidad, además se realizó una estimación del precio de venta al público para lo cual se consideró una utilidad del 20%. A continuación, en las Tablas 24 y 25 se presenta los costos variables de producción para los mejores tratamientos para coliflor y brócoli, respectivamente. Es importante recalcar que no se considera los costos fijos de producción.

Tabla 24

*Costos variables de producción con hipoclorito de sodio para la coliflor*

Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
1	Coliflor	U	1,00	0,5000	0,5000
2	Fundas ziploc	U	1,00	0,0340	0,0340
3	Hipoclorito de sodio	ml	4,06	0,0015	0,0060
5	Agua	L	3,00	0,0003	0,0009
6	Electricidad	kw-h	0,47	0,1200	0,0564
7	Mano de obra	min	1,00	0,0821	0,0021
				Subtotal	0,6183
				Utilidad 20%	0,1237
				Total	0,7420

Fuente: El autor

En la Tabla 24 se presenta los costos variables para la elaboración de un prototipo de coliflor envasado, en cual se ha considerado todos los materiales y sustancias necesarias para producir el producto; los costos variables ascienden a 0,61 dólares y el precio de venta al público es de 0,74 dólares americanos considerando una utilidad de 20%. Este valor se comparó con los precios de la coliflor que vende el Supermaxi (1,72 USD), y a partir de esta comparación se concluye que el prototipo que se plantea en nuestra investigación es más barato que otras opciones, por lo que podría ser una gran alternativa para los productores de la zona de estudio

Tabla 25

*Costos variables de producción con aceite esencia del tomillo en el brócoli*

Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
1	Brócoli	g	1,000	0,5000	0,5000
2	Fundas ziploc	U	1,000	0,0340	0,0340
3	Aceite de tomillo	g	0,014	2,9667	0,0403
4	Surfactante tween 20	ml	0,005	0,1449	0,0007
5	Agua	L	3,000	0,0003	0,0009
6	Electricidad	Kw-h	0,470	0,1200	0,0564
7	Mano de obra	min	1,000	0,0821	0,0821
				Subtotal	0,7144
				Utilidad 20%	0,1429
				Total	0,8573

Fuente: El autor

Igualmente, en la Tabla 25 se presenta los costos y el precio de venta al público para la elaboración de un prototipo de brócoli envasado, en cuanto a los costos variables asciende a 0,71 dólares americanos, mientras que el precio de venta al público es de 0,85 dólares americanos que comparado con 0,91 dólares americanos que se vende el brócoli en supermaxi se puede concluir que el prototipo que se propone en nuestra investigación es una alternativa viable para los productores de Chuquiribamba.

## 5. CONCLUSIONES

Mediante la presente investigación se logró desarrollar productos innovadores de coliflor y brócoli desinfectado y envasado de calidad y rentables, que representen una alternativa agro-productiva para los productores de la parroquia Chuquiribamba, cantón y provincia de Loja.

Los parámetros óptimos de desinfección para la coliflor fueron: tipo de desinfectante hipoclorito de sodio (T2), a una concentración de 100 ppm con un tiempo de inmersión de 3 minutos; en el caso del brócoli el agente desinfectante fue el aceite esencial de tomillo (T3) con una concentración de 5 ppm y un tiempo de inmersión de 5 minutos.

En base a los tratamientos definitivos de desinfección realizados para la coliflor y brócoli se estableció la vida útil de ambos productos; en el caso de la coliflor el uso de hipoclorito de sodio (T2) permitió conservar las características organolépticas, físico-químicas y microbiológicas durante 28 días, mientras que el brócoli desinfectado con aceite esencial de tomillo conservó las características de calidad durante 70 días.

Todos los tratamientos realizados con los diferentes desinfectantes lograron un mayor tiempo de almacenamiento con respecto al tratamiento testigo (T1); además, los tratamientos desinfectados T2, T3 y T4 presentando comportamientos similares en cuanto a la cantidad de coliformes totales, mohos y levaduras, mismos que estaban dentro de los límites establecidos para estos tipos de alimentos.

Se determinó los costos de producción para la coliflor envasada el costo de producción fue de 0,62 USD con un valor de venta al producto de 0,74 USD, mientras que para el brócoli envasado fue de 0,71 USD presenta un valor de 0,85 USD ofertado al público. Estos precios comparados a los que expenden los supermercados de la localidad son similares y/o superiores, tal es el caso del supermaxi oferta la coliflor a 1,72 USD mientras que el Gran Aki a 0,97 USD. Lo convierte en una oportunidad de negocio para los productores de la parroquia Chuquiribamba.

## 6. RECOMENDACIONES

Con el fin de mejorar los procesos de la poscosecha en la conservación de la coliflor y brócoli, se recomienda desarrollar nuevos estudios mediante la utilización de otro tipo de productos tal es el caso de la utilización de películas y recubrimientos comestibles (recubrimiento comestible de quitosano), los cuales permitan inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos en la etapa de la poscosecha.

Para la realización del proceso de la poscosecha, se debe tener en cuenta que el producto no presente algún tipo de daño mecánico, descomposición y la madurez fisiológica durante la cosecha para evitar cualquier tipo de percance que durante el proceso poscosecha se presente.

Realizar estudios que permitan mejorar el proceso poscosecha ayudando a prolongar la vida útil del producto mediante la utilización de diferentes tipos de envase y métodos de envasado, como por ejemplo el envasado con atmósferas controladas, modificadas, entre otros.

En el proceso de manipulación de los productos se debe realizar en un lugar previamente desinfectado, además el operario tiene que cumplir con las medidas de precaución para evitar contaminaciones cruzadas durante el proceso poscosecha.

Para poder realizar más investigaciones en el ámbito de la poscosecha recomendamos a la Universidad Nacional de Loja dote de una mejor infraestructura y equipamiento a los laboratorios de esta área de conocimiento con el afán que los estudiantes vinculen la teoría con la práctica y fortalezcan sus conocimientos.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Abadias, M., Alegre, I., Oliveira, M., Altisent, R., and Viñas, I. (2012). Growth potential of *Escherichia coli* O157: H7 on fresh-cut fruits (melon and pineapple) and vegetables (carrot and escarole) stored under different conditions. *Food Control*, 27, 37-44.

Aghdam, M. and Bodbodak, S. (2014). Postharvest Heat Treatment for Mitigation of Chilling Injury in Fruits and Vegetables. *Food Bioprocess Technology*, 7, 37-53.

Al-Bayati, F. (2008). Synergistic antibacterial activity between *Thymus vulgaris* and *Pimpinella anisum* essential oils and methanol extracts. *Journal of Ethnopharmacology*, 116(3), 403–406. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.12.003>.

Almarcegui, C., Gomez-Cabello, A., Huybrechts, I, Gonzalez-Agüero, A., Kaufman, JM., y Casajus JA. (2015). Combined effects of interaction between physical activity and nutrition on bone health in children and adolescents: a systematic review. *Nutre Rev.*

Angamarca, A. (2018). Estudio bacteriológico de cinco marcas de agua embotellada sin gas, expandidas en la ciudad de Loja. Loja, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/20788>.

Anzaldúa-Morales, A. (1994). *La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica*. Zaragoza: Editorial Acribia, S.A.

AOAC - Association of Official Agricultural Chemists. (1984). *Official Methods of Analysis*. Kjeldahl method (2.062). 14th edition. Washington D.C., USA.

Ardila, M. I., Vargas, A. F., Pérez, J. E., y Mejía, L. F. (2009). Ensayo preliminar de la actividad antibacteriana de extractos de *Allium sativum*, *Coriandrum sativum*, *Eugenia Caryophyllata*, *Origanum vulgare*, *Rosmarinus officinalis* y *Thymus vulgaris* frente a *Clostridium perfringens*, 8(enero), 47–57.

Artés, F., Gómez, P., Aguayo, E., Escalona, V. y Artés-Hernández, F. (2009). Improved strategies for keeping overall quality of fresh-cut produce. *Postharvest Biology and Technology*, 51, 287-296.

Arthey, D. y Dennis, C. (1992). *Procesado de hortalizas*. Zaragoza. España. Editorial Acribia. 317 p.

Asociación Argentina del Ozono. (2012). *Aplicaciones generales del ozono*. Recuperado el 29 octubre del 2019 desde <http://www.adelo.com.ar/Tecnologia/tecnologia.htm>.

Ayala, S. J. y Villamizar, J. E. (2002). Diagnóstico y propuesta higiénico-sanitaria para las hortalizas mínimamente procesadas en forma artesanal que se expenden en la ciudad de Bucaramanga. Recuperado de: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/20132>.

Bartz, J., Eayre, C., Mahovic, M., Concelmom D., Brecht, J. y Sargent, S. (2001). Chlorine concentration and the inoculation of tomato fruit in packinghouse dump tanks. *Plant Dis*85:885–9 p.

Belitz, H.D. y Grosch, W. (1997) *Química de los alimentos*. 2ª ed. Ed. Acribia. Zaragoza.

Bermúdez-Vásquez, M., Granados-Chinchilla, F. y Molina, A. (2019). Composición química y actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Psidium guajava* y *Cymbopogon citratus* (Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Psidium guajava* and *Cymbopogon citratus*). *Agronomía Mesoamericana*. 30. 147-163. 10.15517/am.v30i1.33758.

Bernal, M. (2004). Abuso de fertilizantes deteriora los suelos agrícolas. [Artículo en línea]. Recuperado de: [www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/hortalizas/brocoli/corpei.pdf](http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/hortalizas/brocoli/corpei.pdf).

Berrang, M., Brackett, R. E. and Beuchat, L. R. (1989a) Growth of *Listeria monocytogenes* on fresh vegetables stored under controlled atmosphere. *J. Food Prot.* 52, 702-705.

Berrang, M., Brackett, R. E. and Beuchat, L. R. (1989b) Growth of *Aeromonas hydrophila* on fresh vegetables stored under a controlled atmosphere. *Appl. Environ. Microbiol.* 55, 2167-2171.

Brooks, P., Stratton H. y Seviour B. (1998). Activated sludge foaming: what causes hydrophobicity and can it be manipulated to control foaming. *Water Sci. Technol.* 37. 503-509.

Cano, J. (2016). La influencia del almacenamiento y envasado sobre los parámetros de calidad físico-químicos del brócoli (*Brassica oleracea*, L). Alicante, España

Cárdenas-Zorro, G., Pinzón-Ramirez, H., Pulido, S., Gómez de Enciso, C., Henríquez-Henríquez, S., Vélez-Sánchez, E. y Sánchez-León, G. (2012). Manual para el Cultivo de Hortalizas. Aspectos de caracter general (Vol. 1). Bogotá: Produmedios.

Cárdenas, C., Rocha, C. y Mora J. (2011). Productividad y preferencia de forraje de vacas lecheras pastoreando un sistema silvopastoril intensivo de la zona alto Andina de Roncesvalles, Tolima. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, Vol. (4 N°. 1).

Castro, K. (2011). *Tecnología de alimentos*. Bogotá: Ediciones de la U.

Cedeño, C. (2016). Efecto del almacenamiento y envasado sobre las características de calidad funcional del brócoli (*Brassica oleracea*, L). Alicante, España.

Celitikas, O., Hames, E., Bedir, E., Vardar, F., Ozek, T. y Baser, K. (2007). Antimicrobial activities of methanol extracts and essential oils of *Rosmarinus officinalis* L, depending on locations and seasonal variations. *Food Chem. Sep* 19; 100 (2): 553-559.

CESAPEG-Comité Estatal de Sanidad Vegetal Guanajuato. (2001). Contingencia de manejo fitosanitario de crucíferas. Brócoli, coliflor y col. Guanajuato, México. 14 p.

Chavarrías, M. (2011). Alternativas naturales a los conservantes artificiales. consultado el 6 de agosto del 2016. formato HTML. Recuperado de: <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2011/02/02/198658.php>.

Cisneros-Zevallos, L., Saltveit, M. E., y Krochta, J. M. (1995). Mechanism of Surface White Discoloration of Peeled (Minimally Processed) Carrots During Storage. *Journal of Food Science*, 60(2), 320–323. doi:10.1111/j.1365-2621.1995tb05664.x.

Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones – CORPEI. (2009) Perfiles de producto - Perfil del brócoli. Centro de Información e Inteligencia Comercial (CICO).

Chambers IV, E. y Baker, M. (1996). *Sensory Testing Methods*. Conshohoken, Pennsylvania, EEUU: ASTM International.

Chlorine Institute, INC. (1997) *The Chlorine Manual*. Washington, DC. [http://www.archerinstruments.com/Chlorine\\_Manual.pdf](http://www.archerinstruments.com/Chlorine_Manual.pdf).

Chitarra, I. Y Chitarra, A. (2005). *Poscolheita de frutos e hortaliças: fisiología e manuseio*. Lavras: UFLA, 785p.

Darré, M. (2019). Factores de pre y poscosecha que afectan el contenido de compuestos antioxidantes en hortalizas (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).

DECCO. (2018). *Tratamientos para la poscosecha de hortalizas*. Obtenido de <https://www.deccoiberica.es/tratamientos-postcosecha-de-hortalizas/>.

Escalona, V. y Luchsinger, L. (2008). Una revisión sobre frutas y hortalizas mínimamente procesadas en fresco. *Aconex* 99, 23-28.

Escobar-Hernández, A., Márquez-Cardozo, C., Restrepo-Flores, C. y Pérez-Cordoba, L. (2014). Aplicación de Tecnología de Barreras para la Conservación de Mezclas de Vegetales Mínimamente Procesados. *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, vol. 67, núm. 1, enero-junio, pp. 7237-7245. Universidad Nacional de Colombia Medellín, Colombia.

ESPECIFICAR.CDT. (2019). Fichas técnicas. Obtenido de <http://www.especificar.cl/fichas/poliestireno-expandido>

Facultad de Química, UNAM. (2012, 24 mayo). Fundamentos y técnicas de análisis de alimentos. Recuperado de [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/FUNDAMENTOSYTECNICASDEANALISISDEALIMENTOS\\_12286.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/FUNDAMENTOSYTECNICASDEANALISISDEALIMENTOS_12286.pdf).

FAO. (1989). Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas. Santiago: FAO.

Favre-Martínez, N. (2018). Evaluación del uso de pulsos de luz como tecnología para retrasar la senescencia poscosecha de brócoli (Doctoral dissertation, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales).

Flandrin, J. y Montanari, M. (2011). Historia de la Alimentación. Asturias: Trea, Giron.

Food and Agriculture Organization. (2004). Perspectivas a Plazo Medio de los Productos Básicos Agrícolas. Roma: FAO.

Food and Drug Administration. (1998). U.S. food & drug administration. Recuperado de U.S. Food & Drug Administration: <https://www.fda.gov/default.htm>

Food and Drug Administration-FDA. (2002). "Import Alert IA220: Detention without Physical Examination if Cantaloupe from Mexico". October 28, 2002.

Galvis-Vanegas, J, González-Blair, G., y Flores-Vergara, A. (2017). Manual de procesamiento y conservación de lechugas (*Lactuca Sativa L.*) Variedades verde y morada crespa mínimamente procesadas. Fundación Universitaria Agraria de Colombia – UNIAGRARIA Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – MADR Hortifresco, Coomutsoa, Fundación Intal.

García-Martínez, E. y Fernández-Segovia, I. (2012). Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. Determinación de proteínas de un alimento por el método Kjeldahl. Valoración con un ácido fuerte. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16338/Determinaci%C3%B3n%20de%20proteinas.pdf?sequence=1>.

García, C. (2008). Contabilidad de costos. Tercera edición. Interamericana editores. Ciudad de México, México.

García-Martínez, E., Fernández-Segovia, I. (2012). Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. Determinación de la humedad de un alimento por un método gravimétrico indirecto por desecación. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16339/Determinaci%C3%B3n%20de%20humedad.pdf>.

Garmendia, G. y Méndez, V. (2006). Métodos para la desinfección de frutas y hortalizas, Horticultura: Revista de frutas, hortalizas, flores, plantas ornamentales y de

viveros, ISSN 1132-2950, (en línea), N° 197, 18-27, <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2153512>.

Gordón-Núñez, J. (2010). Propuesta de mejoramiento de manejo poscosecha en hortalizas producidas en un sistema campesino asociativo. Tesis Ing. Agroindustrial. Quito: Escuela Politécnica Nacional. 136 p.

Granados-Chinchilla, F., E. Villegas, A. Molina, and C. Arias. (2016). Composition, chemical fingerprinting and antimicrobial assessment of Costa Rican cultivated guavas (*Psidium friedrichsthalianum* (O. Berg) Nied. and *Psidium guajava* L.) essential oils from leaves and fruits. *Nat. Prod. Chem. Res.* 4:236. doi:10.4172/2329-6836.1000236.

Glowacz, M., Colgan, R. y Rees, D. (2015). Influence of continuous exposure to gaseous ozone on the quality of red bell peppers, cucumbers and zucchini. *Journal of Postharvest Biology and Technology* 99: 1 – 8.

Gómez, C. (2012). Manual para el cultivo de hortalizas. Las Arvenses en la Horticultura. Bogotá: Produmedios.

Govaris, A., Solomakos, N., Pexara, A. y Chatzopoulou, P. (2010). The antimicrobial effect of oregano essential oil, nisin and their combination against *Salmonella enteritidis* in minced sheep meat during refrigerated storage. *Int. J. Food. Microbiol.* 137: 175-180.

Govaris, A., Botsoglou, E., Sergelidis, D. y Chatzopoulou, P. (2010). Antibacterial activity of oregano and thyme essential oils against *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157:H7 in feta cheese packaged under modified atmosphere. *LWT - Food Science and Technology*, 44(4), 1240–1244.

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Loja. (2019). Loja para Todos. Obtenido de <https://www.loja.gob.ec/noticia/2019-07/controlan-calidad-de-agua-que-se-distribuye-en-la-ciudad>.

Grupo Eroski. (2002). Guía práctica de verduras. Recuperado el 21 de septiembre de 2019, <http://www.consumaseguridad.com>.

Grupo Eroski. (2019). Guía práctica de verduras. Recuperado el 31 de octubre de 2019. <https://verduras.consumer.es/>.

Grupo Eroski. (2019). Guía práctica de verduras. Recuperado el 31 de octubre de 2019. <https://verduras.consumer.es/algo-mas-sobre-las-hortalizas-y-verduras/introduccion>.

Guano, M. (2014). Aplicación de aceites esenciales de orégano (*Origanum vulgare*) y tomillo (*Thymus vulgaris*) en cuatro tipos de hortalizas: col de repollo (*Brassica oleracea* var. capitata cv. bronco), col morada (*Brassica oleracea* var. capitata f.rubra), lechuga Iceberg tipo Salinas (*Lactuca sativa* var. capitata) y espinaca (*Spinacia*

oleracea) para disminuir la carga microbiológica patógena. Ambato, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/8443>.

Hasler, C. y Brown, A. (2009). Position of the American Dietetic Association: functional foods. *Journal of the American Dietetic Association*, 109(4), 735–46. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19338113>.

Heinonen, I. y Meyer, A. (2002). Antioxidants in fruits, berries and vegetables. Chap 3. In *Fruit and vegetable processing*. Edited by Win Jodgen. CRC Press, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England. Pg 24 –44.

Hill, D. (2017). De que están hechas las bolsas marca Ziploc. Recuperado de [https://www.ehowenespanol.com/hechas-bolsas-marca-ziploc-lista\\_555185/](https://www.ehowenespanol.com/hechas-bolsas-marca-ziploc-lista_555185/)

Horngren, C. (2007). *Contabilidad de Costos*. Doceava Edición. Prentice Hall Hispanoamericana S.A. México.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. IICA. (1987). *Tecnología Del Manejo Poscosecha De Frutas Y Hortalizas*. Bogotá: IICA.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. IICA. (2006). *Tecnología del Manejo de Poscosecha de Frutas y Hortalizas*. Bogotá: IICA

Infoagro. (2010). Cultivo de hortalizas. (en línea). Consultado: 21/10/2019. Recuperado de: <http://www.infoagro.com/hortalizas/coliflor.htm>.

Infoagro. (2019). El Cultivo de Brócoli. (en línea). Consultado: 21/10/2019. Recuperado de: <https://www.infoagro.com/hortalizas/brocoli.htm>.

Interempresas Media, S. (2019). frutas-hortalizas. Recuperado de <https://www.frutas-hortalizas.com/Hortalizas/Poscosecha-Coliflor.html>.

Instituto Ecuatoriano de Normalización (2003). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1974:2003 de hortalizas frescas. Recuperado de <https://docplayer.es/64296761-Norma-tecnica-ecuatoriana-nte-inen-1974-2003.html>.

Instituto Ecuatoriano de Normalización (2003). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1976:2003 de hortalizas frescas. Recuperado de <https://docplayer.es/64296761-Norma-tecnica-ecuatoriana-nte-inen-1976-2003.html>.

Jaramillo, C. (2003). Respuesta del cultivo de brócoli (*Brassica oleácea* 64 var. Itálica), híbrido Legacy a la aplicación de Kemilato y dos fitoestimulantes foliares Latacunga, Cotopaxi. Latacunga: UTC.

Jaramillo, J. y Díaz, C. (2005). (Compiladores). *El Cultivo de las Crucíferas*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Centro de Investigación La Selva, Rio negro, Antioquia, Colombia. Manual Técnico 4. 176 páginas.

Jinde-Pilamunga, A. (2014). Efecto de la temperatura y tiempo de secado en las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de cuatro hortalizas: col de repollo (*Brassica oleracea* var. capitata cv. bronco), col morada *Brassica oleracea* var. capitata f. rubra), lechuga iceberg tipo salinas (*Lactuca sativa* var. capitata) y espinaca (*Spinacia oleracea* L.), troceadas con previa aplicación de aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*)”. Ambato, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/8440>.

Kim, J., Yousef, A. y Chism, G. (1999). Use of de ozone to inactivate microorganisms on lettuce. *Journal Food Sciencie*. 65(3):521-528.

King, R. (2001). The presence of bacterial pathogens in biofilms of recirculating aquaculture systems and their response to various sanitizers. PhD Thesis, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia, Available in:<http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd0424200100624/unrestricted/dissertation.pdf>.

Köhl, J., Van-Tongeren, C., Groenenboom-de-Haas, B., van Hoof, R., Driessen, R. y van der Heijden, L. (2010). Epidemiology of dark leaf spot caused by *Alternaria brassicicola* and *A. brassicae* in organic seed production of cauliflower. *Plant Pathology* 59: 358–36.

Lareo, C., Ares, G., Ferrando, L., Lema, P., Gambaro, A. y Soubes y M. (2009). Influence of Temperature On Shelf Life of Butterhead Lettuce Leaves Under Passive Modified Atmosphere Packaging. *J Food Qual*. 32(2) p.240-261.

Lampe, J. (1999). “Health effects of vegetables and fruits: assesing the mechanisms of action in human experiments studies” *Amer. J. Clin. Nutr.* 70, 475s-90s.

Lawless, H. y Heymann, H. (1999). *Sensory Evaluation of Food*. Aspen Publishers, Inc. Maryland, E.E.U.U.

Lenntech. (2014). Desinfectantes, Dióxido de cloro. Recuperado de [www.Lenntech.es/procesos/desinfección/química/desinfectantes-dioxido-de-cloro.htm](http://www.Lenntech.es/procesos/desinfección/química/desinfectantes-dioxido-de-cloro.htm).

Lisette, R. (2006). Ozonoterapia, una opción para el sector agropecuario. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET* issn 1695-7504. Vol. 7 N° 10, pp 1-16 Málaga, España.

López-Marín, L. (2006). Efecto de Diferentes Tiempos de Almacenamiento, Desinfectantes y Extractos Vegetales en Poscosecha Sobre Tubérculos de Ñame Blanco (*Dioscorea Alata* L.) De Exportación. Alcances Tecnológicos; Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, 108.

Mataix-Verdú, J., Mañas-Almendros, M., Llopis-González, J., Martínez de Victoria, M. E., Sánchez, J. y Borregón Martínez, A. (1998). *Tabla de composición de alimentos españoles 3ª ed.* Ed. Universidad de Granada. Granada.

Madrid, A., Gómez-Pastrana, J., Santiago, F., Madrid, J.M. y Cenzano, J.M. 2003. Refrigeración, congelación y envasado de los alimentos. Mundi-Prensa. Madrid. España. pp. 174.

MAG. (1991). “Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas” [Artículo en línea]. Recuperado de: [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/tec-brocoli.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec-brocoli.pdf).

Madigan, M., Martinko, J. M. y Parker, J. (2004). Brock: Biología de los microorganismos. 10ª edición. Prentice Hall.

Marulanda, O. (2009). Curso: Costos y presupuestos. México: Universidad Pedro de Gante.

Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. (2018). La alimentación española (Vol. 2). Madrid: fundación española de la nutrición. Recuperado de <http://www.fen.org.es/storage/app/media/imgPublicaciones/2018/libro-la-alimentacion-espanola.pdf>.

Mónaco, E., Chiesa, A.; Trincherro, G.; Frascina, A. (2005). Selección de películas poliméricas para su empleo con lechuga en atmósfera modificada. Volumen 34. Número 1. Págs. 59-70. INTA, Argentina.

Moreno, E. (2014). Estudio de la aplicación del agua electrolizada neutra en la desinfección de frutas y hortalizas frescas. Santiago de Querétaro.

Navarro-Tarazaga, M., Pérez-Gago, M., Goodner, K. and A. Plotto. (2007). A new composite coating containing HPMC, beeswas, and shellac for 'Valencia' oranges and 'Marisol' tangerines. Proc. Florida State Hort. Soc. 120: 228-234

Naranjo, S., Mascotrola, N. y Pumisacho, M. (2002). Poscosecha. En M. Pumisacho, y S. Sherwood (Eds.), El cultivo de la papa en Ecuador (pp. 171-187). Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina/CIP.

Nascimento, M., Catanozi, M. y Silva, K. (2003). Effects of different disinfection treatments on natural microbiota of lettuce. Journal of Food Protection. 66: 1697-1700

Nielsen, S. (2013). El análisis de Hidratos de Carbono. En, Análisis de los Alimentos (pags. 171 – 177). Editorial Acribia.

Nielsen, S. (2013). El análisis de proteínas. En, Análisis de los Alimentos (pags. 157 – 162). Editorial Acribia.

Nielsen, S. (2013). El análisis de Cenizas. En, Análisis de los Alimentos (pág. 123-127). Editorial Acribia.

Organización Mundial de la Salud. (2002). Informe sobre la salud en el mundo 2002 - Reducir los riesgos y promover una vida sana (OMS). Ginebra.

Ordoñez-Bolaños, D., Zuñiga Camacho, D., Hoyo-Concha, J., Mosquera-Sánchez, S., y Mosquera-Sánchez, L. (2014). Efecto de recubrimiento de almidón de yuca modificado y aceite de tomillo aplicado al pimiento (*Capsicum annuum*). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.5 Núm.5, p. 795-805.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación- FAO (1993). Prevención de pérdidas de alimentos poscosecha: frutas, hortalizas, raíces y tubérculos. (Colección FAO: Capacitación, N° 17/2). Recuperado de <http://www.fao.org/3/T0073S/T0073S08.htm>.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO. (2014). Prioridad mundial al consumo de fruta y hortalizas.

Palomo, V. (2017). EL PAÍS EL PERIÓDICO GLOBAL. Obtenido de EL PAÍS EL PERIÓDICO GLOBAL: Recuperado de [https://elpais.com/elpais/2017/03/27/buena vida/1490612908\\_472943.html](https://elpais.com/elpais/2017/03/27/buena vida/1490612908_472943.html).

PanReac-AppliChem, 2016. Determinación de nitrógeno por el método Kjeldahl. Recuperado de [https://www.itwreagents.com/uploads/20180122/A173\\_ES.pdf](https://www.itwreagents.com/uploads/20180122/A173_ES.pdf).

Paparella, A., Taccogna, L., Aguzzi, I., Chaves-López, C., Serio, A., Marsilio, F. y Suzzi, G. (2008). Flow cytometric assessment of the antimicrobial activity of essential oils against *Listeria monocytogenes*. *Food Control*, 19(12), 1174–1182.

Parzanese, M. (2013). Tecnologías para la Industria Alimentaria: Ozono en alimentos

Pascual y Calderón. (2000). *Microbiología Alimentaria*. España.

Perry, J. J. y Yousef, A. E. (2011). Decontamination of raw foods using ozonebased sanitization techniques. *Annual Review of Food Science and Technology*, 2,281-98.

Picallo, A. (2002). El análisis sensorial como herramienta de calidad de carne y productos cárnicos de cerdo. Buenos Aires, Argentina. Edit. INTA. Página de Internet .pdf.

Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial. (2014). Chuquiribamba, Gad Parroquial.

Placas Petrifilm 3M Science. Applied to Life, (2019). Guía de interpretación para el Recuento de *E. coli* / Coliformes. Recuperado de <https://multimedia.3m.com/mws/media/4449500/3m-petrifilm-e-coli-coliform-count-plate-interpretation-guide-spanish.pdf>.

Placas Petrifilm 3M Science. Applied to Life, (2017). Guía de interpretación para el Recuento de mohos y levaduras.

Polimeni, R. (2000). Contabilidad de Costos. Tercera Edición. Mc Graw Hill Interamericana S.A., Colombia.

Quintero, J. (1986). Cultivo del brócoli y de la Col de Bruselas. Hojas divulgativas. N ° 10:18.

Rahman, E., Ding, T., y Oh, D. (2010). Inactivation effect of newly developed low concentration electrolyzed water and other sanitizers against microorganisms on spinach. *Food Control*, 21(10), 1383–1387.

Raigón, M. y Cortell, S. (2013). Efecto de la aplicación de extractos de tomillo en la conservación post-cosecha de frutos cítricos. Valencia.

Ramírez, F. (2013). Consumo de Frutas y Hortalizas y la Prevención de Enfermedades Transmisibles. In Ministerio de salud y Protección Social & Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (Ed.), *Memorias VII Congreso Mundial de Promoción del Consumo de Frutas y Hortalizas* (Impresol E, pp. 25 – 28). Cali, Colombia.

Rao, C. (2015). *Engineering for Storage of Fruits and Vegetables: Cold Storage, Controlled Atmosphere Storage, Modified Atmosphere Storage*. Academic Press, 859p.

Rahman, M., Allan, R. y Azirun, M. (2010). Antibacterial activity of propolis and against *Staphylococcus Aureus* and *Escherichia Coli*. *African Journal of Microbiology Research*, 4. 1872-1878.

Ray, B. y Bhunia, A. (2010). *Fundamentos de Microbiología de los Alimentos*. 4ª. Ed. Mc Graw Hill. México, D.F. 352 pp.

Rey, J., Otalvaro, Á., Chaparro, M., Prieto, L., y López, A. (2018). Residuos de plaguicidas organofosforados en la cadena productiva del brócoli (*Brassica oleracea L. var. italica*) y coliflor (*Brassica oleracea L. var. botrytis*) en Colombia: aproximación a un perfil de riesgo. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(1), 156-165.

Riacaurte, S. (2006). ¡Ozonoterapia una opción para el sector agropecuario! *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*. Recuperado de <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n10106.html>.

Richardson, S. (1998). Drinking water disinfection by-products. En Robert AM, Richard SD (Eds.) *John Wiley's Encyclopaedia of Environmental Analysis and Remediation*. Wiley. Nueva York, EEUU. Vol. 3: 1398-1421.

Rincón, P., López L., y J.V. (1981). Comportamiento de la coliflor (*Brassica oleracea var. Botrytis*) a dos niveles de boro y molibdeno con y sin abono orgánico. Tesis Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Tunja. Boyacá. 75 p.

Riveras, C. (2016). Efecto del aceite esencial de orégano (*origanum vulgare*) en la conservación de brócoli (*Brassica oleracea* l.) y coliflor (*Brassica oleracea* var.). En I. García Santillán, F. Torres, & G. Bravo, II CONGRESO BINACIONAL DE INGENIERÍAS (pág. 125). Tulcán-Ecuador / Ipiales-Colombia.

Rodríguez-Jerez, J. (2002). Refrigeración principios básicos de seguridad. <http://www.consumaseguridad.com/web/es>. 2 de abril. España.

Rodríguez, D., Ortega-Toro, R. y Piñeros-Castro, Y. (2018). Propiedades Físicoquímicas, Funcionales y Microbiológicas de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) adicionada con Ácidos Orgánicos. *Información tecnológica*, 29(4), 21-30.

Rojas-Ávila, M., Vargas y Vargas, L. Y Tamayo-Cortez, J. (2008). Sandía Mínimamente Procesada Conservada En Atmósferas Modificadas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha*, vol. 9, núm. 2, pp. 153-161. Asociación Iberoamericana de Tecnología Poscosecha, S.C. Hermosillo, México.

Rojas-Rodríguez, C. (2007). Evaluación de cuatro desinfectantes sobre *Listera monocytogenes* aislada de productos cárnicos crudos de una planta de procesados en Bogotá. Bogotá, Colombia.

Roldán-Martínez, C. y Beltrán de M. (2012). Fuentes alimentarias de nutrientes y otros componentes, expresadas por porciones estándar, raciones habituales de consumo o medidas caseras. In: *Manual Práctico de Nutrición y Salud*. España: Kellogg España; p. 507.

Salvador, A., Abad, I., Arnal, L. y Martínez-Javega, J. M. (2006). Effect of Ozone on Postharvest Quality of Persimmon. *Journal of Food Science*, 71 (6), 443-447.

Sapers, M. (2001). Efficacy of washing and sanitizing methods for disinfection of fresh fruit and vegetable products. *Food Technol. Biotechnol.* 39 (4): 305-311

SESA (2012). Servicios y Sistemas Ambientales Ozono en granjas vacunas / granjas lecheras. Recuperado de: <http://www.pctopinformatica.es/sesa/vacuno.pdf>

Sierra, A. (2012). El brócoli: una nueva generación de antioxidantes. Obtenido de <http://www.ecoosfera.com/2012/11/el-brocoli-una-nueva-generacion-de-antioxidantes/>.

Sing, N., Sing, R., Bhunia, A. y Stroshine, R. (2002). Efficacy of chlorine dioxide, ozone, and thyme essential oil or a sequential washing in killing *Escherichia coli* O157:H7 on lettuce and baby carrots. *Lebensm. Wiss Technol.*, 35, 720-729.

Smilanick, J. y Crisosto, F. (1999). Postharvest use of ozone on frsh fruit. *Perishables Handling Quarterly Issue*. 99:10-14.

Smith, J., Sarmiento, L., Rodríguez, M. y Romero, R. (2009). “Un Método Participativo para Mapeo de Fincas y Recolección de Información Agrícola Aplicable a Diferentes Escalas Espaciales”. En *Interciencia*. número 7. pp. 479-486.

Tian, D., Fen, L., Jiangang, L., Mengli, K., Jingfen, Y., Xingqian, Y., y Donghong, L. (2016). Comparison of different cooling methods for extending shelf life of postharvest broccoli. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 9(6), 178-185.

Toivonen, S. (1998). Differences in Chlorophyll Loss at 13 degrees C for Two Broccoli (*Brassica oleracea* L.) Cultivars Associated with Antioxidant Enzyme Activities. *J Agric Food Chem*. 46(1):20-4.

Trevor V. y Cantwell, M. (2007). "Department of Vegetable Crops, University of California, Davis, CA 95616".

Trujillo, N., Cáceres, I. y Silva, J. (2011). Conservación de la coliflor (*Brassica Oleracea* L.). @Limentech Ciencia Y Tecnología Alimentaria ISSN 1692-7125. Volumen 9, No. 1, p. 31-37.

UNESCO-La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2005). Guía de uso de secadores solares para frutas, legumbres, hortalizas, plantas medicinales y carnes. Recuperado de <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Montevideo/pdf/ED-GuiaSecaderosolar.pdf>.

University of Maryland. (2002). Mejoramiento de la seguridad y calidad de frutas y hortalizas frescas: Manual de Formación para Instructores. Consultado 18 julio 2008. Recuperado de [http://www.jifsan.umd.edu/PDFs/GAPS\\_Español\\_español.pdf](http://www.jifsan.umd.edu/PDFs/GAPS_Español_español.pdf).

Vanaclocha, A. (2014). Tecnología de los alimentos de origen vegetal. Volumen 1. Ed. Síntesis S.A., Madrid.

Vanaclocha, A. (2014). Tecnología de los alimentos de origen vegetal. Volumen 2. Ed. Síntesis S.A., Madrid.

Vila, F. (1981). Cultivo de la coliflor. España, Ministerio de Agricultura y Pesca, Publicaciones de Extensión Agraria.

Wang, Y., King, J., Xu, Z., Iosso, J. y Prudente, A. (2008). Lutein from ozone "treated corn retains antimutagenic properties. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 56, 7942-7949.

Wills, R., McGlasson, B., Graham, D. y Joyce, D. (1999). Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. Ed. Acribia S.A. Zaragoza.

Wu, F., Doyle, M., Beatchat, L., Wells, J., Mintz, E. D. y Swaminathan, B. (2000). Fate of *Shigella sonnei* on parsley and methods of disinfection. *Journal Food protection* 63:568-72.

Yigit, F., Özcan, M. y Akgül, A. (2000). Inhibitory effect of some spice essential oils on *Penicillium digitatum* causing postharvest rot in citrus. *Grasas y Aceites*, 51: 237-240.

Zhu, Z., Geng, Y. y Sun, D. (2019). Effects of operation processes and conditions on enhancing performances of vacuum cooling of foods: A review. *Trends in food science & technology*.

## 8. ANEXOS

### Anexo 1. Norma INEN para la coliflor y brócoli

#### 1.1. Norma INEN para la coliflor

NTE INEN 1 974

2003-01

**3.3.1.2 Grado I.** 10% en número de inflorescencias que no correspondan a las categorías del grado, pero conformes con las del grado II.

**3.3.1.3 Grado II.** 10% en número de inflorescencias que no correspondan a las categorías del grado, pero aptas para el consumo.

**3.3.1.4 Grado III.** 15% en número de inflorescencias que no correspondan las características de la categoría pero aptas para el consumo.

**3.3.2 Acumulación de tolerancias.** En cualquier caso, las tolerancias de calidad y de tipo no pueden en conjunto exceder de:

- 10% para el grado "extra"
- 15% para el grado "I" y "II"

#### 4. DISPOSICIONES GENERALES

**4.1** Las pellas destinadas a la alimentación pueden presentarse en tres formas:

- a) Con hojas: Cuando están revestidas de hojas sanas y verdes en número y longitud suficiente para cubrir y proteger completamente la inflorescencia; el tronco pedúnculo debe ser cortado ligeramente por debajo de las hojas protectoras y debe estar intacto.
- b) Deshojadas: Cuando están desprovistas de hojas y de la parte no comestible del tronco, puede admitirse como máximo cinco hojitas tiernas, de color verde pálido, enteras y pegadas a la inflorescencia.
- c) Coronadas: Cuando están provistas de un número suficiente de hojas, que protegen la inflorescencia; las hojas deben ser verdes, sanas y podadas a ras de la inflorescencia, aproximadamente 3 cm; el tronco debe ser ligeramente cortado por debajo de las hojas protectoras.

**4.2** Las variedades de las coliflores conocidas y distribuidas en el país son: Amazing, Flor de nieve (Snow flower), Bola de nieve (Snow ball), Roca Blanca (White rock), Serrano y Bejo 1704.

#### 5. REQUISITOS

##### 5.1 Requisitos específicos

**5.1.1 Requisitos físicos.** En todos los grados, teniendo en cuenta las disposiciones particulares previstas para cada grado y las tolerancias admitidas, las inflorescencias deben:

- a) Tener aspecto fresco.
- b) Estar enteras.
- c) Estar sanas, se excluyen en todo caso los productos afectados de podredumbre o alteraciones tales que los hagan impropios para el consumo humano.
- d) Estar limpias, en particular exentas de residuos visibles de abonos o de productos de tratamiento.
- e) Estar desprovistas de humedad exterior anormal producida por mal manejo en la etapa de poscosecha (recolección, acopio, selección,
- f) clasificación, adecuación, empaque, almacenamiento y transporte).

## 1.2. Norma INEN para el brócoli

NTE INEN 1 976	2003-01
<p>b) Pella para consumo en fresco. La masa por unidad de tallo debe oscilar entre un 50% a 90% de la masa total de la pella.</p>	
<p><b>3.1.1 Tolerancia.</b> Se admite una tolerancia como máximo del 10% en masa.</p>	
<p><b>3.2 Grado de calidad.</b> Las pellas, de acuerdo a los grados de calidad, se clasifican en:</p>	
<p><b>3.2.1 Grado t.</b> La pella debe cumplir con los requisitos establecidos en 5.1.1, y estar exento de todo defecto que demerite la calidad del producto.</p>	
<p><b>3.2.1.1</b> Habrá una tolerancia del 10% para las inflorescencias que no satisfagan enteramente los requisitos de este grado siempre que puedan ser clasificadas en el grado siguiente, para el consumo en fresco y para la industria de acuerdo a las normas de calidad de cada empresa.</p>	
<p><b>3.2.2 Grado It.</b> La pella debe cumplir los requisitos establecidos en 5.1.1 y se acepta lo siguiente:</p>	
<p>a) Ligeros defectos en el color y forma y las flores abiertas de color amarillo, en pequeña proporción, siempre que no perjudiquen la apariencia general de la pella.</p>	
<p><b>3.2.2.1</b> Se tolerará en un 12% en masa o en número para las inflorescencias de un mismo lote que no satisfagan enteramente los requisitos de este grado cuando sean considerados propios para el consumo.</p>	
<p><b>3.2.2.2</b> Para los grados I y II se admitirá una tolerancia máxima del 15% en masa o en número que no correspondan a las características señaladas para cada grado.</p>	
<p><b>3.3 Acumulación de tolerancias:</b> En ningún caso, las tolerancias para los grados o para la masa, podrán en conjunto, exceder del 15%.</p>	
<p><b>4. DISPOSICIONES GENERALES</b></p>	
<p><b>4.1</b> La pella, destinada a la comercialización, debe presentarse en atados o cabezas individuales, no necesariamente de la misma variedad, pero sí de calidad, forma y color uniforme.</p>	
<p><b>4.2</b> La pella, debe ser embalada, en tal forma que se asegure una protección conveniente al producto. Papeles y otros materiales que se usen en el interior del embalaje deben ser nuevos, sin impresiones y no ser nocivos al alimento.</p>	
<p><b>4.3</b> El proveedor debe garantizar que la muestra inspeccionada cumpla con la masa y grado declarado en el rótulo o etiqueta del envase o embalaje.</p>	
<p><b>4.4</b> Las variedades de brócoli más difundidas en el país son: Coronado, Legacy, Marathon y Shogun.</p>	
<p><b>4.4.1</b> El brócoli presenta los siguientes requerimientos para su mejor conservación:</p>	
<p>a) Temperatura 0°C, humedad relativa 95%, la vida útil va de 21 días a 28 días.</p>	
<p>b) Temperatura 5°C, humedad relativa 95%, la vida útil es de 14 días.</p>	
<p>c) Temperatura 10°C, humedad relativa 95%, la vida útil es de 5 días.</p>	
<p><b>5. REQUISITOS</b></p>	
<p><b>5.1 Requisitos específicos</b></p>	
<p><b>5.1.1</b> Requisitos físicos. De acuerdo con los grados de calidad, las pellas, además de cumplir con los requisitos y tolerancias permitidos, deben tener las siguientes características:</p>	
<p><i>(Continúa)</i></p>	

**Anexo 2. Determinación de materia seca parcial (msp) por el método gravimétrico**

La muestra se seca a 65°C, de temperatura hasta que se haya eliminado aproximadamente un 95% de agua. La muestra se lleva a equilibrio a humedad constante.

**Equipo:**

- Bandejas
- Estufa
- Balanza (aproximación a 0,5g)
- Bolsas de papel

**Procedimiento:**

- La muestra preparada (mezclada y homogenizada), se pesa de 200 a 500 gramos. La cantidad de muestra que se tome depende el contenido de humedad.
- Colocar en las bolsas de papel cuidando de que la muestra no quede demasiado compacta.
- Colocar las bolsas en la estufa a temperatura de 65°C, hasta peso constante.
- Colocar las bolsas en un lugar seco hasta que se equilibre la humedad de la muestra con la del ambiente.
- Pesar la muestra y moler a través de un tamiz de 1mm.
- Depositar la muestra molida en un recipiente que no permita la entrada de aire.
- Identificar la muestra con el registro del laboratorio.

**Cálculo:**

$$\% MSP = \frac{\text{Peso de la muestra parcialmente seca}}{\text{peso muestra "Tal como ofrecido"}} \times 100$$

$$\% HI = 100 - \% MSP$$

\* Porcentaje de humedad inicial (%HI) = Porcentaje de humedad parcial (%HP)

### **Determinación de materia seca total (MST)**

La humedad de la muestra se pierde por volatilización a causa del calor. La cantidad de material residual después de eliminar la humedad, constituye la materia seca.

#### **Equipo.**

- Estufa a 105 °C
- Crisoles
- Desecador
- Balanza analítica

#### **Procedimiento:**

- Los crisoles debes ser lavados, secados por espacio de 8 horas a 105 °C y luego enfriados en el desecador, hasta temperatura ambiente.
- Pesar por diferencia entre 1.5 a 2 gramos de muestra en el recipiente. Llevar a la estufa a 105 °C durante una noche. A la mañana siguiente retire los recipientes con la muestra y coloque en un desecador, hasta enfriar a temperatura ambiente.
- Pesar en balanza analítica.

#### **Cálculo:**

$$\% MS = \frac{\text{Peso de la muestra seca}}{\text{peso muestra antes del secado}} \times 100$$

$$\% HH = 100 - \% MS$$

Porcentaje de humedad higroscópica (%HH): para muestras parcialmente secas (PS)

**Cálculo de humedad total y materia seca, para conversión a base seca.**

El secado a 65 °C, no elimina el agua de muy baja presión de vapor presente en la muestra, por lo que es necesario someterla a temperatura más elevadas a 105 °C, con vacío parcial, durante 8 horas hasta peso constante, como se indica en el método anterior.

La pérdida de peso que aquí se obtiene, indica la humedad retenida, `por la muestra y relacionándola con la pérdida de peso obtenida por secado a 65 °C, nos permite determinar el porcentaje total de humedad de la muestra alimenticia, mediante la siguiente fórmula:

$$H = HI + \frac{(100 - HI) \times HH}{100}$$

H= Humedad total en porcentaje.

HI= Humedad inicial (HI) en porcentaje.

HH= Humedad Higroscópica (HH) en porcentaje.

% MS = 100 - %H

### **Anexo 3. Determinación de cenizas**

La muestra se incinera a 600 °C para quemar todo el material orgánico.

#### **Equipo.**

- Mufla
- Crisoles
- Desecador
- Balanza analítica

#### **Procedimiento:**

- Coloque los crisoles limpios y secos en la mufla a 600°C, durante una hora. Enfríelos en el desecador. Péselos.
- Pese por diferencia 1,5 a 2 gramos de muestra homogenizada en el crisol.
- Colocar en la mufla a 600°C, hasta cenizas blancas grisáceas

### **Anexo 4. Determinación de proteínas totales: determinación del nitrógeno total por el método de kjeldahl (método de referencia).**

Como consecuencia de su estructura a base de aminoácidos individuales, el contenido en nitrógeno de las proteínas varía sólo entre unos límites muy estrechos (15 a 18% en promedio 16%). Para la determinación analítica del contenido en proteína total, se determina por lo general el contenido de nitrógeno (N) tras eliminar la materia orgánica con ácido sulfúrico (método de Kjeldahl), calculándose finalmente el contenido de proteína con ayuda de un factor (en general  $f = 6.25$ ). Se asume que el  $\text{SO}_3$  que se forma durante el tratamiento a altas temperaturas se adiciona como ácido de Lewis al grupo NH del enlace peptídico (base de Lewis) de la proteína, formándose el correspondiente ácido amidosulfónico, el que posteriormente se transforma en sulfato amónico por degradación. El sulfato amónico se determina a continuación, tras liberación del  $\text{NH}_3$  y destilación, por medio de una valoración ácido-base.

Como en el tratamiento Kjeldahl de alimentos no se determinan sólo proteínas o aminoácidos libres, sino también ácidos nucleicos y sales de amonio y también nitrógeno ligado de compuestos orgánicos o vitaminas, el nitrógeno ligado orgánico se expresa como "nitrógeno total calculado como proteína o como "proteína total" ( $\text{N} \times f$ ).

No obstante, como por lo general los alimentos sólo contienen cantidades traza de compuestos aromáticos nitrogenados y de vitaminas, el error así cometido se considera

despreciable.

### **Fundamento**

La sustancia a investigar se somete a un tratamiento oxidativo con ácido sulfúrico concentrado en presencia de una mezcla catalizadora (las sales/óxidos metálicos sirven para el transporte de oxígeno con formación intermedia de oxígeno nascente; el sulfato potásico sirve para elevar el punto de ebullición, alcanzándose temperaturas de 300-400°C durante la digestión). Del sulfato amónico formado se libera el amoníaco por tratamiento alcalino y éste se transporta con ayuda de una destilación en corriente de vapor a un recipiente con ácido bórico y se realiza una titulación con una solución valorada de ácido sulfúrico. El contenido en proteína de la muestra se calcula teniendo en cuenta el contenido medio en nitrógeno de la proteína en cuestión.

### **Reactivos:**

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado p.a. (98%)

Catalizador

NaOH 40%

Solución H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 4%

Solución H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1 N

Indicador Mortimer: 0,016% rojo de metilo, 0,083% verde de bromocresol en etanol

### **Determinación:**

#### **a) Digestión**

Colocar la cantidad adecuada de muestra (de acuerdo al contenido estimado de nitrógeno) entre 0,1 y 4 g con una precisión de  $\pm 1$  mg, en el tubo Kjeldahl de 500 ml. Agregar catalizador y 10-20 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado. Todo el material debe estar sumergido en el ácido para que no haya pérdidas de nitrógeno. Setear la rampa de temperatura. La digestión demanda entre 1 y 2 horas

#### **b) Destilación**

Preparar un erlenmeyer con 25-50 ml de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 4% (sobre el cual se va a recoger el NH<sub>3</sub> destilado) y gotas de indicador Mortimer (color rojo), y colocarlo a la salida del

refrigerante cuidando que el extremo del mismo quede sumergido en la solución ácida. El equipo ira agregando la cantidad necesaria de solución de NaOH 40% como para neutralizar el ácido sulfúrico. El indicador vira a azul cuando empieza a destilarse el NH<sub>3</sub> por arrastre en corriente de vapor. Se sigue destilando hasta llegar a aproximadamente 200 ml en el erlenmeyer colector (los primeros 150 ml de destilado contienen generalmente la totalidad del NH<sub>3</sub>).

**c) Valoración**

El destilado se valora con solución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1 N, hasta lograr el viraje del indicador Mortimer al color inicial rojo.

**d) Blanco**

Se debe realizar un blanco de reactivos, siguiendo las mismas indicaciones pero sin colocar muestra en el balón.

**Cálculos:**

$$\text{Proteína total \%} = (V_{\text{Muestra}} - V_{\text{Blanco}}) \times N_{\text{Acido}} \times 1.4 \times F/g_{\text{Muestra}}$$

Siendo  $V_{\text{Muestra}}$  ml de ácido gastados en la valoración de la muestra

$V_{\text{Blanco}}$	ml de ácido gastados en la valoración del blanco
$N_{\text{Acido}}$	normalidad del ácido sulfúrico
0.014	peso del meq de nitrógeno, en g
F	factor de conversión de nitrógeno a proteína
$g_{\text{muestra}}$	peso en g de la muestra

En los cálculos para convertir nitrógeno a proteínas, usar el factor 6,25 para carnes, 5,7 para cereales y soja y 6,38 para leche y derivados

## Anexo 5. Determinación de fibra

### PRE TRATAMIENTO DE LA MUESTRA

#### DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA

El método se basa en la solubilización de compuestos no celulósicos mediante soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de potasio (hidróxido de sodio).

#### Reactivos:

- a) Ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 1,25% -  $0,255 \pm 0,005$  N. (12,5 g 98% concentrado a 1000 ml con agua destilada). Controlar la concentración por titulación.
  - b) Hidróxido de potasio (KOH) 1,25% -  $0,223 \pm 0,005$  N, libre de carbonato. 12,5 g hasta 1000 ml con agua destilada. Controlar la concentración por titulación.
  - c) n-octanol como antiespumante.
  - d) Acetona anhidra.
- 1) Determine por separado la humedad de la muestra en un horno a 105 °C de peso constante. Enfriar el desecador.
  - 2) Pese con precisión 1 gramo de la muestra triturada (1mm aproximadamente) con aproximación de 1 mg.
  - 3) Agregue 150 ml de ácido sulfúrico, precalentar con la placa caliente para reducir el tiempo requerido para hervir.
  - 4) Agregue 3-5 gotas de n-octanol como agente antiespumante.
  - 5) Hervir 30 minutos exactamente desde el inicio de la ebullición.
  - 6) Conectar al vacío para drenar el ácido sulfúrico.
  - 7) Lave tres veces con 30 ml (crisol lleno hasta la parte superior) de agua desionizada. Conectar cada vez al aire comprimido para agitar el contenido del crisol.
  - 8) Después de drenar el último lavado, agregar 150 ml de hidróxido de potasio precalentado (KOH) 1,25% y 3-5 gotas de antiespumante.
  - 9) Dejar hervir 30 min.
  - 10) Filtrar y lavar según el punto 7.
  - 11) Realice un último lavado con agua desionizada fría para enfriar el crisol y luego lave tres veces el contenido del crisol con 25 ml de acetona, revolviendo cada vez con aire comprimido.

- 12) Retire el crisol y determine el peso seco después de secar en un horno a 105 °C durante una hora o hasta peso constante y haber dejado enfriar en un desecador. Este peso representa la fibra bruta más el contenido de ceniza.
- 13) Cuando el contenido de ceniza es requerido, los crisoles se colocan en una mufla a 550 °C durante tres horas y se vuelven a pesar después de enfriarlos en un desecador.
- 14) Retire la ceniza y, si es necesario, limpie los crisoles mediante un procedimiento de oxidación.

**Nota:** La determinación de fibra cruda según Weende es un método oficial en Italia, Francia, Reino Unido, Suecia, Estados Unidos de América, etc.

Según U.S. AOAC, 15ª edición, la solución de hidróxido de potasio se reemplaza por una solución de hidróxido de sodio 0,313 + 0,005 N, (12,5 g de NaOH hasta 1000 ml con agua destilada).

## Anexo 6. Protocolo para coliformes/ *E. coli*

### 3M Placas Petrifilm™ para el Recuento de *E. coli*/ Coliformes Recomendaciones de uso

Para información detallada sobre ADVERTENCIAS, PRECAUCIONES, COMPENSACIONES POR GARANTÍA / GARANTÍA LIMITADA, LIMITACIONES POR RESPONSABILIDAD DE 3M, ALMACENAMIENTO Y ELIMINACIÓN, e INSTRUCCIONES DE USO, remítase al inserto de producto en el paquete.

### Almacenamiento



- 1 Almacene los paquetes cerrados a una temperatura <math>\leq 8\text{ }^{\circ}\text{C}</math> (<math>\leq 46\text{ }^{\circ}\text{F}</math>). Las placas deben usarse antes de su fecha de caducidad. En áreas de alta humedad, donde la condensación puede ser un inconveniente, es recomendable que los paquetes se atemperen al ambiente del lugar de trabajo antes de abrirlos.

Las Placas Petrifilm tienen un tiempo de vida útil de 18 meses desde su fecha de elaboración. Observe la fecha de caducidad



- 2 Para cerrar un paquete abierto, doble el extremo y séllelo con cinta adhesiva para evitar el ingreso de humedad y, por lo tanto, la alteración de las placas.



- 3 Mantenga los paquetes cerrados (según se indica en el punto 2) a temperatura <math>\leq 25\text{ }^{\circ}\text{C}</math> (<math>\leq 77\text{ }^{\circ}\text{F}</math>) y una humedad relativa <math>\leq 50\%</math>.

**No refrigere** los paquetes que ya hayan sido abiertos. Utilice las Placas Petrifilm máximo un mes después de abierto el paquete

### Preparación de la muestra



- 4 Prepare una dilución de una muestra de alimento. \* Pese o pipeteo la muestra en un recipiente adecuado, como una bolsa Stomacher, una botella de dilución o cualquier otro contenedor estéril apropiado.

\*Vea las indicaciones para *Productos Lácteos y Jugos*.



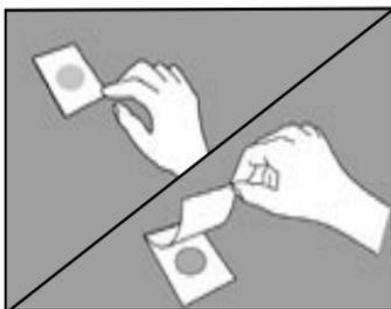
- 5 Adicione la cantidad apropiada de uno de los siguientes diluyentes estériles: tampón Butterfield (tampón IDF fosfato, 0.0425 g/L de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  y con pH ajustado a 7.2); agua de peptona al 0.1%; diluyente de sal peptonada (método ISO 6887); *buffer* de agua peptonada (método ISO 6579); solución salina (0.85 a 0.90%); caldo letheen libre de bisulfato o agua destilada

No utilice *buffers* que contengan citrato, bisulfito o tiosulfato de sodio, porque pueden inhibir el crecimiento.

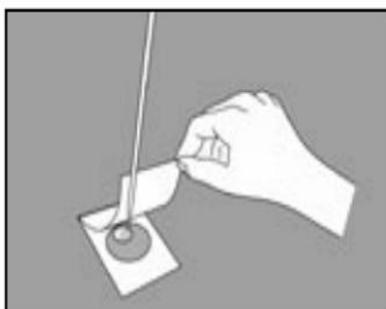


- 6 Mezcle u homogenice la muestra mediante los métodos usuales.

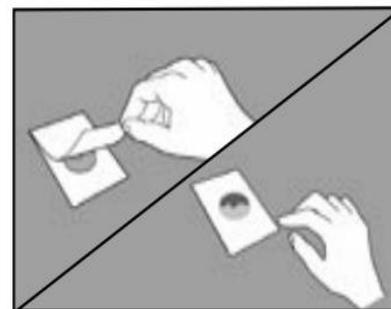
## Inoculación



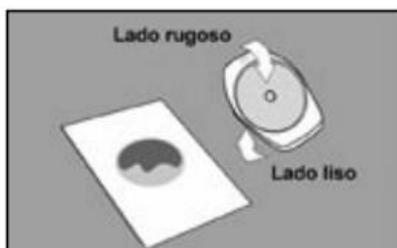
- 7 Coloque la Placa Petrifilm en una superficie plana y nivelada. Levante la película superior.



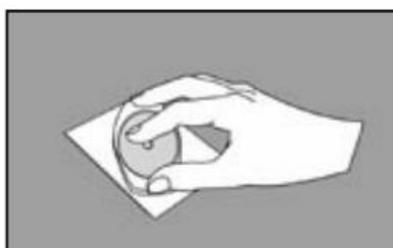
- 8 Con la Pipeta Electrónica 3M™, o una pipeta equivalente **perpendicular** a la Placa Petrifilm, coloque 1 mL de la muestra en el centro de la película inferior.



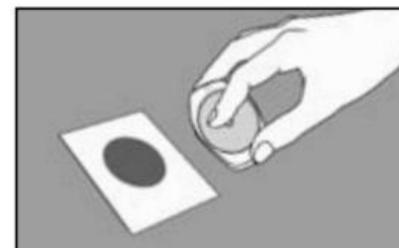
- 9 Baje con cuidado la película superior para evitar que atrape burbujas de aire. **No** la deje caer.



- 10 Con el lado **liso** hacia abajo, coloque el dispersor en la película superior sobre el inóculo.

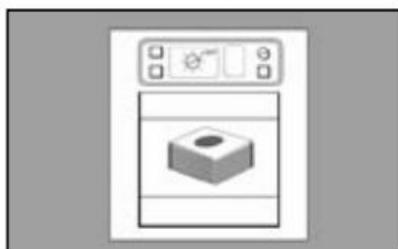


- 11 Presione **suavemente** el dispersor para distribuir el inóculo sobre el área circular. No gire. Ni deslice el dispersor.



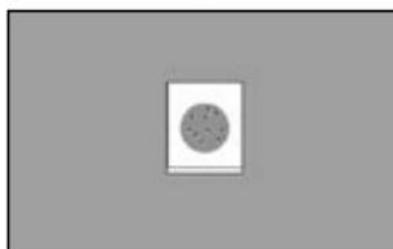
- 12 Levante el dispersor. Espere, por lo menos un minuto, a que solidifique el gel.

## Incubación



- 13 Incube las placas cara arriba en grupos de no más de 20 piezas. Puede ser necesario humectar el ambiente de la incubadora con un pequeño recipiente con agua estéril, para minimizar la pérdida de humedad.

## Interpretación



- 14 Las Placas Petrifilm pueden ser contadas en un contador de colonias estándar u otro tipo de lupa con luz. Consulte la Guía de Interpretación para leer los resultados.



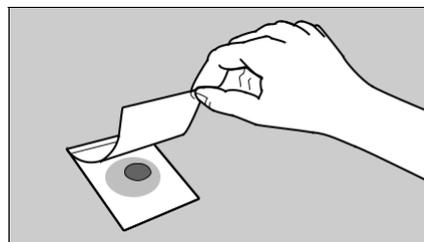
- 15 Las colonias pueden ser aisladas para su posterior identificación. Levante la película superior y tome la colonia del gel.

## Anexo 7. Protocolo para mohos y levaduras

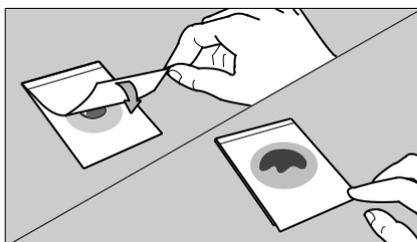
Guía de interpretación: Placas 3M™ Petrifilm™ para Recuento Rápido de Mohos y Levaduras

### Instrucciones de uso:

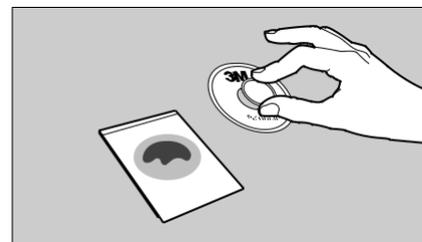
#### Procedimiento de inoculación



**1** Coloque la Placa 3M Petrifilm para el Recuento Rápido de Mohos y Levaduras en una superficie plana y nivelada. Levante la película superior y agregue 1 mL de lamuestra con la 3M™ Pipeta Electrónica perpendicular en el centro de la película inferior



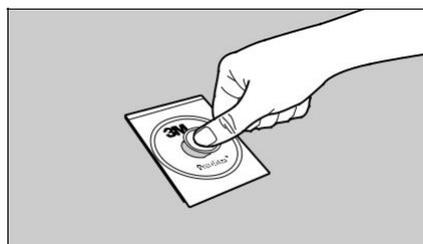
**2** Baje la película superior sobre la muestra.



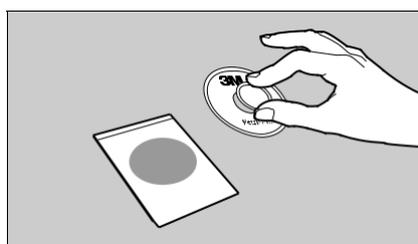
**3** Coloque el 3M™ Petrifilm™ Difusor Plano (No. de cat. 6425) u otro difusor plano en el centro de la Placa 3M Petrifilm para el Recuento Rápido de Mohos y Levaduras.

#### Utilice diluyentes estériles apropiados:

Solución amortiguadora de fosfato Butterfield (ISO 5541-1), agua peptonada bufferada (ISO), 0.87% de agua peptonada, diluyente de sal peptonada, solución salina (0.85 a 0.90%), caldo Lethen libre de bisulfito o agua destilada. **No utilice diluyentes que contengan citrato, bisulfito o tiosulfato con las Placas 3M Petrifilm para el Recuento Rápido de Mohos y Levaduras, ya que pueden inhibir el crecimiento.** Si se indica el uso de una solución amortiguadora de citrato en el procedimiento estándar, reemplácela por 0.1 % de agua peptonada, calentada a una temperatura de 40 a 45 °C

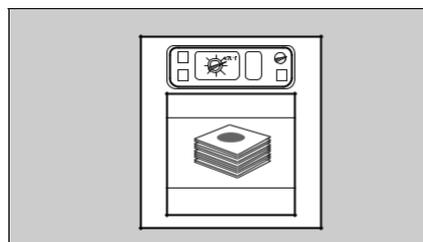


**4** Presione firmemente el centro del Difusor para distribuir la muestra de manera uniforme. Difunda el inóculo por toda el área de crecimiento de la Placa 3M Petrifilm para el Recuento Rápido de Mohos y Levaduras antes de que se forme el gel. No deslice el Difusor a través de la película.



**5** Retire el Difusor y deje sin mover la Placa 3M Petrifilm para el Recuento Rápido de Mohos y Levaduras por lo menos durante un minuto, para permitir que se forme el gel.

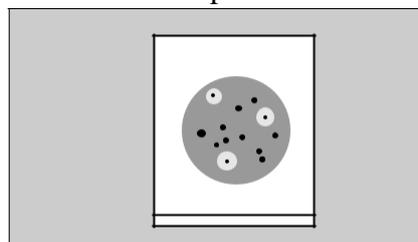
#### Incubación



**6** Incube la Placa 3M Petrifilm para el Recuento Rápido de Mohos y Levaduras a 25-28 °C durante 48 ± 2 horas\* en posición horizontal, con la película transparente hacia arriba, en pilas de no más de 40 placas.

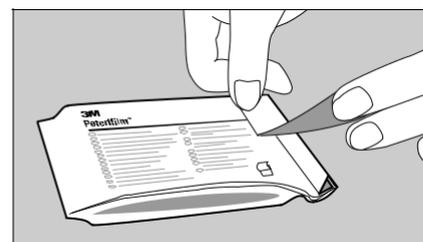
\*Si las colonias son apenas visibles, déjelas en un periodo de incubación de 12 horas

#### Interpretación



**7** Lea los resultados para las levaduras y los mohos a las 48 horas. Ciertos mohos y levaduras de crecimiento más lento pueden aparecer apenas visibles a las 48 horas. Para mejorar la interpretación de estos mohos, incúbelos por 12 horas más.

#### Almacenamiento



**8** Selle la bolsa plegando el extremo y pegándolo con cinta adhesiva. Para evitar la exposición a la humedad, no refrigere las bolsas abiertas. Almacene las bolsas reselladas en un ambiente fresco (20 a 25 °C) y seco (con una HR menor al 60 %) durante un máximo de 4 semanas.

**Anexo 8. Hoja de evaluación para análisis organoléptico**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA  
FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES  
RENOVABLES  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**Nombre del evaluador (a):** ..... **Fecha:**  
.....

**Instrucciones:** marque con una x de acuerdo a lo percibido

Atributo organoléptico	Valoración de la escala	Descripción	Resultado
Color	5	Me gusta mucho	
	4	Me gusta moderadamente	
	3	No me gusta ni me disgusta	
	2	Me disgusta moderadamente	
	1	Me disgusta mucho	

Atributo organoléptico	Valoración de la escala	Descripción	Resultado
Flavor	5	Muy bueno	
	4	Bueno	
	3	NI gusta / NI disgusta	
	2	Disgusta un poco	
	1	Disgusta moderadamente	

Atributo organoléptico	Valoración de la escala	Descripción	Resultado
Textura	5	Muy firme	
	4	Firme	
	3	Poco firme	
	2	Poco blanda	
	1	Muy blanda	

**GRACIAS POR SU COLABORACIÓN**