



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

### CARRERA DE AGROINDUSTRIA

**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA TEMPERATURA DEL  
ALMACENAMIENTO SOBRE EL CONTENIDO DE ÁCIDO  
ASCÓRBICO Y PROPIEDADES NUTRACÉUTICAS DE LA UVILLA  
*Physalis peruviana* L CON CÁLIZ.”**

**Tesis previa a la obtención del título de ingeniero (a) agroindustrial.**

**Autor (a): Chancosi Conlago Delia Margarita**

**Director (a): Ing. Magali Anabel Cañarejo Antamba, MSc**

**Ibarra – Ecuador**

**2017**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

#### CARRERA DE AGROINDUSTRIA

#### “EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA TEMPERATURA DEL ALMACENAMIENTO SOBRE EL CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO Y PROPIEDADES NUTRACÉUTICAS DE LA UVILLA *Physalis peruviana* L CON CÁLIZ.”

Tesis revisada por los miembros del tribunal, por lo cual se autoriza su presentación  
como requisito parcial para obtener el título de:

#### INGENIERO/A AGROINDUSTRIAL

#### APROBADA:

Ing. Magali Anabel Cañarejo Antamba, MSc.

**DIRECTOR DE TESIS**

**FIRMA**

Ing. Juan Carlos de La Vega, MEng.

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

**FIRMA**

Ing. Nicolás Pinto Mosquera, MEng

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

**FIRMA**

Dra. Lucía Cumandá Yépez Vásquez, MSc

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

**FIRMA**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

#### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar a los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo señalada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a su disposición la siguiente información:

---

#### DATOS DE CONTACTO

---

**CÉDULA DE IDENTIDAD:** 172453936-4  
**APELLIDOS Y NOMBRES:** Chancosi Conlago Delia Margarita  
**DIRECCIÓN:** Cayambe  
**EMAIL:** margaritachancosi@gmail.com  
**TELEFONO FIJO:** 2148042 **TELÉFONO MÓVIL:** 0986091510

---

#### DATOS DE LA OBRA

---

**TÍTULO:** Evaluación del efecto de la temperatura del almacenamiento sobre el contenido de ácido ascórbico y propiedades nutracéuticas de la uvilla *physalis peruviana* L con cáliz.

**AUTOR:** Chancosi Conlago Delia Margarita  
**FECHA:** 20 de marzo del 2017

---

#### SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO

---

<b>PROGRAMA:</b>	<b>X</b>	<b>PREGRADO</b>		<b>POSTGRADO</b>	
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA</b>	Ingeniero Agroindustrial				
<b>ASESOR/DIRECTOR</b>	MSc. Magali Anabel Cañarejo Antamba				

---

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

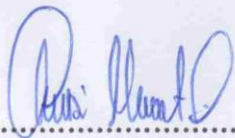
Yo, DELIA MARGARITA CHANCOSI CONLAGO, con cédula de identidad número 172453936-4, 4 en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca Universitaria con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 20 días del mes de Marzo del 2017

**AUTOR:**



.....  
**Srta. Chancosi Conlago Delia Margarita**  
**172453936- 4**

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Delia Margarita Chancosi Conlago, con cédula de ciudadanía 172453936-4 bajo mi supervisión.



---

MSc. Magali Anabel Cañarejo Antamba  
**DIRECTORA DE TESIS**



## DECLARACIÓN

Manifiesto que la presente obra es original y se la 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 por parte de terceros.

Ibarra, a los 20 días del mes de Marzo del 2017



Srta. Chancosi Conlago Delia Margarita

1724539364



## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Delia Margarita Chancosi Conlago, con cédula de ciudadanía N° 1724539364, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autora de la obra o trabajo de grado denominado: **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA TEMPERATURA DEL ALMACENAMIENTO SOBRE EL CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO Y PROPIEDADES NUTRACÉUTICAS DE LA UVILLA *Physalis peruviana* L CON CÁLIZ.”** que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERO AGROINDUSTRIAL en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, los 20 días del mes de Marzo del 2017

**Srta. Chancosi Conlago Delia Margarita**

**172453936-4**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS .....	ix
RESUMEN.....	x
SUMMARY .....	xi
CAPÍTULO I.....	1
1.1    PROBLEMA .....	1
1.2    JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3    OBJETIVOS.....	3
1.3.1    Objetivo general .....	3
1.3.2    Objetivos específicos .....	3
1.4    HIPÓTESIS .....	4
1.4.1    Hipótesis nula.....	4
1.4.2    Hipótesis alternativa.....	4
CAPÍTULO II .....	5
2    MARCO TEÓRICO.....	5
2.1    UVILLA .....	5
2.1.1    Generalidades .....	5
2.1.2    Taxonomía.....	6
2.1.3    Botánica de la planta .....	6
2.1.4    Importancia del cáliz .....	7



2.1.5	Índice de madurez .....	7
2.1.6	Variedades en uso de la uvilla.....	8
2.1.7	Producción nacional .....	9
2.1.8	Composición Química.....	9
2.1.9	Composición Nutricional .....	10
2.1.10	Importancia de consumo de uvilla .....	11
2.1.11	Usos.....	11
2.1.12	Almacenamiento de uvilla.....	12
2.2	VITAMINA C (Ácido Ascórbico) .....	13
2.2.1	Formas de degradación del Ácido Ascórbico .....	14
2.3	COLOR .....	17
2.3.1	Carotenos .....	18
2.4	POLIFENOLES TOTALES.....	19
2.5	RADICALES LIBRES Y ANTIOXIDANTES .....	20
2.5.1	Determinación de la actividad antioxidante.....	22
2.5.2	Estudios realizados de compuestos antioxidantes en uvilla.....	23
CAPÍTULO III.....		25
3	MATERIALES Y MÉTODOS .....	25
3.1	CARACTERIZACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO .....	25
3.2	MATERIALES Y EQUIPOS.....	25
3.3	MÉTODOS.....	26
3.3.1	Análisis físico químicos del fruto .....	26
3.3.2	Desarrollo de la investigación.....	27

3.3.3	Factor en estudio .....	27
3.3.4	Tratamientos.....	27
3.3.5	Diseño experimental.....	28
3.3.6	Características del experimento .....	28
3.3.7	Unidad experimental .....	28
3.3.8	Esquema del análisis estadístico .....	28
3.3.9	Variables evaluadas.....	29
3.3.10	Manejo específico del experimento .....	29
3.3.11	Descripción de Métodos Analíticos .....	33
3.3.12	Análisis estadístico.....	38
CAPÍTULO IV .....		39
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	39
4.1	CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DEL FRUTO FRESCO .....	39
4.2	VIDA DE ANAQUEL DE UVILLA FRESCA CON CÁLIZ.....	42
4.2.1	Características de color y textura .....	42
4.3	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO DURANTE EL ALMACENAMIENTO DE UVILLA CON CÁLIZ.....	49
4.4	ESTABILIDAD DE COMPUESTOS ANTIOXIDANTES .....	55
4.5	RELACIÓN DEL COLOR EN FUNCIÓN DE COMPUESTOS ANTIOXIDANTES. ....	57
CAPÍTULO V .....		60
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	60
5.1	CONCLUSIONES.....	60

5.2	RECOMENDACIONES .....	61
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
7	ANEXOS .....	74
	Anexo 1. Árbol de Problemas .....	74
	Anexo 2. Determinación de las características físico químicas del fruto de uvilla fresco.....	75
	Anexo 3. Determinación del color externo del fruto de uvilla durante el almacenamiento.....	76
	Anexo 4. Determinación de la textura del fruto de uvilla durante el almacenamiento.....	77
	Anexo 5. Determinación del contenido de ácido ascórbico durante el almacenamiento.....	78
	Anexo 6. Preparación de extractos para medición de compuestos antioxidantes ...	79
	Anexo 7. Norma Técnica Colombiana 4580.....	80
	GLOSARIO DE ACRÓNIMOS .....	83

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la uvilla .....	6
Tabla 2. Relación de características fisicoquímicas, color y grado de madurez. ....	8
Tabla 3. Composición fisicoquímica de uvilla en estado de madurez entre 3 a 5 .....	9
Tabla 4. Contenido de ácido ascórbico y capacidad antioxidante de cuatro frutas.....	10
Tabla 5. Composición nutricional de la uvilla .....	11
Tabla 6. Características de color del fruto de uvilla en estado de madurez de consumo .....	18
Tabla 7. Principales radicales libres del oxígeno. ....	21
Tabla 8. Localización del experimento. ....	25
Tabla 9. Variables y métodos utilizados para el análisis físico químico del fruto de uvilla.....	27
Tabla 10. Factor en estudio .....	27
Tabla 11. Descripción de tratamientos en estudio. ....	27
Tabla 12. ANOVA para un Diseño Completo al Azar.....	28
Tabla 13. Variables y métodos evaluados durante el experimento. ....	29
Tabla 14. Valores de Color y Textura en frutos frescos de uvilla.....	39
Tabla 15. Características químicas del fruto de uvilla para determinar el índice de madurez. ....	41
Tabla 16. Análisis de Varianza para parámetros de color, textura, ácido ascórbico y polifenoles totales durante el almacenamiento de uvilla con cáliz. ....	42
Tabla 17. Promedio de parámetros de color Luminosidad, Hue y Croma durante el almacenamiento del fruto de uvilla con cáliz.....	43

Tabla 18. Variación de color del fruto de uvilla durante el almacenamiento. ....	45
Tabla 19. Prueba de Tukey al 5% para textura durante el almacenamiento de frutos de uvilla.....	48
Tabla 20. Contenido del ácido ascórbico presente en frutos de uvilla durante el tiempo de almacenamiento.....	50
Tabla 21. Porcentaje de degradación del contenido de ácido ascórbico de uvilla durante 20 días de almacenamiento. ....	52
Tabla 22. Análisis de polinomios ortogonales sobre el contenido de ácido ascórbico de uvilla durante el almacenamiento a diferentes temperaturas.....	53
Tabla 23. Modelos matemáticos experimentales determinados para las temperaturas en estudio. ....	54
Tabla 24. Contenido de polifenoles totales presente en frutos de uvilla durante el almacenamiento.....	55
Tabla 25. Contenido de Polifenoles totales en frutos de uvilla durante el almacenamiento.....	56
Tabla 26. Degradación de ácido ascórbico y variación de color del fruto de uvilla durante el almacenamiento.....	59



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Uvilla ( <i>Physalis peruviana</i> L.) .....	5
<b>Figura 2.</b> Tabla de color de la uvilla para determinar su madurez.....	8
<b>Figura 3.</b> Estructura molecular del ácido ascórbico.....	14
<b>Figura 4.</b> Degradación del ácido ascórbico.....	14
<b>Figura 5.</b> Mecanismo de reacción del ácido ascórbico frente al radical DPPH* .....	17
<b>Figura 6.</b> Estructura química b - caroteno y licopeno. ....	19
<b>Figura 7.</b> Estructura de principales flavonoides.....	20
<b>Figura 8.</b> Acción de los antioxidantes frente al radical libre .....	21
<b>Figura 9.</b> Estructura del radical DPPH antes y después de la reacción con el antioxidante.....	23
<b>Figura 10.</b> Flujo del proceso de desarrollo del experimento.....	29
<b>Figura 11.</b> Representación gráfica de los parámetros de color en la escala CIE Lab.33	
<b>Figura 12.</b> Representación gráfica de los parámetros Hue y Cromo de los frutos de uvilla frescos en estado de madurez 5.1 (madurez fisiológica). ....	40
<b>Figura 13.</b> Representación del ángulo de tono Hue en la gráfica de color de los tratamientos en estudio.....	44
<b>Figura 14.</b> Comportamiento del pH durante el almacenamiento de uvilla con cáliz..	47
<b>Figura 15.</b> Comportamiento de la fuerza de ruptura de uvilla con cáliz durante el almacenamiento.....	48
<b>Figura 16.</b> Estabilidad del ácido ascórbico durante el almacenamiento de uvilla con cáliz. ....	50

<b>Figura 17.</b> Degradación del ácido ascórbico en función de la temperatura. ....	51
<b>Figura 18.</b> Degradación del ácido ascórbico en función de la temperatura y tiempo de almacenamiento en frutos de uvilla con cáliz. ....	54
<b>Figura 19.</b> Relación del cambio de tono de color (HUE) con el contenido de ácido ascórbico .....	58

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>Fotografía 1.</b> Recepción de uvilla con cáliz.....	30
<b>Fotografía 2.</b> Clasificación y selección de uvilla de acuerdo al color del cáliz. ....	31
<b>Fotografía 3.</b> Deshidratación del cáliz a temperatura ambiente Ibarra (17 a 23) °C durante 6 horas. ....	31
<b>Fotografía 4.</b> Pesado de la materia prima. ....	32
<b>Fotografía 5.</b> Envasado de uvilla con cáliz en fundas de polietileno transparente de 1kg.....	32
<b>Fotografía 6.</b> Almacenamiento de uvilla con cáliz en cámaras de refrigeración. ....	33
<b>Fotografía 7.</b> Selección del fruto de uvilla de acuerdo al color .....	75
<b>Fotografía 8.</b> Medición del color externo de muestras de uvilla. ....	75
<b>Fotografía 9.</b> Determinación de textura. ....	75
<b>Fotografía 10.</b> Medición de pH en muestras de uvilla. ....	75
<b>Fotografía 11.</b> Medición de Sólidos Solubles en muestras de uvilla. ....	75
<b>Fotografía 12.</b> Medición de acidez titulable. ....	75
<b>Fotografía 14.</b> Proceso de medición del color externo del fruto fresco de uvilla.....	76
<b>Fotografía 15.</b> Proceso de evaluación de textura en frutos de uvilla almacenados con cáliz. ....	77
<b>Fotografía 16.</b> Proceso de evaluación de Ácido ascórbico en frutos de uvilla fresco durante el almacenamiento.....	78
<b>Fotografía 17.</b> Proceso de extracción de antioxidantes del fruto de uvilla liofilizado. ....	79

## RESUMEN

La uvilla *Physalis peruviana* L. es una fruta andina con propiedades nutraceuticas debido a sus compuestos antioxidantes naturales tales como el ácido ascórbico, carotenos y fenoles solubles. El ácido ascórbico se encuentra en el fruto en mayor cantidad con un valor de 43.73 mg.100g<sup>-1</sup> PF, éste compuesto es altamente sensible a la degradación durante el almacenamiento, por lo que, el objetivo fue evaluar el efecto de la temperatura de almacenamiento sobre el contenido de ácido ascórbico y propiedades nutraceuticas en uvilla fresca con cáliz. Se plantearon cuatro tratamientos T1: 2°, T2: 5°C, T3: 8°C y T4: temperatura ambiente (17 a 23) °C. Las variables evaluadas fueron textura con el texturómetro (modelo EZ-9X), color con el espectrofotómetro de reflectancia (modelo Specord 250 plus), contenido de ácido ascórbico (AA) y fenoles solubles totales (FST) mediante los métodos de titulación con 2,6-dichloroindophenol y Folin-Ciocalteu respectivamente, se monitorearon cada cinco días durante veinte días de almacenamiento para determinar su estabilidad. Los resultados indican mayor estabilidad del AA en el T1 con porcentaje de degradación (28.8%), en comparación a los tratamientos T2, T3 y T4 que reportan valores de 30.45%, 33.49% y 42.58% respectivamente. El contenido de FST, presentó menor degradación (16.40%) en el tratamiento T1, en tanto que en los tratamientos T2: 21.37%, T3: 26.82% y T4: 34.41%, por lo que es posible que los frutos presenten mayor capacidad antioxidante. En conclusión, los frutos de uvilla almacenados a 2°C mantienen un equilibrio entre color, textura, contenido de ácido ascórbico y polifenoles totales, debido a que los procesos metabólicos del fruto que ocasionan las reacciones de degradación de los compuestos bioactivos se inhiben a temperaturas bajas de almacenamiento.

**Palabras claves:** propiedades nutraceuticas, compuestos bioactivos, actividad antioxidante, ácido ascórbico y polifenoles totales.

## SUMMARY

The goldenberry *Physalis peruviana* L. is an Andean fruit with nutraceutical properties due to natural antioxidant compounds such as ascorbic acid, carotene and soluble phenols. Ascorbic acid is found in high amount on the fruit with a value of 43.73 mg.100g<sup>-1</sup> PF, this compound is highly sensitive to degradation during storage, therefore, the objective was to evaluate the effect of storage of the temperature on the content of ascorbic acid and nutraceutical properties in fresh goldenberry with calyx. Were studied four treatments T1: 2°, T2: 5°C, T3: 8°C y T4: room temperature (17 a 23) °C. The variables evaluated were texture with the texturometer (model EZ-9X), color with the reflectance spectrophotometer (model 250 plus), ascorbic acid (AA) content and total soluble phenols (FST) by titration methods using the reactive denominated 2,6-dichloroindophenol and Folin-Ciocalteu respectively, were monitored every five days for twenty days of storage to determine their stability. The results showed a high stability of AA in the treatment T1 with the percentage of degradation (28.8%), compared to treatments T2, T3 and T4 that report values of 30.45%, 33.49% and 42.58% respectively. The FST content presented lower degradation (16.40%) in the treatment T1, whereas in the treatments T2: 21.37%, T3: 26.82% y T4: 34.41%, so it is possible that the fruits will be presented higher antioxidant capacity. In conclusion, fruits stored at 2°C keep a balance between color, texture, ascorbic acid content and total polyphenols, because the metabolic processes of the fruit that cause the degradation reactions of the bioactive compounds are inhibited at low temperatures of storage.

**Key words:** nutraceutical properties, bioactive compounds, antioxidant activity, ascorbic acid, total polyphenols.



# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1 PROBLEMA**

La uvilla es una fruta andina con alto valor nutricional, y funcional debido a sus componentes bioactivos como lo son el ácido ascórbico, los carotenoides y fenoles totales, los cuales le otorgan las propiedades nutraceuticas que están relacionadas a la capacidad antioxidante del fruto de uvilla (Daza, Suárez, y Núñez, 2012).

Estudios realizados le han atribuido al ácido ascórbico la característica de antioxidante natural, componente bioactivo presente en mayor cantidad en la uvilla que según Restrepo, (2008) es de 56,53 mg, sin embargo, uno de los limitantes durante el almacenamiento es la pérdida del ácido ascórbico por hidrólisis, debido a que es sensible o lábil a parámetros como oxígeno, temperatura, pH, enzimas, factores externos como golpes y cortes, los cuales alteran el contenido de ácido ascórbico presente en la fruta fresca.

La temperatura es uno de los factores de mayor limitación durante el almacenamiento debido a que la hidrólisis del ácido ascórbico y estabilidad de la capacidad antioxidante es directamente proporcional al incremento de la temperatura, lo que ocasiona la degradación del contenido de ácido ascórbico y polifenoles totales de la uvilla, por lo tanto disminuye la calidad nutricional y funcional de la fruta (Fennema, 2010).

En la actualidad existe alta tendencia por la investigación, producción y consumo de frutos frescos que contengan compuestos bioactivos, por ello, se pretende estudiar la estabilidad del ácido ascórbico en la uvilla con cáliz durante el almacenamiento y la correlación con los compuestos antioxidantes y variación del color.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

La uvilla es una fruta de gran importancia comercial, debido a las características funcionales y nutricionales que le otorgan los componentes bioactivos (fenoles solubles totales y ácido ascórbico). Restrepo, (2008) reporta que la pulpa del fruto de uvilla presenta una capacidad antioxidante de  $210 \pm 9,45 \mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$  peso fresco determinado por el método DPPH y de  $56,53 \pm 1,38 \text{ mg}$  de ácido ascórbico/100 g peso fresco.

Puente (2011) le atribuyó al fruto de uvilla la propiedad nutraceútica debido a su actividad antioxidante relacionada al ácido ascórbico y polifenoles totales. La actividad antioxidante previene el daño agudo que pueden producir los radicales libres que son metabolitos secundarios de los procesos oxidativos normales de las células, los cuales causan daños celulares o inician la peroxidación de ácidos grasos poliinsaturados en membranas biológicas, en el ADN, proteínas y enzimas del organismo (Ramírez, *et al.*, 2012).

El interés de la industria de alimentos sobre el ácido ascórbico es debido a que no se sintetiza en el organismo humano, lo que hace necesario ingerirlo a través de los alimentos. La uvilla además de ser utilizada como antioxidante natural por su contenido de compuestos antioxidantes, puede ser considerada como ingrediente funcional por su implicación en la salud humana, lo que obliga a mejorar las condiciones de almacenamiento y procesamiento, de tal forma que le confieran a la fruta una mayor vida útil sin comprometer sus propiedades fisicoquímicas, nutricionales y funcionales.

Estudios realizados han reportado que durante los procesos de transformación alimentaria a los que se somete la uvilla sin cáliz para obtener productos finales de consumo, provocan la pérdida de gran cantidad de ácido ascórbico, lo que se ha cuantificado entre 30-70 % (Daza, Herrera, Murillo y Méndez, 2014). Pero existe escasa información sobre la degradación del ácido ascórbico presente en la uvilla con cáliz durante el almacenamiento.

Con base en estas consideraciones, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la estabilidad del ácido ascórbico y propiedades nutraceuticas de la uvilla con cáliz durante el almacenamiento, con el fin de proporcionar información relevante para desarrollar métodos de conservación óptimos, alternativas de exportación y mejorar las perspectivas de comercialización de la uvilla, tanto fresca como procesada.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de la temperatura del almacenamiento sobre el contenido de ácido ascórbico y propiedades nutraceuticas de la uvilla *Physalis peruviana* L con cáliz.

#### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar mediante análisis físico químicos el fruto de uvilla con cáliz.
- Determinar la estabilidad del ácido ascórbico en la uvilla con cáliz durante el almacenamiento a temperaturas de (2, 5, 8) °C y temperatura ambiente Ibarra con rango de (17 a 23) °C.
- Determinar el valor nutraceutico del fruto de uvilla con cáliz durante el almacenamiento a temperaturas de (2, 5, 8) °C y temperatura ambiente Ibarra con rango de (17 a 23) °C en términos de su actividad antioxidante.
- Evaluar la relación del cambio de color en función de la capacidad antioxidante durante el almacenamiento.

## **1.4 HIPÓTESIS**

### **1.4.1 HIPÓTESIS NULA**

La temperatura de almacenamiento de uvilla con cáliz no influye significativamente en el contenido de ácido ascórbico y la capacidad antioxidante.

### **1.4.2 HIPÓTESIS ALTERNATIVA**

La temperatura de almacenamiento de uvilla con cáliz influye significativamente en el contenido de ácido ascórbico y la capacidad antioxidante.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.2 UVILLA

##### 2.2.1 GENERALIDADES

La uvilla es una fruta que fue conocida por los incas. La historia cuenta que es originaria del Perú y que llegó al Ecuador como un fruto silvestre, ya que sus semillas se propagan fácilmente, también se conoce como la ‘uva serrana’ porque se está expandiendo en el campo agrícola del Ecuador. Actualmente se producen 700 hectáreas para la exportación (Altamirano, 2010).

De acuerdo a la Norma INEN 2485 (2009), la uvilla pertenece a la familia *Solanaceae*, con características de baya, del tamaño de una uva grande, con piel lisa, cerácea, brillante y de color amarillo – dorado – naranja; o verde según la variedad como se puede observar en la Figura 1.



**Figura 1.**Uvilla (*Physalis peruviana* L.)

Autor



Su carne es jugosa con semillas amarillas pequeñas y suaves que pueden comerse. Cuando la flor cae el cáliz se expande, formando una especie de capuchón o vejiga muy fina que recubre a la fruta. Cuando la fruta está madura, es dulce con un ligero sabor ácido.

Esta planta se caracteriza por producir su fruto envuelto en un cáliz formado por cinco sépalos que lo protegen contra insectos, pájaros, enfermedades y condiciones climáticas extremas (radiación, cambios bruscos de temperatura, lluvias fuertes y granizadas (Ávila, Moreno, Fischer y Miranda, 2007).

### 2.2.2 TAXONOMÍA

La clasificación taxonómica de la uvilla se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica de la uvilla

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>Clase:</b>	Angiospermae
<b>Subclase:</b>	Dicotyledoneae
<b>Orden:</b>	Tubiflorae
<b>Familia:</b>	Solanaceae
<b>Género:</b>	<i>Physalis</i>
<b>Especie:</b>	<i>peruviana</i> L
<b>Nombre científico:</b>	<i>Physalis peruviana</i> L

Fuente: Chicaiza, (2008)

### 2.2.3 BOTÁNICA DE LA PLANTA

La uvilla es una planta herbácea con raíz lignificada, anual o perenne, de hasta 1 m de altura, con tallos angulosos simples o ramificados. Las hojas son simples, enteras y acorazonadas, dispuestas en forma alterna a la planta. El limbo es entero y presenta vellosidades que lo hacen suave al tacto (Pássaro, 2014).

El cáliz de la flor está formado por cinco sépalos, tiene un tamaño de 5 cm de largo y encierra al pequeño fruto para protegerlo. El fruto es una baya jugosa con diámetro entre 1 y 2,5 cm, un peso de 4 a 10g, el color varía de amarillo verdoso al amarillo naranja de acuerdo al estado de madurez, su piel es delgada y lustrosa, contiene de 100 a 300 semillas que son pequeñas (Heiser, 1987) citado por (Pássaro, 2014).

Según Cruzat y Honorato (2010), el sabor del fruto está determinado por los azúcares, ácidos orgánicos y compuestos químicos volátiles presentes. El contenido de azúcares incrementa con el estado de madurez y los ácidos orgánicos disminuyen.

#### **2.2.4 IMPORTANCIA DEL CÁLIZ**

“EL cáliz envuelve la fruta como un empaque natural que protege contra insectos, pájaros y condiciones climáticas extremas. Cuando la flor cae, el cáliz se expande, formando una especie de capuchón o vejiga muy fina que recubre a la fruta” (Cerón, Higuera, y Cardona, 2010, pp 87).

Novoa, Bojaca, Galvis, y Fischer, (2005) afirman que el cáliz actúa como agente que impide el paso de la luz, reduce la tasa de respiración durante el almacenamiento retardando el proceso de maduración y contribuye a mantener las propiedades físicas y químicas.

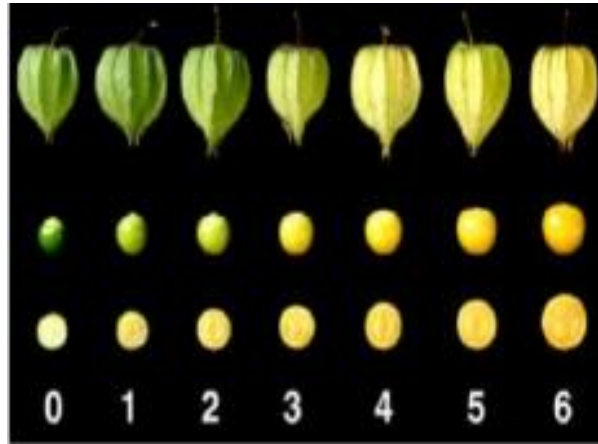
#### **2.2.5 ÍNDICE DE MADUREZ**

El proceso de maduración del fruto hace referencia a cambios físicos y químicos, especialmente transformaciones en textura, consistencia, además la aparición de sabor, aroma y color. El fruto después de la cosecha continúa desarrollando las funciones metabólicas (transpiración, respiración, creación y degradación de metabolitos), que contribuyen al proceso de maduración del fruto y conduce al envejecimiento y muerte de los tejidos (González, Cornago, Gálves, y Santos, 2014).

González (2014) menciona que durante la maduración el cambio de color se debe a la aparición de carotenos, antocianinas y flavonas, gracias a la degradación de la clorofila, mientras que el cambio de la textura se debe a la degradación de la pectina, lo que produce el ablandamiento de la pulpa.

Para determinar el índice de madurez de la fruta se toma como referencia determinaciones subjetivas y objetivas. En la uvilla se basa en la Norma Técnica Colombiana 4580. En la Tabla 2 se detalla las características físicas y químicas que determinan el índice de madurez y en la Figura 2 la relación con el color del fruto y

cáliz, porque de acuerdo a Fischer *et al.* (2014), tanto el color del fruto como del cáliz están sincronizados.



**Figura 2.**Tabla de color de la uvilla para determinar su madurez

Fuente: NTE 2485, 2009

**Tabla 2.** Relación de características fisicoquímicas, color y grado de madurez.

Color	Aspecto externo del fruto	°Brix mínimo	% Acidez máximo	Índice de madurez °Brix/ %acidez
0	Fisiológicamente desarrollado, verde oscuro	9.4	2.69	3.5
1	Color verde un poco más claro	11.4	2.70	4.2
2	Color verde se mantiene en la parte cercana al cáliz y hacia el centro del fruto aparecen unas tonalidades anaranjadas.	13.2	2,56	5.2
3	Color anaranjado claro con visos verdes hacia la zona del cáliz.	14.1	2.34	6.0
4	Color anaranjado claro.	14.5	2.03	7.1
5	Color anaranjado.	14.8	1.83	8.1

Fuente: Corrales-Bernal y Vergara, (2015)

### 2.2.6 VARIEDADES EN USO DE LA UVILLA

En el Ecuador se cuenta con los siguientes ecotipos según Brito, (2002):

- **Golden keniano.-** se caracteriza por tener el fruto grande, de color amarillo intenso, con bajo contenido de ácidos, pero por su aspecto fenotípico es altamente demandada por los mercados de exportación.
- **Ambateño.-** fruto mediano de color entre verde y amarillo con alta cantidad de sustancias que le dan sabor agrídulce y aroma agradable.
- **Ecuatoriana.-**fruto pequeño de color amarillo intenso con alta concentración de sustancias vitamínicas y aroma agradable.

### 2.2.7 PRODUCCIÓN NACIONAL

Altamirano (2010) afirma:

En Ecuador la producción de uvilla se realiza por pequeños y medianos productores de la Sierra Norte entre los 2.000 a 3.000 msnm, especialmente en la provincia de Imbabura, en donde, mediante sistemas de producción semi-tecnificado, se encuentra el 40% de los cultivos, con producciones entre 13,6 t/ha en 350 ha. En el año 2012 Ecuador exportó 104,7 t., siendo los principales países de destino Holanda con el 43% del total, seguido por España, Alemania, Canadá, Reino Unido, Suecia, Bélgica, Suiza e Italia (p.128).

Schreiber (2010) menciona que la mayor demanda de uvilla en fresco es internacional, por lo tanto las alternativas de comercialización que se propongan deben ser de acuerdo al mercado al cual se dirige y las exigencias de los clientes.

### 2.2.8 COMPOSICIÓN QUÍMICA

“La uvilla es excelente fuente de provitamina A, rica en vitamina C, E, K1 y complejo vitamínico B. Los principales componentes activos de la vitamina A en los frutos son la  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno y  $\beta$ -criptoxantina” (Cerón *et al.*,2010). En la Tabla 3 se muestra comparaciones de la composición fisicoquímica de uvilla.

**Tabla 3.** Composición fisicoquímica de uvilla en estado de madurez entre 3 a 5

Parámetro	%
Acidez %	1,58
Brix	13,8
pH	3,78

Fuente: Duque, Giraldo, y Quintero, (2011).

Cerón *et al.*, (2010) considera a la uvilla madura como fuente de vitamina C, A y pectina, por lo que le atribuye propiedades nutraceuticas debido a su capacidad antioxidante.

De acuerdo Daza, Suárez, y Núñez, (2012), la capacidad antioxidante de un alimento se debe a sus diferentes compuestos, entre los cuales están los compuestos fenólicos, carotenos, antocianinas, ácido ascórbico, etc. En la Tabla 4 se presenta la comparación del contenido de ácido ascórbico y capacidad antioxidante de uvilla en estado de madurez entre dos y tres de acuerdo a la norma Técnica Colombiana 4580, papaya de monte, tomate de árbol y tuna roja

**Tabla 4.** Contenido de ácido ascórbico y capacidad antioxidante de cuatro frutas.

Nombre fruta	Ácido ascórbico (mg/100g)	Actividad antioxidante	
		DPPH+ equivalente trolox/g de fruto	ABTS+ equivalente trolox/g de fruto
Uvilla	43,3	729	1066 <sup>+</sup> -28
Papaya de monte	31,41	1936 <sup>+</sup> -228	2141 <sup>+</sup> - 71
Tomate de árbol	16,09	853 <sup>+</sup> -52	838 <sup>+</sup> -35
Tuna roja	22,75	482 <sup>+</sup> -35	651 <sup>+</sup> -40

Fuente: Repo de Carrasco, Encina, y C.R., (2008)

### 2.2.9 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

De acuerdo a Ligarreto, Lobo y Correa (2005), la uvilla se caracteriza por tener un fruto azucarado con cantidades importantes de vitaminas del complejo B, tales como tiamina, niacina y vitamina B12, vitamina A, C, hierro, además los niveles de proteína y fósforo son excepcionalmente altos, mientras que el contenido de calcio es bajo, en la Tabla 5 se muestra la composición nutricional de la uvilla.

**Tabla 5.** Composición nutricional de la uvilla

<b>Componente</b>	(Fischer y Almanza- Merchan, 2014)	(Erkaya, Dagnemir, y Sengul, 2012)
	<b>Contenido de 100g. de la parte comestible</b>	
Humedad	78,90%	79,8 - 85,5%
Carbohidratos	16g	11 – 19,6g
Fibra	4,9g	0,4 – 4,9g
Grasa total	0,16g	0,15 – 0,5g
Proteína	0,05g	0,3 – 1,5g
Ácido ascórbico	43mg	20 – 43 mg
Calcio	8mg	2 – 28 mg
Caroteno	16,1mg	16mg
Fósforo	55.30mg	27 – 55,3 mg
Hierro	1,23mg	0,3 – 1,2 mg
Niacina	1,73mg	0,8 – 1,7 mg
Riboflavina	0.03mg	0,03 – 0,18 mg
Tiamina		0,1 – 0,18 mg
Cenizas		0,7 – 1g
Potasio		210 – 467 mg
Magnesio		7 – 19 mg
Zinc		0,28 – 0,40 mg

### **2.2.10 IMPORTANCIA DE CONSUMO DE UVILLA**

La importancia de consumir uvilla es por su capacidad de reducir los radicales libres causantes de varias enfermedades debido a la capacidad antioxidante que le otorgan los compuestos bioactivos tales como polifenoles totales, vitamina C y A (Daza *et al.*, 2012).

Según Brito (2014), la uvilla es una excelente fuente de bioactivos saludables con capacidad de ejercer beneficio en la salud, que pueden impactar en el crecimiento, desarrollo y correcto funcionamiento de diversos órganos humanos.

### **2.2.11 USOS**

Al ser su contenido nutricional alto se utiliza en la elaboración de dulces, mermeladas, jaleas, manjar, bebidas y cremas (Felipe, 2009).

Además Daza *et al.*, (2012) atribuyen las siguientes propiedades funcionales: reconstruye y fortifica el nervio óptico, ayuda a la purificación de la sangre,

adelgazante, se recomienda la preparación de jugos, infusiones con las hojas y consumo del fruto en fresco, ideal para los diabéticos, consumo sin restricciones, aconsejable para los niños, porque ayuda a la eliminación de parásitos intestinales (amebas), favorece el tratamiento de las personas con problemas de próstata, por sus propiedades diuréticas, constituye un excelente tranquilizante debido al contenido de flavonoides (Senior, 2005).

### **2.2.12 ALMACENAMIENTO DE UVILLA**

Las temperaturas bajas y modificación de la atmósfera de almacenamiento son capaces de retrasar la maduración, deterioro y conservar los compuestos bioactivos presentes en las frutas. En la mayoría de los casos la limitación del uso de esta técnica es porque ciertos frutos son sensibles a los daños por frío debido a la sensibilidad a la temperatura de almacenamiento. Frutos subtropicales pueden almacenarse entre 8 y 14°C, frutos templados se conservan a temperaturas próximas a 0°C (Agustí, 2010).

El adecuado manejo de la temperatura es el factor principal para minimizar el deterioro y maximizar la vida poscosecha de frutos de arbusto. Las pérdidas pos cosecha pueden presentarse como disminución de la calidad o una pérdida total del producto, lo que conlleva a reducir el precio en el mercado. Esta pérdida se debe a factores mecánicos, daños fisiológicos y biológicos o patológicos (Kader, 2011).

La uvilla es un producto perecedero, por lo que Chicaiza, (2008) recomienda almacenar a una temperatura entre 4°C a 8°C, con una humedad relativa entre 80% y 90%.

De acuerdo a Cruzat y Honorato (2010), los frutos de uvilla almacenados con cáliz son más resistentes al deterioro y deshidratación. De esta manera y con sistemas de refrigeración, el fruto se puede almacenar durante 4 a 5 meses a 2°C.

Según Balaguera (2015) durante 35 días de almacenamiento, en refrigeración a 2°C y aplicación de 1- metilciclopropeno fue la mejor alternativa de conservación de frutos de uvilla con cáliz y sin cáliz.

Los empaques constituyen barreras físicas que restringen el libre paso del oxígeno, el CO<sub>2</sub> y el vapor de agua hacia la fruta o de la fruta hacia el medio, contribuyendo a reducir la velocidad de deterioro de la fruta. Los empaques a base de polietileno (PE), polipropileno (PP), cloruro de polivinilo (PVC), y las ceras constituyen las barreras físicas más utilizadas (Cruzat y Honotato, 2010).

En cuanto al comportamiento del ácido ascórbico durante el almacenamiento de uvilla sin cáliz: Gutiérrez, Páez y Hoyos (2007) afirman que el ácido ascórbico presenta un tiempo de vida media de 32.1 día, entre 4 y 10 °C.

Según Ávila y Moreno (2006), la uchuva se conserva más, si se almacena con cáliz que sin él. Frutos con cáliz almacenados a una temperatura de 18°C y a una humedad relativa de 70% conservan su calidad aproximadamente por 20 días, mientras que los frutos sin cáliz a esas mismas condiciones solo conservan su calidad por 3 días. Lo mismo ocurre en condiciones de refrigeración a 6°C y con 70% de humedad relativa, ya que el fruto con cáliz se puede almacenar hasta por 30 días, mientras que el fruto sin cáliz solo se puede almacenar por 5 días.

### **2.3 VITAMINA C (ÁCIDO ASCÓRBICO)**

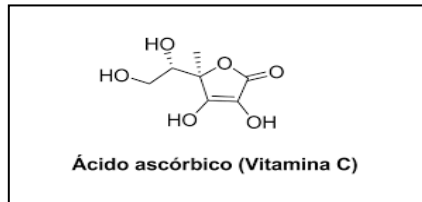
La vitamina C es un cristal blanco con sabor ligeramente ácido derivada de la D – glucosa, tiene una estructura de cetona cíclica que corresponde a la forma enólica de la 3 – ceto -1 gulofuranolactona y contiene un enol entre los carbonos 2 y 3 que la hace un agente ácido y altamente reductor, por lo que se oxida con facilidad (Baudi, 2013).

Es un importante antioxidante que se encuentra en frutas y hortalizas en forma reducida de L ácido ascórbico, que tiene tendencia de unirse con oxígeno provocando pérdida de aroma y sabor natural. El contenido varía de manera significativa de acuerdo con los factores relacionados como prácticas agrícolas, manejo poscosecha, preparación para consumo y almacenamiento (Baudi, 2013).



El ácido ascórbico (AA) debido a varios factores se oxida en ácido L-dehidroascórbico (DHAA), el cual es inestable debido a la sensibilidad a la hidrólisis del puente de lactona. Dicha hidrólisis es irreversible y forma ácido 2,3-dicetogulónico, el responsable de la pérdida de la actividad vitamínica (Fennema, 2010).

La vitamina C es la más inestable por su composición química mostrada en la Figura 3, debido a esta característica su contenido residual en los alimentos, se usa como índice de retención de nutrimentos: se considera que si resiste el procesamiento, almacenamiento, todos los demás nutrimentos se verán poco afectados (Fennema, 2010).



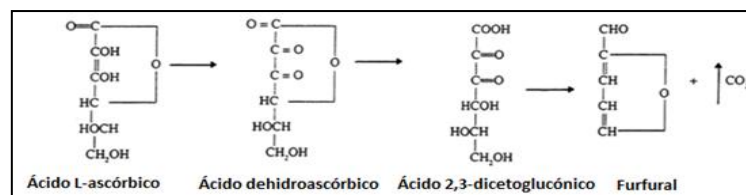
**Figura 3.** Estructura molecular del ácido ascórbico

Fuente: Fennema, 2010

### 2.3.1 FORMAS DE DEGRADACIÓN DEL ÁCIDO ASCÓRBICO

La pérdida del ácido ascórbico ocasionado por lixiviación durante el corte o daños físicos de la superficie de la fruta y hortalizas frescas.

La degradación química ocurre debido a la oxidación a DHAA, seguida de la hidrólisis del mismo ácido 2,3-dicetogulónico y su posterior oxidación, deshidratación y polimerización para formar productos nutritivamente inactivos, en la Figura 4 se indica esta reacción (Fennema, 2010).



**Figura 4.** Degradación del ácido ascórbico

Fuente: UNAD, 2010

Otra forma de degradación es durante el almacenamiento bajo congelación y manipulación rutinaria inadecuada. En productos envasados ocurre el deterioro anaeróbico del ácido ascórbico (Fennema, 2010). Este proceso progresa de forma muy lenta, debido a que se consume el oxígeno residual. Pero la presencia de azúcares (cetosas) puede aumentar la velocidad de degradación anaerobia, sin embargo durante el almacenamiento el mecanismo predominante de pérdida de ácido ascórbico es debido a la catalización de trazas de metales (Baudi, 2013).

La estabilidad del ácido ascórbico depende de la composición del alimento, además de las condiciones de almacenamiento y factores tales como (Fennema, 2010).

- **pH:** la velocidad de degradación oxidativa es función lineal del pH debido a que las diversas formas iónicas del AA difieren en su sensibilidad a la oxidación. La hidrólisis se ve favorecida en condiciones alcalinas y decrece a medida que aumenta el pH (Baudi, 2013).
- **Iones metálicos:** tales como  $\text{Cu}^{2+}$  y  $\text{Fe}^{3+}$  actúan como catalizadores.
- **Concentración de oxígeno:** con la presencia de oxígeno ocurre la degradación oxidativa del ácido ascórbico (Fennema, 2010).
- **Temperatura:** la hidrólisis del DHAA incrementa al aumentar la temperatura, pero no se ve afectado por la presencia o ausencia del oxígeno (Fennema, 2010). El frío inhibe su síntesis, en contraste con las temperaturas cálidas y la oscuridad.

La degradación del ácido ascórbico es directamente proporcional al incremento de la temperatura. En productos envasados el deterioro del ácido ascórbico ocurre en los intervalos de temperatura entre  $-5$  y  $20^{\circ}\text{C}$  (Fennema, 2010).

- **Luz:** el ácido ascórbico es fotosensible
- **Actividad de agua:** a menor actividad de agua menor degradación de la vitamina C. La velocidad de la oxidación del ácido ascórbico varía con la

humedad, la mayor cantidad de agua actúa como disolvente para los reactantes y catalizadores (Fennema, 2010).

- **Enzimas:** “ácido ascórbico oxidasa que contienen cobre, actúa sobre productos frescos que no han sido sujetos a tratamientos térmicos que la desnaturalicen (Fennema, 2010).
- **Presencia de otras vitaminas:** especialmente la riboflavina por ser fotosensible.
- **Operaciones de procesamiento:** lavado, pelado, esterilizado, sulfitación.

La sacarosa, azúcares y azúcares alcoholes protegen al ácido ascórbico contra la degradación oxidativa al ligar iones metálicos y reducir su potencia catalítica (Fennema, 2010).

#### **2.3.1.1 Productos de degradación del ácido ascórbico.**

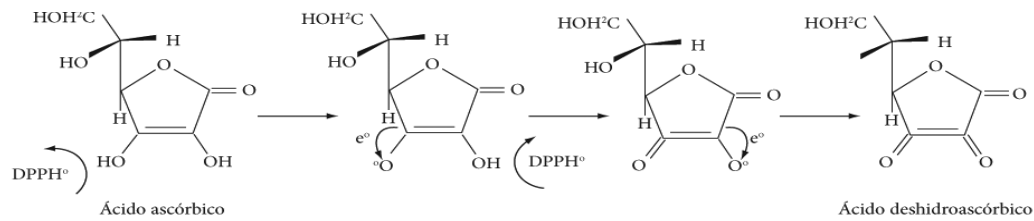
Se han identificado tres tipos generales de productos de descomposición: Intermediarios polimerizados, ácidos carboxílicos insaturados de una longitud de cadena de 5 y 6 átomos de carbono y productos de la fragmentación con cinco o menos átomos de carbono (Fennema, 2010).

Por la degradación térmica a pH neutro se genera formaldehído. Estos compuestos probablemente contribuyen al cambio del sabor, aroma y olor de los zumos cítricos durante el almacenamiento o durante un tratamiento excesivo (Fennema, 2010).

Los principales productos de la degradación del ácido ascórbico en disoluciones ácidas y neutras son: L-xilosa, ácido oxálico, ácido L-treónico, ácido tartárico, 2-furaldehído y ácido furóico (Fennema, 2010).

#### **2.3.1.2 Funciones de la vitamina C**

La vitamina C tiene propiedades antioxidantes y reductoras; inhibe el pardeamiento enzimático, protege de ciertos compuestos oxidables mediante efectos reductores y secuestro de radicales libres y de oxígeno, reduce iones metálicos (Fennema, 2010).



**Figura 5.** Mecanismo de reacción del ácido ascórbico frente al radical DPPH\*

**Fuente:** Villanueva-Tiburcio, Condezo-Hoyos, y Asquieri, 2010

El mecanismo de destrucción de los radicales libres es por medio de la reacción de óxido reducción como se indica en la Figura 5, donde el ácido ascórbico tiene la capacidad de donar un electrón para que el radical libre se pueda estabilizar y la molécula de ácido ascórbico se transforma en un radical libre débil e inactivo (Arrigoni y De Tullio, 2002).

En 1998, Ian, Griffiths, Herbert, Mistry, y Lunec, realizaron una investigación sobre la intervención dietética de la Vitamina C, que puede reducir el estrés oxidativo causada por los radicales libres de oxígeno endógeno y prevenir enfermedades tales como cáncer, artritis y arterioesclerosis en dosis de 500 mg por día.

## 2.4 COLOR

El color de los alimentos es el primer atributo que el consumidor valora cuando determina la apariencia y calidad de un producto, y por tanto va a condicionar su aceptabilidad. Una apariencia natural siempre será evaluada positivamente, mientras que ante un color extraño o inesperado se interpreta en términos de deterioro o manipulación inadecuada de las frutas y vegetales (Ulloa, Rosas-Ulloa, Flores, Ulloa-Rangel, y Escalona, 2007).

En las frutas y vegetales, el color se debe principalmente a pigmentos tales como: clorofilas, carotenoides y antocianinas, que son responsables de la coloración verde, roja-amarilla, y azul violeta, respectivamente (Minguez, Pérez, y Hornero, 2010).

Los atributos de color se pueden cuantificar fácilmente con instrumentos de medición incluyendo espectrofotómetros y colorímetros. Estos equipos determinan el color de un objeto dentro del espacio de color y muestran los valores de acuerdo al sistema CIELAB 1976, que representa las características cromáticas que son: Luminosidad ( $L^* = 0$  oscuro y  $L^* = 100$  iluminado), componente de color rojo ( $+a^*$ ) y verde ( $-a$ ), componente de color amarillo ( $+b^*$ ) y azul ( $-b$ ), las magnitudes derivadas que son croma ( $C^*$ ) indica la saturación o intensidad del color y ángulo de tono Hue ( $h^*$ ) que es el estado puro del color y varía de  $0^\circ$  a  $360^\circ$  (Valero, 2013).

De acuerdo a Yıldız, İzli, Ünal, y Uylaşer (2015), en el estudio de caracterización física de la uvilla en estado de madurez de consumo determinó los parámetros de  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C$  y ángulo de tono Hue, los cuales se indica en la Tabla 6.

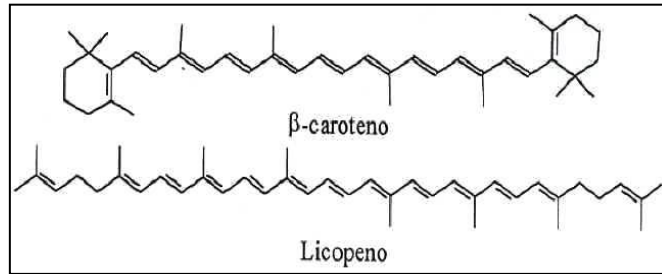
**Tabla 6.** Características de color del fruto de uvilla en estado de madurez de consumo

Parámetro	Min	Max	Media	Desviación Estándar
$L^*$	49.25	50.28	49.92	0.32
$a^*$	24.75	27.79	25.11	0.94
$b^*$	49.94	50.44	50.23	0.19
$C$	55.76	57.54	56.12	0.51
Ángulo de Tono Hue	61.15	63.86	63.48	0.82

Fuente: Yıldız et al., (2015)

### 2.4.1 CAROTENOS

Los carotenoides químicamente son terpenos formados por ocho unidades de isopreno, en los carotenoides naturales sólo se encuentran tres elementos: C, H y O. Los dobles enlaces conjugados presentes son los responsables de la intensa coloración de los alimentos que contienen estos pigmentos. Así, por ejemplo, los colores naranja de la zanahoria y rojo del tomate, se deben a la presencia de  $\beta$ -caroteno y licopeno, respectivamente ver Figura 6 (Melendez-Martínez, Vicario, y Heredia, 2004).



**Figura 6.** Estructura química β-caroteno y licopeno.

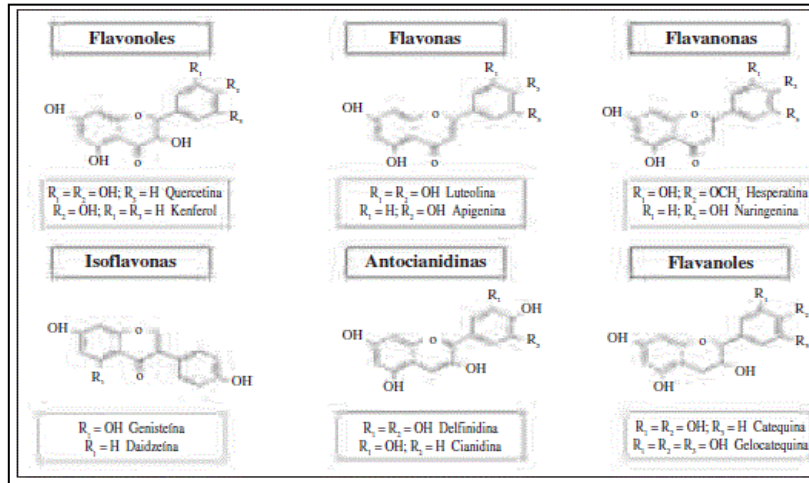
Fuente: Melendez-Martínez, Vicario, y Heredia, 2004

De acuerdo a González, Cornago, Gálvez y Santos (2014), los β-carotenos son responsables del color amarillo naranja de muchos vegetales, flores y frutos. El color anaranjado identifica el contenido de betacarotenos, vitamina C y ácido fólico de los alimentos. Estos compuestos son destacados antioxidantes y se dice que cuanto mayor frescura presente los alimentos, mayor cantidad de antioxidantes esconderá.

## 2.5 POLIFENOLES TOTALES

Los compuestos fenólicos son antioxidantes naturales que se encuentran ampliamente distribuidos en alimentos de origen vegetal. Estos compuestos se caracterizan por presentar en su estructura anillos aromáticos con dobles enlaces conjugados que le otorgan su acción antioxidante (Benito, Calvo, Gómez, e Iglesias, 2014).

En los frutos y vegetales existe varios compuestos fenólicos dentro de los cuales se puede citar el ácido elágico presente en frutos secos, el ácido clorogénico, ácido gálico, alcoholes fenólicos como flavonoles sustancias características de los frutos en baya, flavonoles e isoflavonas (Benito *et al.*, 2014). En la Figura 7 se indica la estructura de algunos fenoles.



**Figura 7.** Estructura de principales flavonoides.

Fuente: Quiñones et al., 2012

Estudios realizados por Bello (2012) le atribuyen a los compuestos fenólicos propiedades benéficas para la salud humana debido a la función protectora contra daños oxidativos, lo que contribuye a disminuir enfermedades crónicas ocasionadas por los radicales libres.

## 2.6 RADICALES LIBRES Y ANTIOXIDANTES

Los radicales libres son especies químicas que en su estructura atómica presentan un electrón desapareado en el orbital externo, lo que genera gran inestabilidad, reactividad y tienen una vida media corta, por lo que actúan cercano al sitio en que se forman (Deng, Cheng, Yang, 2011).

Los radicales libres se forman por diferentes mecanismos entre los que se encuentran la respiración, y las reacciones de oxidación lo que causa daño celular oxidativo, al interactuar con las principales biomoléculas como lípidos, proteínas, ADN, produciendo la oxidación de sus diferentes partes y generando nuevos radicales libres (Ramírez, et al., 2012). Las principales especies reactivas del oxígeno o agentes pro oxidantes se muestran en la Tabla 7.

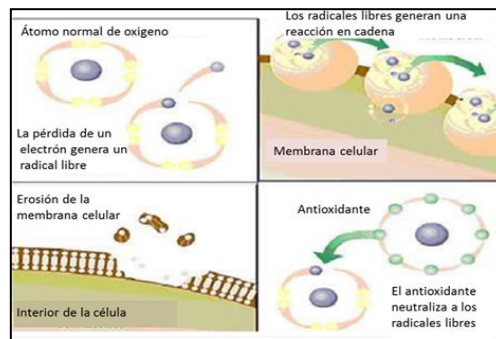
**Tabla 7.** Principales radicales libres del oxígeno.

Radicales libres	
Radical hidroxilo	(HO)•
Peróxido de Hidrógeno	(H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )
Anión superóxido	(O <sub>2</sub> <sup>-</sup> )
Oxígeno singlete	( <sup>1</sup> O <sub>2</sub> )
Oxígeno Nítrico	(NO)
Peróxido	(ROO)
Semiquinona	(Q)
Ozono	

Fuente: Venero y Gutiérrez, ( 2002)

Estos radicales libres son producto del metabolismo celular, al realizar ejercicio intenso, stress, acción de agentes tóxicos producidos por el consumo de alcohol, tabaco, medicamentos, contaminación, exposición a la luz solar y la mala alimentación (Ramírez *et al.*, 2012).

Ante la presencia de radicales libres, el organismo debe neutralizar y defenderse para lo cual utiliza antioxidantes endógenos y exógenos para impedir que otras moléculas se unan al oxígeno, al interactuar o reaccionar más rápido con los radicales libres que el resto de las moléculas presentes como se observa en la Figura 8 (Venereo y Gutiérrez, 2002).



**Figura 8.** Acción de los antioxidantes frente al radical libre

Fuente: Cien et al., 2012

Los antioxidantes son compuestos químicos que el cuerpo humano utiliza para eliminar radicales libres y reducir el daño oxidativo, la acción de los antioxidantes es



la de sacrificio de su propia integridad molecular tanto en medios hidrofílicos como hidrofóbicos (Venero y Gutiérrez, 2002). Generalmente actúan como eliminadores con el fin de mantener el equilibrio de radicales libres y evitar daños de moléculas vitales para el buen funcionamiento del organismo, sin embargo, cuando se rompe el balance entre los radicales libres y los antioxidantes endógenos, se requieren de una protección adicional para la prevención de enfermedades. Por lo que se ha considerado el consumo de frutas y hortalizas ya que representan una fuente importante de antioxidantes naturales (Corrales-Bernal y Vergara, 2015).

Los antioxidantes se clasifican de acuerdo al origen en endógenos dentro de los cuales tenemos (los enzimáticos y no enzimáticos) y los exógenos (ácido ascórbico, Vitamina E, carotenoides, polifenoles, glucosinolatos y ciertos compuestos órgano-azufrados). Y de acuerdo al sitio en donde actúan en extracelular (ácido ascórbico, catalasa, peroxidasa, etc.), membrana (Vitamina E, betacarotenos y Ubiquinol-10) e intracelular (ácido ascórbico, albúminas, ácido úrico, vitamina E, etc.) (Venero Gutiérrez, 2002).

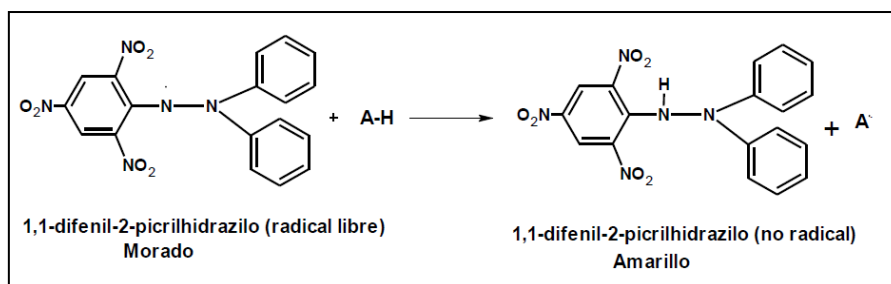
### **2.6.1 DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE**

La actividad antioxidante no se puede medir directamente pero se puede determinar por efecto del compuesto antioxidante en un proceso de óxido-reducción controlado. Para medir la capacidad antioxidante de los alimentos, muestras biológicas y extractos vegetales se realiza mediante ensayos espectrofotométricos utilizando captadores de radicales libres como el método DPPH\*, también se realiza el ensayo de decoloración ABTS<sup>++</sup>, estos métodos son los más utilizados (Aparcana y Villarreal, 2014).

#### **Método DPPH\*(1,1-difenil-2-picril-hidrazilo)**

Este método se utiliza para captar radicales libres y es relativamente sencillo. La molécula 1,1-difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH\*) es conocida como un radical libre estable, presenta una coloración violeta. El método fue propuesto por Brand-Williams

y se basa en la medición de la capacidad antioxidante para estabilizar el radical DPPH\* (Aparcana y Villarreal, 2014). Cuando la solución de DPPH\* reacciona con el sustrato antioxidante que puede donar un átomo de hidrógeno, el color violeta se desvanece reacción que se presenta en la Figura 9. El cambio de color es monitoreado espectrofotométricamente y los datos obtenidos son utilizados para determinar los parámetros de las propiedades antioxidantes, requeridas para alcanzar el estado estacionario y completar la reacción redox (Ojha, Mishra, y Chaudhury, 2012).



**Figura 9.** Estructura del radical DPPH antes y después de la reacción con el antioxidante.

Fuente: Alam, Bristi, y Rafiqzaman, 2012

Los resultados se expresan como el valor de la concentración máxima de la media inhibitoria ( $IC_{50}$ ), definido como la cantidad de antioxidante necesario para disminuir la concentración inicial de DPPH\* al 50% (Deng, Cheng, y Yang, 2011).

### 2.6.2 ESTUDIOS REALIZADOS DE COMPUESTOS ANTIOXIDANTES EN UVILLA.

Algunas de las propiedades medicinales del fruto de uvilla están asociadas con la capacidad antioxidante de polifenoles, vitamina C y A presentes en el fruto (Puente *et al.*, 2011). Restrepo reporta que la pulpa del fruto de uvilla presenta una capacidad antioxidante de  $210 \pm 9,45 \mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$  peso fresco determinado por el método DPPH y de  $56,53 \pm 1,38 \text{ mg de ácido ascórbico}/100 \text{ g}$  peso fresco según el método FRAP. Estos resultados pueden cambiar durante el almacenamiento debido a la degradación de vitamina C y compuestos fenólicos, disminuyendo la capacidad de eliminar los radicales libres (Fischer *et al.*, 2012).

En cuanto a los compuestos fenólicos Yıldız *et al.*, (2015) mencionan que el promedio se encuentra entre 136.64 y 154.55 mg GAE.100 g<sup>-1</sup>, por lo que al fruto de uvilla lo considera con propiedades nutricionales y de gran beneficio para la salud por el contenido de compuestos biológicos activos.

Valdenegro *et al.*, (2012) encontraron un alto nivel de antioxidantes en frutos inmaduros de uchuva, que incrementó durante la maduración del fruto alcanzando valores máximos en el estado de madurez de consumo. Sin embargo, después de la cosecha la capacidad antioxidante se redujo rápidamente durante el período de vida en anaquel (20 °C) y la aplicación de etileno aumentó esta reducción.

Otros autores afirman que mientras más madura se encuentre la fruta la capacidad antioxidante será mayor (Corrales-Bernal y Vergara, 2015).

“El fruto se destaca por su alto contenido de antioxidantes naturales, ácidos grasos poli-insaturados y fitoesteroles, puesto que estos influyen en gran medida en las propiedades nutraceuticas que se le atribuye a la fruta” (Repo de Carrasco, Encina, y C.R., 2008).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO

La investigación relacionada con la caracterización de uvilla, cuantificación de ácido ascórbico y propiedades nutraceuticas durante el almacenamiento, se realizó 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.

**Tabla 8.** Localización del experimento.

<b>Provincia:</b>	<b>Imbabura</b>
Cantón:	Ibarra
Parroquia:	El sagrario
Temperatura:	18°C
Altitud:	2250 m.s.n.m
HR promedio:	73%
Latitud:	0°20'Norte

Fuente: INAMHI, 2016

#### 3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

La uvilla (*Physalis peruvina* L.) fue obtenida de la parroquia Manzano Guaranguí de la ciudad de Ibarra. La muestra de fruta fue de 15 kg, la cual fue separada en 3 proporciones de 5 kg cada una; de cada proporción se seleccionaron tomando en cuenta la calidad, color, tamaño del cáliz y del fruto, además se limpió y deshidrato el cáliz a temperatura ambiente (17 a 23) °C durante un periodo de 6 horas.

**Materiales:** buretas, crisoles, embudos de vidrio, balón volumétrico de vidrio, papel filtro, pipetas, probetas, vasos de precipitación, tubos de ensayo, agitador magnético, tubos de ensayo, tubos ependorf de 2 ml, celdas de cuarzo, bandejas, papel Watman N°4, de pesaje, micro pipetas, matraz enlermeyer papel aluminio, parafilm.

**Equipos:** Espectrofotómetro de reflectancia (modelo Specord 250 plus), potenciómetro Jenway (modelo 3510), refractómetro de mesa (modelo 1310499), balanza analítica, refrigeradores, liofilizador (modelo Advantage Plus ES-53), termómetro, desecador, texturómetro (modelo EZ-9X), espectrofotómetro Jenway (modelo 6705 UV/Vis), micro centrífuga (modelo Mini-14K), vortex, plancha de agitación magnética.

**Reactivos:** carbonato ácido de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ), ácido acético, L-Ácido ascórbico grado Sigma-Aldrich, 2-6 dichloroindophenol, ácido metafosfórico ACS 36.5% Sigma-Aldrich, metanol 99%, acetona ACS 99.5%, fenoltaleína al 1%, hidróxido de sodio 0.1N, agua destilada, carbonato de sodio al 19%, Folin-Ciocalteu 1N Sigma Aldrich.

### **3.3 MÉTODOS**

#### **3.3.1 ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS DEL FRUTO**

Previo al desarrollo del experimento al fruto de uvilla se realizó análisis físicos y químicos de acuerdo a las variables y métodos descritos en la Tabla 9. Además se estableció el índice de madurez como el cociente entre sólidos solubles totales y la acidez titulable con la finalidad de homogenizar la unidad experimental.

**Tabla 9.** Variables y métodos utilizados para el análisis físico químico del fruto de uvilla.

<b>Características</b>	<b>Variable</b>	<b>Método / Equipo</b>
<b>Físicas</b>	Color	Espectrofotómetro de reflectancia (modelo Specord 250 plus).
	Textura (g <sup>l</sup> )	Texturómetro (modelo EZ-9X).
	pH	Potenciómetro Jenway (modelo 3510).
<b>Químicas</b>	Acidez Titulable (%)	AOAC Official Methods 942.1-1990 (Henshall, 2012).
	Sólidos Solubles (°brix)	AOAC Official Methods 932.12-1980 (Henshall, 2012).
	Ácido ascórbico (mg)	AOAC Official Methods 967.21-1968 (Henshall, 2012).
	Polifenoles Totales	Método Folin-Ciocalteu descrito por Yildiz <i>et al.</i> , (2015)

### 3.3.2 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.3.3 FACTOR EN ESTUDIO

Se estableció como factor en estudio la temperatura de almacenamiento.

**Tabla 10.** Factor en estudio

<b>Temperaturas de almacenamiento</b>	
Refrigeración	2°C
Refrigeración	5°C
Refrigeración	8°C
Ambiente	(17 a 23)°C

#### 3.3.4 TRATAMIENTOS

En la Tabla 11 se detallan los tratamientos en estudio con su respectiva descripción.

**Tabla 11.** Descripción de tratamientos en estudio.

<b>Tratamientos</b>	<b>Descripción</b>
<b>T1</b>	Uvilla con cáliz almacenada en refrigeración a 2°C.
<b>T2</b>	Uvilla con cáliz almacenada en refrigeración a 5°C.
<b>T3</b>	Uvilla con cáliz almacenada en refrigeración a 8°C.
<b>T4</b>	Uvilla con cáliz almacenada a temperatura ambiente Ibarra en rango de (17 a 23) °C.

### 3.3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el análisis de datos se utilizó un Diseño Completo al Azar (DCA) con un factor en estudio y cuatro niveles con tres repeticiones, obteniendo cuatro tratamientos en estudio, con un total de 12 unidades experimentales.

### 3.3.6 CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO

Tratamientos: 4

Repeticiones: 3

Unidades experimentales: 12

### 3.3.7 UNIDAD EXPERIMENTAL

El material empleado para cada unidad experimental fue de 1kg (200 unidades) de uvilla fresca con cáliz con índice de madurez 5.1 (madurez fisiológica) envasadas en fundas de polietileno transparentes.

### 3.3.8 ESQUEMA DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En la Tabla 12 se detalla el esquema del análisis estadístico.

**Tabla 12.** ANOVA para un Diseño Completo al Azar.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grado de libertad</b>
Tratamientos	3
Error	8
Total	11

#### **Análisis funcional**

Al existir diferencia estadística significativa entre tratamientos se calculó el coeficiente de variación, la prueba de Tukey al 5% y polinomios ortogonales.

### 3.3.9 VARIABLES EVALUADAS

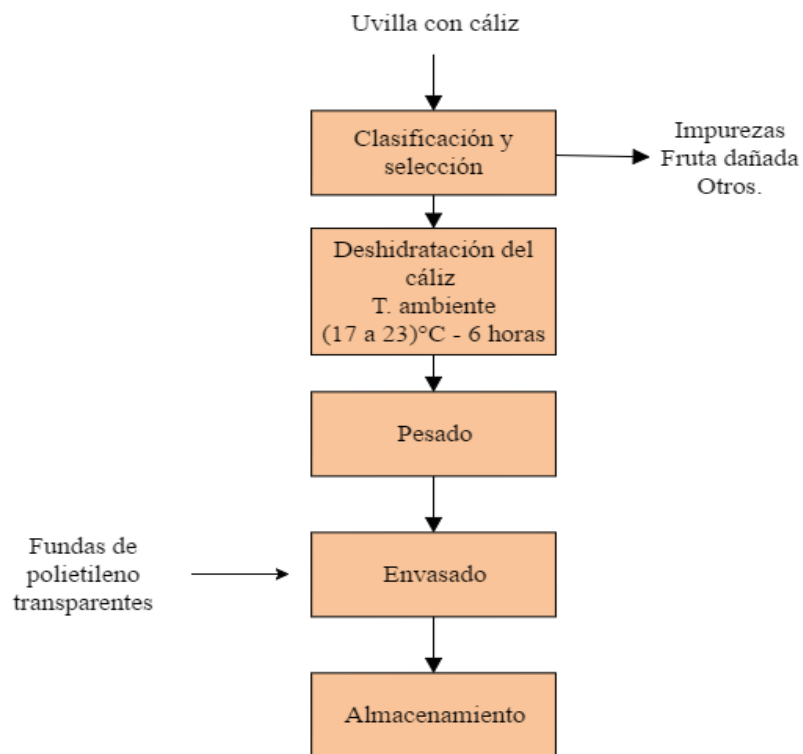
En la Tabla 13 se detalla las variables evaluadas durante el desarrollo del experimento.

**Tabla 13.** Variables y métodos evaluados durante el experimento.

Características	Variable	Método / Equipo
Físicas	Color	Espectrofotómetro de reflectancia (modelo Specord 250 plus).
	Textura (g <sup>f</sup> )	Texturómetro (modelo EZ-9X).
Químicas	Ácido ascórbico (mg)	AOAC Official Method 967.21-1968 (Henshall, 2012).
	Polifenoles Totales (mg GAE)	Método Folin-Ciocalteu

### 3.3.10 MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

#### 3.3.10.1 Diagrama de flujo del almacenamiento de uvilla con cáliz.



**Figura 10.** Flujo del proceso de desarrollo del experimento.



## **Descripción del proceso de almacenamiento de uvilla con cáliz**

### **Materia prima**

La uvilla con cáliz se recibió de la parroquia Manzano Guaranguí de la ciudad de Ibarra, de la variedad manzana grande, mismas que fueron categorizadas dentro de un índice de madurez 5.1 de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana 4580 (Incotec, 1999); correspondiente a un color verde con tonos amarillos tanto del fruto como el cáliz, 179.25 g<sup>f</sup> de textura, 13.9 % de sólidos solubles y 2.7 % de acidez titulable.

### **Recepción**

La materia prima se recibió en el Laboratorio de Análisis Físico Químicos de la Universidad Técnica del Norte en bandejas plásticas para registrar su peso, y posteriormente ser colocadas en la mesa sobre papel kraft para su proceso de clasificación, selección y limpieza con brochas para eliminar el polvo y posibles impurezas.



**Fotografía 1.** Recepción de uvilla con cáliz.

### **Clasificación y Selección**

La clasificación y selección se realizó de forma manual esparciendo la uvilla sobre toda la mesa, donde se limpió y seleccionó la uvilla tomando en cuenta el tamaño, color del cáliz, frutos que presenten algún defecto físico o infestación por plagas, además se clasificó de acuerdo al estado de madurez fisiológico del fruto tomando en

cuenta el color del cáliz con tono amarillo verdoso de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana 4580 (Incotec, 1999).



**Fotografía 2.** Clasificación y selección de uvilla de acuerdo al color del cáliz.

### **Deshidratación del cáliz**

La deshidratación del cáliz se realizó a temperatura ambiente Ibarra (17 a 23) °C durante 6 horas, la materia prima se distribuyó de manera uniforme en la mesa sobre papel kraft. Esta operación se realizó con la finalidad de reducir la humedad del cáliz para lograr mayor durabilidad durante el almacenamiento y evitar el daño por microorganismos.



**Fotografía 3.** Deshidratación del cáliz a temperatura ambiente Ibarra (17 a 23) °C durante 6 horas.

### **Pesado**

Se pesó la materia prima previamente acondicionada en una balanza gramera digital la cantidad de 1kg.



**Fotografía 4.** Pesado de la materia prima.

### **Envasado**

Se empacó 1kg de uvilla con cáliz deshidratado en fundas de polietileno transparentes con cierre hermético para evitar la posible contaminación de la unidad experimental.



**Fotografía 5.** Envasado de uvilla con cáliz en fundas de polietileno transparente de 1kg.

### **Almacenamiento**

Las muestras se almacenaron en cámaras de refrigeración a temperaturas de (2, 5, 8) °C y a temperatura ambiente (Ibarra 17 a 23°C) durante 20 días, y en períodos de cinco días se tomaron muestra para monitorear las variables cualitativas color, textura y las variables cuantitativas contenido de ácido ascórbico, polifenoles totales. Además, se monitoreó la temperatura ambiente y de las cámaras de refrigeración, así como la presencia de mohos todos los días durante el desarrollo del experimento.



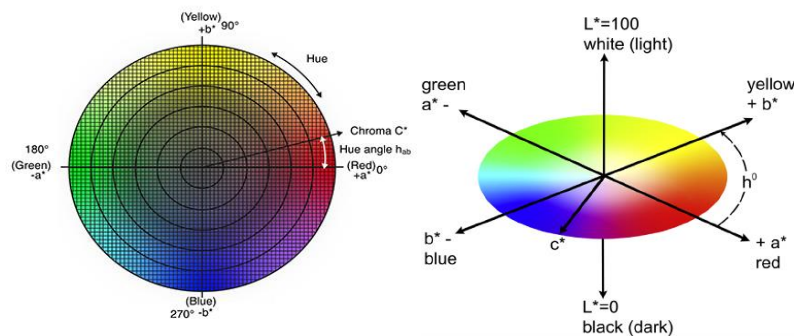
**Fotografía 6.** Almacenamiento de uvilla con cáliz en cámaras de refrigeración.

### 3.3.11 DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS ANALÍTICOS

#### 3.3.11.1 Determinación del Color del fruto

Para la medición de color del fruto de uvilla se realizó cuatro cortes de 1 cm de diámetro de diferentes partes de la superficie de la uvilla, los cuales se colocaron en el espectrofotómetro para su medición.

El color se midió utilizando el espectrofotómetro de reflectancia con esferas de doble haz (modelo Specord 250 plus) en la escala CIE  $L^*a^*b^*$ , con el iluminante C y ángulo estándar de observador de  $2^\circ$ . Los resultados obtenidos fueron las coordenadas  $L^*a^*b^*$  dónde:  $L^*$  representa la luminosidad, que tiene un valor en el intervalo de 0-100, siendo 0 negro y 100 blanco,  $a^*$  representa una variación del color de verde a rojo y  $b^*$  representa la variación de azul-amarillo, ver Figura 11 (Valero, 2013).



**Figura 11.** Representación gráfica de los parámetros de color en la escala CIE Lab.

**Fuente:** KONICA MINOLTA, 2015

A partir del componente  $a^*$  y  $b^*$  se calculó el ángulo de tono Hue y la cromaticidad mediante la Ecuación 1 y 2 respectivamente (Valero, 2013).

$$h^* = \arctg(b^*/a^*) \quad (1)$$

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (2)$$

Además, se calculó la variación de color de acuerdo a la Ecuación (3) descrita por Gliemmo, Latorre, Gerschenson, y Campos, (2009).

$$\Delta E = [(\Delta L^*) + (\Delta a^*) + (\Delta b^*)] \quad (3)$$

Donde  $L_0$ ,  $a^*_0$  y  $b^*_0$  representan la lectura en el tiempo 0, y  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  representan las lecturas individuales instantáneas durante el almacenamiento.

### **3.3.11.2 Determinación de Textura**

La textura de la uvilla se determinó mediante el texturómetro (modelo EZ-9X). El aparato mide la fuerza de ruptura y la deformación del fruto. Las frutas fueron sometidas a pruebas de compresión en dos sentidos (longitudinal y transversal) a una velocidad de 1mm/s. La dirección longitudinal fue tomada polo a polo y la transversal a lo largo de la zona ecuatorial. La fuerza de ruptura se determinó sometiendo a la fruta a un proceso de punzamiento con una aguja a una velocidad de 1mm/s.

El valor de la fuerza de ruptura para cada tratamiento fue determinada mediante la información de la gráfica fuerza contra deformación expresada en gramos fuerza que necesita el dispositivo para penetrar la superficie de la uvilla, mediante el software TRAPEZIUM X.

### **3.3.11.3 Determinación del pH**

El pH de los tratamientos se midió directamente mediante la inmersión de los electrodos del potenciómetro Jenway (modelo 3510) calibrado con un buffer de pH 4 y pH 7 en 50 ml de muestra de uvilla triturada.

#### **3.3.11.4 Determinación de la Acidez Titulable**

Se determinó de acuerdo al método descrito por la AOAC 942.1- 1990 (Henshall, 2012). En 5 ml de muestra se adicionó 50ml de agua destilada en un vaso de precipitación, posteriormente se añadió 5 gotas de fenolftaleína al 1% como indicador. Se tituló la solución con hidróxido de sodio 0,1N hasta el cambio de color a rosa, usando como indicador el pH de la fenolftaleína (8,3-8,6).

Los resultados se expresaron en porcentaje (%) de ácido cítrico mediante la Ecuación (4), 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.

$$\% \text{ Acidez} = \frac{fa \cdot V \cdot N \cdot f}{Vo} \quad (4)$$

#### **3.3.11.5 Determinación de Sólidos Solubles (°Brix)**

Los sólidos solubles se midieron de acuerdo al método AOAC 932.12-1980 (Henshall, 2012). Se colocaron tres gotas de muestra de uvilla no diluida en el refractómetro de mesa (modelo 1310499), el cual se calibró con agua destilada. Posteriormente se observó con el ojo a través del aparato con orientación hacia una fuente de luz. En el campo visual se observó una transición de un campo claro a uno oscuro, el aparato leyó de forma automática el resultado correspondiente al porcentaje (%) en sacarosa de la muestra y la concentración se expresó en grados °Brix a una temperatura de 20°C.

#### **3.3.11.6 Determinación de ácido ascórbico**

Se realizó según el método descrito por la AOAC 967.21- 1968 (Henshall, 2012). 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).

### **Preparación del extracto**

Se prepararon extractos por triplicado de cada uno de los tratamientos, se trituraron 4 uvillas en morteros de porcelana, posteriormente se pesó 5 gramos de muestra en la balanza analítica y se adicionó 10 ml de solución de extracción previamente preparada con ácido metafosfórico y ácido acético. La solución se llevó a agitación magnética durante 30 minutos, luego se filtró y aforó con la solución de extracción en balones volumétricos de 50 ml.

### **Cuantificación de ácido ascórbico**

La cuantificación del contenido de ácido ascórbico en uvilla se llevó a cabo utilizando el equipo de titulación con una microbureta de 2 ml. Previamente se tituló la solución estándar de Ácido Ascórbico (grado analítico) y el blanco de extracción: luego se cuantificó el contenido de ácido ascórbico en 2 ml de extracto del fruto de uvilla fresco mediante la titulación con 2,6-dichloroindophenol hasta el cambio de color a rosa y este persista durante 15 segundos. Los resultados se expresaron en mg de ácido ascórbico por 100 g de fruta fresca mediante la Ecuación (5):

$$\text{mg Ácido ascórbico} = (X-B) \times (F/E) \times (V/Y) \quad (5)$$

Donde  $X$ : ml de 2,6-dichloroindophenol gastados en la titulación de la muestra;  $B$ : ml de 2,6-dichloroindophenol gastados en la titulación del blanco;  $F$ : mg de ácido ascórbico equivalente a 1 ml de solución de 2,6-dichloroindophenol;  $E$ : peso de la muestra;  $V$ : volumen inicial de la solución ensayada;  $Y$ : volumen de la muestra tomada para el ensayo.

La degradación de ácido ascórbico se determinó mediante la ecuación (6) de Arrhenius con el modelo de regresión lineal.

$$k = [\ln (A/A_0)]/t \quad (6)$$

Donde  $k$ : velocidad de degradación;  $A$ : concentración final del compuesto;  $A_0$ : concentración inicial del compuesto;  $t$ : tiempo de almacenamiento.

### **3.3.11.7 Determinación de Compuestos Antioxidantes**

#### **Preparación de la muestra**

Previo al análisis se liofilizó las muestras de uvilla en bandejas de aluminio, este proceso se aplicó con el fin de reducir las pérdidas de los compuestos bioactivos presentes en la uvilla. El proceso de liofilización consta principalmente de dos pasos: congelar el producto a  $-20^{\circ}\text{C}$  y secado por sublimación directa del hielo bajo presión reducida (Cortéz, Herrera, y Rodríguez, 2015).

La liofilización se realizó con el liofilizador (modelo Advantage Plus ES-53). Al fin de este proceso la muestra se molió y se almacenó en bolsas de papel kraft en el desecador hasta el análisis del compuesto antioxidante.

#### **Preparación del extracto**

Para la extracción de compuestos antioxidantes se pesó aproximadamente 0,5039 g de uvilla liofilizada en papel de pesaje y se colocó en vasos de precipitación de 50 ml forrado con papel aluminio. Luego se adicionó 20 ml de metanol, se agitó en una plancha de agitación magnética por 15 minutos a 700 rpm y se almacenó a  $2^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas, luego se centrifugó a 4000 rpm durante 20 min y se filtró con papel Watman N° 4 hasta obtener el extracto y se aforó con metanol en balones volumétricos de 25 ml.

#### **Cuantificación de Polifenoles Totales**

La determinación del contenido de polifenoles totales se llevó a cabo por el método Folin-Ciocalteu descrito por Yildiz *et al.*, (2015) con algunas modificaciones. Previo a la cuantificación se preparó la curva de calibración con ácido gálico en concentraciones de 10, 20, 30, 40 y 50 ppm. Para la medición del extracto de uvilla se preparó la muestra a partir de 0.25 ml de extracto, al cual se adicionó 2.3 ml de agua destilada, luego 0.15 ml de Folin-Ciocalteu 1N y se mezcló durante 15 segundos en vortex, después de cinco minutos de incubación se adicionó 0.6 ml de carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) al 19%, se agitó la mezcla 10 segundos y se incubó durante noventa



minutos en la oscuridad al ambiente. La lectura de la absorbancia se realizó a 760 nanómetros en el Espectrofotómetro Jenway (modelo 6705 UV/Vis), se usó metanol para la calibración del equipo. Las muestras se analizaron por triplicado y los resultados se reportaron como miligramos de equivalente de Ácido Gálico (GAE) en 100 gramos de peso seco (PS).

### **3.3.12 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

El análisis de las variables evaluadas en las muestras de uvilla de cada tratamiento se realizó por triplicado y los resultados se expresaron como valores medios  $\pm$  desviación estándar y se sometieron al análisis de varianza ANOVA y comparaciones múltiples entre las medias mediante la prueba Tukey ( $p \leq 0.05$ ), y para determinar la tendencia de degradación del ácido ascórbico se aplicó la prueba de polinomios ortogonales, usando el software estadístico Info Stat. Ink.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La uvilla fresca con cáliz se obtuvo de la parroquia Manzano Guaranguí de la ciudad de Ibarra, previo a los análisis, se realizó la selección de los frutos de uvilla tomando en cuenta daños físicos, tamaño y se clasificó de acuerdo al color del cáliz, considerando la Norma Técnica Colombiana 1999 Anexo (7).

#### 4.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DEL FRUTO FRESCO

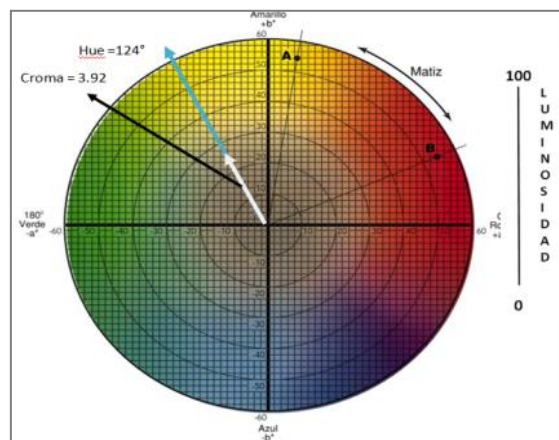
Previo al desarrollo del experimento se caracterizó la uvilla fresca de acuerdo al color, textura y pH, para categorizar al fruto dentro del estado de madurez de cosecha con la finalidad de establecer parámetros que permita homogenizar la unidad experimental. Para el análisis de color y textura se realizó con una muestra de diez frutos frescos.

**Tabla 14.** Valores de Color y Textura en frutos frescos de uvilla.

	Color en el fruto de uvilla				Textura	
	pH	Luminosidad (L*)	Hue (°)	Croma	Fuerza (g <sup>f</sup> )	Deformación (mm)
<b>Media</b>	3.82± 0.08	100.15 ± 0.29	124.85 ± 0.41	3.92 ± 0.32	179.25 ± 0.91	7.41 ± 0.23
<b>DHS*</b>	0,2	0.75	1.07	0.83	0.18	0.21

\*DHS: Diferencia Honesta Significativa

En la Tabla 14 se observan los parámetros de color donde la luminosidad ( $L^*$ ) presentó un valor de 100.15 lo que indica brillantes del fruto, el ángulo de tono (Hue) fue de 124,85 grados y croma que es un parámetro que mide el nivel de saturación de un color, en donde valores elevados son colores puros y valores bajos representa menor pureza, en la muestra de uvilla evaluada fue de 3.92. En la Figura 12, se puede apreciar la ubicación de los parámetros de color, en donde categoriza el fruto de uvilla fresca dentro del índice de madurez 5.1 (madurez fisiológica) que corresponde a un color amarillo verdoso, brillante y de baja pureza que de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana 4580, corresponde a un fruto de color verde en la parte cercana al cáliz y hacia el centro del fruto aparecen unas tonalidades anaranjadas, sólidos solubles de 13.2% y acidez titulable de 2,56%.



**Figura 12.** Representación gráfica de los parámetros Hue y Croma de los frutos de uvilla frescos en estado de madurez 5.1 (madurez fisiológica).

En cuanto a la variable textura, expresada en fuerza de ruptura necesaria para deformar el fruto se obtuvo valores similares a lo reportado por Héctor *et al.*, (2007), cuyo valor en firmeza fue de 171.57  $g^f$ , lo que indica que es un fruto ligeramente duro.

En la caracterización química del fruto fresco de uvilla, se determinó acidez titulable, sólidos solubles, contenido de ácido ascórbico y contenido de fenoles totales, los análisis se realizaron por triplicado.

**Tabla 15.** Características químicas del fruto de uvilla para determinar el índice de madurez.

	<b>Brix (%)</b>	<b>Ácido Ascórbico (mg)</b>	<b>Acidez Titulable %</b>	<b>Polifenoles Totales mg (<sup>2</sup>GAE)</b>	<b>Índice Madurez IM</b>
PROMEDIO	13.9 ± 0.1	43.78 ± 2.74	2.7 ± 0.09	163.32	5.1
<sup>1</sup> DHS	0.3	4.71	0.2	0.76	

<sup>1</sup>DHS: Diferencia Honesta Significativa; <sup>2</sup>GAE: Equivalente de Ácido Gálico

Los parámetros químicos reportados en la Tabla 15, son similares a los estudios realizados por Duque *et al.*, (2011), quienes presentaron valores de acidez titulable 1,58 %, brix de 13,8%, cuyos valores lo catalogan como un fruto dulce con sabor ácido para el estado de madurez 5.1.

En cuanto al contenido de ácido ascórbico en la caracterización química del fruto fresco de uvilla fue de 43.78 mg.100 g<sup>-1</sup> peso fresco, valores que son similares a los reportados por Restrepo, (2008), Fischer, *et al.*, (2014) y Erkaya, *et al.*, (2012), quienes reportan valores de 43 mg ácido ascórbico.100g<sup>-1</sup>de peso fresco.

Algunas de las propiedades medicinales que se le han atribuido a este fruto, están asociadas a la capacidad antioxidante que le otorgan el ácido ascórbico y polifenoles presentes en él (Puente, 2011). En el presente estudio se reportó el contenido de polifenoles totales de 163.32 mg GAE.100 g<sup>-1</sup> de peso seco, resultados similares reportó Yildiz *et al.*, (2015) quienes mencionan que el contenido de polifenoles varía entre 136.54± 8.98 y 154.55±7.79 mg GAE.100g<sup>-1</sup>.

El análisis estadístico mostró que hubo diferencias significativas del efecto causado por el almacenamiento de los distintos tratamientos (T1, T2, T3, T4) sobre los parámetros de color L\*, Hue, así también en Textura, pH y ácido ascórbico. En cuanto al parámetro de color Croma no se encontró diferencias como se muestra en la Tabla 16.

**Tabla 16.** Análisis de Varianza para parámetros de color, textura, ácido ascórbico y polifenoles totales durante el almacenamiento de uvilla con cáliz.

<b>Variable</b>	<b><sup>1</sup>gl</b>	<b><sup>2</sup>F cal</b>	<b><sup>3</sup>R<sup>2</sup></b>	<b><sup>3</sup>C.V.</b>
Luminosidad(L*)	3	10.54 *	0.63	0.87
Hue (°)	3	27.33 **	0.85	2.75
Cromaticidad (-)	3	6.35n.s.	0.37	6,06
Textura (g <sup>f</sup> )	3	43.39 **	0.83	9.43
Ácido ascórbico (mg)	3	36.73 **	0.96	3.30
Polifenoles totales (mg GAE)	3	50.00**	0.91	3.63

<sup>1</sup>gl: grados de libertad; <sup>3</sup>R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación del ajuste; <sup>2</sup>F cal: prueba estadística F calculada; <sup>3</sup>C.V: coeficiente de variación; \*\* altamente significativo: \*significativo: n.s.: no significativo

## **4.2 VIDA DE ANAQUEL DE UVILLA FRESCA CON CÁLIZ.**

### **4.2.1 CARACTERÍSTICAS DE COLOR Y TEXTURA**

En la presente investigación se utilizaron frutos de uvilla categorizados según pruebas físicas y químicas para ser almacenadas de acuerdo a los tratamientos T1: 2°C; T2: 5°C; T3: 8°C; T4: temperatura ambiente (17 a 23) °C y determinar el efecto de la variación de la temperatura sobre los compuestos bioactivos, para lo cual se monitoreó las variables color, textura, ácido ascórbico y actividad antioxidante cada cinco días en un período de 20 días.

El color de los alimentos es el primer atributo visual que el consumidor valora cuando determina la apariencia y calidad de un producto y por tanto va a condicionar su aceptabilidad, un fruto que presente un color natural será evaluado positivamente, mientras que un color desagradable suele ser interpretado en términos de deterioro o manipulación inadecuada de las frutas frescas (Minguez, Pérez, y Hornero, 2010).

En base a estas consideraciones durante el almacenamiento del fruto de uvilla con cáliz se evaluó el color mediante los parámetros Luminosidad (L\*), a\* y b\*, que permiten calcular el ángulo de tono Hue y Croma de todos los tratamientos.

Los resultados obtenidos de acuerdo al análisis de varianza, se observa que la luminosidad cambia en el tratamiento T3 y T4 durante el almacenamiento ( $p \leq 0.05$ ),

mientras que en los tratamientos T1 y T2 se mantiene ( $p > 0.05$ ). En cuanto al valor del ángulo de tono (Hue) se observó una diferencia descendente desde el día 0 hasta el día 20, mostrando diferencias significativas a partir del día 15 de almacenamiento. En los valores de croma de acuerdo al análisis de varianza, no existe diferencia estadística significativa ( $p > 0.05$ ) por lo que se reportó un promedio de 3,76, lo que indica que el color del fruto de uvilla no presenta una pureza definida, porque existe una mezcla entre verde y amarillo razón por la cual se reporta un croma bajo en todos los tratamientos.

Al existir diferencia estadística significativa entre tratamientos se realizó la prueba de significación Tukey al 5%, ver Tabla 17.

**Tabla 17.** Promedio de parámetros de color Luminosidad, Hue y Croma durante el almacenamiento del fruto de uvilla con cáliz.

<b>Color</b>			
<b>Tratamiento</b>	<b>Luminosidad (L*)</b>	<b>Hue (°)</b>	<b>Croma</b>
<b>Materia prima</b>	100.15 ± 0.29	124.85 ± 0.41	3.92 ± 0.32
<b>T1</b>	100.36 ± 0.41 a	121.67 ± 0.71 a <sup>1</sup>	3.60 ± 1.07 a
<b>T2</b>	101.34 ± 0.57 b	118.89 ± 0,71 a	3.75 ± 0.7 a
<b>T3</b>	101.80 ± 0.45 b	115.41 ± 1.6 b	3.74 ± 0.63 a
<b>T4</b>	99.99 ± 0.41 c	111.66 ± 1.72 c	3.93 ± 0.44 a
<b><sup>2</sup>DHS</b>	0.85	3.11	0.57

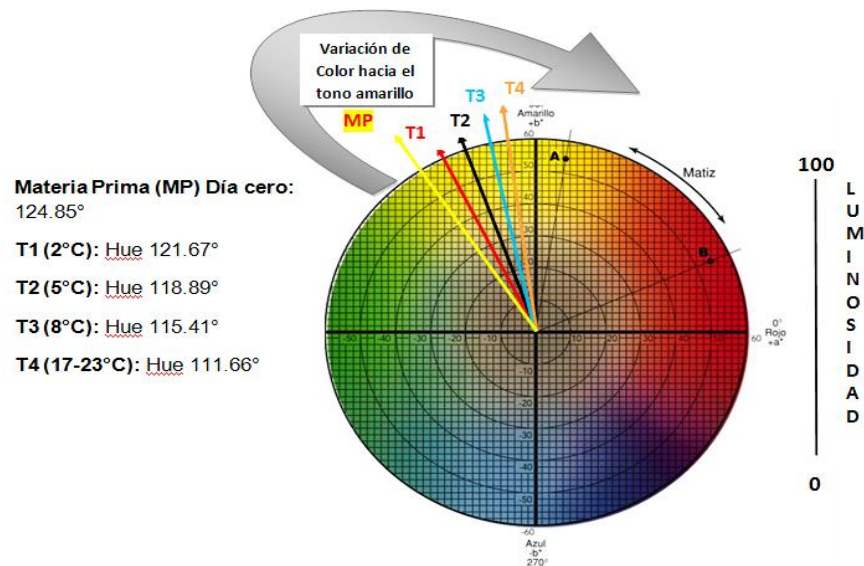
<sup>1</sup>Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ); <sup>2</sup>DHS: Diferencia Honesta Significativa (Tukey 0.05)

Con respecto a las medias del parámetro luminosidad la prueba Tukey ( $p \leq 0,05$ ) permitió el agrupamiento de los tratamientos en tres grupos, dentro de los cuales resalta el tratamiento T3 con el valor más alto, es decir, presentó mayor brillo, seguido de los tratamientos T2 y T1, mientras que el T4 presentó el valor más bajo, posiblemente debido a que ocurrió el oscurecimiento de la corteza de la uvilla por el proceso de senescencia. Ulloa *et al.*, (2007) menciona que la disminución de la luminosidad en frutos de jaca se relaciona al oscurecimiento no enzimático ocasionado por reacciones oxidativas en gran medida (60 a 70%) por la degradación

del ácido ascórbico, no oxidativas (20-30%) y polimerización de fenoles (Reis *et al.*, 2006).

Los valores altos de luminosidad reportados en el tratamiento T1, T2 y T3 se debe posiblemente a que ocurrió menor degradación del ácido ascórbico y fenoles totales, compuestos que contribuyen a la estabilidad de la luminosidad durante el almacenamiento (Reis *et al.*, 2006), debido a que a menor degradación del ácido ascórbico ocasionado por la oxidación, se presenta menor oscurecimiento de la fruta de uvilla.

De acuerdo con el valor más alto del ángulo de tono Hue tratamiento T1, el tono tiende al color amarillo verdoso (Figura 13) tanto del fruto como del cáliz, mientras que en los tratamientos T2, T3, T4 los frutos presentan un tono amarillento y el cáliz un color amarillo parduzco con puntos negros, resultados similares reportan Balaguera-López *et al.* (2014), por lo que Fischer *et al.*,(2014) menciona que el cambio de color del cáliz y la fruta es sincrónico.



**Figura 13.** Representación del ángulo de tono Hue en la gráfica de color de los tratamientos en estudio.

Además, se calculó la variación de color entre tratamientos para determinar a qué temperatura de almacenamiento existe mayor estabilidad del color, y de acuerdo a la Tabla 18, se estima que a medida que la temperatura aumenta la variación de color del fruto de uvilla se intensifica, por lo que existe mayor variación a temperatura ambiente, características similares encontró Gutiérrez *et al.*, 2008, durante la poscosecha de los frutos de uvilla, donde adquieren un color amarillo anaranjado intenso, siendo los valores iniciales reportados para frutos de uvilla con cáliz en estado pintón de 102° que disminuyó hasta 78° el ángulo Hue en temperatura de 20°C al día 8.

**Tabla 18.** Variación de color del fruto de uvilla durante el almacenamiento.

Tratamiento	Luminosidad (L*)		Color a*		b*		Variación de color ( $\Delta E^*ab$ )
	Día 0	Día 20	Día 0	Día 20	Día 0	Día 20	
<b>T1</b>	100,15	100,54	-2,24	-1,433	3,216	2,701	1,034
<b>T2</b>	100,15	101,18	-2,24	-1,276	3,216	1,756	2,030
<b>T3</b>	100,15	101,49	-2,24	-0,517	3,216	2,002	2,135
<b>T4</b>	100,15	99,83	-2,24	-0,743	3,216	5,075	2,408

Ferrer *et al.*, (2005) afirman que la variación de la coloración de los frutos se debe a la degradación de la clorofila que permite que se desenmascaren los pigmentos tales como carotenoides y otros que se forman durante el desarrollo. Al respecto Balaguera-Lopez, *et al.*, (2014) mencionan que la concentración de estos pigmentos varía de acuerdo al estado de madurez, a la aplicación de bajas temperaturas y a la presencia del cáliz debido a que detienen el proceso de maduración e impiden la acumulación de carotenoides y reduce la producción de etileno por lo tanto el cambio de coloración es lento (Cortéz *et al.*, 2015), en el estudio realizado se observó un comportamiento similar en frutos de uvilla con cáliz almacenados a 2°C donde el ángulo de tono Hue al día 20 se redujo tan solo en 2.98°, permaneciendo con un color amarillo con tonos verdes, color cercano al reportado al inicio del experimento.



Pinzón *et al.*, (2015) reportaron que para el caso de frutos con cáliz almacenados a temperaturas de 2 a 4 °C la maduración es más lenta y el cambio de color es mínimo, valores similares se reportó para el tratamiento T1 y T2. En el tratamiento T4 el cambio de color fue hacia el tono amarillo y luminosidad baja al día 20. Pinzón, *et al.*, (2015) mencionan que a temperatura ambiente 20 °C y 15 días el fruto presentó un tono amarillo anaranjado con luminosidad baja, a lo cual lo catalogó como sobre maduro.

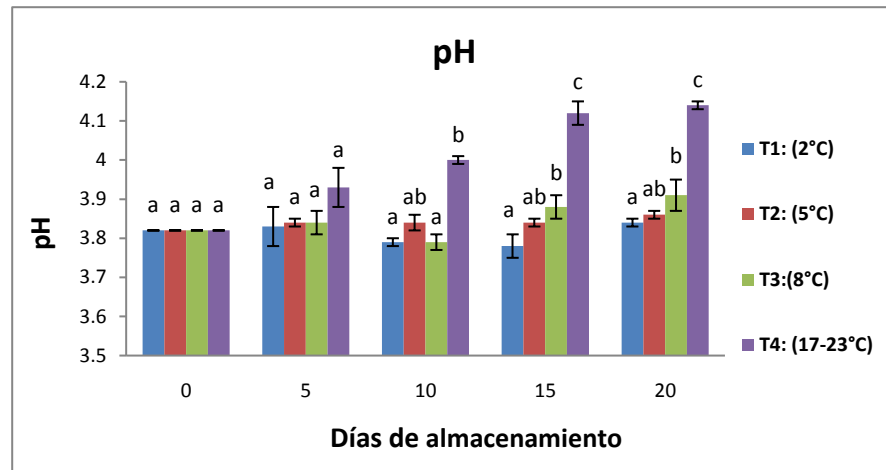
Alvarado *et al.*, (2004) concluyeron que debido al proceso de maduración, se evidenció un cambio de color y se intensificó en relación directa con el tiempo, además reportó que frutos almacenados con cáliz a 1.5 °C presentan una maduración lenta debido a que el frío reduce la actividad metabólica de los frutos y el cáliz impide que los frutos estén expuestos directamente a luz, lo que reduce la intensidad respiratoria.

Villacrés, Espín y Vaillant (2014) afirman que en frutos de uvilla almacenados al ambiente existe cambio de color hacia el tono amarillo, pero al día 15 existió problemas de exudación, fermentación y desarrollo de hongos, características similares se presentó en los frutos almacenados al ambiente de este experimento.

En estudios realizados por Gliemmo, Latorre, Gerschenson, y Campos, (2009) determinaron el efecto del pH sobre la estabilidad del color en los alimentos durante el almacenamiento y relacionó con el cambio de color mediante los parámetros  $L^*$   $a^*$   $b^*$  y afirmó que a pH 4 no existió significancia, mientras que a pH 5 hubo degradación del color. En base a estas consideraciones se midió el pH para obtener parámetros de control durante el almacenamiento de uvilla.

En el presente estudio se observó diferencias estadísticas entre tratamientos ( $p \leq 0,05$ ) a partir del décimo día de almacenamiento. Los frutos almacenados a 2°C, 5°C y 8°C mostraron valores máximos de  $3.84 \pm 0.01$ ,  $3.86 \pm 0.04$  y  $3.91 \pm 0.01$  respectivamente, a los 20 días de almacenamiento como se muestra en la Figura 14. El tratamiento a temperatura ambiente (T4:17 a 23°C) tuvo un valor máximo de 4.14

$\pm 0.02$  estos valores están cercanos a los reportados por Ávila *et al.*, (2016) quienes indican que durante el almacenamiento de uvilla con cáliz a 20 °C el valor del pH presenta una fluctuación mínima de 3.6 y máxima 4.4, pH óptimo para minimizar el oscurecimiento enzimático (Reis *et al.*, 2006).



**Figura 14.** Comportamiento del pH durante el almacenamiento de uvilla con cáliz. Barras con letras iguales no son diferentes, de acuerdo a la comparación de medias de Tukey ( $p > 0.05$ ).

Los resultados promedio reportados de pH (3.86) permiten apreciar que a temperaturas de refrigeración entre 2 a 8 °C el color del fruto se mantiene estable, mientras que al incrementar el pH en 1 en el tratamiento (17 a 23°C) se pudo observar mayor degradación del color, posiblemente porque a mayor pH ocurre mayor actividad enzimática lo que ocasiona el oscurecimiento del fruto y tiene efecto negativo sobre la luminosidad (Reis *et al.*, 2016).

## TEXTURA

La textura es uno de los criterios que se utiliza para caracterizar, aceptar o rechazar un alimento tanto fresco como procesado, entre las características principales está la dureza, aspecto importante en frutas y verduras porque determina la frescura. La textura puede ser evaluada por análisis sensorial o instrumental (Ciro, Buitrago, y Pérez, 2007).

En la Tabla 16, se muestra el Análisis de Varianza para textura se identificó diferencia estadística significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre tratamientos, lo que indica que a

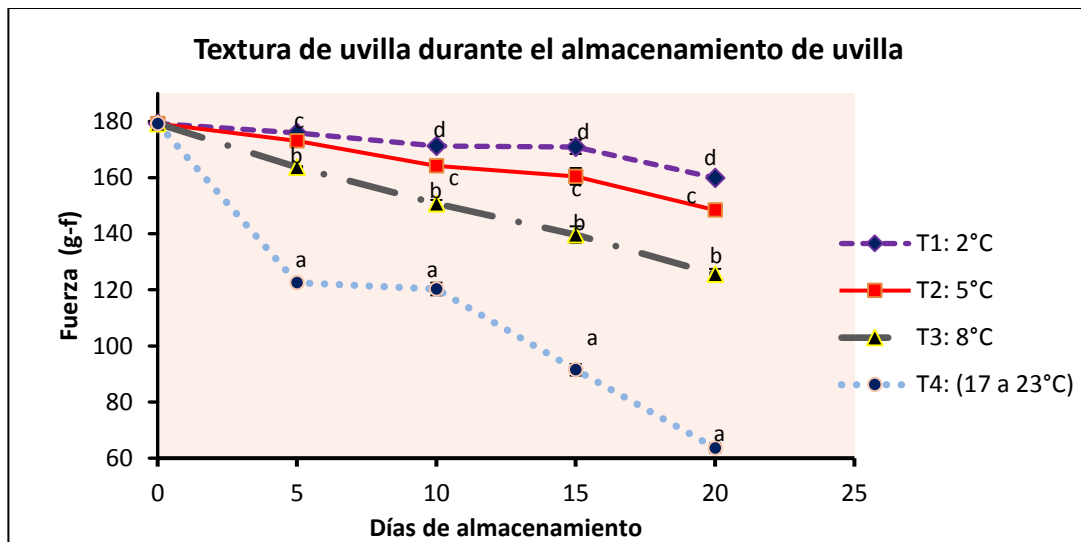
medida que transcurre el tiempo y la variación de la temperatura de almacenamiento tiene efecto significativo sobre la textura. Al existir diferencia estadística significativa se aplicó la prueba de Tukey al 5%, como se indica en la Tabla 19.

**Tabla 19.** Prueba de Tukey al 5% para textura durante el almacenamiento de frutos de uvilla.

TRATAMIENTO	Medias(g <sup>-f</sup> )	Rangos	
Materia prima	179.25		
T1	171.44	a <sup>1</sup>	
T2	164.59	a	b
T3	151.48		b
T4	115.5		c
<sup>2</sup> DHS	14.30		

<sup>1</sup>Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ); <sup>2</sup>DHS: Diferencia Honesta Significativa (Tukey 0.05)

En la Tabla 19 se observa que existen tres rangos: el primero, los tratamientos T1 y T2, en el segundo los tratamientos T2 y T3 y en el tercero el tratamiento T4, letras diferentes indican que existe diferencia entre tratamientos, siendo el tratamiento T1 el mejor porque no presentó mayor variación en comparación a los datos iniciales.



**Figura 15.** Comportamiento de la fuerza de ruptura de uvilla con cáliz durante el almacenamiento.

La Figura 15, permite apreciar que al día cero de almacenamiento de uvilla con cáliz todos los tratamientos iniciaron con una fuerza de firmeza de  $179.25 \pm 0.91 \text{g}^f$ , a los cinco primeros días de almacenamiento los tratamientos T1, T2 y T3 presentan valores superiores con respecto al tratamiento T4, a partir de éste día la fuerza tiende a disminuir y ser diferente en todos los tratamientos. Al día 20 de almacenamiento se observó que el tratamiento T1 presenta mayor fuerza de ruptura con respecto al tratamiento T4. La fruta en la condición de almacenamiento a temperatura ambiente (17 a 23) °C presentó valores bajos, posiblemente a que existe mayor producción de etileno por ende acelera el proceso de maduración y la pared celular se degrada ocasionando un ablandamiento de la fruta (Pinzón *et al.*, 2015), mientras que en frutos de uvilla almacenados a temperatura de 2°C la pérdida de fuerza de ruptura fue menor. Balaguera-López y Martínez (2014) presentaron valores similares en frutos almacenados con cáliz donde la producción de etileno fue menor y la fuerza de firmeza mayor.

Ciro, Buitrago, y Pérez, (2007) mencionan que la fuerza de firmeza y resistencia mecánica disminuye al transcurrir el tiempo de almacenamiento de la fruta, indicando que el fruto maduro es más susceptible al daño mecánico con respecto al verde y pintón, razón por la cual en el tratamiento T1 del presente estudio presentó mayor fuerza y el color se mantuvo en verde amarillento.

#### **4.3 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO DURANTE EL ALMACENAMIENTO DE UVILLA CON CÁLIZ.**

En frutos y vegetales frescos el ácido ascórbico se encuentra presente en cantidades relativamente altas y se considera como un parámetro para determinar la calidad durante el almacenamiento, y al ser uno de los compuestos que contribuye al mejoramiento de la salud, en la actualidad existe alta tendencia por consumir alimentos ricos en este compuesto.

De acuerdo al análisis de varianza (Tabla 16) existió diferencia estadística significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre tratamientos y al existir diferencia entre tratamientos se realizó la prueba de significación Tukey al 5%.

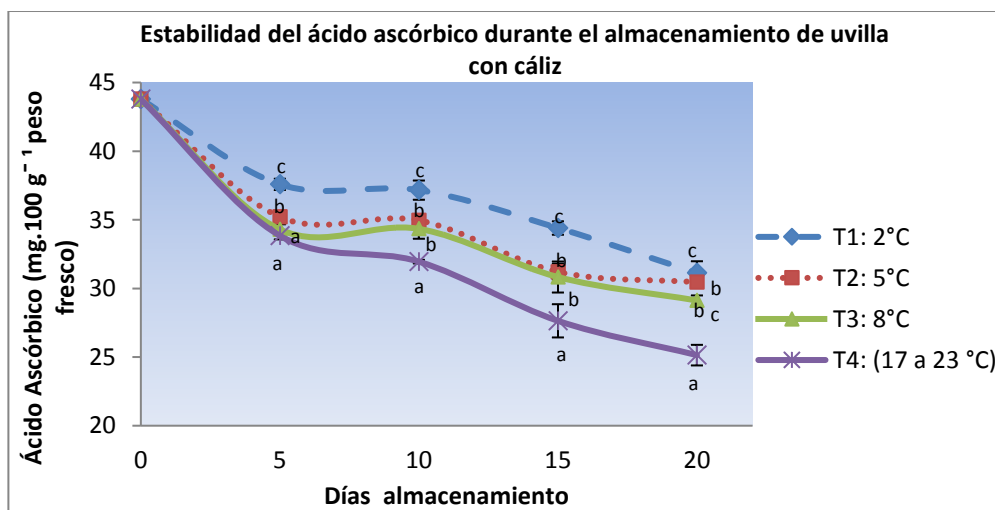
**Tabla 20.** Contenido del ácido ascórbico presente en frutos de uvilla durante el tiempo de almacenamiento.

TRATAMIENTO	Medias (mg Ácido ascórbico)	Rangos
Materia prima	43.78	
T1	36.81	a <sup>1</sup>
T2	35.12	b
T3	34.48	b
T4	32.47	c
DHS*	1.11	

<sup>1</sup>Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ); \*DHS: Diferencia Honesta Significativa (Tukey 0.05)

En la Tabla 20 se presenta el promedio del contenido de ácido ascórbico en uvilla durante veinte días de almacenamiento y de acuerdo a la prueba de Tukey al 5% existe tres rangos: en el primero se ubica el tratamiento T1, en el segundo el tratamiento T2 y T3, en el tercero el tratamiento T4, siendo el T1 el mejor debido a que presentan el valor más alto de ácido ascórbico.

En la Figura 16 se observa el comportamiento del contenido de ácido áscorbico de uvilla durante el almacenamiento con cáliz a diferentes temperaturas.

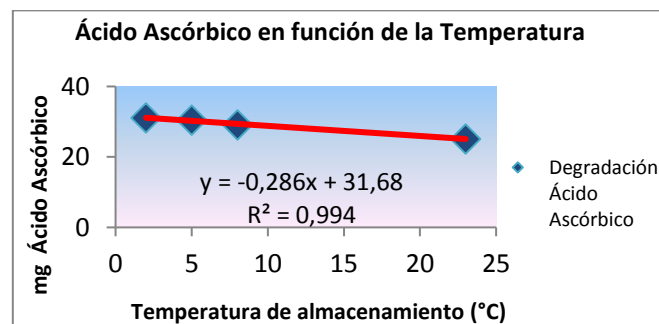


**Figura 16.** Estabilidad del ácido ascórbico durante el almacenamiento de uvilla con cáliz.

En la Figura 16 se puede apreciar que el contenido de ácido ascórbico para todos los tratamientos se estandarizó en  $43.78 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$  fruto fresco de uvilla al día cero de almacenamiento y a medida que transcurre el tiempo se observó que el tratamiento T1 a partir del día 5 al 15 presentó mayor contenido de ácido ascórbico respecto a los tratamientos T2 y T3, al día 20 el tratamiento T1 presentó valores similares al T2, reportando valores de  $31.13 \pm 0.85$  y  $30.45 \pm 0.35 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  fruto fresco respectivamente: en los tratamientos T2 y T3 a partir del día cinco la estabilidad del ácido ascórbico tiende a ser similar hasta el día 20 de almacenamiento.

Con respecto al tratamiento T4 a partir del día cinco reportó el valor más bajo de contenido de ácido ascórbico en comparación al tratamiento T1, T2 y T3: además al día quince se inició el proceso de senescencia del fruto de uvilla y al día veinte de almacenamiento presentó un contenido de ácido ascórbico de  $25.14 \pm 0.75 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$  fruto fresco y no era apto para consumo humano.

De acuerdo a los resultados obtenidos al transcurrir el tiempo de almacenamiento y por efecto de la temperatura (Figura 16) en todos los tratamiento existió degradación del contenido de ácido ascórbico en la uvilla, estudios realizados por Saci y Hayette, (2015) (...) mencionan que, de todos los compuestos bioactivos estudiados, “el ácido ascórbico es el más afectado por la temperatura y tiempo de almacenamiento” pp (52).



**Figura 17.** Degradación del ácido ascórbico en función de la temperatura.

En la Figura 17 se aprecia que la temperatura de almacenamiento es un factor crítico que afecta significativamente en la estabilidad del contenido de ácido ascórbico en

frutos de uvilla almacenados con cáliz, con un coeficiente de correlación de 0.99, resultado que es similar a lo reportado por Oyetade, Oyeleke, Adegoke, y Akiunde, (2012) en el almacenamiento de blueberries quienes mencionan que la temperatura y tiempo de almacenamiento afecta significativamente en la estabilidad del ácido ascórbico, siendo más estable en condiciones de refrigeración a (4-5)°C.

En la Tabla 21 se puede apreciar los porcentajes del decremento del contenido de ácido ascórbico durante los veinte días de almacenamiento.

**Tabla 21.** Porcentaje de degradación del contenido de ácido ascórbico de uvilla durante 20 días de almacenamiento.

TRATAMIENTO	Día			
	0		20	
	mg A.A	% degradación	mg A.A	% degradación
T1	43.78 ± 0.00 a	0	31.13 ± 0.85 c	28,89
T2	43.78 ± 0.00 a	0	30.45 ± 0.35 bc	30.45
T3	43.78 ± 0.00 a	0	29.12 ± 0.37 b	33.49
T4	43.78 ± 0.00 a	0	25.14 ± 0.75 a	42.58

mg A. A: miligramos de Ácido ascórbico

El ácido ascórbico es altamente inestable y principalmente sensible a la temperatura, estudio anteriores mencionan que la degradación del ácido ascórbico del fruto de uvilla es menor a temperaturas de refrigeración bajas (2 y 5°C) (Koyunco y Dilmacunal, 2010), por lo que los datos obtenidos en este estudio, muestra claramente que uvillas almacenadas a 2°C presentan menor degradación del ácido ascórbico reportándose un porcentaje entre 28.89%, respecto a la temperatura ambiente (17 a 23°C) que es de 42,58%, y se evidenció que al subir la temperatura en tres grados centígrados se notó el incremento de la pérdida del ácido ascórbico.

Estudios realizados por Gutiérrez *et al.*, (2007) presentó resultados similares en cuanto a la disminución del ácido ascórbico debido al efecto del incremento de la temperatura, porque acelera el proceso de maduración y senescencia del fruto, además, Brito, Villacrés, Espín y Vaillant (2014) mencionan que la presencia de luz, enzimas, carotenos y contenido de agua facilitan la degradación del ácido ascórbico por oxidación en productos intermedios tales como ácido dehidroascórbico y 2,3

dicetogulónico, los cuales no son distinguibles por análisis químicos (Fennema, 2010).

Además, Fennema, (2010) afirma que la degradación del ácido ascórbico es directamente proporcional al incremento de la temperatura, posiblemente debido a esta afirmación en el presente estudio a mayor temperatura de almacenamiento el porcentaje de degradación del ácido ascórbico del fruto de uvilla fue mayor (42.58%).

Para determinar la tendencia que sigue la degradación del ácido ascórbico se analizó los datos mediante polinomios ortogonales.

**Tabla 22.** Análisis de polinomios ortogonales sobre el contenido de ácido ascórbico de uvilla durante el almacenamiento a diferentes temperaturas.

F.V.	Contraste	SC	gl	CM	F	F tabular		p-valor	R <sup>2</sup>	CV
						5%	1%			
<b>TRATAMIENTO</b>		144.94	3	48.31	39.59			<0.0001		3.3
<b>Lineal</b>	-13.67	140.22	1	140.2	114.93**	2.77	4.15	<0.0001	0.96	
<b>Cuadrática</b>	-0.32	0.39	1	0.39	0.31 n. s	2.77	4.15	0.5907		
<b>Cúbica</b>	-2.4	4.33	1	4.33	3.55n.s	2.77	4.15	0.0752		
<b>Error</b>		68.39	56	1.22						
<b>Total</b>		213.33	59							

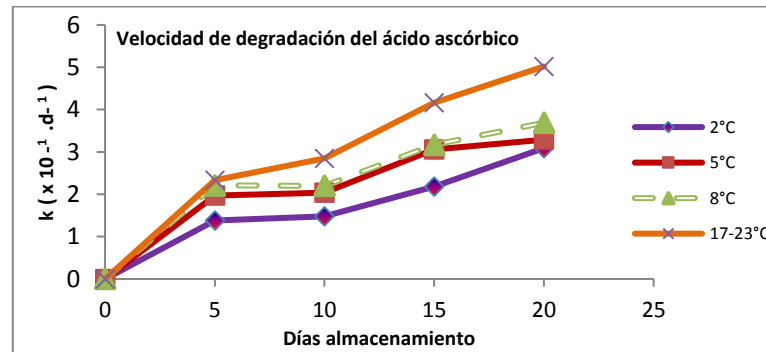
\*\* : Altamente significativo; ns: no significativo

La Tabla 22, indica que en el fruto de uvilla la degradación del contenido de ácido ascórbico presentó una tendencia lineal altamente significativa ( $p < 0.0001$ ), por lo que mediante la ecuación de Arrhenius con el modelo de regresión lineal se determinó la velocidad de degradación de la concentración de ácido ascórbico siendo menor a temperaturas de almacenamiento bajas (2, 5 y 8°C) que reportó valores de ( $3.1 \times 10^{-4}$ ,  $3.3 \times 10^{-4}$  y  $3.7 \times 10^{-4} \text{ h}^{-1}$ , respectivamente), mientras que para temperatura ambiente presentó una rata de cambio dos veces mayor ( $5 \times 10^{-4} \text{ h}^{-1}$ ) lo que indica que la degradación del ácido ascórbico se ajusta a una cinética de primer orden, es decir que la velocidad de reacción del ácido ascórbico sigue el modelo de la Ecuación

$C_t = C_0 \cdot e^{-kt}$ , resultados que concuerdan con lo reportado por (Gutiérrez *et al.*, 2007).



La Figura 18 describe la degradación del ácido ascórbico de la uvilla a diferentes temperaturas de almacenamiento, donde se observó que la velocidad de oxidación del ácido ascórbico aumenta progresivamente a medida que transcurre el tiempo, presentando menor degradación a 2°C.



**Figura 18.** Degradación del ácido ascórbico en función de la temperatura y tiempo de almacenamiento en frutos de uvilla con cáliz.

Los modelos matemáticos que describen la degradación del ácido ascórbico en función del tiempo de almacenamiento para temperaturas de 2°, 5°C ,8°C y temperatura ambiente se presentan en la Tabla 23.

**Tabla 23.** Modelos matemáticos experimentales determinados para las temperaturas en estudio.

TEMPERATURA	MODELO MATEMÁTICO	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN
2°C	-0.0000139 <sup>1</sup> x + 0.000023	0.94
5°C	- 0.0000153 x+ 0,0000538	0.87
8°C	- 0.0000166 x + 0.0000538	0.87
17 a 23°C	- 0.0000237 x + 0,0000498	0.95

<sup>1</sup>X: tiempo de almacenamiento

En investigaciones similares mencionan que a mayor temperatura de almacenamiento existe mayor velocidad de degradación de la concentración de ácido ascórbico, reportando en frutos de uvilla una velocidad de degradación de  $3.7 \times 10^{-3} \text{h}^{-1}$ , mientras que a temperaturas bajas la velocidad de degradación fue dos veces menor (Gutiérrez *et al.*, 2007).

Estudios realizados por Novoa, Bojaca, Galvis, y Fischer (2005) mencionan que a temperaturas de refrigeración bajas los procesos metabólicos del fruto tales como respiración, pérdida de agua, acción de enzimas se inhibe, posiblemente por estas consideraciones existe menor oxidación del ácido ascórbico y en la presente investigación los frutos de uvilla almacenados a 2°C presentó mayor estabilidad del contenido de ácido ascórbico durante el periodo de almacenamiento.

Sin embargo, para obtener un fruto fresco de alta calidad después del almacenamiento, debe haber un equilibrio entre el color, textura y el contenido de compuestos bioactivos. Por lo tanto, almacenar a 2°C durante 20 días, se sugiere como condición para maximizar la funcionalidad y calidad de frutos frescos.

#### 4.4 ESTABILIDAD DE COMPUESTOS ANTIOXIDANTES

Los antioxidantes naturales son preciados porque pueden ser usados en el diseño de alimentos benéficos para la salud (funcionales o nutraceuticos). Dentro de los compuestos antioxidantes presentes en el fruto de uvilla se encuentran los polifenoles totales.

Durante el almacenamiento se observó que existe diferencia estadística significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre tratamientos (Tabla 16) para el contenido de fenoles totales y al existir diferencia estadística se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

**Tabla 24.** Contenido de polifenoles totales presente en frutos de uvilla durante el almacenamiento.

TRATAMIENTOS	Medias (mg <sup>2</sup> GAE)	Rangos
<b>Materia prima</b>	163.32	
<b>T1</b>	153.17	<sup>1</sup> a
<b>T2</b>	149.21	a
<b>T3</b>	143.06	b
<b>T4</b>	131.27	c
<b>DHS</b>	5.07	

<sup>1</sup>Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ); <sup>2</sup>GAE: Equivalente de ácido gálico.

C.V: 3.63%

En la Tabla 24 se presenta el promedio del contenido de fenoles totales en uvilla durante veinte días de almacenamiento y de acuerdo a la prueba de Tukey existe tres rangos: en el primero se ubica el tratamiento T1 y T2, en el segundo el tratamiento T3, en el tercero el tratamiento T4, siendo el T1 el mejor debido a que presenta el valor más alto de fenoles totales.

**Tabla 25.** Contenido de Polifenoles totales en frutos de uvilla durante el almacenamiento.

<b>Tratamiento</b>	<b>Día 0 mg GAE</b>	<b>Día 20 mg GAE</b>	<b>% Degradación</b>
<b>T1</b>	163.32	136.56	16.40
<b>T2</b>	163.32	128.41	21.37
<b>T3</b>	163.32	119.57	26.82
<b>T4</b>	163.32	107.12	34.41

<sup>1</sup> mg EAG: miligramo de Equivalente de ácido gálico

El contenido de polifenoles totales se estandarizó al tiempo 0 en 163.53 mg GAE 100g<sup>-1</sup> de PS (valor de inicio para todos los tratamientos evaluados), y en el tratamiento T1 al día 20 pasó a 136.56 mg GAE 100g<sup>-1</sup> de PS lo que representa un decremento del 16.40%. Para el tratamiento T2, se observó que al día 15 el contenido se asemeja al tratamiento T1, pero al día 20 pasó a 128.41 mg GAE 100g<sup>-1</sup> de PS, de igual manera para el tratamiento T3, el valor reportado al día 20 fue de 119.57 mg GAE 100g<sup>-1</sup> de PS y finalmente para el tratamiento T4, el valor obtenido al día 20 fue de 107.12 mg GAE 100g<sup>-1</sup> de PS, por los que éstos resultados muestran que existe degradación de fenoles totales en todos los tratamientos, siendo mayor en el tratamiento T4 (34.41%).

Los resultados obtenidos en esta investigación, muestra que uvillas almacenadas a 2°C y 5°C presentan mayor estabilidad frente al tratamiento T3 (8°C) y T4 (ambiente 17 a 23°C), ya que estudios han demostrado que a temperaturas bajas las reacciones de polifenoles con las proteínas y la acción de las enzimas polifenol oxidasas que ocasionan la disminución de los compuestos fenólicos tardan en suceder (Peña *et al.*, 2013).

Reyes en el 2014, menciona que los polifenoles totales en extracto de mango almacenado a temperatura de refrigeración de (1 a 4 °C), se mantuvo más estable en comparación a temperatura ambiente (21 a 24 °C), por lo que a 2°C el contenido de polifenoles totales en uvilla con cáliz durante el almacenamiento presentó mayor estabilidad, por lo tanto menor degradación (16.40 %).

Al respecto Rivera *et al.*, (2016), mencionan que los compuestos antioxidantes son altamente sensibles a la degradación durante el almacenamiento por efecto de la temperatura, por lo que Gutiérrez *et al.*, (2007) mencionan a temperaturas de 20°C los compuestos fenólicos se degradan más rápido, resultados similares se presentó en uvillas con cáliz almacenadas al ambiente (17 a 23°C) en esta investigación.

Por otra parte el valor nutraceútico del fruto de uvilla se le atribuye al ácido ascórbico y polifenoles totales presentes (Cortéz *et al.*, 2015), por lo tanto estos compuestos al presentar menor porcentaje de degradación a temperatura de almacenamiento de 2°C, le otorgan al fruto de uvilla mayor capacidad de inhibir la acción de los radicales libres.

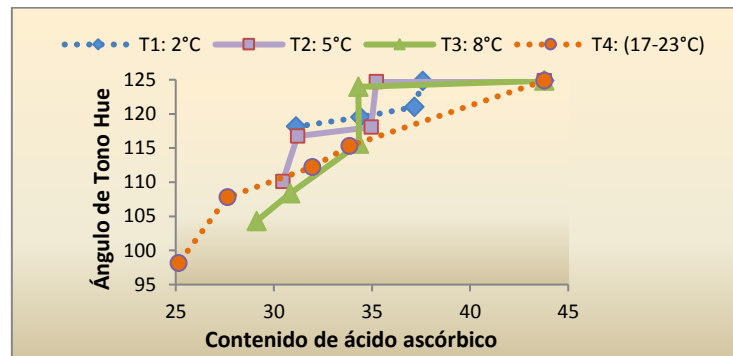
Además García y Fernández, (2015) consideran la cuantificación de polifenoles totales como la medida de la actividad antioxidante total, debido a que el método de cuantificación polifenoles totales y actividad antioxidante tienen como fundamento el mecanismo de reacción redox, la cual produce un cambio de color que se determina espectrofotométricamente.

#### **4.5 RELACIÓN DEL COLOR EN FUNCIÓN DE COMPUESTOS ANTIOXIDANTES.**

El color en el fruto de uvilla está relacionado con el contenido clorofila y de beta-carotenos ya que determinan el color verde, amarillo y anaranjado del fruto (Balaguera-Lopez *et al.*, 2014). Durante el almacenamiento en los frutos ocurren varios cambios uno de los principales es el cambio de color, el cual de acuerdo a Melendez-Martínez, Vicario, y Heredia en el 2004 está relacionado a la degradación

de unos pigmentos, la síntesis y acumulación de otros, por lo que la pérdida de clorofila se ve acompañada por síntesis de carotenos, y estos a la vez son uno de los compuestos que determinan el contenido de actividad antioxidante.

En la Figura 20, se observa la relación del cambio de tono de color con la degradación de ácido ascórbico.



**Figura 19.** Relación del cambio de tono de color (HUE) con el contenido de ácido ascórbico

De acuerdo a los resultados obtenidos se estima que existe una relación del ángulo de tono Hue con el contenido de compuestos bioactivos que otorgan la capacidad antioxidante al fruto de uvilla con un coeficiente de correlación aceptable 0.84 resultados similares reportó Llerena, (2013) quien demostró que los parámetros de color del fruto de uvilla está correlacionado con los compuestos antioxidantes, uno de los principales fue la vitamina C con un coeficiente de correlación de 0.89.

Los resultados muestran que en el tratamiento (T1:2°C) la variación del tono de color es menor, por lo tanto la degradación del ácido ascórbico es menor, en cuanto al tratamiento T2 y T3 hasta el día cinco de almacenamiento no presentan mayor cambio en el tono de color ni en la degradación del ácido ascórbico, pero se observa mayor cambio en el tratamiento T3 a partir del día 10 de almacenamiento. En el tratamiento T4 (17 a 23°C) existió mayor degradación de ácido ascórbico y cambio de tono de color hacia el color amarillo, posiblemente estos resultados se presentan porque durante el almacenamiento pueden ocurrir cambios de color por el

oscurecimiento ocasionados por la reacción de Maillard, oxidación del ácido ascórbico por el efecto del incremento de la temperatura (Barreiro y Sandoval, 2010).

Al respecto Melendez *et al.*, (2004) mencionan que alimentos que contienen antioxidantes, como tocoferoles o vitamina C, conservan mejor los carotenoides y por tanto su color, por lo que en los resultados obtenidos a 2°C como se muestra en la Tabla 26, a mayor contenido de ácido ascórbico el tono de color se mantiene estable, posiblemente porque existe menor degradación de carotenos y al presentar mayor contenido de compuestos antioxidantes, la actividad antioxidante será mayor.

**Tabla 26.** Degradación de ácido ascórbico y variación de color del fruto de uvilla durante el almacenamiento.

Tratamientos	% Degradación de ácido ascórbico (mg)	Variación de color ( $\Delta E^*ab$ )
T1	28.89	1,034
T2	30.45	2,03
T3	33.49	2,135
T4	42.58	2,408

Numerosos estudios publicados recientemente han demostrado que los carotenoides son altamente sensible a la oxidación lo que genera pigmentos tales como el licopeno que da el color rojo y los beta carotenos el color amarillo y anaranjado (Carvalho y Moreno, 2014), en el tratamiento T4 posiblemente ocurrió esta reacción por lo que los frutos de uvilla presentaron al final un tono de color amarillento y menor contenido de ácido ascórbico.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

Después de realizar la fase experimental se llegó a las siguientes conclusiones:

- A los frutos de uvilla con cáliz se clasificó dentro del índice de madurez 5.1 que se define como frutos de color amarillo verdoso, de sabor agridulce por su alto contenido de Sólidos Solubles (13.9°Brix) y Acidez titulable (2.56%), además presentó textura ligeramente dura.
- La fuerza de firmeza para frutos de uvilla almacenados con cáliz fue mayor a temperaturas bajas (2 a 5°C), debido a que a menor temperatura el proceso de maduración se retrasa, por lo tanto existe menor contenido de pectina soluble, la cual ocasiona el ablandamiento de la pared celular del fruto.
- Se obtuvo mayor estabilidad del ácido ascórbico en frutos de uvilla con cáliz almacenados a 2°C, ya que a temperaturas bajas los procesos metabólicos de los frutos se inhiben y la velocidad de degradación del ácido ascórbico es menor.
- En frutos de uvilla con cáliz almacenados a 2°C se determinó mayor valor nutracéutico por presentar alto contenido de ácido ascórbico y polifenoles totales, con un valor de 36.81 mg A.A.100 g<sup>-1</sup> peso fresco y 136.56 mg GAE

respectivamente, por lo tanto, el fruto de uvilla presentará mayor capacidad antioxidante.

- El contenido de ácido ascórbico correlacionó con el parámetro de color ángulo de tono Hue, lo que indica que a mayor degradación del ácido ascórbico existe mayor variación de color hacia el tono anaranjado, esto puede ser atribuido a la acción antioxidante del ácido ascórbico, el cual protege de la degradación de los beta carotenos, compuestos responsables del color amarillo y anaranjado del fruto de uvilla.
- El estudio en general, indica que la temperatura de almacenamiento influye significativamente sobre el contenido de ácido ascórbico y la actividad antioxidante del fruto fresco de uvilla, por lo que se acepta la hipótesis alternativa.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

Finalmente se emitieron las siguientes recomendaciones:

- Para posteriores estudios se recomienda probar la deshidratación del cáliz de la uvilla mediante el enfriamiento con aire forzado para reducir la pérdida de ácido ascórbico, ya que, éste método es utilizado para el enfriamiento de frutas y vegetales antes del almacenamiento y en algunos productos causa pérdida de agua.
- Se recomienda extraer los compuestos bioactivos presentes en el fruto de uvilla utilizando solventes tales como: ácido trifluoroacético y la mezcla metanol- acetona para determinar el método que presente mayor extracción.
- Otro aspecto importante a tomar en cuenta, es investigar la estabilidad de los compuestos bioactivos de la uvilla durante el almacenamiento mediante la aplicación de atmósferas modificadas.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agustí, M. (2010). *Fruticultura*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Alam, M., Bristi, N., & Rafiquzzaman, M. (2012). Review on in vivo and in vitro methods evaluation of antioxidant activity. *Saudi Pharmaceutical Journal* , 21:143-152.
- Altamirano, M. (2010). *Estudio de la Cadena productiva de uvilla (physalis peruviana L.) en la Sierra del Ecuador*. Universidad San Francisco de Quito. Quito.
- Aparcana, I., & Villarreal, L. (2014). *Evaluación de la capacidad antioxidante de los extractos etanólicos del fruto de Physalis peruviana “aguaymanto”*. Lima-Perú: Tesis no publicada: Universidad Nacional de San Marcos.
- Arrigoni, O., & De Tullio, M. (2002). Ascorbic acid: Much more than just an antioxidant. . *Biochimica et Biophysica Acta - General Subjects.* , 1569(1-3), 1-9. Recuperado de: [https://doi.org/10.1016/S0304-4165\(01\)00235-5](https://doi.org/10.1016/S0304-4165(01)00235-5).
- Ávila, J., & Moreno, P. G. (2006). Influencia de la madurez del fruto y del secado del cáliz en uchuva ( *physalis peruviana* l.), almacenada a 18°C. *Acta Agronómica*, 55(4),29-38 , Recuperado de <http://search.proquest.com/docview/1677573822?accountid=36862>.
- Balaguera-López, H. E., & Martínez C., C. A.-A. (2014). Papel del cáliz en el comportamiento poscosecha de frutos de uchuva ( *Physalis peruviana* L.) ecotipo Colombiana. *rev.colomb.cienc.hortic.* , [online]. 2014, vol.8, n.2, pp.181-191. ISSN 2011-2173.
- Balaguera-Lopez, H. E., Ramírez, L. V., & Herrera, A. (2014). *Fisiología y Bioquímica del fruto de Uchuva ( Physalis peruviana L.) durante la maduración y poscosecha*. Colombia: ISBN.

- Barreiro, J., & Sandoval, A. (2010). *Operaciones de Conservación de Alimentos por bajas temperaturas*. Venezuela: EQUINOCCIO. Recuperado el 6 enero 2017 de:  
<https://books.google.com.ec/books?id=r7y3XuFAB8UC&pg=PA45&dq=degradacion+del+color+de+alimentos&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwie8oCW3azRAhVI7SYKHQ2mBQsQ6AEIGDAA#v=onepage&q=degradacion%20del%20color%20de%20alimentos&f=fa>.
- Baudi, S. (2013). *Química de los alimentos*. México: PEARSON.
- Bello, J. (2012). *Calidad de vida, alimentos y salud humana. Fundamentos científicos*. Madrid: Días Santos S.A. Recuperado de:<https://books.google.com.ec/books?id=jHJcISnJtZcC&pg=PA310&dq>.
- Benito, P., Calvo, S., Gómez, C., & Iglesias, C. (2014). *Alimentación y Nutrición en la vida activa: ejercicio físico y deporte*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia. Recuperado el 3 de febrero del 2017 de:  
<https://books.google.com.ec/books?isbn=843626832>.
- Brito, B. (Julio de 2014). Recuperado el 9 de Febreo de 2016, de  
[https://www.researchgate.net/profile/Beatriz\\_Brito2/publication/272420292\\_Physalis\\_Peruviana\\_L.\\_Fruta\\_andina\\_para\\_el\\_mundo.\\_Capitulo\\_Alternativas\\_competitivas\\_de\\_transformacin\\_para\\_la\\_valorizacin\\_de\\_la\\_produccion\\_de\\_Physalis\\_peruviana\\_L.\\_para\\_los\\_paises\\_an](https://www.researchgate.net/profile/Beatriz_Brito2/publication/272420292_Physalis_Peruviana_L._Fruta_andina_para_el_mundo._Capitulo_Alternativas_competitivas_de_transformacin_para_la_valorizacin_de_la_produccion_de_Physalis_peruviana_L._para_los_paises_an)
- Brito, D. (2002). Agoexportacion de productos no tradicionales. Producción de uvilla para exportación. Quito - Ecuador. 10-11.
- Calvo, M. (2012). *Bioquímica de los Alimentos*. Colombia: Acribia.
- Carvalho, C., & Moreno, D. (2014). *Physalis peruviana L.: Fruta andina para el mundo*. Retrieved from [www.cytod.org/es/node/4691](http://www.cytod.org/es/node/4691).
- Cedeño, M., & Montenegro, D. (2014). *Plan exportador, logístico y de comercialización de uchuva al mercado de estados unidos para frutexpo SCI*

*Ltda. Monografía de conclusao de curso-. Pontificia Universidad Javeriana, Bogota.*

- Cerón, I., Higuera, J., & Cardona, C. (2010). "Capacidad antioxidante y contenido fenólico total de tres frutas cultivadas en la región andina". *Vector* , 5(2011),5.
- Chicaiza, J. (2008). *Aprovechamiento agroindustrial de la uvilla (Physalis peruvian l.) para la obtención de productos cristalizados y chips*. Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Cient, R., Aguilar-z, P., Aguilar-z, M., Inungaray, L., Manuel, O., & Rivera, P. (2012). Actividad antioxidante de algunas plantas tropicales, subtropicales y semidesérticas. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuil* , Volumen 4, No.8,(8). Recuperado de: <http://www.posgradoeinvestigacion.uadec.mx/Documentos/AQM/AQM7/3>.
- Ciro, J., Buitrago, H., & Pérez, A. (2007). Estudio preliminar de la resistencia mecánica a la fractura y fuerza de firmeza para fruta de uchuva (*Physalis peruviana L.*). *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín* , Vol.60, N°1. p3785-3796.
- Corrales-Bernal, & Vergara, A. I. (2015). Características nutricionales y antioxidantes de la uchuva colombiana (*Physalys peruviana L.*) en tres estadios de su maduración. *alanrevista* , 189.
- Cortéz, G., Prieto, G., & Rozo, W. (2015). Caracterización bromatológica y fisicoquímica de la de la uchuva (*Physalis peruviana L.*) y su posible aplicación como alimento nutraceutico. *Revista Ciencia en Desarrollo* , 6(1), pp. 87-97.
- Cortéz, M., Herrera, E. H., & Rodríguez, E. S. (2015). OPTIMIZACIÓN EXPERIMENTAL DEL PROCESO DE LIOFILIZACIÓN DE UCHUVA ADICIONADA CON COMPONENTES ACTIVOS POR IMPREGNACIÓN AL VACÍO/EXPERIMENTAL OPTIMIZATION OF THE FREEZE DRY

PROCESS OF CAPE GOOSEBERRY ADDED WITH ACTIVE COMPOUNDS BY VACUUM IMPREGNATION. . *Vitae*, 22(1) , 47-56.

Recuperado de <https://search.proquest.com/docview/1703166098?accountid=36862>.

Cruzat, R., & Honotato, C. (2010). *Cultivo de Golden Berry (Physalis peruviana L.) en la zona central de Chile*. Chile: Ograma Ltda.

Daza, G., Suárez, G., & Núñez, W. (2012). Caracterización bromatológica y fisicoquímica de la uchuva (*Physalys peruviana L*) y su posible aplicación como alimento nutracéutico. *Revista Ciencia en Desarrollo* , 6(1).

Daza, L., Herrera, A., Murillo, E., & Méndez, J. (2014). EVALUATION OF ANTIOXIDANT PROPERTIES OF EDIBLE PORTION AND WASTE OF PITAHAYA UCHUVA AND MANGOSTIN. *Scielo* , Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 12(1), 98-105.

Deng, J., Cheng, W., & Yang, G. (2011). A novel antioxidant activity index (AAU) for natural products using the DPPH assay. *Food Chemistry* , 125: 1430-1435. Recuperado el 13 de Noviembre de <http://ezproxy.utp.edu.co/login?url=http://www.sciencedirect.com/science/journal/03088146>.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2008). Estimación e interpretación del coeficiente de variación de la encuesta censal censo general 2005- CGRAL. 7. Recuperado de [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/censo/est\\_interp\\_coef\\_variacion.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/censo/est_interp_coef_variacion.pdf).

Duque, A., Giraldo, G., & Quintero, V. (2011). Caracterización de la fruta, pulpa y concentrado de uvilla (*Physaliss peruviana L.*). *Temas Agrarios* , 16(1), 75-83.

Erkaya, T., Dağdemir, E., & Şengül, M. (2012). Influence of Cape gooseberry (*Physalis peruviana L.*) addition on the chemical and sensory characteristics

- and mineral concentrations of ice cream. *Food Research International* , 45(1),331 - 335.
- Felipe, D. R. (2009). *Procesos Industriales en Frutas y Hortalizas*. Colombia: Grupo Latino.
- Fennema, O. R. (2010). *Química de los alimentos*. ZARAZOGA (España): ACRIBIA S.A.
- Ferrer, A., Remon, S., Negueruela, A., & R, O. (2005). Changes during ripening of the very late season Spanish peach cultivar Calanda Feasibility of using CIELAB coordinates as maturity indices. *Scientia Horticulturae* , 105, 435-446.
- Fischer, G., Almanza-Merchán, P., & Miranda, D. (2014). Importancia y cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura* , 36(1),01-15.
- García, E., & Fernández, A. (2015). Determinación de polifenoles totales por el método de Folin - Ciocalteu. *Universidad Politécnica de Valencia* , 2-8.
- Geoffrey P, W. (2006). *Complementos nutricionales y alimentos funcionales*. ZARAZOGA (España): ACRIBIA,S.A.
- Gliemmo, M., Latorre, M., Gerschenson, L., & Campos, C. (2009). Color stability of pumpkin (*Cucurbita moschata*, Duchesne ex Poiret) puree during storage at room temperature: Effect of pH, potassium sorbate, ascorbic acid and packaging material . *Food Science and Technology* , 42(2009)196-201. Recuperado 22 octubre 2016 de:[http://file:///C:/Users/Usuario/Downloads/2009%20Gliemmo%20y%20col%202009%20\(pure-pH-envase-color\).pdf](http://file:///C:/Users/Usuario/Downloads/2009%20Gliemmo%20y%20col%202009%20(pure-pH-envase-color).pdf).
- González, E., Cornago, Gálves, & Santos. (2014). *Recolección, transporte, almacenamiento y acondicionamiento de la fruta*. Madrid-España: IC.

- Gutierrez, T., Páez, I., & Hoyos, L. (2007). SEGUIMIENTO DE LA DEGRADACIÓN TÉRMICA Y LUMÍNICA DEL ÁCIDO ASCÓRBICO EN UCHUVA (*Physalis Peruviana*). *Dialnet* , 5.
- Héctor José, C., Omar Hideki, B., & Pérez Anrango, S. (2007). *Proquest*. Recuperado el 11 de Octubre de 2016, de Proquest.
- Helber, E., Martínez, C., & Herrera, A. (2015). Refrigeration affects the postharvest behavior of 1-methylcyclopropene-treated cape gooseberry (*physalis peruviana* L.) fruits with the calyx. *Agronomía Colombiana* , 33(3), 356-n/a. Recuperado de <http://search.proquest.com/docview/1771727758?accountid=3686>.
- Henshall, J. (8 de Agosto de 2012). Food Safety and Standards Authority of India Ministry of Health and Family Welfare Government of India New Delhi. *Manual of Methods of Analisis of Foods Fruit and Vegetables Products* , 5(1), 1–59. <https://doi.org/10.1079/PNS19730004>.
- Hernández-Martínez, V., Salinas-Moreno, Y., Ramírez, J. L., Vázquez-Carrillo, G., Domínguez-López, A., Ramírez-Romero, G., y otros. (2016). Color , phenolic composition and antioxidant activity of blue tortillas from Mexican maize races. *Journal of Food* , 14(3), 473–481. Recuperado de: <https://doi.org/10.1080/19476337.2015.1136842>.
- Ian, D., Griffiths, H., Herbert, K., Mistry, N., & Lunec, J. (1998). Vitamin C Exhibits Pro-Oxidant Properties. *The Pediatric Infectious Disease Journal* , 17(9), 853. Recuperado de: <https://doi.org/10.1097/00006454-199809000-00030>.
- ICONTEC. (1999). Norma Tecnica colombiana NTC 4580.Frutas Frescas. Uchuva.
- INAMI. (19 de Diciembre de 2016). *Instituto Nacional de Metereología* . Obtenido de Instituto Nacional de Metereología : <https://www.google.com.ec/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=inami>

- Kader, A. (2011). Tecnologías poscosecha de cultivos hortofrutícolas. En E. Mitcham, & F. Gordon, *Sistema de manejo poscosecha de frutos pequeños* (págs. 405-424). California: Tercera Edición, UC.
- KONICA MINOLTA. (1 de Marzo de 2015). *Color Mesuarement Blog*. Recuperado el 3 de Octubre de 2016, de Color Mesuarement Blog: <http://sensing.konicaminolta.us/2015/03/understanding-the-cie-lch-color-space/>
- Koyuncu, M. A., & Dilmaçunal, T. (2010). Determination of vitamin C and organic acid changes in strawberry by HPLC during cold storage. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* , 38(3), 95–98.
- Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., Troncoso, A. M., Mancini-Filho, J., & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Food Science and Technology(Campinas)* , 726-732.
- Ligarreto, G., Lobo, M., & Correa, A. (2005). *Recursos genéticos del género Physalis en Colombia. Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva*, . 9-27.
- LLerena, W. (2013). *Estudio de la relación entre el color y el contenido de antioxidantes de seis frutas tropicales y andinas: Arazá (Eugenia stipitata), Mora (Rubus glaucus) variedad Iniap Andimora 2013, Mortiño (Vaccinium floribundum Kunth), Naranjilla (Solanum quitoense)* . Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Melendez-Martínez, A. J., Vicario, I. M., & Heredia, F. J. (2004). Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* , 54(2),209-215.Recuperado en 21 de octubre de 2016, de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222004000200011&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000200011&lng=es&tlng=es).

- Minguez, M., Pérez, A., & Hornero, D. (2010). *Pigmentos carotenoides en frutas y vegetales; mucho más que simples "colorantes" naturales.* . Sevilla-España: Grupo de Química y Bioquímica de pigmentos. Departamento de Biotecnología de Alimentos. Instituto de la Grasa (CSIC).
- Novoa, R. H., Bojaca, M., Galvis, J. A., & Fischer, G. (2005). La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento poscosecha de la uchuva, almacenada a 12 °C (*Physalis peruviana* L.)\*. *Agronomía Colombiana* , 24(1): 77-86.
- NTE 2485. (2009). Recuperado el 8 de Febrero de 2016, de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2485.2009.pdf>
- Ojha, H., Mishra, K., & Chaudhury, N. (2012). Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH assay:A critical review and results. *Food Chemistry* , 130:1036-1043.Recuperado el 13 de Noviembre de <http://ezproxy.utp.edu.co/login?url=http://www.sciencedirect.com/science/journal/03088146>.
- Oyetade, O., Oyeleke, G., Adegoke, B., & Akitunde, A. (2012). Stability Studies on Ascorbic Acid (Vitamin C) From Different Sources. *OSR Journal pf Applied Chemistry (IOSSR-JAC)* , ISSN:2278-5736. Volume 2,pp 20-24.Recuperado el 23octubredel2016de:<http://new.chemistry-teaching-resources.com/Resources/CfENewHigher/Researching2016/D0242024.pdf>.
- Pássaro, C. (2014). *Fruta andina para el mundo*. España: LIMENCOP S.L., Alicante.
- Peña Correa, R., Cortéz Rodríguez, M., & Gil González, J. (2013). Estabilidad fisicoquímica y funcional de uchuva (*physalis peruviana* L.) impregnada a vacío con calcio y vitaminas B9, D y E, durante el almacenamiento refrigerado / phisicochemical and functional stability of cape gooseberry (*physalis peruviana* L.) vacuu. *Revista de la Facultad Nacional de Agronomía*



- Medellin* , 66(1) 6929-6938. Recuperado de: <http://search.proquest.com/docview/1677544282?accountid=36862>.
- Pinzón, E., Reyes, A., Alvarez, J., Leguizamo, M., & Joya, J. (2015). Comportamiento del fruto de uchuva *Physalis peruviana* L., bajo diferentes temperaturas de almacenamiento. *Rev.Cienc.Agr.* , 32(2):26 - 35.
- Puente, L. A.-M. (2011). *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit. *Food Research International* , 44(7), 1773-1740.
- Quilca Moreta, G. (2011). Manejo del cultivo de uvilla. *Tierra Adentro* .
- Quiñones, M., Miguel, M., & Aleixandre, A. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición Hospitalaria* , 27(1), 76-89.
- Ramírez, J., García, C., Vizcaíno, J., Cárdenas, J., Gutiérrez, F., Murga, H., y otros. (2012). Antioxidantes. *REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DE LA UNIVERSIDAD VERACRUZANA* , 1.
- Reis, R., Ramos, A., Regazzi, A., Minim, V., & Stringueta, P. (2006). Almacenamiento de Mango Secado: Análisis Físicoquímico, Microbiológico, Color y Sensorial Storage of Dried Mango: Physicochemical, Microbiological, Color and Sensory Analysis. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* , 5(3),214-225. Recuperado de: <https://doi.org/10.1080/11358120609487694>.
- Repo de Carrasco, R., Encina, Z., & C.R. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. *Revista de la Sociedad Química del Perú* , 74(2), 108-124.
- Restrepo, A. (2008). Nuevas perspectivas de consumo de frutas: Uchuva (*Physalis peruviana* L.) y Fresa (*Fragaria vesca* L.) minimamente procesadas fortificadas con vitamina E. *Facultad de Ciencias Agropecuarias, Magister en ciencia y tecnología de alimentos.* , Medellín: Universidad Nacional de Colombia. pp. 107.

- Reyes, S. (Octubre de 2014). *Efecto de procesamiento sobre la estabilidad de polifenoles en extracto de mango (Mangifera indica L.)*. Recuperado el 2 de Febrero de 2017, de Efecto de procesamiento sobre la estabilidad de polifenoles en extracto de mango (Mangifera indica L.: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/3374/1/AGI-2014-T038.pdf>
- Rivera-Ochoa, M., Castillo-Robles, N., Figueroa-Sepúlveda, K., Rojas-Dorado, M., Esparza, J., & Ordoñez-Santos, .. (2016). DETERMINACIÓN DE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN RESIDUOS DE FRUTOS DE PAPAYA (caricia papaya). *Vitae* , 23,S70-S73. Recuperado de <http://search.proquest.com/docview/1783660263?accountid=36862>.
- Saci, F., & Hayette, L. (2015). Effect of Storage on the Nutritional Quality, Carotenoid and Ascorbic Acid Contents of Two Commercial Beverages. *International Journal of Chemical and Biomolecular Science* , Vol.1,Nº.2,pp.49-53. Recuperado 22 octubre del 2016 de: <http://www.aiscience.org/journal/ijcbs>.
- Schreiber, F. (2010). *Estudio de prefactibilidad para la producción y comercialización de aguaymanto (Physalis peruviana L.) en condiciones de Valles Andinos*. . Perú.
- Senior, A. (2005). Alimentos Seguros y funcionales. *Portafolio* , Recuperado de: <https://search.proquest.com/docview/334562619?accountid=36862>.
- Ulloa, J., Rosas-Ulloa, P., Flores, J., Ulloa-Rangel, B., & Escalona, H. (2007). COMPORTAMIENTO DEL COLOR EN BULBOS DEL FRUTO DE LA JACA ( *Artocarpus heterophyllus* ) AUTO ESTABILIZADOS EN FRASCOS DE VIDRIO POR LA TECNOLOGÍA DE OBSTÁCULOS. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* , 5(5),372-378. Recuperado de: <https://doi.org/10.1080/11358120709487715>.

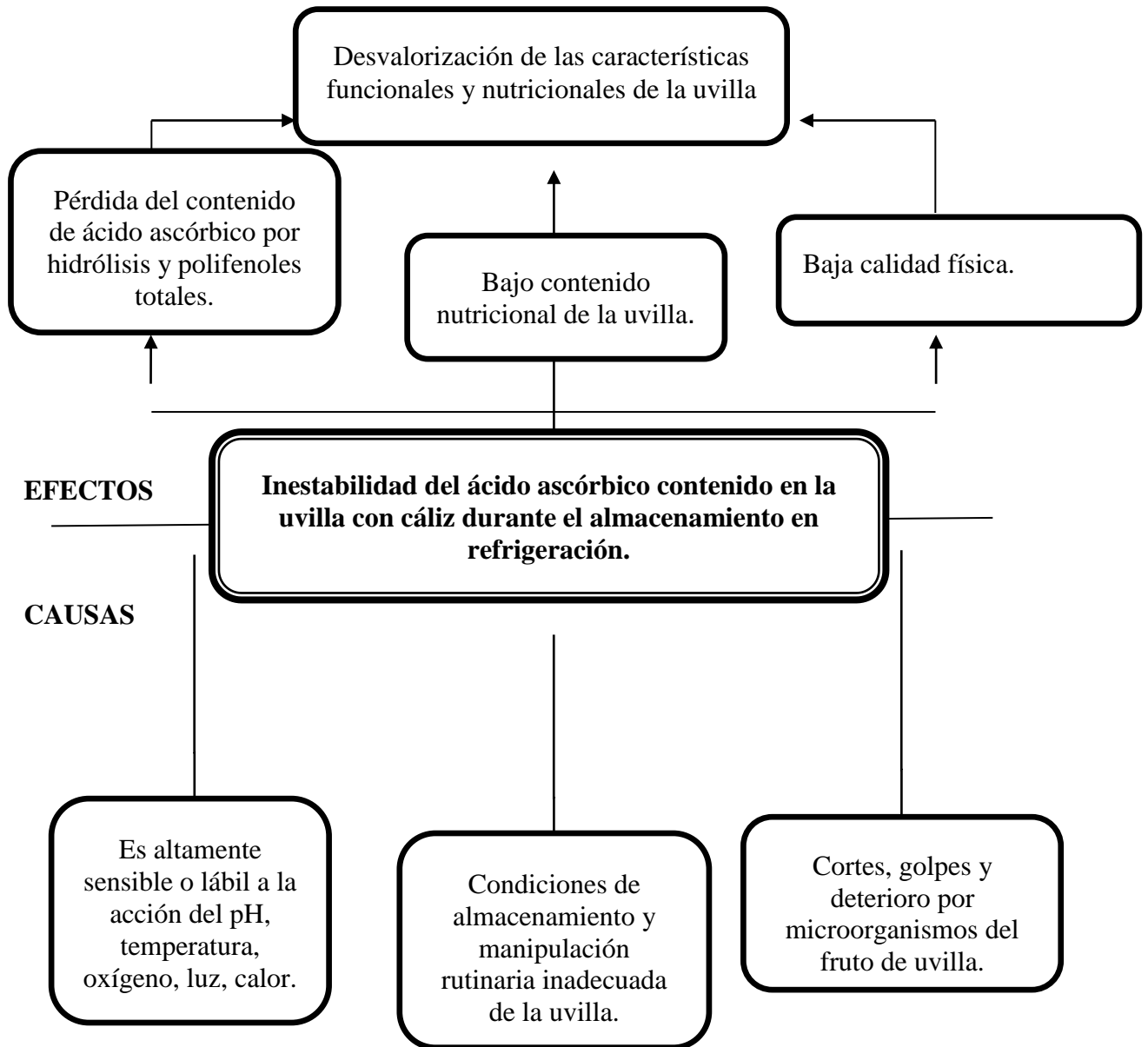
- UNAD. (2010). *Dateca.com*. Recuperado el 8 de Febrero de 2016, de Dateca.com: [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/211616/Modulo\\_exe/Exe%20del%20modulo/leccin\\_12\\_oxidacin\\_del\\_cido\\_ascrbico.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/211616/Modulo_exe/Exe%20del%20modulo/leccin_12_oxidacin_del_cido_ascrbico.html)
- Universidad Nacional de Colombia, B. (5 de Enero de 2015). *Pocesamiento y conservaciòn de frutas*. Obtenido de Pocesamiento y conservaciòn de frutas: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/teoria/obpulpfru/p8.htm>
- Valdenegro, M., Fuentes, L., Herrera, R., & Moya - León, M. (2012). Changes in antioxidant capacity during development and ripening of goldenberry (*Physalis peruviana* L.) fruit and response to 1- methylcyclopropene treatment. *Postharvest Biology and Technology*. , 67, 110-117.
- Valero, A. (2013). *Principios de color y holopintura*. España: Club Universitario.
- Vasco, C., Ruales, J., & Kamal-Eldim, A. (2008). Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry* , 111,pp. 816–823.
- Venero Gutiérrez, J. (2002). Daño oxidativo, radicales libres y Antioxidantes. *Revista Cubana de Medicina Militar* , 31(2), 126-133.
- Villanueva-Tiburcio, J., Condezo-Hoyos, L., & Asquiere, E. (2010). Antocianinas, ácido ascórbico, polifenoles totales y actividad antioxidante en la cáscara de camu-camu (*Myrciaria dubia* McVaugh). *Ciencia y Tecnología de Alimentos* , 30(1), 151–160. Recuperado de:<https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000500023>.
- Vinueza, C. (2015). *Estudio del efecto del secado del capuchón en el comportamiento poscosecha de la uvilla ( Physalis peruviana L.) durante el almacenamiento refrigerado*. Quito,Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- Yıldız, G., İzli, N., Ünal, H., & Uylaşer, V. (2015). Physical and chemical characteristics of goldenberry fruit (*Physalis peruviana* L.). *Journal of Food*

*Science and Technology* , 52(4),2320-2327.<https://doi.org/10.1007/s13197-0,14-1280-3>.

# ANEXOS

## ANEXO 1. Árbol de Problemas

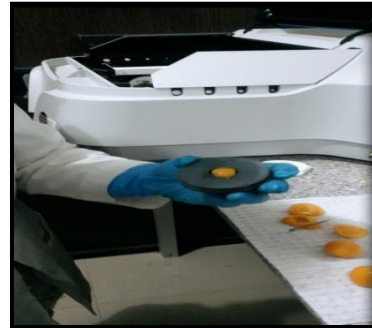
### Análisis crítico



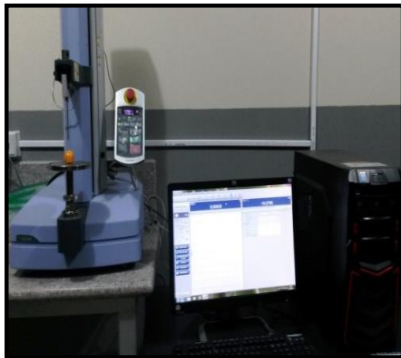
## Anexo 2. Determinación de las características físico químicas del fruto de uvilla fresco.



**Fotografía 7.** Selección del fruto de uvilla de acuerdo al color



**Fotografía 8.** Medición del color externo de muestras de uvilla.



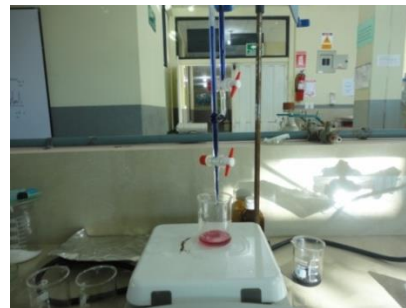
**Fotografía 9.** Determinación de textura en frutos de uvilla.



**Fotografía 10.** Medición de pH en muestras de uvilla.

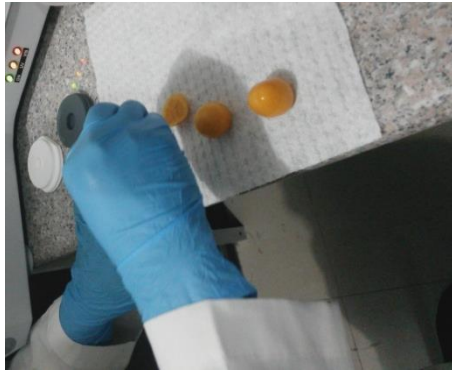


**Fotografía 11.** Medición de Sólidos Solubles en muestras de uvilla.



**Fotografía 12.** Medición de acidez titulable y vitamina C en extractos de uvilla

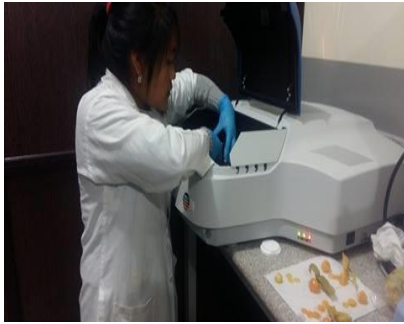
**Anexo 3. Determinación del color externo del fruto de uvilla durante el almacenamiento.**



Corte circular de la parte externa del fruto de uvilla.



Colocar la muestra de uvilla en la celda de medición



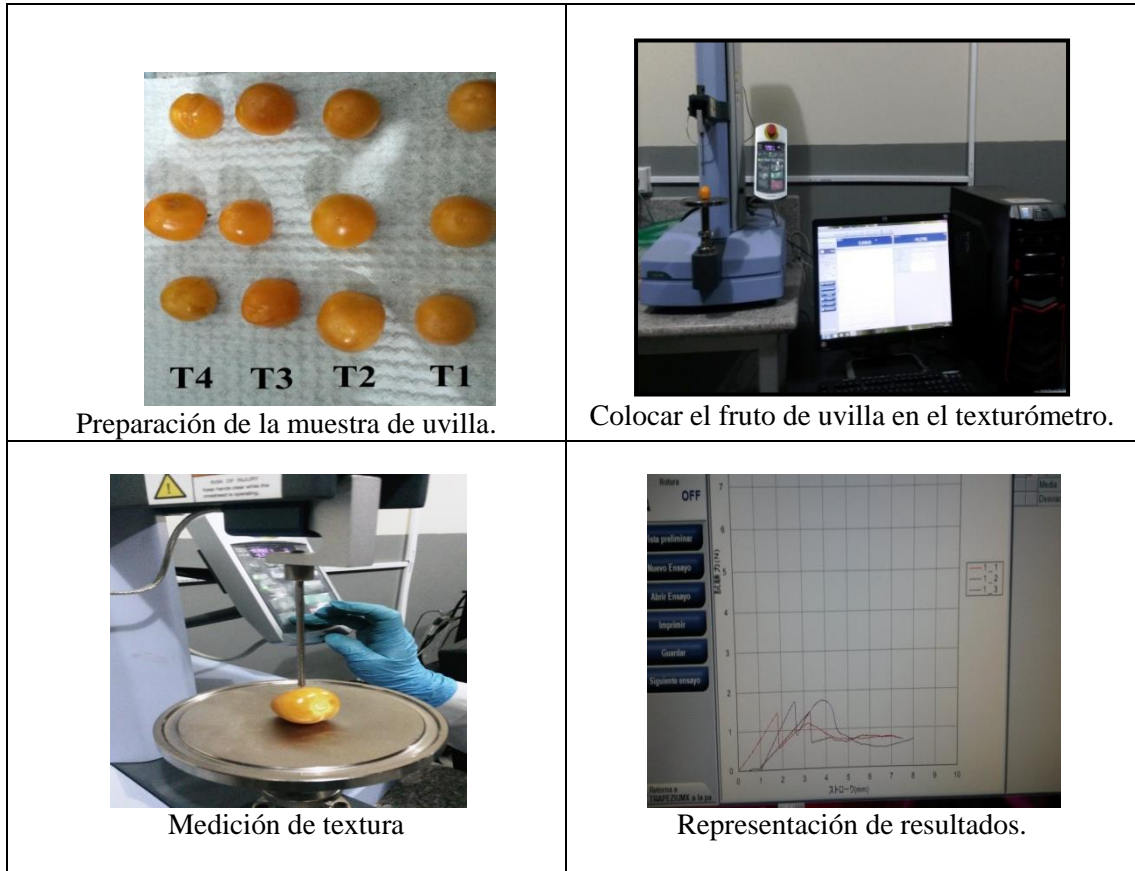
Colocar en el espectrofotómetro de reflectancia.



Medición de color.

**Fotografía 13.** Proceso de medición del color externo del fruto fresco de uvilla.

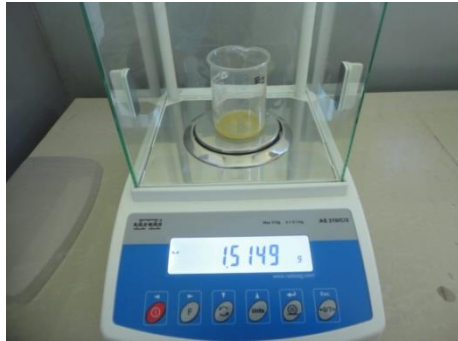
#### Anexo 4. Determinación de la textura del fruto de uvilla durante el almacenamiento.



**Fotografía 14.** Proceso de evaluación de textura en frutos de uvilla almacenados con cáliz.



**Anexo 5. Determinación del contenido de ácido ascórbico durante el almacenamiento.**



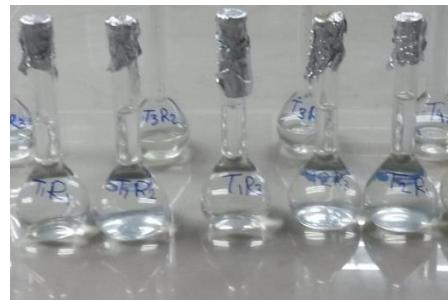
Pesaje de la muestra de uvilla 5g.



Agitación magnética de la solución durante 30 min- 700 rpm



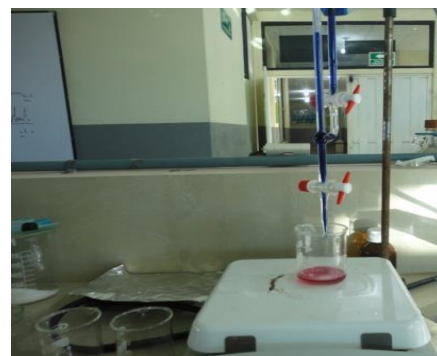
Filtración del extracto de uvilla



Aforo del extracto a 50 ml.



Titulación del extracto con 2-6 dichloroindophenol.



Viraje de color a rosa.

**Fotografía 15.** Proceso de evaluación de Ácido ascórbico en frutos de uvilla fresco durante el almacenamiento.

## Anexo 6. Preparación de extractos para medición de compuestos antioxidantes



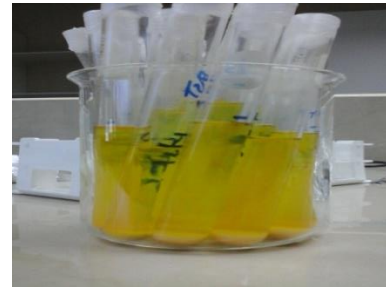
Liofilización de la muestra de uvilla congelada a  $-15^{\circ}\text{C}$



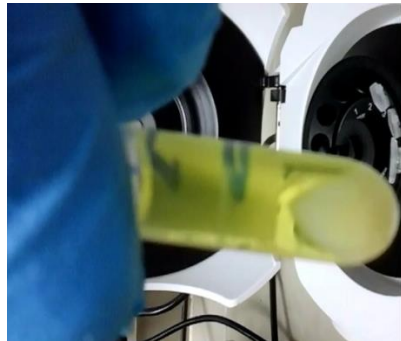
Pesaje 0,5 g muestra liofilizada de uvilla.



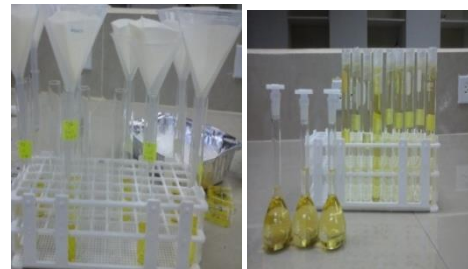
Agitación magnética del extracto 15 min-750rpm



Maceración de extractos 24 horas a  $2^{\circ}\text{C}$



Centrifugación de extracto metanólico durante 20 min a 4000 rpm



Filtración con papel Watman N°4 y aforo del extracto

**Fotografía 16.** Proceso de extracción de antioxidantes del fruto de uvilla liofilizado.

## Anexo 7. Norma Técnica Colombiana 4580

### NORMA TÉCNICA COLOMBIANA

NTC  
4580

1999-02-17

#### FRUTAS FRESCAS. UCHUVA. ESPECIFICACIONES



E: FRESH FRUITS. CAPE GOOSEBERRY. SPECIFICATIONS

CORRESPONDENCIA:

DESCRIPTORES: uchuva, frutas, producto vegetal.

I.C.S.: 67.090.10

Elaborada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)  
Avenida 14227 Bogotá, D.C. - Tel. 607 85 85 - Fax 2221 433

Prohibida su reproducción

#### PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

ICONTEC es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 4580 fue ratificada por el Consejo Directivo de 1999-02-17

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico 111003 Frutas, legumbres, hortalizas y tubérculos frescos.

CARULLA Y CIA CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ - CENCAFÉ FRUTEXPO ICA	MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL MINISTERIO DE SALUD VICTOR NEITA Y CIA.
---	---

Además de las anteriores, en Consulta Pública el Proyecto se puso a consideración de las siguientes empresas:

ALL FRUIT LTDA. CADENALCO S.A. CARIBBEAN EXOTICS CORABASTOS	CORPORACIÓN INTERNACIONAL EL TESORO FRUIT FRUTIERREZ S.A.	COLOMBIA
--	--	----------

ICONTEC cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales.

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN



Figura 2. Categoría I

2.2.3 Categoría II

Comprende la uchuva que no puede clasificarse en las categorías anteriores, pero cumple los requisitos generales definidos en el numeral 3.1. Se admiten frutos rajados que no excedan el 5 % del área total (véase la Figura 3).

El capacho puede presentar manchas superficiales ocasionadas por humedad y/o por hongos (sin la presencia de éstos). Estos defectos en conjunto no deben exceder el 20 % del área total.



Figura 3. Categoría II

2.3 CALIBRE

Se determina por el diámetro ecuatorial de cada fruto, como se indica en el numeral 5.1, de acuerdo con la siguiente escala:

Tabla 1. Calibres de la uchuva

Diámetro (mm)	Calibre
≤ 15,0	A
15,1 - 18,0	B
18,1 - 20,0	C
20,1 - 22,0	D
≥ 22,1	E

Nota. Se pueden tener frutos de categoría extra y de las demás categorías, en cualquiera de los calibres establecidos en la Tabla 1.

3. REQUISITOS Y TOLERANCIAS

3.1 REQUISITOS GENERALES

El fruto y el capacho en todas las categorías deben estar sujetos a los requisitos y tolerancias permitidas. Además, deben tener las siguientes características físicas:

- Los frutos deben estar enteros.
- Deben tener la forma esférica característica de la uchuva.
- La coloración de los frutos debe ser homogénea dependiendo del estado de madurez definido en la tabla de color.
- Deben presentar aspecto fresco y consistencia firme, su corteza debe ser lisa y brillante.
- Deben estar sanos (libres de ataques de insectos y/o enfermedades, que deterioren la calidad interna del fruto).
- Deben estar libres de humedad externa anormal producida por mal manejo en las etapas poscosecha (recelección, acopio, selección, clasificación, adecuación, empaque, almacenamiento y transporte).
- Deben estar exentos de cualquier olor y/o sabor extraño (provenientes de otros productos, empaques o recipientes y/o agroquímicos con los cuales hayan estado en contacto).
- Deben estar exentos de materiales extraños (tierra, polvo, agroquímicos y cuerpos extraños), visibles en el producto o en su empaque.
- La longitud del pedúnculo no debe exceder de 25 mm.

Los residuos de plaguicidas no deben exceder los límites máximos establecidos en el Codex Alimentarius.

3.2 REQUISITOS DE MADUREZ

La madurez de la uchuva se aprecia visualmente por el cambio del color externo. Su estado se puede confirmar por medio de la determinación de sólidos solubles totales, adidez titulable e índice de madurez.

La siguiente descripción relaciona los cambios de color con los diferentes estados de madurez (véase la Figura 4):

- COLOR 0: fruto fisiológicamente desarrollado de color verde oscuro.
- COLOR 1: fruto de color verde un poco más claro.
- COLOR 2: el color verde se mantiene en la zona cercana al cáliz y hacia el centro del fruto aparecen unas tonalidades amarillentas.

- COLOR 3: fruto de color anaranjado claro con visos verdes hacia la zona del cáliz.
- COLOR 4: fruto de color anaranjado claro.
- COLOR 5: fruto de color anaranjado.
- COLOR 6: fruto de color anaranjado intenso.

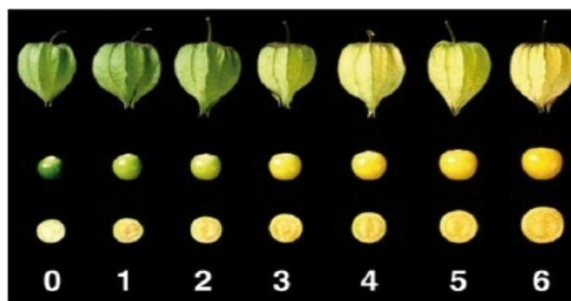


Figura 4. Tabla de color de la uchuva

El cambio en el color del capacho no es un indicativo del avance de la madurez del fruto.

3.3 REQUISITOS ESPECÍFICOS

3.3.1 Sólidos solubles totales

Los valores mínimos de sólidos solubles totales, determinados como se indica en el numeral 5.2, que presenta cada uno de los estados identificados en la tabla de color (véase la Figura 4), son los siguientes:

Tabla 2. Contenido mínimo de sólidos solubles totales expresado como grados Brix (°Brix), de acuerdo con la tabla de color

Color	0	1	2	3	4	5	6
*Bx (mínimo)	9,4	11,4	13,2	14,1	14,5	14,8	15,1



$$\text{Índice de madurez} = \frac{\text{S.S.T.}}{\text{Acidez titulable}}$$

**6. EMPAQUE Y ROTULADO**

**6.1 EMPAQUE**

El contenido de cada unidad de empaque debe ser homogéneo y estar compuesto únicamente por frutos del mismo origen, variedad, categoría, color y calibre. La parte visible del contenido del empaque debe ser representativa del conjunto.

Los empaques deben estar limpios y compuestos por materiales que no causen alteraciones al producto. Se acepta el uso de etiquetas con indicaciones comerciales siempre que se utilicen materiales no tóxicos y que permitan ser reciclados. Para ilustrar los sistemas de empaque véanse las Figuras 5 y 6.

Para el mercado interno se debe utilizar una canastilla plástica de fondo liso (véase la Figura 5). Las medidas externas son de 600 mm x 400 mm x 130 mm ó 500 mm x 300 mm x 150 mm (submúltiplos de las estibas de 1200 mm x 800 mm ó 1 200 mm x 1 000 mm). Si se empaca a granel se debe llenar la canastilla hasta 80 mm de altura como máximo y con una capacidad máxima de 6,5 Kg de fruta. Si se requiere dosificar el producto en la canastilla plástica, éste se debe empacar en unidades de 250 g a 450 g.



Figura 5. Empaque para el mercado interno

Para el mercado de exportación (véase la Figura 6), el producto se debe presentar dosificado en envases plásticos perforados en unidades de 250 g a 450 g. Las dimensiones externas de la base de los empaques deben ser 400 mm x 300 mm ó 500 mm x 300 mm (submúltiplos de las estibas de 1200 mm x 800 mm ó 1 200 mm x 1 000 mm).

**5. ENSAYOS**

**5.1 DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO**

Se mide el diámetro ecuatorial de cada fruto con un calibrador y el resultado se expresa en milímetros (mm).

**5.2 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES**

Se determina por el método refractométrico y se expresa en grados Brix (°Bx). La lectura se debe corregir utilizando el porcentaje de ácido cítrico, mediante la siguiente ecuación:

$$S.S.T_{corr} = 0,194 \times A + S.S.T$$

Donde:

A = % Ácido cítrico

S.S.T. = sólidos solubles totales en grados Brix

Si el refractómetro utilizado no realiza la corrección por temperatura, se debe corregir la lectura como se indica en el Anexo B.

**5.3 DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ TITULABLE**

Se determina por el método de titulación potenciométrica. Se expresa como porcentaje de ácido cítrico y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{Ácido Cítrico} = \frac{V_1 \cdot N}{V_2} \times K \times 100$$

Donde:

V<sub>1</sub> = volumen de NaOH consumido (ml)

V<sub>2</sub> = volumen de la muestra (5 ml)

K = peso equivalente del ácido cítrico (0,064 g/meq)

N = normalidad del NaOH (0,1 meq/ml)

**5.4 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE MADUREZ**

Se obtiene de la relación entre el valor mínimo de los sólidos solubles totales y el valor máximo de la acidez titulable. Se expresa como °Brix / % ácido cítrico.

## **GLOSARIO DE ACRÓNIMOS**

**AA:** Ácido Ascórbico

**CV:** Coeficiente de Variación

**DHAA:** Ácido Dehidro ascórbico

**GAE:** Equivalente de Ácido Gálico

**mg:** Miligramo

**NTC:** Norma Técnica Colombiana

**PS:** Peso Seco

**PF:** Peso Fresco

**\*:** Significativo

**\*\*:** Altamente significativo

**ns:** no significativo

**rpm:** revoluciones por minuto