

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Diseño de un sistema poscosecha de frutas y hortalizas para la Red
de Productores y Comercializadores de la Fundación Maquita”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniera de Alimentos

Presentado por:

Loayza Agila Katherine Lisseth

Tumbaco De La O Gisella Maribel

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2020

DEDICATORIA

El siguiente trabajo lo dedico a mis padres Luis Loayza y Mercedes Agila por confiar siempre en mí y por su apoyo constante durante esta etapa. A mi hermano Luis, mi abuelita Lida y mi abuelito Segundo que está en el cielo. Este logro obtenido es y será por y para ustedes.

Katherine Lisseth Loayza Agila

El presente proyecto lo dedico a mis padres Manuel y Mercedes por ser mi pilar fundamental a lo largo de mi vida. A mis papitos Higinio y Lidia por enseñarme lo valioso de disfrutar los pequeños momentos. A mi enamorado, por su paciencia y cariño.

Gisella Maribel Tumbaco De La O

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi agradecimiento a Dios, por brindarme fortaleza y sabiduría para culminar esta etapa. A mis padres por enseñarme con el ejemplo y por su sacrificio constante. Al tutor de tesis, Ph.D. Jonathan Coronel, por brindarnos sus conocimientos y apoyo durante el desarrollo del presente trabajo. A mi compañera de tesis, Gisella Tumbaco por sus palabras de aliento y apoyo mutuo. Finalmente, a mi hermano, abuelos, tíos, primos y amigos por su motivación y buenos deseos.

Katherine Lisseth Loayza Agila

Mis más sinceros agradecimientos a nuestros profesores, formadores de criterios en cada etapa transcurrida. A Ph.D. Jonathan Coronel por su apoyo y palabras de aliento. A mi familia y hermanos por la paciencia y motivación. A mis amigos y compañeros por ser un gran equipo de trabajo.

Gisella Maribel Tumbaco De La O

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución. Nosotras, *Katherine Lisseth Loayza Agila* y *Gisella Maribel Tumbaco De La O* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”.



Loayza Agila
Katherine Lisseth



Tumbaco De La O
Gisella Maribel

EVALUADORES



M.Sc. Hayde Torres C.
PROFESOR DE LA MATERIA



Ph.D. Jonathan Coronel L.
PROFESOR TUTOR

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ABREVIATURAS.....	III
SIMBOLOGÍA	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
CAPÍTULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Descripción del problema	1
1.2. Justificación del problema	2
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo General	2
1.3.2. Objetivos específicos	2
1.4. Marco teórico.....	3
1.4.1. Factores fisiológicos	3
1.4.2. Factores microbiológicos	5
1.4.3. Factores ambientales que afectan el deterioro	6
1.4.4. Factores físicos.....	7
1.4.5. Manejo poscosecha	8
1.4.6. Tecnologías aplicadas para la conservación de frutas y hortalizas	8
1.4.7. Limpieza y desinfección de frutas y hortalizas	9
CAPÍTULO 2.....	10
2. METODOLOGÍA.....	10
2.1. Levantamiento de información	10
2.1.1. Encuesta dirigida	10
2.1.2. Población de estudio.....	11

2.2.	Curvas de crecimiento y supervivencia de microorganismos	11
2.2.1.	Microbiología predictiva	11
2.2.2.	Herramienta de predicción microbiológica	11
2.3.	Caracterización teórica de la materia prima	12
2.4.	Caracterización teórica de microorganismos.....	13
2.5.	Variables teóricas evaluadas.....	13
2.5.1.	Variable de respuesta	13
2.5.2.	Factores de crecimiento y supervivencia de microorganismos.....	14
2.6.	Evaluación de dosis mínima infectiva.....	15
2.7.	Evaluación de costos asociados a propuesta planteada	16
CAPÍTULO 3.....		17
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	17
3.1.	Proceso poscosecha convencional en frutas y hortalizas	17
3.2.	Evaluación microbiológica de las frutas y hortalizas mediante ComBase	19
3.2.1.	Evaluación del efecto de la temperatura.....	19
3.2.2.	Evaluación del efecto de la actividad de agua	23
3.2.3.	Evaluación de la dosis mínima infectiva	27
3.3.	Propuesta de operaciones poscosecha.....	29
3.4.	Análisis de costos para la implementación de un sistema poscosecha.....	32
CAPÍTULO 4.....		35
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	35
4.1.	Conclusiones.....	35
4.2.	Recomendaciones.....	37
BIBLIOGRAFÍA		
APÉNDICE		

RESUMEN

Las mayores pérdidas por alimentos ocurren en las etapas de producción, cosecha y almacenamiento como resultado de un incorrecto manejo poscosecha e influenciado por la ausencia de métodos de conservación. Los productores y comercializadores de la Fundación Maquita de las provincias de Manabí, Pichincha, Esmeraldas y Guayas, realizan actividades poscosecha que afectan la calidad comercial de frutas (limón, naranja y tomate de árbol); y hortalizas (brócoli, cebolla, pimiento verde). Por esta razón, el presente trabajo tiene como objetivo elaborar una guía de manejo poscosecha de frutas y hortalizas para la reducción de las pérdidas considerables generadas durante la comercialización. Para el desarrollo de este proyecto fue empleada la herramienta ComBase, para el estudio del crecimiento microbiológico de *L. monocytogenes*, *E. coli* y *Salmonella spp.* bajo condiciones de temperatura (10, 15, 20, 30°C) y actividad de agua (0.98, 0.985, 0.99, 0.995). Con base en el análisis de cada factor, se establecieron condiciones de almacenamiento seguras a temperatura de 10°C y actividad de agua de 0.98. Estos parámetros presentaron una tasa máxima de crecimiento ($\mu_{\text{máx.}}$) menor y un tiempo de duplicación mayor. Además, fueron evaluadas las dosis mínimas infectivas de cada microorganismo deteriorante. Posteriormente, se realizó un análisis de costos para la implementación de un sistema poscosecha tecnológico, determinando una inversión de \$13,387.47 lo que sugiere una reducción de pérdidas poscosecha en 30.75%.

Palabras Clave: pérdida poscosecha, dosis infectiva, microorganismos deteriorantes, ComBase.

ABSTRACT

*The greatest food losses occur at the production, harvest and storage stage because of incorrect post-harvest handling and influenced by the absence of conservation methods. The producers and marketers of the Fundación Maquita of the provinces of Manabí, Pichincha, Esmeraldas and Guayas, carry out post-harvest activities that affect the commercial quality of fruits (lemon, orange, tree tomato); vegetables (broccoli, onion, green pepper). For this reason, the present work aims to develop a post-harvest handling guide for fruits and vegetables to reduce the considerable losses that are generated during marketing. For the development of this project, ComBase tool was used to study of the microbiological growth of *L. monocytogenes*, *E. coli* and *Salmonella* spp. under conditions of temperature (10, 15, 20, 30 °C) and water activity (0.98, 0.985, 0.99, 0.995). Based on the analysis of each factor, safe storage conditions at temperature of 10°C and water activity of 0.98 were determined. These parameters had a lower maximum growth rate (μ_{max}) and higher duplication time. In addition, the minimum infectious doses of each spoilage microorganism were evaluated. Subsequently, the cost analysis was carried out for the implementation of a post-harvest technology system, determining an investment of \$13,387.47 suggesting a reduction in post-harvest losses by 30.75%.*

Keywords: *post-harvest loss, infective dose, spoilage microorganism, ComBase.*

ABREVIATURAS

FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
USD	Dólares de los Estados Unidos
INEN	Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización
NTE	Norma Técnica Ecuatoriano
UFC	Unidades Formadoras de Colonia
MPD	Maximum Poblational Density
ppm	Parte por millón
ETA	Enfermedades Transmitidas por Alimentos
Log	Logaritmo
td	Tiempo de duplicación
pH	Potencial de hidrógeno
aw	Water Activity
$\mu_{\text{máx.}}$	Tasa máxima de crecimiento
DE	Diámetro ecuatorial
DP	Diámetro polar
M	Masa
PMP	Pathogen Modeling Program
NCBI	National Center for Biotechnology Information

SIMBOLOGÍA

%	porcentaje
°C	grados centígrados
>	mayor
<	menor
g	gramo
min	minuto
h	hora
mm	milímetros
kg	kilogramo

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Modelos matemáticos de crecimiento microbiano	6
Figura 3.1 Diagrama de proceso poscosecha convencional	17
Figura 3.2 Efecto de temperatura sobre <i>L. monocytogenes</i>	20
Figura 3.3 Efecto de temperatura sobre <i>E. coli</i>	21
Figura 3.4 Efecto de temperatura sobre <i>Salmonella spp.</i>	22
Figura 3.5 Efecto de la actividad de agua sobre <i>L. monocytogenes</i>	24
Figura 3.6 Efecto de la actividad de agua sobre <i>E. coli</i>	25
Figura 3.7 Efecto de la actividad de agua sobre <i>Salmonella spp.</i>	26
Figura 3.8 Tiempo de dosis mínima infectiva en <i>L. monocytogenes</i>	27
Figura 3.9 Tiempo de dosis mínima infectiva en <i>E. coli</i>	28
Figura 3.10 Tiempo de dosis infectiva mínima en <i>Salmonella spp.</i>	29
Figura 3.11 Diagrama multiproducto	31
Figura 3.12 Porcentaje de pérdidas poscosecha.....	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Frutas y hortalizas con mayor demanda.....	10
Tabla 2.2 Caracterización fisicoquímica de frutas y hortalizas	12
Tabla 2.3 Características de crecimiento de microorganismos de estudio.....	13
Tabla 2.4 Temperaturas de estudio para cada microorganismo.....	14
Tabla 2.5 Niveles de actividad de agua	15
Tabla 2.6 Dosis mínimas infectiva para microorganismos estudiados	15
Tabla 3.1 Costos asociados a la implementación de la propuesta	33

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción del problema

En el 2016, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) estimó que 1300 millones de toneladas de alimentos al año se pierden o se desperdician alrededor del mundo, de las cuales 127 millones de toneladas se pierden en países latinoamericanos. Además, la principal contribución a la huella de carbono proviene de origen vegetal (21%). En este contexto se ha identificado que las etapas donde se producen mayores pérdidas, desperdicios y generación de subproductos son la producción primaria, venta y procesamiento (56%). Cabe mencionar que, durante actividades agrícolas, transporte y almacenamiento, se destacan los daños físicos, microbiológicos y fisiológicos como los principales causantes de pérdidas de alimentos (FAO, 2012).

En Ecuador, según el estudio realizado en conjunto con el Ministerio de Agricultura y Ganadería y la FAO, muestran que las pérdidas de alimentos en las etapas de producción, cosecha y almacenamiento llegan a 939.000 toneladas métricas al año, resultando en USD 334 millones de pérdidas económicas irreversibles (Paucar, 2019). Adicionalmente, las pérdidas de alimentos generadas son el resultado de las condiciones inadecuadas de manejo y almacenamiento que existe en los canales de suministro y comercialización de frutas y hortalizas (Hollenstein & Red de Saberes, 2019).

La red de productores y comercializadores de la Fundación Maquita cuenta con un escaso desarrollo tecnológico implicado en la poscosecha, prácticas inadecuadas de limpieza por parte del productor agrícola, limitaciones de infraestructura y exposición del alimento a condiciones desfavorables durante el transporte y almacenamiento. Estos factores podrían contribuir al desarrollo de condiciones favorables para el crecimiento de microorganismos causantes de la descomposición de alimentos, afectando

el valor nutricional y características organolépticas que son percibidas por el consumidor (Landeta & Castillo, 2017).

1.2. Justificación del problema

Por medio de encuestas realizadas a socios de la Red de Productores y Comercializadores de la Fundación Maquita, se identificó la falta de información sobre el correcto manejo y conservación de frutas y hortalizas. En este contexto, se evidenció la carencia de un proceso correcto de limpieza y desinfección, uso no adecuado de productos químicos, problemas de logística y falta de métodos de conservación para el almacenamiento. Como consecuencia, se genera pérdidas económicas considerables y se compromete la inocuidad del producto, afectando la salud y bienestar del consumidor.

Por lo tanto, bajo el escenario descrito y la información recopilada se evidencia la necesidad de elaborar una guía para el manejo y conservación de frutas (tomate de árbol, naranja valenciana, limón) y hortalizas (cebolla morada, pimiento verde, brócoli) para la Red de productores y comercializadores de la Fundación Maquita, con la finalidad de mitigar pérdidas tanto económicas como de alimentos.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Elaborar una guía de manejo poscosecha de frutas y hortalizas destinada a la Red de productores y comercializadores de la Fundación Maquita para la reducción de pérdidas generadas durante la comercialización.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Obtener información sobre el manejo convencional de frutas y hortalizas a través de encuestas dirigidas.
2. Analizar las condiciones teóricas seguras de conservación para frutas y hortalizas considerando aspectos fisiológicos y microbiológicos.
3. Calcular los costos asociados a la guía planteada para su futura implementación.

1.4. Marco teórico

Los factores involucrados en el deterioro de frutas y hortalizas frescas pueden ser de tipo fisiológicos, microbiológicos o mecánicos. Además, la intervención de factores externos como temperatura, humedad relativa y composición atmosférica influyen considerablemente en la pérdida de calidad de estas, (Ahmad et al., 2018).

1.4.1. Factores fisiológicos

Las frutas y hortalizas son estructuras vivas con características fisiológicas y estructurales propias, las cuales una vez cosechadas están expuestas a diversos cambios estructurales, bioquímicos y de componentes específicos. Parte de estos cambios pueden ser controlados, si existe un correcto manejo y almacenamiento poscosecha (Arias & Toledo, 2007). Las pérdidas asociadas a las etapas o procesos implicados durante la poscosecha se deben principalmente por procesos de maduración natural, condiciones ambientales y por una mala manipulación (Kasso & Bekele, 2018). Debido a esto, resultan pérdidas de importancia económica y social tanto para los productores, comercializadores y consumidores.

1.4.1.1. Producción de etileno

El etileno es un gas producido naturalmente por algunas frutas y hortalizas, interviene en la maduración y senescencia de ciertos frutos climatéricos como el banano, kiwi y manzana, el cual sino es controlado a tiempo puede causar el deterioro y pérdida de valor nutricional y comercial de estos (Balaguera et al., 2015).

La producción de etileno en los frutos no climatéricos como el brócoli, pimiento, cebolla, limón, naranja y tomate de árbol es en pequeñas proporciones y su concentración también es mínima (Casp, 2014). Para lograr una mejora en la vida poscosecha de frutas y hortalizas, es

necesario mantener niveles bajos de etileno en la atmósfera y evitar que frutas y hortalizas que producen concentraciones significativas de etileno se coloquen junto a alimentos que son sensibles a este gas durante su almacenamiento (Yahia, 2019).

1.4.1.2. Maduración

Las frutas y hortalizas al ser productos altamente perecederos están expuestas al proceso de maduración. Este se lleva a cabo en las etapas finales de crecimiento y desarrollo, conduciendo a una madurez fisiológica y hortícola (Kader, 2014). La velocidad en la que se lleve a cabo el proceso de maduración va a depender del tipo de fruta, ya sea esta climatérica o no climatérica, el grado de madurez y la zona o región donde son producidas (Arias & Toledo, 2007). Durante el proceso de maduración, las frutas y hortalizas obtienen características organolépticas fundamentales tales como color, aroma, sabor y textura, que permiten que sean aptas para el consumo. Así mismo, el proceso de maduración puede producir cambios fisiológicos no deseados resultando en la muerte celular (Martínez et al., 2017).

1.4.1.3. Respiración

La respiración es un proceso metabólico mediante el cual se llevan a cabo reacciones que implican la degradación oxidativa de compuestos orgánicos (carbohidratos, proteínas, ácidos orgánicos) a moléculas más simples como agua y dióxido de carbono. Por consiguiente, se libera energía requerida para cumplir cada proceso biológico implicado en el crecimiento (Casp, 2014). Por otra parte, la vida útil del alimento en el almacenamiento se verá afectada por un incremento del ritmo respiratorio (Arias & Toledo, 2007).

1.4.1.4. Transpiración

Gran parte de frutas y hortalizas frescas contiene agua en su estructura, representando del 80 a 95% de su peso (Casp, 2014). Durante el manejo poscosecha y almacenamiento de frutas y hortalizas se producen

pérdidas considerables de agua debido a el proceso de transpiración. Las pérdidas de agua se dan en forma de vapor a través de la piel, contribuyendo a la pérdida de peso y calidad nutricional, con la consecuente reducción de la vida útil del alimento (Holcroft, 2015).

1.4.2. Factores microbiológicos

Los daños por microorganismos causan alteraciones a nivel de los tejidos de las frutas y hortalizas, así mismo provocan exudación, sabor y olor desagradable. Bacterias del género *Erwinia spp.* y algunos del género *Pseudomonas spp.* son las involucradas dentro del deterioro de hortalizas (FHIA, 2007).

Los hongos causan alteraciones en el cultivo provocando podredumbres blandas, grises y la consecuente muerte del cultivo ocasionando pérdidas económicas para el productor. La mayor influencia por hongos se les atribuye a los géneros *Fusarium* (Fraire, y otros, 2010), *Penicillium spp.* (Visintin et al., 2007), *Botrytis spp.* (Aktaruzzaman, Afroz, Hong, & Kim, 2017) y *Arternaria spp.* (Gago, 2015).

Sin embargo, la superficie de las frutas y hortalizas llega a ser contaminada por el manejo previo y posterior a la cosecha, esta contaminación viene dada por bacterias asociados a partículas de tierra u otro tipo de suciedad adherida a la fruta como *E. coli*, *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes* y *Bacillus spp.* (Hanning et al., 2008).

1.4.2.1. Curvas de crecimiento microbiológico

Para predecir el crecimiento y supervivencia de microorganismos bajo factores intrínsecos (actividad de agua, pH, nutrientes) como extrínsecos (temperatura) se emplean curvas de crecimiento. El crecimiento microbiológico puede dividirse en fase de retardo o lag, exponencial, estacionaria y muerte (Ramaswamy, 2015).

Este crecimiento microbiano es realizado en dos pasos. El primero, es realizar modelos matemáticos primarios para relacionar el tamaño de población microbiana y el tiempo. Mediante un segundo modelo se

describe la relación entre los parámetros del modelo primario y condiciones ambientales (Garre Pérez et al., 2016). En la Tabla 1.1, se presentan los modelos matemáticos que describen el crecimiento microbiano.

Figura 1.1 Modelos matemáticos de crecimiento microbiano

Modelo		Propuesto por:
Primario	Modelo Gompertz	<i>Zwetering et al (1990)</i>
	Cinética de primer orden de ratio	<i>Baranyi y Roberts (1994)</i>
	Modelo trilineal	<i>Buchanan et al (1997)</i>
	Modelo estocástico	<i>McKellar (2001)</i>
Secundario	Para ratio máximo de crecimiento	<i>Wijzes et al (1993)</i>
	Para la duración de la fase de adaptación	<i>Ratkowsky et al (1982)</i>

Fuente: (Garre Pérez et al., 2016)

1.4.3. Factores ambientales que afectan el deterioro

La temperatura, humedad relativa, composición atmosférica y etileno son factores ambientales de relevancia. La exposición prolongada y un control inadecuado de estos parámetros puede afectar directamente en el tiempo de vida útil, características organolépticas, contribuyendo al rápido deterioro de frutas y hortalizas (Benichou et al., 2018).

1.4.3.1. Temperatura y Humedad Relativa

La temperatura y humedad relativa son factores ambientales de relevancia debido a su influencia directa en el deterioro de frutas y hortalizas poscosecha. La exposición prolongada a inadecuadas temperaturas contribuye a que trastornos fisiológicos se lleven a cabo. Los productos frescos, como brócoli y pimiento, expuestos a fuentes directas de calor están propensos a sufrir lesiones en su estructura limitando el crecimiento y provocando la muerte de los tejidos (Ahmad et al., 2018).

A pesar del uso de bajas temperaturas para prolongar la vida poscosecha, ralentizar el crecimiento microbiano y evitar pérdidas de calidad, las consecuentes lesiones por frío se ponen de manifiesto a

temperaturas menores a 10°C. Esto interviene en el desarrollo de sabores desagradables, pérdida de color interno y superficial y la exposición al ataque de microorganismos patógenos afectando la calidad del alimento y a la vida útil (Yahia, 2019).

El contenido de humedad relativa durante el almacenamiento debe mantenerse en un rango de 85% a 95%, valores mayores al 95% podrían generar un ambiente propicio para el crecimiento de bacterias y hongos, afectando el valor nutricional y la calidad del alimento (Benichou et al., 2018).

1.4.3.2. Composición atmosférica y Etileno

El aire está conformado principalmente de oxígeno (21%) y nitrógeno (78%) pero existen otros gases como el CO₂ que pueden estar presentes en menores proporciones (Sharp, 2017). El CO₂, O₂, N₂ y el etileno son gases que combinados pueden ejercer un efecto benéfico en la vida útil de frutas y hortalizas poscosecha (Benichou et al., 2018).

Por su parte, el gas etileno es conocido por ser un potente regulador del crecimiento (Iqbal et al., 2017). En algunos alimentos frescos puede tener un efecto antagonista ya que induce a la senescencia, afectando el valor nutricional y el tiempo de vida útil. No obstante, el etileno es utilizado en la tecnología poscosecha en un rango de concentraciones de 0.1 a 1 ppm como promotor para una maduración uniforme y su efectividad va a depender del tipo de fruta y hortaliza que este siendo tratada (Reid, 2007).

1.4.4. Factores físicos

Durante la cosecha y manipulación, las frutas y hortalizas están expuestas a golpes, caídas o cualquier tipo de lesión, estos daños pueden afectar directamente a su estructura provocando una serie de alteraciones físicas que pueden manifestarse como daño en los tejidos. Por otra parte, también pueden promover el desarrollo de reacciones químicas que

pueden resultar en el deterioro de las células propias de cada alimento (Arias & Toledo, 2007).

1.4.5. Manejo poscosecha

Es el conjunto de procedimientos y operaciones tecnológicos que llegan a proteger la integridad y preservar la calidad del alimento acorde a su comportamiento, características químicas y biológicas (Velderrain et al., 2013). Es importante el estudio de cada etapa implicada en el manejo poscosecha, permitiendo cuantificar las pérdidas económicas asociadas a cada una de ellas (Bachmann & Earles, 2000).

Entre las etapas que presentan mayor problemática en el manejo poscosecha son: Recepción, Selección, Clasificación y Almacenamiento.

1.4.6. Tecnologías aplicadas para la conservación de frutas y hortalizas

1.4.6.1. Refrigeración en alimentos frescos

La refrigeración en alimentos retarda los procesos biológicos y químicos, y a su vez el deterioro, la pérdida de calidad y los nutrientes llegando a extender su vida útil por varios días en el almacenamiento (Cengel & Boles, 2011).

1.4.6.2. Atmósferas Controladas y Modificadas

El uso de atmósferas controladas consiste en la modificación de la composición gaseosa dentro de una cámara frigorífica con el control de temperatura, humedad y circulación del aire. El efecto del frío sobre la actividad de agua evita problemas fisiológicos y pérdidas por senescencia (Pinto et al., 2016). Mientras, a atmósfera modificada en alimentos hortofrutícolas reduce la actividad metabólica y mejora el tiempo de vida útil.; esto se debe a la modificación de las concentraciones principalmente de O_2 y dentro del empaque, y esto puede darse de forma activa o pasiva (Ochoa & Guerrero, 2016).

1.4.6.3. Ceras

Actualmente los recubrimientos comestibles poseen un gran potencial para el transporte de agentes antimicrobianos, nutrientes y especias que

llegan a prolongar la vida útil del producto y reducen el riesgo de crecimiento de patógenos en la superficie de los alimentos. La finalidad de las ceras es encapsular el interrumpiendo de esta manera la producción de etileno y minimizando la pérdida fisiológica de agua (Dhall, 2013).

1.4.7. Limpieza y desinfección de frutas y hortalizas

1.4.7.1. Compuestos clorados

El cloro es el desinfectante más usado, debido a su bajo costo. Además, las concentraciones de soluciones de hipoclorito son de 50 a 200 ppm por un tiempo de exposición de 1 o 2 min para la desinfección de superficies de frutas y hortalizas (Garmendia & Vero, 2015).

1.4.7.2. Amonio Cuaternario

Compuestos de amonio cuaternario son usados en la desinfección de paredes, suelos, maquinaria y superficies de contacto directo con alimentos. En el caso de alimentos, no aprueban su uso a menos que el mismo sea pelado antes de su consumo. Estos, presentan ventajas sobre otros desinfectantes al no ser corrosivos y ser estables a altas temperaturas. Presentan mayor eficacia en hongos, levaduras y bacterias Gram positivas, aunque su efecto es menor en Gram negativos como *coliformes* o *Salmonella spp.* (Parish et al., 2003).

1.4.7.3. Ozono

Existen tratamientos con ozono en fase acuosa otorgando un alto grado de desinfección y genera efluentes con menor carga contaminante. Así mismo, permite el reúso de agua en el proceso de lavado contribuyendo una reducción en el consumo de esta (Parish et al., 2003). En estudios *in vitro* realizados con agua ozonizada muestra que la aplicación de ozono es eficaz en bacterias vegetativas que esporuladas. Mientras, *Pseudomonas spp.* requiere 5 min con 1 ppm de concentración para una reducción decimal de 5 log; *Escherichia Coli*, *S. aureus* y *Salmonella spp.* sólo necesita 1 min de aplicación a la misma concentración para lograr una similar reducción decimal (Frisón et al., 2013).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

En base a investigación primaria y secundaria se determinaron tres tipos de frutas y hortalizas como objeto de estudio, Tabla 2.1 . Además, se consideró las de mayor demanda y producción con relación a nuestro cliente actual.

Tabla 2.1 Frutas y hortalizas con mayor demanda

Frutas	Nombre científico
Limón sutil	<i>Citrus limon</i>
Tomate de árbol	<i>Cyphomandra betacea</i>
Naranja Valenciana	<i>Citrus sinensis</i>
Hortalizas	
Brócoli	<i>B. oleracea var. itálica</i>
Cebolla morada	<i>Allium cepa</i>
Pimiento verde	<i>Capsicum annum</i>

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020

2.1. Levantamiento de información

La información de los productores y comercializadores vinculados a la Red se obtuvo a través del representante de la Fundación Maquita, Sr. Celso Alveros. Adicionalmente, mediante la técnica de encuestas dirigidas se generó información actualizada sobre las condiciones de manejo y comercialización de los productos, además de la situación socioeconómica de los productores.

2.1.1. Encuesta dirigida

Con el fin de obtener información relevante sobre manejo poscosecha y las pérdidas asociados a las mismas, se desarrolló un cuestionario con preguntas abiertas para esquematizar las etapas poscosecha que se realizan actualmente. Así mismo, el cuestionario abarcó temas relacionados con el uso de productos químicos, condiciones de almacenamiento y comercialización.

2.1.2. Población de estudio

Para la realización de este proyecto, aportaron con información 12 productores de las Provincias de Esmeraldas, Guayas, Manabí y Pichincha vinculados a la Red de la Fundación Maquita. Estas entrevistas fueron realizadas mediante llamadas telefónicas y se obtuvieron datos de tipo cualitativos.

2.2. Curvas de crecimiento y supervivencia de microorganismos

2.2.1. Microbiología predictiva

Con el fin de determinar el comportamiento de microorganismos en las frutas (limón sutil, tomate de árbol, naranja valenciana) y hortalizas (brócoli, cebolla morada, pimiento verde) seleccionadas, se utilizó la microbiología predictiva.

Mediante el uso de modelos matemáticos asociados a la microbiología predictiva se evaluó de manera combinada el efecto de los factores extrínsecos (temperatura) e intrínsecos (actividad de agua, pH) que afectan el desarrollo de microorganismos. A través de revisión bibliográfica se pudo encontrar diversos softwares como: PMP, Combase, Sym'Previous, CB Premium, que utilizan modelos predictivos microbiológicos. Se seleccionó Combase debido a que su interfaz se ajusta a las variables de estudio seleccionadas.

2.2.2. Herramienta de predicción microbiológica

Se utilizó la herramienta ComBase para predecir el crecimiento y supervivencia de microorganismos. Esta herramienta permitió acceder a investigaciones y publicaciones previas sobre curvas de crecimiento y supervivencia de microorganismos deteriorantes tales como *Listeria monocytogenes*, *Salmonella spp*, *Pseudomonas spp*, *Escherichia coli*, entre otros; asociados con alteraciones fisiológicas y enfermedades transmitidas por alimentos (ETA's).

2.3. Caracterización teórica de la materia prima

Para conocer los factores intrínsecos y extrínsecos de cada alimento, se realizó la recopilación de información primaria a través de artículos científicos, bases de datos y buscadores tales como Google Scholar, PubMed, PubChem, NCBI, Scielo, Bio-Protocol y Journal of Food Protection. Con base en esta información se establecieron los valores para cada factor, mostrándose en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Caracterización fisicoquímica de frutas y hortalizas

Frutas/ Hortalizas	Caracterización			Fuente
	H (%)	aw	pH	
Limón sutil	90-95	0.998	2.34	(Arpaia & Kader, 2017) (Schmidt & Fontana, 2007) (Irkin et al., 2015)
Tomate de árbol	86.5	0.98	3.84 – 4.09	(Preciado et al., 2018) (Rodríguez, 2014) (Pinzón et al., 2014)
Naranja (variedad valencia)	87.9	0.984	4.0	(Mbogo et al., 2010) (Durán & Villa, 2013)
Cebolla morada	65-75	0.982	5.30 – 5.80	(Schmidt & Fontana, 2007) (McGlynn, 1992)
Pimiento verde	93.3	0.998	5.15	(Schmidt & Fontana, 2007) (McGlynn, 1992)
Brócoli	90	0.99	6.59	(Badui, 2006) (Schmidt & Fontana, 2007) (Casaubon et al., 2018)

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020

Para el caso del limón, se eligió un pH de 6.23 siendo del extracto de la cáscara de limón (Irkin et al., 2015), con el fin de conocer el comportamiento de los microorganismos sobre la superficie de esta fruta.

2.4. Caracterización teórica de microorganismos

De manera similar, se identificaron las bacterias asociadas a la contaminación directa e indirecta que se puede dar dentro del manejo poscosecha por malas prácticas realizadas por el productor. Se estableció *L. monocytogenes*, *E. coli* en hortalizas y *Salmonella spp.* en frutas.

Para lo cual, en la Tabla 2.3 se muestran los valores mínimos, óptimos y máximos de pH, temperatura y aw, los cuales facilitan el crecimiento de los microorganismos antes mencionados.

Tabla 2.3 Características de crecimiento de microorganismos de estudio

Características	<i>L. monocytogenes</i>			<i>E. coli</i>			<i>Salmonella spp.</i>		
	Mínimo	Óptimo	Máximo	Mínimo	Óptimo	Máximo	Mínimo	Óptimo	Máximo
Temperatura (°C)	-1.5	30-37	45	7	35-40	46	5.2	35-43	46.2
pH	4.0	6-8	9.60	4.4	6-7	10	3.8	7-7.5	9.5
Actividad de agua	0.90	0.97	> 0.99	0.95	0.99	> 0.99	0.93	0.99	> 0.99

Fuente: (Dias, 2013)(ELIKA, 2013)

2.5. Variables teóricas evaluadas

Para conocer el efecto de la temperatura y actividad de agua (aw) sobre la tasa máxima de crecimiento ($\mu_{\text{máx.}}$) y el tiempo de duplicación (td) de *L. monocytogenes*, *E. coli* y *Salmonella spp.* se propuso estudiar del efecto individual de estos factores. Esto nos permitió evaluar el crecimiento de estos microorganismos y conocer las condiciones seguras de almacenamiento. Además, estas condiciones fueron evaluadas para conocer el tiempo en el cual se alcanza la dosis mínima infectiva.

2.5.1. Variable de respuesta

Se establecieron como variables de respuesta $\mu_{\text{máx.}}$ y td. En este sentido, se identificó la temperatura de almacenamiento y aw seguras para extender la vida útil de frutas y hortalizas conservando las características

de calidad. Para esto, se consideró el nivel del factor que presentó una menor $\mu_{\text{máx.}}$ y un t_d mayor. Una $\mu_{\text{máx.}}$ menor está asociada a un retardo en el crecimiento microbiano y un t_d mayor involucra un aumento en el tiempo requerido para que una población se duplique.

2.5.2. Factores de crecimiento y supervivencia de microorganismos.

Se estableció la temperatura de almacenamiento y a_w como factores asociados al crecimiento y supervivencia de *L. monocytogenes*, *E. coli* y *Salmonella spp.* Para conocer el crecimiento de la población microbiana se consideró un inóculo inicial de 3 log UFC/g (Pinton et al., 2020). Además, los factores fueron influenciados por las características fisicoquímicas de cada alimento detalladas en la Tabla 2.2.

2.5.2.1. Temperatura de almacenamiento

Para estudiar el efecto de la temperatura de almacenamiento sobre las variables de respuesta, se establecieron cuatro diferentes temperaturas para *L. monocytogenes* y *E. coli*. Las temperaturas para cada microorganismo se mencionan en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4 Temperaturas de estudio para cada microorganismo

Temperatura	Microorganismo	
	<i>Listeria monocytogenes</i>	<i>E. coli</i>
T1	10°C	10°C
T2	15°C	15°C
T3	20°C	20°C
T5	30°C	30°C

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

2.5.2.2. Actividad de agua

Para estudiar el efecto de actividad de agua sobre la variable respuesta, se establecieron cuatro niveles. Los valores se detallan en la Tabla 2.5, de acuerdo con los rangos de hortalizas y frutas estudiadas.

Tabla 2.5 Niveles de actividad de agua

Actividad de agua (aw)	Valor
Aw ₁	0.980
Aw ₂	0.985
Aw ₃	0.990
Aw ₄	0.995

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

La temperatura fue definida en el apartado 2.5.2.1. como la temperatura de almacenamiento que presentó una $\mu_{\text{máx.}}$ menor y un tiempo de duplicación mayor. Los valores de pH e inóculo inicial se mantuvieron constantes.

2.6. Evaluación de dosis mínima infectiva

Las dosis mínimas infectivas para *L. monocytogenes*, *E. coli* y *Salmonella spp.* (Tabla 2.6) fueron evaluadas con la temperatura y actividad de agua que presentaron una menor $\mu_{\text{máx.}}$ y un td mayor en el apartado 2.5.2, estableciéndose como condiciones seguras de almacenamiento. A continuación, se determinó el tiempo requerido para alcanzar estas dosis, con la finalidad de prevenir las ETA's y extender la vida útil del alimento.

Tabla 2.6 Dosis mínimas infectiva para microorganismos estudiados

Microorganismo	Dosis mínima infectiva (UFC/g)	Fuente
<i>E. coli</i>	10 ²	(Luna et al., 2019)
<i>Listeria monocytogenes</i>	10 ⁴	(Castañeda et al., 2014)
<i>Salmonella spp.</i>	10 ⁶	(Durango et al., 2004)

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

En esta evaluación, se fijó un inóculo inicial de 1 log UFC/g para cada microorganismo (Gomes et al., 2019). Adicional a esto, los valores obtenidos en condiciones seguras fueron comparados con condiciones ambientales (30°C) y actividad de agua específica de cada alimento.

2.7. Evaluación de costos asociados a propuesta planteada

La evaluación de costos tuvo como limitante que no todos los productores y comercializadores cultivan o expenden los tres tipos de frutas y hortalizas mencionadas en la Tabla 2.1.

Considerando lo antes mencionado, fueron calculados los costos y porcentajes de pérdidas para cada fruta y hortaliza asociados con el manejo poscosecha actual. Debido a esto, fue conveniente el diseño de un sistema de manejo tecnológico a partir del cual se estimaron las reducciones de las pérdidas poscosecha tras su implementación. Adicionalmente, se consideraron los costos relacionados a materiales y equipos involucrados a la propuesta planteada.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los resultados de las encuestas mostraron, que los cultivos de limón, naranja tomate de árbol, brócoli, cebolla y pimiento son el principal ingreso económico para los 12 productores de las zonas de El Corozo, Borbón, Santa Marianita y El Triunfo. Adicionalmente, se conoció que es común el uso de agua proveniente de pozos para el sistema de riego, además del uso inadecuado de compuestos químicos para la limpieza y desinfección. El resumen de las encuestas realizadas se encuentra en el APÉNDICE 3A.

3.1. Proceso poscosecha convencional en frutas y hortalizas

En la Figura 3.1 se presentan las etapas poscosecha descritas por los productores y comercializadores. Según los resultados obtenidos, todas las frutas y hortalizas, excepto la cebolla morada, presentaron un mismo diagrama de proceso poscosecha.



Figura 3.1 Diagrama de proceso poscosecha convencional

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

A continuación, se describe cada una de las etapas poscosecha de frutas y hortalizas según la información proporcionada por los productores y comercializadores:

- a) **Recolección:** Una práctica común en los productores es recolectar los alimentos, especialmente las frutas, con rasgos de madurez definidas empíricamente a criterio del productor. Por otro lado, las hortalizas son recolectadas retirando la suciedad superficial. La recolección en su mayoría es realizada en sacos y/o bandejas plásticas, aunque también se evidenció el uso de canastos.
- b) **Lavado:** Esta etapa es necesaria para eliminar suciedad y desechos orgánicos provenientes del campo. Sin embargo, el 42% de los productores mencionaron la realización de esta operación. Entre los detalles descritos, se mencionó la falta de un sistema de agua potable que garantice un recurso inocuo. Además, es llamativo que el uso de detergentes sea justificado para la mejora de características del alimento, como solución abrillantadora. De igual manera, se reporta el uso de amonio cuaternario para desinfectar tanto frutas como hortalizas.
- c) **Selección y Clasificación:** Actualmente, no cuentan con un área destinada para realizar esta actividad. En la selección, se mencionó que realizan un descarte de frutas y hortalizas que presentan daños en la superficie, destinándolas al compostaje. La clasificación, es realizada acorde a los criterios empíricos de tamaño, color y estado de madurez.
- d) **Empaquetado:** Es común en los productores el uso de sacos de polipropileno blanco y de malla roja para comercializar su producción.
- e) **Transporte:** Se realiza mediante un estibado de los sacos de polipropileno en el medio de transporte. Además, en épocas con altas precipitaciones, la comercialización de frutas es limitada por el difícil acceso al lugar. Para las hortalizas, una vez colocadas en su empaque son transportadas a su lugar de expendio, siendo principalmente ferias y mercados.

Este sistema poscosecha convencional genera pérdidas de 20% en limón, 30 % en naranja, 25% en tomate de árbol y en hortalizas 22%, 34% y 35% en pimiento, brócoli y cebolla respectivamente.

Por esta razón, se busca extender el tiempo de vida útil de frutas y hortalizas evaluando y definiendo parámetros seguros de almacenamiento. De igual manera, se consideraron los microorganismos patógenos que influyen en el deterioro de frutas y hortalizas y que, a su vez, podrían poner en riesgo la salud del consumidor.

3.2. Evaluación microbiológica de las frutas y hortalizas mediante ComBase

Los resultados fueron obtenidos mediante el uso del software ComBase, que permite el estudio del crecimiento de *L. monocytogenes*, *E. coli* y *Salmonella spp.* en medios de cultivos en condiciones experimentales de laboratorio. Los factores estudiados para la obtención de modelos de crecimiento microbiano fueron temperatura de almacenamiento (10, 15, 20, 30°C) y actividad de agua (a_w) (0.98, 0.985, 0.99, 0.995), a un pH específico de cada fruta y hortaliza.

Estos factores fueron evaluados sobre la variable de respuesta de tasa máxima de crecimiento ($\mu_{m\acute{a}x.}$) y tiempo de duplicación (td). El nivel de estos factores que presente una menor $\mu_{m\acute{a}x.}$ y un td mayor fueron considerados como condiciones seguras de almacenamiento.

3.2.1. Evaluación del efecto de la temperatura

Se evaluó el efecto de la temperatura sobre la variable de respuesta, con a_w e inóculo inicial establecidos en el apartado 2.5.2.1 del Capítulo 2. Además, los valores obtenidos para $\mu_{m\acute{a}x.}$ y td de cada microorganismo se detallan en el APÉNDICE 3B. Por otra parte, en el APÉNDICE 3D se muestran las Figuras obtenidas del estudio del efecto de temperatura y a_w sobre el tiempo de duplicación.

3.2.1.1. Hortalizas

A continuación, se presentan los microorganismos deteriorantes asociados a hortalizas:

i. *Listeria monocytogenes*

En la Figura 3.2, se visualiza que a medida que incrementa la temperatura, $u_{m\acute{a}x}$ aumenta. A diferencia, del t_d presentó valores menores con cada incremento de temperatura (véase Apéndice 3B).

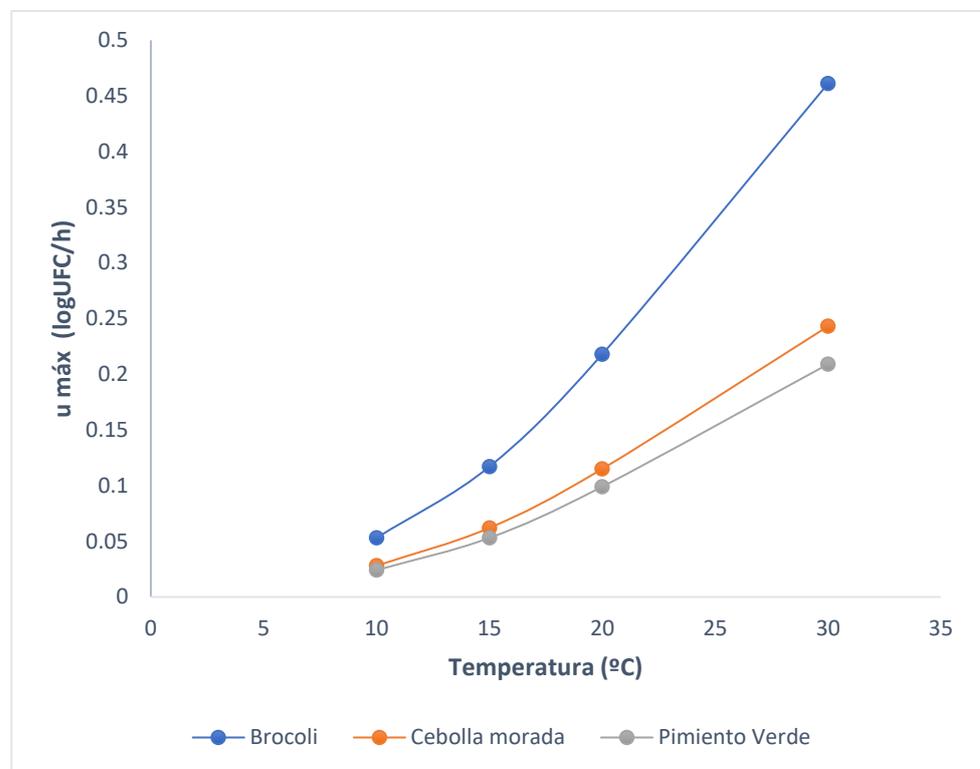


Figura 3.2 Efecto de temperatura sobre *L. monocytogenes*

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

En brócoli, se evidencia un mayor crecimiento microbiológico influenciado por su pH (6.59), al encontrarse en el rango óptimo de crecimiento para *L. monocytogenes*. Además, se observó que $u_{m\acute{a}x}$ incrementó ligeramente a temperaturas de 20 y 30°C en pimiento verde y cebolla morada, presentando valores cercanos entre sí, debido a su valor de pH de 5.15 y 5.55 respectivamente.

ii. *Escherichia coli*

En la Figura 3.3, se visualiza el efecto de la temperatura sobre *E. coli*, en donde es evidente que conforme incrementa la temperatura, $u_{\text{máx}}$ aumenta. No obstante, el t_d disminuye por cada incremento de temperatura (véase APÉNDICE 3B).

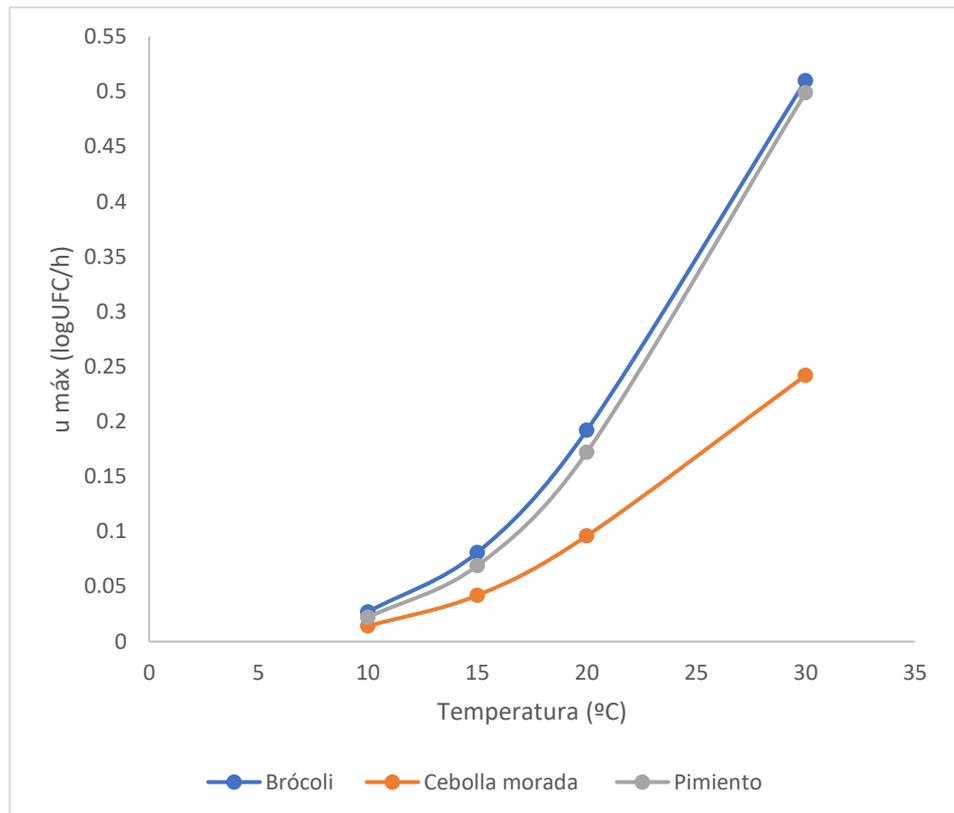


Figura 3.3 Efecto de temperatura sobre *E. coli*.

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

En cebolla morada presentó una tasa máxima de crecimiento menor (0.24 log UFC/g) al ser expuesta a una temperatura de 30°C, a diferencia de las otras hortalizas. Estos resultados se vieron influenciados por el valor óptimo de a_w en brócoli y pimiento, favoreciendo el crecimiento de *E. coli*.

3.2.1.2. Frutas

En el caso de frutas, el microorganismo deteriorante asociado a las malas prácticas realizadas desde la recolección hasta su comercialización se menciona a continuación:

iii. *Salmonella spp.*

En la Figura 3.4, se visualiza el efecto de la temperatura de almacenamiento sobre *Salmonella spp.* para tomate de árbol, naranja y limón.

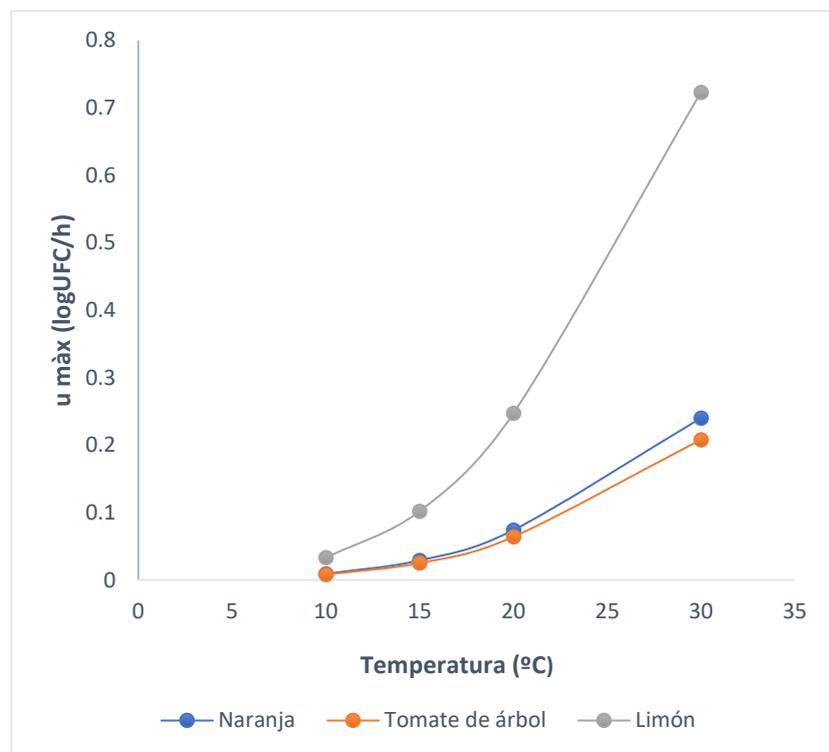


Figura 3.4 Efecto de temperatura sobre *Salmonella spp.*

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

Para naranja y tomate de árbol el crecimiento de *Salmonella spp.* a diferentes temperaturas se vio limitado por el valor de pH presente en estas frutas. Es importante mencionar, que a pH bajos el crecimiento de este microorganismo se ve inhibido. Sin embargo, puede prevalecer en la superficie de frutas debido a una contaminación cruzada.

Por otra parte, los valores de pH ácidos favorecen la proliferación de hongos como *Rhizopus* y *Penicillium*. En el presente proyecto, el efecto de la temperatura y a_w sobre hongos no fue evaluado, debido a que no fue posible encontrar una herramienta de microbiología predictiva asociado a este tipo de microorganismos.

3.2.2. Evaluación del efecto de la actividad de agua

Se evaluó el efecto de la actividad de agua sobre las variables de respuesta, tasa máxima de crecimiento ($\mu_{\text{máx.}}$) y tiempo de duplicación (td), con los valores de pH, inóculo inicial establecidos en el apartado 2.5.2.2 del Capítulo 2.

La temperatura de almacenamiento de 10°C, fue seleccionada por presentar una menor $\mu_{\text{máx.}}$ y td mayor, en donde fue mostrado un crecimiento ralentizado de microorganismos y un tiempo mayor para que una población microbiana se duplique, esto puede ser observado en el apartado 3.2.1.

Los datos obtenidos para cada microorganismo se encuentran detallados en el APÉNDICE 3C. Por otra parte, en el APÉNDICE 3D se muestran las Figuras obtenidas del estudio del efecto de temperatura y a_w sobre el tiempo de duplicación.

3.2.2.1. Hortalizas

A continuación, se presentan los microorganismos deteriorantes asociados a hortalizas:

i. Listeria monocytogenes

En la Figura 3.5, se visualiza el efecto de la actividad de agua a temperatura de 10° C sobre *L. monocytogenes*. En brócoli, se evidencia un crecimiento microbiológico mayor a diferencia de cebolla morada y pimiento verde.

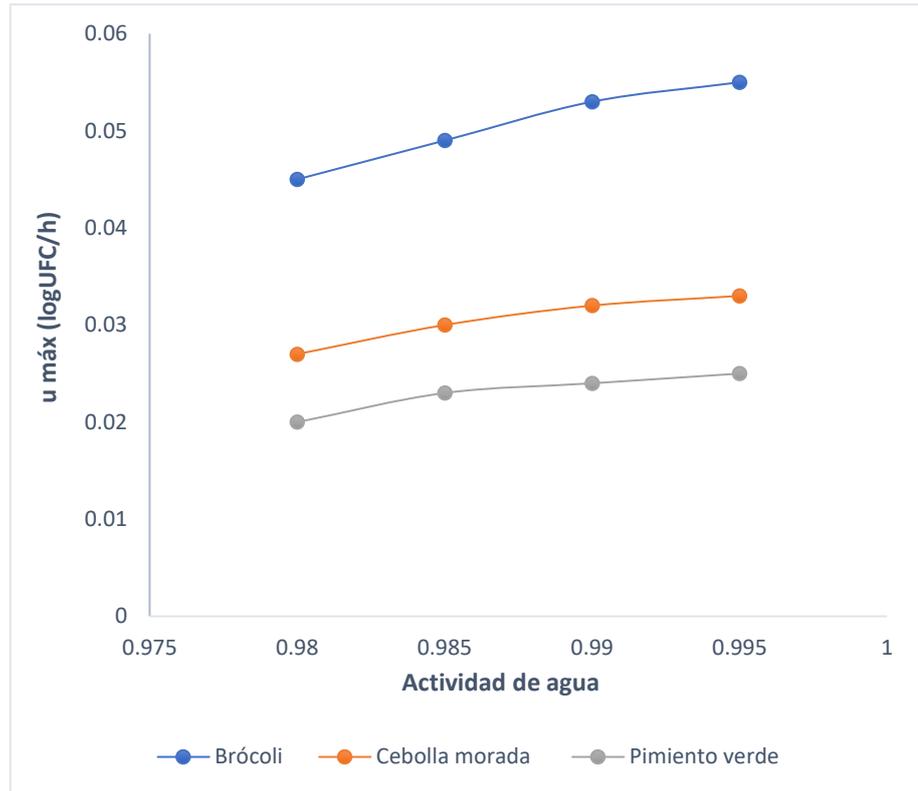


Figura 3.5 Efecto de la actividad de agua sobre *L. monocytogenes*.

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

En este sentido, el crecimiento de *L. monocytogenes* se vio favorecido por el pH (6.59) de esta hortaliza, el cual se encuentra en el rango óptimo de pH (6-8) para el crecimiento de este microorganismo.

ii. *Escherichia coli*

En la Figura 3.6, se visualiza el efecto de la actividad de agua a temperatura de 10° C sobre *E. coli*. En brócoli, se evidencia un crecimiento microbiológico considerablemente mayor a diferencia de las otras hortalizas.

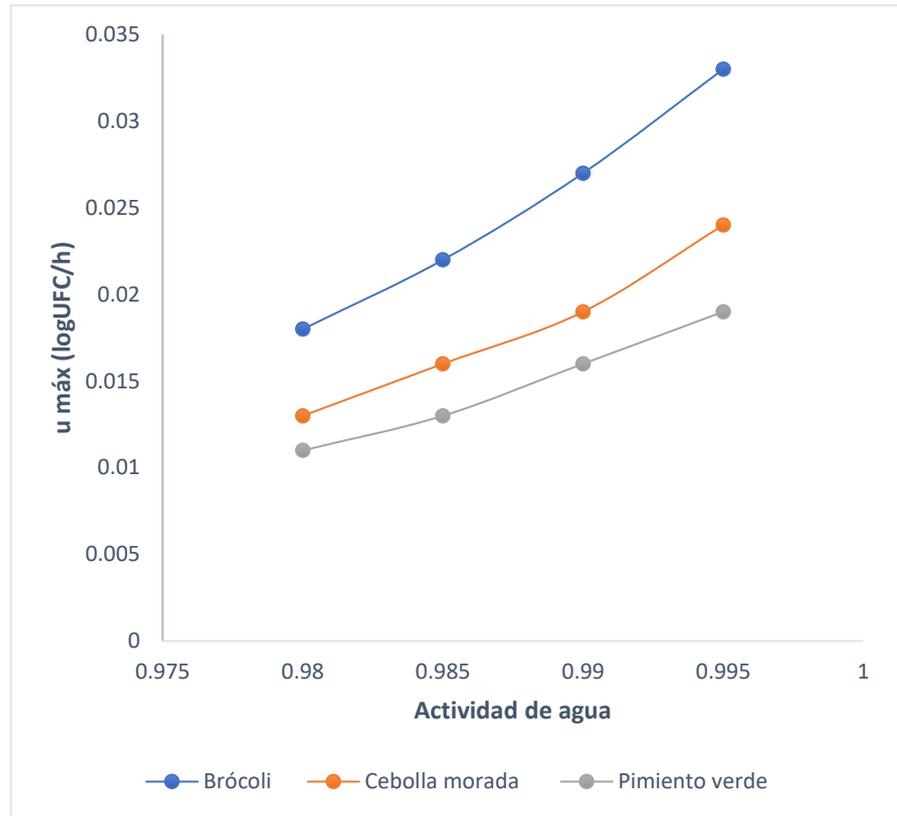


Figura 3.6 Efecto de la actividad de agua sobre *E. coli*.

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

Este crecimiento se vio favorecido por el valor de pH (6.59) que posee esta hortaliza, el cual está dentro del rango óptimo (6-7) de crecimiento para *E. coli*. Sin embargo, las otras hortalizas al poseer un pH menor a 6 y similares entre sí, presentaron valores de $\mu_{\text{máx}}$ muy cercanos.

3.2.2.2. Frutas

En el caso de frutas, el microorganismo deteriorante asociado a las malas prácticas realizadas desde la recolección hasta su comercialización se menciona a continuación:

iii. *Salmonella spp.*

En la Figura 3.7, se visualiza el efecto de la actividad de agua a temperatura de 10° C sobre *Salmonella spp.* En naranja y tomate de árbol se mostró un comportamiento similar, estas frutas poseen un

pH de 4 y 3.96 lo que reduce la tasa de crecimiento microbiológico de *Salmonella spp.*

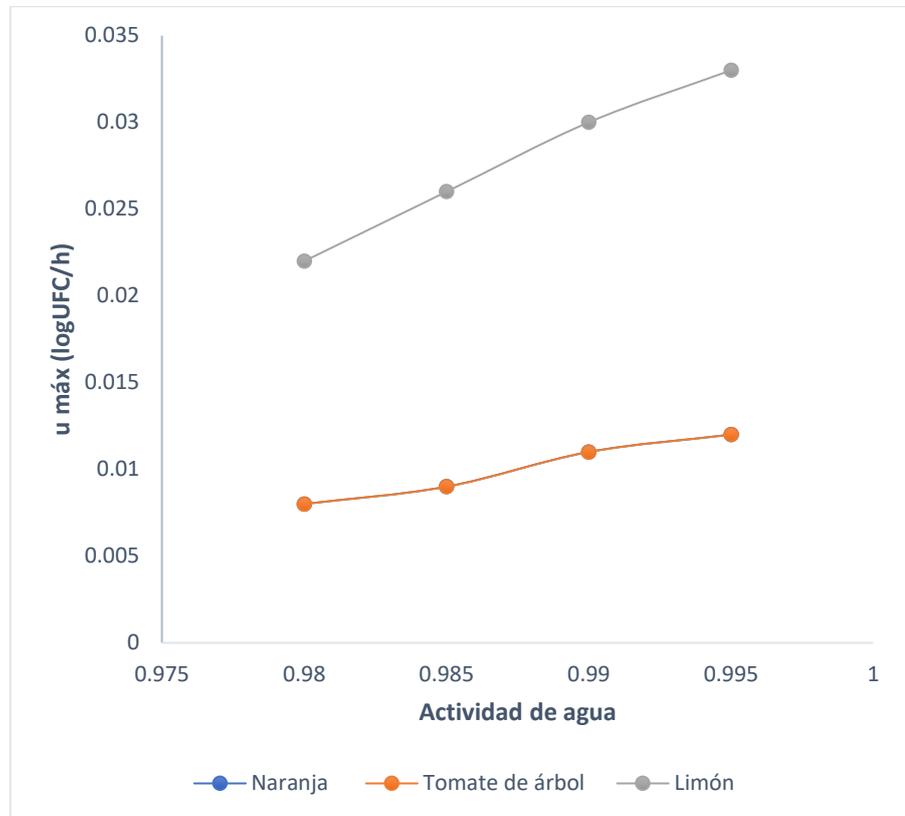


Figura 3.7 Efecto de la actividad de agua sobre *Salmonella spp.*

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

En contraste, el pH de cítricos juega un papel relevante en la inhibición del crecimiento de *Salmonella spp.* Sin embargo, puede prevalecer en la superficie de frutas debido a una contaminación cruzada. Los valores bajos de pH crea un ambiente propicio para la proliferación de hongos como *Penicillium*, que es el responsable del 90% del deterioro de naranjas durante el almacenamiento (Brasil & Siddiqui, 2018).

En el presente proyecto, el efecto de la temperatura y aw sobre hongos no fue evaluado, debido a que no fue posible encontrar una herramienta de microbiología predictiva asociado a este tipo de microorganismos.

3.2.3. Evaluación de la dosis mínima infectiva

Para la evaluación de dosis mínima infectiva, se tomó la temperatura de 10° C y aw de 0.98, estableciéndose como condiciones seguras de almacenamiento. Estos valores fueron seleccionados de los resultados obtenidos del apartado 3.2.1 y 3.2.2. El inóculo inicial y la dosis infectiva para cada microorganismo fue establecido en el apartado 2.6 del Capítulo 2. Así mismo, en el APÉNDICE 3E, se detallaron los valores obtenidos de esta evaluación.

En las Figura 3.8, 3.9 y 3.10, se puede visualizar el tiempo que tomó en alcanzar la dosis mínima infectiva de *L. monocytogenes*, *E. coli* y *Salmonella spp.* respectivamente, tanto en condiciones seguras como ambientales. Las condiciones ambientales establecidas fueron temperatura de 30°C y aw específica de cada fruta y hortaliza.

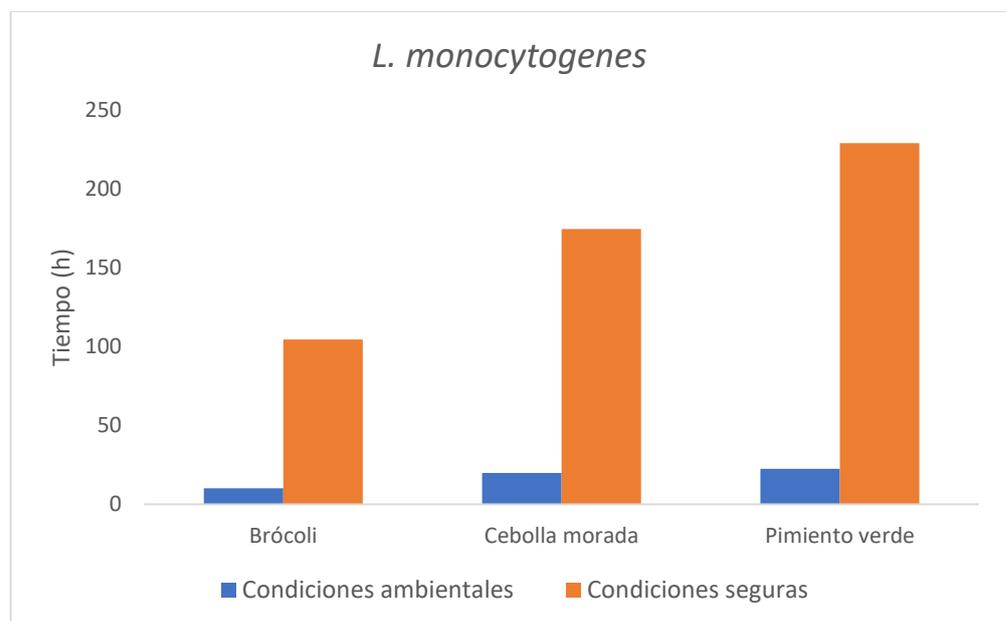


Figura 3.8 Tiempo de dosis mínima infectiva en *L. monocytogenes*.

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

En la Figura 3.8, se observa que *L. monocytogenes* en condiciones ambientales alcanzó la dosis mínima infectiva (10^4 UFC/g) en tiempos de 10, 19 y 22 h para brócoli, cebolla y pimiento respectivamente. Sin

embargo, en condiciones seguras mostró un mayor número de horas para alcanzar las dosis mínimas infectivas en hortalizas (104, 174, 228 h).

Así mismo en la Figura 3.9, para *E. coli* en condiciones ambientales se presentan tiempos de 4, 9 y 4 h para alcanzar las dosis mínimas infectivas (10^2 UFC/g) en brócoli, cebolla y pimiento. Mientras que, en condiciones seguras los tiempos fueron de 128, 178 y 221 h en brócoli, cebolla y pimiento, evidenciándose un notable incremento del tiempo.

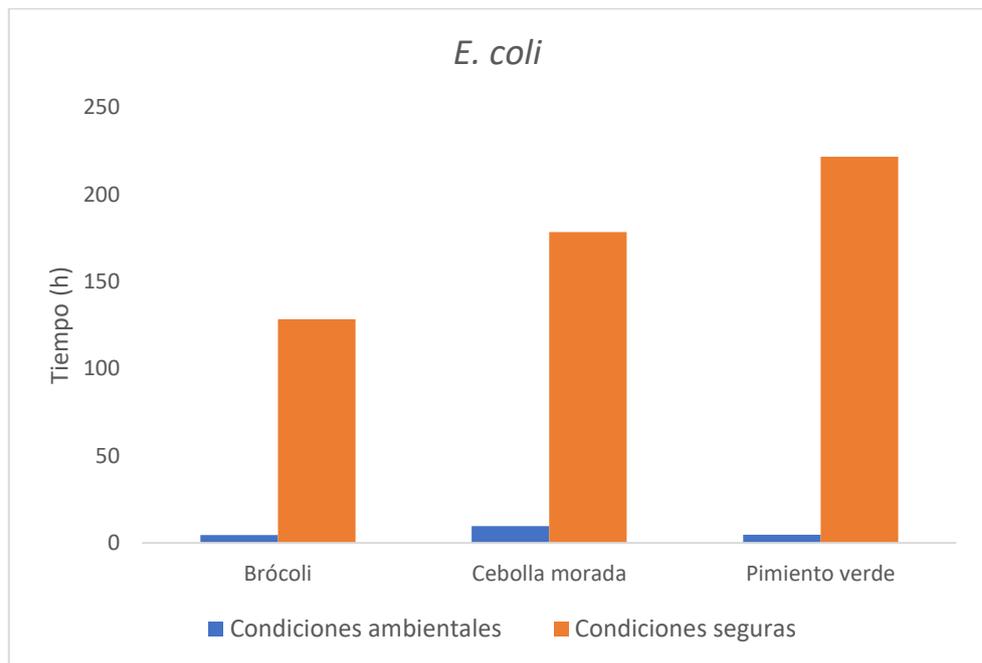


Figura 3.9 Tiempo de dosis mínima infectiva en *E. coli*.

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

Finalmente, en la Figura 3.10 para *Salmonella spp.* bajo condiciones ambientales presentó tiempos para alcanzar la dosis mínima infectiva (10^6 UFC/g) de 27, 31 y 9 h para naranja valenciana, tomate de árbol y limón. No obstante, en condiciones seguras, naranja y tomate de presentaron tiempos de 826 h, esto fue debido a sus valores similares de pH. En cambio, limón presentó un tiempo de 300 h.

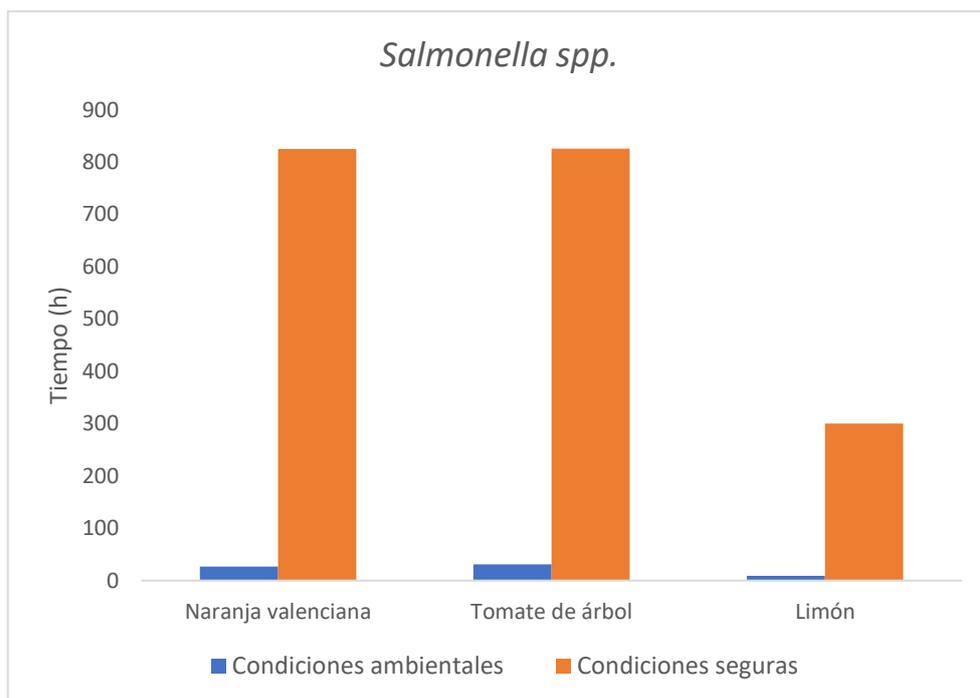


Figura 3.10 Tiempo de dosis infectiva mínima en *Salmonella spp.*

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

Las dosis mínimas infectivas, en condiciones de almacenamiento seguras, de temperatura de 10° C y aw de 0.98, es influenciado únicamente por el pH de cada fruta y hortaliza. Debido a la naturaleza de las frutas de estudio, al poseer pH ácido exhibe una barrera para el crecimiento de *Salmonella spp.* Por el contrario, en hortalizas, bajo condiciones ambientales, se crea un ambiente propicio para la proliferación de bacterias como *L. monocytogenes* y *E. coli* provocando una disminución del tiempo de vida útil y posibles ETA's por el consumo de estas.

3.3. Propuesta de operaciones poscosecha

Basándonos en el análisis de los resultados, es evidente la necesidad de implementar medidas que permitan mitigar las pérdidas de las frutas y hortalizas estudiadas. Por este motivo, con la finalidad de brindar recomendaciones, fue necesario identificar las etapas que presentaron problemas durante el proceso poscosecha.

- a) En la actualidad, la recolección se realiza manualmente y de forma inadecuada causando daños en el tejido externo de frutos, lo que genera pérdidas económicas irreversibles. Por esta razón, se recomienda el uso de instrumentos como tijeras y cuchillos para evitar una manipulación excesiva del alimento y posibles daños mecánicos.
- b) Para una correcta selección y clasificación, debe asignarse un área de trabajo fija con el propósito de obtener características mínimas de calidad relacionadas con la presentación externa del alimento. En el APÉNDICE 3F, se mencionan los criterios mínimos de selección y clasificación que rigen sobre cada fruta y hortaliza acorde a la normativa ecuatoriana.
- c) Para la etapa de lavado en frutas, es recomendable el uso de agua potable; ya que, utilizar agua de pozo y sistemas de riego puede convertirse en una fuente de contaminación. Además, es evidente el uso de compuestos químicos inadecuados. Por tanto, es necesaria la utilización de soluciones de hipoclorito en concentraciones de 50-200 ppm durante 1 o 2 minutos de aplicación (Garmendia & Vero, 2015), a fin de reducir la carga microbiana presente en la superficie del alimento.
- d) El uso de sacos de polipropileno para la comercialización de frutas y hortalizas representa pérdidas por lesiones de compresión e impacto, al ser transportado hacia el lugar de destino. El implementar gavetas plásticas si bien representan una inversión, estas no deben sobrepasar su capacidad máxima para reducir las pérdidas mencionadas. Así mismo, la limpieza y desinfección de las gavetas se debe de realizar de manera periódica y se debe llevar un control de limpieza de estas.
- e) La falta de sistemas de conservación de frutas y hortalizas conlleva a una reducción del tiempo de disponibilidad del alimento en el mercado y por consiguiente para el consumidor. La implementación de un sistema de refrigeración ayudaría a disminuir la tasa de respiración y pérdidas de peso, permitiendo extender la vida útil de cada fruta y hortaliza.

Adicionalmente, en la Figura 3.11 se establece un diagrama multiproducto, donde se consideran las etapas a seguir en el manejo poscosecha

propuesto. Esto fue realizado con el fin de disminuir las pérdidas circunstanciales en la poscosecha dadas por factores físicos, fisiológicos, microbiológicos y ambientales; además, por malas prácticas en la manipulación, déficit de equipos de conservación e infraestructura.

	Limón	Tomate de árbol	Naranja	Cebolla	Brócoli	Pimiento
Recepción y pesado	1	1	1	1	1	1
Selección	2	2	2	2	2	2
Lavado	3	3	3			
Limpieza				3		3
Cortado				4		
Encerado	4		4			
Secado			5			
Clasificación	5	4	6	5	3	4
Pesado	6	5	7	6	4	5
Empaquetado	7	6	8	7	5	6
Almacenamiento / transporte	8	7	9	8	6	7

Figura 3.11 Diagrama multiproducto

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

Para frutas, se observa la incorporación de:

- a) Encerado: Los cítricos después del lavado están propensos a perder su cera natural, por ello es conveniente el uso de recubrimientos comestibles para aumentar la vida útil del producto. La finalidad de

las ceras es encapsular el interrumpiendo de esta manera la producción de etileno y minimizando la pérdida fisiológica de agua.

- b) Secado: Este método de conservación permite reducir el contenido de agua presente en el alimento, es realizado con el fin de evitar la proliferación de microorganismos durante el almacenamiento.

En hortalizas:

- a) Limpieza y cortado: Estas operaciones tienen como propósito eliminar las impurezas y excedentes (raíces, parte aérea) de la superficie de hortalizas después de la cosecha.

Además, se adicionó un pesado al inicio y al final de las etapas, para cuantificar las pérdidas que se dan durante el proceso.

3.4. Análisis de costos para la implementación de un sistema poscosecha

Mediante la información proporcionada por los productores y comercializadores, fue evidente que el manejo poscosecha actual presentan pérdidas. Las pérdidas estimadas representan el 20, 30 y 25% para limón, naranja y tomate de árbol y 34, 35 y 22% para brócoli, cebolla morada y pimiento verde respectivamente. Esto genera pérdidas económicas de \$821,24 mensuales para los productores. Los datos de producción, presentación del producto comercializado y las pérdidas se detallan en el APÉNDICE 3G.

En este sentido, se consideraron dos aspectos importantes para la implementación de la propuesta, siendo:

1. Alta perecibilidad del alimento a comercializarse y,
2. Mayor porcentaje de pérdidas poscosecha.

Basándonos en estas dos premisas, fue seleccionado como objeto de estudio el brócoli (*B. oleracea var. Itálica*), lo que nos permitió realizar un análisis de costos para la implementación de la propuesta. En la Tabla 3.1, se detallan los costos de instrumentos, equipos e insumos necesarios para la implementación de la propuesta.

Tabla 3.1 Costos asociados a la implementación de la propuesta

Etapas	Cantidad	Materiales	Especificación	Precio unitario	Costo
Recepción y Pesado 1	2	Cuchillo para brócoli	mango plástico	\$ 3.88	\$ 15.52
	1	Balanza industrial digital	Capacidad: 100 kg	\$ 80.00	\$ 80.00
	6	Pallets plásticos negros	Largo: 1.20 m Ancho: 1.0 m	\$ 21.00	\$ 126.00
	67	Gavetas plásticas rojas	Alto: 25 cm	\$ 8.50	\$ 569.50
Selección	1	Mesa de acero inoxidable	Largo: 2.2 m Ancho: 0.64 m	\$ 380.00	\$ 380.00
	2	Gavetas plásticas cerradas grises	Alto: 25 cm	\$ 8.50	\$ 17.00
Clasificación	1	Mesa de acero inoxidable	Largo: 2.2 m Ancho: 0.64 m	\$ 380.00	\$ 380.00
Pesado 2	1	Balanza industrial digital	Capacidad: 100 kg	\$ 80.00	\$ 80.00
Empaquetado	60	Gavetas plásticas amarillas	Alto: 25 cm	\$ 8.50	\$ 510.00
Almacenamiento	6	Pallets plásticos	Largo: 1.20 m Ancho: 1.0 m	\$ 21.00	\$ 126.00
	1	Carro plataforma	Largo: 0,520 m Ancho: 0,80 m	\$ 130.00	\$ 130.00
	1	Cámara de refrigeración	Largo: 5,70 m Ancho: 5,10 m Alto: 3 m	\$ 10,973.45	\$ 10,973.45
TOTAL, INVERSIÓN					\$ 13,387.47

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

La inversión estimada para implementar un sistema poscosecha es de \$13,387.47, este valor incluye los equipos e insumos requeridos por cada etapa y la incorporación de una cámara de refrigeración como método de conservación de frutas y hortalizas.

El método de conservación propuesto busca reducir las considerables pérdidas de frutas y hortalizas e incrementar el tiempo de vida útil de estas. La temperatura de 10° C determinada como segura de acuerdo al análisis realizado, fue similar a la establecida por Ferratto et al., 2012 donde fue estimada una reducción en pérdidas del 30.75% para hortalizas. Por lo cual, se podría sugerir que esta reducción se logrará con la implementación del sistema propuesto en este proyecto.

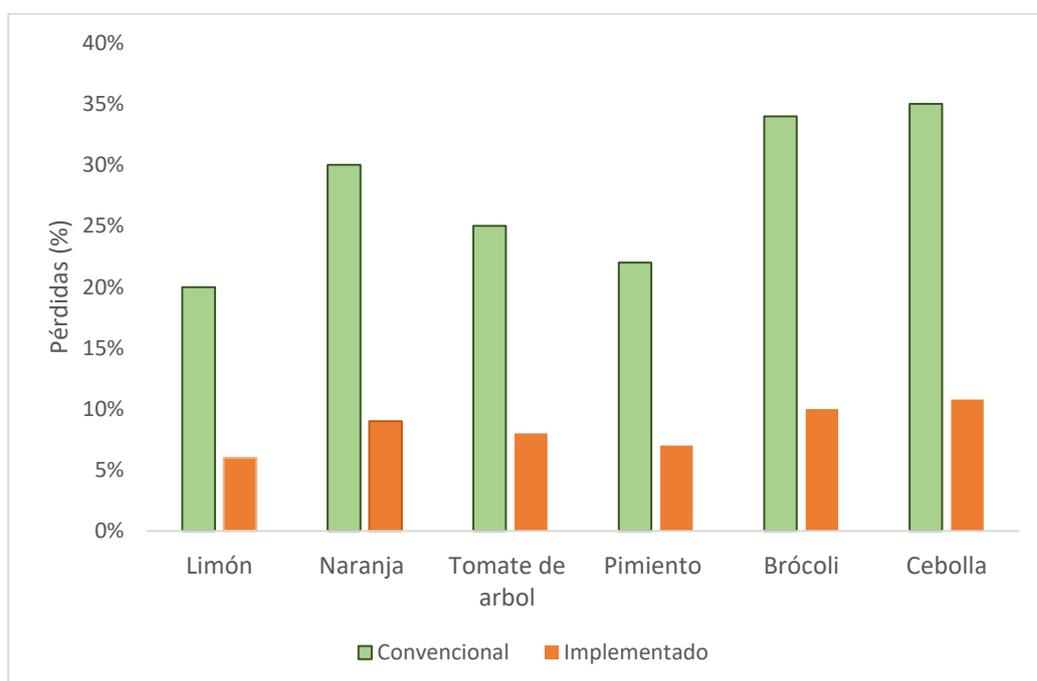


Figura 3.12 Porcentaje de pérdidas poscosecha

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

Basados en este supuesto, en la Figura 3.12, se presentan los porcentajes de reducción en pérdidas de frutas y hortalizas estimados para los dos escenarios planteados. Esto involucrará pérdidas económicas de \$254.48 al mes (véase APÉNDICE 3G), siendo estas menores frente a un sistema poscosecha convencional.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- La producción y comercialización de frutas y hortalizas en las zonas de El Corozo, Borbón, El Triunfo y Santa Marianita se encuentra afectada por diversos factores, principalmente por el déficit de conocimientos referentes al manejo poscosecha, generando pérdidas considerables tanto económicas como de alimentos para los productores; sumando la falta de infraestructura y tecnologías adecuadas para garantizar un correcto manejo poscosecha.
- Las etapas que presentan sustancialmente un problema son la recolección, lavado, empaquetado y almacenamiento; generando pérdidas considerables de aproximadamente 810 kg de alimentos lo que representa \$821,24 al mes.
- El uso de herramientas de predicción microbiológica permite tener datos estimados sobre el crecimiento y supervivencia de los microorganismos bajo factores como pH, actividad de agua y temperatura.
- La temperatura presenta una gran influencia en la tasa de crecimiento de un microorganismo. Conforme incrementa la temperatura, la tasa de crecimiento aumenta, como consecuencia de esto, la vida útil del alimento disminuye. En este sentido, mediante el análisis del efecto de la temperatura, se determinó que una temperatura de almacenamiento de 10°C produce un retardo en el crecimiento de *L. monocytogenes*, *E. coli* y *Salmonella spp.* Además, a una temperatura de almacenamiento de 10°C, el pimiento no es afectado a daños por frío, si es almacenado junto con otras hortalizas.

- Mediante el análisis de actividad de agua, se observó que existe una relación directamente proporcional con la temperatura. Por esto, realizar un ajuste de temperatura a 10°C y actividad de agua a 0.98, va a presentar un impacto directo sobre la tasa crecimiento de *L. monocytogenes*, *E. coli* y *Salmonella spp.* retardando su proliferación.
- La temperatura de almacenamiento influye directamente sobre el tiempo de duplicación. Un incremento de temperatura representa una disminución del tiempo de duplicación. Se estableció una temperatura de 10°C para garantizar que el tiempo de duplicación sea mayor, retrasando la multiplicación de la población microbiana.
- Con una actividad de agua de 0.98, fue determinado un incremento en el tiempo de duplicación para *L. monocytogenes*, *E. coli* y *Salmonella spp.* De esta manera, se evidencia que la disminución de actividad de agua afecta la capacidad de los microorganismos en poder duplicarse.
- En el análisis de las dosis mínimas infectivas, se evidenció el aumento del tiempo requerido para alcanzar estas dosis, al ser expuestas a condiciones seguras y ambientales. Por esta razón, se recalca la importancia de aplicar métodos de conservación para frutas y hortalizas con el fin de prevenir el riesgo de enfermedades transmitida por alimentos y extender el tiempo de vida útil.
- El implementar un diseño poscosecha tecnológico que incluya una cámara de refrigeración sugiere que reducirá el 30.75% de pérdidas cada mes a productores y comercializadores. Sin embargo, es necesario calcular el costo/beneficio que implicaría la instalación de este sistema tecnológico.
- La inversión asociada a la implementación de instrumentos, equipos e insumos se estimó en \$13,387.47. Si bien, este valor fue calculado para brócoli se aspira que sea replicable en cualquier tipo de fruta y hortaliza, manteniendo en consideración factores fisiológicos, microbiológicos y

ambientales para establecer las condiciones de almacenamiento y las etapas asociadas.

4.2. Recomendaciones

- Realizar pruebas experimentales permitirá conocer el comportamiento y el modelo matemático asociado al crecimiento microbiológico debido a la exposición del alimento a su microflora.
- Realizar capacitaciones periódicas a productores y comercializadores de la Fundación Maquita, con el fin de brindar información actualizada sobre buenas prácticas y para el correcto manejo poscosecha. De esta manera, se logrará mitigar el problema que existe actualmente.
- Es de relevancia garantizar un suministro de agua, por lo tanto, es de vital importancia realizar el estudio de costos para la implementación de un sistema de purificación del agua para lavado de las frutas y hortalizas.
- La cuantificación del calor generado por el proceso de transpiración permitirá establecer las condiciones de enfriamiento, refrigeración y ventilación que serán aplicadas durante el manejo poscosecha de cada fruta y hortaliza.
- Si se desea implementar otro tipo de sistema de refrigeración, es recomendable realizar un estudio de temperatura mínima tolerable para conocer las condiciones a las cuales deben ser almacenadas las frutas y hortalizas, sin que estas pierdan calidad organoléptica y textura característica.
- Realizar un análisis financiero de la implementación de un sistema poscosecha tecnológico para determinar la viabilidad económica del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahmad, A., Mahajan, R., Lay, P., & Sharma, S. (2018). Biodiversity of Temperate Fruits. In S. Ahmad, M. Maqbool, & M. Ahmad (Eds.), *Postharvest Biology and Technology of Temperate Fruits*. (pp. 1–20). Springer.
- Arias, C., & Toledo, J. (2007). *Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales (Papaya, piña, plátano, cítricos)*. <http://www.fao.org/3/a-ac304s.pdf>
- Arpaia, M., & Kader, A. (2017). Lemon: Recommendations for maintaining Postharvest quality. *Precambrian Research*, 294, 53–66. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2017.03.022>
- Bachmann, J., & Earles, R. (2000). Postharvest Handling of fruits and vegetables. *Appropriate Technology Transfer for Rural Areas (ATTRA)*, 1–19.
- Badui, S. (2006). Química de los alimentos. In *Química de los alimentos* (Cuarta Edición).
- Balaguera, H. E., Salamanca, F. A., García, J. C., & Herrera, A. (2015). Etileno y retardantes de la maduración en la poscosecha de productos agrícolas. Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(2), 302. <https://doi.org/10.17584/rcch.2014v8i2.3222>
- Becker, B., & Fricke, B. (2014). Transpiration and Respiration of Fruits and Vegetables. *Universidad of Missouri*, 18. http://b.web.umkc.edu/beckerb/publications/chapters/trans_resp.pdf
- Benichou, M., Ayour, J., Sagar, M., Abderrahim Elateri, I. A., & Aitoubahou, A. (2018). Postharvest Technologies for Shelf Life Enhancement of Temperate Fruits. In M. Ahmad, Shabir; Maqbool, Mohammad; Ahmad (Ed.), *Postharvest Biology and Technology of Temperature Fruits*. (pp. 77–100). Springer.
- Brasil, I. M., & Siddiqui, M. W. (2018). Postharvest Quality of Fruits and Vegetables: An Overview. In *Preharvest Modulation of Postharvest Fruit and Vegetable Quality*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809807-3.00001-9>
- Casaubon, P., Lamshing, P., Isoard, F., Casaubon, S., Delgado, D., & Pérez, A. B. (2018). pH de los alimentos: ¿una herramienta para el manejo de los pacientes con reflujo gastroesofágico? *Revista Mexicana de Pediatría*, 85(3), 89–94. www.medigraphic.com/rmp%0Ahttps://www.medigraphic.com/pdfs/pediat/sp-2018/sp183c.pdf
- Casp, A. (2014). Productos vegetales frescos. In J. Graell (Ed.), *Tecnología de los*

- alimentos de origen vegetal* (Volumen 1, pp. 15–114). Editorial Síntesis.
- Castañeda, G., Eslava, C., Castro del Campo, N., León, J., & Chaidez, C. (2014). Listeriosis en México: Importancia clínica y epidemiológica. *Salud Publica de Mexico*, 56(6), 654–659.
- Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2011). *Thermodynamics: An Engineering Approach* (pp. 435–471). <https://doi.org/10.1201/9780429430244-11>
- Dhall, R. K. (2013). Advances in Edible Coatings for Fresh Fruits and Vegetables: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(5), 435–450. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.541568>
- Dias, B. (2013). *Agent of Foodborne Illness* (2nd Editio, Issue August).
- Durán, R., & Villa, A. L. (2013). Evolution of the Parameters of Quality on Valencia Orange Growth on the Municipality of Chimichagua, Cesar - Colombia. *Temas Agrarios*, 18(52), 66–74.
- Durango, J., Arrieta, G., & Mattar, S. (2004). Presencia de Salmonella spp. en un área del Caribe colombiano: un riesgo para la salud pública. *Biomédica*, 24(1), 89. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v24i1.1252>
- ELIKA. (2013). Escherichia coli. *Fundación Vasca Para La Seguridad Agroalimentaria*, 1–5. http://www.elika.net/datos/pdfs_agrupados/Documento84/3.Ecoli.pdf
- FAO. (2012). Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo – Alcance, causas y prevención. In *Roma*. <https://doi.org/10.3738/1982.2278.562>
- Ferratto, J., Firpo, I., Mackinson, M. O., Beltran, R. R. C., Intensivos, C. D. C., Estadística, H. C. De, & Agrarias, F. D. C. (2012). Pérdidas poscosecha de hortalizas en negocios minoristas , con distintos sistemas de manejo , en Rosario , Santa Fe , Argentina. *Asociación Argentina de Horticultura*, 21–27.
- FHIA, F. H. de I. A. (2007). Deterioro Poscosecha de las frutas y hortalizas frescas por hongos y bacterias. *Enfoque de Actualidad*, 4, 2–6. www.fhia.org.hn
- Frescas, H., & Bulbo, C. D. E. (2013). *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1746 : 2013 Primera revisión*.
- Frisón, L., Vissani, M., Ocampo, H., Ponisio, D., & Basílico, J. (2013). Effects of ozonated water on pathogens and spoilage microorganisms of fruits and vegetables. *Revista Venezolana de Ciencias y Tecnología de Alimentos*, 4(1), 119–131.
- Garmendia, G., & Vero, S. (2015). Métodos para la desinfección de frutas y hortalizas. *Facultad de Química, UDELAR.*, 23(1), 18–22. https://www.researchgate.net/publication/28282408_Metodos_para_la_desinfeccio

n_de_frutas_y_hortalizas

- Garre Pérez, A., Egea Larrosa, J., & Fernández Escámez, P. (2016). Modelos matemáticos para la descripción del crecimiento de microorganismos patógenos en alimentos. *Anuario de Jóvenes Investigadores*, 9(9), 160–163.
- Hanning, I. B., Johnson, M. G., & Ricke, S. C. (2008). Precut prepackaged lettuce: A risk for listeriosis? *Foodborne Pathogens and Disease*, 5(6), 731–746. <https://doi.org/10.1089/fpd.2008.0142>
- Holcroft, D. (2015). *Water Relations in Harvested Fresh Produce*. The Postharvest Education Foundation. [www.postharvest.org/Water relations PEF white paper FINAL MAY 2015.pdf](http://www.postharvest.org/Water%20relations%20PEF%20white%20paper%20FINAL%20MAY%202015.pdf)
- Hollenstein, P., & Red de Saberes. (2019). ¿Están en riesgo los mercados y ferias municipales? Aprovechamiento de alimentos, economías populares y la organización del espacio público urbano de Quito. *FRIEDRICH EBERT STIFTUNG RED DE SABERES*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31478.75849>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2009). *Frutas frescas. Tomate de árbol. Requisitos (NTE INEN 1009:2009)*. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1909.pdf
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2014). *Frutas frescas. Naranja. Requisitos(NTE INEN 2844:2014)*.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2016). *Frutas Frescas. Limón. Requisitos(NTE INEN 1757:2016)*.
- Iqbal, N., Khan, N. A., Ferrante, A., Trivellini, A., Francini, A., & Khan, M. I. R. (2017). Ethylene role in plant growth, development and senescence: interaction with other phytohormones. *Frontiers in Plant Science*, 8(April), 1–19. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00475>
- Irkin, R., Dogan, S., Degirmenioglu, N., Diken, M. E., & Guldaz, M. (2015). Phenolic content, antioxidant activities and stimulatory roles of citrus fruits on some lactic acid bacteria. *Archives of Biological Sciences*, 67(4), 1313–1321. <https://doi.org/10.2298/ABS140909108I>
- Kader, A. (2014). Madurez, maduración y relaciones de calidad de la fruta. *Postharvest Technology Center, January 2002*, 2–6. <http://postharvest.ucdavis.edu>
- Kasso, M., & Bekele, A. (2018). Post-harvest loss and quality deterioration of horticultural crops in Dire Dawa Region, Ethiopia. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(1), 88–96. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.01.005>

- Kiaya, V. (2014). Post-Harvest Losses and Strategies to reduce them. *The Journal of Agricultural Science*, 149(3–4), 49–57. <https://doi.org/10.13031/aim.20152189434>
- Landeta, C., & Castillo, P. (2017). *Plan de mejoras técnicas para la manipulación y conservación de alimentos en el Mercado*.
- Luna, J. J., Arenas, M. M. P., Martínez De La Peña, C., Silva, J. L., & Luna, M. L. (2019). The Role of Pathogenic E. coli in Fresh Vegetables: Behavior, Contamination Factors, and Preventive Measures. *International Journal of Microbiology*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/2894328>
- Martínez, M., Balois, R., Alia, I., Cortes, M., Palomino, Y., & López, G. (2017). Poscosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(19), 4075–4087. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263153823018>
- Mbogo, G., Mubofu, E., & Othman, C. (2010). Post harvest changes in physico-chemical properties and levels of some inorganic elements in off vine ripened orange (*Citrus sinensis*) fruits cv (Navel and Valencia). *African Journal of Biotechnology*, 9(12), 1809–1815. <http://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/78369>
- McGlynn, W. (1992). The Importance of Food pH in Commercial Canning Operations. *Food and Agricultural Product Research and Technology Center*, 1–8. <https://doi.org/405-744-6071>
- Meena, N. K., Baghel, M., Jain, S. K., & Arsey, R. (2018). Postharvest Biology and Technology of Kiwifruit. In M. Ahmad, Shabir; Ahmad, Manzoor; Maqbool (Ed.), *Postharvest Biology and Technology of Temperate Fruits*. (pp. 299–329). Springer.
- Ochoa, C. E., & Guerrero, J. Á. (2016). The effects of modified atmospheres on prickly pear (*Opuntia albicarpa*) stored at different temperatures. *Postharvest Biology and Technology*, 111, 314–321. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.09.028>
- Parish, M. ., Beuchat, L. ., Suslow, T. ., Harris, L. ., Garrett, E. ., Farber, J. ., & Busta, F. . (2003). Methods to Reduce/Eliminate Pathogens from Fresh and Fresh-Cut Produce. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2(s1), 161–173. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2003.tb00033.x>
- Paucar, E. (2019). USD 334 millones en pérdidas por alimentos en Ecuador. *EL COMERCIO*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/toneladas-alimento-pierden-ecuador-crisis.html>
- Pinto, N., Carlos, J., & Cañarejo, M. (2016). Fruits and vegetables' preservation method using controlled atmospheres. *Agroindustrial Science*, 2, 231–238.

<https://doi.org/10.17268/agroind.science.2016.02.08>

- Pinzón, L. P., Deaquiz, Y. A., & Álvarez, J. G. (2014). Postharvest behavior of tamarillo (*Solanum betaceum* Cav.) treated with CaCl₂ under different storage temperatures. *Agronomía Colombiana*, 32(2), 238–245. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v32n2.42764>
- Preciado, G. E., Amador, G. G., & Bárcenas, M. E. (2018). Blanching and antimicrobial mixture (potassium sorbate–sodium benzoate) impact on the stability of a tamarillo (*Cyphomandra betacea*) sweet product preserved by hurdle technology. *Journal of Food Science and Technology*, 55(2), 740–748. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2985-x>
- Ramaswamy, H. S. (2015). Post-harvest technologies of fruits and vegetables. *DEStech Publications, Inc., 1*, 288–289.
- Reid, M. (2007). Ethylene in Postharvest Technology. In A. Kader (Ed.), *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. (pp. 175–190). UCANR Publications.
- Rodríguez, J. (2014). *Hojuelas de Tomate de Árbol (Solanum betaceum Cavanilles) : Un posible ingrediente para formular alimentos*.
- Schmidt, S. J., & Fontana, A. J. (2007). E: Water Activity Values of Select Food Ingredients and Products. *Water Activity in Foods*, 2, 573–591. <https://doi.org/10.1002/9781118765982.app5>
- Sharp, T. (2017). *Earth's Atmosphere: Composition, Climate & Weather*. EXPLORA. <https://www.space.com/17683-earth-atmosphere.html#:~:text=Nitrogen — 78 percent,Carbon dioxide — 0.04 percent>
- Velderrain, G. R., López, G. M., Domínguez, J. A., González, G. A., Soliva, R., & Ayala, J. F. (2013). Minimal Processing. In *Postharvest Technology of Perishable Horticultural Commodities: Vol. №3* (pp. 353–360).
- Visintin, G., Gioco, I., García, B., & Fállico, L. (2007). Bioactividad de microorganismos nativos sobre infecciones en naranjas de *Penicillium digitatum* resistente y sensible a fungicidas. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 18(34), 229–242.
- Yahia, E. (2019). *Postharvest Technology of Perishable Horticultural Commodities*. (E. Yahia (ed.)). Woodhead Publishing.

APÉNDICES

APÉNDICE 3A

RESUMEN ENTREVISTAS

Las siguientes preguntas fueron parte del cuestionario realizado para llevar a cabo las encuestas a los productores y comercializadores de la Fundación Maquita.

¿Qué tipo de frutas y hortalizas cultiva/produce?

Las frutas con mayor producción fueron la naranja, el limón, el tomate de árbol, la frutilla, mora de castilla. Entre las hortalizas que mayormente se produce están la cebolla, el pimiento, el apio, el brócoli, acelga, tomate.

¿¿Cómo son comercializadas las frutas y hortalizas?

Una vez realizada la recolección, las frutas y hortalizas son colocadas en su empaque y son comercializadas a los diferentes puntos de venta, principalmente ferias y mercados.

¿Las frutas y/o verduras que Usted cultiva de qué manera son entregadas a los mercados?

El tomate y pimiento es vendido en cajas de cartón, el limón y la naranja en sacos. La cebolla, el brócoli son entregados a los mercados en gavetas plásticas.

¿¿Se realiza algún lavado a las frutas y hortalizas posterior a su recolección?

En el caso de las hortalizas, no se realiza un lavado. Una vez recolectadas son colocadas en su empaque y comercializadas. Las frutas se les realiza un lavado. Un punto por considerar es que no se cuenta con sistema de agua potable, por lo tal el lavado se lo realiza con agua de pozo, sistemas de riego e inclusive del río.

Durante la etapa de lavado del fruto y/o verdura ¿Usted emplea algún producto químico? Si la respuesta es SI, Indique que producto emplea y en qué concentración.

Para la naranja y el limón, el productor emplea shampoo para realizar el lavado. Lo que llamó la atención, es que un productor mencionó que realizaba un lavado empleando amonio cuaternario, la relación utilizada fue 5 mililitros en 20 litros de agua.

Al realizar el saneamiento, ¿Cuál sería el porcentaje estimado de pérdidas con respecto a lo cultivado? ¿Qué realiza con los alimentos perdidos?

Cada 100 unidades de producto se pierden alrededor de 30 unidades en naranja, 20 unidades en limón, 25 unidades en tomate de árbol, 22 unidades en pimiento, 34 unidades en brócoli y 35 unidades en cebolla. Las hortalizas que no son vendidas pasan a compostaje. En frutas maduras no son recogidas dejándolas en el cultivo. En naranja se expuso un grave problema, solo es recolectada en meses que la demanda es alta siendo los meses de noviembre y diciembre; en los otros meses se muestra un desinterés para la recolección de esta fruta por lo que el productor prefiere no realizar la comercialización de esta fruta por el bajo valor monetario a recibir.

¿Cuál es el valor que recibe por la venta de sus productos?

La venta de un saco de limón representa un valor de \$32, En naranja las 100 naranjas \$5.60 unidades de tomate de árbol \$4, el valor unitario de comercialización de brócoli es de \$0.80 y la libra de cebolla y pimiento en \$0.50.

APÉNDICE 3B

Tabla 3.1 Efecto de la temperatura sobre *L. monocytogenes*.

Hortaliza	Inóculo inicial (logUFC/g)	pH	aw	$\mu_{\text{máx.}}$ (logUFC/h); td(h)							
				Temperatura (°C)							
				10		15		20		30	
$\mu_{\text{máx}}$	Td	$\mu_{\text{máx}}$	td	$\mu_{\text{máx}}$	td	$\mu_{\text{máx}}$	Td				
Brócoli	3	6.59	0.99	0.053	5.671	0.117	2.575	0.218	1.38	0.461	0.653
Cebolla morada	3	5.55	0.982	0.028	10.757	0.062	4.884	0.115	2.618	0.243	1.238
Pimiento verde	3	5.15	0.998	0.024	12.510	0.053	5.682	0.099	3.046	0.209	1.44

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

Tabla 3.2 Efecto de la temperatura sobre *E. coli*.

Hortalizas	Inóculo inicial (logUFC/g)	pH	aw	$\mu_{\text{máx}}$ (logUFC/h); td(h)							
				Temperatura (°C)							
				10		15		20		30	
$\mu_{\text{máx}}$	td	$\mu_{\text{máx}}$	td	$\mu_{\text{máx}}$	td	$\mu_{\text{máx}}$	td				
Brócoli	3	6.59	0.99	0.027	11.276	0.081	3.71	0.192	1.567	0.51	0.591
Cebolla morada	3	5.55	0.982	0.014	21.263	0.042	7.195	0.096	3.125	0.242	1.246
Pimiento verde	3	5.15	0.998	0.022	13.802	0.069	4.341	0.172	1.752	0.499	0.604

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

Tabla 3.3 Efecto de la temperatura sobre *Salmonella spp.*

Frutas	$\mu_{\text{máx}}$ (logUFC/h); td(h)							
	Temperatura (°C)							
	10		15		20		30	
$\mu_{\text{máx}}$	td	$\mu_{\text{máx}}$	td	$\mu_{\text{máx}}$	td	$\mu_{\text{máx}}$	td	
Naranja valenciana	0,009	33,351	0,029	10,418	0,074	4,091	0,24	1,254
Tomate de árbol	0,008	38,514	0,025	12,03	0,064	4,725	0,208	1,449
Limón (extracto cáscara)	0.033	9.006	0.102	2.953	0.247	1.218	0.732	0.411

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

APÉNDICE 3C

Tabla 3.4 Efecto de la actividad de agua sobre *L. monocytogenes*

Hortalizas	T(°C)	$\mu_{\text{máx}}$ (logUFC/h); td(h)							
		aw							
		0.98		0.985		0.99		0.995	
		$\mu_{\text{máx}}$	td	$\mu_{\text{máx}}$	td	$\mu_{\text{máx}}$	td	$\mu_{\text{máx}}$	td
Brócoli	10	0.045	6.705	0.049	6.097	0.053	5.671	0.055	5.508
Cebolla morada	10	0.027	11.196	0.03	10.182	0.032	9.47	0.033	9.198
Pimiento verde	10	0.02	14.691	0.023	13.36	0.024	12.425	0.025	12.069

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

Tabla 3.5 Efecto de la actividad de agua sobre *E. coli*

Hortalizas	T(°C)	$\mu_{\text{máx}}$ (logUFC/h); td(h)							
		aw							
		0.98		0.985		0.99		0.995	
		$\mu_{\text{máx}}$	td	$\mu_{\text{máx}}$	td	$\mu_{\text{máx}}$	td	$\mu_{\text{máx}}$	td
Brócoli	10	0.018	16.516	0.022	13.686	0.027	11.276	0.033	9.187
Cebolla morada	10	0.013	22.911	0.016	18.985	0.019	15.642	0.024	12.744
Pimiento verde	10	0.011	28.446	0.013	23.572	0.016	19.421	0.019	15.824

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

Tabla 3.6 Efecto de la actividad de agua sobre *Salmonella spp.*

Frutas	$\mu_{\text{máx}}$ (logUFC/h); td(h)							
	Temperatura (°C)							
	0,98		0,985		0,99		0,995	
	$\mu_{\text{máx}}$	td	$\mu_{\text{máx}}$	td	$\mu_{\text{máx}}$	td	$\mu_{\text{máx}}$	td
Naranja valenciana	0,008	38,514	0,009	32,236	0,011	27,656	0,012	24,886
Tomate de árbol	0,008	38,514	0,009	32,236	0,011	27,656	0,012	24,886
Limón (extracto cáscara)	0.022	13.999	0.026	11.717	0.03	10.052	0.033	9.045

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

APÉNDICE 3D

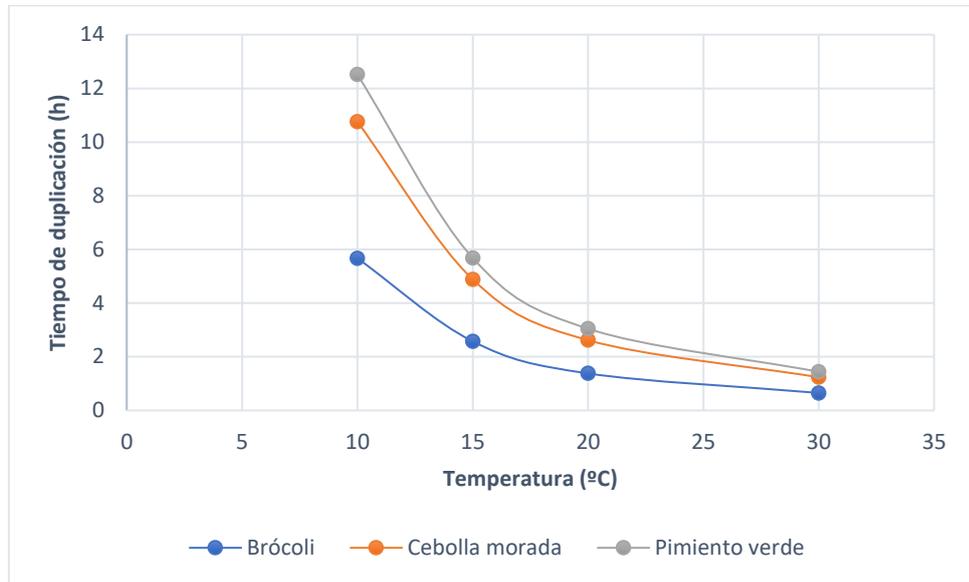


Figura 3.1 Efecto de la temperatura sobre tiempo de duplicación para *L. monocytogenes*.

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

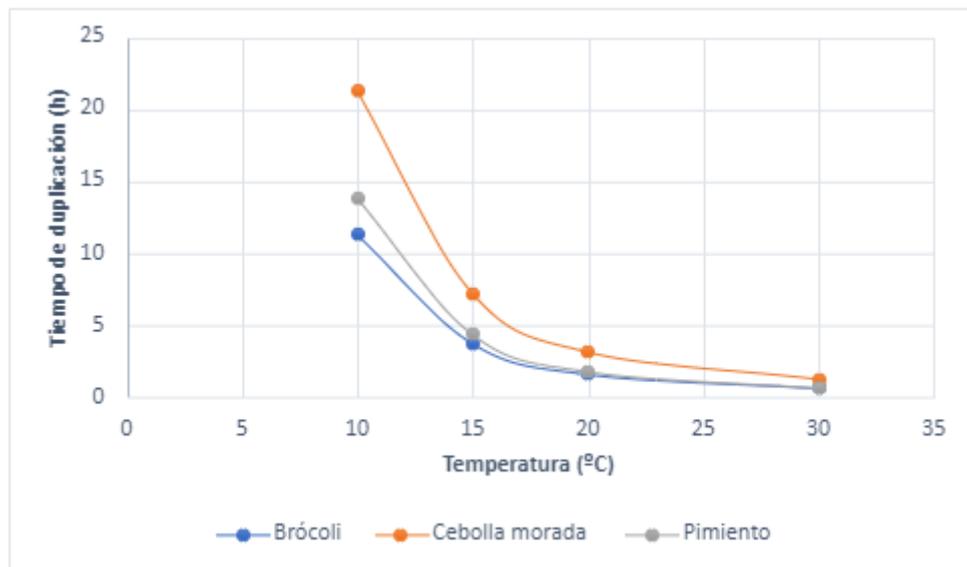


Figura 3.2 Efecto de la temperatura sobre tiempo de duplicación para *E. coli*

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

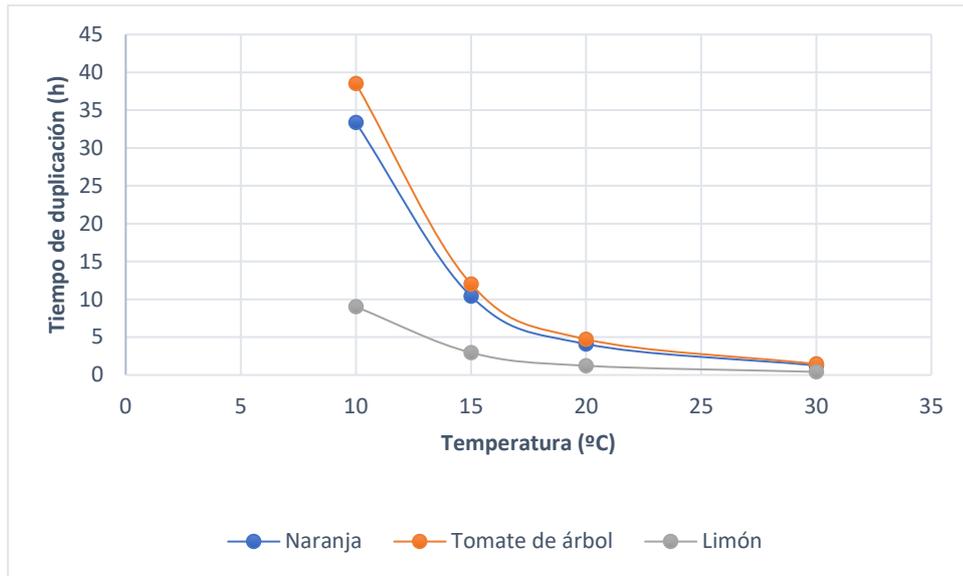


Figura 3.3 Efecto de la temperatura sobre tiempo de duplicación para *Salmonella spp.*

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

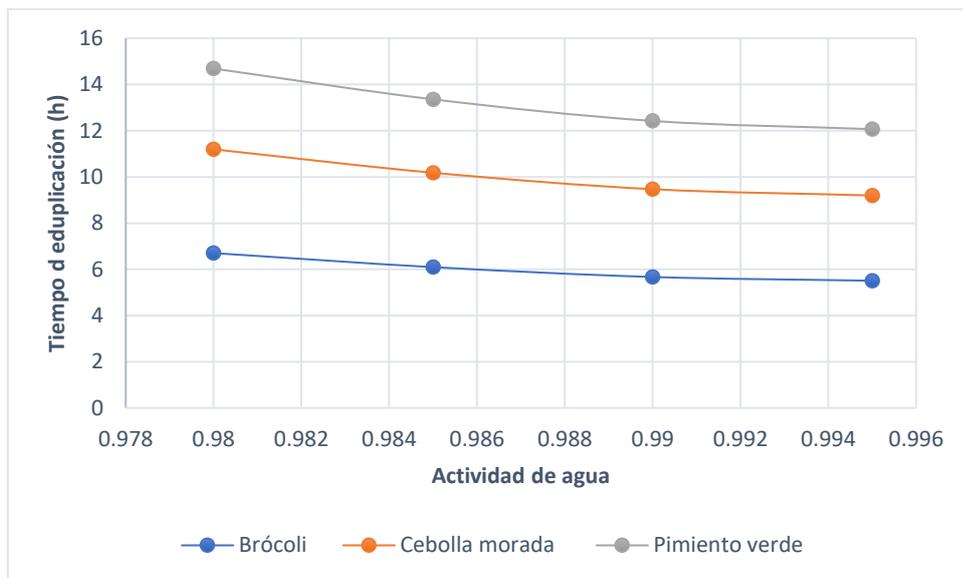


Figura 3.4 Efecto de la actividad de agua sobre tiempo de duplicación para *L. monocytogenes.*

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

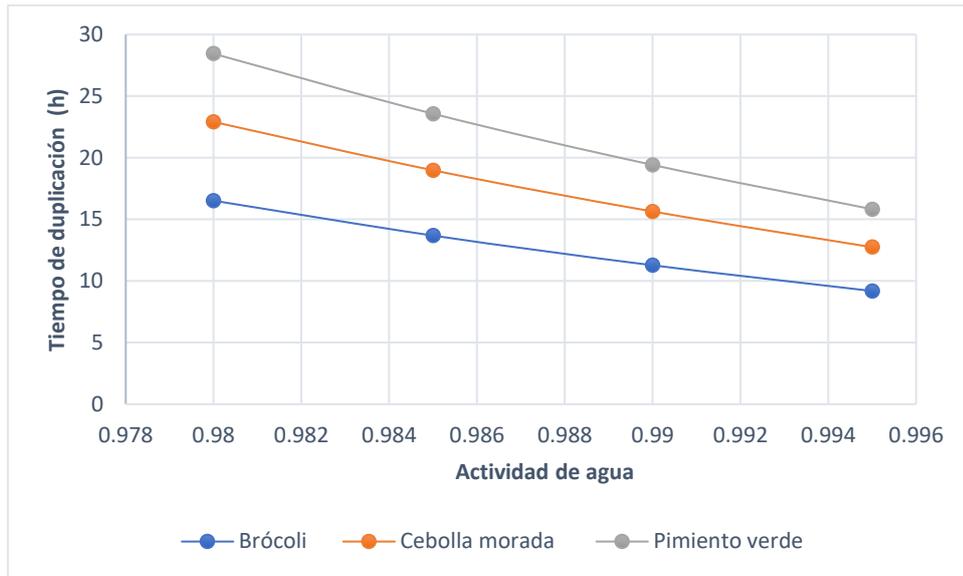


Figura 3.5 Efecto de la actividad de agua sobre tiempo de duplicación para *E. coli*.

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

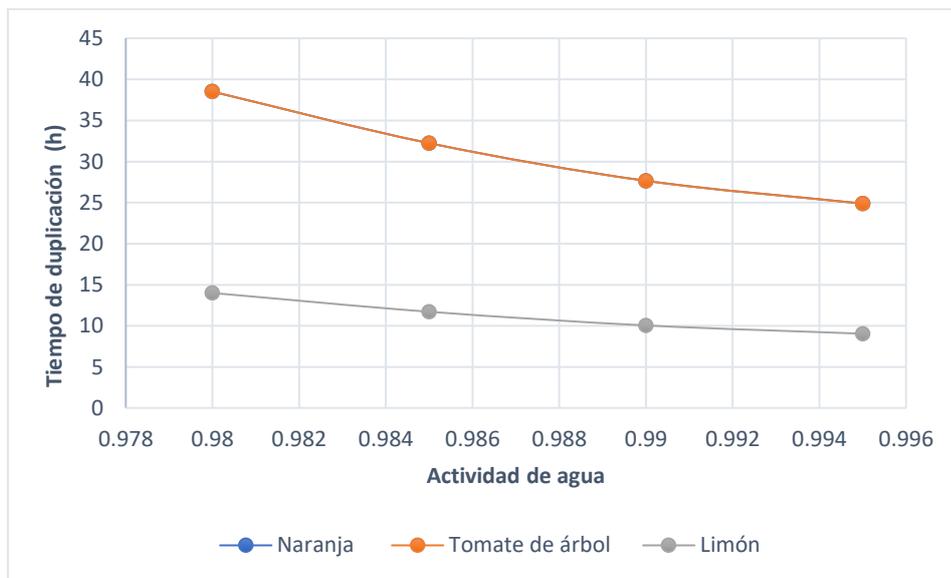


Figura 3.6 Efecto de la actividad de agua sobre tiempo de duplicación para *E. coli*.

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

APÉNDICE 3E

Tabla 3.7 Efecto de la actividad de agua con Temperatura de 10° C sobre *L. monocytogenes* en dosis mínima efectiva.

	aw	Tiempo(h)	MPD (logUFC/g)	D infectiva
Brócoli	0,98	104,4	8,52	10 ⁴
	0,985	95	8,52	
	0,99	88,4	8,52	
	0,995	85,8	8,52	
	aw	Tiempo(h)	MPD (logUFC/g)	
Pimiento Verde	0,98	228,8	8,52	10 ⁴
	0,985	208	8,52	
	0,99	193,6	8,52	
	0,995	188	8,52	
	aw	Tiempo(h)	MPD (logUFC/g)	
Cebolla Morada	0,98	174,4	8,52	10 ⁴
	0,985	158,8	8,52	
	0,99	147,6	8,52	
	0,995	143,4	8,52	
	aw	Tiempo(h)	MPD (logUFC/g)	

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

Tabla 3.8 Efecto de la actividad de agua con Temperatura de 10° C sobre *E. coli* en dosis mínima efectiva.

	aw	Tiempo(h)	MPD (logUFC/g)	D infectiva
Brócoli	0,98	128,4	8,7	10 ²
	0,985	106,4	8,7	
	0,99	87,8	8,7	
	0,995	71,4	8,7	
	aw	Tiempo(h)	MPD (logUFC/g)	
Pimiento Verde	0,98	221,6	8,7	10 ²
	0,985	183,2	8,7	
	0,99	151,2	8,7	
	0,995	123,2	8,7	
	aw	Tiempo(h)	MPD (logUFC/g)	
Cebolla Morada	0,98	178,4	8,7	10 ²
	0,985	147,6	8,7	
	0,99	121,6	8,7	
	0,995	99,2	8,7	
	aw	Tiempo(h)	MPD (logUFC/g)	

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

Tabla 3.9 Efecto de la actividad de agua con Temperatura de 10° C sobre *Salmonella spp.* en dosis mínima efectiva.

	aw	Tiempo(h)	MPD (logUFC/g)	D infectiva
Naranja	0,98	825,6	8,52	10 ⁶
	0,985	691,2	8,52	
	0,99	592,8	8,52	
	0,995	534	8,52	
Tomate de árbol	aw	Tiempo(h)	MPD (logUFC/g)	D infectiva
	0,98	826	8,52	10 ⁶
	0,985	691	8,52	
	0,99	593	8,52	
	0,995	534	8,52	
Limón	aw	Tiempo(h)	MPD (logUFC/g)	D infectiva
	0,98	300	8,52	10 ⁶
	0,985	251,33	8,52	
	0,99	215,33	8,52	
	0,995	194	8,52	

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

Tabla 3.10 Tiempo para alcanzar dosis mínima infectiva de cada microorganismo a condiciones seguras

Microorganismo	Fruta, Hortaliza	aw	T (°C)	Tiempo (días)
<i>Salmonella spp.</i>	Naranja valenciana	0,98	10	34
	Tomate de árbol			34
	Limón			13
<i>L. monocytogenes</i>	Brócoli			4
	Cebolla morada			7
	Pimiento verde			10
<i>E. coli</i>	Brócoli			5
	Cebolla morada			7
	Pimiento verde			9

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

Tabla 3.11 Tiempo para alcanzar dosis mínima infectiva de cada microorganismo a condiciones ambientales

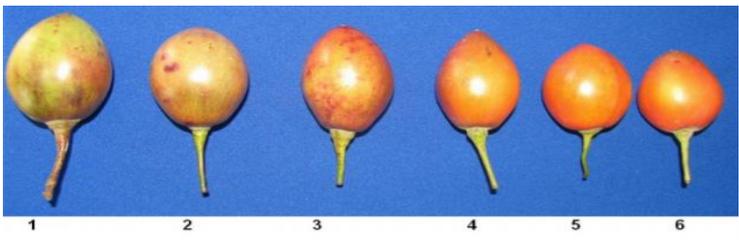
Microorganismo	Fruta, Hortaliza	aw	T (°C)	Tiempo (horas)
<i>Salmonella spp.</i>	Naranja valenciana	0.984	30	26.9
	Tomate de árbol	0.98		31.05
	Limón	0.998		8.82
<i>L. monocytogenes</i>	Brócoli	0.99		10.18
	Cebolla morada	0.982		19.28
	Pimiento verde	0.998		22.45
<i>E. coli</i>	Brócoli	0.99		4.6
	Cebolla morada	0.982		9.7
	Pimiento verde	0.998		4.71

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

APÉNDICE 3F

Selección y clasificación de frutas y hortalizas

Escala de color del tomate de árbol

Color del fruto			
Descripción	1-2 Verde	3-4 Pintón	5-6 Maduro

Fuente: NTE INEN 1009:2009

Calibres del limón

Calibre	Diámetro Ecuatorial (DE), cm	Diámetro polar (DP), cm	Masa (M), g
Variedad Tahítí			
Grande	DE > 6,5	No aplica	M > 175
Mediano	5,5 DE 6,5	No aplica	140 M 175
Pequeño	DE < 5,5	No aplica	M < 140
Variedad Sutil			
Grande	De 4,0	No aplica	M 35
Pequeño	DE < 4,0	No aplica	M < 35
Variedad Meyer			
Grande	DE > 7,0	DP > 9,0	M > 250
Mediano	6,5 DE 7,0	7,5 DP 9,0	180 M 250
Pequeño	DE < 6,5	DP < 7,5	M < 180

Fuente: NTE INEN 1757:2016

Clasificación de naranja

Categoría	Descripción
Extra	Ser de calidad superior. Deberá tener características de su variedad y/o tipo comercial tanto en su forma, aspecto exterior, desarrollo y coloración.
I	Mismas características de Extra, pero se admiten defectos leves (de forma, de coloración, deformación la piel) sin que llegue a afectar la pulpa del fruto. No deben afectar el aspecto general del producto, estado de conservación.
II	No pueden clasificarse, pero satisfacen los requisitos mínimos, mencionados en la sección 2.1 de esta norma.

Fuente: NTE INEN 2844:2014

Clasificación de la cebolla

Tipo (tamaño)	Diámetro mm	
	Mínimo	Máximo
Primera	70	≥90
Segunda	-	85
Tercera	-	≤65

Fuente: NTE INEN 1746:2013

APÉNDICE 3G

COSTOS EN MANEJO POSCOSECHA

Tabla 3.10 Costo por unidad de empaque comercializado de frutas y hortalizas

Fruta/Hortaliza	Empaque	Cantidad de producto	Presentación por malla (u)	Precio por empaque	Semanal	
					Cantidad en venta	Precio Total
Limón sutil	saco	1000	-	32	2	\$64.00
Naranja valenciana	saco	100	-	5	10	\$50.00
Tomate de árbol	cartón	60	-	4	25	\$100.00
Pimiento verde	gaveta	22	6	11	15	\$165.00
Brócoli	gaveta	18	-	14,4	10	\$144.00
Cebolla morada	gaveta	40	3	20	10	\$200.00

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

Tabla 3.11 Costos semanales en sistema tradicional pérdidas durante las etapas de producción en frutas y hortalizas

Fruta/Hortaliza	% Desperdicios	Unidades de venta	Unidades totales iniciales	Pérdidas	Peso de producto	Unidad	Kg producto
Limón sutil	0,2	2000	2400	400	0,035	u	84
Naranja valenciana	0,3	1000	1300	300	0,2	u	260
Tomate de árbol	0,25	1500	1875	375	0,114	u	213,75
Pimiento verde	0,22	330	403	73	0,2	malla	80,52
Brócoli	0,34	180	241	61	0,5	u	120,6
Cebolla morada	0,35	400	540	140	0,29	bultos	156,6
Producción Real							915,47 kg

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

Tabla 3.12 Costos semanales estimados con un sistema tecnológico durante las etapas de producción en frutas y hortalizas.

Fruta/ Hortaliza	% desperdicios	Unidades de venta	unidades totales iniciales	Pérdidas	unidad	Kg producto
Limón sutil	0,06	2000	2120	120	u	74
Naranja valenciana	0,09	1000	1090	90	u	218
Tomate de árbol	0,08	1500	1620	120	u	185
Pimiento verde	0,07	330	353	23	malla	71
Brócoli	0,1	180	198	18	u	99
Cebolla morada	0,11	400	443	43	bultos	128
Producción con sistema tecnológico						775 kg

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.

Tabla 3.13 Pérdidas poscosecha semanales de frutas y hortalizas

Fruta/Hortaliza	Ventas	Pérdidas (kg)	
	Producción (kg)	Manejo actual	Manejo implementado
Limón sutil	70,00	14,00	4,20
Naranja valenciana	200,00	60,00	18,00
Tomate de árbol	171,00	42,75	13,68
Pimiento verde	66,00	14,52	4,62
Brócoli	90,00	30,60	9,00
Cebolla morada	116,00	40,60	12,49
Producción total (kg)	713,00	202,47	61,99
Costo	\$723,00	\$205,31	\$62,86

Elaborado por: Loayza y Tumbaco, 2020.