



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

ESTUDIO DEL EFECTO DE LAS ATMÓSFERAS
CONTROLADAS SOBRE LA CONSERVACION DEL
CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES Y ÁCIDO
ASCÓRBICO DEL OVO *Spondias purpurea* L.

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL

AUTOR:

Cristian Andrés Ramírez Marcillo

DIRECTOR:

Ing. Juan Carlos De la Vega MSc.

Ibarra-Ecuador 2020

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

AREA: Frutas y hortalizas, Análisis de productos agroindustriales.

OBJETIVO DEL PLAN NACIONAL DEL BUEN VIVIR:

Objetivo 6: Desarrollar las capacidades productivas y del entorno para lograr la soberanía alimentaria y el Buen Vivir rural.

6.3. Impulsar la producción de alimentos suficientes y saludables, así como la existencia y acceso a mercados y sistemas productivos alternativos, que permitan satisfacer la demanda nacional con respeto a las formas de producción local y con pertinencia cultural.

LINEA DE INVESTIGACIÓN: Gestión, producción, productividad, innovación y desarrollo socio económico

INVESTIGADOR: Cristian Andrés Ramírez Marcillo

FECHA DE INICIACIÓN: Una vez aprobado el anteproyecto

DURACIÓN PROBABLE: 10 meses

LUGAR DONDE SE REALIZARÁ LA INVESTIGACIÓN:

Provincia: Imbabura

Cantón: Ibarra

Parroquia: El Sagrario

Lugar: Laboratorio de Análisis experimental e innovación y Laboratorio de Análisis Físico Químicos y Microbiológicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO

CÉDULA DE IDENTIDAD: 1004918635
APELLIDOS Y NOMBRES: Ramírez Marcillo Cristian Andrés
DIRECCIÓN: Otavalo-Inty Raymi y los Chasquis
EMAIL: caramirezm@utn.edu.ec
TELÉFONO FIJO: 062922923
TELÉFONO MÓVIL: 0984144930

DATOS DE LA OBRA

TÍTULO: ESTUDIO DEL EFECTO DE LAS ATMÓSFERAS CONTROLADAS SOBRE LA CONSERVACION DEL CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES Y ÁCIDO ASCÓRBICO DEL OVO *Spondias purpurea* L.

AUTOR : Ramírez Marcillo Cristian Andrés

FECHA: 7 de agosto del 2020

PROGRAMA: PREGRADO POSGRADO

TITULO POR EL QUE OPTA: Ingeniero Agroindustrial

ASESOR /DIRECTOR: Ing. Juan Carlos De la Vega MSc

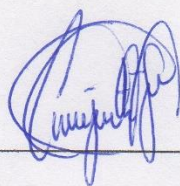
2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 10 días del mes de agosto del 2020

EL AUTOR:

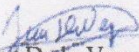
(Firma) _____



Nombre: Ramírez Marcillo Cristian Andrés

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Cristian Andrés Ramírez Marcillo, con cédula de ciudadanía 100491863-5 bajo mi supervisión.


Ing. Juan Carlos De la Vega Quintero MSc.

DIRECTOR DE TESIS

DECLARACIÓN

Manifiesto que la presente obra es original y se desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, es original y que soy el titular de los derechos patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación de terceros.

Ibarra, a los 11 días del mes de Agosto del 2020

Autor

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Cristian Andrés Ramírez Marcillo', written in a cursive style.

Cristian Andrés Ramírez Marcillo

CC: 100491863-5

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por siempre guiarme por su sendero y brindarme la salud y fuerza de voluntad necesaria para superar los momentos difíciles y permitirme llegar hasta este punto de la vida.

A mi madre Rosita Marcillo, por ser mi inspiración para cada día superarme y dar lo mejor de mí en cualquier circunstancia de la vida, y enseñarme a no perder la fe y esperanza de que todo es posible con mucho trabajo y constancia.

A mis 3 colegas de investigación, Fernanda Jami, Diana Cadena y Jefferson Villalba por haber contribuido en la ejecución del presente trabajo.

A Anita Tuquerez por su comprensión apoyo y animo que me brinda cada día para alcanzar mis metas.

Al Ing. Juan Carlos De la Vega por su tiempo, guía y apoyo incondicional en todo momento, así también, al Ing. Nicolás Pinto y Bioq. Valeria Olmedo por su asesoramiento y paciencia para la culminación de esta investigación.

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a toda mi familia, quienes forjaron en mí los valores para seguir creciendo como persona y siempre han sido una fuente de inspiración para salir adelante.

A todos mis amigos que de una u otra manera aportaron a la realización de este trabajo de investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
1.1. PROBLEMA	2
1.2. JUSTIFICACIÓN	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. Objetivo general.....	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	4
1.4.1. Hipótesis nula.....	4
1.4.2. Hipótesis alternativa.....	4
CAPITULO II	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Generalidades del ovo.....	5
2.1.1. Ovo.....	5
2.1.2. Descripción de la planta	6
2.1.3. Variedades de ovo	6
2.2. Caracterización físico-química.....	7
2.2.1. Ph	7
2.2.2. Acidez titulable	8
2.2.3. Sólidos solubles	8
2.2.4. Peso.....	9
2.2.5. Color	9
2.3. Propiedades funcionales y nutricionales del ovo	11
2.3.1. Actividad antioxidante.....	12

2.3.2.	Contenido de polifenoles	13
2.3.3.	Contenido de ácido ascórbico	16
2.4.	Validación de métodos analíticos.....	17
2.4.1.	Precisión.....	18
2.4.1.1.	Ecuación de Horwitz	18
2.4.2.	exactitud.....	19
2.4.3.	Sensibilidad.....	19
2.4.4.	Selectividad.....	20
2.4.5.	Robustez.....	20
2.4.6.	Linealidad	20
2.5.	Fisiología postcosecha	20
2.5.1.	Factores biológicos que influyen en el deterioro	21
2.5.1.1.	Respiración.....	22
2.5.1.2.	Transpiración o pérdida de agua.....	22
2.5.1.3.	Producción de etileno	23
2.6.	Métodos de conservación.....	23
2.6.1.	Refrigeración	24
2.6.2.	Atmósfera controlada.....	24
2.6.2.2.	Sistemas de atmósferas controladas (AC)	25
CAPITULO III.....		27
MATERIALES Y MÉTODOS		27
3.1.	Caracterización del sitio de estudio.....	27
3.2.	Materiales, equipos y reactivos	27
3.3.	Métodos.....	29
3.3.1.	Caracterización físico-química de la materia prima	29

3.3.2.	Evaluación de tasa de respiración, contenido de polifenoles y ácido ascórbico durante el almacenamiento del fruto.....	30
3.3.3.	Evaluación de la tasa de respiración	31
3.3.3.1.	Factores a estudiar	31
3.3.3.2.	Tratamientos de estudio.....	31
3.3.3.3.	Unidad experimental	31
3.3.3.4.	Características del experimento.....	32
3.3.3.5.	Esquema del análisis estadístico.....	32
3.4.	Manejo específico del experimento	32
3.4.1.	Diagrama de bloque	33
3.4.2.	Descripción del proceso	34
3.4.2.1.	Recepción de la materia prima.....	34
3.4.2.2.	Selección y clasificación.....	34
3.4.2.3.	Lavado.....	35
3.4.2.4.	Secado	35
3.4.2.5.	Pesado	36
3.4.2.6.	Envasado	36
3.4.2.7.	Almacenamiento	39
3.5.	Descripción de métodos analíticos.....	39
3.5.1.	Determinación de contenido de polifenoles.....	39
3.5.1.2.	Preparación de la muestra	40
3.5.1.3.	Preparación del extracto.....	40
3.5.1.4.	Cuantificación de contenido de polifenoles	40
3.5.2.	Determinación del contenido de ácido ascórbico	41
3.5.2.1.	Preparación del extracto	41

3.5.2.2. Cuantificación del contenido de ácido ascórbico	41
4. CAPITULO IV	43
RESULTADOS Y DISCUSIONES	43
4.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO DEL OVO EN FRUTA FRESCA	43
Caracterización físico química del fruto después de su almacenamiento	44
4.2. EVALUAR LA TASA DE RESPIRACIÓN DEL FRUTO DURANTE SU ALMACENAMIENTO EN ATMÓSFERA CONTROLADA.	52
4.2.1. Evaluación de la tasa de respiración de oxígeno (consumo de oxígeno) 52	
4.2.1.1. Consumo de oxígeno para fruta almacenada a 5°C	53
4.2.1.2. Consumo de oxígeno para fruta almacenada a 8°C	54
4.2.2. Tasa de respiración de dióxido de carbono (producción de dióxido de carbono).....	56
4.2.2.1. Producción de dióxido de carbono a 5°C.....	57
4.2.2.2. Producción de dióxido de carbono a 8°C.....	58
4.3. DETERMINAR EL CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES Y ÁCIDO ASCÓRBICO EN EL OVO DURANTE SU ALMACENAMIENTO EN ATMÓSFERAS CONTROLADAS.....	60
4.3.1. Evaluación del efecto de la atmósfera controlada sobre el contenido de polifenoles totales del ovo.....	60
4.3.1.1. Relación tasa de respiración-contenido de Polifenoles totales.	63
4.3.1.2. Efecto de la atmósfera controlada y enzima polifenol-oxidasa sobre compuestos bioactivos.	64
4.3.2. Evaluación del efecto de la atmósfera controlada sobre el contenido de ácido ascórbico del ovo.....	65
4.3.2.1. Estrés oxidativo de la vitamina C.....	68

5. CAPÍTULO V	69
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	69
5.1. CONCLUSIONES	69
5.2. RECOMENDACIONES	70
6. Bibliografía	71
7. ANEXOS.....	83
7.1. ANEXO 1: ÁRBOL DE PROBLEMAS.....	83
7.2. ANEXO 2: RESULTADOS, PRUEBA TUKEY Y DMS.....	84
7.3. ANEXO 3: Descripción de los métodos para la caracterización físico-química de los frutos.....	88
7.3.1. Color	88
7.3.2. Peso.....	89
7.3.3. pH.....	90
7.3.4. acidez titulable	90
7.3.5. sólidos solubles	90
7.4. Anexo 4: Evaluación de la tasa de respiración Y contenido de polifenoles totales 91	
7.4.1. Evaluación de la tasa de respiración	91
7.5. EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE VALIDACIÓN	93
7.5.1. Linealidad	94
7.5.2. Precisión.....	95
7.5.3. Exactitud	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Taxonomía del ovo	5
Tabla 2: Requerimientos de clima para el ovo.....	7
Tabla 3: Contenido nutricional de ovo.....	12
Tabla 4: Localización del experimento	27
Tabla 5: Insumos, materiales y equipos necesarios en la fase experimental	27
Tabla 6: Variables y métodos utilizados para el estudio del fruto de ovo.	29
Tabla 7: Métodos para la evaluación de las características químicas y funcionales del fruto	30
Tabla 8: Factores en estudio	31
Tabla 9: Nomenclatura de los tratamientos.....	31
Tabla 10: Total de unidades experimentales en el estudio	32
Tabla 11: Análisis de varianza DCA con arreglo factorial AxB +2.....	32
Tabla 12: Descripción de variables del método CIE L*a*b*	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura física del ovo	5
Figura 2: Representación gráfica de los parámetros de color en la escala CIE Lab.	10
Figura 3: Frutos de ciruela mexicana.....	11
Figura 4: Principales grupos de polifenoles de alimentos	14
Figura 5: Estructura de un fenol.....	15
Figura 6: Estructura del ácido ascórbico	16
Figura 7: Sistema de atmósfera controlada	25
Figura 8: Esquema para la evaluación del volumen del fruto	37

Figura 9: Representación gráfica de los parámetros de color en la escala CIE Lab.	89
Figura 10: Sistema de atmósferas controladas.....	91
Figura 11: Esquema del fruto almacenado	92
Figura 12: tasa de respiración de las frutas de ovo durante el almacenamiento postcosecha.....	93
Figura 13: Comportamiento de la respiración postcosecha del ovo.....	93

RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito, el proporcionar una nueva alternativa de conservación, para disminuir las pérdidas postcosecha del ovo ocasionadas por el manejo inadecuado y por el corto tiempo de vida útil del mismo, así como el también mantener en lo posible las características físico-químicas, funcionales (contenido de polifenoles totales) y nutricionales (ácido ascórbico) mediante la aplicación de la tecnología de atmósferas controladas. El fruto se obtuvo de la Parroquia de Ambuquí con un estado de madurez fisiológico para su posterior almacenamiento por un lapso de 20 días, en donde se evaluó cada 4 días el comportamiento postcosecha (tasa de respiración), contenido de polifenoles totales y ácido ascórbico del ovo *Spondias purpurea* L. se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial AxB+2, en el que A corresponde a la concentración de gases (3% O₂, 17% CO₂ y 5% O₂, 15% CO₂), B a temperatura de almacenamiento (5°C y 8°C), y 2 testigos a concentración atmosférica (aire). Los resultados indican que la atmósfera controlada disminuye efectivamente la tasa de respiración del fruto y mantiene más estable los compuestos bioactivos en estudio a comparación con un almacenamiento convencional al final de su periodo de almacenamiento, los tratamientos que presentaron un mayor contenido de polifenoles totales (PFT) fueron: T1, T2, T3 y T4 con valores de 1047.74, 1021.93, 1044.48, 1040.33 mg AGE/100g MS (materia seca) respectivamente, en adición T1 y T2 fueron los tratamientos que mayor retención de ácido ascórbico (AA) presentaron con valores de 55.50 y 51.93 mg AA/100g MS, aunque cabe resaltar que en estos se evidenció síntomas de fermentación en el último periodo de almacenamiento debido al bajo suministro de O₂, por otro lado T3 y T4 también presentaron un considerable contenido de AA con valores de 46.10 y 40.73 mg AA/100g MS y en estos no evidenció ningún síntoma de fermentación, debido a esto se establece que T3 (concentración de gases 5% O₂, 15% CO₂, a temperatura de almacenamiento de 5°C) fue el mejor tratamiento. Por lo que se concluyó que la atmósfera controlada influye en la conservación del contenido de PFT y AA.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PROBLEMA

El ovo (*Spondias purpurea* L.) es uno de los cultivos con mayor presencia en la provincia de Imbabura, parroquia de Ambuquí el mismo que se ha visto afectado por su corto tiempo de vida útil ya que una vez cosechado en su estado maduro, llega a mantenerse en buenas condiciones entre 1 a 3 días (López, Velo, & Galarza, 2004). Esto debido a que la fruta cosechada continua con sus procesos fisiológicos (entre ellos la respiración) lo que implica y genera una serie de cambios estructurales en su composición que perjudican las características organolépticas del fruto, sumado a esto el producto cosechado se encuentra expuesto a daños físicos provocados por factores externos, como fricción, golpes, etc. Asimismo, el mal manejo postcosecha contribuye al deterioro del producto, dando como resultado pérdidas para los productores de esta zona. Estudios realizados mencionan que este fruto es considerado como climatérico, debido a su elevada tasa de respiración que de acuerdo a Dantas et al. (2015), es de $88,6 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, por lo cual inmediatamente después de la cosecha este inicia con el proceso de senescencia, provocando pérdidas de sus propiedades organolépticas, además de que durante su almacenamiento se presenta ciertos factores como oxígeno, temperatura, pH y daños provocados durante la cosecha, que alteran el contenido nutricional (ácido ascórbico) y funcional (contenido de polifenoles) en la fruta.

Por otra parte, existe escasa información en cuanto a investigaciones sobre el efecto de las atmósferas controladas en las propiedades físico-químicas, contenido de polifenoles totales y el contenido de ácido ascórbico del ovo (*Spondias purpurea* L.), que aporten a llevar a cabo un correcto manejo de almacenamiento bajo este método y que al mismo tiempo permita conservar sus buenas propiedades funcionales y nutricionales a través de su almacenamiento en atmósferas controladas, para de esta manera, verificar si durante el tiempo de evaluación propuesto en el estudio, el ovo es capaz de mantener sus propiedades organolépticas

en un nivel apto para su consumo e incluso superior a un almacenamiento tradicional como es en refrigeración.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El ovo es un fruto que tiene buenas expectativas de producción, debido a que este crece de forma espontánea y se adapta a suelos pobres, así también se destaca por ser un frutal de alto potencial ya que su producción implica bajos costos, por otro lado, esta especie se destaca por presentar propiedades funcionales (contenido de polifenoles totales) y nutricionales (contenido de ácido ascórbico) considerables, que de acuerdo a Maldonado-Astudillo et al. (2014) son $800\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ y $88,1\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ respectivamente, es por ello que es necesario generar información sustentada en cuanto a sus buenas cualidades para impulsar su producción en la parroquia de Ambuquí.

El ovo (*Spondias purpurea* L.) es un fruto “altamente perecedero en postcosecha (1-3 días a temperatura ambiente)” López et al. (2004), y su respectivo manejo postcosecha en almacenamiento se basa en temperaturas de refrigeración (provocando pérdidas en su composición debido al daño térmico) y en ocasiones a temperatura ambiente, por lo cual, sus propiedades se van afectadas e incluso su periodo de vida útil es corto. Por ello, se pretende utilizar la tecnología de atmósferas controladas para evaluar el comportamiento del contenido de polifenoles totales y ácido ascórbico del ovo durante su conservación y además proporcionar una alternativa de manejo postcosecha para mantener las propiedades de la fruta.

Además con el presente trabajo de investigación se pretende brindar información sobre nuevos métodos de almacenamiento, que sean amigables con el medio ambiente para el correcto manejo postcosecha, dirigido al sector productor de ovo de la parroquia de Ambuquí, para de esta manera alargar la vida útil de este especie frutal e incentivar la producción e industrialización del mismo, ya que en la actualidad es mínimamente procesado y del cual se pueden obtener distintos productos con valor agregado para potenciar la agroindustria en la zona del valle del chota.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un estudio del efecto de atmósferas controladas sobre la conservación del contenido de polifenoles totales y ácido ascórbico del ovo *Spondias purpurea* L.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar la materia prima mediante análisis físico-químicos (Sólidos solubles, pH, acidez titulable, peso y color), antes y después del almacenamiento bajo el método de atmósferas controladas.
- Evaluar la tasa de respiración del ovo durante su almacenamiento en atmósferas controladas.
- Determinar el contenido de polifenoles totales y ácido ascórbico en el ovo durante su almacenamiento en atmósferas controladas.

1.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

1.4.1. HIPÓTESIS NULA

Ho: Las atmósferas controladas no influyen en la conservación del contenido de polifenoles totales y ácido ascórbico del ovo.

1.4.2. HIPÓTESIS ALTERNATIVA

Ha: Las atmósferas controladas influyen en la conservación del contenido de polifenoles totales y ácido ascórbico del ovo.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. GENERALIDADES DEL OVO

De acuerdo con Lim (2012, pág. 166), el género de *Spondias purpurea* es conocida como: “Ciruela brasileña, Chile Ciruela, Ciruela mexicana, Ciruela hoguera, Jamaica Ciruela, Jocote, Ovo, Jobo púrpura, Mombin púrpura, Ciruela púrpura, Mombin rojo, Ciruelo escarlata, Ciruela española, Ciruela silvestre”.

2.1.1. OVO

El ovo es una drupa, ovalada u oblonga, de 2.5-5 cm de largo, morada, oscura o rojo brillante, naranja, amarilla o roja y amarilla, glabra, brillante, como se observa en la figura 1. El mesocarpio es amarillo, fibroso, jugoso, ácido-dulce, aromático, y se adhiere a una piedra fibrosa, dura, oblonga, nudosa y pálida que contiene hasta 5 semillas pequeñas (Lim, 2012).



Figura 1: Estructura física del ovo

Fuente: (Lim, 2012)

El jocote es nativo del Sur de México, Centro América y de las Antillas. En la actualidad se encuentra diseminado por el Caribe y América Tropical. Su nombre proviene del náhuatl “Xocotl”, término genérico para los frutos agrios (Vanegas, 2005). A continuación, en la tabla 1 se presenta la clasificación botánica del fruto.

Tabla 1: Taxonomía del ovo

Reino	Vegetal
División	Spermatophyta

Subdivisión	Angiospermae
Clase	Dicotyledoneae
Subclase	Archichlamideae
Orden	Sapindales
Familia	Anacardiaceae
Género	Spondias
Especie	purpurea L.
Variedad	Corona, Verano (guaturca, turco, iguana, azucarón, pitarrillo)
Nombre común	Jocote

Fuente: Guía técnica del cultivo del ovo (Vanegas, 2005)

2.1.2. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

Spondias purpurea se ha descrito como un árbol de hoja caduca que puede alcanzar 12-15 m de altura y 80 cm de diámetro a la altura del pecho. No obstante, debido a la domesticación y propagación vegetativa, generalmente son árboles cortos, de 8-10 m de altura, un tronco sinuoso con ramas gruesas, dosel ancho, corteza lisa y lisa, grisáceo o blanquecino. Las hojas compuestas son imparipinnadas, alternas, opuestas, subopuestas, de color verde brillante o morado cuando son jóvenes, de 12 a 25 cm de longitud, folíolos de 2 a 6 cm de longitud en promedio, con 4 a 11 pares, subsésil, de forma variable, de oblongo a trapezoidal u obovado, a veces pubescente cuando es joven (Vargas, 2018).

2.1.3. VARIETADES DE OVO

En 2018, Sameh, Al-Sayed, Labib, & Singab informan que “el género *Spondias* pertenece a la familia Anacardiaceae que comprende 70 géneros y 600 especies y es endógeno principalmente en los trópicos y subtropicos en todo el mundo, pero también se extiende a la zona templada”.

En Ecuador se producen tres variedades de ovo, *Spondias mombin* L, *Spondias cytherea* L. en la Costa y *Spondias purpurea* L. que se produce en la localidad de

Ambuquí y se consume tanto como si está o no maduro (Chamorro, 2014). El requerimiento climático, se presenta a continuación en la tabla 2.

Tabla 2: Requerimientos de clima para el ovo

Requerimientos de clima	Variedad de ovo	
	De verano	Corona
Temperatura	24°C-27°C	18°C-28°C
Humedad relativa	75 a 85 %. Mayor porcentaje de humedad permite la proliferación de enfermedades fungosas.	
Precipitación anual	800 a 1,500 mm	1,200 a 1,800 mm
Altitud	0 a 800 msnm	900 a 1,200 msnm
Vientos	En zonas donde el viento sobrepase los 15 Km. por hora	
Luminosidad	Los cultivos de jocote deben ser establecidos en lugares donde exista adecuada luminosidad, esto permite obtener buena floración y adecuado color de frutos.	

Fuente: (Vanegas, 2005)

2.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA

De acuerdo con Torres, Montes, Pérez y Andrade, (2013) “los principales parámetros de calidad de las frutas son el peso seco, sólidos solubles, acidez titulable, pH, color y dureza”. Así también, Zacatares, (2010) manifiesta que los atributos más importantes de la calidad son la apariencia, textura o firmeza del tejido, el contenido de azúcares, almidones, la acidez y el contenido nutricional. Estos atributos son determinados por la variedad, el estado de madurez y las condiciones pre y postcosecha de las frutas y hortalizas.

2.2.1. PH

El pH es la medida potenciométrica más importante utilizada en la industria agroalimentaria y sirve para cuantificar la concentración de H_3O^+ , esto se puede relacionar con el contenido de ácidos presentes, la capacidad de proliferación

microbiana en conservación puesto que actuará a nivel fisiológico en el fruto como barrera fisiológica natural frente a la acción microbiana (Ruiz & Rodríguez, 2014). Estudios realizados por Maldonado-Astudillo et al. (2014) dan a conocer que los frutos de *S. mombin* son muy ácidos, teniendo valores de pH que van desde 2.3 a 3.3. Por esta razón, no se consumen frescos normalmente, sino que se destinan al procesamiento en la agroindustria. Por el contrario, el pH de *S. purpurea* es más variable, oscila entre 2.5 y 6.0 dependiendo de la variedad y región donde se cultiva la fruta. Al respecto Ramírez, y otros, (2008) manifiesta que el pH promedio varía de 2.7 a 3.5, y este es más alto en las variedades cultivadas (3.3) que en las silvestres (3.0).

2.2.2. ACIDEZ TITULABLE

De acuerdo con Maldonado et al. (2014) “los ácidos orgánicos son importantes en la maduración de las frutas, ya que pueden ser una fuente de energía durante el proceso de respiración”. En 2003, Camelo menciona que la acidez titulable es la forma de expresar la acidez. La relación sólidos solubles/acidez titulable se denomina ratio y es usada en cítricos fundamentalmente, esta relación es función de la especie y variedad.

El contenido de ácido de las frutas generalmente se determina por titulación y, en el caso de *Spondias*, generalmente se expresa como unidades porcentuales de ácido cítrico, dado que esta es la forma predominante de ácido orgánico en estas frutas Ramírez et al. (2008). Por otro lado, Maldonado et al. (2014) observaron que la acidez titulable (TA) de *S. mombin* oscila entre 0.6 y 2.6%, mientras que para *S. purpurea* usualmente oscila entre 0.2 y 2%, y se pueden encontrar varios tipos ecológicos diferentes con TA que son significativamente más bajos (0.012%). Al respecto, Irán, Yanik et al. (2012) manifiestan que “la acidez titulable (AT) fluctuó entre 0.2 y 2.0% en ciruela mexicana”.

2.2.3. SÓLIDOS SOLUBLES

Para determinar el contenido de sólidos solubles (CTSS) presentes en una fruta se usan unidades de medición de CTSS que pueden ser: grados Brix (°Brix) y el índice de refracción (Suh & Rodríguez, 2017). De acuerdo con Carmona, (2006),

menciona que los sólidos solubles corresponden al peso de sacarosa en una solución acuosa.

De acuerdo con (Kozoil & Macía, 1998; Mohammed, 2011; Irán Alía, y otros, 2012) informan que los frutos de ovo presentan la mayor densidad calórica y esta se atribuye gracias a sus carbohidratos totales del 19,1% y la fructosa, la glucosa y la sacarosa, que en conjunto representan el 65% de la materia soluble. A diferencia de las otras frutas, la ciruela conserva una buena cantidad de almidón en el mesocarpio, se reportaron valores de 74 kcal/100 g de porción comestible frente a valores de 39 a 58 kcal/g reportados para durazno (melocotón), albaricoque, ciruela, mango y cereza (guinda). Por otro lado, Álvarez, Alía, Chavez, Colinas, Nieto, Rivera, Pérez (2017) reportaron que el contenido de sólidos solubles totales (SST) se observaron entre una amplitud de 8,2 y 22,8°Brix. Al respecto Irán, y otros, (2012) mencionan que los valores máximos de SST fueron de 17.3 °Brix. Así también Ramírez et al. (2008) informan en su estudio que los frutos presentaron valores superiores al 12° Brix. Solorzano, et al. (2015) reportaron valores máximos de SST en colectas de la estación seca entre 17,3 y 18,2°Brix, al respecto Maldonado et al. (2014) indicaron valores máximos entre 17 y 18°Brix.

2.2.4. PESO

De acuerdo con Ramírez, et al. (2008) mencionan que el peso de los frutos de ovo de las variedades evaluadas varió de 6.3 g a 35.8g tanto en variedades silvestre y cultivadas, por otra parte, Irán et al. (2012) reportaron que la masa del fruto estudiada fluctuó entre 4.0 y 43.2 g. López et al. (2004) mediante un estudio de almacenamiento del ovo informan, que en general los frutos evaluados a tres estados de madurez expuestos directamente a 20 °C por 2 d, perdieron entre 7.6 y 8.8 % de su peso.

2.2.5. COLOR

Delmoro, Muñoz, Nadal, Clement, & Pranzetti, (2010) mencionan que el color es una percepción humana de la luz reflejada por un objeto. Es un atributo de apariencia de los productos y su observación permite detectar ciertas anomalías y defectos. Por otro lado, Mathias-Rettig & Ah-Hen, (2014) manifiestan que se han

desarrollado algunos métodos para determinar el color en los alimentos, entre uno de ellos se mencionan los sistemas CIE en el cual se usan tres coordenadas para ubicar un color en un espacio de color. Estos espacios de color incluyen (1) CIE XYZ, (2) CIE $L^*a^*b^*$ y (3) CIE $L^*C^*h^\circ$. Así también, Camacho, Peña, & Guzmán, (2014) dan a conocer que el modelo CIE- $L^*a^*b^*$ (parte de la CIE), se utiliza para lograr una percepción uniforme del color. Este modelo de coordenadas es el más recomendado para las mediciones industriales del color de los objetos, a continuación, se muestra en la figura 2 una representación de la escala CIE Lab.

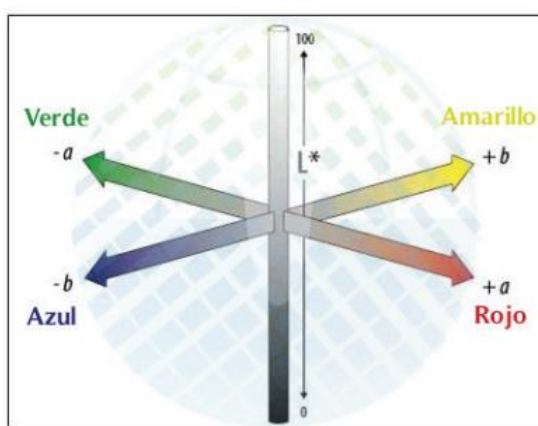


Figura 2: Representación gráfica de los parámetros de color en la escala CIE Lab.

Fuente: (Mathias-Rettig & Ah-Hen, 2014)

En 2018, Vargas informa que el epicarpio de las frutas de ovo muestra una gama de colores, como se indica en la figura 3, que incluye amarillo, rojo amarillento, rojo cobrizo, rojo oscuro, amarillo rojizo, naranja y verde amarillento. Irán et al. (2012) mencionan que el color de la epidermis de la ciruela mexicana se atribuye a fenoles y carotenoides, que pueden ser de interés debido a la evidencia de los efectos benéficos de algunos fenoles en la salud humana.

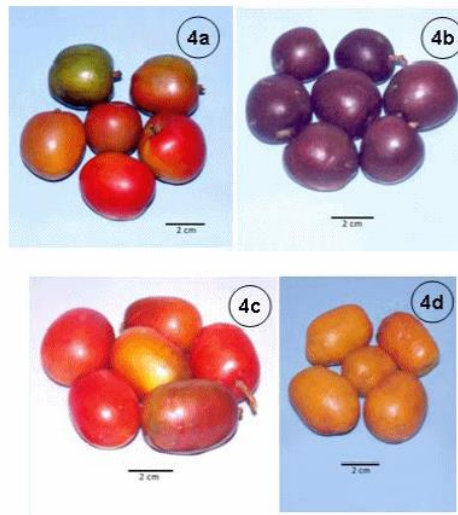


Figura 3: Frutos de ciruela mexicana

Fuente: (Vargas, Hernández, & Moguel, 2011)

2.3. PROPIEDADES FUNCIONALES Y NUTRICIONALES DEL OVO

Solorzano et al. (2015) manifiestan que la ciruela mexicana se puede consumir en las etapas maduras e inmaduras. Sin embargo, las frutas maduras proporcionan un alto consumo de calorías además de vitamina C y cantidades moderadas de minerales como potasio y calcio como se puede observar en la tabla 3, junto con compuestos antioxidantes como fenoles y carotenoides. Al respecto, De la Torre, Muriel, & Balslev, (2006) mencionan “que los frutos de esta especie presentan un alto valor de densidad calórica, además de ser una fuente de potasio y vitamina C”. En 2011, Mohammed informa que el contenido de vitamina A es más alto que el del anacardo y la guayaba, y algunos cultivares de papaya y mango. Por otro lado Ramírez et al. (2008) mencionan que el contenido de proteína del ovo es ligeramente inferior a la guayaba (*Psidium guajava*) (0.3 g/100 g), papaya (*Carica papaya*) y mango (0.39/100 g), así como la piña (*Ananas comosus*) (0.5 g/100g) también se reportan valores superiores a 1 g/100 g para uvas, naranjas (*Citrus* spp.) Los valores que más se acercan a los reportados para *S. purpurea* son para manzana (0.2 g/100 g).

Tabla 3: Contenido nutricional de ovo

Componentes	Contenido 100g de la porción comestible
Agua (g)	70.4
Proteína (g)	1.0
Grasa (g)	0.2
Carbohidratos totales (g)	27.4
Fibra cruda (g)	0.5
Ceniza (g)	1.0
Calcio (mg)	17
Fósforo (mg)	49
Hierro (mg)	0.8
Actividad de vitamina A (ug)	35
Tiamina (mg)	0.09
Riboflavina (mg)	0.04
Niacina (mg)	1.18
Ácido ascórbico (mg)	52
Valor energético (Kcal)	104

Fuente: (FAO, 2018)

Terry & Thompson, (2011) mencionan que “las frutas de ovo son generalmente una buena fuente de antioxidantes o compuestos funcionales tales como vitaminas, compuestos fenólicos y carotenoides”. Al respecto Almeida et al. (2011), reportaron la moderada concentración de fenoles totales, antocianinas y actividad antioxidante en esta especie. Así también, Álvarez et al. (2017) informan que los frutos de *S. purpurea* son una fuente importante de antioxidantes. Es por ello que es necesario efectuar más estudios sobre el contenido y caracterización de antioxidantes, para que su consumo aporte más beneficios Irán et al. (2012).

2.3.1. ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

La actividad antioxidante total es una estimación del contenido de antioxidantes, así como de la calidad nutracéutica de un alimento y constituye la actividad biológica que, en su mayor parte, es responsable del efecto preventivo contra el daño oxidativo Solorzano et al (2015). Los antioxidantes naturales son de interés

en las industrias cosmética, farmacéutica y especialmente en la industria alimentaria, ya que también pueden usarse como sustitutos de antioxidantes sintéticos proporcionando protección contra la degradación oxidativa de los radicales libres (Moure, y otros, 2001).

2.3.2. CONTENIDO DE POLIFENOLES

De acuerdo con Barbean, (2003), las sustancias fenólicas o polifenoles constituyen un grupo muy numeroso de sustancias que incluyen familias de compuestos con estructuras diversas como se puede observar en la figura 4, desde algunas relativamente simples, como los derivados de ácidos fenólicos, hasta moléculas poliméricas de relativamente elevada masa molecular, como los taninos hidrolizables y condensados. Por otro lado, Quiñonez, Miguel, & Aleixandre, (2012) mencionan que en la naturaleza existe una amplia variedad de compuestos que presentan una estructura molecular caracterizada por la presencia de uno o varios anillos fenólicos, estos compuestos podemos denominarlos polifenoles.

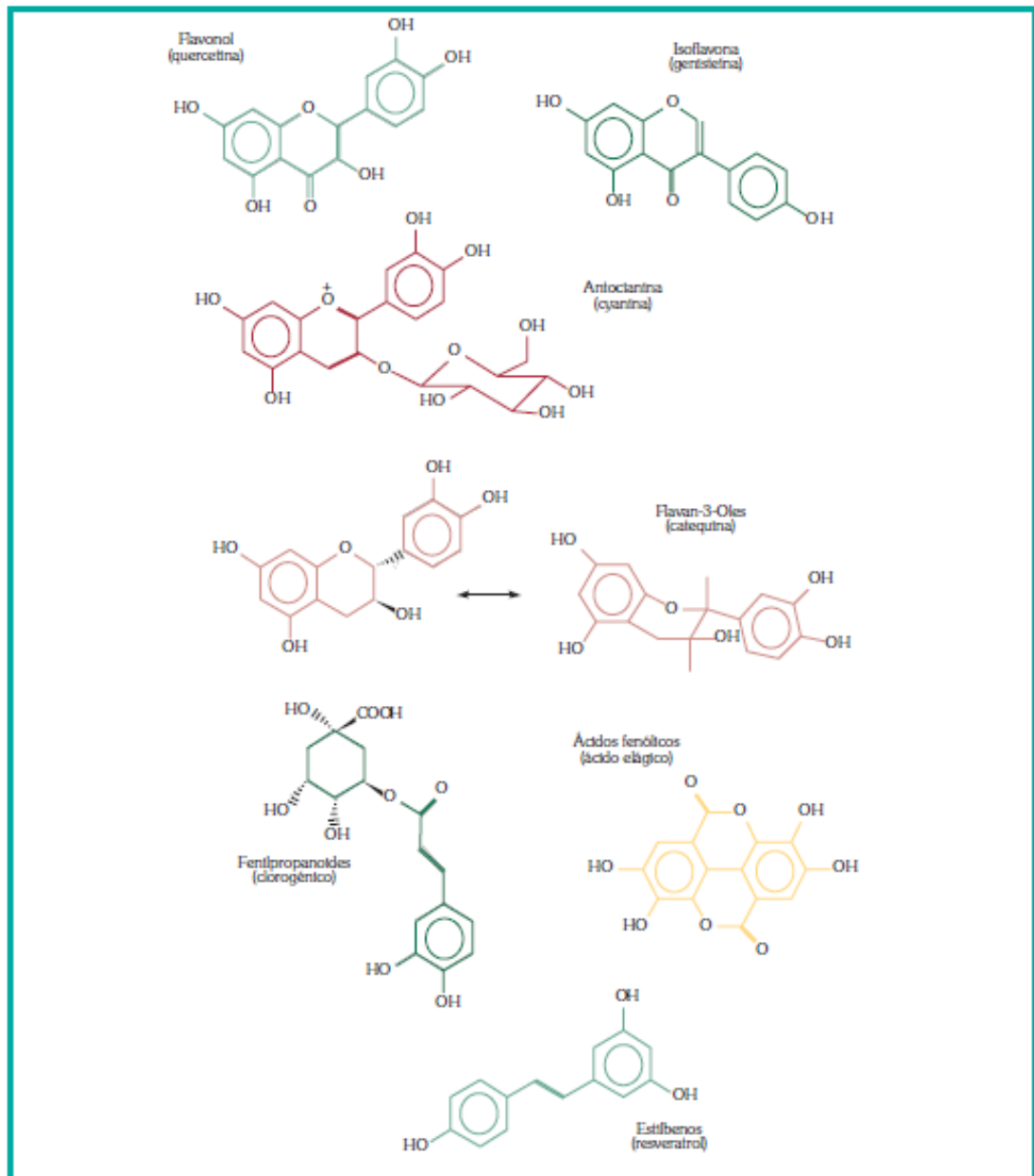


Figura 4: Principales grupos de polifenoles de alimentos

Por otro lado, según Arias, (2006) los fenoles son compuestos orgánicos que, desde el punto de vista estructural, se relacionan con la molécula de agua, como se muestra en la figura 5, el grupo común es el hidroxilo (-OH), las propiedades físicas y químicas estas determinadas por la presencia de dicho grupo.

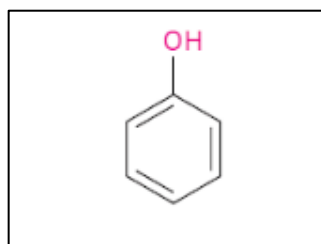


Figura 5: Estructura de un fenol

Fuente: (McMurry, 2012)

De acuerdo con McMurry, (2012) menciona que los fenoles se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza y también sirven como intermediarios en la síntesis industrial de productos tan diversos como adhesivos y antisépticos. Por otro lado, Echevarría, Franco, & Martínez, (2009) manifiestan que los compuestos fenólicos, tienen una gran capacidad antioxidante, considerada la actividad biológica responsable del efecto preventivo sobre algunas enfermedades de origen cardiaco e inmunológico.

Investigaciones realizadas informan que al revisar el contenido de fenoles y carotenoides en la epidermis, pulpa y semilla de siete frutos tropicales (aguacate, banano, guayaba, jaca, longan y granada) determinaron que es la epidermis la estructura donde hubo mayor concentración de estos compuestos. Esto fue similar en la ciruela mexicana, pero aún más significativo es que en esta especie, la epidermis es consumida junto con la pulpa, lo que favorece un mayor consumo de estas moléculas funcionales Álvarez et al. (2017). Por lo tanto, la contribución de la fruta *Spondias purpurea* a la dieta, en términos de capacidad antioxidante, es más alta que para otras frutas, especialmente cuando los consumidores comen no solo la pulpa sino también la cáscara de la ciruela mexicana Solorzano et al. (2015).

De acuerdo con Baquero, Paternina, & Cadavid, (2015) los compuestos fenólicos se encuentran preferentemente en la cáscara y las semillas y en una menor medida, en la pulpa del ovo. Solorzano et al. (2015) mencionan que los resultados sugieren que un mayor contenido de fenoles, carotenoides y vitamina C junto con una coloración púrpura o roja del epicarpio, pueden estar asociados con un aumento en las actividades antioxidantes del epicarpio y la pulpa de la ciruela mexicana. La concentración total de fenoles siempre fue más alta en el epicarpio de la fruta

(promedio $3,7mg \cdot g^{-1}$) que, en la pulpa, donde los valores fueron, en general, hasta tres veces menores (promedio de $1,3mg \cdot g^{-1}$). Al respecto, Maldonado et al. (2014) informan que la importancia de los compuestos fenólicos en la fruta de ovo se origina a partir de su función como antioxidantes naturales y en la protección que tales compuestos proporcionan contra las enfermedades degenerativas crónicas.

2.3.3. CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO

El ácido ascórbico es un agente muy eficiente que combate el estrés oxidativo a nivel celular. Su carácter reductor es debido a su estructura química, como se observa en la figura 6, que posee una lactona derivada del furano y dos grupos hidroxilo enólicos que se oxidan muy fácilmente (Vallespi, Morales, García, Torralba, & Gutiérrez, 2013). Así también, Velázquez et al. (2008) mencionan que el ácido ascórbico es una cetolactona de seis carbonos, que está relacionada estructuralmente con la glucosa y otras hexosas.

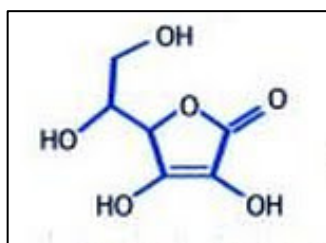


Figura 6: Estructura del ácido ascórbico

Fuente: (Velázquez, y otros, 2008)

Investigaciones realizadas revelan que el ovo es un fruto con calidad aceptable en comparación con los frutos producidos por especies frutales más importantes en el mundo, ya que las ciruelas son una fuente importante de azúcares y minerales, y probablemente de ácido ascórbico, ya que comúnmente la acidez de los frutos es debido a la presencia de este ácido Ramírez et al (2008). Al respecto, Solorzano et al. (2015) mencionan que, la ciruela mexicana proporciona un alto consumo de calorías además de vitamina C y cantidades moderadas de minerales como potasio y calcio. De igual manera, Mattietto & Matta, (2011) informan que el ovo tiene un buen valor nutricional, incluidos buenos niveles de minerales y vitaminas.

Según (Mohammed, 2011, Lim, 2012) a diferencia de otras frutas, se encontró que el ovo retenía una buena cantidad de almidón en el mesocarpio. Tenía un nivel moderado de potasio (250 mg por 100 g de porción comestible) y una excelente cantidad de vitamina C (49 mg / 100 g de porción comestible). Por otro lado, Mattietto & Matta, (2011) manifiestan que, algunos de los carotenoides que presenta este fruto, son precursores de vitamina A, principalmente β -criptoxantina y β -caroteno, y algunos han demostrado ser antioxidantes.

2.4. VALIDACIÓN DE MÉTODOS ANALÍTICOS

De acuerdo con Rodríguez, (2009) la validación de un método analítico es el proceso mediante el cual se establece por medio de estudios de laboratorio que la características representativas del método analítico cumplen con las especificaciones para su medición. Por otro lado, Alonso, Ruiz, Quintanilla, & Zarcero, (2009) mencionan que la validación de los métodos analíticos corresponden a parámetros de calidad cuantitativos que se utilizan para predecir si un método es adecuado o no, para resolver un determinado problema analítico. A continuación en la tabla 4 se presentan algunos parámetros de calidad importantes.

Tabla 4: Parámetros de calidad de los métodos analíticos

Característica	Parámetro de calidad
Precisión:	Desviación estándar absoluta, desviación estándar relativa, coeficiente de variación, varianza.
Exactitud:	Error absoluto, error relativo, porcentaje de recuperación
Sensibilidad:	Pendiente de recta de calibrado.
Selectividad:	Coefficiente de selectividad.
Robustez:	Desviación estándar absoluta, desviación estándar relativa, coeficiente de variación, varianza.
Linealidad:	Pendiente de regresión lineal, coeficiente de correlación.

Fuente: (Alonso, Ruiz, Quintanilla, & Zarcero, 2009)

A continuación, se describen cada una de las características que corresponden a la validación de los respectivos métodos analíticos.

2.4.1. PRECISIÓN

La precisión de un método analítico se refiere al grado de concordancia entre los resultados individuales de la prueba, cuando el procedimiento se aplica repetitivamente a muestras múltiples a o una muestra homogénea. La precisión del método, se expresa como la desviación estándar o desviación estándar relativa (coeficiente de variación) de una serie de mediciones (Rodríguez, 2009).

2.4.1.1. ECUACIÓN DE HORWITZ

En adición Linsinger & Josephs, (2006) consideran que uno de los parámetros para evaluar la precisión de un método analítico, es por medio de la ecuación de Horwitz en la cual se determina que la precisión es aceptable cuando su coeficiente de variación (CV) experimental es inferior al valor calculado con la ecuación (1) que se muestra a continuación.

$$\%CV = 2^{(1-0.5\log(C))} \quad (1)$$

Donde:

CV: coeficiente de variación expresado en %

C: nivel de concentración del analito expresado en valores adimensionales de masa.

Los valores calculados con la ecuación de Horwitz, permiten comparar y calificar la precisión de un método analítico en función a la concentración del analito. A continuación, en la tabla 5 se muestran los resultados aceptables del CV de Horwitz con la respectiva concentración del analito.

Tabla 5: CV de Horwitz para diferentes concentraciones

Concentración del analito	CV de Horwitz
10%	2.8%
1%	4.0%
0.1%	5.6%
0.01%	8.0%

1Ppm	16%
1Ppb	45%

Fuente: (Orozco & Báez, 2010)

Según Orozco & Báez, (2010) la ecuación de Horwitz se representa como el coeficiente de variación (CV) en potencia de 2 contra la concentración medida expresada en potencia de 10, como se muestra a continuación en la figura 7.

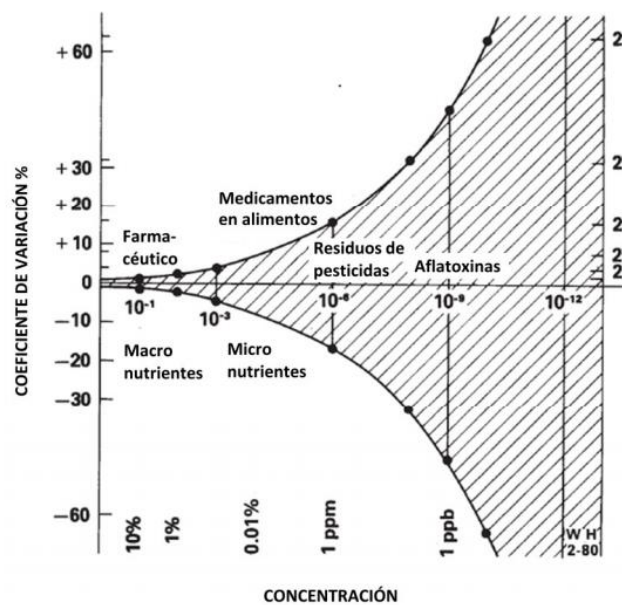


Figura 7: Trompeta de Horwitz

Fuente: (Orozco & Báez, 2010)

2.4.2. EXACTITUD

Es el acercamiento de los resultados experimentales obtenidos, al valor verdadero. Se expresa como el porcentaje de recuperación por el ensayo de cantidades conocidas adicionadas al analito (Rodríguez, 2009).

2.4.3. SENSIBILIDAD

De acuerdo con Alonso, Ruiz, Quintanilla, & Zarcero, (2009) la sensibilidad mide la capacidad de un método para distinguir pequeñas diferencias en la concentración del analito. Los factores que determinan la sensibilidad son la pendiente de la recta de calibrado y la precisión. La sensibilidad de un método puede expresarse como:

- Sensibilidad de la calibración (m): es la pendiente de la recta de calibrado.
- Sensibilidad analítica (y): se expresa como la pendiente de la recta de calibrado dividida entre la desviación estándar de las medidas (precisión).

2.4.4. SELECTIVIDAD

Se entiende a la selectividad como el parámetro que define de forma cualitativa la extensión en que otras sustancias interfieren en la determinación de un analito usando un método determinado (Jurado, 2008).

2.4.5. ROBUSTEZ

Alonso et al. (2009) lo definen como la capacidad del método para no ser afectado por pequeños pero deliberados cambios en las condiciones experimentales. El estudio de la robustez permite evaluar como la variación de las condiciones experimentales, provocan cambios en la variabilidad de los resultados obtenidos, expresada como desviación estándar absoluta, desviación estándar relativa o coeficiente de variación de los mismos.

2.4.6. LINEALIDAD

Esta se define como la capacidad de un método para dar respuestas relacionadas linealmente con la concentración de analito dentro de un determinado intervalo o rango de concentraciones. Para estimar la bondad con la que los datos experimentales se ajustan a una línea recta se calcula el coeficiente de correlación. Un valor de 1 corresponde a un ajuste perfecto, mientras que un valor de 0 implica que no hay correlación lineal alguna entre las respuestas y la concentración. También puede utilizar el coeficiente de correlación al cuadrado (r^2). Para un componente mayoritario un r^2 por encima de 0.995 se considera un buen ajuste para la mayoría de los fines Alonso et al. (2009).

2.5. FISIOLÓGÍA POSTCOSECHA

Según, Kader & Zaldivar, (2011) mencionan que los diferentes estados de madurez de los productos están asociados con cambios en su fisiología que se miden a través de los cambios en los patrones de respiración y producción de etileno. Viñas,

Recasens, Usall, & Graell, (2013) mencionan que el problema del deterioro de los productos hortofrutícolas frescos se debe a que los mismos son tejidos vegetales vivos que están sujetos a continuos cambios después de ser cosechados. Así, durante su almacenamiento y posterior comercialización, las frutas y hortalizas continúan respirando, es decir, consumiendo O₂ y desprendiendo dióxido de carbono CO₂, la velocidad de deterioro es generalmente proporcional a la velocidad a la que transcurre la respiración del producto. De igual manera Chávez, (2016), aclara que durante la postcosecha se ocasionan pérdidas de calidad que afectan la apariencia, sabor, textura, pérdida de peso lo que se expresa en pérdidas económicas del producto.

2.5.1. FACTORES BIOLÓGICOS QUE INFLUYEN EN EL DETERIORO

Barreiro y Sandoval (2006) mencionan en su obra (Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas) que: “los alimentos de origen vegetal se caracterizan porque continúan sus procesos metabólicos después de ser cosechados. La fotosíntesis se reduce y prácticamente se detiene en este lapso; sin embargo, los procesos de respiración prosiguen activos”. El etileno es la hormona vegetal responsable de regular diferentes procesos durante la maduración de productos agrícolas, llevando a procesos de senescencia y finalmente, pérdida de valor nutricional y comercial (Balaguera, Salamanca, García, & Herrera, 2014). Los cambios en el sabor, aroma, color y textura están asociados a un transitorio pico respiratorio y vinculados estrechamente a la producción auto catalítica del etileno (Camelo, Sistemas de cosecha, 2003).

Se han realizado investigaciones de acuerdo al tema de la conservación del fruto de ovo, García, Barraza, Valdivia, & Jaimez, (2011) manifiestan que el ovo es un fruto altamente perecedero, debido a su corta vida de anaquel (1 a 3 d al ambiente) y al nulo uso de refrigeración por falta de infraestructura, se pierde hasta 40 % de la producción. Por otro lado, de acuerdo con Barfod, (2000) menciona que los frutos comestibles de *Spondias purpurea* tienen un alto valor en toda la llanura costera ecuatoriana y los Andes donde se cultivan. Así también, De la Torre, Muriel, &

Balslev, (2006) menciona que los frutos se exportan a Colombia y Perú, las frutas se comen frescas o se procesan en varios productos como mermelada, vino y licor, todos con un potencial de mercado prometedor.

2.5.1.1. RESPIRACIÓN

El proceso respiratorio ocurre a expensas de las sustancias de reserva (azúcares, almidones) las que son oxidadas, con el consiguiente consumo de O₂ y producción de CO₂, adicionalmente, la respiración genera calor (calor vital) que al ser liberado al medio que rodea a la fruta puede afectar al producto cosechado (FAO, 2007). La tasa respiratoria durante la maduración genera cambios en la concentración de almidón y ácidos orgánicos, los cuales pueden ser utilizados como sustratos respiratorios (Akbuldak & Eris, 2004). En 2014, Goyal & Dhankar, “mencionan que las frutas son percederas en la naturaleza ya que contienen 80-95% de humedad, alta tasa de respiración, más superficie y textura delicada”.

Estudios realizados por López et al. (2004) manifiestan que los frutos de ovo almacenados a 20 °C, mostraron inicialmente una velocidad de respiración de (61,3mgCO₂.kg⁻¹.h⁻¹), por otro lado, Montalvo, García, Oca, & Tovar, (2011) mencionan que se ha reportado comportamiento climatérico en los frutos de ciruela mexicana. Los frutos de la variedad *Spondias purpurea* presenta patrón respiratorio post-cosecha típico de frutos climatéricos, ya que su pico respiratorio es dependiente del estado de maduración de cosecha presentando un pico respiratorio en torno a 88,6mgCO₂.kg⁻¹.h⁻¹ inmediatamente después de la cosecha Dantas et al. (2015), por otro lado, Sampaio, Bora, & Holschuh, (2008) manifiestan que la liberación máxima de CO₂ (111,8mlCO₂.kg⁻¹.h⁻¹) y absorción de O₂ (124,2mlCO₂.kg⁻¹.h⁻¹) se produjo a las 140 y 130 h, respectivamente, después de la cosecha, definiendo el máximo climatérico.

2.5.1.2. TRANSPIRACIÓN O PÉRDIDA DE AGUA

En 2004, Rangel, Cepeda, Pérez, & Torres afirman que la pérdida de turgencia es causada por la pérdida de agua a través de la transpiración y respiración del fruto; en consecuencia, ocurre marchitamiento y pérdida de consistencia del fruto. Por otro lado, Espinosa, (2015) manifiesta que la velocidad de pérdida de agua es un

factor que determinará la vida postcosecha del fruto, y esta pérdida se convertirá en una disminución significativa de peso, la pérdida de agua tiene un efecto muy importante pues en la apariencia del producto, de forma que acabará disminuyendo su atractivo comercial.

2.5.1.3.PRODUCCIÓN DE ETILENO

El etileno es una sustancia natural (hormona) producida por las frutas. Aún a niveles bajos menores que 1 parte por millón (ppm), el etileno es fisiológicamente activo, ejerciendo gran influencia sobre los procesos de maduración y senescencia de las frutas, influyendo de esta manera en la calidad de las mismas (FAO, 2007). Al respecto, Zhang, Jiang, Shi, Luo, Kang & Yu, (2012) mencionan que el etileno presenta el inicio de la maduración y es esencial para las respuestas fisiológicas relacionadas con la maduración, como los cambios dramáticos en el color, la textura, el sabor y el aroma de la pulpa de la fruta.

2.6. MÉTODOS DE CONSERVACIÓN

El concepto general de la preservación de los alimentos es prevenir o evitar el desarrollo de microorganismos (bacterias, levaduras y mohos), para que el alimento no se deteriore durante el almacenaje. Al mismo tiempo, se deben controlar los cambios fisicoquímicos y bioquímicos que provocan deterioro. De esta manera, se logra obtener un alimento sin alteraciones en sus características organolépticas típicas (color, sabor y aroma), y puede ser consumido sin riesgo durante un cierto período de tiempo (Reynes, 2014). De la Vega, Cañarejo, & Pinto, (2017) mencionan que otro aspecto importante en el estudio de la conservación de alimentos, refiere a sus características organolépticas y nutritivas. Un alimento con estas características tan deseables como las que posee en su producción, es un objetivo importante para ofrecer al consumidor. Los métodos de conservación no sólo deben ser capaces de prolongar el tiempo de vida del alimento, sino también, en lo posible conservar las características sensoriales del fruto.

2.6.1. REFRIGERACIÓN

En 2018, Cerros menciona que la refrigeración consiste en la conservación de los productos a bajas temperaturas, pero por encima de su temperatura de congelación. De manera general, la refrigeración se enmarca entre -1°C y 8°C . Así también, Morales, (2012) manifiesta que las temperaturas bajas permiten que los efectos de las reacciones químicas y enzimáticas sean más lentos, y que el crecimiento de algunas bacterias se vea limitado. Por lo tanto, la conservación de los alimentos se asegura mientras exista una temperatura baja, y entre más baja, mayor probabilidad de conservación; de este modo, las reacciones naturales de los alimentos estarán controladas, logrando que se conserven los alimentos, y a su vez, se mantengan sus propiedades gustativas y nutritivas. Reynes, (2014) manifiesta que el almacenamiento en frío es la mejor opción para reducir la tasa de respiración y de transpiración o deshidratación, pérdida de calidad y senescencia de las frutas y hortalizas. Sin embargo, el frío puede también provocar desórdenes fisiológicos.

2.6.2. ATMÓSFERA CONTROLADA

En 2016, Pinto, De la Vega, & Cañarejo manifiestan que, para aumentar la longevidad en la conservación de frutas y hortalizas frescas, se desarrolló la tecnología de Atmósferas Controladas, que se define como la modificación de la concentración de los principales gases como O_2 , CO_2 y en algunas ocasiones de nitrógeno (N_2), con el fin de disminuir la velocidad de maduración. Para controlar las condiciones de esta tecnología durante el almacenamiento como se observa en la figura 8, se deben utilizar sistemas para realizar la remoción y/o generación de O_2 y CO_2 . Así también, Reynes, (2014) menciona que el objetivo de esta tecnología es mantener la calidad de estos productos y prolongar su vida comercial, que llega a duplicarse e incluso triplicarse con respecto al envasado tradicional.

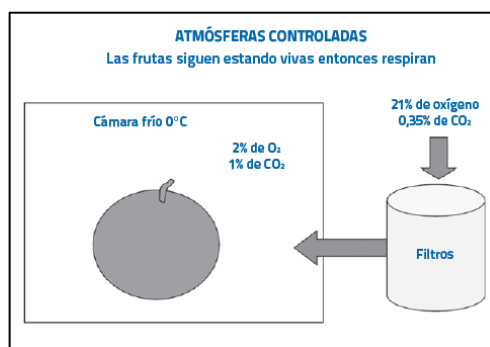


Figura 8: Sistema de atmósfera controlada

Fuente: (Reynes, 2014)

El uso de la atmósfera debe mantenerse durante todo el período de almacenamiento del producto, no sólo por la modificación de la atmósfera sino por la hermeticidad del cuarto en donde es almacenado; esta tecnología retarda la maduración del alimento y evita daños por frío que por lo general también es un factor común en la preservación de alimentos De la Vega et al. (2017).

2.6.2.2.SISTEMAS DE ATMÓSFERAS CONTROLADAS (AC)

De acuerdo con INTAGRI, (2017) existen varios sistemas de AC entre los cuales se pueden citar atmósfera controlada convencional, rápida, de ultra bajo O₂, de alto CO₂, de bajo etileno y de sistema de control dinámico, todos y cada uno de ellos se describirán a continuación.

2.6.2.2.1. AC Convencional

Se deja que la fruta almacenada modifique la atmósfera al reducir los niveles de O₂ e incrementar los niveles de CO₂ mediante su proceso de respiración hasta que se establezca la atmósfera necesaria. El tiempo en el que se logran las concentraciones adecuadas puede ser muy largo, por ejemplo, en manzana pueden pasar 10 días hasta alcanzarlas. Una vez que se alcanzan los niveles adecuados de los gases dentro de la cámara, se procede a su control mediante la entrada de aire exterior para regular el O₂ y la remoción del aire interior para controlar el CO₂.

2.6.2.2.2. AC Rápida

Se conoce que el control rápido de la atmósfera después de sellar la cámara de almacenamiento prolonga más la vida útil de los productos y mantiene su calidad.

Los niveles bajos de oxígeno en este sistema se alcanzan en menos de dos días, mediante la inyección de nitrógeno dentro de la cámara o generadores de AC.

2.6.2.2.3. AC Ultra bajo oxígeno

Se encontró mediante investigaciones que mantener niveles muy bajos de O₂ permite prolongar la vida postcosecha y preservar la calidad de los productos. Es como una AC rápida, con la diferencia de que se emplean niveles de O₂ menores al 1 %, sin usar niveles altos de CO₂.

2.6.2.2.4. AC de alto CO₂

Reportada para la conservación de manzana, consiste en elevar los niveles de CO₂ a valores de 10 a 15 % durante 2 a 4 semanas entre 0 y 5 °C antes de iniciar la atmósfera ideal.

2.6.2.2.5. AC de bajo etileno

De manera general el etileno alcanza concentraciones de 500 a 1000 ppm en cámaras con AC rápidas y convencionales. Consiste en mantener niveles muy bajos para preservar por más tiempo los productos hortofrutícolas. Los niveles de etileno en este sistema no deben ser mayores a 1 ppm, mantenido mayor firmeza en relación a la AC convencional. Su uso es muy limitado.

2.6.2.2.6. AC de sistema de control dinámico

Se tienen que mantener los niveles de O₂ en los límites mínimos tolerados por la fruta, con la ayuda de sensores se monitorean dichos niveles y se ajustan periódicamente. En este sistema las condiciones de la AC se modifican continuamente, reaccionando a las condiciones fisiológicas de los productos.

Dependiendo de las exigencias del producto, se requerirá una atmósfera con diversas cantidades de CO₂ y de O₂, los cuales reducen el proceso de respiración del alimento, conservando sus características fisicoquímicas, organolépticas y microbio-lógicas por un tiempo más prolongado. Así también esta técnica asociada al frío, acentúa el efecto de la refrigeración sobre la actividad vital de los tejidos, evitando ciertos problemas fisiológicos y las pérdidas por senescencia (Pinto, De la Vega, & Cañarejo, 2016).

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CARACTERIZACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO

Las pruebas preliminares, se realizaron en el Laboratorio de Análisis experimental e innovación y en el Laboratorio de Análisis Físico Químicos y Microbiológicos de la Facultad de Ingenierías en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte. A continuación, en la tabla 6 se presenta los datos de la ubicación en donde se realizó el experimento.

Tabla 6: Localización del experimento

Provincia:	Imbabura
Cantón:	Ibarra
Parroquia:	El Sagrario
Altitud:	2256 m.s.n.m.
HR promedio:	79,4%
Latitud:	0° 20'Norte
Temperatura media:	17°C

Fuente: (INAMHI, 2018)

3.2. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

Para el desarrollo del presente estudio y el cumplimiento de los objetivos propuestos en la investigación, se hizo el uso de los distintos materiales y equipos que se mencionan a continuación en la tabla 7.

Tabla 7: Insumos, materiales y equipos necesarios en la fase experimental

Materia prima insumos	Equipos	Materiales	Reactivos
Ovo estado	en de Mezclador de gases	Tanques de suministro de gases	Agua destilada

madurez fisiológico	Analizador de gases WITT: MAPY 4.0 LE SP O ₂ /CO ₂	Válvula de gas	Reguladora	Fenolftaleína al 1%
	Vitrina frigorífica	Frascos de vidrio 2 y 1/2lt		Hidróxido de sodio 0.1N
	Balanza analítica	Válvulas 04CKD	2QV-04-	Metanol
	Potenciómetro	Pasamuros de goma PARKER-LEGRIS		Ácido gálico
	Refractómetro	Manguera de teflón (4mm y 6mm)		Folin-Ciocalteu 1N
	Espectrofotómetro Jenway (modelo 6705 UV/Vis)	Vasos de precipitación		Carbonato de sodio (Na ₂ CO ₃) al 20%
	Liofilizador (modelo Advantage Plus ES-53)	Balones volumétricos		Ácido meta fosfórico en barra
	Desecador	Tubos de ensayo		Ácido ascórbico de grado estándar
	Plancha de agitación magnética	Buretas		Ácido acético glacial
	Centrifuga	Crisoles		2-6 dicloroindofenol
Vortex	Papel watman N°4		Carbonato ácido de sodio (NaHCO ₃)	
	Parafilm			
	Teflón			
	Funda Ziploc, funda de polietileno de alta densidad, papel Kraf.			

3.3. MÉTODOS

Los frutos de ovo (*Spondias purpurea* L.) se obtuvieron de la provincia de Imbabura, parroquia de Ambuquí, los mismos que fueron previamente seleccionados (estado de madurez fisiológico, frutos que no tengan daños físicos) con la finalidad de homogenizar la materia prima. El estado de madurez fue determinado mediante la norma NTE INEN, (2010), el mismo que se encuentra redactado en el anexo 1.

3.3.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LA MATERIA PRIMA

La caracterización físico-química de la materia prima, se la realizó de acuerdo a los métodos descritos a continuación en la tabla 8.

Tabla 8: Variables y métodos utilizados para el estudio del fruto de ovo.

Características	Variables	Unidad	Método/Equipo
Físicas	Color	-	Espectrofotometría, Espectrofotómetro de reflectancia
	Peso	g	Medición directa, Balanza analítica
Químicas	pH	%	Potenciometro, AOAC Official Methods 981.12- (1990) descrito por (Carmona M. D., 2010)
	Acidez titulable	% de ácido cítrico	AOAC Official Methods 942.15- (1990) descrito por (Carmona M. D., 2010)
	Sólidos solubles	°Brix	AOAC Official Methods 932.12- (1990) descrito por (Carmona M. D., 2010), Refractómetro

Se analizó las características físico-químicas: peso, color, sólidos totales, pH y acidez titulable de la materia prima previamente seleccionada (sin presencia de

daños o cortes), antes (0días), y después (20días) de aplicar el sistema de atmósfera controlas. Los métodos mencionados en la tabla 6, son descritos en el anexo 1.

3.3.2. EVALUACIÓN DE TASA DE RESPIRACIÓN, CONTENIDO DE POLIFENOLES Y ÁCIDO ASCÓRBICO DURANTE EL ALMACENAMIENTO DEL FRUTO

La evaluación de la tasa de respiración, contenido de polifenoles totales y ácido ascórbico, se realizó mediante los métodos descritos en la tabla 9.

Tabla 9: Métodos para la evaluación de las características químicas y funcionales del fruto

Características	Variables	Unidad	Método/Equipo
Químicas	Tasa de respiración	mgO ₂ /kg ⁻¹ .h ⁻¹	(Angós, Vírseda, & Fernández, 2007), Analizador de gases WITT: MAPY 4.0 LE SP O ₂ /CO ₂
		mgCO ₂ /kg ⁻¹ .h ⁻¹	
Funcionales	Ácido ascórbico (mg)	mg.g ⁻¹	AOAC Official Methods 967.21 (1995) descrito por (Contreras-Calderón, Calderón-Jaimes, Guerra-Hernández, & García-Villanova, 2011)
	Polifenoles totales	mg.g ⁻¹	Método Folin-Ciocalteu descrito por (Yıldız, İzli, Ünal, & Uylaşer, 2014)

La descripción de los métodos para la evaluación de la tasa de respiración propiedades funcionales se menciona en el anexo 2.

Las variables evaluadas en el presente estudio fueron: tasa de respiración, contenido de polifenoles totales y ácido ascórbico presentes en el fruto durante su almacenamiento, para ello se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial AxB + 2 testigos. El diseño experimental tiene las siguientes características.

3.3.3. EVALUACIÓN DE LA TASA DE RESPIRACIÓN

3.3.3.1. FACTORES A ESTUDIAR

En la presente investigación se presentó dos factores a evaluar, estos son: temperatura (A) y concentración de gases (B), como se muestra a continuación en la tabla 10.

Tabla 10: Factores en estudio

Factor A: Temperatura	Factor B: Concentración de gases
A1: 5°C	B1: O ₂ (3%); CO ₂ (17%); N ₂ (80%)
A2: 8°C	B2: O ₂ (5%); CO ₂ (15%); N ₂ (80%)

3.3.3.2. TRATAMIENTOS DE ESTUDIO

A partir de los factores en estudio, mencionados en el apartado anterior, se obtienen los tratamientos que se presentan a continuación en la tabla 11.

Tabla 11: Nomenclatura de los tratamientos

Tratamientos	Factor (A)	Factor (B)	
	Temperatura	Concentración de gases	Simbología
T1	A1	B1	A1B1
T2	A2	B1	A2B1
T3	A1	B2	A1B2
T4	A2	B2	A2B2

T5= Testigo 1 fruto almacenado a 5°C, con concentración de gases atmosféricos.

T6= Testigo 2 fruto almacenado a 8°C, con concentración de gases atmosféricos.

3.3.3.3. UNIDAD EXPERIMENTAL

Cada unidad experimental a evaluar presentó un peso de 0.5kg (500g) de fruto (ovo) fresco, con índice de madurez fisiológico, fruto con aspecto sano y exento de deterioro alguno, envasado en frascos de vidrio de 2lt con cierre hermético.

3.3.3.4. CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO

El total de unidades experimentales evaluadas se muestra a continuación en la tabla 12.

Tabla 12: Total de unidades experimentales en el estudio

Característica	Cantidad
Número de repeticiones por tratamiento	3
Número de tratamientos	4+2
Unidades experimentales	18

3.3.3.5. ESQUEMA DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

A continuación, en la tabla 13 se indica el procedimiento estadístico que se utilizó en la medición de la variación total del experimento.

Tabla 13: Análisis de varianza DCA con arreglo factorial AxB +2

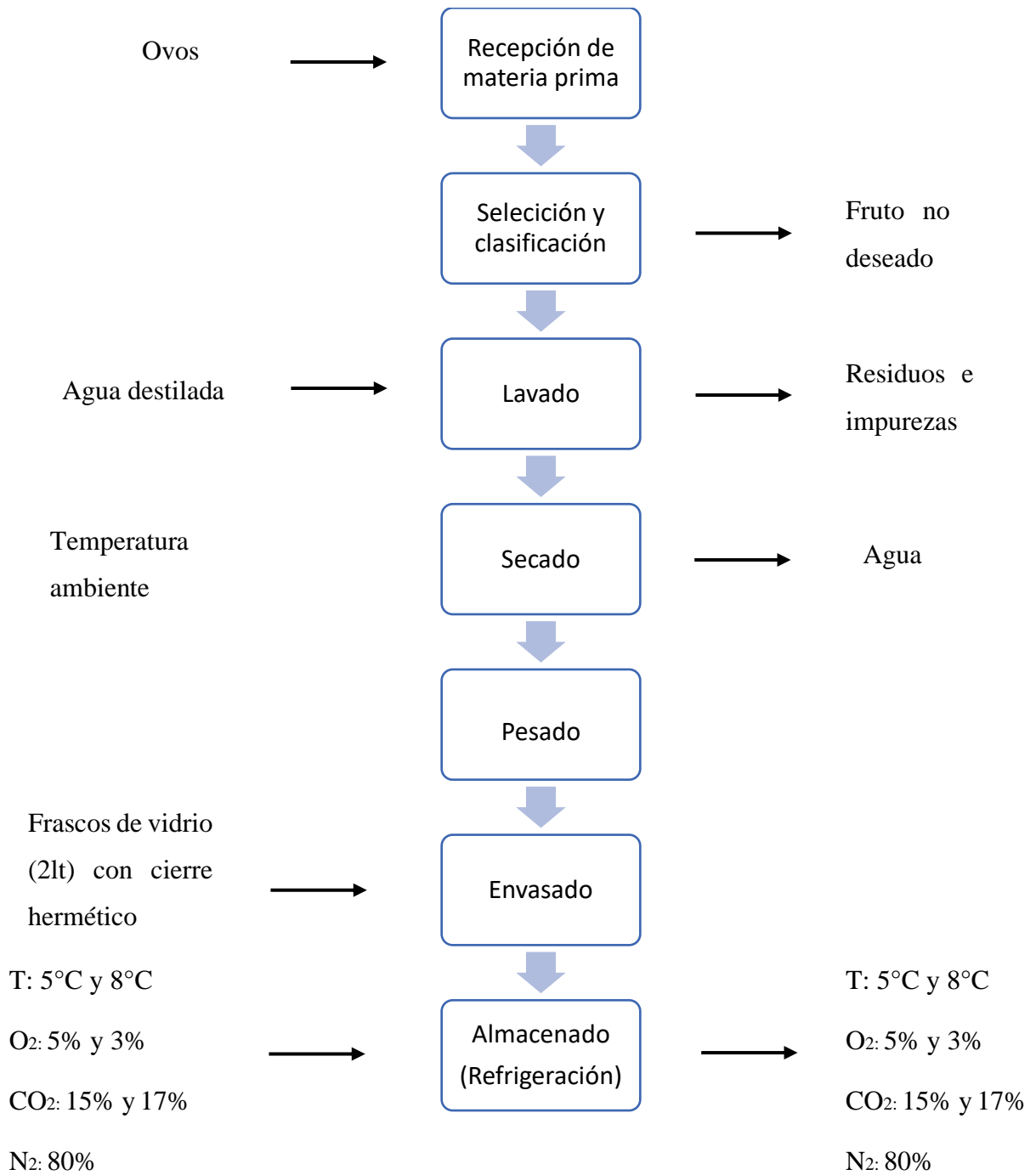
Fuente de variación	Grados de libertad (GL)
Total	17
Tratamientos	5
Factor A (Temperatura)	1
Factor B (Concentración de gases)	1
Interacción AxB	1
Testigo 1, Testigo 2 vs Resto	1
Testigo 1 vs Testigo 2	1
Error experimental	12

Para diferencias estadísticas significativas entre tratamientos se realizó la prueba Tukey con un nivel de confianza del 5%.

3.4. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

El manejo de experimento se llevó a cabo mediante el siguiente diagrama de bloques que se describe a continuación.

3.4.1. DIAGRAMA DE BLOQUE



3.4.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

A continuación, se describe los distintos procesos que se realizaron para el cumplimiento de los objetivos propuestos en la investigación.

3.4.2.1. RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Se verificó que la materia prima se encuentre en buenas condiciones, sin golpes o heridas. El fruto de ovo una vez recibido, fue colocado en un lugar fresco y en un balde plástico de aproximadamente 10 kg de capacidad como se observa en la figura 9.



Figura 9: Recepción de materia prima

3.4.2.2. SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN

Se seleccionó los frutos que se encuentren en estado de madurez fisiológico mediante la NTE 2485, (2010), literal 6.1.2.1, como se muestra en la figura 10, esto con la finalidad de homogenizar la materia prima, con la que se llevó a cabo el experimento, de igual manera se realizó el análisis individual del índice de madurez de acuerdo en lo establecido en la NTE 2427, (2010), literal 8.2.1. Se obtuvo la relación entre el valor mínimo de los sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Brix) y el valor máximo de la acidez titulable. Siendo el índice de madurez, una medida derivada de la relación entre los sólidos solubles totales y la acidez total titulable (Orjuela, Moreno, Hernández, & Melgarejo, 2011). Los resultados se expresaron como: $^{\circ}$ Brix/% ácido cítrico, como se muestra en la ecuación 2.

$$\text{Índice de Madurez} = \frac{SST (^{\circ}\text{Brix})}{\text{Acidez titulable}} \quad (2)$$



Figura 10: Selección y clasificación de la materia prima

3.4.2.3. LAVADO

Con la finalidad de eliminar los residuos (polvo, tierra, hojas e insectos) presentes en la materia prima, se lavó los frutos de ovo con abundante agua como se puede apreciar en la figura 11.



Figura 11: Lavado de materia prima

3.4.2.4. SECADO

Como puede apreciar en la figura 12, se dejó secar durante 15min el fruto a temperatura ambiente, para quitar el exceso de agua de la superficie del ovo se utilizó papel absorbente, luego se realizó la caracterización físico-química de la materia prima: peso, color, pH, sólidos solubles y acidez titulable mediante los métodos descritos en el anexo 1.



Figura 12: Secado del fruto a temperatura ambiente

3.4.2.5. PESADO

Se pesó la unidad experimental, la misma que constó con 0,5kg (500g) con el ayuda de una balanza como se puede apreciar en la figura 13, para su respectivo envasado.



Figura 13: Pesado de la materia prima

3.4.2.6. ENVASADO

Los frutos de ovo previamente pesados, se colocaron en frascos de vidrio de 2lt, como se puede observar en la figura 14, provistos de una junta de goma hermética al aire, se realizó 3 agujeros en la parte superior (tapa), uno de ellos fue sellado con silicona para la respectiva medición de gases (O_2 y CO_2), los 2 agujeros restantes se usaron para conectar los pasamuros con las mangueras y válvulas neumáticas, por el cual se suministró el flujo continuo de la mezcla de gases, creando de esta forma el sistema de atmósfera controlada con sistema cerrado.



Figura 14: Unidad experimental con materia prima a almacenar

Luego se seleccionó un recipiente hermético al cual se lo llenó con agua a tope, la cantidad de agua suministrada se lo midió en una probeta, esto con la finalidad de conocer el volumen total del recipiente, de igual manera, para conocer el volumen de la fruta a almacenar, se procedió a colocar un fruto de ovo con una masa conocida en una probeta con un volumen de agua conocido, el aumento en volumen de agua presente en la probeta, fue el volumen del fruto, como se muestra en la figura 15, este proceso se lo realizó 3 veces, y con los datos obtenidos se calculó la densidad del fruto por repetición utilizando la ecuación 3.



Figura 15: Esquema para la evaluación del volumen del fruto a almacenar

$\rho = \frac{m}{v}$	(3)
----------------------	-----

Donde:

ρ : densidad del fruto expresado en $\frac{kg}{m^3}$

m : masa del fruto en kg

v: volumen del fruto en m^3

Como se realizó por triplicado la medición del volumen y la masa del fruto, se procedió al cálculo de la densidad promedio mediante la ecuación 4.

$$\rho_{promedio} = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3}{3} \quad (4)$$

Donde:

$\rho_{promedio}$: densidad promedio del fruto expresado en $\frac{kg}{m^3}$

ρ_1, ρ_2, ρ_3 : densidad obtenida por triplicado

Con este dato, se calculó el volumen total del fruto a almacenar (0,5kg), dentro del recipiente hermético, para lo cual se utilizará la ecuación 5.

$$V_T = \frac{m_T}{\rho_{promedio}} \quad (5)$$

Donde

V_T = volumen total del fruto a almacenar expresado en m^3

m_T = masa total del fruto a almacenar en kg

$\rho_{promedio}$ = densidad promedio del fruto en $\frac{kg}{m^3}$

En adición, con la finalidad de evitar la fuga de gas y controlar que exista el mismo flujo (caudal) de la mezcla de gases, es decir que no varíe durante su recorrido por todas las unidades experimentales y se mantenga constante durante el tiempo de evaluación propuesto, se colocó tanto al inicio como al final 2 frascos de vidrio de 500ml en cada nivel de la vitrina frigorífica como se puede apreciar en la figura 16, los mismos que fueron llenados con agua hasta una altura de 4-5cm. Estos frascos constaron con 2 agujeros en la tapa, los mismos que fueron sellados con pasamuros de goma y se conectaron por medio de mangueras, por donde circuló la mezcla de gases. Con ello al inicio del suministro de la mezcla de gases, se evidenció un burbujeo en el interior del frasco con agua, con ello se verificó que intensidad de burbujeo fue la misma tanto al inicio como al final.



Figura 16: Sistema de atmósfera controlada

3.4.2.7. ALMACENAMIENTO

Se almacenó el fruto envasado en una vitrina frigorífica, a la misma se le instaló un controlador de temperatura específico para el desarrollo del experimento como se puede observar en la figura 17, esto con la finalidad de controlar, que la temperatura de refrigeración no varié como máximo en $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ durante el tiempo establecido de almacenamiento de 20 días. Las temperaturas de refrigeración para el almacenamiento de las unidades experimentales, fueron de 5°C y 8°C con la respectiva mezcla de gases (O_2 , CO_2 y N_2). La tasa de respiración, análisis del contenido de polifenoles totales y ácido ascórbico se evaluó cada 4 días, mediante los métodos descritos en el anexo 2.



Figura 17: Fruta almacenada en atmósfera controlada

3.5. DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS ANALÍTICOS

3.5.1. DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE POLIFENOLES

La determinación de contenido de polifenoles totales se realizó con referencia en el método de Folin-Ciocalteu descrito por Yıldız, İzli, Ünal, & Uylaşer, (2014), previo

a la evaluación, se acondicionó la muestra de ovo para su respectiva medición así como también se realizó la validación del método de medición de polifenoles que se puede observar en el anexo 7.5, de acuerdo a los requerimientos necesarios para el fruto.

3.5.1.2. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Para la materia prima y para cada uno de los tratamientos, se congeló la fruta para luego triturarla y obtener la pulpa, que se la colocó en bandejas de aluminio para su respectivo proceso de liofilización, con la finalidad de conservar y mantener los compuestos bioactivos presentes en el fruto. Cortés, Herrera, & Rodríguez, (2015) “menciona que el proceso de liofilización consta principalmente de dos pasos: la congelación del producto a -20°C y el secado por sublimación directa del hielo bajo presión reducida”. Una vez terminado el proceso de liofilización, se procedió a triturar el producto en un crisol hasta obtener un polvo fino que luego se lo colocó en fundas de polietileno de alta densidad, fundas ziploc y en bolsas de papel Kraft para por último almacenarlo en un desecador, para de esta manera evitar que la muestra liofilizada gane humedad del ambiente y pierda sus compuestos bioactivos en análisis.

3.5.1.3. PREPARACIÓN DEL EXTRACTO

Se pesó 0.50g de muestra liofilizada de ovo por triplicado y se colocó en un tubo falcom, de 25ml, para luego añadir 10ml de solución de extracción (metanol) y agitar en un vortex por 15min, luego se almacenó la muestra en refrigeración durante 24horas y se centrifugó a 5000rpm por 20min, inmediatamente se filtró con la ayuda de papel Whatman N°4 y el extracto final se almacenó en frascos ámbar a temperatura de refrigeración.

3.5.1.4. CUANTIFICACIÓN DE CONTENIDO DE POLIFENOLES

Para la cuantificación del contenido de polifenoles totales, se tomó 0,5ml de extracto y se colocó en tubo de ensayo de 10ml, luego se añadió 0,25ml de reactivo Folin al 0,5N y se agitó por 5segundos para su posterior reposo por 5min. Luego se añadió 1,25ml de carbonato de sodio al 20%, se aforó con agua destilada a 3ml y se agitó en un vortex por 15 segundos. Por último, se almacenó la solución analito a

temperatura ambiente y sin luz por 90min, y se procedió a cuantificar en un Espectrofotómetro Jenway (modelo 6705 UV/Vis) a una longitud de onda de 760nm. El análisis se realizó por triplicado y los resultados se expresaron en miligramos de ácido gálico equivalente en 100gramos de materia seca. Para la calibración del equipo se utilizó agua destilada.

3.5.2. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO

Para determinar el contenido de ácido ascórbico se menciona el método descrito por la AOAC 967.21- (1990). Este método incluye titulación redox con el colorante 2,6-dichloroindophenol, durante el cual, la oxidación del ácido ascórbico va acompañada con reducción del indicador a su forma incolora (Fennema, 2010, pág. 677).

3.5.2.1. PREPARACIÓN DEL EXTRACTO

El análisis de vitamina C se realizó partir de la muestra liofilizada, se tomó 1g de muestra en polvo y se agregó 10ml de solución de extracción ácido metafosfórico-ácido acético, se agitó la solución por 30min en un agitador magnético, luego se filtró la muestra y se aforo en un balón aforado de 25ml, todo el proceso se lo realizó por triplicado. Los ensayos se realizaron en muestras de fruta liofilizada que contenían epicarpio (piel) + pulpa de fruto.

3.5.2.2. CUANTIFICACIÓN DEL CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO

Previo a la titulación de la muestra se tituló es estándar de Ácido ascórbico (grado analítico) y el blanco de extracción (solución de extracción), luego se determinó el contenido de ácido ascórbico en 5ml de extracto mediante la solución de titulación 2-6 dicloroindofenol hasta el viraje a color rosa por un tiempo de 15segundos. Los resultados se expresaron en mg de ácido ascórbico equivalente por 100g de fruta, mediante la ecuación (6):

$$\begin{aligned} \text{mg \u00c1cido asc\u00f3rbico} & & (6) \\ & = (X - B) \times \left(\frac{F}{E}\right) \times \left(\frac{V}{Y}\right) \end{aligned}$$

Donde:

X: ml de 2,6-dichloroindophenol a usar en la titulaci\u00f3n de la muestra.

B: ml de 2,6-dichloroindophenol gastados en la titulaci\u00f3n del blanco (soluci\u00f3n de extracci\u00f3n).

F: mg de \u00e1cido asc\u00f3rbico equivalente a 1 ml de soluci\u00f3n de 2,6-dichloroindophenol

E: peso de la muestra

V: volumen total del extracto aforado.

Y: volumen del extracto tomado para la titulaci\u00f3n.

4. CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

La materia prima se obtuvo de la parroquia de Ambuquí, provincia de Imbabura, previo al análisis de la tasa de respiración y de compuestos bioactivos, se determinó el índice de madurez del fruto seleccionando aquellos que se encontraban en estado fisiológico previamente establecido.

4.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO DEL OVO EN FRUTA FRESCA

La caracterización del fruto (ovo fresco) mediante análisis de sólidos solubles, pH, acidez titulable, peso y color, se realizó por triplicado antes (0 días) y después de su almacenamiento (20 días) en atmósfera controlada, con la finalidad de homogenizar las unidades experimentales como también de identificar y visualizar el efecto que tiene este método de conservación sobre las características propias de la fruta.

Tabla 14: Caracterización fisicoquímica de la materia prima previo a su almacenamiento en atmósfera controlada

	Sólidos Solubles (°Brix)	Acidez Titulable (%)	Índice de Madurez	pH	Masa del fruto (g)
MP	8.43±0.05	1.47±0.04	5.75±0.14	2.65±0.05	501.00±1.25

En la tabla 14 se puede observar los resultados obtenidos en la caracterización de la materia prima. La investigación realizada por Sampaio et al. (2008), reportan valores de 9.1°Brix en sólidos solubles, 1.35% en acidez titulable y 6.74 en índice de madurez. Las diferencias pueden deberse a factores no controlados como la región de cultivo del fruto y las condiciones ambientales al que fue sometido (Mattietto & Matta, 2011). Además, se debe tomar en cuenta que este estudio se basó en una materia prima definida por López et al. (2004) como un fruto verde con un estado de madurez fisiológico de 5.

En lo que respecta al pH, el valor obtenido fue de 2.65, similar al reportado por Ramírez et al. (2008); Hernández, (2014), quienes mencionan en su estudio que el pH del fruto varía desde 2,47 (ovo verde) a 3.07 (ovo maduro), así también, Bezerra, Gomes, Ferreira, & Freire, (2011) obtienen un valor de pH de 2.63 para fruta verde.

CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DEL FRUTO DESPUÉS DE SU ALMACENAMIENTO

Los datos obtenidos en la caracterización fisicoquímica del fruto después de su periodo de almacenamiento se detallan en la tabla 23 que se encuentra en el anexo 7.2.

En la figura 18 se observa que, si bien el índice de madurez aumenta en los 6 tratamientos, los testigos (T5 y T6) se incrementó en al menos 5 puntos más comparado con T1, T2, T3 y T4 como se observa en la figura 10. Al respecto Octavio Lancho, Fischer, Varela, & García, (2007) dan a conocer que cuando descende el contenido de oxígeno del ambiente las frutas retardan la intensidad respiratoria y la mayoría de las reacciones de maduración. Frente a esto Andrade, Palacio, Pacheco, & Betin, (2012) menciona que una atmósfera rica en CO₂ y pobre en O₂ puede potencialmente reducir los cambios fisiológicos en el fruto, así como también inhibir el crecimiento microbiano.

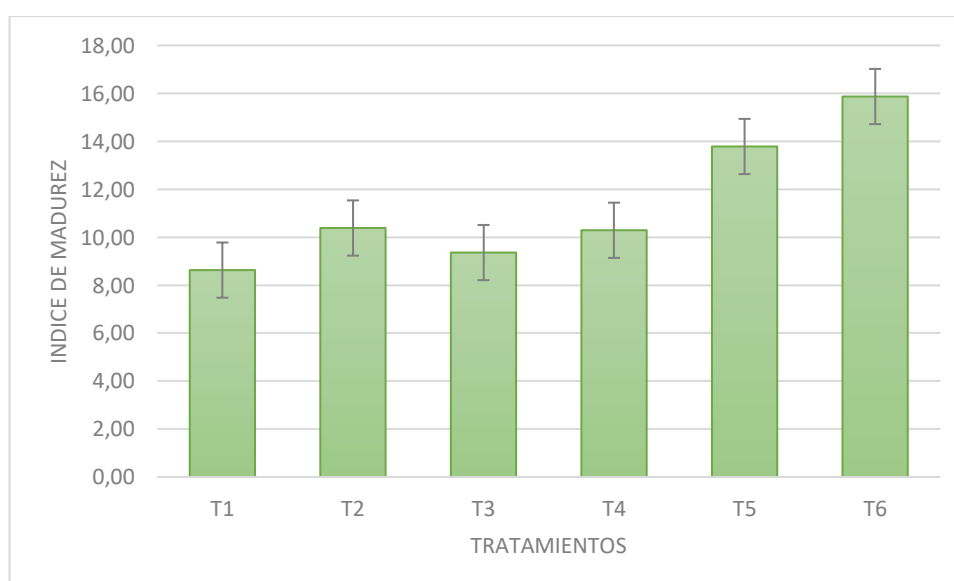


Figura 18: Evolución del índice de madurez del fruto al final de su almacenamiento

Durante el almacenamiento se incrementó la concentración de sólidos solubles (SS) como se puede apreciar en la figura 19, esto se explica por la hidrólisis de los polisacáridos, principalmente almidón y su transformación en azúcares simples Sampaio et al. (2008). Sin embargo, Maldonado et al. (2014) dan a conocer que el contenido de SS no refleja necesariamente la concentración real de azúcares, dado que otras sustancias, como ácidos orgánicos, fenoles simples, pigmentos solubles, péptidos pequeños, aminoácidos y sales minerales solubles, también contribuyen a los valores reportados. Por otro lado, estudios realizados por López et al. (2004) revelan que mientras se incrementa el contenido de sólidos solubles la acidez disminuye.

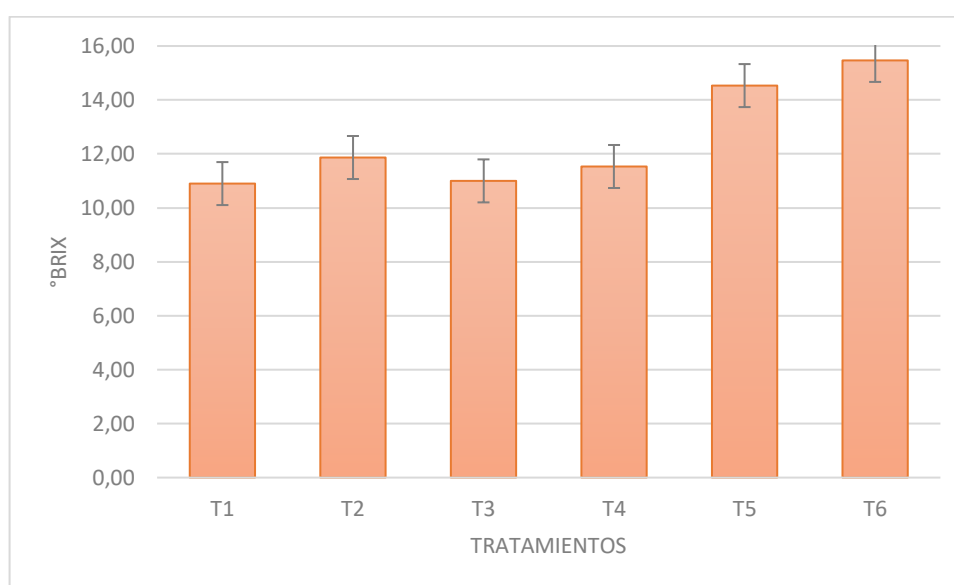


Figura 19: Incremento de sólidos solubles del fruto por cada tratamiento

En cuanto a la acidez titulable, se puede observar en la figura 20 que los valores obtenidos en cada uno de los tratamientos es menor con respecto al de la materia prima, esto se relaciona con lo obtenido por Sampaio et al, (2007) en donde la acidez de la fruta disminuyó durante la maduración debido a la participación de los ácidos orgánicos como fuente de energía durante la respiración. En lo que respecta al índice de madurez, aumentó durante la maduración, más aún en T5 y T6. Por otro lado, el pH también incrementó en cada uno de los tratamientos evaluados como se puede observar en la figura 21.

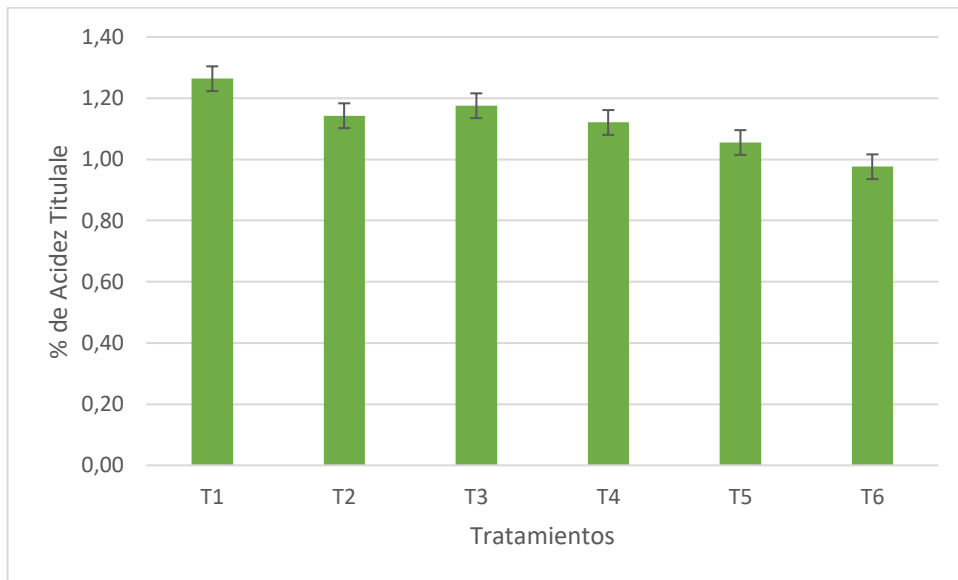


Figura 20: Acidez titulable evaluado en el fruto por cada tratamiento evaluado

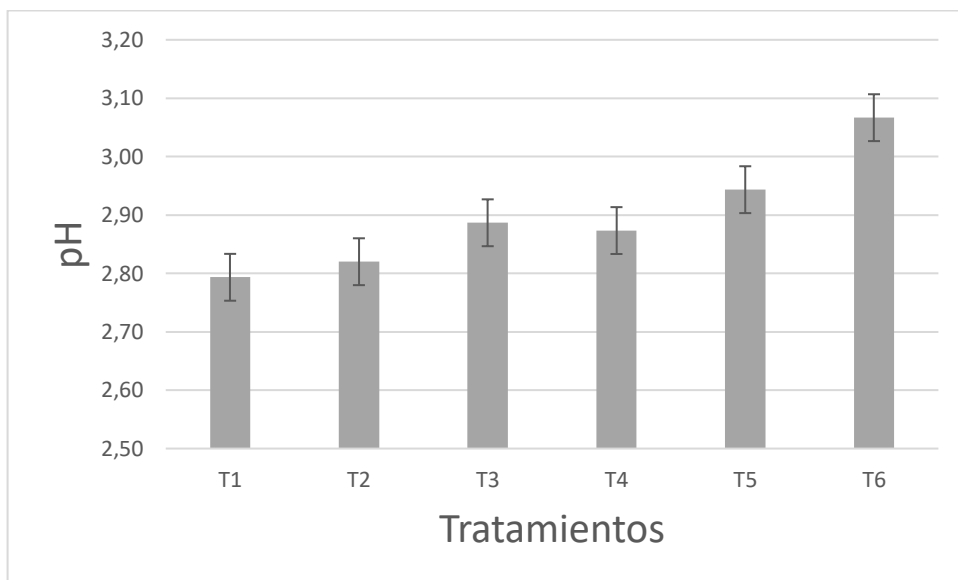


Figura 21: Incremento de pH en el fruto al final de su periodo de almacenamiento

La pérdida de peso observada durante el almacenamiento se puede explicar debido a procesos de maduración y respiración. A continuación, en la tabla 15 se presenta los porcentajes de pérdida de peso por cada tratamiento.

Tabla 15: Pérdida de peso de la unidad experimental de cada tratamiento después de su almacenamiento en atmósfera controlada.

Tratamiento/Testigo	Peso día 0	Peso día 20	Pérdida de peso (%)

T1	501.57±1.05	492±2.45	1.80
T2	501.14±0.99	483±4.90	3.59
T3	502.29±1.03	489±2.94	2.78
T4	501.86±1.46	480±3.27	4.19
T5	501.29±1.03	445±2.16	11.00
T6	501.86±1.55	424±3.27	14.34

Para T1, T2, T3 y T4 la pérdida de peso es mínima en comparación con T5 y T6 en donde llegan a perder un total 11,00% y 14,34% de su peso respectivamente, esto puede explicarse debido a que la fruta al ser un organismo aerobio necesita energía para mantenerse viva y para obtener esta energía oxidan la glucosa con el oxígeno molecular, obteniendo como productos finales del metabolismo de oxidación el CO₂ (dióxido de carbono) y H₂O (agua) dando como resultado la pérdida de peso del fruto (Melo & Cuamatzi, 2007). Por otro lado, Octavio Lanchero et al. (2007) dan a conocer que los principales causantes de la pérdida de peso en los productos agrícolas son los procesos de transpiración y respiración, siendo este último el que más se encuentra relacionado con la pérdida de peso, debido al comportamiento climatérico de la fruta como se puede observar en las figuras 26(a) y (b) y 28(a) y (b). Así también, la pérdida de peso está relacionada con la actividad enzimática de la fruta ya que la velocidad de las reacciones enzimáticas se incrementa con la temperatura, además de la estabilidad conformacional en presencia de oxígeno (Badui, 2006).

En cuanto al análisis de color se realizó mediante un colorímetro con un ángulo estándar de observador de 8°, las lecturas se realizaron en dos partes opuestas de la sección ecuatorial del fruto, con ello se obtuvieron los parámetros de luminosidad (L*), cromaticidad (C*) y matiz (H*), los datos obtenidos se detallan en la tabla 24 anexo 7.2.

En la figura 22 se aprecia la ubicación de cada uno de los parámetros de color, tanto de la materia prima como de cada uno de los tratamientos evaluados mediante el método de conservación de atmósfera controlada. El valor de matiz obtenido en el

presente estudio fue de 101.64 con un estado de madurez fisiológico y luminosidad de 34.33, al respecto Irán et al. (2012), reportan un valor semejante de matiz de 105.4 y una luminosidad de 39.6 para fruto verde. Así también, Bautista Baños, Díaz Pérez, Barrera Necha, & Bravo Luna, (2003) en su estudio del fruto de ovo durante almacenamiento, dan a conocer que, para frutos verdes, el ángulo Hue fue de 100.4. Por otro lado, Solorzano et al. (2015) dan a conocer valores de luminosidad de 34.9, 34.7 y 34.8 y un valor de croma de 62.01 que es comparable a 58.53 obtenido en este estudio.

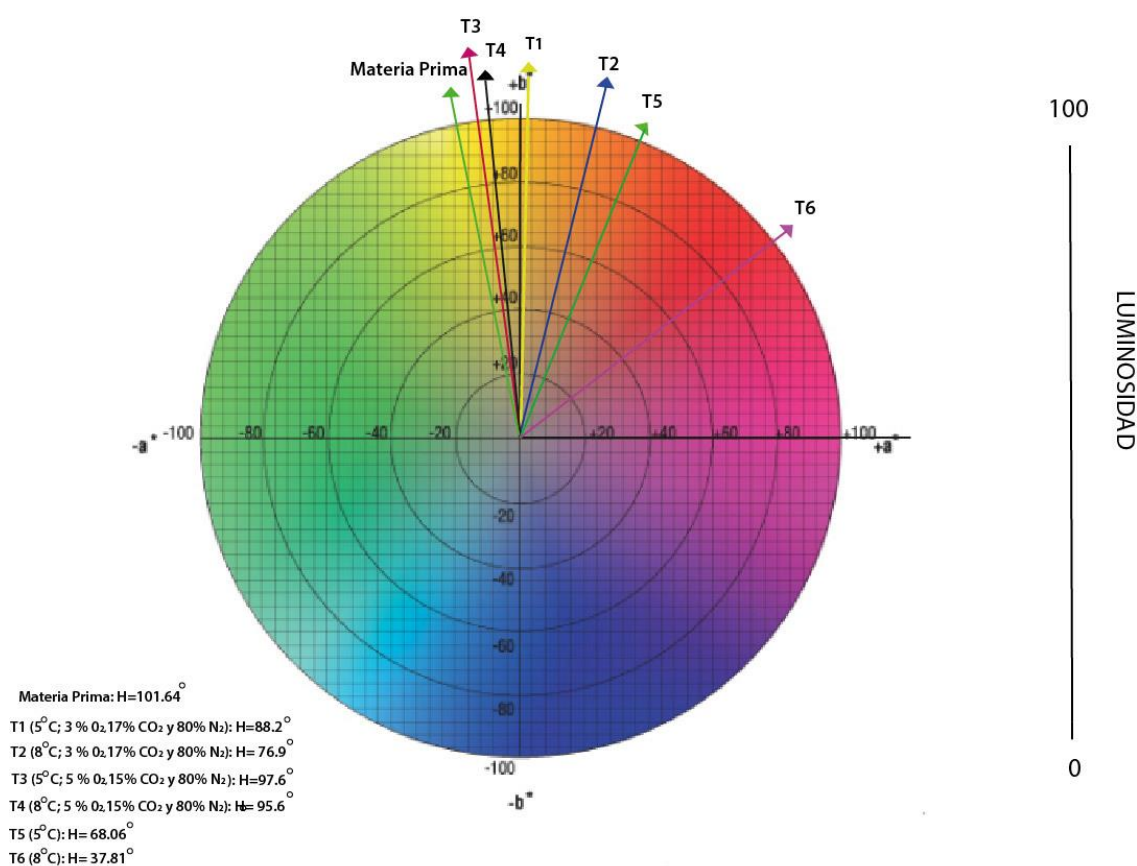


Figura 22: Representación gráfica de los parámetros de color H* y C* del fruto en estudio con estado de madurez fisiológico.

El análisis estadístico para el parámetro de cromaticidad mostrado en la tabla 24 anexo 7.2, se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos, factor A y el contraste de Testigo 1 vs Testigo 2, por lo que se deduce que el método de conservación si influye sobre la cromaticidad fruto. En lo respecta a la interacción AxB se evidenció diferencia significativa. Por otro lado, el factor de

concentración no presentó diferencia significativa, esto debido a que los 2 niveles de concentraciones evaluados son semejantes entre sí.

Para determinar diferencias entre tratamientos se realizó el test de Tukey con un nivel de significancia del 5%, la misma que se encuentra en la tabla 25 anexo 7.2, en la cual se establece que tanto T1, T3 y T5 son estadísticamente los mejores tratamientos, como se puede observar en la figura 23, que permitieron una ligera evolución o aumento en el color de la piel del fruto hacia colores puros seguido por T4. Por lo que se puede mencionar que una temperatura de 5°C de almacenamiento es la óptima ya que a 8°C el croma en el fruto presentó tonalidades oscuras, esto puede estar relacionado con el comportamiento respiratorio de la fruta que para el caso de T2 fue anaerobia generando pequeñas manchas oscuras en la piel del fruto, en cuanto a T6 el fruto ya presentaba síntomas de sobre madurez con manchas negras y hongos en su último día de almacenamiento.



Figura 23: Evaluación del parámetro Croma en el fruto después de su almacenamiento

Al existir significancia estadística para factores se realizó la prueba DMS, que se muestra en la tabla 26 anexo 7.2 en la que se pudo evidenciar la existencia de 2 rangos, en la cual se determina el factor temperatura de almacenamiento presentó una fuerte influencia sobre la cromaticidad del fruto, siendo a una temperatura de 5°C en donde se observa un valor más alto lo que implica la presencia de colores vivos en la superficie del fruto.

En cuanto a los parámetros de L* y H* no presentaron una distribución normal, por lo que se realizó el análisis no paramétrico de Kruskal Wallis, en el que se determinó con base en la tabla 16, que para el parámetro H* evaluado, al menos uno de los tratamientos es distinto al resto, debido a que el p-value es menor a 0.05 ($0.0067 < 0.05$).

Tabla 16: Prueba de Kruskal-Wallis para el parámetro de Hue evaluado en el fruto durante el almacenamiento en atmósfera controlada.

Tratamiento	Medias	D.E.	Medianas	H	P
T1	88.26	1.59	87.93	16.06	0.0067
T2	77.00	7.33	78.95		
T3	97.62	0.94	97.23		
T4	95.60	2.05	95.69		
T5	68.07	3.38	66.47		
T6	37.81	4.51	39.26		

Para determinar entre que tratamientos existen diferencias, se realizó la prueba de ranking, esta se encuentra en la tabla 27 anexo 7.2, estableciéndose que, los mejores resultados fueron T3, T4 y T1 como se puede apreciar en la figura 24, debido a que los valores de Hue obtenidos estadísticamente son iguales y son semejantes al de la materia prima, siendo T3 el que más se acerca al valor original, como se puede observar en la figura 10, este comportamiento pudo deberse a la baja concentración de O₂ por lo que los procesos oxidativos por parte de las enzimas fueron retrasados. Por otro lado, T5 y T6 fueron los tratamientos que mayor variación en el tono Hue presentaron, estos cambios de color en la cáscara del fruto son debidos a la degradación de las clorofilas provocada por cambios en el pH, contenido de ácidos, y aumento de procesos oxidativos (presencia de oxígeno) y de la actividad de las clorofilasas (Zaccari, Puerto, Vignale, & Pritsch, 2017). En lo respecta a T2 se evidenció un proceso de fermentación durante los últimos días de almacenamiento, lo que pudo conllevar a un proceso de maduración anormal, así como también la presencia de tejidos oscuros y acumulación de etanol (Magaña, Balbín, Corrales, Rodríguez, & Saucedo, 2006).

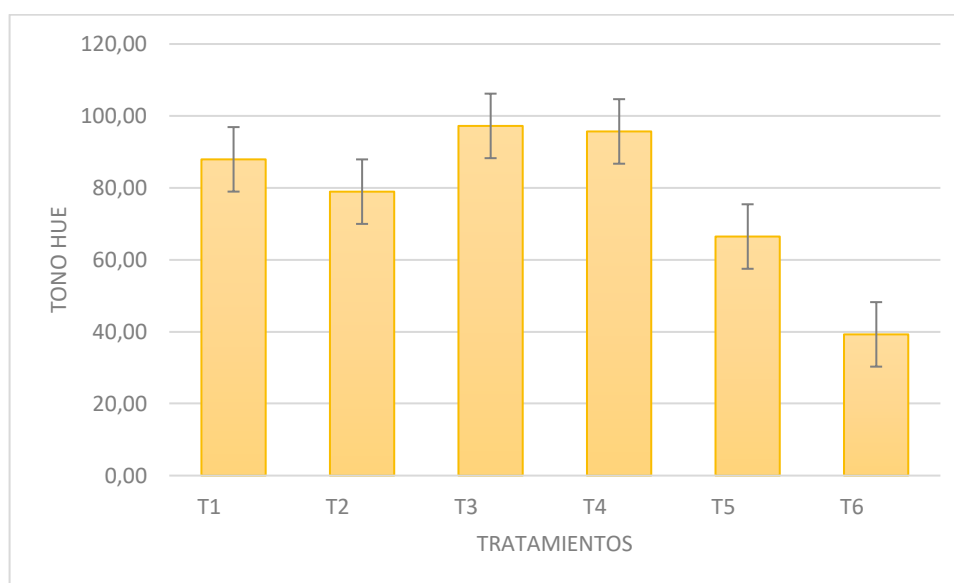


Figura 24: Comportamiento del parámetro Hue por tratamiento

En la tabla 17, se puede observar el análisis no paramétrico de la variable Luminosidad, con base al p-value se determina que al menos uno de los tratamientos evaluados es diferente del resto.

Tabla 17: Prueba de Kruskal-Wallis para el parámetro de Luminosidad evaluado en el fruto durante el almacenamiento en atmósfera controlada.

Tratamiento	Medias	D.E.	Medianas	H	p
T1	37.37	3.62	37.26	14.50	0.0127
T2	21.29	2.53	19.88		
T3	35.21	0.93	35.56		
T4	40.85	0.60	40.81		
T5	33.54	2.99	34.80		
T6	16.83	0.53	16.87		

De igual manera, para determinar la diferencia entre los tratamientos con respecto a la variable Luminosidad se realizó la prueba de ranking que se detalla en la tabla 28 anexo 7.2 con base en esta se estableció que los mejores tratamientos para mantener la claridad del fruto fueron: T4, T1, T3 y T5 ya que estadísticamente son iguales, siendo el mejor T4 como se puede observar en la figura 25.

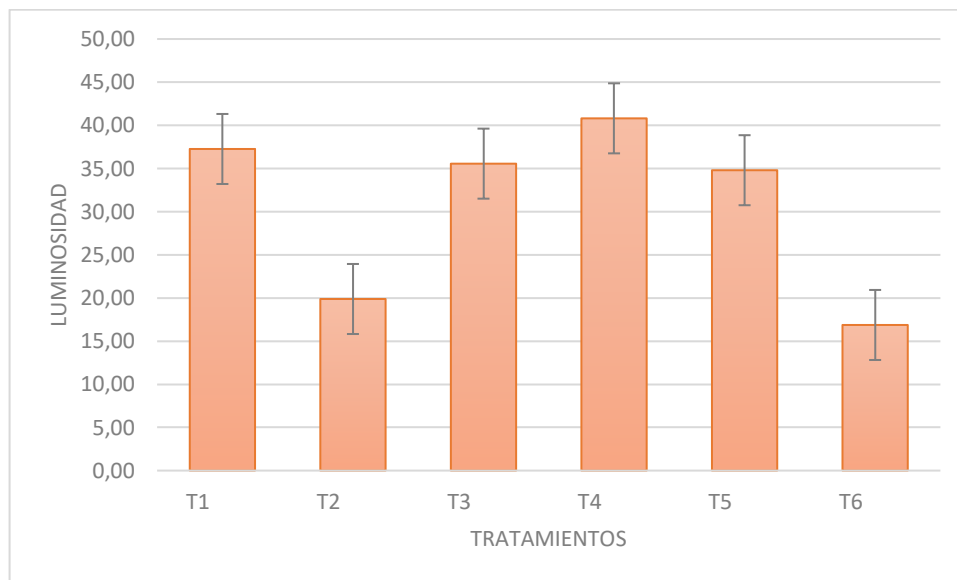


Figura 25: Comportamiento de luminosidad por tratamiento

4.2. EVALUAR LA TASA DE RESPIRACIÓN DEL FRUTO DURANTE SU ALMACENAMIENTO EN ATMÓSFERA CONTROLADA.

La tasa de respiración del fruto se determinó cada 4 días por un periodo de almacenamiento de 20 días bajo las condiciones previamente establecidas en este estudio, siguiendo el procedimiento descrito en el anexo 7.4.1 (determinación de la tasa de respiración del fruto).

4.2.1. EVALUACIÓN DE LA TASA DE RESPIRACIÓN DE OXÍGENO (CONSUMO DE OXÍGENO)

A continuación, en la figura 26 se muestra el consumo de oxígeno de la fruta por cada tratamiento bajo atmósfera controlada, los datos de la figura se muestran en la tabla 29 y 30 anexo 7.2.

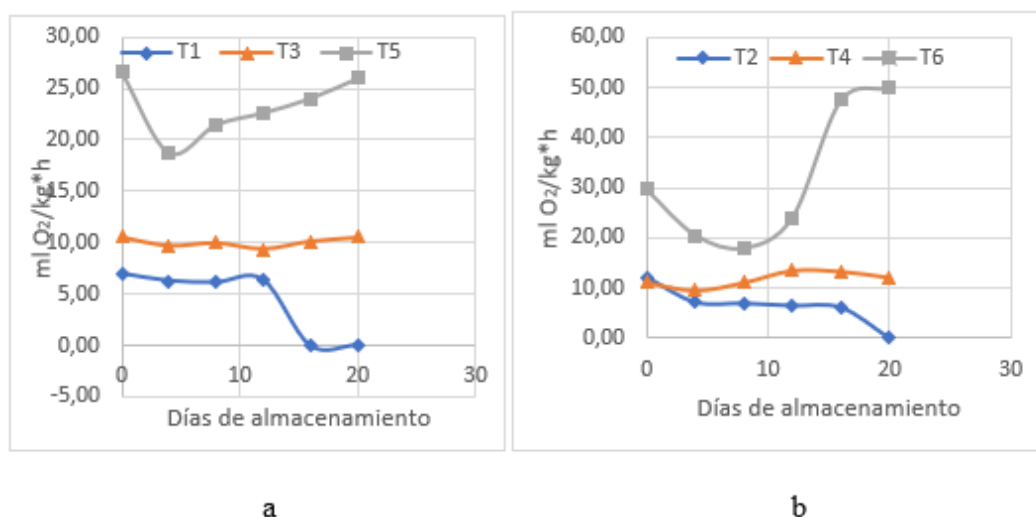


Figura 26: Consumo de oxígeno del fruto durante su almacenamiento en atmósfera controlada; (a) 5°C; (b) 8°C

De acuerdo con la figura 26 (a) y (b) los tratamientos que permitieron menor consumo de oxígeno fueron T1 y T2.

4.2.1.1. CONSUMO DE OXÍGENO PARA FRUTA ALMACENADA A 5°C

El mínimo climatérico de la fruta para T1 se evidencia a partir del día 4 hasta el día 12 manteniéndose ligeramente constante el consumo de oxígeno. El máximo climatérico o máximo consumo de oxígeno se presentó a partir del día 12 en adelante, generando un cambio brusco en la absorción de oxígeno como se puede apreciar en la figura 26(a), esto debido a que la fruta continua con los procesos fisiológicos de maduración así como también al bajo contenido de oxígeno suministrado, dando como resultado un proceso de fermentación, que de acuerdo con Rangel-Marron & López-Malo, (2012) se da en ausencia de oxígeno con porcentajes <1-3% de O₂, además de producirse un sabor alcohólico. Al respecto un cambio de ambiente aeróbico al anaeróbico genera la acumulación de etanol y acetaldehído causando sabores desagradables y daño tisular (Alasalvar, Al-Farsi, Quantick, Shahidi, & Wiktorowicz, 2005).

En cuanto a T3, presenta un comportamiento constante entre el día 4 al 12, definiéndolo como su mínimo climatérico, de aquí en adelante su comportamiento es muy similar a T1, observando su máximo climatérico en los días 16 al 20. Por otro lado, T1 a diferencia de T3 no presentó indicios de síntomas de fermentación.

Por otro lado, T5 fue el que más tasa de absorción de oxígeno presentó durante su periodo de almacenamiento, con un valor inicial de 26,61 ml O₂/kg.h, similar al reportado por Sampaio et al. (2008) de 25.5 ml O₂/kg.h. El mínimo climatérico se presentó al cabo de 4 días, con un pico máximo de 25.99 ml O₂/kg.h en el último día de almacenamiento, lo que indica la aceleración en el proceso de maduración del fruto, los valores de absorción de O₂ en T5 difieren notablemente con respecto a T1 y T3, dando como resultado un cambio notorio en la características físico-químicas evaluadas con respecto a las de la materia prima.

4.2.1.2. CONSUMO DE OXÍGENO PARA FRUTA ALMACENADA A 8°C

A la temperatura de 8°C el tratamiento con menor consumo de oxígeno fue T2, como se puede apreciar en la figura 26 (b), el mínimo climatérico se observa a partir del día 4 hasta el día 16 de su almacenamiento y es notorio el máximo climatérico durante los últimos 4 días. De igual manera que T1, T2 presentó un indicio de fermentación alrededor de los últimos días de almacenamiento.

T4 no mostró síntomas de fermentación en el tiempo de almacenamiento establecido y su mínimo climatérico se evidenció desde el día 4 al 8 donde se observó un pequeño aumento en el consumo de oxígeno, presentando un máximo climatérico al cabo de 12 días, para luego mantenerse ligeramente constante hasta su último día de almacenamiento.

T6 mostró un mayor consumo de oxígeno con respecto a T1, T3, T2, T4 y T5, como se puede apreciar en la figura 26(b) y 26(a) y se pudo evidenciar una mayor degradación del fruto. En su inicio el consumo de oxígeno fue de 29.69 ml O₂/kg.h, con un mínimo climatérico al cabo del 8vo día, donde inicia un aumento progresivo en la tasa de absorción, que pudo deberse a que la temperatura de almacenamiento de 8°C no fue la suficiente como para mantener estables los procesos bioquímicos de maduración del fruto. El pico climatérico máximo de T6 fue de 50.06 ml O₂/kg.h, este valor es semejante a 49.0 ml O₂/kg.h, reportado por Sampaio, et al, (2008) definiéndolo como la máxima absorción de O₂.

El análisis estadístico para la tasa de respiración del fruto (consumo de O₂ y producción de CO₂) se realizó mediante la prueba no paramétrica de Kruskal

Wallis debido a que el conjunto de datos evaluados no cumplió con los requisitos necesarios para un análisis ANOVA. A continuación, en la tabla 18 se muestra los resultados obtenidos, en el cual se determina que la concentración suministrada a la fruta, influye sobre su comportamiento postcosecha (tasa de respiración) durante el almacenamiento.

Tabla 18: Análisis estadístico para el consumo de oxígeno del fruto durante su almacenamiento en atmósfera controlada.

Tratamiento	Medias	D.E.	Medianas	H	p
1.00	3.3E-03	0.01	0.00	16.20	0.0061
2.00	0.03	0.05	0.01		
3.00	10.55	0.57	10.40		
4.00	12.16	0.20	12.16		
5.00	25.99	1.00	25.88		
6.00	50.06	3.59	50.38		

Para establecer de una manera más clara la diferencia que existió entre tratamientos, se realizó la prueba de ranking que se muestra en la tabla 31 anexo 7.2. Con base en esta, se determinó que el tratamiento que en mayor parte minimizó el consumo de oxígeno en el fruto fue T1 como se puede observar en la figura 27, aunque este comparta valores estadísticamente iguales con T2, T3 y T4 que también presentaron absorciones bajas de O₂. La similitud estadística entre T1, T2, T3 y T4 puede deberse a que las concentraciones (O₂ y CO₂) aplicadas en cada tratamiento de este estudio solo variaron en 2 % como se puede observar en la tabla 10 (factores en estudio).

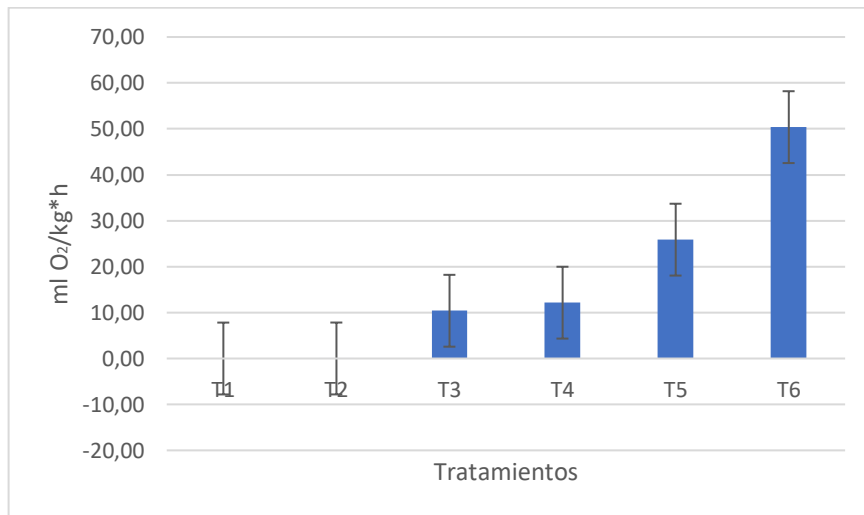


Figura 27: Consumo de oxígeno de la fruta por cada uno de los tratamientos evaluados

Por otro lado, con base en el factor A, se determina que a una temperatura más baja se alarga la vida útil del fruto, ya que tanto T1 y T3 son los que menor consumo de oxígeno presentaron durante su periodo de almacenamiento a diferencia de T2 y T4 que obtuvieron una mayor. Esto concuerda Kohatsu et al. (2011) quienes mencionan que uno de los factores que minimizan la respiración de la fruta es la temperatura, a temperaturas más bajas se alarga la vida útil del fruto. En cuanto a T5 y T6 son los que mayor consumo de oxígeno obtuvieron durante su almacenamiento, aunque de igual forma se puede apreciar en la figura 26(b) que el fruto almacenado a una temperatura de 8 °C presenta mayor tasa de absorción de oxígeno que a 5 °C de almacenamiento.

4.2.2. TASA DE RESPIRACIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO (PRODUCCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO)

Otro factor que se encuentra asociado a los cambios en la composición del fruto, es el comportamiento en la actividad de producción de dióxido de carbono, en la figura 28, se muestra la actividad respiratoria del fruto durante su periodo de almacenamiento.

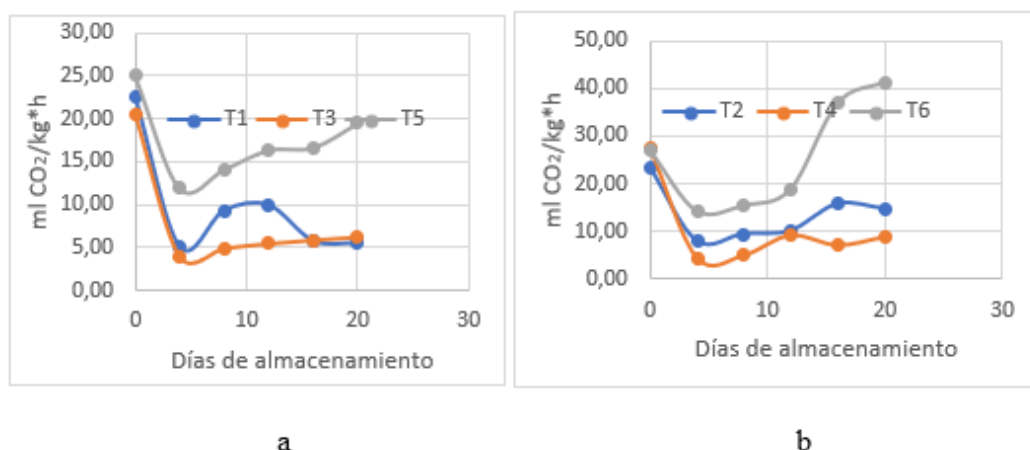


Figura 28: Producción de dióxido de carbono del fruto durante su almacenamiento en atmósfera controlada; (a) 5 °C; (b) 8 °C

Al igual que el consumo de oxígeno, en la producción de dióxido de carbono se puede observar picos altos y bajos, al respecto Sampaio, et al, (2008) en su estudio de comportamiento de respiración postcosecha del ovo, definen a esta como una fruta climatérica, ya que el comportamiento es caracterizado por una tasa de respiración baja, seguida por un aumento rápido que alcanza un valor máximo (máximo climatérico), para, por último, llegar a una caída repentina denominada la senescencia de la fruta. En el presente estudio se presentaron patrones de comportamiento de una fruta climatérica con picos bajos y altos tanto de consumo de oxígeno como producción de dióxido de carbono, como se puede apreciar en la figura 26(a) y (b) y 28 (a) y (b).

4.2.2.1. PRODUCCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO A 5°C

Al cabo de 4 días se evidenció el mínimo climatérico para T3, T1 y T5 como se puede apreciar en la figura 28 (a) y (b), a partir del mismo día se puede observar en la figura 28(a) un aumento progresivo en la producción de dióxido para T1, esto pudo deberse a la concentración de O₂ suministrada al fruto por lo que comenzó un proceso de fermentación, al día 16 se produjo un descenso en la tasa de respiración que pudo deberse a que el ambiente de almacenamiento ya se encontraba saturado de dióxido de carbono. En cuanto a T3 su tasa de respiración no presentó un incremento brusco y mostró un comportamiento de respiración aerobio que puede explicar por la concentración de O₂ suministrada, llegando a un máximo de producción de dióxido al día 20. Por último, T5 mostró un aumento progresivo a

partir del día 4 hasta el día 20 como se observa en la figura 28(a) que pudo deberse a la concentración de aire atmosférico suministrado llegando a su máximo climatérico al último de su almacenamiento.

4.2.2.2. PRODUCCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO A 8°C

En lo que respecta a la figura 28(b), T2, T4 y T6 presentan un comportamiento de decrecimiento en su tasa de respiración similar a la figura 12(a), llegando al mínimo climatérico al 4 día de su almacenamiento. La máxima producción de CO₂ de T2, T4 y T6 fue a cabo de 16 días, 12 días y 20 días respectivamente. De igual manera que en T1, T2 presentó síntomas de fermentación, por otro lado, T2, T4 y T6 mostraron valores más elevados de producción de dióxido con respecto a T1, T3 y T5, que pudo deberse a la temperatura a la cual fue almacenada, teniendo en cuenta el principio de que a menor temperatura se disminuye los procesos fisiológicos y bioquímicos dentro del fruto evitando el deterioro (Cerros, 2018).

Basados en el análisis no paramétrico para los datos de CO₂ que se puede apreciar en la tabla 19, se rechaza la hipótesis nula, por lo que se concluye, que el factor concentración de gases, influye sobre el comportamiento postcosecha del fruto (descomposición y cambios fisiológicos) durante el periodo de almacenamiento establecido.

Tabla 19: Análisis estadístico para la producción de dióxido de carbono del fruto durante su almacenamiento en atmósfera controlada.

Tratamiento	Medias	D.E.	Medianas	H	p
1.00	5.52	0.70	5.70	16.39	0.0058
2.00	14.74	0.74	14.46		
3.00	6.23	0.27	6.23		
4.00	8.77	0.70	8.70		
5.00	19.51	1.39	19.44		
6.00	41.27	2.56	40.89		

Para determinar las diferencias entre los distintos tratamientos evaluados en el presente estudio, se realizó, la prueba de ranking que se muestra en la tabla 32 anexo 7.2, con base en esta se determinó que los mejores tratamientos fueron T1, T3 y T4 como se observa en la figura 29, ya que son estadísticamente iguales. T2, T5 y T6 fueron los tratamientos que mayor producción de CO₂ alcanzaron en el último día,

en el caso de T2 también tuvo un comportamiento anaerobio durante los últimos días de almacenamiento y aunque fue almacenado a la misma concentración que T1, el factor de temperatura influyó en que este aumentará su respiración. En lo que respecta a T5 y T6 como se esperaba, presentaron la mayor producción de CO₂ debido a que a estos frutos se le suministraron aire durante su periodo de almacenamiento siendo T5 el que menor respiración obtuvo, por lo que se deduce que no solo el factor concentración influye en el comportamiento postcosecha del fruto sino también la temperatura de almacenamiento de 5 °C, ya que a un almacenamiento de 8 °C se obtuvo mayor producción de CO₂ como se puede apreciar en la figura 28(b).

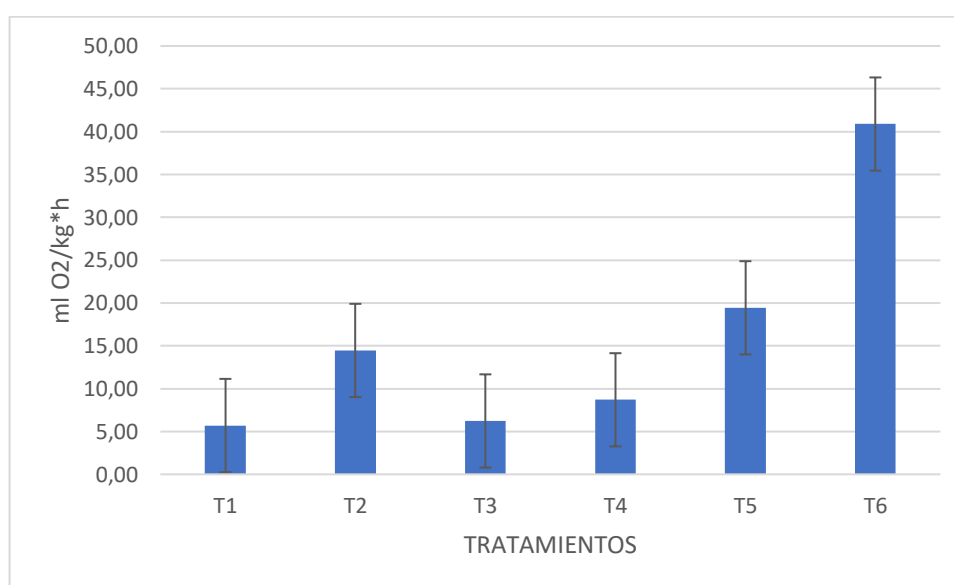


Figura 29: Producción de dióxido de carbono del fruto almacenado en atmósfera controlada

Aunque estadísticamente no existe diferencia significativa entre tratamientos (T1, T3 y T4), se observa en las gráficas que T3 y T4 son lo que presentan menor tasa de respiración de CO₂, lo que se explica en que no se observa fermentación. Sin embargo, T1 y T2 presenta una menor tasa de absorción de O₂, pero con signos de fermentación. Por otro lado, tomando en cuenta las características físico-químicas del fruto evaluadas y su comportamiento respiratorio, tanto T3 y T4 son los tratamientos que mejor conservaron las propiedades físico-químicas originales del fruto, los valores de sólidos solubles, acidez titulable, índice de madurez y color obtenidos fueron similares al obtenido en la materia prima, por lo que se determinó

que entre las concentraciones evaluadas en el presente estudio, la concentración 5% O₂; 15% CO₂ fue la mejor para mantener las propiedades físico-químicas del fruto.

4.3. DETERMINAR EL CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES Y ÁCIDO ASCÓRBICO EN EL OVO DURANTE SU ALMACENAMIENTO EN ATMÓSFERAS CONTROLADAS.

La determinación del contenido de polifenoles totales y ácido ascórbico se realizó cada 4 días durante el almacenamiento del fruto, previo a ello para la medición de polifenoles se validó y adaptó el método siguiendo el procedimiento descrito en el anexo 7.5, luego se cuantificó los compuestos bioactivos de acuerdo a lo descrito en el capítulo 3, para ello se liofilizó las muestras y se realizaron extractos con lo cual se estimó el contenido de estos.

4.3.1. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA ATMÓSFERA CONTROLADA SOBRE EL CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES DEL OVO.

A continuación, en la figura 30 se muestra la cinética de comportamiento del contenido de polifenoles totales del fruto durante su almacenamiento en atmósfera controlada, los datos de medición para la cinética de la figura se pueden observar en la tabla 33 anexo 7.2.

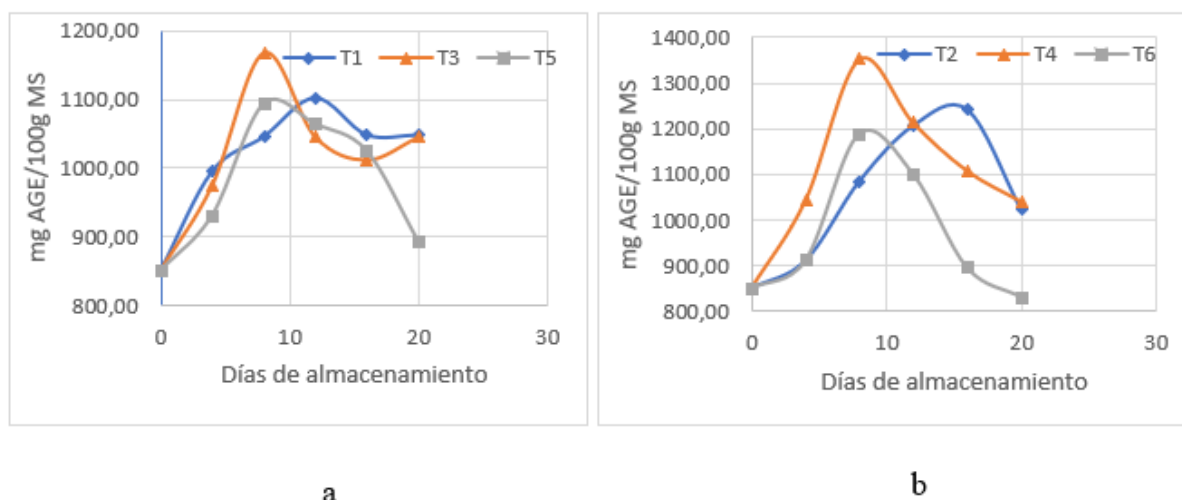


Figura 30: Cinética del contenido de polifenoles totales durante su almacenamiento en atmósfera controlada, a(5°C); b(8°C)

En contenido de polifenoles totales en la materia prima presentó un valor de 850.33 mg AGE/100g, al respecto Maldonado et al. (2014) mencionan que el contenido de polifenoles en este fruto puede llegar a alcanzar valores superiores a 800 mg AGE/100g en estado maduro, así también Silva, Moreira, Melo, & Lima, (2012) en su estudio de compuestos fenólicos y actividad antioxidante en ovo, obtuvieron un valor de 862.31 mg AGE/100g. Como se puede apreciar en la figura 13 (a) y (b) el contenido de polifenoles totales incrementó conforme avanzaba su periodo de almacenamiento y su respectivo proceso de maduración hasta alcanzar un punto máximo para luego disminuir, frente a esto Carrasco & Zelada, (2008) mencionan que durante la madurez de un fruto se producen procesos de biosíntesis que generan mayor contenido de carotenoides, compuestos fenólicos y diversos compuestos bioactivos que conllevan a aumentar su capacidad antioxidante. Así también este aumento puede deberse a la concentración de sustancias como antocianinas y leucoantocianinas que aparecen con la madurez del fruto (Márquez, Otero, Rojano, & Osorio, 2014). Al respecto, Matthes & Schmitz-Eiberger, (2009), mencionan que el incremento de este compuesto bioactivo está relacionado con la actividad de la fenilalanina amonio liasa (PAL) enzima clave en la biosíntesis de polifenoles. Esta fitohormona estimula la actividad de la enzima clave en la biosíntesis de polifenoles, la fenilalanina amonio liasa (PAL), que conduce a la formación de polifenoles Napolitano, et al, (2004). En adición, Barberán & Espín, (2001)

informan que la actividad de PAL es mayor a temperaturas más bajas, al mismo tiempo, la actividad de las enzimas responsables de la degradación del polifenol, la polifenoloxidasas, es inhibida por temperaturas más bajas, por lo que el aumento en el contenido de compuestos fenólicos podría deberse a una menor actividad de la polifenoloxidasas a bajas temperaturas, por lo que los procesos oxidativos disminuyen.

El análisis estadístico para el contenido de polifenoles totales se muestra a continuación en la tabla 20, en el cual se evidenció una alta significancia en los tratamientos y el contraste de Testigo 1 y Testigo 2 vs Resto, en cuanto a los factores A (Temperatura), B (Concentración de gases), la interacción AxB y el contraste Tes 1 vs Tes 2 no presentaron diferencia significativa, por lo que se determina que la atmósfera controlada si influye sobre el contenido de polifenoles totales, rechazando la hipótesis nula.

Tabla 20: Análisis estadístico de polifenoles totales del ovo durante su almacenamiento en atmósfera controlada.

Fuente de variación	Suma cuadrados	Grado de libertad	Cuadrado medio	f	p-valor	
Tratamiento	132163,20	5	26432,64	13,66	0,0001	**
Temperatura	672,75	1	672,75	0,36	0,5650	ns
Concentración	171,84	1	171,84	0,09	0,7694	ns
Temperatura*Concentracion	351,76	1	351,76	0,19	0,6758	ns
Tes1ytes2vsresto	125156,75	1	125156,75	64,70	<0,0001	**
Tes1vsTes2	5810,10	1	5810,10	3,00	0,1087	ns
Error	23212,20	12	1934,35			
Total	155375,40	17				

Nota: **: Altamente significativa; *: Diferencia significativa; ns: Diferencia no significativa.

Dada la existencia de la diferencia altamente significativa se realizó el test de Tukey para los tratamientos que se muestra en la tabla 34 anexo 7.2. Con base en esta se puede diferenciar 2 rangos y se determina T1, T3, T4 y T2 son los tratamientos que de acuerdo con los rangos estadísticos son lo que mayor contenido de polifenoles mantienen luego de su periodo de almacenamiento bajo atmósfera controlada como se observa en la figura 31, por lo que se establece que los niveles excesivamente

bajos de O₂ disminuyen la síntesis de compuestos bioactivos como los compuestos fenólicos (Alasalvar, Al-Farsi, Quantick, Shahidi, & Wiktorowicz, 2005). T5 y T6, mostraron mayor degradación del compuesto bioactivo, esto pudo deberse a que el fruto fue almacenado con aire, con una composición de oxígeno de alrededor de 20%, por lo que los procesos bioquímicos internos del fruto fueron más intensos en comparación con los tratamientos almacenados con otra concentración. Sumado a esto, otro factor que se encuentra inmerso en la evolución y disminución del contenido de polifenoles es la enzima polifenol-oxidasa, de acuerdo con Concellon, Añon, & Chaves, (2004), esta enzima es la encargada de la oxidación enzimática de los compuestos fenólicos en presencia de oxígeno molecular, además de que cataliza la o-hidroxilación de monofenoles a o-difenoles, y una mayor oxidación de difenoles a o-quinonas, estas son las causantes del cambio de color en el fruto.

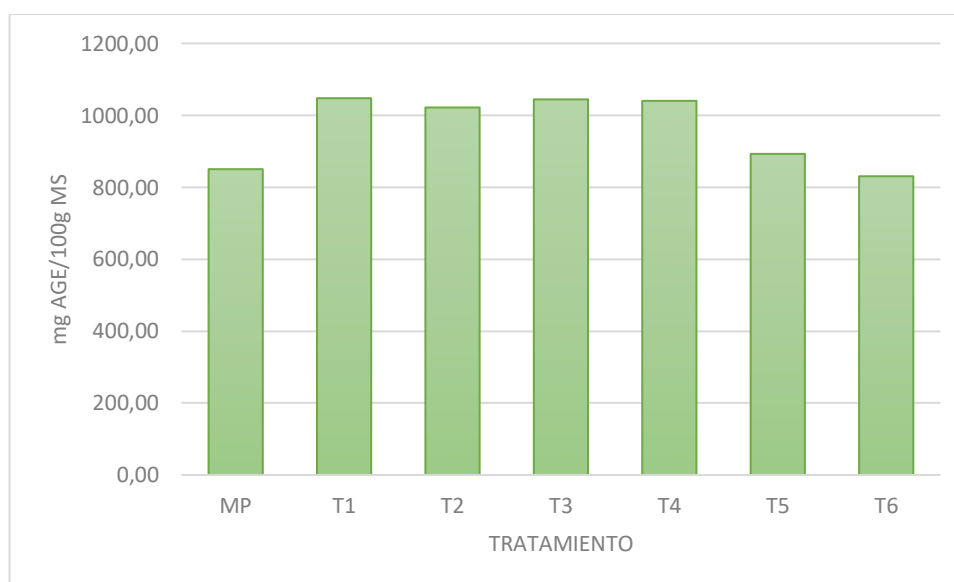


Figura 31: Contenido de polifenoles totales del fruto al final de su periodo de almacenamiento

4.3.1.1. RELACIÓN TASA DE RESPIRACIÓN-CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES.

Se evaluó la relación entre tasa de respiración con el comportamiento postcosecha de los compuestos fenólicos mediante el coeficiente de correlación (R^2), y se evidenció un $R^2 = -0.41$, entre el consumo de oxígeno y el contenido de polifenoles, valor que de acuerdo con, Ortega, Pendás, Ortega, Abreu, & Cánovas,

(2009), hace referencia a una correlación débil negativa, por otro lado, el coeficiente de correlación entre la producción de dióxido de carbono y contenido de polifenoles fue de $R^2 = -0.65$, siendo una correlación moderada negativa.

4.3.1.2. EFECTO DE LA ATMÓSFERA CONTROLADA Y ENZIMA POLIFENOL-OXIDASA SOBRE COMPUESTOS BIOACTIVOS.

De acuerdo con Nunes, Brecht, Morais, & Sargent, (2005) el pardeamiento en las frutas se atribuye principalmente a la actividad polifenol-oxidasa (PPO), que puede actuar sobre compuestos fenólicos en presencia de oxígeno. PPO cataliza la hidroxilación de monofenólicos, lo que lleva a la formación de compuestos de odifenol y a la oxidación de compuestos de o-dihidroxi a quinonas, las quinonas posteriormente se someten a polimerización, produciendo colores característicos de amarillo a marrón en el tejido de la fruta, frente a esto, a medida que senesce la fruta, más enzima PPO se vuelve soluble y hay un mayor desarrollo de ennegrecimiento superficial, que también puede atribuirse a reacciones no enzimáticas, como la formación de complejos de hierro-fenólicos.

En cada uno de los tratamientos evaluados se presentaron descensos del compuesto bioactivo, esto puede ser explicado debido no solo a la acción de la enzima polifenol-oxidasa, sino también a la alta concentración de CO₂ que aunque suprime la biosíntesis y la acción del etileno en la fruta, altos niveles de CO₂ puede ser estresante para el fruto almacenado, por lo que se supone que el CO₂ alto reprime ciertas vías bioquímicas, que son responsables de la síntesis de más glucósidos de quercetina y cianidina. Además de eso, también es posible predecir que el almacenamiento prolongado agota la fruta de sus poderosos polifenoles (Harb, Kitemann, Neuwald, Hoffmann, & Schwab, 2013). Al respecto, Matthes & Schmitz-Eiberger, (2009) menciona que, durante el almacenamiento de frutas, pueden producirse cambios en el contenido de componentes bioactivos como resultado de la degradación metabólica, la respiración y los procesos de síntesis.

4.3.2. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA ATMÓSFERA CONTROLADA SOBRE EL CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO DEL OVO.

En la figura 32 se muestra el comportamiento postcosecha del ácido ascórbico durante el periodo de almacenamiento establecida bajo en método de atmósfera controlada. Los datos para la figura 35 se muestra en la tabla anexo 7.2.

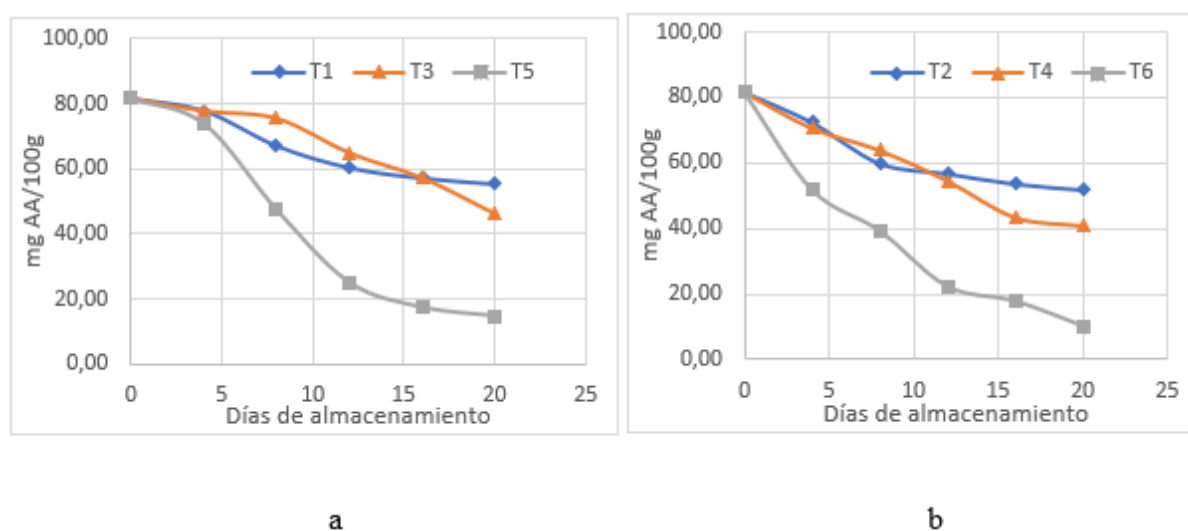


Figura 32: Comportamiento postcosecha del ácido ascórbico bajo el método de conservación de atmósfera controlada; a (5°C); b(8°C)

El valor obtenido de ácido ascórbico (AA) en la materia prima fue de 81.69 mg AA/100g materia seca (MS), al respecto Almeida, y otros, (2011) mencionan que este compuesto bioactivo oscila entre 7.36 y 88.1 mg/100g en este fruto. Este contenido de vitamina C fue disminuyendo en todos los tratamientos conforme avanzaba los días de almacenamiento como se puede apreciar en la figura 32 (a) y (b), frente a esto López et al. (2004) dan a conocer en su estudio que el contenido de AA es mayor en frutos verdes de ovo y este disminuye rápidamente a partir del segundo día de almacenamiento (62.79 mg contra 88.12mg/100g en el día inicial). En adición Awad & Jager, (2003) dan a conocer que el contenido de vitamina C disminuye a aproximadamente el 50% del nivel inicial bajo un método de conservación de atmósfera modificada al cabo de 8 días.

Como se puede apreciar en la figura 32 (a) y (b) los tratamientos que mantienen más estable el contenido de vitamina C son los que fueron tratados con bajo O₂ y alto CO₂ en comparación de T5 y T6 que son los que mayor degradación presentaron, esto puede deberse a que el bajo contenido de O₂ previene efectivamente el deterioro de la calidad de frutos durante el almacenamiento al disminuir la pérdida de AA y reducir la frecuencia respiratoria (Thammawonga, Kasai, Syukri, & Nakano, 2019). Este comportamiento de disminución, de acuerdo con Tiburski, Rosenthal, Deliza, Godoy, & Pacheco, (2011) es debido a que el ácido ascórbico es un compuesto muy inestable y puede degradarse por la temperatura, los iones metálicos o en presencia de oxígeno. Al respecto, Piga, Caro, Pinna, & Agabbio, (2003) explican que esta disminución es debido principalmente a la oxidación de AA en presencia de ácido deshidroascórbico.

Con base en el análisis de varianza que se muestra a continuación en la tabla 21, se estableció que existe alta diferencia significativa para Tratamientos, Factor A (Concentración) y el contraste Tes1yTes2 vs Resto, en cuanto al Factor B (Temperatura) hay diferencia significativa y el contraste Tes1 vs Tes2, por otro lado la interacción AxB no fue significativa en este estudio, por lo tanto se determina que el método de conservación de atmósfera controlada influye sobre el contenido de vitamina C del fruto en estudio.

Tabla 21: Análisis de varianza para la variable evaluada de vitamina C durante el almacenamiento en atmósfera controlada

Fuente de variación	Suma cuadrados	Grado de libertad	Cuadrado medio	f	P-valor	
Tratamiento	5604.71	5	1120.94	180.41	<0.0001	**
Temperatura	59.99	1	59.99	6.88	0.0305	*
Concentración	317.96	1	317.96	36.47	0.0003	**
Temperatura*concentración	2.42	1	2.42	0.28	0.6125	ns
Tes1yTes2vsresto	5194.33	1	5194.33	836.00	<0.0001	**
Tes1vstes2	30.02	1	30.02	4.83	0.0483	*
Error	74.56	12	6.21			
Total	5679.27	17				

Nota: **: Altamente significativo; *: Diferencia significativa; ns: Diferencia no significativo

Al existir diferencia altamente significativa, se realizó el test de Tukey para tratamientos que se detalla en la tabla 36 anexo 7.2. Con base en esta, se determina los mejores tratamientos para la conservación de este compuesto bioactivo durante el periodo de almacenamiento establecido son T1 y T2 como se puede apreciar en la figura 33, esto puede deberse al factor concentración, al respecto, Herbig, Maingonnat, & Renard, (2016), mencionan que una tasa de degradación de vitamina C más baja se asocia a un menor contenido de oxígeno. Por otro lado, cabe mencionar que tanto T1 y T2 presentaron síntomas de fermentación en sus 4 últimos días de almacenamiento, por lo que durante este último periodo se presentó más estable el AA, como se observa en la figura 32 (a) y (b). En lo respecta a T3 y T4 fueron los tratamientos que, al presentar mayor contenido de oxígeno, el AA fue más susceptible a la degradación, esto concuerda con Herbig et al. (2016) que dan a conocer que la vía de degradación aeróbica del ácido ascórbico es mayor que en la anaeróbica. Por otro lado, T5 y T6 fueron los tratamientos que mayor degradación de AA presentaron durante el tiempo establecido de almacenamiento, ya que fueron sometidos a una concentración de O₂ alrededor de 20%.

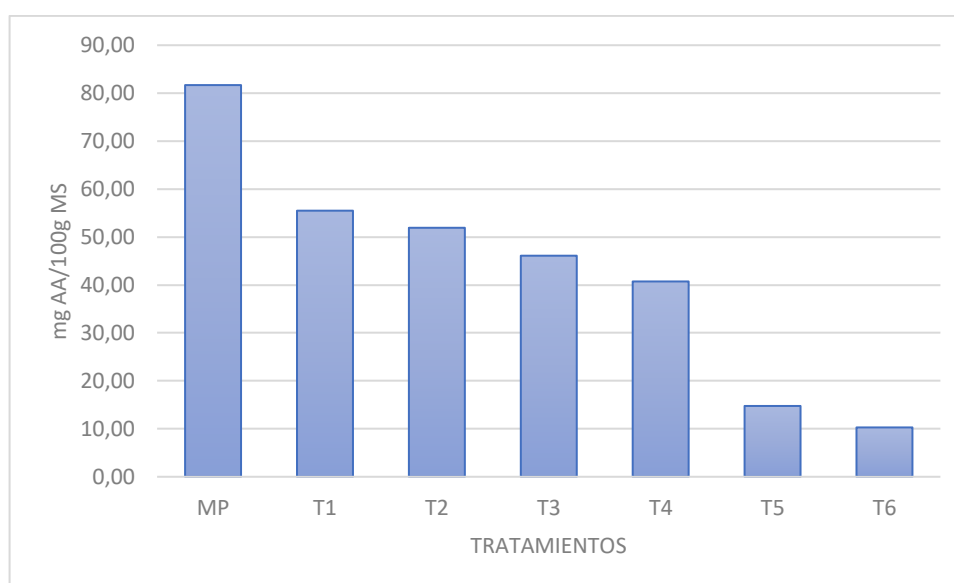


Figura 33: Contenido de vitamina C al final del periodo de almacenamiento establecido

Al existir diferencia estadística significativa para el factor A y B, se realizó la prueba DMS que se muestran en la tabla 37 y 38 anexo 7.2, en la que se determina que una concentración de 3% con una temperatura de almacenamiento de 5°C es la

óptima para conservar el contenido de vitamina C tal como se observó en la figura 33. Por otro lado, el efecto de la temperatura es notorio, tanto T1, T3 y T5 que fueron almacenados a 5°C mantienen mayor contenido de vitamina C, por lo que se establece que una temperatura más cercana a 0° C es mejor para la mantener estable el AA, al respecto, Oyetade, Oyeleke, Adegoke, & Akintunde, (2012) dan a conocer que el contenido de ácido ascórbico es más estable cuando se almacena en condiciones de refrigeración (4-5° C).

4.3.2.1. ESTRÉS OXIDATIVO DE LA VITAMINA C

Estudios realizados por Simões, Allende, Tudela, Puschmann, & Gil, (2011) mencionan que el AA se consume cuando inhibe la actividad de PPO ya que reduce las o-quinonas formadas enzimáticamente a sus difenoles precursores, así también Zerdin, Rooney, & Vermue (2003) explican que, en presencia de oxígeno, el ácido ascórbico se degrada principalmente a ácido deshidroascórbico a través de su monoanión, la velocidad a la que se forma el ácido deshidroascórbico es aproximadamente de primer orden con respecto a las concentraciones de ácido ascórbico, oxígeno y catalizadores metálicos, pero la pérdida de actividad vitamínica solo surge después de la hidrólisis de la lactona para formar ácido 2, 3-dicetogulónico. Solomon, Svanberg, & Sahlstrom, (1995), dan a conocer que la concentración del ácido deshidroascórbico aumenta durante el tiempo de almacenamiento, mientras que el ácido ascórbico sufre oxidación a DHA a través de la vía aeróbica. La concentración de DHA luego disminuye y alcanza una concentración relativamente constante hasta convertirse en ácido 2, 3-dicetogulónico.

5. CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Todos los tratamientos evaluados con atmósfera controlada permitieron el retraso de la maduración del ovo por un tiempo de almacenamiento de 20 días, manteniendo valores de sólidos solubles, pH, acidez titulable, peso y color cercanos al obtenido en la materia prima, a diferencia de un almacenamiento convencional, en donde el fruto ya estaba sobre maduro, además de la presencia de manchas negras y moho en su superficie.
- El efecto combinado de altas concentraciones de CO₂ y bajo O₂ redujo de forma significativa las tasas de respiración (consumo de oxígeno y producción de dióxido de carbono) del ovo almacenado a 5 y 8 °C, en comparación con el ovo almacenado de forma convencional (aire y refrigeración) en donde se evidenció un comportamiento climatérico. Los mejores resultados se obtuvieron utilizando una combinación de gases de 3% de O₂ y 15% de CO₂ a una temperatura de almacenamiento de 5°C.
- Los tratamientos evaluados a una concentración de 3% de O₂ presentaron fermentación, debido a la restricción de O₂ durante los últimos días de almacenamiento, lo cual conllevó a que la fruta muestre una maduración anormal con la presencia de manchas oscuras en la piel (cáscara) así como también la producción de etanol, dando como resultado un mal sabor y olor.
- En los frutos evaluados con un nivel más bajo de O₂ se evidenció mayor retención de los compuestos bioactivos, aunque hay que mencionar que se encontraron síntomas de anoxia con una concentración de 3%O₂, a diferencia de una concentración de 5%O₂, en donde el ovo no fermentó y mostró un considerable contenido de polifenoles totales y ácido ascórbico de 1044.48mg AGE/100g materia seca y 46.11mg AA/100g materia seca respectivamente a una temperatura de almacenamiento de 5°C.

- El estudio en general indica que la atmósfera controlada influyó de forma significativa en la conservación del contenido de polifenoles totales y ácido ascórbico del ovo, por lo cual se acepta la hipótesis alternativa.

5.2. RECOMENDACIONES

- Para posteriores investigaciones se recomienda evaluar el comportamiento postcosecha de la fruta y de sus compuestos bioactivos en atmósfera controlada con temperaturas menores a 5°C.
- Determinar la vida útil y estabilidad de la fruta en condiciones ambientales después de su almacenamiento en atmósfera controlada.
- Realizar la determinación del contenido de capacidad antioxidante y carotenoides del fruto, así como también la estabilidad de estos compuestos bioactivos bajo el método de conservación de atmósfera controlada.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Akbudak, B., & Eris, A. (2004). Physical and chemical changes in peaches and nectarines during the modified atmosphere storage. En F. E. Alimentos, *Food control* (págs. 307-313). Europa: Elsevier. Obtenido de <http://moscow.sci-hub.tw/7a523878b8d5015d90fc1e6833d76760/10.1016%40s0956-7135%2803%2900082-3.pdf>
- Almeida, M. M., Sousa, P. H., Arriaga, Â. M., Prado, G. M., Magalhães, C. E., Maia, G. A., & Lemos, T. L. (2011). Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. En A. d. Sant'Ana, *Frutas exóticas: su composición, potencial nutracéutico y agroindustrial* (págs. 2155-2159). Brazil: Elsevier. Obtenido de <http://moscow.sci-hub.tw/402c4fc56da69d50ceb0854b0166047c/10.1016%40j.foodres.2011.03.051.pdf>
- Alonso, I. S., Ruiz, S. G., Quintanilla, D. P., & Zarcero, S. M. (2009). *Análisis Instrumental*. La Coruña-España: Netbiblo. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=7kqkf47xB1cC&pg=PA3&dq=validaci%C3%B3n+de+m%C3%A9todos+anal%C3%ADticos&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjX58PfhLnhAhWSjVkJKHR6-CkUQ6AEIKzAB#v=onepage&q=validaci%C3%B3n%20de%20m%C3%A9todos%20anal%C3%ADticos&f=false>
- Álvarez, V. J., Alia, T. I., Chavez, F. S., Colinas, L. M., Nieto, Á. D., Rivera, C. F., & Pérez, A. L. (2017). Ciruelas mexicanas (spondias purpurea l) de clima húmedo y seco: calidad, metabolitos funcionales y actividad antioxidante. *Interciencia*, 653-660. Recuperado el 15 de Mayo de 2018, de <http://www.redalyc.org/pdf/339/33953313005.pdf>
- Angós, I., Vírseda, P., & Fernández, T. (20 de Octubre de 2007). Control of respiration and color modification on minimally processed potatoes by means of low and high O₂/CO₂ atmospheres. *Postharvest biology and technology*. doi:10.1016/j.postharvbio.2007.10.019

- AOAC: Official methods of analysis. (1990). *Association of official analytical chemists*. Arlington, Virginia: Association of official analytical chemists, Inc. Obtenido de <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf>
- AOAC: Official Methods of Analysis. (1995). *Vitamin C (Ascorbic acid) in vitamin preparations and juices. 2,6-Dichloroindophenol titrimetric method*. Arlington, VA: Association of the Official Analytical Chemists.
- Arias, F. A. (2006). *Química orgánica*. San José-Costa Rica: EUNED. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=O6YvtgAtXmcC&pg=PA984&dq=qu%C3%ADmica+org%C3%A1nica+%2B+fenoles&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi1nbvnqKfbAhVOq1MKHW2BA9QQ6AEIJjAA#v=onepage&q=qu%C3%ADmica%20org%C3%A1nica%20%2B%20fenoles&f=false>
- Balaguera, L. H., Salamanca, F. A., García, J. C., & Herrera, A. A. (2014). Etileno y retardantes de la maduración en la poscosecha. *Revista colombiana de ciencias hortícolas*, 302-313. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v8n2/v8n2a12.pdf>
- Baquero, G. D., Paternina, G. A., & Cadavid, M. V. (2015). Frutas tropicales: fuente de compuestos bioactivos naturales en la industria de alimentos. *Revista de la Facultad de Ingeniería*, 29-40. Obtenido de <file:///C:/Users/ASUS/Downloads/Dialnet-FrutasTropicales-5327083.pdf>
- Barbean, T. (2003). Los polifenoles de los alimentos y la salud. *Alimentación, nutrición y salud*, 41-53. Recuperado el 25 de Julio de 2018, de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/18042/3/lecturaPDF.pdf>
- Barfod, M. J. (2000). Botánica económica de *Spondias purpurea* (Anacardiaceae) en Ecuador. En M. J. Barfod. Madrid-España: The New York Botanical Garden. Recuperado el 3 de Mayo de 2018, de <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02866544#citeas>
- Barreiro, J., & Sandoval, A. (2006). *Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas*. Caracas-Venezuela: Equinoccio. Recuperado el 13 de Mayo de 2018, de

<https://books.google.com.ec/books?id=r7y3XuFAB8UC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

Camacho, J. K., Peña, N. E., & Guzmán, N. G. (2014). Determinación del color del exocarpo como indicador de desarrollo fisiológico y madurez en la guayaba pera (*Psidium guajava* cv. Guayaba pera), utilizando técnicas de procesamiento digital de imágenes. *Revista EIA*, 79-89. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n19/n19a07.pdf>

Camelo, A. L. (2003). *Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas*. Balcarce-Argentina: FAO.

Camelo, A. L. (2003). Sistemas de cosecha. En A. L. Camelo, *Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas*. Roma: FAO. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/006/Y4893S/y4893s04.htm#bm04.1>

Carmona, M. D. (2010). *Caracterización físico-químico y sensorial de nabiza y grelo (Brassica rapa L.)*. Univ Santiago de Compostela. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=OLsQF9t4A7oC&pg=PA115&dq=m%C3%A9todo+942.15+AOAC&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwirwYPws8fbAhUNz1MKHcbyA2UQ6AEIKjAB#v=onepage&q=m%C3%A9todo%20942.15%20AOAC&f=false>

Carmona, R. A. (2006). *Lulo: el cultivo*. Colombia: Colciencias.

Cerros, E. U. (2018). *Conservación de alimentos por frío*. Santa Elena: Fiagro.

Chamorro, H. L. (2014). *Universidad Pública de Navarra*. Recuperado el 13 de Mayo de 2018, de Caracterización físico-química del ovo (*Spondia purpurea* L) de Ambuquí: <https://academica-e.unavarra.es/xmlui/handle/2454/12226>

Chávez, N. (2016). *Obtener producto vegetales en todo tiempo*. Cajamarca Perú: E-Book. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=X3BJDgAAQBAJ&pg=PT7&dq=FIIOLOG%C3%8DA+POSTCOSECHA&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiAr6K8mJ_bAhUB4oMKHXkmCiA4ChDoA

QhIMAc#v=onepage&q=FISIOLOG%C3%8DA%20POSTCOSECHA&f=false

- Contreras-Calderón, J., Calderón-Jaimes, L., Guerra-Hernández, E., & García-Villanova, B. (2011). Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food Research International*, 2049. Recuperado el 9 de Junio de 2018, de <http://moscow.sci-hub.tw/2094099b9a3cf999aca894ab96b36a9f/10.1016%40j.foodres.2010.11.003.pdf>
- Cortés, M. R., Herrera, E. H., & Rodríguez, E. S. (2015). Optimización experimental del proceso de liofilización de uchuva adicionada con componentes activos por impregnación al vacío. *Revista de la facultad de ciencias farmaceuticas y alimentarias*, 47-56. Obtenido de <https://search.proquest.com/docview/1703166098/fulltextPDF/237D73C6DC9F44EDPQ/1?accountid=36862>
- Dantas, A. L., Silva, S. D., Dantas, R. L., Sousa, A. S., & Schunemann, A. P. (2015). Desenvolvimento, fisiologia da maturação e indicadores do ponto de colheita de frutos da umbugueira (*Spondias* sp.). *Revista Brasileira, Jaboticabal*, 33-42.
- De la Torre, L., Muriel, P., & Balslev, H. (2006). Etnobotánica en los Andes del Ecuador. En M. M. R, B. Øllgaard, F. Borchsenius, & H. Balslev, *Botánica Económica de los Andes Centrales* (págs. 246-267). Quito-Ecuador: Departamento de Biología. Pontificia Universidad Católica del Ecuador,.
- De la Vega, J. C., Cañarejo, M. A., & Pinto, N. S. (2017). Avances en tecnología de atmósferas controladas y sus aplicaciones en la industria. una revisión. *Información Tecnológica*, 75-86.
- Delmoro, J., Muñoz, D., Nadal, V., Clement, A., & Pranzetti, V. (2010). El color en los alimentos: determinación de color en mieles. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 145-152. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/877/87715116010.pdf>

- Echavarría, B., Franco, A., & Martínez, A. (2009). Evaluación de la actividad antioxidante y determinación del contenido de compuestos fenólicos en extractos de macroalgas del caribe colombiano. *Vitae, revista de la facultad de química farmacéutica*, 126-131. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v16n1/v16n1a15.pdf>
- Espinosa, J. M. (2015). *Operaciones culturales, recolección, almacenamiento y envasado de productos*. España: Elearning.
- FAO. (26 de Junio de 2007). *Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales (papaya, piña, platano, cítricos)*. Obtenido de Técnicas mejoradas de postcosecha, procesamiento y comercialización de frutas: <http://www.fao.org/3/a-ac304s.pdf>
- FAO. (2018). *Cultivos andinos*. México: FAO. Recuperado el 13 de Mayo de 2018, de Spondias purpurea L.: http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro11/cap1.htm
- Fennema, O. R. (2010). *Introducción a la química de los alimentos*. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, Cambridge. Obtenido de <https://sceqa.files.wordpress.com/2014/05/quc3admica-de-los-alimentos-fennema.pdf>
- García, J. A., Barraza, H. P., Valdivia, V. V., & Jaimez, R. G. (2011). Aplicación de 1-metilciclopropeno (1-MCP) y su efecto en ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.). *Revista fitotécnica mexicana*, 197-204. Recuperado el 13 de Mayo de 2018, de https://www.researchgate.net/profile/Jorge_Osuna-Garcia/publication/237037334_APLICACION_DE_1-METILCICLOPROPENO_1-MCP_Y_SU_EFECTO_EN_CIRUELA_MEXICANA_Spondias_purpurea_L/links/02e7e5331b5129c6f5000000.pdf
- Goyal, R., & Dhankar, S. (2014). *Post Harvest Technology of Horticultural Crops*. Haryana: Haryana Agricultural University. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Surender_Singh/publication/3158353

35_Post_Harvest_Technology_of_Horticultural_Crops/links/58eaf882458515e30dcfba35/Post-Harvest-Technology-of-Horticultural-Crops.pdf

Henshall, J. D. (1973). Fruit and vegetable products. *Proceedings of the Nutrition Society*, 17-22. Obtenido de <http://moscow.sci-hub.tw/99cc92ca2a183435ff7f97dd7a324b04/10.1079%40pns19730004.pdf>

INAMHI. (15 de Junio de 2018). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*. Obtenido de INAMHI, Pronóstico para Ibarra: <http://186.42.174.241/InamhiPronostico/>

INTAGRI. (2017). *Atmósferas Controladas y Modificadas en Postcosecha*. Obtenido de Serie Postcosecha y Comercialización: <https://www.intagri.com/articulos/poscosecha-comercializacion/atmosferas-controladas-y-modificadas-en-postcosecha>

Irán, A. T., Yanik, I. A., Núñez, C. A., Aguilar, L. A., Baños, S. B., Enrique, G. V., . . . Cabrera, F. R. (2012). Caracterización de frutos de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) del sur de México. *Revista fitotécnica mexicana*, 21-26. Recuperado el 13 de Abril de 2018, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61024388005>

Jurado, J. M. (2008). *Aplicación de Microsoft Excel a la Química Analítica: validación de métodos analíticos*. 2008: Departamento de Química Analítica. Recuperado el 5 de Abril de 2019, de https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36518105/quimica_analitica_en_excel.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1554473457&Signature=oBa6nuI6YLMV1SgiR9jMdf3lWw%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3Daplicacion_de_Micro

Kader, A., & Zaldivar, C. P. (2011). *Tecnología de Cultivos Hortofrutícolas*. California: Universidad de California.

- Lim, T. (2012). *Spondias purpurea*. En T. Lim, *Plantas comestibles medicinales y no medicinales* (Vol. 1, págs. 166-170). Canberra, Australia: Springer Países Bajos. doi:<https://doi.org/10.1007/978-90-481-8661-7>
- Linsinger, T. P., & Josephs, R. D. (2006). Limitations of the application of the Horwitz equation. *Trends in Analytical Chemistry*, 1125-1130. Recuperado el 2019 de Abril de 2019, de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/seis_29396.PDF
- López, A. P., Velo, C. S., & Galarza, d. L. (2004). Efecto del grado de madurez en la calidad y vida postcosecha de cierula mexicana (*spondias purpurea* L.). *Revista Fitotecnica Mexicana*, 133-139. Recuperado el 26 de Abril de 2018, de <http://www.redalyc.org/html/610/61027203/>
- Maldonado, A. Y., Alia, T. I., Núñez, C. C., Jiménez, H. J., Pelayo, Z. C., López, M. V., . . . Valle, G. S. (2014). Postharvest physiology and technology of *Spondias purpurea* L. and *S. mombin* L. *Scientia Horticulturae*, 193-206.
- Mathias-Rettig, & Ah-Hen. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Food and Technology Science*, 39-48. Obtenido de <http://www.agrarias.uach.cl/wp-content/uploads/2016/04/art07-Mathias.pdf>
- Mattietto, A., & Matta, M. (2011). *Cajá (Spondias mombin L.)*. Brasil: Woodhead Publishing.
- McMurry, J. (2012). *Química orgánica*. México: CENGAGE learning. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=okQZdnD_MvQC&pg=PA620&dq=quimica+organica+%2B+fenol&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiLoaK13aTbAhVO6lMKHWp9DfAQ6AEIUjAH#v=onepage&q=quimica%20organica%20%2B%20fenol&f=false
- MINOLTA, K. (2018). *Color Mesurement Blog*. Obtenido de Understanding the CIE L*C*h Color Space: <https://sensing.konicaminolta.us/blog/understanding-the-cie-lch-color-space/>

- Mohammed, M. (2011). Chili plum (*Spondias purpurea* var. *Lutea*). En E. Yahia, *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits* (págs. 423-436). Woodhead publishing. Obtenido de <http://moscow.sci-hub.tw/0c19c7de8d679fb2732696549c9c4517/10.1533%409780857092762.423.pdf>
- Montalvo, G. E., García, H., Oca, M. M., & Tovar, G. B. (2011). Efecto de la luz en ciruela mexicana manejada en diferentes condiciones de almacenamiento. *Journal of Food*, 65-70.
- Montoya, D. (2005). Tecnología de atmósferas controladas para frutas y hortalizas, caso de estudio: modelo aguacate (*Persea*). *Publicaciones e Investigación*, 77-85.
- Morales, J. A. (2012). *Métodos de conservación de alimentos*. Estado de México: Red Tercer Milenio.
- Moure, A., Cruz, J. M., Franco, D., Domínguez, M., Sineiro, J., Domínguez, H., . . . Parajo, C. (2001). Natural antioxidants from residual sources. En M. J. Nazzari, *Food chemistry* (págs. 145-171). Elsevier. Obtenido de <http://moscow.sci-hub.tw/ea3e60b3d8e7a83bcd1c118c15ed6b82/10.1016%40s0308-8146%2800%2900223-5.pdf>
- Muñoz, A. V. (2013). *Principios de color y holopintura*. Editorial club universitario. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=CXqrBAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Principios+de+color+y+holopintura&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjKg4fcjrHbAhVIK1AKHRzPAI0Q6AEIJjAA#v=onepage&q=Principios%20de%20color%20y%20holopintura&f=false>
- NTE 2427. (2010). *Fruta frescas requisitos*. Quito-Ecuador: INEN. Obtenido de <https://archive.org/stream/ec.nte.2427.2010#page/n3/mode/2up>
- NTE 2485. (2010). *Frutas frescas uvilla*. Ecuador: INEN. Obtenido de <https://archive.org/stream/ec.nte.2485.2009#page/n1/mode/2up>

- Orjuela, B. N., Moreno, C. L., Hernández, M. S., & Melgarejo, L. M. (2011). Caracterización fisicoquímica de frutos de gulupa (*Passiflora edulis sims*) bajo condiciones de almacenamiento. En L. M. Melgarejo, & M. S. Hernández, *Poscosecha de la Gulupa* (págs. 33-44). Colombia: Ocati.
- Orozco, C. A., & Báez, M. d. (2010). Uso de la ecuación de Horwitz en laboratorios de ensayos NMX-EC-17025-IMNC-2006. *Centro Nacional de Metrología*. Recuperado el 8 de Abril de 2019, de https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/54931758/horwiz.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1554778820&Signature=gWeWshuXRSWKxKYRxb6b%2BCSIQ%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DUSO_DE_LA_ECUACION_DE_HORWITZ_EN_LABO
- Pinto, N. M., De la Vega, J. C., & Cañarejo, M. (2016). Utilización del método de conservación bajo atmósferas controladas en frutas y hortalizas. *Agroindustria Science*, 231-238.
- Quiñonez, M., Miguel, M., & Aleixandre, A. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición hospitalaria*, 76-89. Recuperado el 25 de Julio de 2018, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112012000100009
- Ramírez, H. B., P. B., Ramos, J. Z., Urias, A. M., Hasbach, G. P., & Barrios, E. P. (2008). Sistema de producción de *Spondias purpurea* (Anacardiaceae) en el centro-occidente de México. *Revista de Biología Tropical*, 675-687. Recuperado el 4 de Mayo de 2018, de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/5616/5360>
- Rangel, D. M., Cepeda, J. S., Pérez, J. D., & Torres, B. V. (2004). Efecto de las condiciones de almacenamiento y el encerado en el estatus hídrico y la calidad poscosecha de pepino de mesa. *Revista Fitotécnica mexicana*, 157-165. Obtenido de <http://www.redalyc.org/html/610/61027206/>

- Reynes, M. (Diciembre de 2014). *Consevación en fresco a corto plazo de frutas tropicales, legumbres, cucurbitáceas y raíces*. Argentina: INTI. Obtenido de <https://www.inti.gob.ar/ue/pdf/publicaciones/cuadernillo11.pdf>
- Rodríguez, B. E. (2009). *La validación en la Industria*. Lulu.com. Recuperado el 5 de Abril de 2019, de https://books.google.com.ec/books?id=AR5_AgAAQBAJ&pg=PA10&dq=validaci%C3%B3n+de+m%C3%A9todos+anal%C3%ADticos&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjX58PfhLnAhWSjVkJHR6-CkUQ6AEIQjAF#v=onepage&q=validaci%C3%B3n%20de%20m%C3%A9todos%20anal%C3%ADticos&f=false
- Ruiz, M. Á., & Rodríguez, M. S. (Septiembre de 2014). *Cajamar*. Obtenido de Fichas de transferencia: <https://www.grupocooperativocajamar.es/recursos-entidades/pdf/bd/agroalimentario/innovacion/formacion/materiales-y-documentos/005-calidad-interna-1410512030.pdf>
- Sameh, S., Al-Sayed, E., Labib, R. M., & Singab, A. N. (2018). Genus Spondias: A Phytochemical and Pharmacological Review. *Hindawi*, 1-13. Obtenido de <https://www.hindawi.com/journals/ecam/2018/5382904/abs/>
- Sampaio, S. d., Bora, P. S., & Holschuh, H. J. (2008). Postharvest respiration and maturation of some lesser-known exotic fruits from Brazil – ciriguela (*Spondias purpurea* L.). *Revista Ceres*, 141-145.
- Solorzano, M. S., Alia, T. I., Rivera, C. F., López, M. V., Pérez, F. L., Pelayo, Z. C., . . . Maldonado, A. Y. (2015). Quality attributes and functional compounds of Mexican plum (*Spondias purpurea* L.) fruit ecotypes. *Fruits*, 261-270. Obtenido de <https://www.pubhort.org/members/showdocument?series=fruits&pdfid=-bs-actahort-bs-fruits-bs-pdf-bs-2015-bs-5-bs-fruits140128.pdf&layout=pubhort&action=showdocument&lidvan=ishs&yearfruits=2015&volume=70&issue=5&edpsref=fruits140128>
- Suh, H., & Rodríguez, E. (1 de Marzo de 2017). *Odontoinvestigación*. Obtenido de Determinación del pH y contenido de azúcares de varias bebidas no

alcohólicas: su relación con erosión y caries dental:
https://www.usfq.edu.ec/publicaciones/odontoinvestigacion/Documents/odontoinvestigacion_n005/oi_005_002.pdf

Terry, L., & Thompson, A. (2011). Introduction. En L. A. Terry, *Health-promoting Properties of Fruit and Vegetables* (págs. 1-4). Londo-UK: CABI. Obtenido de <http://www.agrifis.ir/sites/default/files/Health-promoting%20Properties%20of%20Fruits%20and%20Vegetables%20%7BLeon%20Terry%7D%20%5B1845935284%5D%20%282010%29.pdf>

Torres, R., Montes, E. J., Pérez, O. A., & Andrade, R. D. (2013). Relación del color y del estado de madurez con las propiedades fisicoquímicas de frutas tropicales. *Información Tecnológica*, 51-56. Recuperado el 21 de Mayo de 2018, de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v24n3/art07.pdf>

Vallespí, R. C., Morales, M. D., García, C. L., Torralba, M. P., & Gutiérrez, D. S. (2013). *Química bioorgánica y productos naturales*. Madrid-España: Universidad nacional de educación a distancia. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=wUdGAgAAQBAJ&pg=PT137&dq=Qu%C3%ADmica+bioorg%C3%A1nica+y+productos+naturales+%2B+acido+asc%C3%B3rbico&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwj9w4eD3qTbAhXE2lMKHdQJBmMQ6AEIJjAA#v=onepage&q=Qu%C3%ADmica%20bioorg%C3%A1nica%20y%20produ>

Vanegas, M. d. (2005). Programa Nacional de Frutas de el Salvador. En M. d. Vanegas, *Guía Técnica del cultivo del jocote* (pág. 6). Santa Tecla- El Salvador. Recuperado el 3 de Mayo de 2018, de <http://repiica.iica.int/docs/B0222e/B0222e.pdf>

Vargas, S. G. (2018). Ciruela/Ciruela Mexicana-Spondias purpurea L. En G. Vargas-Simón, *Frutas exóticas* (págs. 141-152). Tabasco-Mexico: Elsevier. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803138-4.00052-6>

Vargas, S. G., Hernández, C. R., & Moguel, O. E. (2011). Caracterización morfológica de ciruela (*Spondias purpurea* L.) En tres municipios del

Estado de Tabasco, México. *Bioagro*. Recuperado el 26 de Mayo de 2018, de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S1316-33612011000200010&script=sci_arttext&tlng=en

Velázquez, L., Lorenzo, P., Moreno, A., Lizasoain, I., Leza, J., Moro, M., & Portolés, A. (2008). *Farmacología básica y clínica*. Madrid-España: Médica panamericana. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=BeQ6D40wTPQC&pg=PA1009&q=Farmacolog%C3%ADa+b%C3%A1sica+y+cl%C3%ADnica+%2B+acido+asc%C3%B3rbico&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiOqsqr3qTbAhVE1MKHQJjDq8Q6AEIJjAA#v=onepage&q=Farmacolog%C3%ADa%20b%C3%A1sica%20y%20cl%C3%ADnic>

Viñas, I., Recasens, I., Usall, J., & Graell, J. (2013). *Postcosecha de pera, manzana y melocotón*. España: Mundiprensa.

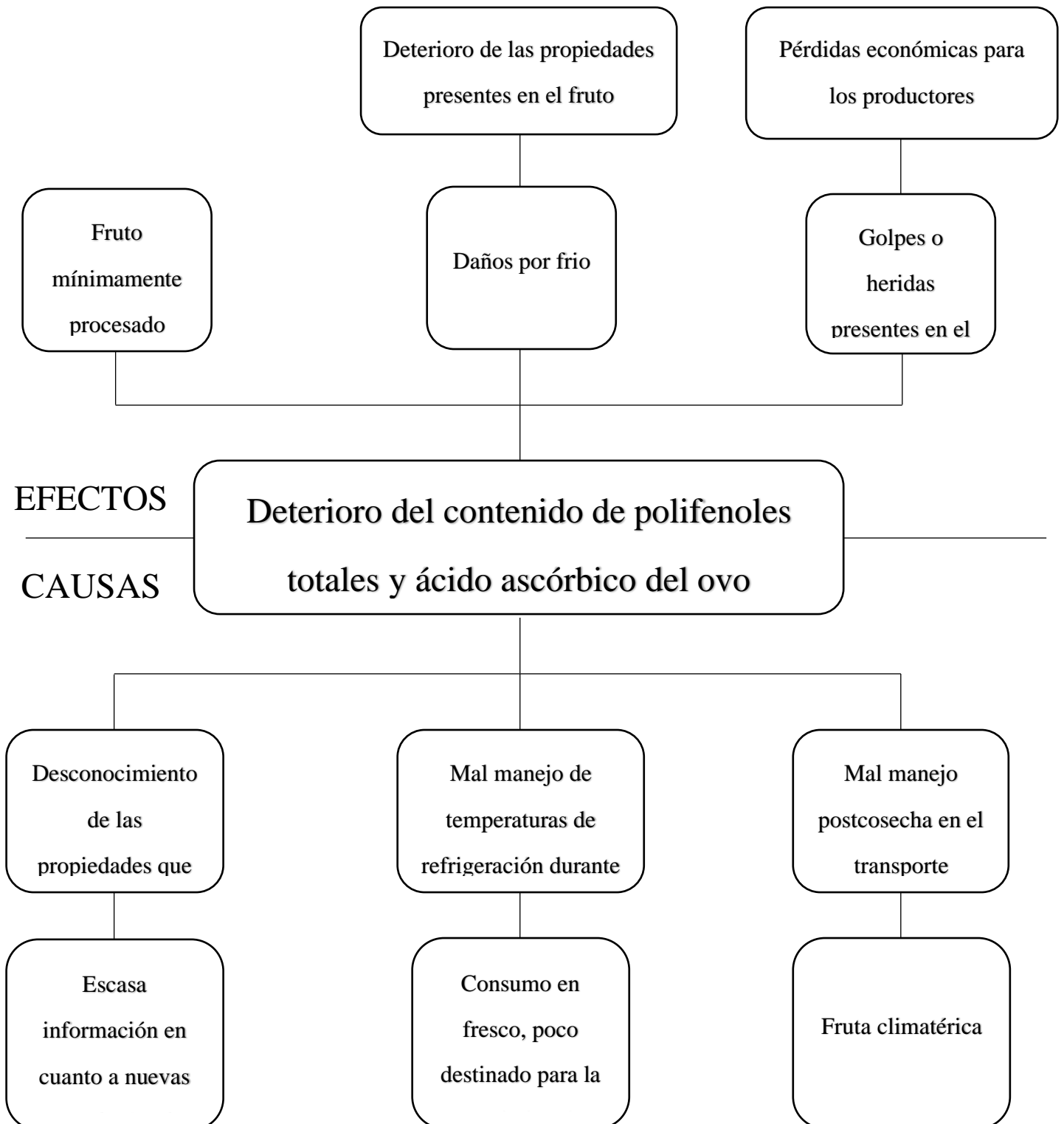
Yıldız, G., İzli, N., Ünal, H., & Uylaşer, V. (2014). Physical and chemical characteristics of goldenberry fruit (*Physalis peruviana* L.). *Journal of Food Science and Technology*. Obtenido de <http://moscow.sci-hub.tw/30bd6d01d71970836dde19572ffb1bed/10.1007%40s13197-014-1280-3.pdf>

Zacatares, V. R. (Enero de 2010). *National center for home food preservation*. Obtenido de Control de calidad en frutas y hortalizas frescas minimamente procesadas: <http://centa.gob.sv/upload/laboratorios/alimentos/BROCHURE%20CONTROL%20DE%20CALIDAD%20FRUTAS.pdf>

Zhang, L., Jiang, L., Shi, Y., Luo, H., Kang, R., & Yu, Z. (2012). Post-harvest 1-methylcyclopropene and ethephon treatments differently modify protein profiles of peach fruit during ripening. En L. Zhang, L. Jiang, Y. Shi, H. Luo, R. Kang, & Z. Yu, *Food Research International* (págs. 609-619). Suzhou-China: Elsevier. Obtenido de <http://moscow.sci->

7. ANEXOS

7.1. ANEXO 1: ÁRBOL DE PROBLEMAS



7.2. ANEXO 2: RESULTADOS, PRUEBA TUKEY Y DMS

Tabla 22: Caracterización físico química del fruto después del almacenamiento bajo el método de conservación de atmósfera controlada.

Tratamiento/ Testigo	Sólidos Solubles (°Brix)	Acidez Titulable (%)	Índice de Madurez	pH
T1	10.90±0.08	1.26±0.02	8.63±0.20	2.79±0.01
T2	11.87±0.12	1.14±0.02	10.39±0.13	2.82±0.01
T3	9.77±0.05	1.15±0.02	8.49±0.11	2.89±0.01
T4	9.90±0.16	1.15±0.04	8.60±0.16	2.87±0.01
T5	14.53±0.17	1.06±0.03	13.78±0.47	2.94±0.03
T6	15.47±0.19	0.98±0.03	15.87±0.67	3.07±0.03

Tabla 23: Resultados de los parámetros de color evaluados

Tratamiento/Testigo	Tiempo de almacenamiento (días)	Luminosidad	Croma	Hue (matiz)
Materia prima	0	34.33±0.98	58.53±1.41	101.64±0.97
T1	20	37.37±2.95	63.80±4.86	88.26±1.30
T2	20	21.29±2.07	37.43±2.67	77.00±5.98
T3	20	35.20±0.76	59.56±1.17	97.62±0.77
T4	20	40.85±0.49	44.27±2.32	95.60±1.67
T5	20	33.54±2.44	59.02±4.41	68.07±2.76
T6	20	16.83±0.43	40.11±1.63	37.81±3.68

Tabla 24: Análisis de varianza para el parámetro de croma evaluado en el fruto durante el almacenamiento en atmósfera controlada.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	
Tratamiento	5	1946.73	389.35	26.12	<0.0001	**
Temperatura (A)	1	1302.29	1302.29	92.59	<0.0001	**
Concentración (B)	1	5.06	5.06	0.36	0.5654	ns
Temperatura*Concentración (AxB)	1	92.02	92.02	6.54	0.0338	*
Testigo1yTestigo2vsResto	1	11.55	11.55	0.77	0.3960	ns

Testigo1 vs Testigo2	1	535.82	535.82	35.95	0.0001	**
Error	12	178.84	14.90			

Nota: **: Altamente significativo; ns: Diferencia no significativa

Tabla 25: Prueba Tukey para el parámetro cromático evaluado en el fruto durante su almacenamiento en atmósfera controlada

Tratamiento	Medias		
T1	63.80	a	
T3	59.56	a	
T5	59.01	a	
T4	44.26		b
T6	40.11		b
T2	37.43		b

Tabla 26: Prueba DMS para Factor A (Temperatura de almacenamiento)

Temperatura	Medias	
5°C	60,79	a
8°C	40,60	b

Tabla 27: Prueba de ranking para el parámetro evaluado de Hue en el fruto de ovo

Tratamiento	Rangos				
T3	16.33	a			
T4	14.67	a	b		
T1	11.00	a	b	c	
T2	7.67		b	c	d
T5	5.33			c	d
T6	2.00				d

Tabla 28: Prueba de ranking para el parámetro evaluado de Luminosidad en el fruto de ovo

Tratamiento	Rango			
T4	16.33	a		
T1	13.00	a	b	
T3	11.00	a	b	
T5	9.67	a	b	c
T2	5.00		b	c
T6	2.00			c

Tabla 29: Tasa de respiración de la fruta por cada uno de los tratamientos evaluados

DÍA	T1		T2		T3	
	O2	CO2	O2	CO2	O2	CO2
0	6.96±0.13	22.58±0.97	12.17±0.64	23.54±1.13	10.58±0.48	20.57±0.14
4	6.26±0.21	5.11±0.75	7.19±0.23	7.94±0.63	9.68±0.11	4.03±0.36
8	6.11±0.41	9.30±0.53	6.95±0.14	9.43±0.12	9.97±0.10	4.95±0.13
12	6.36±0.28	9.92±0.49	6.50±0.06	10.10±0.11	9.35±0.41	5.49±0.82
16	-0.05±0.04	5.77±0.51	6.12±0.28	15.79±0.37	10.14±0.40	5.90±0.05
20	0.00±0.01	5.52±0.57	0.03±0.04	14.74±0.61	10.54±0.47	6.23±0.22

Tabla 30: Tasa de respiración de la fruta por cada uno de los tratamientos evaluados

DÍA	T4		T5		T6	
	O2	CO2	O2	CO2	O2	CO2
0	11.19±0.16	27.51±1.92	26.61±0.35	25.08±0.93	29.69±0.33	27.03±0.01
4	9.64±0.38	4.49±0.31	18.73±0.25	11.93±0.65	20.51±0.61	14.30±0.53
8	11.16±0.39	4.95±0.49	21.47±0.69	14.11±0.66	17.85±0.42	15.46±0.39
12	13.52±0.12	9.14±0.40	22.63±0.44	16.38±0.93	23.99±0.11	18.84±0.72
16	13.35±0.06	7.07±0.52	24.04±0.11	16.67±0.24	47.60±2.03	36.83±1.66
20	12.16±0.16	8.77±0.57	25.99±0.82	19.52±1.14	50.06±2.93	41.27±2.09

Tabla 31: Prueba de ranking para el consumo de oxígeno evaluado en el fruto durante su almacenamiento en atmósfera controlada.

Tratamiento	Rango				
T1	2.83	a			
T2	4.17	a			
T3	8.00	a	b		
T4	11.00	a	b	c	
T5	14.00		b	c	
T6	17.00			c	

Tabla 32: Prueba de ranking para la producción de dióxido de carbono evaluado en el fruto durante su almacenamiento en atmósfera controlada.

Tratamiento	Rango				
1.00	2.33	a			
3.00	4.67	a	b		
4.00	8.00	a	b	c	
2.00	1.00		b	c	d
5.00	14.00			c	d

6.00

17.00

d

Tabla 33: Contenido de polifenoles totales evaluados en el fruto cada 4 días

DÍA	T1	T2	T3	T4	T5	T6
0	850.33±15.33	850.33±15.33	850.33±15.33	850.33±15.33	850.33±15.33	850.33±15.33
4	994.74±71.71	910.29±40.34	974.40±41.54	1042.49±64.04	930.45±42.62	910.66±7.12
8	1045.23±52.52	1084.89±35.68	1168.45±43.46	1352.93±65.39	1092.57±8.08	1187.97±32.30
12	1101.95±76.02	1206.94±55.07	1045.44±33.80	1213.47±42.38	1063.16±24.99	1099.12±30.77
16	1047.88±72.84	1241.74±44.33	1011.23±56.78	1107.78±32.88	1024.14±26.97	894.73±40.88
20	1047.74±64.01	1021.93±23.62	1044.48±7.62	1040.33±16.37	892.85±41.68	830.61±31.92

Tabla 34: Test de Tukey para tratamientos con respecto a la variable evaluada de contenido de polifenoles.

Tratamiento	Medias	
T1	1047.74	a
T3	1044.48	a
T4	1040.33	a
T2	1021.93	a
T5	892.85	b
T6	830.61	b

Tabla 35: Contenido de ácido ascórbico evaluado en el fruto cada 4 días

DÍA	T1	T2	T3	T4	T5	T6
0	81.69±5.33	81.69±5.53	81.69±5.53	81.69±5.53	81.69±5.53	81.69±5.53
4	77.88±2.16	72.49±2.89	77.82±3.26	70.67±1.28	73.89±1.40	51.92±2.53
8	67.15±2.18	60.00±0.62	75.56±3.34	63.94±3.85	47.34±2.63	39.39±2.53
12	60.45±2.19	56.87±2.76	64.88±2.28	54.58±3.34	25.03±1.26	22.37±1.27
16	57.27±2.28	53.73±3.29	57.18±1.26	43.33±3.84	17.44±1.10	17.90±1.26
20	55.50±2.30	51.93±1.67	46.11±3.52	40.73±1.67	14.77±1.10	10.29±0.63

Tabla 36: Test de Tukey para tratamientos con respecto a la variable evaluada de vitamina C.

Tratamiento	Medias	
T1	55.50	a
T2	51.93	a b
T3	46.10	b c
T4	40.73	c
T5	14.77	d

T6	10.29	d
----	-------	---

Tabla 37: Prueba DMS para factor concentración

Concentración	Medias	
3%	53,71	a
5%	43,42	b

Tabla 38: Prueba DMS para factor temperatura

Temperatura	Medias	
5°C	38,79	a
8°C	34,32	b

7.3. ANEXO 3: DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS PARA LA CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LOS FRUTOS.

Los métodos utilizados en la caracterización físico-químico del fruto, se describen a continuación.

7.3.1. COLOR

Para la determinación de color del ovo, se realizó una medición de cada uno de los extremos del fruto, mediante un colorímetro DR LANGE en la escala CIE L*C*H, con un ángulo estándar de observador de 8°, donde L representa la luminosidad, C la cromaticidad y H el ángulo de tono (Hue). Luego se determinó el valor de a y b mediante la ecuación 6 y 7 para expresar los resultados en la escala CIE L*a*b, a continuación, en la tabla 39 se describe sus respectivas variables, de igual manera en la figura 34, se representa la variación de color dentro de este método.

Tabla 39: Descripción de variables del método CIE L*C*H*

Medición de color	Descripción
L*	Brillante, brillo, “brightness”. Es dado por el contenido total de energía. Da lugar a colores claros y oscuros. Es el grado entre la oscuridad y el brillo máximo.

C*	Saturación, intensidad, pureza, “chroma”. Define la intensidad o pureza espectral del color que va desde los tonos grises, pálidos, apagados a los más fuertes y vivos. Es el grado de color (inoloro, brillo, palidez).
H*	Tono, tinte, color “hue”. Es caracterizado por la longitud de onda de la radiación y hace diferente un color de otro. Representa un espacio en el diagrama de cromaticidad.

Fuente: (Mathias-Rettig & Ah-Hen, 2014)

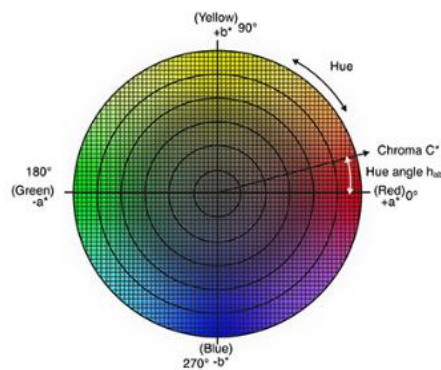


Figura 34: Representación gráfica de los parámetros de color en la escala CIE Lab.

Fuente : (MINOLTA, 2018)

Con los parámetros C* y H* se calculó los valores de a y b, que representan la variación de color de verde a rojo y azul a amarillo respectivamente, mediante las ecuaciones (6) y (7).

$$a^* = \cos(H^*) * C^* \tag{6}$$

$$b^* = \sen(H^*) * C^* \tag{7}$$

7.3.2. PESO

La masa de la fruta se obtuvo mediante medición directa con el ayuda de una balanza, antes (0 días) y después (20días) de su almacenamiento en atmósfera controlada.

7.3.3. PH

La medición de pH, se realizó de acuerdo al método 981.12 de la AOAC, (1990), descrito por (Carmona M. D., 2010). Se colocó 50ml de pulpa de fruto de ovo en un vaso precipitado y se procedió a determinar el valor de pH mediante la inmersión de los electrodos del potenciómetro Jenway (modelo 3510) calibrado con un buffer de pH 2 y pH 7.

7.3.4. ACIDEZ TITULABLE

Para medir la acidez titulable se siguió el método AOAC 942.15, (1990), se tomó una alícuota de 5ml de pulpa de ovo y se añadió 50ml de agua destilada en un vaso de precipitación, luego se colocó 5 gotas de fenolftaleína para su posterior titulación con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 0.1 N hasta el cambio de color a rosa. Los resultados se expresaron en % de acidez en base a la ecuación 8, tomando en cuenta el ácido predominante en el fruto, en este caso ácido cítrico.

$$\%Acidez = \frac{fa * V * N * f}{Vo} \quad (8)$$

Donde:

fa: factor del ácido predominante (ácido cítrico = 0,064)

V: volumen de NaOH utilizado

N: normalidad de la solución de NaOH

f: factor del NaOH (0,9775)

Vo: volumen de la muestra.

7.3.5. SÓLIDOS SOLUBLES

Los sólidos solubles se determinaron de acuerdo al método refractométrico AOAC 932.12, (1990). Se colocaron 3 gotas de muestra de pulpa ovo en un refractómetro de mesa, previamente calibrado con agua destilada. Luego se observó la transición

de color claro a oscuro en el lente del equipo y se obtuvo el contenido de sólidos solubles a una temperatura de 20°C.

7.4. ANEXO 4: EVALUACIÓN DE LA TASA DE RESPIRACIÓN Y CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES

7.4.1. EVALUACIÓN DE LA TASA DE RESPIRACIÓN

Para la evaluación de la tasa de respiración bajo el almacenamiento en atmósferas controladas como se muestra en la figura 35, se aplicó el método descrito por Angós, Vírveda, & Fernández, (2007) con una ligera modificación. La medición de la concentración de gases se obtuvo mediante el equipo Analizador de gases WITT: MAPY 4.0 LE SP O₂/CO₂; mediante una toma de muestra del aire del espacio de cabeza, con la ayuda de una ajuga, los resultados obtenidos se expresaron como el porcentaje volumétrico de la mezcla de gases contenidos en el recipiente.

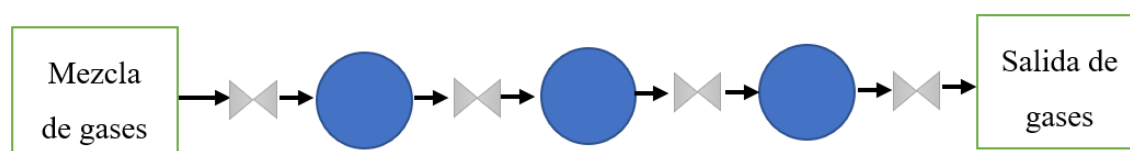


Figura 35: Sistema de atmósferas controladas

En el sistema de flujo continuo, el fruto se mantuvo encerrado en un contenedor impermeable a través del cual se colocó una mezcla de gases a una tasa constante. Los cambios en la concentración de O₂ y CO₂ producidos por la fisiología postcosecha del fruto, se midió cada 4 días, los datos obtenidos se usaron para estimar la tasa de respiración por medio de las ecuaciones (9) y (10). Los resultados se expresaron en mL O₂/kg.h. y mL CO₂/kg.h.

$$R_{O_2} = \frac{(Y_{O_2}^{ti} - Y_{O_2}^{tf}) * V}{100 * M * (tf - ti)} \quad (9)$$

$$R_{CO_2} = \frac{(Y_{CO_2}^{ti} - Y_{CO_2}^{tf}) * V}{100 * M * (tf - ti)} \quad (10)$$

Donde:

R: tasa de respiración (consumo / producción), expresados en $mlkg^{-1}s^{-1}$

O₂: Oxígeno

CO₂: Dióxido de carbono

Y: porcentaje volumétrico obtenido mediante el analizador de gases, expresado en %, V/V

t_i: tiempo inicial

t_f: tiempo final

M: masa del producto en kg

V: volumen libre en ml

Para facilitar el cálculo de la tasa de respiración se utilizó la ecuación 11, en la que se procedió a determinar el espacio de cabeza o volumen libre, mediante la diferencia entre volumen total de recipiente y el volumen ocupado por los frutos dentro recipiente como se muestra en la figura 36.

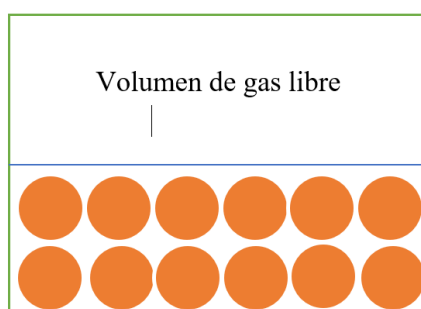


Figura 36: Esquema del fruto almacenado

$$Volumen\ libre = Vr - Vf \quad (11)$$

Donde

V_r: volumen total del recipiente

V_f= volumen total del fruto

Luego se procedió a plasmar los datos obtenidos en una gráfica (plano cartesiano) describiéndola como una curva, como se observa en la figura 37 y 38, en la que la

tasa de respiración, estará en función del tiempo (20 días), con ello se determinó si existe o no relación entre el tiempo propuesto de evaluación y la tasa de respiración.

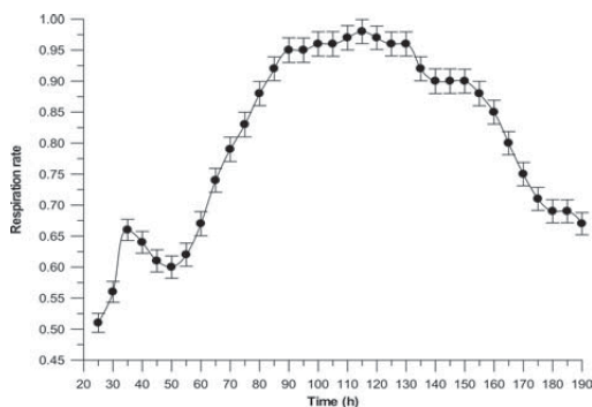


Figura 37: Tasa de respiración de las frutas de ovo durante el almacenamiento postcosecha.

Fuente: (Sampaio, Bora, Holschuh, & Silva, 2008)

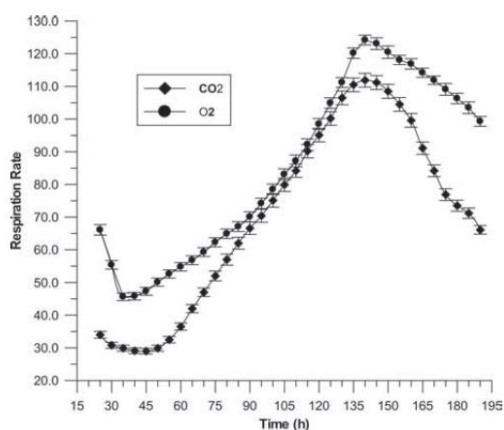


Figura 38: Comportamiento de la respiración postcosecha del ovo.

Fuente: (Sampaio, Bora, Holschuh, & Silva, 2008)

7.5. EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE VALIDACIÓN

Adaptación del método para análisis de polifenoles totales

Previo a la medición del contenido de polifenoles totales por método descrito por Yıldız, İzli, Ünal, & Uylaşer, (2014), se procedió a realizar la validación del método, la cual consistió en la obtención de la curva de calibración con un conjunto

de estándares de ácido gálico y sus respectivas absorbancias, luego se determinó la bondad del ajuste lineal, la precisión y exactitud mediante técnicas estadísticas.

7.5.1. LINEALIDAD

Se realizó el estudio de la linealidad en el cual se utilizó un conjunto de estándares de ácido gálico a concentraciones de 10, 20, 30, 40 y 50 ppm, para luego efectuar los respectivos análisis de cuantificación en un espectrofotómetro a una longitud de 760nm, las mediciones se realizaron por duplicado en cada nivel de concentración de los estándares durante 3 días consecutivos. Todos los datos obtenidos(absorbancia) en la medición se promediaron, con la finalidad de graficar una sola curva de calibración promedio (curva patrón) con su respectiva regresión lineal. A continuación, en la tabla 15 se presentan los resultados del análisis estadístico obtenido de la recta de regresión lineal promedio.

Tabla 40: Estudio de linealidad de la curva patrón para el método de análisis de polifenoles en el ovo.

Parámetro	Promedio
m (pendiente)	0.0172
Lo (ordenada en el origen)	0.0201
R^2	0.9971
tr_obtenido	37.08
tr_tabla	0.2571

Mediante los resultados de la tabla 15, se estableció que la curva de calibración promedio de ajuste lineal presentó un coeficiente de terminación R^2 de 0.9971, lo cual indica la existencia de una alta correlación lineal entre la absorbancia medida por el espectrofotómetro con las concentraciones del conjunto de estándares de ácido gálico. A continuación, en la figura 39 se presenta la curva de calibración promedio a partir de la cual se realizó las respectivas cuantificaciones del contenido de polifenoles totales del fruto en estudio.

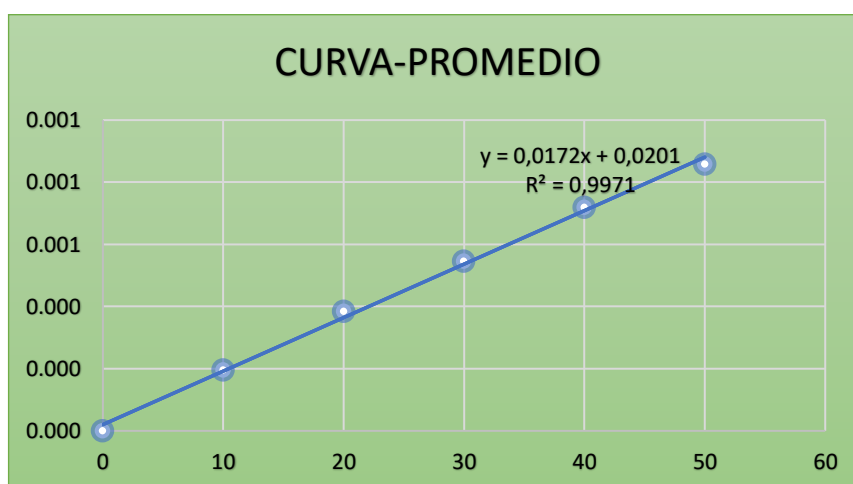


Figura 39: Curva de calibración promedio para la medición de polifenoles totales

7.5.2. PRECISIÓN

Previo a la determinación de la precisión del método, se liofilizó 100g de fruto fresco de ovo triturado, para luego analizar en un espectrofotómetro la absorbancia que la muestra presentaba, esto se realizó de acuerdo al método de cuantificación descrito en el Capítulo 3, con 6 repeticiones. Luego con la ayuda de la ecuación de regresión ya establecida y con los datos obtenidos de absorbancia, se determinó el contenido de polifenoles en cada repetición para por último establecer la desviación estándar y el coeficiente de correlación. A continuación, en la tabla 41 se indica el número de muestra analizada con su respectivo resultado expresado en mg/100g MS (muestra seca).

Tabla 41: Estudio de precisión para el análisis de polifenoles en el ovo

Muestra	Polifenoles totales en mg/100g ms
1	784.91
2	789.79
3	757.25
4	774.34
5	756.44
6	767.83

Promedio	771.76
Desviación Estándar	12.68
Coefficiente de Variación (%)	1.64

Con base a la tabla 41, se determinó que el coeficiente de variación obtenido durante la evaluación de la precisión del método de cuantificación de polifenoles totales fue de 1,64%, error que se encuentra dentro del límite permitido en cuanto a la concentración medida de 1mg/100g ms(materia seca), esto en base a lo establecido en la ecuación de Horwitz, que de acuerdo con Orozco & Báez, (2010) mencionan que para mediciones de concentraciones de analito de mg/100g ms (materia seca) el coeficiente de variación no debe superar el 8%, por lo tanto se verificó que el método tuvo la precisión adecuada para realizar el análisis (1,64% < 8%).

7.5.3. EXACTITUD

Para el análisis de exactitud, se tomó 0.5003g de muestra liofilizada de ovo de estado de madurez fisiológico y se colocó en un tubo falcom, para luego extraer con la solución de extracción (metanol), la mayor parte del contenido de polifenoles presente en la muestra, con lo cual se obtuvo la fase líquida (extracto) y la fase sólida precipitada (muestra en polvo). Se filtró la parte líquida con la ayuda de un papel Whatman N° 4 para obtener el extracto y se cuantificó el contenido de polifenoles totales, luego se realizó una segunda extracción añadiendo nuevamente la solución de extracción (metanol) en la fase precipitada (muestra en polvo) y se obtuvo el segundo extracto que de igual manera se cuantificó, este procedimiento se repitió 7 veces hasta agotar el analito en la muestra (polifenoles totales). Cada ciclo se realizó con 3 repeticiones, para alcanzar el 100% de extracción de polifenoles totales. A continuación, en la figura 40 se muestra el número de extracciones expresado como porcentaje de recuperación en cada ciclo de extracción.

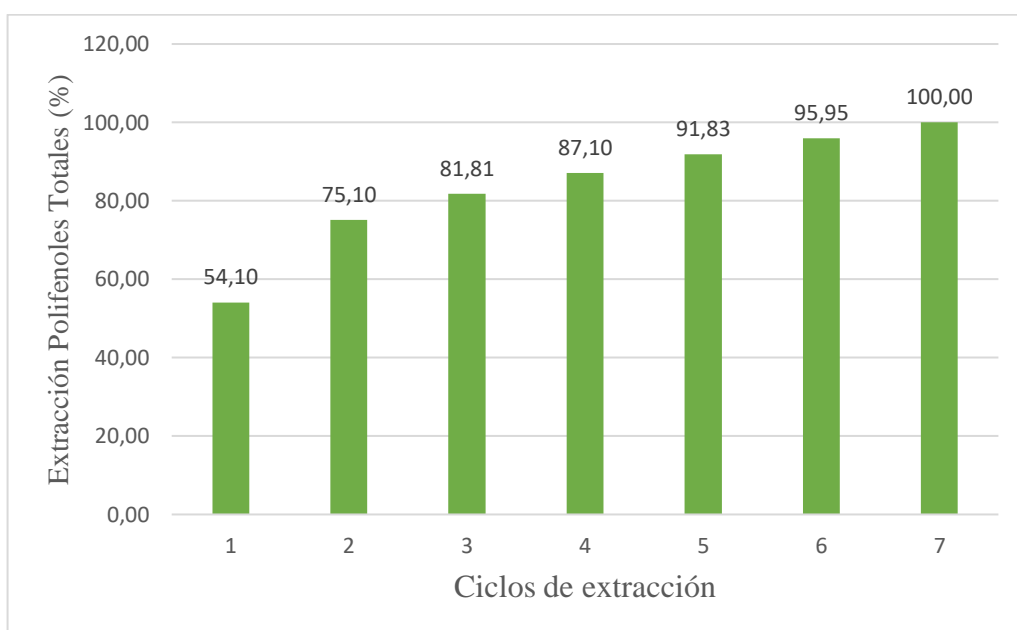


Figura 40: Resultados del ensayo de recuperación de polifenoles totales en muestra de ovo liofilizado.

Con base a la figura 40, se determinó que son necesarios 7 ciclos de extracción para obtener el 100% de recuperación del contenido de polifenoles totales del fruto de ovo. Con los resultados obtenidos de cada ensayo, se estableció que el método utilizado en la determinación del contenido de polifenoles totales del ovo es robusto, puesto que presentó la precisión y exactitud adecuada para el nivel de concentración del analito en análisis.