



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS

AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**EVALUACIÓN DEL MÉTODO DE CONSERVACIÓN DE
ATMÓSFERAS CONTROLADAS SOBRE EL CONTENIDO DE
POLIFENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA
UVILLA *Physalis peruviana* L. CON CÁLIZ DURANTE SU
ALMACENAMIENTO**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA
AGROINDUSTRIAL**

AUTOR: Cadena Terán Diana Carolina

DIRECTOR: Ing. Nicolás Sebastián Pinto Mosquera, MSc.

Ibarra-Ecuador 2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA :	1004088082
NOMBRES Y APELLIDOS:	CADENA TERÁN DIANA CAROLINA
DIRECCIÓN:	Atuntaqui-Barrio Santo Domingo Calle Celiano Aguinaga N°12-11
EMAIL:	dccadenat@utn.edu.ec
TELEFONO FIJO Y MOVIL:	062617839 0981285795

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“EVALUACIÓN DEL MÉTODO DE CONSERVACIÓN DE ATMÓSFERAS CONTROLADAS SOBRE EL CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA UVILLA <i>Physalis peruviana</i> L. CON CÁLIZ DURANTE SU ALMACENAMIENTO”
AUTOR:	CADENA TERÁN DIANA CAROLINA
FECHA:	2 de septiembre del 2020
SOLO PARA TRABAJO DE TITULACIÓN	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Agroindustrial
DIRECTOR:	Ing.Nicolas Pinto MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor a terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que 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 02 días del mes de septiembre del 2020

AUTOR:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Diana Carolina', is written over a horizontal dotted line.

Cadena Terán Diana Carolina

CC: 1004088082

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Cadena Terán Diana Carolina, con cédula de ciudadanía 100408808-2 bajo mi supervisión

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Nicolás Pinto', with a long horizontal flourish extending to the right.

Ing. Nicolás Pinto MSc.

DIRECTOR DE TESIS

DECLARACIÓN

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

Ibarra, a los 02 días del mes de septiembre del 2020

AUTOR:



.....

Cadena Terán Diana Carolina

CC: 1004088082

DEDICATORIA

A Dios, por haberme permitido llegar a conseguir este paso en mi vida profesional, en base al esfuerzo, dedicación y perseverancia.

A mis padres por ser mis mentores y guías quienes han sabido formarme en valores, principios y vocación al servicio, apoyándome en todas las decisiones que he emprendido con absoluta sinceridad. A mis hermanos y familia que son reflejo constante de la perseverancia y amor incondicional.

A mi esposo, Marco por apoyarme y alentarme a cumplir cada uno de mis objetivos planteados

A mi hijo, Mateo por ser mi inspiración y la fuerza motora para poder sobrellevar todas las dificultades y obstáculos presentes en mi vida personal y profesional.

A mis docentes quienes han sabido guiarme y orientarme desde el ámbito profesional y personal brindándome todos los conocimientos adquiridos en los diferentes espacios laborales y académicos.

A mis amigas y compañeros de clase quienes formaron parte de mi vida, y crecimiento personal con todos los conocimientos, experiencias y dificultades experimentadas día a día en este hermoso convivir.

Diana

AGRADECIMIENTO

En este espacio quiero brindar un sincero agradecimiento a todas las personas que impulsaron este proyecto de titulación y de igual manera me han apoyado desde el crecimiento personal y profesional en los diferentes espacios universitarios

A Dios, por cobijarme y acogerme con su gracia y amor incondicional permitiéndome alcanzar todos y cada uno de los objetivos propuestos.

A mi padre, Miguel por siempre apoyarme en mi proceso de formación académica y personal siempre alentándome a perseguir y alcanzar mis sueños, con trabajo arduo y dedicación.

A mis docentes Ing Nicolás Pinto MSc, Ing Juan Carlos De la Vega MSc y Bioq. Valeria Olmedo de la carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica del Norte por facilitarme todos y cada uno de sus conocimientos y experiencias laborales que me permitieron tener un crecimiento profesional

A mis amigos que fueron parte de mi formación académico y que me acompañaron en todas las dificultades presentes brindándome su apoyo y confianza, formando mi carácter y personalidad, agradecida de corazón por ayudarme a cumplir este sueño que hoy se hizo realidad.

Diana

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	i
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN.....	xi
SUMMARY	xii
CAPÍTULO I.....	1
1.1 PROBLEMA.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	2
1.3 OBJETIVOS	3
1.3.1 General.....	3
1.3.2 Específicos	3
1.4 HIPÓTESIS.....	3
1.4.1 Alternativa.....	3
1.4.2 Nula.....	3
CAPÍTULO II	4
MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 UVILLA.....	4
2.1.1 Origen.....	4
2.1.2 Clasificación taxonómica y descripción botánica.....	4
2.1.3 Variedades.....	6

2.1.4 Composición nutricional	7
2.1.5 Producción nacional	8
2.2 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y ORGANOLÉPTICAS	10
2.3 CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES (POLIFENOLES TOTALES).....	13
2.4 CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	15
2.5 VALIDACIÓN DE MÉTODOS ANALÍTICOS	17
2.5.1 Características analíticas típicas en la validación	17
2.6 TASA DE RESPIRACIÓN.....	20
2.7 MÉTODOS DE CONSERVACIÓN.....	23
2.7.1 Atmósferas controladas (ac).....	23
2.7.2 Atmosferas modificadas.....	27
2.7.3 Refrigeración.....	28
CAPÍTULO III	30
MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1 CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO	30
3.2 MATERIALES Y EQUIPOS.....	31
3.3 MÉTODOS	32
3.3.1 Parámetros fisicoquímicos (ph, sólidos solubles, acidez y humedad) y organolépticos (color y textura) de la uvilla con cáliz.....	32
3.3.2 Evaluación de la tasa de respiración de la uvilla con cáliz	33
3.3.3 Determinación del contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante de la uvilla con cáliz	39
3.4 MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO	39
3.4.1 Diagrama de bloques	39

3.4.2 Descripción del proceso	41
CAPÍTULO IV	45
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	45
4.1 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS (pH, SÓLIDOS SOLUBLES, ACIDEZ Y HUMEDAD) Y ORGANOLÉPTICOS (COLOR Y TEXTURA) DE LA UVILLA CON CÁLIZ	45
4.2 TASA DE RESPIRACIÓN DE LA UVILLA CON CÁLIZ.....	54
4.2.1 Comportamiento de la tasa de respiración de la uvilla durante el almacenamiento en atmósferas controladas	57
4.2.2 Correlación entre tasa de respiración y polifenoles totales y tasa de respiración y capacidad antioxidante	62
4.3 POLIFENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA UVILLA CON CÁLIZ.....	63
4.3.1 POLIFENOLES TOTALES.....	63
4.3.1.1 Comportamiento de los polifenoles totales en la uvilla durante el almacenamiento en atmósferas controladas	66
4.3.2 CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	68
4.3.2.1 Comportamiento de la capacidad antioxidante en la uvilla durante el almacenamiento en atmósferas controladas	71
4.3.3 CORRELACIÓN POLIFENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.....	73
CAPÍTULO V	74
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	74
5.1 CONCLUSIONES	74
5.2 RECOMENDACIONES	75

BIBLIOGRAFIA 76

ANEXOS 85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Identificación taxonómica de la uvilla	5
Tabla 2. Composición nutricional de la Uvilla	7
Tabla 3. Producción de uvilla en el Ecuador.....	9
Tabla 4. Características físicas de la uvilla <i>Physalis peruviana</i> L.....	10
Tabla 5. Caracterización química de la fruta entera de uvilla <i>Physalis peruviana</i> L.	11
Tabla 6. Características fisicoquímicas de los 6 estados de madurez de la uvilla	12
Tabla 7. Parámetros fisicoquímicos de la uvilla <i>Physalis peruviana</i> L	13
Tabla 8. Capacidad antioxidante de la uvilla <i>Physalis peruviana</i> L.....	15
Tabla 9. Capacidad antioxidante por el método DPPH de la uvilla en tres estados de madurez	16
Tabla 10. Aspectos positivos y negativos de la AC	26
Tabla 11. Ubicación del experimento	30
Tabla 12. Equipos y materiales de la fase experimental	31
Tabla 13. Análisis fisicoquímico y organoléptico de la uvilla <i>Physalis peruviana</i> L.	32
Tabla 14. Evaluación de la tasa de respiración de la uvilla <i>Physalis peruviana</i> L.	33
Tabla 15. Factores en estudio.....	37
Tabla 16. Nomenclatura de los tratamientos	37
Tabla 17. DCA AxB+1	38
Tabla 18. Determinación de polifenoles totales y capacidad antioxidante de la uvilla <i>Physalis peruviana</i> L.....	39
Tabla 19. Análisis de varianza del índice de madurez	47
Tabla 20. Parámetros de color de la uvilla en estado fresco y al finalizar los tratamientos	52
Tabla 21. Análisis de varianza de la variable polifenoles totales	63
Tabla 22. Análisis de varianza de la variable capacidad antioxidante	69
Tabla 23. Valores de sólidos solubles totales, acidez titulable e índice de madurez en uvilla en estado fresco y al finalizar los tratamientos.	88

Tabla 24. Prueba Tukey Índice de Madurez	88
Tabla 25. Valores de pH, textura y humedad en uvilla en estado fresco y al finalizar los tratamientos.	89
Tabla 26. Prueba de Kruskal Wallis de la variable textura	89
Tabla 27. Rangos de la Prueba de Kruskal wallis de Textura.....	89
Tabla 28. Prueba de Kruskal Wallis de la variable Tasa de respiración de consumo de O ₂	90
Tabla 29. Rangos de la Prueba de Kruskal Wallis de la variable Tasa de respiración de consumo de O ₂	90
Tabla 30. Prueba de Kruskal Wallis de la variable Tasa de respiración de producción de CO ₂	91
Tabla 31. Rangos de la Prueba de Kruskal Wallis de la variable Tasa de respiración de producción de CO ₂	91
Tabla 32. Valores de tasa de respiración de consumo de O ₂ de los tratamientos y del testigo analizado.....	92
Tabla 33. Valores de tasa de respiración de producción de CO ₂ de loes tratamientos y del testigo analizado.....	92
Tabla 34. Concentraciones de ácido gálico y absorbancias para la curva de calibración promedio.....	98
Tabla 35. Concentraciones de trolox y absorbancias para la curva de calibración promedio	99
Tabla 36. Contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante en 6 repeticiones	102
Tabla 37. Promedio, DS y CV de polifenoles totales y capacidad antioxidante.....	102
Tabla 38. Valores del contenido de polifenoles totales de los tratamientos y del testigo analizado.....	103
Tabla 39. Prueba tukey para los tratamientos con respecto a la variable polifenoles totales	104

Tabla 40. Valores de la capacidad antioxidante de los tratamientos y del testigo analizado.	104
Tabla 41. Prueba tukey para los tratamientos con respecto a la variable capacidad antioxidante.....	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Frutos en cáliz de Uvilla.....	6
Figura 2. Tabla de color de la uvilla basado en la NTC 4580.....	12
Figura 3. Estructura química de los compuestos fenólicos.....	14
Figura 4. Estructura del DPPH antes y después de la reacción con el antioxidante ..	16
Figura 5. Curva de calibración para efectuar la linealidad del método.....	18
Figura 6. Trompeta de Horwitz.....	19
Figura 7. Curva respiratoria de frutos	22
Figura 8. Curva de tasa de respiración de la uvilla	36
Figura 9. Flujo del proceso de desarrollo del experimento.....	40
Figura 10. Recepción de la materia prima	41
Figura 11. Clasificación y selección de la materia prima	42
Figura 12. Pesado de la materia prima.....	42
Figura 13. Envasado de la materia prima.....	43
Figura 14. Almacenamiento de la materia prima.....	44
Figura 15. Gráfica de barras de sólidos solubles totales (a), acidez titulable (b) e índice de madurez (c) en uvilla en estado fresco y al finalizar los tratamientos.	46
Figura 16. Gráfica de barras de la Prueba Tukey del índice de Madurez	48
Figura 17. Grafica de barras de pH en uvilla en estado fresco y al finalizar los tratamientos.	48
Figura 18. Grafica de barras de humedad en uvilla en estado fresco y al finalizar los tratamientos.	49
Figura 19. Grafica de barras de textura en uvilla en estado fresco y al finalizar los tratamientos.	50
Figura 20. Gráfica de barras de la prueba de kruskal wallis de textura	51
Figura 21. Representación gráfica de los parámetros de color de los distintos tratamientos, materia prima y testigo (TA).....	53
Figura 22. Gráfica de barras de los rangos de la prueba de kruskal wallis de la tasa de respiración de consumo de O ₂	55

Figura 23. Gráfica de barras de los rangos de la prueba de kruskal wallis de la tasa de respiración de producción de CO ₂	55
Figura 24. Comportamiento de la tasa de respiración de la uvilla de consumo de O ₂ de a (testigo), b (5°C) y c (8°C) del tratamiento 1,2,3 y 4.....	59
Figura 25. Comportamiento de la tasa de respiración de la uvilla de producción de CO ₂ de a (Testigo), b (5°C) y c (8°C) del tratamiento 1,2,3 y 4.....	61
Figura 26. Gráfica de barras de la Prueba tukey para los tratamientos con respecto a la variable polifenoles totales.....	66
Figura 27. Comportamiento de polifenoles totales de los tratamientos (T1, T2, T3 y T4) a una temperatura de a (5°C) y b (8°C) y su testigo a temperatura ambiente	67
Figura 28. Grafica de barras de la prueba tukey para los tratamientos con respecto a la variable capacidad antioxidante.	70
Figura 29. Comportamiento de la capacidad antioxidante de los tratamientos (T1, T2, T3 y T4) a una temperatura de a (5°C) y b (8°C) y su testigo a temperatura ambiente	72
Figura 30. Representación gráfica de los parámetros de color en la escala CIE L*C*H.....	87
Figura 31. Preparación de la muestra para la determinación de polifenoles totales ..	93
Figura 32. Preparación del extracto para la determinación de polifenoles totales.....	94
Figura 33. Cuantificación de polifenoles totales.....	96
Figura 34. Curva de calibración promedio para polifenoles totales	98
Figura 35. Curva de calibración promedio para capacidad antioxidante	100
Figura 36. %Recuperación para polifenoles totales.....	101
Figura 37. %Recuperación para capacidad antioxidante	101

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. Análisis fisicoquímicos y organolépticos	85
ANEXO B. Valores obtenidos en la medición de la tasa de respiración.....	90
ANEXO C. Determinación de polifenoles totales y capacidad antioxidante.....	93
ANEXO D. Norma Técnica Colombiana	105

RESUMEN

La uvilla *Physalis peruviana* L. es considerada una fruta con propiedades beneficiosas para el ser humano debido a que posee una elevada capacidad antioxidante, de acuerdo con Corrales Bernal et al (2015) es aproximadamente de 243.6 ± 9.6 uM TE/100g MS, y un porcentaje significativo de polifenoles totales, según Llerena Silva (2014) el contenido promedio es $259,93 \pm 42,74$ mg AG/100g MS. Se evaluaron 4 tratamientos con 2 temperaturas y 2 concentraciones de gases T1 (5°C; 3% O₂, 17% CO₂ y 80% N₂) , T2 (8°C; 3% O₂, 17% CO₂ y 80% N₂), T3 (5°C: 5% O₂, 15% CO₂ y 80% N₂) y T4 (8°C; 5% O₂, 15% CO₂ y 80% N₂) y un testigo a temperatura ambiente sin concentración gaseosa, mismos en los que se realizaron el análisis de sólidos solubles y acidez titulable con la finalidad de determinar el índice de madurez, además se analizó el pH, color, textura y humedad tanto al inicio como al final con el objetivo de homogenizar la unidad experimental. Se evaluó la tasa de respiración de la uvilla mediante el método descrito por Angós, Vírseda y Fernández (2007) y el equipo analizador WITT modelo MAPY 4.0 Le; la medición se realizó 3 veces por semana, por un periodo de 20 días de almacenamiento. Se evaluó la variable polifenoles totales mediante el método Folin-Ciocalteu descrito por Yıldız, İzli, Ünal, y Uylaşer, (2014) y su capacidad antioxidante mediante el método 1,1-difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH) descrito por Corrales Bernal et al (2015) cada 4 días durante 20 días para determinar su estabilidad. Los resultados indicaron que el tratamiento mejor fue el T3 en comparación con T1, T2 y T4 analizados y su respectivo testigo. En conclusión el tratamiento evaluado a una temperatura de 5°C y a una concentración de oxígeno de 5% (T3) no visualizó cambios considerables con respecto a sus características fisicoquímicas y organolépticas evaluadas, además ayudó a aplazar sus puntos climáticos disminuyendo y estabilizando su tasa de respiración. La actividad de las enzimas encargadas de la degradación de los componentes bioactivos se inhibieron ocasionando que se establecieran en el fruto el contenido de polifenoles totales (268,97 mg AG/100g MS) y su capacidad antioxidante (267,33 uM TE/100g MS). Se realizó una correlación entre Polifenoles Totales y Capacidad Antioxidante dando un valor de 0.8, es decir una correlación alta.

Palabras Claves: Atmósferas controladas, características fisicoquímicas y organolépticas, tasa de respiración, polifenoles totales, capacidad antioxidante.

SUMMARY

The *Physalis peruviana* L. grapefruit is considered a fruit with beneficial properties for humans because it has a high antioxidant capacity, according to Corrales Bernal et al (2015) it is approximately 243.6 ± 9.6 uM TE / 100g MS, and a significant percentage of total polyphenols, according to Llerena Silva (2014), the average content is 259.93 ± 42.74 mg GA / 100g MS. 4 treatments with 2 temperatures and 2 gas concentrations were evaluated T1 (5°C; 3% O₂, 17% CO₂ and 80% N₂), T2 (8°C; 3% O₂, 17% CO₂ and 80% N₂), T3 (5°C: 5% O₂, 15% CO₂ and 80% N₂) and T4 (8°C; 5% O₂, 15% CO₂ and 80% N₂) and a control at room temperature without gas concentration, same in which the analysis of soluble solids was carried out and titratable acidity in order to determine the maturity index, also the pH, color, texture and humidity were analyzed both at the beginning and at the end in order to homogenize the experimental unit. The respiration rate of the uvilla was evaluated by the method described by Angós, Vírveda and Fernández (2007) and the WITT analyzer model MAPY 4.0 Le; the measurement was carried out 3 times a week, for a period of 20 days of storage. The total polyphenols variable was evaluated using the Folin-Ciocalteu method described by Yıldız, İzli, Ünal, and Uylaşer, (2014) and its antioxidant capacity using the 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl (DPPH) method described by Corrales Bernal et al (2015) every 4 days for 20 days to determine its stability. The results indicated that the best treatment was T3 compared to T1, T2 and T4 analyzed and their respective control. In conclusion, the treatment evaluated at a temperature of 5°C and an oxygen concentration of 5% (T3) did not visualize considerable changes with respect to its evaluated physicochemical and organoleptic characteristics, it also helped to postpone their climacteric points, decreasing and stabilizing their respiration rate. The activity of the enzymes responsible for the degradation of the bioactive components were inhibited causing the total polyphenol content (268.97 mg AG / 100g MS) and its antioxidant capacity (267.33 uM TE / 100g MS) to stabilize in the fruit.). A correlation was made between Total Polyphenols and Antioxidant Capacity, giving a value of 0.8, that is, a high correlation.

Key Words: Controlled atmospheres, physicochemical and organoleptic characteristics, respiration rate, total polyphenols, antioxidant capacity

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PROBLEMA

Uno de los principales inconvenientes en la comercialización de la uvilla es el acelerado proceso de maduración, lo que ocasiona una descomposición prematura del fruto, alterando considerablemente sus características fisicoquímicas, organolépticas y funcionales, lo cual se traduce en pérdidas económicas del sector productivo y disminución del valor nutricional del fruto hacia el consumidor (Peña, Cortés, & Gil, 2013).

La uvilla cuenta con una elevada actividad antioxidante y un porcentaje significativo de polifenoles totales, los cuales son componentes bioactivos que mejoran la defensa antioxidante del organismo, estos componentes se reducen con gran facilidad al presentar un aumento en su tasa de respiración por el proceso de maduración del fruto, esto puede ser asociado a distintos factores como exponer al fruto a elevada temperatura y concentraciones altas de oxígeno durante su almacenamiento. Por tal motivo al aplicar el método de atmósferas controladas se pretende controlar la tasa de respiración y las reacciones de maduración, permitiendo estabilizar la cantidad de polifenoles con la finalidad de que el producto llegue al usuario sin ninguna alteración de esta propiedad funcional y en excelentes condiciones de consumo (Jurado, y otros, 2016).

1.2 JUSTIFICACIÓN

La uvilla es considerada una especie con propiedades beneficiosas para el ser humano tanto nutricionales como funcionales debido a sus componentes bioactivos como lo son los polifenoles totales, mismos que son capaces de atrapar radicales libres mejorando la defensa antioxidante del organismo, lo que hace necesaria la ingesta de estos alimentos ricos en antioxidantes naturales en la dieta alimenticia capaces de reducir el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares (Chancosi, 2017).

La atmósfera controlada es una técnica de conservación de productos hortofrutícolas que modifica la concentración de los gases presentes en la atmósfera ambiental, lo cual ayuda a disminuir la tasa de respiración, retardar el tiempo de descomposición. y evitar posible alteración de sus propiedades fisicoquímicas, organolépticas y funcionales del fruto. Este método de conservación brinda al consumidor un producto que cumple con expectativas de calidad nutricional (Benavides Pabón & Cuasqui Anrrango, 2008).

El presente trabajo de investigación busca evaluar la estabilidad del contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante de la uvilla con cáliz, mediante atmósferas controladas. Información que permitirá desarrollar métodos de conservación óptimos, para conocer su potencial nutracéutico y para mejorar las perspectivas de comercialización de la uvilla en fresco (Chancosi, 2017).

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

Evaluar el método de conservación de atmósferas controladas sobre el contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante de la uvilla con cáliz durante su almacenamiento.

1.3.2 Específicos

- Analizar parámetros fisicoquímicos (pH, sólidos solubles, acidez y humedad) y organolépticos (color y textura) de la uvilla con cáliz al inicio y final de su almacenamiento en atmósferas controladas.
- Evaluar la tasa de respiración de la uvilla con cáliz durante su almacenamiento mediante atmósferas controladas.
- Determinar el contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante de la uvilla con cáliz durante la aplicación del método de atmósferas controladas.

1.4 HIPÓTESIS

1.4.1 Alternativa

- Las distintas concentraciones de gases y temperaturas de refrigeración afectan el contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante de la uvilla con cáliz durante su almacenamiento.

1.4.2 Nula

- Las distintas concentraciones de gases y temperaturas de refrigeración no afectan el contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante de la uvilla con cáliz durante su almacenamiento.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 UVILLA

“El nombre científico de la uvilla es *Physalis peruviana* L., en donde *Physalis* proviene de la palabra que significa vejiga, que tiene su referencia a los frutos envueltos por el denominado cáliz, y el término *peruviana* hace referencia al país de Perú” (Altamirano, 2010).

2.1.1 ORIGEN

“La uvilla se encuentra distribuida a lo largo de América del Sur, principalmente en Perú, Ecuador, Bolivia, Colombia y Chile, a la cual se le ha otorgado distintos nombres de acuerdo al país de origen” (Orfa, 2003).

Según Nono y Verdezoto (2005) el fruto de la uvilla es valorada por sus características de calidad en 3 aspectos básicos:

- Aspecto de inocuidad: La uvilla no es manipulada por el productor gracias al cáliz que lo protege.
- Aspecto bromatológico: Grados de calcio que posee.
- Aspecto exótico y orgánico: Fruto de forma extravagante, sin uso de agroquímicos

2.1.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA Y DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

La categoría taxonómica de la uvilla se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Identificación taxonómica de la uvilla

Taxonomía de la uvilla	
Reino	Vegetal
Tipo	Fanerógama
Subtipo	Angiospermas
Clase	Dicotiledónea
Subclase	Gamopétala
Orden	Solamida
Familia	Solanáceas
Género	Physalis
Especie	Peruviana L.
Nombre Científico	Physalis Peruviana L.
Nombre Común	Uchuva, Uvilla, etc.

Fuente: (Orfa, 2003)

La uvilla es una planta herbácea, de órganos pubescentes, perteneciente a la familia de las solanáceas. Existen aproximadamente unas 45 especies en estado silvestre, de las cuales es utilizada la especie *Physalis peruviana* por su fruto azucarado. Los sinónimos con que se le conoce son: *Ph. Edulis*. *Ph. Esculenta* (Pacheco & Núñez, 2012).

Los frutos de la Uvilla tienen la forma de unos pequeños tomates, pero de color amarillo-anaranjados, casi redondos que tiene un diámetro entre 1,25 a 2,5 cm y pesan entre unos 4 y 10 gramos, contienen entre 150 y 300 semillas aplanadas y de forma lenticular como se muestra en la figura 1 (Gerhard, Almanza, & Miranda, 2013).



Figura 1. Frutos en cáliz de Uvilla (Gerhard, Almanza, & Miranda, 2013)

De acuerdo con Chancosi (2017) y Orfa (2003) el cáliz de la flor llega a un tamaño de 5 cm de largo, es ascendente como un farol colgante y encierra a un pequeño fruto que es una baya de 8 a 20 mm de diámetro. El cáliz se mantiene verde hasta que madure la fruta, luego se vuelve pardo traslúcido y el fruto se vuelve de color amarillo. 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.

2.1.3 VARIEDADES

Benavides y Cuasquí (2008) mencionan que en el Ecuador no se ha mejorado genéticamente ningún ecotipo de *Physalis peruviana* L., sin embargo, se puede hablar de diferentes materiales genéticos por sector de desarrollo del producto. Entre los ecotipos que se desarrollan en el país se tiene:

- **Colombiano o Golden Keniano:** Es una variedad de uvilla caracterizada por su tamaño grande y su color amarillo intenso, su concentración de ácido cítrico es menor en relación a otras variedades. Sin embargo por su aspecto fenotípico es altamente demandado por los

mercados de exportación. El presente estudio, recomienda para la industrialización considerando su aspecto y mayor tamaño.

- **Ambateño:** Es una uvilla de fruto mediano, color verde y amarillo y que tiene alta cantidad de sustancias que le dan un sabor agri-dulce y aroma que destaca sobre el resto de ecotipos
- **Ecuadoriana:** Es un ecotipo más pequeño de color amarillo intenso y de mayor concentración de sustancias pro vitamínicas, su aroma es agradable.

2.1.4 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

El fruto necesita entre 60 y 80 días para madurar, el mismo que cuenta con extraordinarias propiedades nutricionales y medicinales, acompañados de su sabor y aroma que atraen a los consumidores, favoreciendo expansión a nuevos mercados locales e internacionales, sin dejar de lado su alto valor nutricional de provitamina A (principalmente beta-caroteno) y ácido ascórbico y algunas vitaminas del complejo B (tiamina, niacina y vitamina B12); además se enfatiza sus altos contenidos de proteína cruda, fósforo y hierro, pero con un reducido nivel de calcio. Además, el fruto se destaca por su alto contenido de antioxidantes, ácidos grasos poli-insaturados y fitoesteroles como se evidencia en la tabla 2 (Gerhard, Almanza, & Miranda, 2013).

Tabla 2. Composición nutricional de la Uvilla

Componentes	Contenido 100g de la parte comestible	Valores recomendados diarios (basados en una dieta de 2000 calorías)
Carbohidratos	16g	300g
Fibra	4.90g	25g
Grasa Total	0.16	66g

Proteína	0.05	
Ácido Ascórbico	43mg	60mg
Calcio	8mg	162mg
Caroteno	1.61mg	5000 IU
Fósforo	55.30mg	125mg
Hierro	1.23mg	18mg
Nicina	1.73mg	20mg
Rivoflavina	0.03	1.7mg

Fuente: (Romero, 2016)

Fischer, Piedrahíta, Miranda, & Romero (2005) y Reinoso (2014) indican que el contenido de azúcares del fruto se caracteriza por una mayor concentración de sacarosa, seguida por glucosa y fructosa, lo que corresponde a la composición del cáliz. El principal ácido orgánico es el cítrico, seguido por el málico, el ascórbico y el oxálico, respectivamente, que disminuyen durante la maduración

2.1.5 PRODUCCIÓN NACIONAL

De acuerdo a Nono et al (2005) en Ecuador la producción de uvillas tiene una amplia rentabilidad económica, debido a las condiciones agroclimáticas del territorio ecuatoriano, lo que la ha convertido en una excelente alternativa desde el punto comercial, con miras al mercado de exportación diversificando la oferta de nuevos productos en los mercados locales e internacionales.

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, mediante sistemas de producción semi-tecnificado, el 40% de los cultivos cuentan con producciones entre 13,6 t ha-1 en 350 ha. (Gerhard, Almanza, & Miranda, 2013).

“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” (Chancosi, 2017).

“La producción nacional de uvilla registra un crecimiento de expansión constante, lo que hace suponer que sus perspectivas son prometedoras y que puede convertirse en una excelente alternativa para diversificar las exportaciones” (Tórrez, 2011).

Según un estudio sobre el cultivo de uvilla en el Ecuador (realizado por la subsecretaría de Comercialización del MAGAP), en la actualidad existen alrededor de 200 hectáreas (ha) sembradas del fruto como se detalla en la tabla 3 (Proaño, 2011).

Tabla 3. Producción de uvilla en el Ecuador

Provincia	Hectáreas de uvilla
Pichincha	100 ha
Imbabura	60ha
Carchi	20ha
Cotopaxi	15ha
Tungurahua	5ha

Fuente: (Proaño, 2011).

Pacheco y Núñez (2012), mencionan que a partir de los años ochenta hasta la presente fecha, el fruto de la uvilla empezó a tener importancia comercial por sus características de fragancia y sabor dulce, en los mercados nacionales y extranjeros como Canadá, Alemania y otros. Actualmente se han establecido plantaciones comerciales con fines de exportación en Ecuador, Colombia Chile y Sudáfrica principalmente.

2.2 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y ORGANOLÉPTICAS

La uvilla es ampliamente conocida por sus propiedades fisicoquímicas, organolépticas, nutricionales y medicinales como se muestra en la tabla 4 y 5 (Fischer, Piedrahíta, Miranda, & Romero, 2005).

Tabla 4. Características físicas de la uvilla *Physalis peruviana* L.

Componentes	Contenido
Peso(g)	5,32
Esfericidad (Relación L/D)	0,95
Color semilla	Amarillo
% Pulpa	78,86
% Piel y semilla	16,82
% Capuchón	4,32
Forma de semillas	Redondeadas y aplanadas

Fuente: (Uzca Morán, 2008)

Tabla 5. Caracterización química de la fruta entera de uvilla *Physalis peruviana* L.

Parámetros		Valores
Humedad		81,26%
Cenizas		1,00%
pH		3,74
Acidez Titulable (Ácido cítrico)		1,26%
Vitamina C		18 mg/100 g
Sólidos Solubles		13,80 ° Brix
Azúcares Totales		12,26 %
Azúcares Reductores		4,67 %
	Fructosa	2,70 %
Azúcares	Glucosa	2,63 %
	Sacarosa	3,44 %
Ácidos orgánicos	Ácido cítrico	8,96 mg/g
	Ácido málico	1,39 mg/g

Fuente: (Uzca Morán, 2008)

Las características importantes a tener en cuenta en la uvilla son el pH, y los °Brix. El pH en frutos maduros esta alrededor de 3.7 y de pintones en 3.5. Los sólidos solubles en frutos

maduros están entre 14.8 y 15.1°Brix en frutos pintones, entre 14.1 y 14.5. Después del agua, los carbohidratos son los compuestos presentes en mayor proporción en la pulpa, vale destacar también los azúcares, pectinas y almidones (Fischer, Piedrahíta, Miranda, & Romero, 2005).

La uvilla cuenta con distintos estados de maduración de acuerdo a su color externo (véase figura 2) para lo cual se va a tener en cuenta la norma Icontec NTC 4580, que caracteriza seis (6) grados de madurez donde se describen algunas características como se observa en la tabla 6.

Tabla 6. Características fisicoquímicas de los 6 estados de madurez de la uvilla

Color	Estado 1	Estado 2	Estado 3 (verde)	Estado 4 (pintón)	Estado 5 (maduro)	Estado 6 (sobremaduro)
°Brix	11.4	13.2	14.1	14.5	14.8	15.1
% Ácido cítrico	2.70	2.56	2.32	2.03	1.83	1.68
Índice de madurez	4.2	5.2	6	7.1	8.1	9

Fuente: (ICONTEC, 1999)

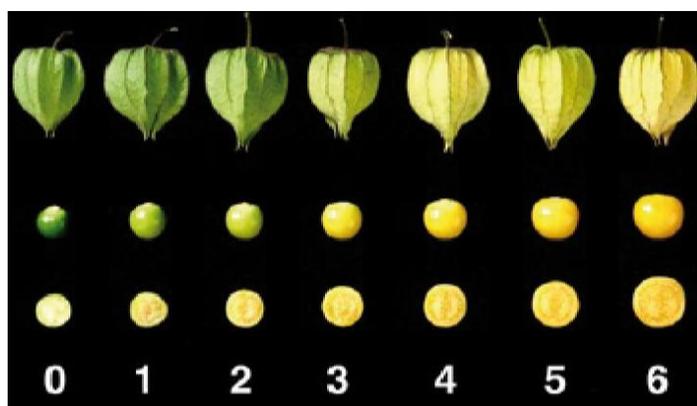


Figura 2. Tabla de color de la uvilla basado en la NTC 4580 (ICONTEC, 1999)

Marín (2009): Restrepo (2008) y Botero (2008) han realizado estudios recientes acerca de parámetros fisicoquímicos de fruta fresca uvilla *Physalis peruviana* L., los cuales se observan en la tabla 7.

Tabla 7. Parámetros fisicoquímicos de la uvilla *Physalis peruviana* L

Parámetro fisicoquímico	Contenido		
	(Marín, 2009)	(Restrepo, 2008)	(Botero, 2008)
°Brix	14.30 ± 0.80	13.80 ± 0.32	13.73 ± 0.49
pH	3.39 ± 0.06	3.39 ± 0.06	3.67 ± 0.12
Acidez (% de ácido cítrico)	2.05 ± 0.15	2.10 ± 0.26	1.90 ± 0.26
Actividad de agua	0.988 ± 0.002	0.985 ± 0.002	0.989 ± 0.030

2.3 CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES (POLIFENOLES TOTALES)

Physalis peruviana L., se postula como nutraceutico, por su alto contenido de vitaminas A, C, D, E y del complejo B; fitoquímicos como polifenoles cuya estructura química se muestra en la figura 3, los cuales pueden actuar como "barredores" de radicales libres, otorgándole a la uvilla propiedad antioxidante, que brindan valor agregado con potencial benéfico para la salud (Mazo, Maldonado, & Rojano, 2013).

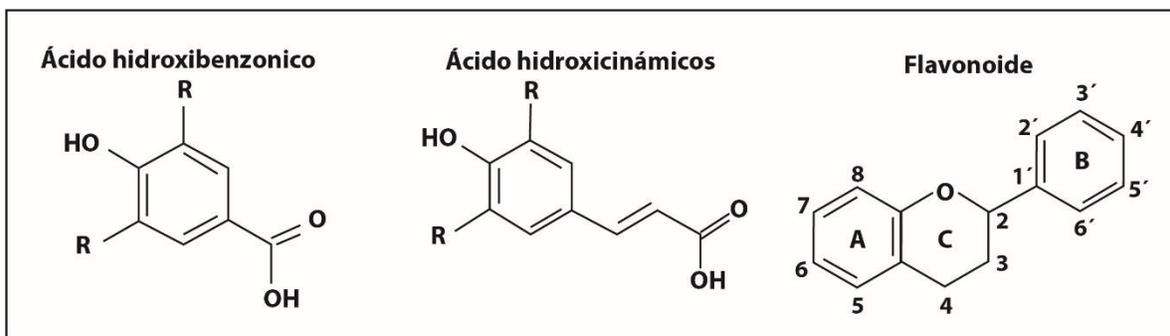


Figura 3. Estructura química de los compuestos fenólicos (Armenteros, Ventanas, Morcuende, Estévez , & Ventanas, 2017)

De acuerdo con Jurado (2016), los compuestos fenólicos están presentes en la mayoría de los productos naturales consumidos por el hombre y en estudios recientes se ha demostrado una significativa actividad antioxidante, en la uvilla que evidencia su potencial benéfico sobre la salud.

“La mayor parte de las propiedades medicinales de la uvilla (*Physalis Peruviana L.*) se basan principalmente en las reacciones por las cuales se propicia una reducción del estrés oxidativo en las células lo cual está asociado con la capacidad antioxidante de los polifenoles presentes en la fruta” (Tacanga Ramírez, 2015).

“En los frutos y vegetales existe varios compuestos fenólicos dentro de los cuales se puede citar el ácido eláxico presente en frutos secos, el ácido clorogénico, ácido gálico, alcoholes fenólicos como flavonoles sustancias características de los frutos en baya, flavonoles e isoflavonas” (Chancosi, 2017).

La madurez influye directamente en el contenido de compuestos bioactivos, dado que se generan durante la madurez procesos de biosíntesis otorgándole mayor contenido de polifenoles totales como se observa en la tabla 8; compuesto bioactivo que al encontrarse en mayor cantidad en el fruto conllevan a dar una mayor capacidad antioxidante (Repo de Carrasco & Encina Zelada, 2008).

“El contenido promedio de polifenoles totales en uvilla (*Physalis peruviana* L.) es $259,93 \pm 42,74$ mg de ácido gálico/100g de muestra seca” (Llerena Silva, 2014).

Restrepo (2008) y Botero (2008) han estudiado sobre los valores de la capacidad antioxidante del fruto *Physalis peruviana* L. determinados en términos de la concentración de polifenoles totales (método de Folin-Ciocalteu) , valores que se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Capacidad antioxidante de la uvilla *Physalis peruviana* L.

Parámetro	Actividad antioxidante	
	(Restrepo, 2008)	(Botero, 2008)
Contenido total de polifenol (mg de ácido gálico / 100 g de muestra)	40.45 ± 0.93	39.15 ± 5.43

2.4 CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Los antioxidantes son compuestos químicos que el cuerpo humano utiliza para eliminar radicales libres y reducir el daño oxidativo, además son ampliamente usados para tratar diferentes enfermedades que atacan a la salud humana. 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, 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 (Chancosi, 2017).

Para medir la capacidad antioxidante de los alimentos, muestras biológicas y extractos vegetales se utilizan ensayos espectrofotométricos con captadores de radicales libres como el método 1,1-difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH), el cual mide la capacidad de la muestra para neutralizar el radical DPPH por transferencia de hidrógeno como se muestra en la figura 4 (Corrales Bernal, Vergara, Rojano, Yahía, & Maldonado, 2015).

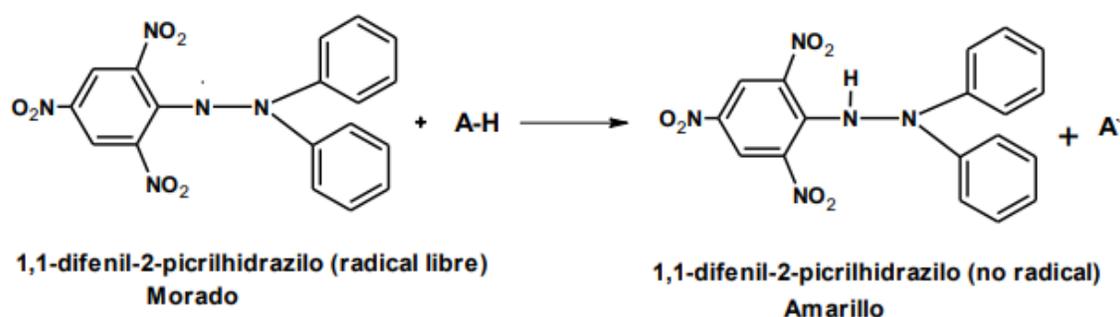


Figura 4. Estructura del DPPH antes y después de la reacción con el antioxidante (Tovar del Río, 2013)

Corrales Bernal, Vergara, Rojano, Yahía, & Maldonado (2015) realizaron estudios acerca de la capacidad antioxidante de la uvilla verde, pintona y madura por el método DPPH como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Capacidad antioxidante por el método DPPH de la uvilla en tres estados de madurez

Estado de madurez	DPPH
	(μmol equivalentes de Trolox / 100 g pulpa seca)
Uvilla verde	243.6 ± 9.6
Uvilla pintona	226.3 ± 11.7

Fuente: (Corrales Bernal, Vergara, Rojano, Yahía, & Maldonado, 2015)

2.5 VALIDACIÓN DE MÉTODOS ANALÍTICOS

“La validación proporciona un alto grado de confianza y seguridad del método analítico y se realiza con carácter obligatorio cuando se desarrolla un nuevo procedimiento, ya que permite asegurar que se realice correctamente el método propuesto” (Fernández, Aguilera, Morales, & Jiménez, 2002).

De acuerdo con la FAO (2005) el objetivo de la validación es probar la aptitud de los métodos, así como la capacidad del personal y el laboratorio. La validación se apoya en los parámetros estadísticos del procedimiento. El laboratorio debe confirmar que puede aplicar correctamente el método normalizado previo a su uso en ensayos o calibraciones. Cualquier variación en el método normalizado implica la repetición de dicha confirmación.

2.5.1 CARACTERÍSTICAS ANALÍTICAS TÍPICAS EN LA VALIDACIÓN

Según ANFACO (2017) las Características Analíticas típicas en la validación son:

- Selectividad y especificidad
- Linealidad
- Exactitud
- Precisión
- Robustez
- Límite de Detección
- Límite de cuantificación

1. Selectividad y especificidad

De acuerdo con ANFACO (2017) la selectividad y especificidad es la habilidad de evaluar inequívocamente el analito en presencia de componentes que se puede esperar que estén presentes. Típicamente éstos pueden incluir impurezas, productos de degradación, la matriz, etc.

2. Linealidad y Sensibilidad con Patrones

Para estudiar la linealidad y sensibilidad de respuesta se realizará una curva de calibración como se muestra en la figura 5, esta se trabajará con distintas concentraciones (entre cuatro y siete), realizando varios replicados (entre cuatro y seis). Se grafica respuesta (área o relación de áreas en el caso de utilizar patrón interno) en función de la masa de la sustancia utilizada y se efectúa el tratamiento estadístico de los datos, determinado ordenada al origen, pendiente (sensibilidad), coeficiente de correlación y coeficiente de variación porcentual para cada nivel de concentración. El coeficiente de correlación, preferentemente, debe ser mayor o igual que 0.995 (puede encontrarse entre 0.980 y 0.990 según el método analítico). Se evalúa la linealidad en el rango de 10 a 200 mg/kg, comprobando el coeficiente de regresión R^2 y el Factor Respuesta/Concentración (FAO, 2005).

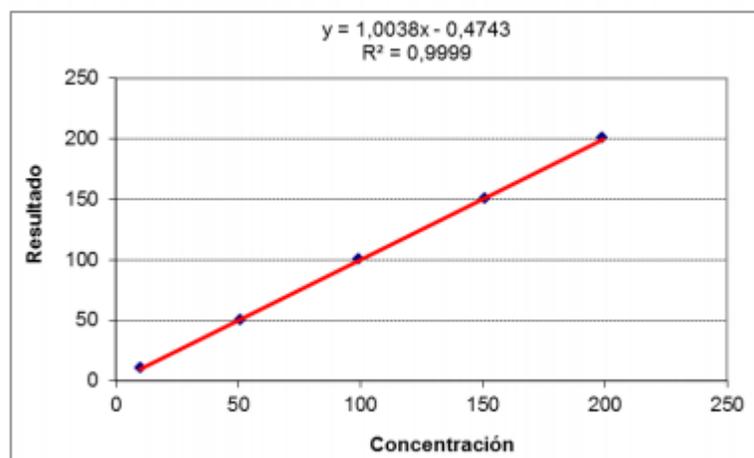


Figura 5. Curva de calibración para efectuar la linealidad del método (FAO, 2005)

3. Exactitud

Es el grado de concordancia entre el valor medio obtenido de una serie de mediciones y el valor de referencia. Para la evaluación de este parámetro se realiza el análisis de un material de referencia certificado, preferentemente con una matriz semejante a la de la muestra. Sólo en el caso de no existir un material adecuado se puede realizar un ensayo de recuperación. Cuando sea posible, se realizan un mínimo de 10 repeticiones del ensayo tres días consecutivos. Se compara el promedio de los valores obtenidos con el valor de referencia certificado, teniendo en cuenta la incertidumbre asociada a ese material (Fernández, Aguilera, Morales, & Jiménez, 2002).

4. Precisión

Grado de concordancia entre resultados de ensayos independientes obtenidos en condiciones predeterminadas. La precisión se suele expresar como imprecisión mediante el cálculo de desviaciones estándar relativas calculadas y las desviaciones relativas estándar de Horwitz. El coeficiente de variación de Horwitz para diferentes concentraciones de analito se muestra en la figura 6.

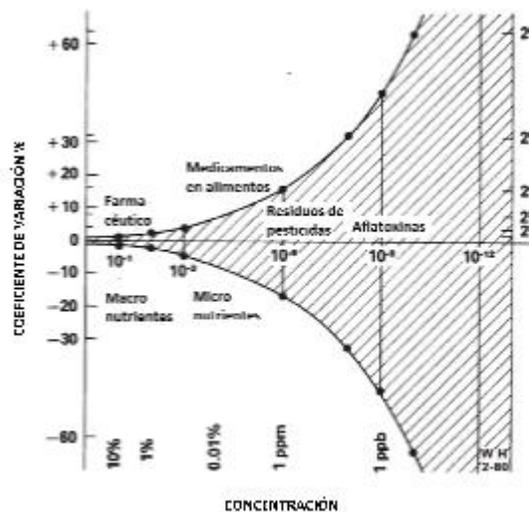


Figura 6. Trompeta de Horwitz (Rivera Orozco & Rodríguez Báez , 2010)

5. Robustez

Susceptibilidad de un método analítico a los cambios de las condiciones experimentales, como puede ser el tipo de matriz que se analice y que pueden expresarse en forma de lista de los materiales de la muestra, los analitos, las condiciones de almacenamiento o las condiciones ambientales o de preparación de la muestra en las que puede aplicarse el método tal cual o con determinadas modificaciones menores (ANFACO, 2017).

6. Límite de detección:

Cantidad más pequeña de analito en una muestra que puede ser detectada por una única medición, con un nivel de confianza determinado, pero no necesariamente cuantificada con un valor exacto. Es comúnmente expresado como concentración del analito.

7. Límite de cuantificación

Cantidad más pequeña del analito en una muestra que puede ser cuantitativamente determinada con exactitud aceptable. Es un parámetro del análisis cuantitativo para niveles bajos de compuestos en matrices de muestra y se usa particularmente para impurezas y productos de degradación. Se expresa como concentración del analito.

2.6 TASA DE RESPIRACIÓN

En algunos frutos, el inicio de la maduración se acompaña por un aumento en la intensidad respiratoria y en la producción de etileno, el cual llega a su valor máximo cuando el fruto está completamente maduro, es decir, cuando ha alcanzado su madurez de consumo; a partir de este momento su intensidad respiratoria disminuye, y corresponde al periodo de senescencia. Los frutos que presentan este comportamiento se denominan climatéricos; los frutos no climatéricos no presentan aumento de la respiración. En este caso la uvilla es considerada un fruto intermedio entre un comportamiento climatérico y no climatérico (Fischer, Piedrahíta, Miranda, & Romero, 2005).

Durante la respiración se producen cambios en las proteínas, lípidos y ácidos orgánicos. En general, la velocidad de deterioro de las frutas es proporcional a su intensidad respiratoria. En el proceso respiratorio se pueden distinguir tres etapas, las cuales son hidrólisis de los polisacáridos hasta azúcares simples, oxidación de estos azúcares a ácido pirúvico y la transformación aeróbica del piruvato y otros ácidos orgánicos en dióxido de carbono, agua y energía (Benavides Pabón & Cuasqui Anrrango, 2008).

Sánchez (2012) menciona que dentro del campo de la conservación de alimentos se han desarrollado muchas tecnologías que hacen posible que la vida útil, en especial de alimentos sensibles (como frutas, verduras, etc.) se vea extendida y de esta manera sea fácilmente disponible para el consumo humano, por lo cual la respiración que tienen estos alimentos, juega un rol muy importante para la conservación de la fruta mediante la aplicación de técnicas de preservación. La respiración es un proceso que involucra un deterioro progresivo de los alimentos por el gasto de su contenido nutricional en forma de calor vital.

La tasa de respiración es mínima cuando alcanza la madurez fisiológica y permanece constante incluso después de la recolección y aumenta bruscamente hasta un máximo o pico climatérico únicamente cuando va a producirse la maduración organoléptica, y después disminuye lentamente (Benavides Pabón & Cuasqui Anrrango, 2008).

La curva respiratoria de frutos consta de volumen de CO₂ desprendido en la respiración del fruto por unidad de peso fresco y de tiempo, a temperatura constante como se observa en la figura 7.

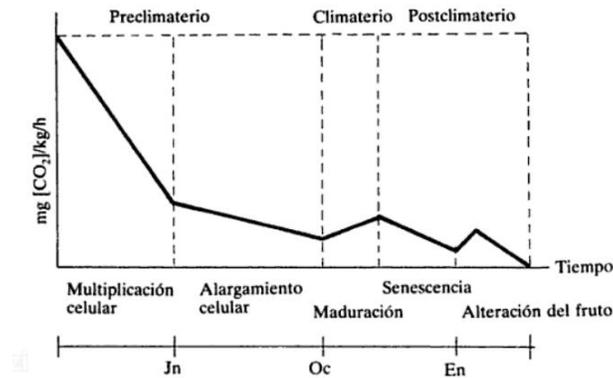


Figura 7. Curva respiratoria de frutos (Gerhard, Almanza, & Miranda, 2013)

De acuerdo con Nieto (2010) algunos de los factores biológicos y fisiológicos que conducen o afectan cambios químicos en las frutas frescas pueden ser:

- La respiración, se efectúa un proceso en el cual el oxígeno del aire se combina con el carbón de los tejidos vegetales, obteniéndose al final CO₂ y agua, liberándose energía en forma de calor durante el proceso.
- Deterioro físico de las frutas, que está directamente relacionado con la tasa de respiración. A su vez la tasa de respiración, depende de factores como la variedad de la fruta, su madurez, su relación superficie a volumen, su composición química, su contenido de oxígeno y gas carbónico, la temperatura y la humedad relativa del lugar de almacenamiento.
- Transpiración, es el proceso por el cual se pierde agua en forma de vapor a través de aberturas microscópicas en la epidermis de la fruta y constituye la causa principal de pérdida de peso;
- Deterioro fisiológico (no patógenos) pueden aumentarse durante el almacenamiento, pudiendo causar pérdidas considerables, como por ejemplo el daño por enfriamiento;
- Daño mecánico;
- Deterioro patológico, es ocasionado por hongos, bacterias y levaduras, pueden producir pérdidas de peso;
- Temperatura, es uno de los principales factores que afectan la calidad y tiempo de vida útil de las frutas. La temperatura influye en el metabolismo, transpiración, crecimiento,

desarrollo, maduración, cambios de color, cambios de textura, senescencia, el estado microbiológico y apariencia de la fruta,

- Nivel de humedad relativa, está estrechamente relacionada con la transpiración;
- Composición atmosférica, este procedimiento de conservación de frutas por modificación de la composición de oxígeno y gas carbónico, en el lugar de almacenamiento se llama atmósfera controlada. En ella, la concentración de oxígeno se reduce, mientras que la concentración de gas carbónico se incrementa dependiendo de la variedad de la fruta y tiempo de almacenamiento de la misma.

2.7 MÉTODOS DE CONSERVACIÓN

Los métodos de conservación que han sido estudiados para la uvilla son atmosferas controladas, modificadas y refrigeración, mismos que se detallan a continuación.

2.7.1 ATMÓSFERAS CONTROLADAS (AC)

La tecnología de atmósferas controladas (AC) es utilizada en cuartos fríos para el almacenamiento, o en contenedores para el transporte de productos hortofrutícolas. Esta técnica estabiliza la atmósfera que rodea el producto, en porcentajes exactos con relación al O₂ y al CO₂ presentes en ella, dependiendo de la variedad vegetal a controlar (Montoya D. , 2008).

Para cambiar la atmósfera normal se emplea básicamente la mezcla de tres gases O₂, CO₂ y N₂. El N₂ sirve para desplazar el O₂, protegiendo a los alimentos de la oxidación y reduciendo el crecimiento de microorganismos; además se usa para mantener en equilibrio la atmósfera dentro de la cámara. El CO₂ elevado reduce la respiración e inhibe la acción del etileno, provocando que los tejidos de los productos entren en una especie de dormancia. Por otro lado, el CO₂ en elevadas concentraciones inhibe la actividad de los microorganismos (Santiago Rodríguez, 2017).

La reducción del oxígeno y el aumento del dióxido de carbono, pueden ser intencionadas (almacenamiento en atmósferas controladas). Estos cambios pueden potenciar o retrasar el deterioro. La magnitud de estos cambios depende de cada producto, edad fisiológica, niveles de oxígeno y dióxido de carbono, temperatura, y duración del almacenamiento. La conservación en condiciones hipobáricas o subatmosféricas pueden reducir la presión parcial del etileno y del oxígeno, lo que retarda los procesos de maduración y senescencia de las frutas (Benavides Pabón & Cuasqui Anrrango, 2008).

Santiago Rodríguez (2017) menciona que existen distintos sistemas de AC y su implementación depende del motivo para su empleo y el tiempo de almacenamiento requerido.

- AC convencional. Se deja que la fruta almacenada modifique la atmósfera al reducir los niveles de O_2 e incrementar los niveles de CO_2 mediante su proceso de respiración hasta que se establezca la atmósfera necesaria.
- AC rápida. Se conoce que el control rápido de la atmósfera después de sellar la cámara de almacenamiento prolonga más la vida útil de los productos y mantiene su calidad. Los niveles bajos de oxígeno en este sistema se alcanzan en menos de dos días, mediante la inyección de nitrógeno dentro de la cámara o generadores de AC. Este control rápido de la atmósfera es el más empleado para la conservación de los productos (aguacate, pera, manzana, col, tomate, espinacas, zarzamora, cebollas, entre otras). Se lleva un control preciso de la concentración de los gases, temperatura y humedad relativa a través de aparatos especializados.
- AC de ultra bajo oxígeno. Se encontró mediante investigaciones que mantener niveles muy bajos de O_2 permite prolongar la vida postcosecha y preservar la calidad de los productos. Es como una AC rápida, con la diferencia de que se emplean niveles de O_2

menores al 1 %, sin usar niveles altos de CO₂. Los niveles de O₂ en este sistema son críticos, requiriendo un control y monitoreo eficientes para prevenir que los niveles de O₂ se reduzcan a concentraciones peligrosas para los productos. Empleada para la conservación prolongada de manzanas, peras, bayas azules y kiwis. Prolonga la vida útil y conserva por mayor tiempo la calidad que la AC convencional.

- AC de alto CO₂. Reportada para la conservación de manzana, consiste en elevar los niveles de CO₂ a valores de 10 a 15 % durante 2 a 4 semanas entre 0 y 5 °C antes de iniciar la atmósfera ideal.
- AC de bajo etileno. De manera general el etileno alcanza concentraciones de 500 a 1000 ppm en cámaras con AC rápidas y convencionales. Consiste en mantener niveles muy bajos para preservar por más tiempo los productos hortofrutícolas. Los niveles de etileno en este sistema no deben ser mayores a 1 ppm, mantenido mayor firmeza en relación a la AC convencional. Su uso es muy limitado.
- AC de sistema de control dinámico. Se tienen que mantener los niveles de O₂ en los límites mínimos tolerados por la fruta, con la ayuda de sensores se monitorean dichos niveles y se ajustan periódicamente. En este sistema las condiciones de la AC se modifican continuamente, reaccionando a las condiciones fisiológicas de los productos.

De acuerdo con Montoya (2008), las ventajas que se pueden obtener combinando la AC en una cámara refrigerada son las siguientes:

- Extensión de la vida de conservación.
- Creación de nuevos segmentos de mercado para las frutas exóticas.

- Los parásitos que se encuentran en la carga mueren o su desarrollo resulta muy retardado (reducción del tratamiento después de la cosecha, calidad, costos).
- Continuamente se obtienen datos de control de la temperatura, del O₂, del CO₂ y de la humedad relativa (calidad).
- Las frutas pueden transportarse en un grado de madurez más avanzado de modo que tiene mejor sabor (calidad).
- La duración del transporte de las frutas se puede alargar considerablemente, es decir que las frutas hasta ahora han sido transportadas por vía aérea para cubrir largas distancias, ahora pueden ser transportadas por vía terrestre o marítima gracias a ésta tecnología.
- Reducción de las pérdidas durante el transporte (costos).

De acuerdo con Orjuela, Pinilla, & Rincón, (2002) las Atmósferas Controladas presentan aspectos positivos y negativos, los cuales se detallan en la tabla 10.

Tabla 10. Aspectos positivos y negativos de la AC

Positivo	Negativo
Aumenta el periodo de conservación del fruto por periodos mayores de 4 meses.	Al utilizar concentraciones muy bajas de O ₂ y muy altas de CO ₂ se puede producir respiración anaerobia y fermentación alcohólica afectando el sabor de los frutos.
Conserva frutos sensibles a bajas temperaturas	Las concentraciones elevadas de CO ₂ (10 al 12%) puede ocasionar una pérdida considerable de azúcares produciendo pérdida de aromas y aumento de acidez.

Pérdidas de peso por transpiración y Tecnología costosa respiración son relativamente bajas.

Los atributos de calidad, color, olor, dureza de la pulpa y jugosidad se mantienen debido al triple efecto del frío y las concentraciones adecuadas de CO₂ y O₂.

Reducen las alteraciones producidas por hongos.

Descenso en el máximo climatérico de la fruta y amplía el periodo pre y post-climatérico.

Los frutos conservados en AC maduran más uniformemente que en el medio ambiente

Fuente: (Orjuela, Pinilla, & Rincón, 2002)

2.7.2 ATMOSFERAS MODIFICADAS

Lanchero, Velandia, Fischer, Varela, & García (2007) y Guerrero (2013) mencionan que la atmósfera modificada (pasiva y activa) es una técnica física que no deja residuos químicos en los productos y tiene como objetivo principal cambiar el microambiente del producto almacenado, a su vez se fundamenta en la variación del contenido de oxígeno, anhídrido

carbónico o nitrógeno en las cámaras de almacenamiento permitiendo controlar la tasa de respiración y las reacciones de maduración del fruto.

Se han realizado estudios acerca del comportamiento de la uvilla *Physalis peruviana* L. en poscosecha bajo condiciones de atmósfera modificada activa donde se evaluaron frutos con y sin cáliz, tres tipos de película (polietilentereftalato-polietileno, polipropileno biorientado-polietileno y polyolefin) y cuatro concentraciones de gas (5% CO₂ y 5% O₂; 5% CO₂ y 10% O₂; mezcla comercial y mezcla ambiental), se emplearon 75 g de fruta empacados y almacenados a una temperatura de 7°C durante un mes; semanalmente se tomaron datos de variables físicas y químicas de tres unidades experimentales por cada tratamiento. donde dio como resultado que los frutos con cáliz conservaron mejor la firmeza, la película de polyolefin mostró el mejor comportamiento y los frutos presentaron un pH de 3,8, 12,9 °B, índice de madurez de 9,9 y una pérdida de peso fresco de 0,75%. Para las distintas concentraciones de gas no se encontraron diferencias significativas (Lanchero, Velandia, Fischer, Varela, & García, 2007).

“La Atmósferas Modificadas se diferencia de la Atmósferas Controladas en el grado de control de la atmósfera, pues en Atmósferas Controladas las concentraciones de gases son más precisas, tienen un sistema de control más exacto y se emplean para conservar a los productos hortofrutícolas por largos períodos” (Santiago Rodríguez, 2017).

2.7.3 REFRIGERACIÓN

La temperatura de almacenamiento es el factor que mayor influencia ejerce sobre la velocidad de respiración de la fruta. Las temperaturas altas aceleran el proceso de respiración llevando rápidamente al deterioro de la fruta. Sin embargo, las temperaturas muy bajas también pueden ocasionar daño al producto, por esto es necesario determinar la temperatura adecuada para cada producto (Guerrero Ochoa, 2013).

Se realizaron estudios de la evaluación del efecto de temperatura de almacenamiento sobre el contenido de ácido ascórbico y propiedades nutracéuticas de la uvilla *Physalis peruviana* L. con cáliz donde se obtuvo la conclusión de que 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 (Chancosi, 2017).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

Las pruebas preliminares y el desarrollo experimental se realizaron en las instalaciones del laboratorio de análisis experimental e innovación de la carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte cuya ubicación se detalla en la tabla 11.

Tabla 11. Ubicación del experimento

Provincia:	Imbabura
Cantón:	Ibarra
Parroquia:	El Sagrario
Altitud:	2226.26 m.s.n.m.
Latitud:	0° 20´ Norte
Longitud:	78° 08´ Oeste
Humedad relativa promedio:	72%
Precipitación:	550.3 mm/año
Temperatura media:	17,7°C

Fuente: (INAMHI, 2017)

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

Para la presente investigación se utilizaron los materiales y equipos que se muestran en la tabla 12.

Tabla 12. Equipos y materiales de la fase experimental

Materia Prima e Insumos	Equipos	Materiales	Reactivos
Uvilla en estado de madurez fisiológica	Mezclador de Gases	Tanques de Suministro de Gases	Agua destilada
	Analizador de Gases	Reguladores de Gases	Fenofaleína al 1%
	Refrigeradora	Frascos de Vidrio 2 Lt.	Hidróxido de sodio 0.1N
	Balanza infrarroja	Válvulas 2QV-04-04CKD	Metanol
	Secador	Válvulas reguladoras de caudal	Ácido gálico
	Balanza Analítica	Pasamuros de goma	Folin-Ciocalteu 1N
	Potenciómetro	LEGRIS	carbonato de sodio (Na ₂ CO ₃)
	Refractómetro	Manguera de teflón.	Reactivo DPPH
	Espectrofotómetro UV-VIS	Divisiones en cruz	Reactivo Trolox
	Colorímetro	Vasos de precipitación	
	Texturómetro	Balones volumétricos de 25 ml	
	Liofilizador	Papel filtro	
	Desecador	Pipetas	
	Plancha de agitación magnética.	Probetas	
	Centrifugadora	Tubos de ensayo	
	Vortex		

3.3 MÉTODOS

3.3.1 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS (pH, SÓLIDOS SOLUBLES, ACIDEZ Y HUMEDAD) Y ORGANOLÉPTICOS (COLOR Y TEXTURA) DE LA UVILLA CON CÁLIZ.

Se realizó los análisis fisicoquímicos (pH, sólidos solubles, acidez y humedad) y organolépticos (color y textura) antes y después del almacenamiento mediante atmósferas controladas para evaluar si existe un cambio significativo de estas variables en cuanto a la uvilla. Los métodos a utilizar de las variables mencionadas se detallan en la tabla 13 y su descripción se presenta en el Anexo A.

Tabla 13. Análisis fisicoquímico y organoléptico de la uvilla *Physalis peruviana* L.

Características	Variable	Unidad	Método/Equipo
	Acidez titulable	%	AOAC Official Methods 942.15 descrito por Carmona (2010)
	pH	-	Potenciómetro JENWAY (3510) AOAC Official Methods 981.12 descrito por Carmona (2010)
Químicas	Sólidos Solubles	°Brix	Refractómetro REICHERT AMETEK AOAC Official Methods 932.12 descrito por Carmona (2010)
	Humedad	%	Balanza infrarroja.
Físicas	Color	-	Colorímetro
	Textura	.	Texturómetro (modelo EZSX).

3.3.2 EVALUACIÓN DE LA TASA DE RESPIRACIÓN DE LA UVILLA CON CÁLIZ

Se evaluó la tasa de respiración de la uvilla mediante el método y equipo descrito en la tabla 14. Para la evaluación de la tasa de respiración se utilizó el sistema estático cerrado, el cual consiste en colocar la uvilla con cáliz en un envase hermético, rígido y de volumen conocido. En la tapa de los recipientes de vidrio se colocó un septum a través del cual se evaluó los cambios en la composición de la atmosfera interna. Se analizó el contenido en O₂ y CO₂ con un analizador de gases provisto de una aguja conectada a un filtro. Al envase con la fruta se le inyectó la mezcla de gases en el día cero, luego se procedió a cerrar la válvula a una hora determinada para el análisis de concentraciones iniciales de oxígeno y dióxido de carbono, después de un tiempo de 8 horas se analizó las concentraciones finales de oxígeno y dióxido de carbono, por último, se abrió la válvula. Este procedimiento se realizó 3 veces por semana, por un periodo de 20 días. Los cálculos para determinar la tasa de respiración se realizaron mediante las ecuaciones 1 y 2. Los resultados se expresaron en mlCO₂/kg.h o ml O₂/kg.h

Tabla 14. Evaluación de la tasa de respiración de la uvilla *Physalis peruviana* L.

Variable	Unidad	Método/Equipo
Tasa de respiración	mlCO ₂ kg ⁻¹ .h ⁻¹ mlO ₂ kg ⁻¹ .h ⁻¹	Analizador de gases WITT: MAPY 4.0 LE SP O ₂ /CO ₂ Método descrito por Angós, Vírveda y Fernández (2007)

$$RO_2 = \frac{(Y^{ti}O_2 - Y^{tf}O_2) \times V}{100 \times M \times (tf - ti)}, \quad (1)$$

$$RCO_2 = \frac{(Y^{tf}CO_2 - Y^{ti}CO_2) \times V}{100 \times M \times (tf - ti)}, \quad (2)$$

Dónde:

RO_2 y RCO_2 : tasas respiratorias de consumo de O_2 y producción de CO_2 , en $ml \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$

$tf - ti$: intervalo de tiempo (h) entre muestreos

Y^{ti} e Y^{tf} : concentraciones volumétricas de O_2 y CO_2 en los instantes inicial y final en (%)

M : masa de la fruta envasada, en kg

V : es el volumen libre del envase, en ml (vol. envase – vol. fruta)

El cálculo del volumen libre del envase se determinó mediante diferencia entre el volumen total del envase y el volumen ocupado por el fruto como se detalla en la ecuación 3.

$$V = V_{envase} - V_{fruto} \quad (3)$$

Dónde:

V : Volumen libre del envase

V_{envase} : Volumen total del envase

V_{fruto} : Volumen total del fruto

El volumen de la fruta se determinó mediante la densidad, la cual se realizó por desplazamiento de volumen por inmersión, esto fue realizado por triplicado obteniendo una densidad promedio de la fruta y su respectiva masa dando como resultado el volumen de la misma, para lo cual se utilizó la ecuación 4, 5 y 6.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (4)$$

Dónde:

ρ : Densidad en Kg/m³

m: Masa del fruto en Kg

V: Volumen del fruto en m³

La masa y el volumen se realizó por triplicado para el cálculo de la densidad promedio mediante la ecuación 5.

$$\rho_{promedio} = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3}{3} \quad (5)$$

Dónde:

$\rho_{promedio}$: Densidad promedio en kg/m³

$\rho_1 + \rho_2 + \rho_3$: Densidad por triplicado

Con este dato se procedió al cálculo del volumen total del fruto a envasar mediante la ecuación 6

$$V_{fruto} = \frac{m}{\rho_{promedio}} \quad (6)$$

Dónde:

V_{fruto} : Volumen total del fruto

m: Masa de la fruta en Kg.

ρ_{promedio} : Densidad promedio en kg/m^3

El patrón de respiración indica el cambio en la tasa de respiración con el tiempo (20 días) y se expresa gráficamente los datos obtenidos en una curva como se observa en la figura 8.

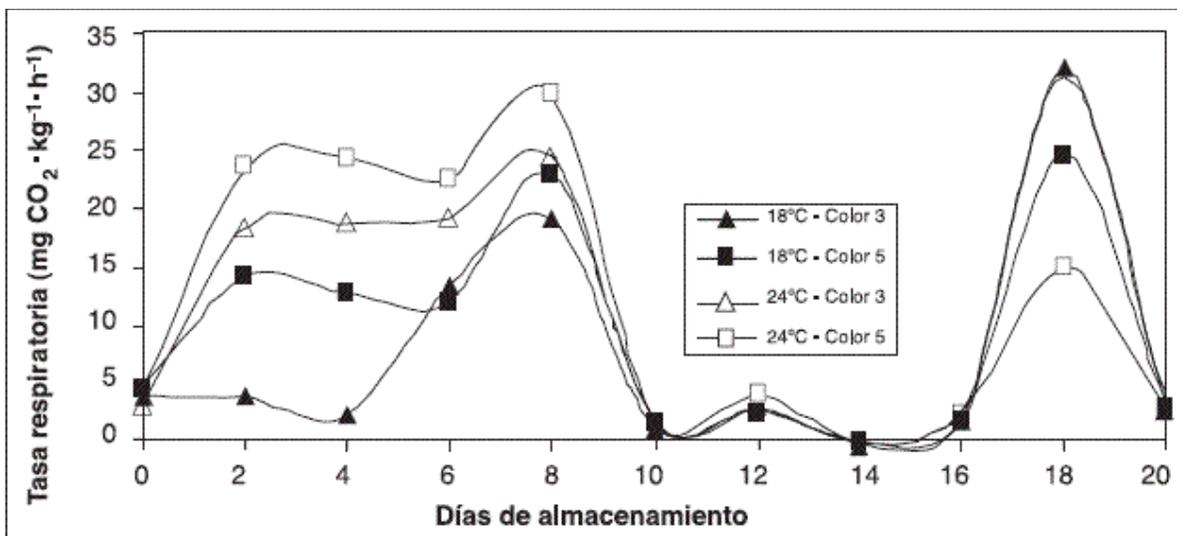


Figura 8. Curva de tasa de respiración de la uvilla (Ávila, Moreno, Fischer, & Miranda, 2004)

En la presente investigación se utilizó un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial AXB+1 testigo y a continuación se describen los factores, tratamientos de estudio y su respectivo análisis de varianza.

3.3.2.1 Factores de estudio

Los factores en estudio son 2 donde el factor A es temperatura y el factor B es concentración de gases (Oxígeno, Dióxido de carbono y Nitrógeno) como se representa en la tabla 15.

Tabla 15. Factores en estudio

Factor A: Temperatura	Factor B: Concentración de gases
5°C	O ₂ : 3% CO ₂ : 17% y N ₂ : 80%
8°C	O ₂ : 5% CO ₂ : 15% y N ₂ : 80%

3.3.2.2 Tratamientos de estudio

Con el diseño propuesto se obtienen los tratamientos que se muestran en la tabla 16.

Tabla 16. Nomenclatura de los tratamientos

TRATAMIENTOS	FACTOR (A)	FACTOR (B)	SIMBOLOGÍA
	Temperatura	Concentración de gases	
T1	A1	B1	A1B1
T2	A2	B1	A2B1
T3	A1	B2	A1B2
T4	A2	B2	A2B2

T0: Testigo

3.3.2.3 Unidad Experimental

El material empleado para cada unidad experimental fue de 150g de uvilla fresca con cáliz con índice de madurez fisiológica envasadas en frascos de vidrio de 2 Litros.

3.3.2.4 Características del experimento:

El número de tratamientos, repeticiones y unidades experimentales se presentan a continuación:

Numero de repeticiones por tratamiento 3

Numero de tratamientos 4 + 1 testigo

Unidades experimentales 15

3.3.2.5 Análisis de varianza

El análisis de varianza del diseño propuesto se muestra en la tabla 17.

Tabla 17. DCA AxB+1

Fuentes de variación	G.L
Total	14
Tratamientos	4
Factor A (Temperatura)	1
Factor B (Concentración de Oxígeno)	1
AXB	1
Testigo VS Resto	1
Error experimental	10

Si existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos se realizará la prueba de Tukey al 5%.

3.3.3 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA UVILLA CON CÁLIZ

Se determinó el contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante de la uvilla con cáliz durante el almacenamiento mediante atmósferas controladas cada 4 días por un periodo de 20 días para evaluar su comportamiento. Los métodos que se utilizaron se detallan en la tabla 18 y su desarrollo respectivo se encuentra en el Anexo C. Se empleó el mismo Diseño experimental propuesto en la sección anterior.

Tabla 18. Determinación de polifenoles totales y capacidad antioxidante de la uvilla *Physalis peruviana* L.

Variable	Unidad	Método/Equipo
Polifenoles totales	mg GAE/100g pulpa seca	Método Folin-Ciocalteu descrito por Yıldız, İzli, Ünal, y Uylaşer, (2014)
Capacidad antioxidante	µmol ET/ 100 g pulpa seca.	Método 1,1-difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH) descrito por Corrales Bernal, Vergara, Rojano, Yahía, & Maldonado, (2015)

3.4 MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

3.4.1 DIAGRAMA DE BLOQUES

Diagrama de bloques del almacenamiento de la uvilla mediante atmosferas controladas

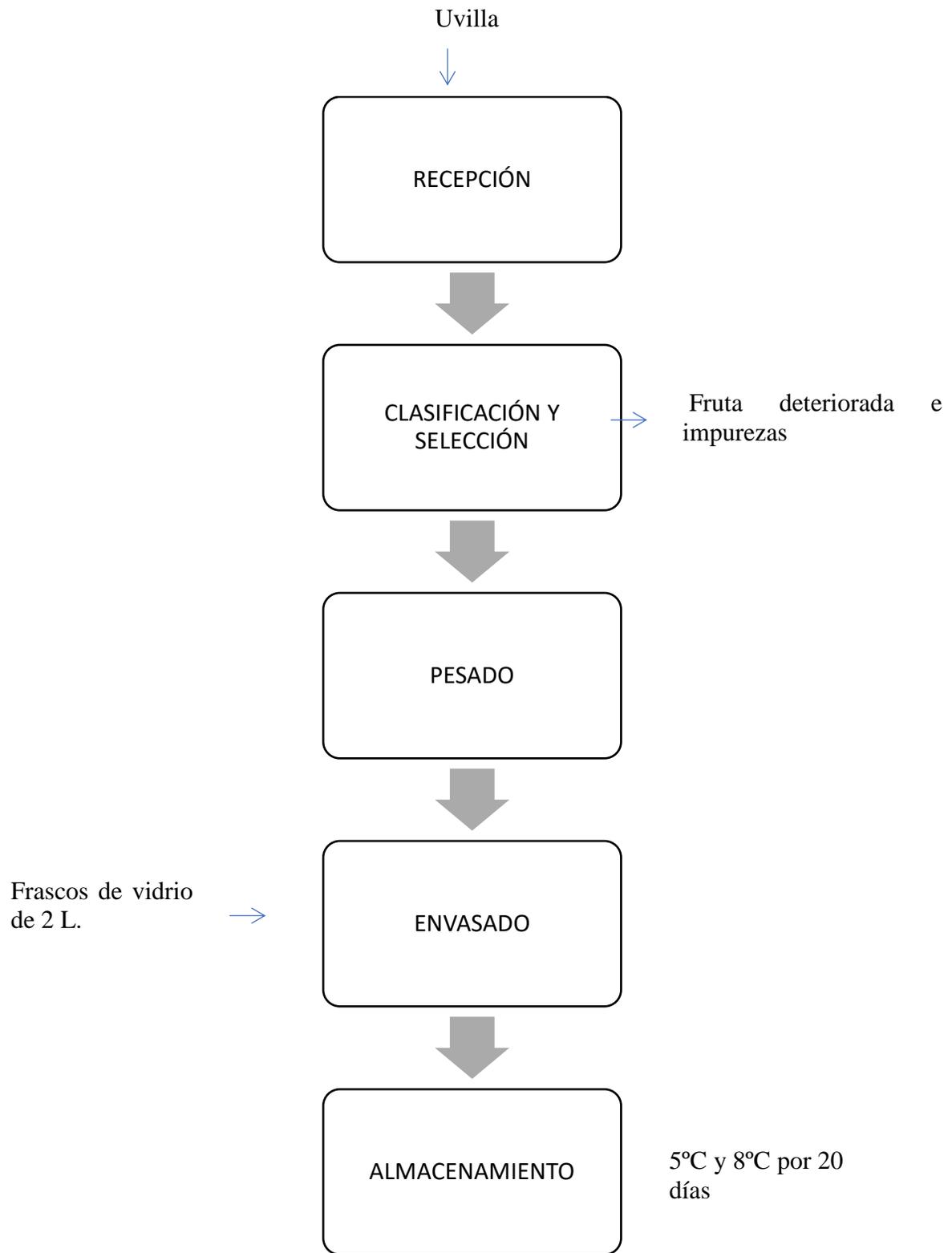


Figura 9. Flujo del proceso de desarrollo del experimento

3.4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

- **Recepción de la materia prima**

La uvilla *Physalis peruviana* L. se obtuvo del cantón Antonio Ante parroquia Natabuela en estado de madurez fisiológica tomando en cuenta el color del cáliz con tono amarillo verdoso de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana 4580 (ICONTEC, 1999) como se muestra en la figura 10. La materia prima se recibió en el Laboratorio de Análisis Experimental e Innovación de la carrera de Ingeniería Agroindustrial en bandejas plásticas para el registro respectivo del peso y para su posterior utilización.



Figura 10. Recepción de la materia prima

- **Clasificación y Selección**

Se realizó en forma manual en donde se clasificó y se seleccionó la materia prima teniendo en cuenta su tamaño, frutos que presenten defecto físico o alguna infestación por plaga con la finalidad de que el experimento sea exitoso como se detalla en la figura 11.



Figura 11. Clasificación y selección de la materia prima

- **Pesado**

Se realizó el pesado respectivo de la uvilla mediante una balanza analítica de 150g/ frasco para proceder a envasar como se observa en la figura 12. Teniendo en cuenta que el peso registrado por frasco sea suficiente para los respectivos análisis fisicoquímicos, organolépticos, polifenoles totales y capacidad antioxidante.



Figura 12. Pesado de la materia prima

- **Envasado**

Se utilizó envases de 2 Litros de vidrio con tapa de vidrio herméticos acondicionados de 3 agujeros en donde 2 de ellos fueron conectados mediante pasamuros de gomas a las

mangueras de teflón y a las válvulas de entrada y salida de gas (CO_2 , O_2 y N_2) por la cual se suministró el flujo continuo de la mezcla de gases y el otro agujero fue sellado con silicona para la medición de la tasa de respiración como se muestra en la figura 13.

Para determinar el volumen del fruto a envasar se lo efectuó mediante desplazamiento de volumen por inmersión, la cual se realizó por triplicado obteniendo una densidad promedio de la fruta y su respectiva masa dando como resultado el volumen de la misma.

Para controlar el flujo de la mezcla de gases se adicionó 2 frascos de vidrio de un volumen menor a los utilizados en el proceso (aproximadamente 500 ml), los cuales fueron llenados con agua hasta la mitad (aproximadamente 5 cm), en estos envases se realizó dos agujeros en la tapa en donde se colocó los pasamuros de goma conectados a mangueras de teflón, por donde circularon la mezcla de gases. En los envases se observó un burbujeo al interior del frasco, el cual debe ser de la misma intensidad al inicio y al final, de esta manera se comprueba la existencia de fugas en los envases.



Figura 13. Envasado de la materia prima

- **Almacenamiento**

Se llevaron los tratamientos a temperaturas de refrigeración (5 y 8°C). La vitrina de refrigeración estuvo acondicionada con un controlador de temperatura con el objetivo de que

no varíe más allá de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ durante el periodo establecido del experimento (20 días) como se detalla en la figura 14.

Previo y al final del almacenamiento en atmósferas controladas se realizaron los análisis fisicoquímicos y organolépticos y durante el almacenamiento se realizaron el análisis de polifenoles totales, capacidad antioxidante y a su vez se evaluó la tasa de respiración del fruto por un periodo de tiempo de 20 días para determinar si existe un cambio significativo.



Figura 14. Almacenamiento de la materia prima

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS (pH, SÓLIDOS SOLUBLES, ACIDEZ Y HUMEDAD) Y ORGANOLÉPTICOS (COLOR Y TEXTURA) DE LA UVILLA CON CÁLIZ

La uvilla *Physalis peruviana* L. se obtuvo del cantón Antonio Ante parroquia Natabuela en estado de madurez fisiológica (ICONTEC, 1999). Se realizó el análisis de sólidos solubles y acidez titulable con la finalidad de determinar el índice de madurez, además se analizó el pH, color, textura y humedad, esto se realizó con el objetivo de homogenizar la unidad experimental, análisis que fueron generados tanto al inicio (materia prima) como al final del experimento (después de 20 días de tratamiento).

En la figura 15 y en la tabla 23 descrita en el Anexo A.1 se puede verificar las diferentes propiedades de sólidos solubles totales, acidez titulable e índice de madurez en 4 tratamientos comparando con un testigo a temperatura ambiente, los resultados (10,43°Brix y 1,95% de acidez titulable) son similares a los de Novoa, Bojacá, Galvis, & Fischer (2006) con valores de 11,0°Brix y 2,0% de acidez titulable, a su vez se obtuvo un índice de madurez (relación °Brix/ acidez titulable) de la materia prima con un valor de 5,36, la misma que se categorizó en un estado de madurez 2 con un valor de 5,2 (madurez fisiológica) con respecto a la Norma Técnica Colombiana NTC 4580 (ICONTEC, 1999).

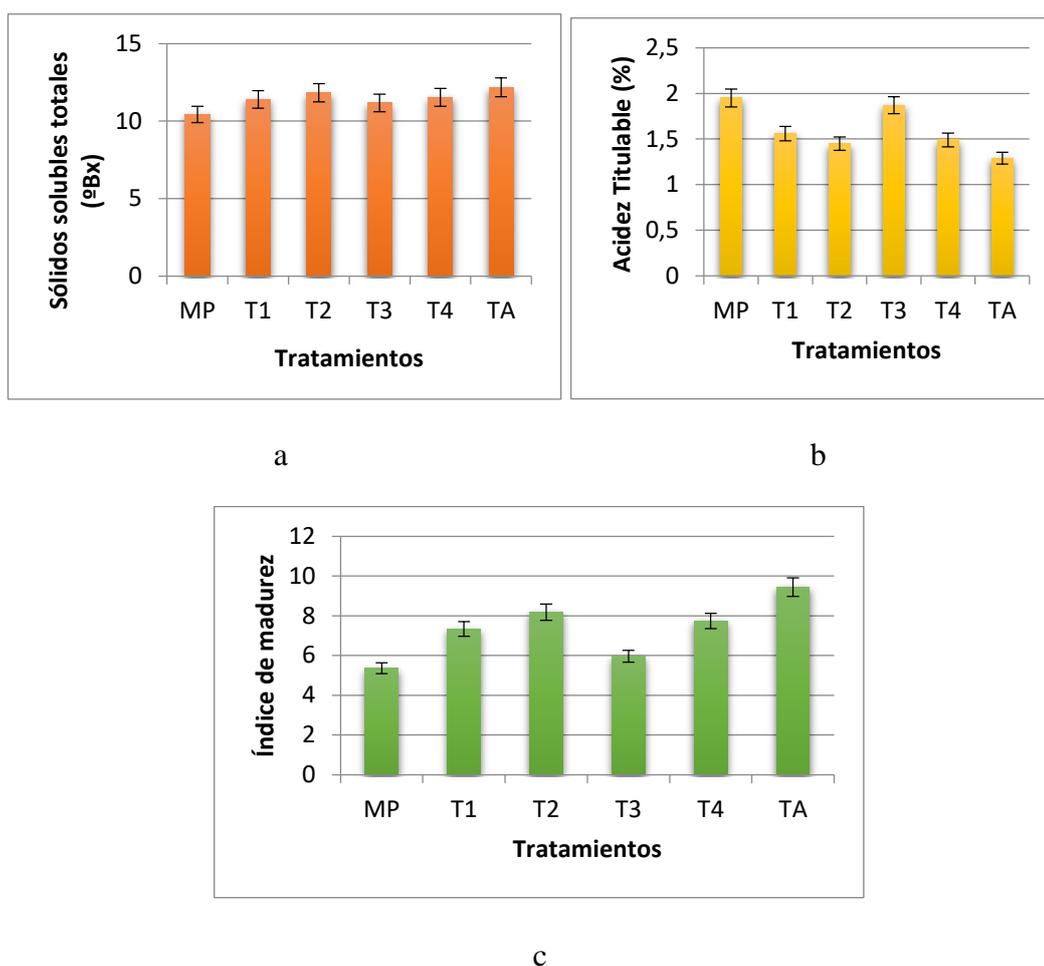


Figura 15. Gráfica de barras de sólidos solubles totales (a), acidez titulable (b) e índice de madurez (c) en uvilla en estado fresco y al finalizar los tratamientos.

De acuerdo con Galvis, Fischer, & Gordillo (2005) la uvilla en estado verde presenta altos niveles de almidón, el cual se hidroliza durante la maduración. La primera consecuencia de la hidrólisis es el aumento de los sólidos solubles (°Brix), que ocurre durante todo el periodo de desarrollo del fruto hasta alcanzar su máximo valor en el grado de madurez fisiológica y a partir de este momento se inicia una disminución progresiva en el contenido de los sólidos solubles.

La evaluación estadística de datos para el índice de madurez al cabo de los 20 días indicó distribución normal y homogeneidad, por lo que se procedió al análisis ANOVA (Tabla 19) y la prueba tukey en la figura 16 (Datos establecidos en la Tabla 24 Anexo A.1), donde se puede observar que el T3 (5°C: 5%O₂, 15%CO₂ y

80%N₂), fue el que otorgó mejores resultados, datos similares a lo reportado por Moreno Guerrero, Andrade Cubi, & Concellón (2012) quienes mencionan que la uvilla almacenada mediante atmósferas modificadas a una temperatura de 5°C y a una concentración de oxígeno del 5% retrasó la pérdida de peso, índice de daño, color superficial y el índice de madurez del fruto. Los tratamientos T1 (5°C; 3% O₂, 17% CO₂ y 80% N₂), T2 (8°C; 3% O₂, 17% CO₂ y 80% N₂) y T4 (8°C; 5% O₂, 15% CO₂ y 80% N₂), muestran resultados estadísticamente distintos al testigo, pero no son mejores que T3.

Tabla 19. Análisis de varianza del índice de madurez

FV	GL	SC	CM	F0	F0,05	F0,01		
Tratamiento	4	19,27	4,82	77,62	3,48	5,99	*	**
Temperatura (A)	1	5,18	5,18	77,17	5,32	11,26	*	**
Concentración de gases (B)	1	2,45	2,45	36,48	5,32	11,26	*	**
I.AXB	1	0,63	0,63	9,43	5,32	11,26	*	ns
Testigo vs resto	1	11,00	11,00	177,21	4,96	10,04	*	**
Error	10	0,62	0,06					
Total	14	19,89	1,42					

C.V. 3,22%

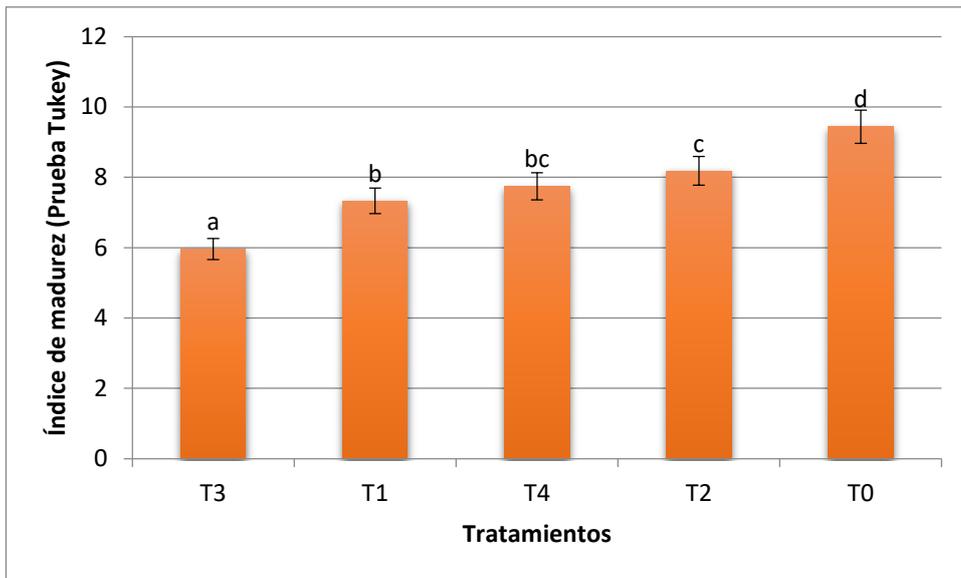


Figura 16. Gráfica de barras de la Prueba Tukey del índice de Madurez

En lo que respecta al análisis de pH de la materia prima dio un valor de 3,67 como se muestra en la figura 17 y en la tabla 25 enunciada en el Anexo A.1, resultado similar a lo reportado por Botero (2008), Uzcán Morán (2008), Llerena Silva (2014) y Revelo Cáceres (2016) con valores de 3,67; 3,74; 3,75 y 3,64 respectivamente.

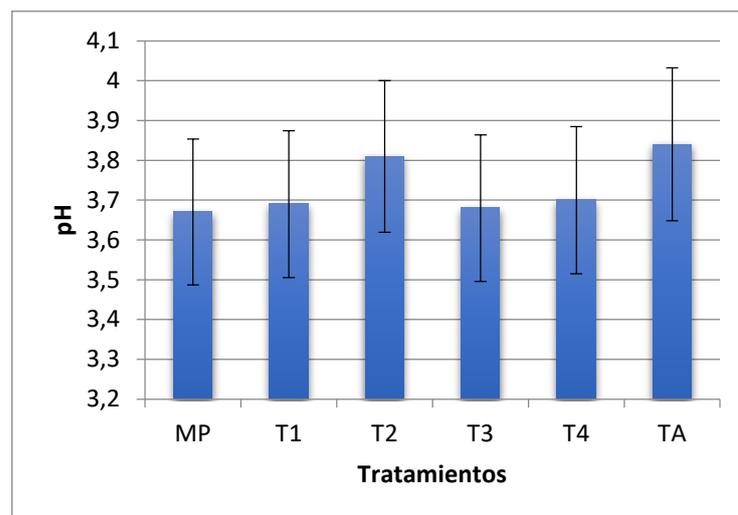


Figura 17. Gráfica de barras de pH en uvilla en estado fresco y al finalizar los tratamientos.

En la figura 17 se puede observar que el pH aumenta conforme el fruto madura. Galvis, Fischer, & Gordillo (2005) indican que esto ocurre como consecuencia de la reducción de los niveles de ácidos orgánicos debido a la actividad de las deshidrogenasas; este comportamiento es propio de los frutos climatéricos (uvilla). Los principales ácidos orgánicos en el fruto de la uvilla (cítrico, málico y oxálico) son utilizados en el proceso respiratorio y/o se emplean en el metabolismo secundario del fruto.

El porcentaje de humedad de la materia prima fue de 79% como se detalla en la figura 18 y en la tabla 25 descrita en el Anexo A.1, resultado que se asemeja a lo reportado por Corrales Bernal, Vergara, Rojano, Yahía, & Maldonado (2015), quienes presentan un valor de humedad de 79,96% en uvilla verde, 79,87% en uvilla pintona y 80,27% en uvilla madura.

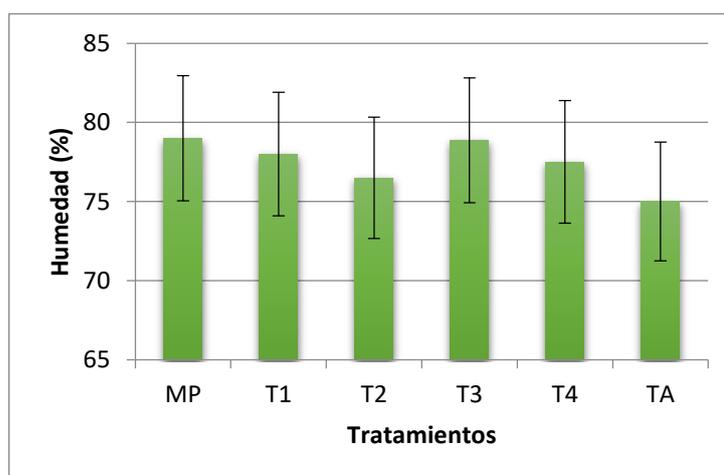


Figura 18. Grafica de barras de humedad en uvilla en estado fresco y al finalizar los tratamientos.

En la figura 18 se observa que conforme el fruto madura el porcentaje de humedad disminuye. La FAO (2007) menciona que la fruta cosechada pierde agua por transpiración de manera irreversible. El producto sufre una serie de alteraciones fisiológicas que aceleran los procesos de senescencia, síntesis de etileno y deterioro de tejidos. Esto, conjuntamente con los síntomas externos de

marchitez y arrugamiento del producto, afectan seriamente su calidad comercial. En general, se puede decir que un 5% de pérdida de agua es aproximadamente el valor máximo permisible en frutas. La pérdida de agua por transpiración es mayor a temperatura alta y humedad relativa baja.

Con lo que se refiere al análisis de la variable textura se obtuvo un valor de 178,27 g^f con respecto a la materia prima como se visualiza en la figura 19 y en la tabla 25 enunciada en el Anexo A.1, misma que es expresada como la fuerza de ruptura necesaria para deformar el fruto, el resultado obtenido es comparado a lo reportado por Chancosi (2017), con 179,25 g^f, y por Yépez (2018) con 178,53g^f, esto indica que la uvilla es un fruto ligeramente duro.

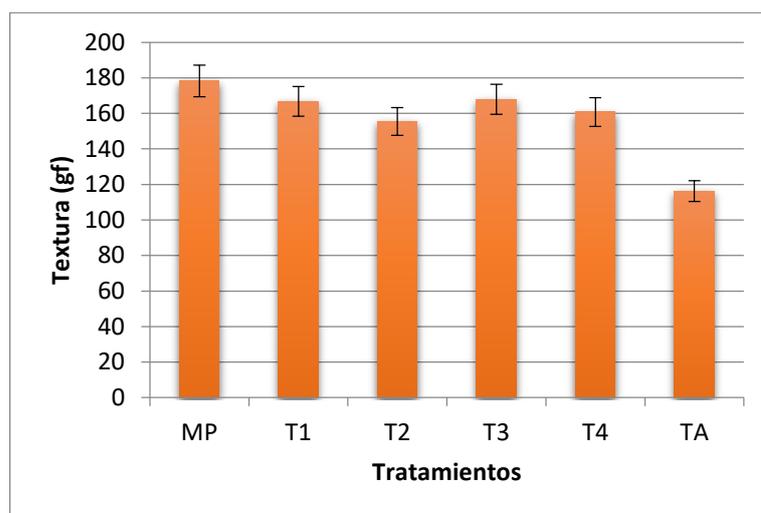


Figura 19. Grafica de barras de textura en uvilla en estado fresco y al finalizar los tratamientos.

Los datos obtenidos de la variable textura al día 20 resultaron no paramétricos por lo que se realizó la prueba Kruskal Wallis como se visualiza en la figura 20 (Datos establecidos en la tabla 26 y tabla 27 descrita en el Anexo A.1), donde el valor de $p < 0,05$, indica que entre los mejores tratamientos están el T3, T1 y T4, debido a que poseen mayor fuerza de ruptura en comparación con el T2 y el testigo evaluado a temperatura ambiente. Chancosi (2017) indica que la fruta almacenada 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.

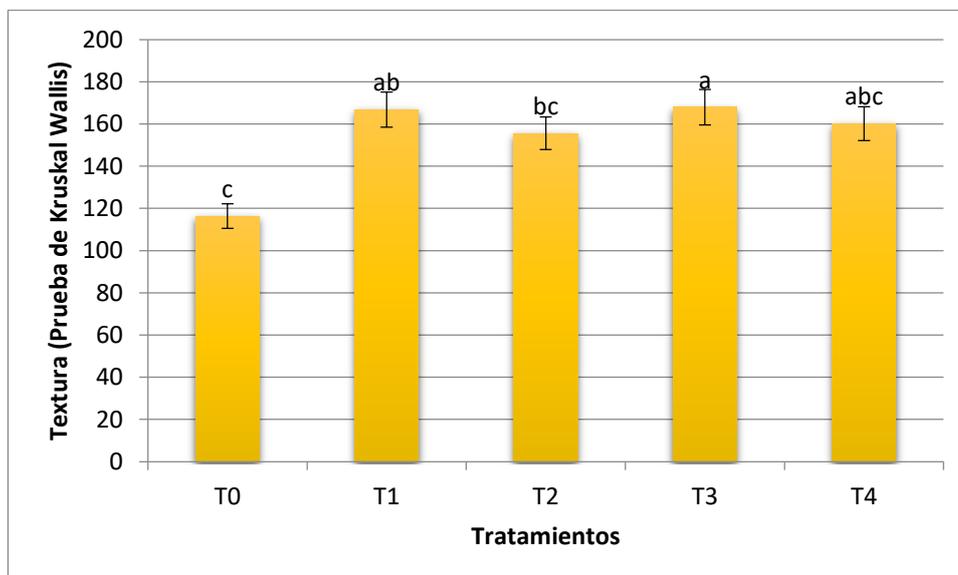


Figura 20. Gráfica de barras de la prueba de kruskal wallis de textura

Balaguera López, Martínez, & Herrera Arévalo (2014) mencionan que una de las principales causas de pérdida de textura en el fruto de la uvilla es la hidrólisis enzimática de polisacáridos estructurales y de reserva, encontrándose que la actividad de enzimas como la poligalacturonasa (PG), pectinmetilesterasa y algunas glicosidasas podrían estar relacionadas con la pérdida de textura del fruto.

En la tabla 20 se puede observar los parámetros de color de la materia prima cuyos valores son para: luminosidad (L^*) con 34,10, Hue (ángulo de tono) con 92,33, croma (nivel de saturación del color) con 24,81 y las coordenadas colorimétricas a^* con -1,06, cuya coordenada está representada con valores negativos por poseer una coloración verde intensa, coloración que va disminuyendo para dar paso a tonalidades naranjas propias de la maduración del fruto, dato que concuerda con lo reportado por García, Peña, & Brito (2014) y b^* con 24,78, estos datos obtenidos de parámetros de color de la materia prima son

similares a los reportados por Llerena Silva (2014). Guevara Correa (2017), realizó un estudio del análisis de color de la naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) almacenada mediante atmosferas modificadas, cuyos valores fueron para Luminosidad (L*) con 25,63, Hue (ángulo de tono) con 108,68, croma (nivel de saturación del color) con 34,80 datos con similitud a los parámetros de color de la uvilla.

Tabla 20. Parámetros de color de la uvilla en estado fresco y al finalizar los tratamientos

PROPIEDAD	MATERIA PRIMA	T1	T2	T3	T4	TESTIGO (TA)
Luminosidad (L)	34,10±7,77	33,61±3,10	28,81±1,03	37,70±3,01	46,76±2,15	9,83±1,72
Croma ©	24,81±4,87	61,08±4,53	54,45±1,32	65,99±4,45	79,92±0,36	26,89±1,75
Hue (H)	92,33±1,30	70,33±4,18	66,24±0,84	78,28±3,58	68,60±3,83	38,52±5,30
a	-1,06±0,63	20,08±3,34	21,61±0,46	13,29±3,84	29,15±5,19	20,60±0,79
b	24,78±4,36	57,30±5,37	49,83±1,40	64,47±4,65	74,17±1,55	16,92±2,96

En la representación gráfica de los parámetros de color que se describe en la figura 21 se puede apreciar los 4 tratamientos analizados, la materia prima y el testigo, en donde se destacó que T3 tiene una mayor proximidad a los valores obtenidos en la materia prima, seguidos de T1, T4, T2 y concluyendo con el testigo evaluado a temperatura ambiente, este presentó una tonalidad de color amarillo con baja luminosidad a partir del día 15 y a su vez se inició un proceso de deterioro del fruto, desarrollando hongo alrededor del mismo. En concordancia con Chancosi (2017) quien menciona que en frutos de uvilla almacenados al ambiente existe cambio de color hacia el tono amarillo y existió problemas de exudación, fermentación y desarrollo de hongos, y a su vez indica 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.

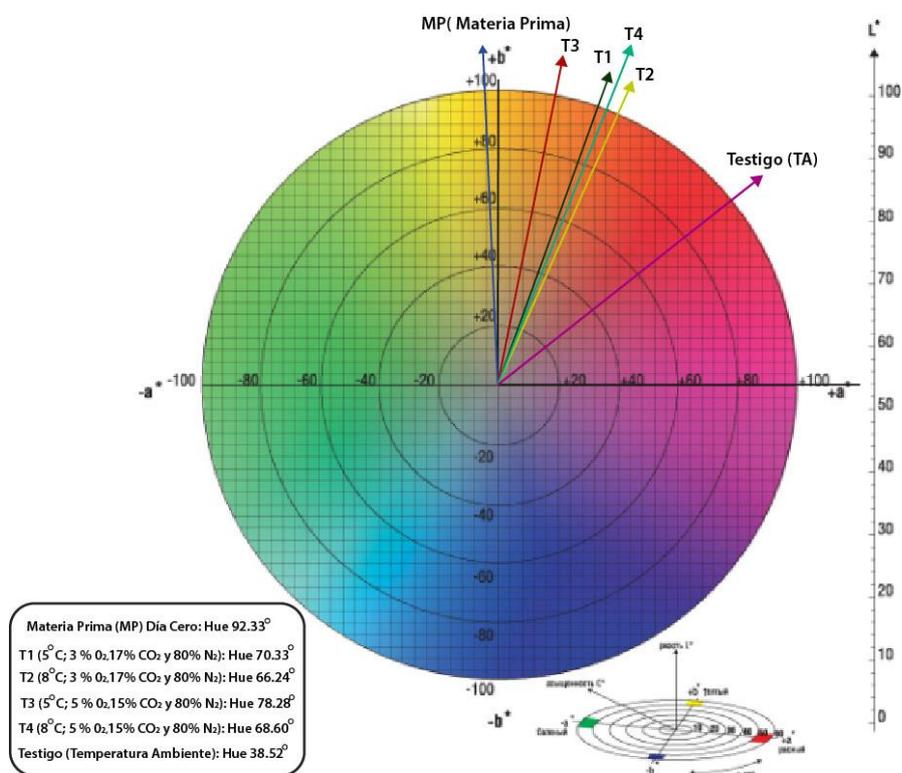


Figura 21. Representación gráfica de los parámetros de color de los distintos tratamientos, materia prima y testigo (TA)

Se determinó que T3 fue el óptimo con respecto al análisis del índice de madurez (°Brix, acidez) y color debido a la proximidad de sus valores con la materia prima, demostrando que las variables tiene una estrecha relación entre sí y que concuerdan con lo reportado por García et al (2014), quienes afirman que los parámetros como el color, sólidos solubles totales (°Brix), acidez, e índice de madurez son los más utilizados para determinar el estado de madurez de la fruta.

García et al (2014) indican que los cambios en la coloración de los frutos, se deben a la degradación de la clorofila y a la aparición de otros pigmentos. La degradación de la clorofila comienza con la disociación del residuo de fitol y del anillo de porfirina de la molécula de clorofila, reacción que es catalizada por la

enzima clorofilasa. La degradación de la clorofila permite también que se desenmascaren pigmentos típicos de la coloración de los frutos. En la uvilla se ha reportado la presencia de clorofilas y carotenoides como pigmentos principales. Los cambios de color de la uvilla se deben a la degradación de la clorofila y a la acumulación de carotenoides en plastidios. Meléndez Martínez, Vicario, & Heredia (2004) mencionan que los alimentos que contienen antioxidantes, conservan mejor los carotenoides (pigmentos responsables de la mayoría de los colores amarillos, anaranjados y rojos de frutos y verduras) y por tanto su color.

El color del cáliz cambió considerablemente de una tonalidad verde a un color café, dato que concuerda con lo reportado por Balaguera López et al (2014), donde menciona que el cambio de tonalidad del cáliz durante el almacenamiento se debe a la degradación de clorofilas presentes en el fruto. Además, indica que el cambio de color del cáliz y el fruto presentan sincronía durante el proceso de maduración.

4.2 TASA DE RESPIRACIÓN DE LA UVILLA CON CÁLIZ

Se realizó la medición de la tasa de respiración de consumo de O₂ y producción de CO₂ mediante el analizador de gases durante un periodo de almacenamiento de 20 días. Los datos obtenidos en el día final de almacenamiento resultaron no paramétricos por lo que se procedió a realizar la prueba de Kruskal Wallis.

Mediante la prueba de Kruskal Wallis de la variable tasa de respiración de consumo de O₂ visualizada en la figura 22 (Datos descritos en la Tabla 28 y Tabla 29 Anexo B) y producción de CO₂ en la figura 23 (Datos descritos en la Tabla 30 y Tabla 31 Anexo B) se determinó que el tratamiento que obtuvo menor respiración en el día 20 fue el T3, analizado a una temperatura de 5°C y a una concentración de gases de 5%O₂, 15%CO₂ y 80%N₂, con 5,41 ml O₂/kg*h y 5,46 ml CO₂/kg*h, mismo que se identificó como el mejor en comparación con los

demás tratamientos y principalmente con el testigo el cual obtuvo una tasa de respiración alta de 125,40 ml O₂/kg*h y 109,49 ml CO₂/kg*h.

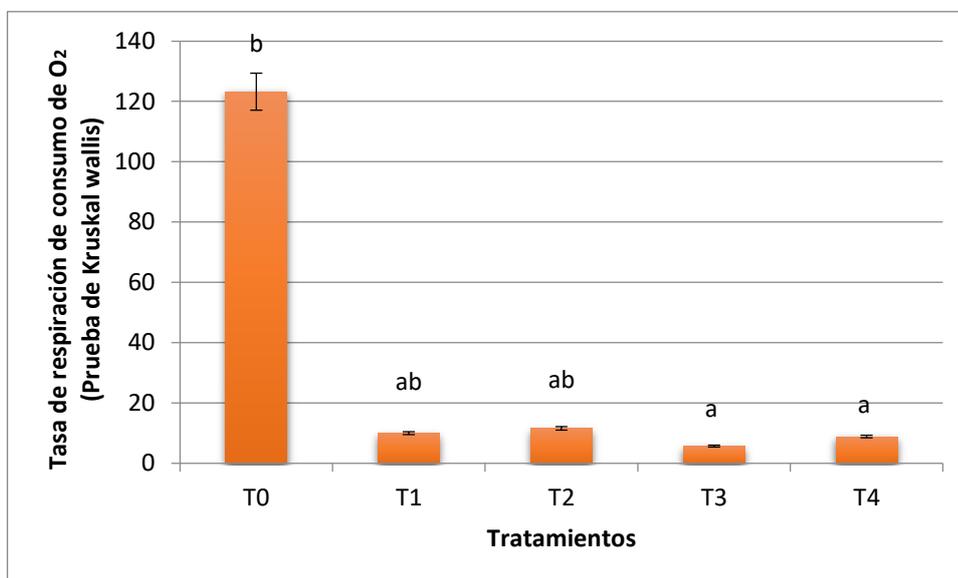


Figura 22. Gráfica de barras de los rangos de la prueba de kruskal wallis de la tasa de respiración de consumo de O₂

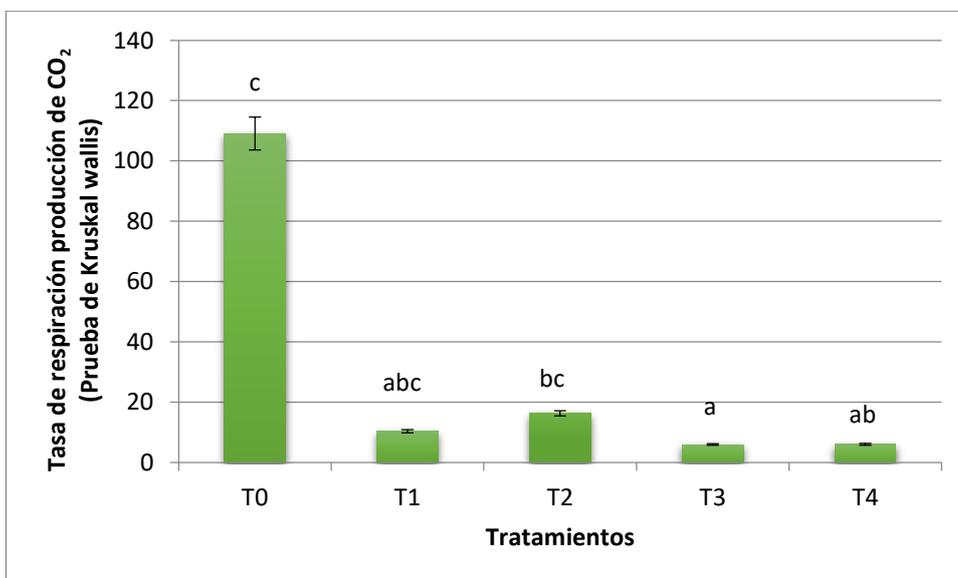


Figura 23. Gráfica de barras de los rangos de la prueba de kruskal wallis de la tasa de respiración de producción de CO₂

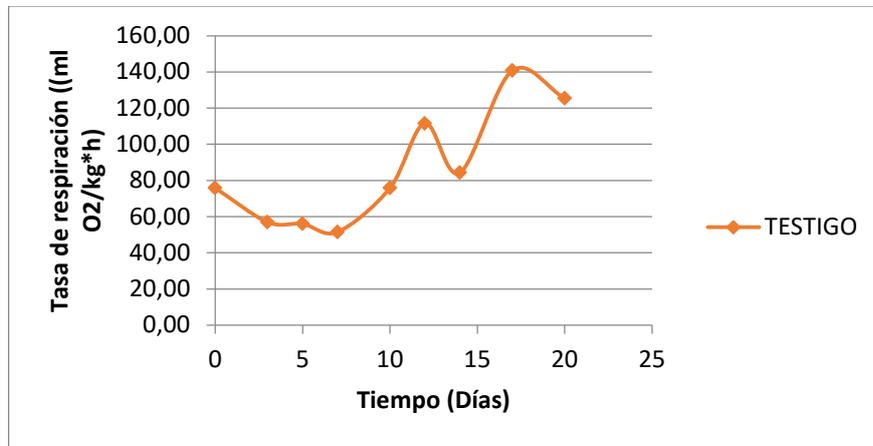
El mejor tratamiento que logró obtener una tasa de respiración menor fue el T3, Guevara Correa (2017) indica que este comportamiento se debe a que la fruta al respirar y consumir oxígeno, lo transforma en moléculas de dióxido de carbono y agua, en donde utiliza parte de las reservas de la fruta, que son los azúcares y los ácidos orgánicos, entre otros. Una vez agotadas las reservas de nutrientes, la fruta comienza su senescencia. De la Vega, Cañarejo, & Pinto (2017) mencionan que en un ambiente donde el oxígeno es menor puede ocurrir un proceso de anaerobiosis, esto puede desarrollar malos olores y sabores a causa de producción de alcoholes y aldehídos en el fruto, por procesos de fermentación. Se realizaron estudios en trozos de ñame que fueron almacenadas en atmósferas modificadas, donde se desarrollaron malos olores debido a la respiración anaeróbica del producto, que generó acumulación de etanol y acetaldehído. Esto concuerda con Angós, Vírveda, & Fernández (2007) quienes afirman que las atmósferas de envasado con 5% de oxígeno son particularmente efectivas para inhibir la decoloración enzimática, prevenir reacciones de fermentación anaerobia, sabores desagradables, pérdidas de humedad y reducir el crecimiento microbiano.

El testigo analizado presenta una tasa de respiración alta tanto en consumo de O₂ y producción de CO₂. Guevara Correa (2017) menciona que este proceso se debe que, al elevarse la temperatura ambiente, la tasa de respiración aumenta, acelerando los procesos relacionados con las oxidaciones enzimáticas que generan pardeamientos internos e incluso superficiales. Angós et al (2007) indican que la tasa de respiración con altas concentraciones de CO₂ a temperatura ambiente da como resultado una estimulación a corto plazo de la glucólisis y posteriormente fermentación anaerobia, esto podría producir malos olores, así como daños visibles en los tejidos vegetales y la proliferación de microorganismos micóticos, deterioros que se observaron en la uvilla durante su almacenamiento a temperatura ambiente y sin concentración de gases.

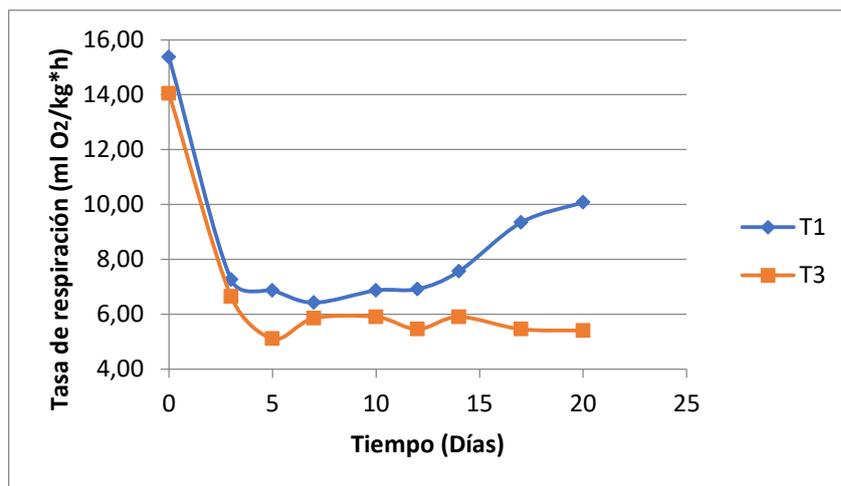
4.2.1 COMPORTAMIENTO DE LA TASA DE RESPIRACIÓN DE LA UVILLA DURANTE EL ALMACENAMIENTO EN ATMOSFERAS CONTROLADAS

En las figura 24 (a), (b) y (c) (Datos descritos en la Tabla 32 Anexo B) y figura 25 (a), (b) y (c) (Datos descritos en la Tabla 33 Anexo B) se visualiza el comportamiento de la tasa de respiración de consumo de O₂ y producción de CO₂ respectivamente, de los tratamientos analizados (T1, T2, T3 y T4) y su respectivo testigo. En el T3 se observa una tasa de respiración baja y que se mantiene constante durante el periodo de almacenamiento (20 días), mientras que el testigo posee una intensidad respiratoria más alta. De la Vega et al (2017) mencionan que en los alimentos, la modificación de la concentración de gases, disminuye la tasa de respiración y provoca un retardo en el tiempo de descomposición. El T1 y el T3 en la figura 20 (b) y el T2 y el T4 en la figura 20 (c) muestran un comportamiento similar, donde inician el almacenamiento con una tasa de respiración de consumo de O₂ en 15,37 ml O₂/kg*h (T1), 14,04 ml O₂/kg*h (T3), 20,88 ml O₂/kg*h (T2) y 18.16 ml O₂/kg*h (T4), datos aproximados debido a que la uvilla fue sometida al día 0 a la misma temperatura (5°C) entre T1 y T3 y a 8°C entre T2 y T4, Se observa que el tratamiento que posee mayor estabilidad en su tasa de respiración de consumo de O₂ es el T3 con 5 ml O₂/kg*h hasta finalizar el tiempo de análisis estipulado. El T1 se mantiene en 6 ml O₂/kg*h hasta el día 17, donde empieza a ascender a 9,34 ml O₂/kg*h, el T2 se mantiene en 9 ml O₂/kg*h hasta el día 20 donde empieza a ascender a 11,15 ml O₂/kg*h, y finalmente el T4 que se mantiene en 7 ml O₂/kg*h y empieza a ascender a 9,35 ml O₂/kg*h al final de análisis.

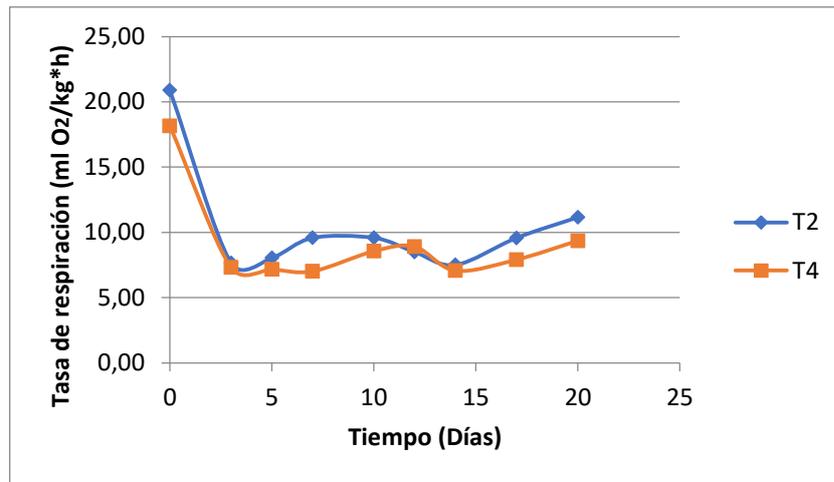
Como se muestra en la figura 24 (a) el testigo posee una intensidad respiratoria más alta en comparación con los tratamientos mencionados anteriormente, este empieza su almacenamiento con una tasa de respiración de consumo de O₂ de 75,83 ml O₂/kg*h y alcanza su punto máximo climatérico (madurez de consumo) al día 17 con 140,77 ml O₂/kg*h, día en el cual empieza a descender su tasa de respiración de consumo de O₂ ocasionando el deterioro del fruto (senescencia).



a



b



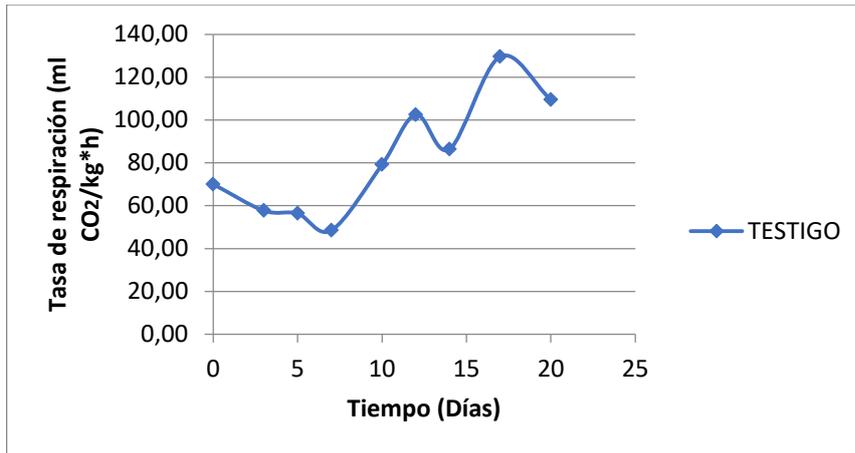
c

Figura 24. Comportamiento de la tasa de respiración de la uvilla de consumo de O₂ de a (testigo), b (5°C) y c (8°C) del tratamiento 1,2,3 y 4

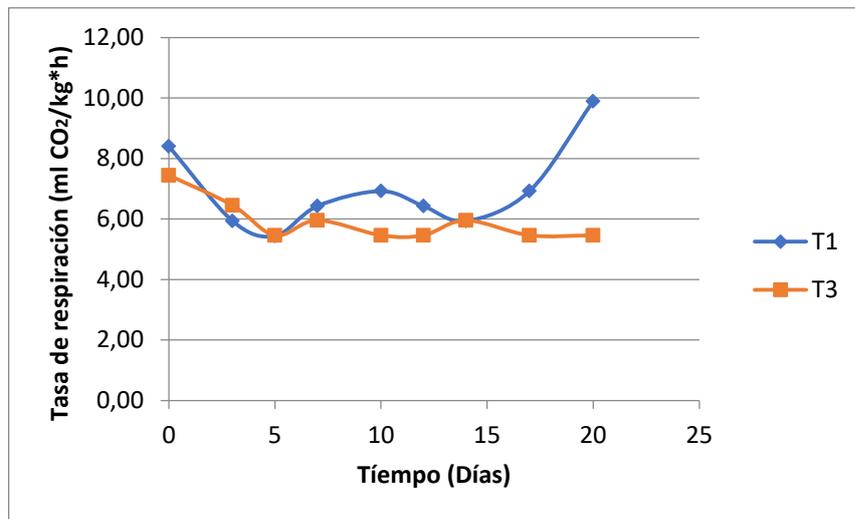
El comportamiento de la tasa de respiración de producción de CO₂, es similar a la tasa de respiración de consumo de O₂ como se visualiza en la figura 25 (a), (b) y (c) para los tratamientos evaluados y su respectivo testigo. El T1 y el T3 en la figura 25(b) y el T2 y el T4 como indica la figura 25(c), denotan un comportamiento semejante, iniciando el almacenamiento con una tasa de respiración de producción de CO₂ en 8,40 ml CO₂/kg*h (T1), 7,44 ml CO₂/kg*h (T3), 13,53 ml CO₂/kg*h (T2) y 12,93 ml CO₂/kg*h (T4). El tratamiento que obtuvo su tasa de respiración de producción de CO₂ baja y con mayor estabilidad fue el T3 con 5 ml CO₂/kg*h, dato igual con respecto a la tasa de respiración de consumo de O₂. El T1, T2, T4 se mantiene en 6 ml CO₂/kg*h hasta el día 20 donde aumentan a 9,89 ml CO₂/kg*h, 16,79 ml CO₂/kg*h, y el T4 se mantiene hasta el final del tiempo de análisis.

En la figura 25 (a) el testigo tiene una intensidad respiratoria elevada en comparación con los tratamientos descritos anteriormente, iniciando su almacenamiento con una tasa de respiración de producción de CO₂ de 70,03 ml

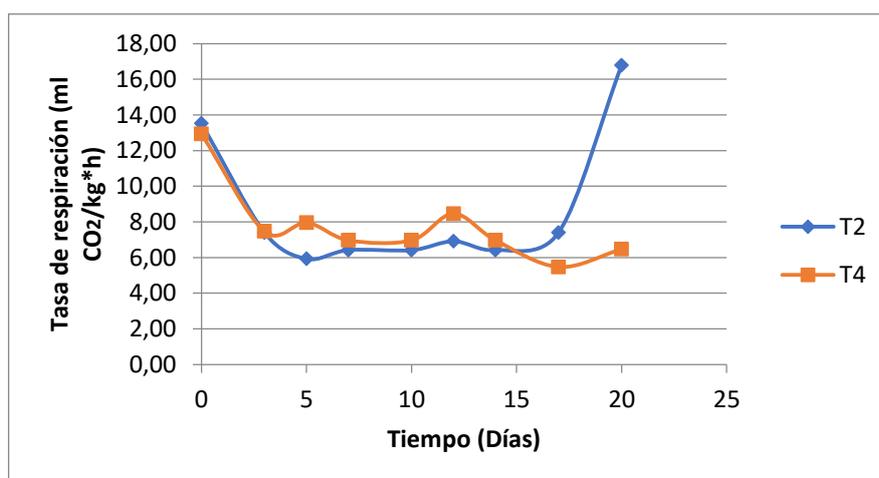
CO₂/kg*h y alcanza su madurez de consumo al día 17 con 129,62 ml CO₂/kg*h, donde comienza a decrecer su tasa de respiración de producción de CO₂ debido a la senescencia.



a



b



c

Figura 25. Comportamiento de la tasa de respiración de la uvilla de producción de CO₂ de a (Testigo), b (5°C) y c (8°C) del tratamiento 1,2,3 y 4.

Galvis, Fischer, & Gordillo (2005) mencionan que “El inicio de la maduración se acompaña por un aumento en la intensidad respiratoria y en la producción de etileno, el cual llega a su valor máximo cuando el fruto está completamente maduro, es decir, cuando ha alcanzado su madurez de consumo; a partir de este momento su intensidad respiratoria disminuye, y corresponde al periodo de senescencia”. Durante el almacenamiento de los tratamientos analizados de la uvilla con cáliz presentaron un comportamiento climatérico, dato que concuerda con Yépez (2018).

García et al (2014) indican que el comportamiento climatérico de la uvilla puede ser cuestionable debido a que la máxima intensidad respiratoria, las mejores características sensoriales y la mejor relación de madurez (sólidos solubles totales/acidez total titulable) no ocurren de manera paralela. Esto conllevó a que inicialmente la uvilla se clasificara como un fruto intermedio entre comportamiento climatérico y no climatérico. Novoa, Bojacá, Galvis, & Fischer (2006) mencionan que para la medición de CO₂ producido en la uvilla se utilizó el método de cromatografía líquida de alto desempeño (HPLC), donde se comprueba

que la uvilla es una fruta climatérica, mientras que utilizando el método volumétrico encontraron que la uvilla almacenada a 6 y 12 ° C presenta un comportamiento de fruto no climatérico.

Según Novoa et al (2006) se realizó un estudio de medición de la intensidad respiratoria en la uvilla con proceso de secado de caliz almacenada a 12°C durante un periodo de 30 días donde se obtuvo su punto climatérico a los 12 días de almacenamiento, de igual forma se realizó otro análisis donde la uvilla estaba almacenada a 18°C y su punto climatérico fue de 6 a 8 días. En el cual se puede interpretar que a temperaturas bajas hay retraso de su punto climatérico y por consecuencia hay mayor conservación de sus propiedades fisicoquímicas y funcionales.

Herner & Sink (2000) mencionan que las frutas climatéricas tienen la capacidad de producir etileno auto-catalíticamente. El etileno estimula la respiración y la maduración de frutos. García et al (2014) afirman que durante el proceso de maduración el aumento en la producción de CO₂ y de etileno y el cambio en los perfiles de pectinas, es evidente, llevando al ablandamiento estructural de la uvilla. En cuanto al carácter climatérico de la fruta y la intensidad respiratoria se ha observado que el pico climatérico puede alcanzarse entre los 10 a 19 días de almacenamiento y la intensidad respiratoria puede verse influenciada por la humedad relativa.

4.2.2 CORRELACIÓN ENTRE TASA DE RESPIRACIÓN Y POLIFENOLES TOTALES Y TASA DE RESPIRACIÓN Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Se realizó la correlación existente entre la variable tasa de respiración consumo de O₂ y producción de CO₂ y Polifenoles Totales y tasa de respiración consumo de

O₂ y producción de CO₂ y Capacidad Antioxidante para verificar la relación existente entre las variables mencionadas. La correlación realizada obtuvo un resultado baja a depreciable.

4.3 POLIFENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA UVILLA CON CÁLIZ

Para determinar el contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante de la uvilla con cáliz almacenada mediante atmósferas controladas durante un periodo de análisis de 20 días se realizó mediante la validación de método (linealidad, precisión y exactitud) método descrito en el Anexo C.1. A continuación, se detalla el análisis de resultados y su comportamiento con respecto a su contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante de la uvilla con cáliz durante su almacenamiento.

4.3.1 POLIFENOLES TOTALES

Para la interpretación de resultados de la variable polifenoles totales se realizó el análisis de varianza a los datos obtenidos al día final del almacenamiento (20 días) como se muestra en la tabla 21, donde se visualiza que existe diferencias altamente significativas con respecto a los tratamientos, al testigo y a los factores controlables (temperatura y concentración de gases), sin embargo se observa que no interactúan, ya que cada factor actúa de forma independiente.

Tabla 21. Análisis de varianza de la variable polifenoles totales

FV	GL	SC	CM	F0	F0,05	F0,01		
Tratamiento		4	11804,62	2951,16	38,44	3,48	5,99	* **
Temperatura (A)		1	1444,89	1444,89	30,30	5,32	11,26	* **
Concentración de		1	1198,82	1198,82	25,14	5,32	11,26	* **

gases (B)

I.AXB	1	5,37	5,37	0,11	5,32	11,26	ns	ns
Testigo vs resto	1	9155,06	9155,06	119,26	4,96	10,04	*	**
Error	10	767,66	76,77					
Total	14	12572,28	898,02					

C.V. 3,71%

De acuerdo a la prueba Tukey, realizada para tratamientos como se muestra en la figura 26 (Datos establecidos en la tabla 39 Anexo C.2) se puede analizar que el tratamiento que obtuvo mayor contenido de polifenoles al día final de almacenamiento fue el T3 con 268,97 mg AG/100g MS, seguidos por el T1 y el T4, y el que obtuvo menor compuestos fenólicos fue el testigo con 186,90 mg AG/100g MS. Esto puede deberse a que el T3 al ser sometido a un almacenamiento a temperaturas bajas de 5°C y concentraciones de 5% de O₂ y 15% CO₂, los polifenoles conservan mejor sus propiedades, debido a que existe un atraso sustancial de la maduración de la fruta, así como una menor incidencia en la descomposición interna y bajas tasas de respiración ((De la Vega, Cañarejo, & Pinto, 2017). El incremento de los polifenoles totales en el T3, T1 y T4 se debe a la acción que ejerce el etileno en el fruto, dato que concuerda con lo reportado por Matthes & Schmitz (2009) quienes mencionan un aumento del contenido de polifenoles podría deberse a la acción del etileno. Esta fitohormona estimula la actividad de la enzima clave en la biosíntesis de polifenol, la fenilalanina amonio liasa (PAL), que conduce a la formación de polifenoles.

Matthes & Schmitz (2009), también indican que la actividad de las enzimas responsables de la degradación del polifenol, la polifenoloxidasas, se inhibe por

temperaturas más bajas y que un aumento en el contenido de fenol podría deberse a una menor actividad de la polifenoloxidasa a bajas temperaturas, por lo que los procesos de oxidación se minimizaron. Los aumentos en el contenido de polifenoles pueden explicarse por una mayor producción de etileno que resulta en una estimulación de PAL. Angós et al (2007) mostraron que una mayor actividad respiratoria inducía una mayor actividad PAL, aumentando las concentraciones de ácido cinámico y sus derivados en el medio celular. Estos componentes, metabolizados a compuestos fenólicos solubles, son utilizados como sustratos por polifenoloxidasa para producir sustancias marrones.

Los tratamientos 1 y 3 almacenados a una temperatura de 5°C presentaron mayor estabilidad de polifenoles totales, a comparación de los tratamientos 2 y 4 almacenadas a 8°C. Chancosi (2017) indica que las uvillas almacenadas a 2°C y 5°C presentan mayor permanencia de polifenoles frente a la temperatura (8°C) y temperatura 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 polifenoloxidasas que ocasionan la disminución de los compuestos fenólicos tardan en suceder. En concordancia con Reyes Aguilar (2014) que afirma que al analizar el contenido de polifenoles en el mango se pudo observar, que los tratamientos sometidos a temperatura de refrigeración (1 – 4 °C), se mantuvo más estable en comparación al mismo tratamiento sometido a temperatura ambiente (21 – 24 °C), ya que estudios han demostrado que la unión entre proteínas u otro compuesto con polifenoles siempre ocurrirá, sin embargo en temperaturas de refrigeración las moléculas poseen un movimiento más lento, por lo que estas reacciones tardaran más en suceder.

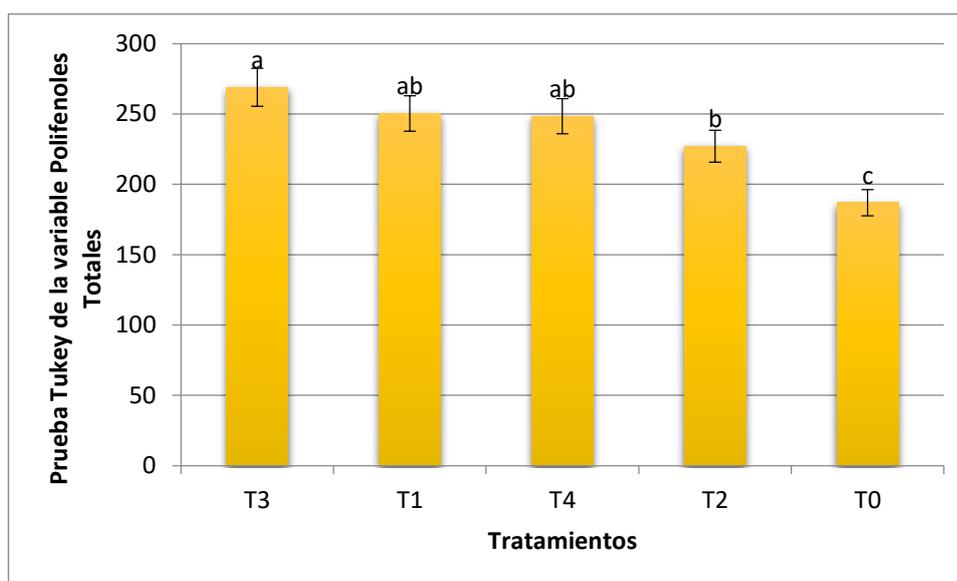
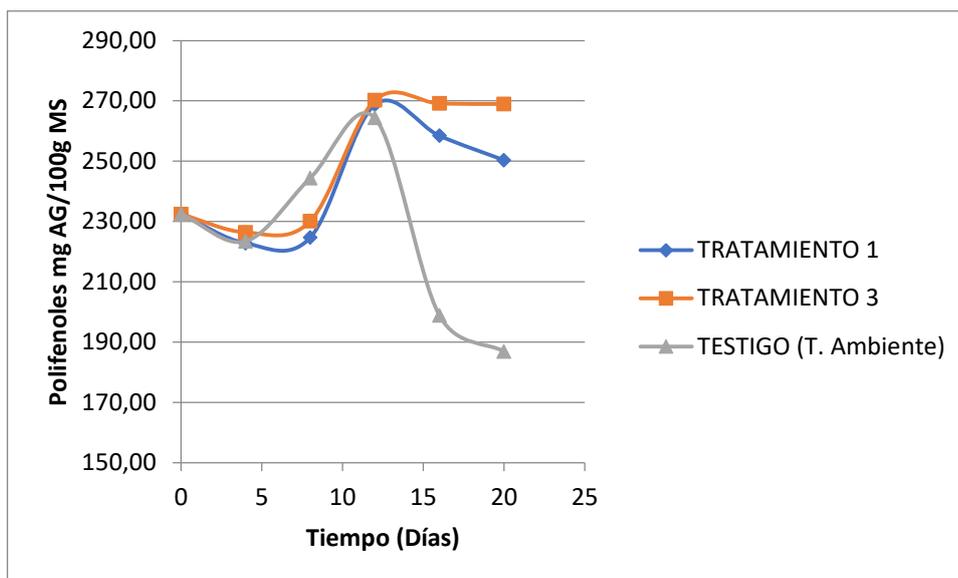


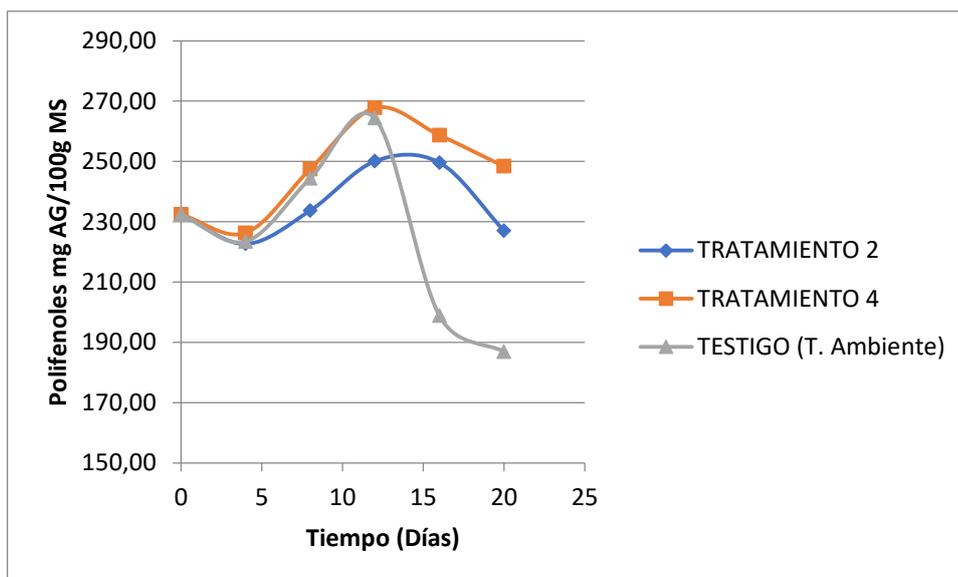
Figura 26. Gráfica de barras de la Prueba tukey para los tratamientos con respecto a la variable polifenoles totales

4.3.1.1 Comportamiento de los polifenoles totales en la uvilla durante el almacenamiento en atmósferas controladas

Se realizó la determinación de compuestos fenólicos a la materia prima (día 0) , el cual fue de 232,42 mg AG/100g MS como se observa en la figura 27, dato similar a lo reportado por Llerena Silva (2014) quien afirma que el contenido promedio de polifenoles totales en uvilla (*Physalis peruviana* L.) es $259,93 \pm 42,74$ mg de ácido gálico/100g de muestra seca. Al día 4 se observó un descenso de polifenoles, tanto en el testigo como en los tratamientos, este comportamiento según Corrales Bernal et al (2015) se debe a la acción del etileno, cuya reacción podría ser inhibida por el MCP-1 (1-metilciclopropeno). Al día 8 y 12 aumentó el contenido de polifenoles y se inicia el descenso hasta el final del almacenamiento, debido a la degradación.



a



b

Figura 27. Comportamiento de polifenoles totales de los tratamientos (T1, T2, T3 y T4) a una temperatura de a (5°C) y b (8°C) y su testigo a temperatura ambiente

Márquez, Otero, Rojano, & Osorio (2014) menciona que el incremento en los polifenoles totales puede deberse a la concentración de sustancias como antocianinas y leucoantocianinas que aparecen con la madurez del fruto y la

tendencia decreciente es debido a la oxidación de algunas sustancias fenólicas por la acción de la isoenzima polifenoloxidasas, que aumenta su expresión con la madurez del fruto. Esto posiblemente causó la degradación de algunos de los compuestos fenólicos presentes y la disminución de sustancias activas con la sobremadurez.

De acuerdo con Concellón, Añón, & Chaves (2004) la isoenzima polifenoloxidasas es capaz de oxidar compuestos fenólicos y este proceso se ha relacionado con el deterioro de la fruta. Cuando se altera la estructura del tejido, los compartimentos que separan la polifenoloxidasas celular y los sustratos polifenólicos generalmente están desorganizados y en consecuencia, la enzima y los polifenoles se unen y rápidamente forma quinonas poliméricas por oxidación enzimática. Awad & Jager (2003) indican que en las células intactas, los compuestos fenólicos son ubicados en las vacuolas y protegidos de la enzimas peroxidasa por barreras en los cloroplastos y mitocondrias, evitando de esta manera el deterioro del fruto.

4.3.2 CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Matthes & Schmitz (2009) indican que la actividad antioxidante es el resultado de varios fitoquímicos presentes en la fruta y sus efectos sinérgicos. Hoyos, Vázquez, & Contreras (2017) mencionan que “Los antioxidantes son moléculas que contrarrestan los radicales libres y evitan el daño causado por ellos. Estas sustancias pueden reducir el daño oxidativo al reaccionar con los radicales libres antes de que alcancen objetivos biológicos, evitando reacciones en cadena o evitando la activación de oxígeno a formas más reactivas”. De ahí nace la importancia de mantener la estabilidad de los antioxidantes en las frutas de consumo mediante métodos de conservación que ayuden a cumplir dicho propósito.

Para capacidad antioxidante se realizó de igual manera que para polifenoles totales el análisis de varianza a los valores obtenidos al día 20 del almacenamiento como se indica en la tabla 22, en la cual se observan que existe diferencias altamente significativas en los tratamientos analizados, en el testigo y en el factor temperatura y existe una significancia en el factor de concentración de gases, al igual que en el ANOVA de polifenoles totales se observa que no interactúan entre los factores controlables, es decir actúan de forma independiente.

Tabla 22. Análisis de varianza de la variable capacidad antioxidante

FV	GL	SC	CM	F0	F0,05	F0,01		
Tratamiento	4	10340,59	2585,15	13,65	3,48	5,99	*	**
Temperatura (A)	1	2587,02	2587,02	12,29	5,32	11,26	*	**
Concentración de gases (B)	1	1804,98	1804,98	8,58	5,32	11,26	*	ns
I.AXB	1	0,68	0,68	0,003	5,32	11,26	ns	ns
Testigo vs resto	1	5947,71	5947,71	31,41	4,96	10,04	*	**
Error	10	1893,71	189,37					
Total	14	12234,29	873,88					

C.V. 5,98%

Se realizó la prueba tukey para tratamientos, la cual se visualiza en la figura 28 (Datos descritos en la Tabla 41 Anexo C.2), donde se puede observar que el tratamiento con alta capacidad antioxidante en el día 20 de almacenamiento fue el T3 con 267,33 uM TE/100g MS, seguidos de T1 y T4, comportamiento similar

con respecto al contenido de compuestos fenólicos, esto es debido a que existió menor tasa de respiración, lo que causó que el índice de maduración se retrase y se conserve la capacidad antioxidante del fruto. Con respecto a los tratamientos el que obtuvo menor capacidad antioxidante fue el T2 con 213,43 uM TE/100g MS, seguido por el Testigo, quien fue el que obtuvo mayor degradación de la capacidad antioxidante con 190,36uM/100g MS, Matthes & Schmitz (2009) afirman que durante el almacenamiento en los frutos pueden producirse cambios en el contenido de componentes bioactivos como resultado de la degradación metabólica, la respiración y los procesos de síntesis, especialmente durante el almacenamiento a temperatura ambiente. En concordancia con Corrales Bernal et al (2015) quienes mencionan que la uvilla al ser sometida a una temperatura de almacenamiento de 20°C y sin concentración de gases, la producción de etileno aumenta considerablemente por lo que ocasiona una reducción progresiva de su capacidad antioxidante.

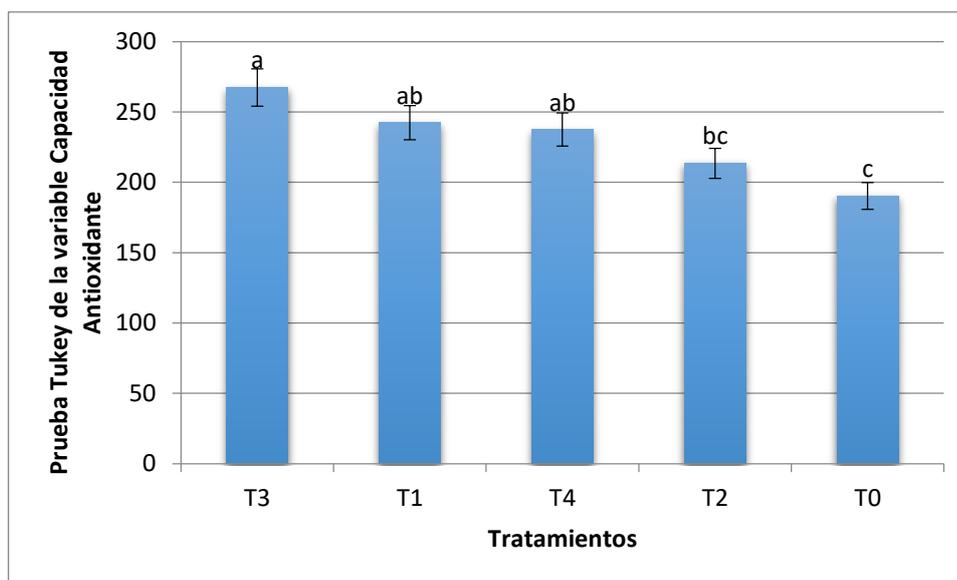
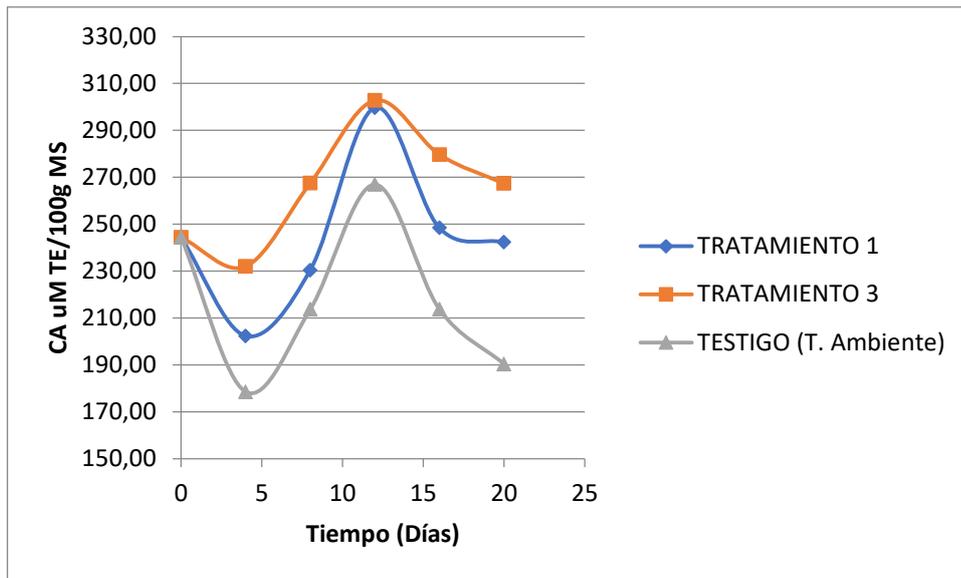


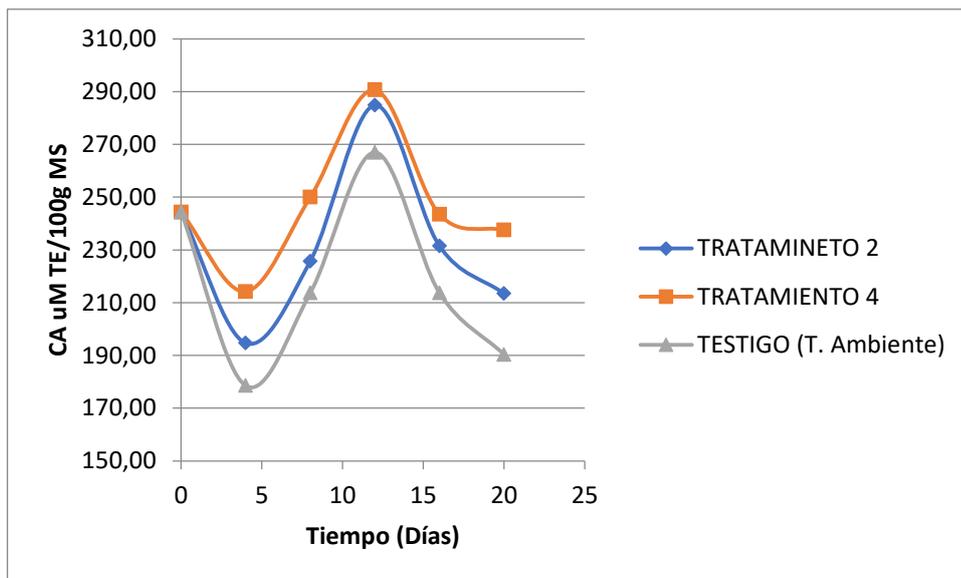
Figura 28. Grafica de barras de la prueba tukey para los tratamientos con respecto a la variable capacidad antioxidante.

4.3.2.1 Comportamiento de la capacidad antioxidante en la uvilla durante el almacenamiento en atmósferas controladas

Se determinó la capacidad antioxidante a la materia prima (día 0), el cual fue de 244,31, uM TE/100g MS como se muestra en la figura 29, dato similar a lo reportado por Corrales Bernal et al (2015), quienes analizaron la capacidad antioxidante de la uvilla mediante el método DPPH, cuyo valor fue de 243,6uM TE/100g MS. Al día 4 de almacenamiento descendió su capacidad antioxidante para el tratamiento 1, 2,3, 4 y para el respectivo testigo, y al día 8 y12 aumentó, a partir del cual empezó a descender hasta el día 20, comportamiento similar para el caso de polifenoles totales. Esto se debe a que conforme el fruto aumenta su estado de madurez, también aumenta su capacidad antioxidante. En concordancia con Mier & Cáez (2011) quienes mencionan que el estado de madurez influye directamente en el contenido de compuestos bioactivos en la uvilla, dado que durante la maduración se generan procesos de biosíntesis de sustancias como lo son los carotenoides, los compuestos fenólicos, el ácido ascórbico, entre otros. La presencia de estos compuestos en mayor cantidad en el fruto produce una mayor capacidad antioxidante, por lo cual esta propiedad funcional se incrementa también con la maduración del fruto. Restrepo Duque (2013) menciona que el contenido de compuestos bioactivos es proporcional al estado de madurez. La capacidad antioxidante en la uvilla es alta y está claramente relacionada con el contenido de polifenoles.



a



b

Figura 29. Comportamiento de la capacidad antioxidante de los tratamientos (T1, T2, T3 y T4) a una temperatura de a (5°C) y b (8°C) y su testigo a temperatura ambiente

De acuerdo con Corrales Bernal et al (2015) el aumento significativo en la capacidad antioxidante determinada por DPPH entre las frutas verde con respecto a la madura puede indicar que se potencia el sistema antioxidante de las células de la fruta madura para atrapar radicales libres. Se ha encontrado que las especies reactivas de oxígeno (ERO) parecen ser una característica intrínseca de las etapas

de senescencia y de maduración de las frutas, lo cual podría promover el deterioro oxidativo, que a su vez contribuye a un deterioro general del metabolismo celular, en donde pueden actuar los sistemas antioxidantes propios de las células para prevenir el estrés oxidativo (desequilibrio entre oxidantes y antioxidantes) en las células de la fruta. Hoyos et al (2017) indica que el estrés oxidativo puede dañar los lípidos, oxidando los ácidos grasos poliinsaturados; proteínas, oxidando los aminoácidos, enzimas, carbohidratos y ADN en las células y tejidos, lo que resulta en daño de la membrana, fragmentación o reticulación de moléculas como el ADN e incluso causar la muerte celular inducida por la fragmentación del ADN y la peroxidación lipídica. En otras palabras, se mejora el mecanismo de defensa antioxidante del fruto cuando madura.

4.3.3 CORRELACIÓN POLIFENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

La correlación realizada entre Polifenoles Totales y Capacidad Antioxidante dio un valor de 0.8, es decir una correlación alta. Corrales et al (2015) menciona con respecto al contenido de fenoles totales y el método DPPH, estos mostraron una correlación positiva y significativa. A partir de su coeficiente de correlación (R^2) se puede inferir que la capacidad de la uvilla para neutralizar el radical DPPH por transferencia de hidrógeno se debe en un 19% al contenido de compuestos fenólicos de la fruta.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se concluye que al someter al fruto a temperaturas bajas (5°C) y concentraciones de 5% de oxígeno, existe un cambio mínimo de sólidos solubles totales, acidez titulable y pH en la uvilla; por lo que existió un retraso en su índice de madurez, además se visualizó una pérdida menor de humedad, textura y cambio de coloración al final del almacenamiento en atmósferas controladas.
- La exposición del fruto a temperaturas bajas (5°C) ayuda a aplazar sus puntos climatéricos disminuyendo y estabilizando su tasa de respiración; de esta forma se evita el deterioro prematuro de la uvilla. De igual manera, al someterle a la fruta a concentraciones de oxígeno del 5% se inhibe la decoloración enzimática y la fermentación anaeróbica, y se reduce también la pérdida de agua.
- El método de conservación de atmósferas controladas mantiene una estabilidad en el contenido de los polifenoles totales y la capacidad antioxidante de la uvilla a una temperatura de 5°C y a una concentración de oxígeno de 5% durante el almacenamiento en un tiempo estipulado de 20 días; por lo tanto, se puede concluir que el mejor tratamiento de la investigación fue el tratamiento 3.
- Las concentraciones de gases y temperaturas de refrigeración afectaron el contenido de compuestos bioactivos como polifenoles totales y capacidad antioxidante de la uvilla con cáliz durante el almacenamiento en atmósferas controladas, de esta manera se acepta la hipótesis alternativa en la presente investigación.

5.2 RECOMENDACIONES

- Realizar el estudio de la evaluación del método de atmósferas controladas en uvilla en estado de madurez de consumo y sin la presencia de cáliz para determinar la conservación del fruto en presentación comercial.
- Realizar el estudio de evaluación del método de atmósferas modificadas en uvilla con cáliz en estado de madurez fisiológico para determinar sus características fisicoquímicas, funcionales y nutricionales, y comparar los resultados con la presente investigación realizada.
- Evaluar la capacidad antioxidante de la uvilla mediante otros métodos como son ABTS, ORAC o HPLC, para comparar con el presente estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- Alique, R. (25 de Junio de 2013). *Atmósferas controladas. Regulación postcosecha*. Recuperado el 21 de 12 de 2017, de <http://solucionespostcosecha.blogspot.com/2013/06/atmosferas-controladas-regulacion.html>
- Altamirano, M. A. (Junio de 2010). *Estudio de la cadena productiva de uvilla en la Sierra Norte del Ecuador*. Recuperado el 16 de 12 de 2017, de Universidad San Francisco de Quito: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/950/1/95220.pdf>
- ANFACO. (2017). *INFORME DE VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE HISTAMINA EN PRODUCTOS DE LA PESCA MEDIANTE KIT ENZIMÁTICO DESARROLLADO POR BioSystems S.A.* Quito-Pontevegra: Colegio Universitario Pontevegra.
- Angós, I., Vírveda, P., & Fernández, T. (2007). Control of respiration and color modification on minimally processed potatoes by means of low and high O₂/CO₂ atmospheres. *Postharvest biology and technology*.
- Armenteros, M., Ventanas, S., Morcuende, D., Estévez, M., & Ventanas, J. (2017). Antioxidantes naturales. *eurocarne*, 8.
- Ávila, J., Moreno, P., Fischer, G., & Miranda, D. (2004). Influencia de la madurez del fruto y del secado del cáliz en uchuva (*Physalis peruviana* L.), almacenada a 18°C. *Universidad Nacional de Colombia*.
- Awad, M., & Jager, A. (2003). Influencias del almacenamiento de aire y atmósfera controlada en el concentración de fenólicos potencialmente saludables en manzanas y otras frutas. *Postcosecha Biología y Tecnología*, 53.58.
- Balaguera López, H. E., Martínez, C. A., & Herrera Arévalo, A. (2014). Papel del cáliz en el comportamiento poscosecha de frutos de uchuva (*Physalis*

peruviana L.) ecotipo Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* Vol. 8 N°2, 181-191.

Benavides Pabón, P. E., & Cuasqui Anrrango, L. E. (2008). *Estudio del comportamiento poscosecha de la uvilla (Physalis Peruviana L.) sin capuchón*. Recuperado el 19 de 05 de 2018, de Universidad Técnica del Norte:

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/462/1/03%20AGI%20216%20TESIS.pdf>

Benavides Pabón, P. E., & Cuasqui Anrrango, L. E. (2008). *Estudio del comportamiento poscosecha de la uvilla (Physalis Peruviana L.) sin capuchón*. Recuperado el 19 de 05 de 2018, de Universidad Técnica del Norte:

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/462/1/03%20AGI%20216%20TESIS.pdf>

Botero, A. (2008). *Aplicación de la Ingeniería de Matrices en el desarrollo de la uchuva mínimamente procesada fortificada con calcio y vitaminas C y E*. Medellín: Universidad de Antioquía.

Carmona, M. D. (2010). *Caracterización físico-químico y sensorial de nabiza y grelo (Brassica rapa L.)*. Univ Santiago de Compostela.

Chancosi, D. (2017). *“Evaluación del efecto de la temperatura del almacenamiento sobre el contenido de ácido ascórbico y propiedades nutraceuticas de la uvilla Physalis peruviana L con cáliz.”*. Recuperado el 09 de 01 de 2018, de Universidad Técnica del Norte: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6521>

Chiquiza Montaña, L. N. (28 de 11 de 2012). *Respiración en Frutos*. Recuperado el 05 de 01 de 2018, de <https://prezi.com/aa9qnoefrhqv/respiracion-en-frutos/>

Concellón, A., Añon, M., & Chaves, A. (2004). Caracterización y cambios en la polifenol oxidasa a partir de fruta de berenjena (*Solanum melongena* L.) durante el almacenamiento a baja temperatura. *Food Chemistry*, 17-24.

- Corrales Bernal, A., Vergara, A. I., Rojano, B., Yahía, E., & Maldonado, M. E. (2015). *Características nutricionales y antioxidantes de la uchuva colombiana (Physalis peruviana L.) en tres estadios de su maduración*. Recuperado el 06 de 07 de 2018, de Archivos Latinamericanos de Nutrición: file:///C:/Users/MARCO/Downloads/2015.Corrales-Vergara-Rojano-Yahia-Maldonado.ALAN.65.pdf
- De la Vega, J., Cañarejo, M., & Pinto, N. (2017). Avances en Tecnología de Atmósferas Controladas y sus. *Información Tecnológica Vol. 28*, 75-86.
- FAO. (2005). *Desarrollo de un sistema integral de aseguramiento de calidad para laboratorios de análisis de alimentos en América del Sur*. Colombia-Bogotá: ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO).
- FAO. (2007). *MANUAL DE MANEJO POSTCOSECHA DE FRUTAS TROPICALES (Papaya, piña, plátano, cítricos)* . Roma-Italia: ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO) .
- Fischer, G., Piedrahíta, W., Miranda, D., & Romero, J. (2005). *Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (Physalis peruviana L.) en Colombia*. Bogota-Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Unibiblos.
- Galvis, J. A., Fischer, G., & Gordillo, O. (2005). *Cosecha y poscosecha de la uvilla*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- García, M. C., Peña, A. C., & Brito, B. (2014). *Uvilla Physalis peruviana L.: fruta andina para el mundo- Desarrollo Tecnológico para el fortalecimiento del manejo poscosecha de la uvilla*. España: Editorial asistancia.
- Gerhard, F., Almanza, P. J., & Miranda, D. (2013). Importancia y cultivo de la uchuva (Physalis peruviana L.). *Revista Brasileira de Fruticultura*.
- Guerrero Ochoa, M. J. (2013). *Efecto del uso combinado de la radiación UV y atmósfera modificada en el tiempo de vida útil de uvilla orgánica*

Physalis peruviana sin capuchón. Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial.

Guevara Correa, J. F. (2017). *Mejora de la conservación postcosecha de la naranjilla (Solanum quitoense Lam.) mediante atmósferas modificadas*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.

Herner, & Sink. (2000). Producción de etileno y comportamiento respiratorio. *Departamento de Horticultura, Michigan State University, East Lansing*, 38-42.

Hoyos, J., Vázquez, M., & Contreras Calderón, J. (2017). Métodos electroquímicos como herramienta para determinar la capacidad antioxidante de alimentos y bebidas: una revisión. *Food Chemistry*, 1371-1381.

ICONTEC. (1999). *Norma Técnica Colombiana NTC 4580*. Bogotá.

INAMHI. (2017). *instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*. Recuperado el 10 de 01 de 2018, de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/la-institucion/>

Jurado, B., Aparcana, I., Villarreal, L., Ramos, E., Calixto, M., Hurtado, P., y otros. (24 de 08 de 2016). *Evlalución del contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante de los extractos etanólicos de los frutos de aguaymanto (Physalis peruviana L.) de diferentes lugares del Perú*. Recuperado el 26 de 04 de 2018, de Scielo: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v82n3/a03v82n3.pdf>

Lanchero, O., Velandia, G., Fischer, G., Varela, N., & García, H. (2007). *Comportamiento de la uchuva Pkysalis peruviana L. en poscosecha bajo condiciones de atmósfera modificada activa*. Recuperado el 09 de 06 de 2018, de Revista corpoica- Ciencia y tecnología agropecuaria: <http://www.redalyc.org/html/4499/449945022008/>

Llerena Silva, W. M. (2014). *“Estudio de la relación entre el color y el contenido de antioxidantes de seis frutas tropicales y andinas: Arazá, Mora,*

- Mortiño, Naranjilla, Tomate de árbol y uvilla. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Marín, Z. (2009). *Viabilidad de desarrollo de uchuva (Physalis peruviana L.) mínimamente procesada enriquecida con microorganismos probióticos a partir de la Ingeniería de Matrices*. Medellín-Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Márquez Villacorta, L. F., Torres Infante, F. E., & Pretell Vásquez, C. C. (2007). *Antocianinas totales, fenoles totales y actividad antioxidante en pulpas de frutas*. Perú: Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias. UPAO.
- Márquez, C., Otero, C., Rojano, B., & Osorio, J. (2014). ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS DEL TOMATE DE ÁRBOL (*Cyphomandra betacea* S.) EN POSCOSECHA. *Temas Agrarios*, 173.184.
- Matthes, A., & Schmitz, M. (2009). Contenido de polifenoles y capacidad antioxidante de la manzana: efecto del cultivar y condiciones de almacenamiento. *Revista de Botánica Aplicada y Calidad de los Alimentos*, 152-157.
- Mazo, N., Maldonado, M. E., & Rojano, B. (06 de 2013). *Extracto acuoso de uchuva (Physalis peruviana): actividades antiproliferativa, apoptótica y antioxidante*. Recuperado el 11 de 05 de 2018, de Scielo: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-41082013000100003
- Meléndez Martínez, A., Vicario, I., & Heredia, F. (Junio de 2004). *Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos*. Recuperado el 22 de 11 de 2019, de SCIELO: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000200011&lng=es&tlng=es
- Mier, H., & Cáez, G. (2011). *Contenido de polifenoles, carotenos y capacidad antioxidante en frutos de uchuva (physalis peruviana) en relación a su*

estado de madurez. Bogotá-Colombia: Universidad de la Sabana-Recitela.

Montoya, D. (2008). *Tecnología de atmósferas controladas para frutas y hortalizas, caso de estudio modelo aguacate (Persea Americana) variedad hass*. Bogotá, Colombia: Escuela de Postgrados, Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

Moreno Guerrero, C., Andrade Cubi, M. J., & Concellón, A. (2012). Efecto del uso combinado de la radiación uv-c y atmósfera modificada sobre el tiempo de vida útil de uvilla (*Physalis peruviana* L.) orgánica. *Tsafiqui-Revista de investigación científica UTE*.

Nieto, V. A. (2010). *Estudio del comportamiento poscosecha del fruto de uvilla (Physalis peruviana), en el cantón cevallos de la provincia de Tungurahua*. Recuperado el 17 de 12 de 2017, de Universidad Técnica de Ambato: <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/4321/1/Tesis-44agr.pdf>

Nono, C., & Verdezoto, J. (2005). *Proyecto de factibilidad para la elaboración, comercialización y distribución de uvillas en almíbar al mercado alemán para la empresa equibusiness*. Recuperado el 17 de 12 de 2017, de Escuela politecnica nacional: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/247/1/CD-0650.pdf>

Novoa, R., Bojacá, M., Galvis, J. A., & Fischer, G. (Junio de 2006). La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento poscosecha de la uchuva, almacenada a 12 °C (*Physalis peruviana* L.). *SciELO-Agronomía Colombiana*.

Orfa, L. (2003). *Proyecto de factibilidad para la creación de una empresa productora y comercializadora de uvilla*. Recuperado el 17 de 12 de 2017, de Escuela politécnica del ejército sede-Latacunga: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4309/1/T-ESPEL-0313.pdf>

- Orjuela, J., Pinilla, A., & Rincón, J. R. (2002). Aplicación de la tecnología de atmósfera controlada para la conservación de la granadilla. *Ciencia investigación academia y desarrollo*.
- Pacheco, L. A., & Núñez, J. E. (2012). *Evaluación de fertilizantes foliares dos tipos de podas en el cultivo de uvilla (Physalis peruviana) en las condiciones edafoclimáticas*. Recuperado el 17 de 12 de 2017, de Universidad Técnica de Cotopaxi: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/735/1/T-UTC-0572.pdf>
- Peña, R., Cortés, M., & Gil, J. (2013). *Estabilidad Fisicoquímica y Funcional de Uchuva (Physalis peruviana L.) Impregnadaa Vacío con Calcio y Vitaminas B9, D y E, Durante el Almacenamiento Refrigerado*. Recuperado el 03 de 05 de 2018, de Revista UNAL: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/viewFile/39529/41473>
- Proaño, M. (03 de Julio de 2011). La uvilla se acomoda en el mercado internacional. *LA HORA*, pág. <https://lahora.com.ec/noticia/1101167341/home>.
- Reinoso, R. (Febrero de 2014). *Estudio de factibilidad para la creación de una pequeña empresa productora y comercializadora de mermelada de uvilla ubicada en el cantón Cotacahi, provincia de Imbabura*. Recuperado el 17 de 12 de 2017, de UTN: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/3160/1/02%20ICO%20366%20TESIS.pdf>
- Repo de Carrasco, R., & Encina Zelada, C. R. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. *Revista de la sociedad química del Perú*.
- Restrepo Duque, A. M. (2013). *Uchuva (Physalis peruviana L): estudio de su potencial aplicación en el desarrollo de alimentos con características funcionales*. Caldas-Antioquia: Corporación Universitaria Lasallista.

- Restrepo, A. (2008). *Nuevas perspectivas de consumo de frutas: Uchuva (Physalis peruviana L.) y Fresa (Fragaria vesca L.) mínimamente procesadas fortificadas con vitamina E*. Medellín-Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Revelo Cáceres, D. A. (2016). *Estudio del efecto del 1-metilciclopropeno (1-mcp) y la radiación uv-c sobre la calidad poscosecha de la uvilla (physalis peruviana) orgánica*. Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Reyes Aguilar, L. S. (Octubre de 2014). *Efecto de procesamiento sobre la estabilidad de polifenoles en extracto de mango (Mangifera indica L.)*. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.
- Rivera Orozco, C. A., & Rodríguez Báez , M. (2010). *Uso de la ecuación de Horwitz en laboratorios de ensayo*. México: Centro Nacional de Metrología.
- Romero, V. (2 de Mayo de 2016). *Propiedades de la uvilla*. Recuperado el 16 de 12 de 2017, de Fmmundo: <https://fmmundo.com/propiedades-la-uvilla/>
- Sagarna, D. (2017). *Analizador de gas MAPY LE y Mezclador KM 1000 FLOW MAP*. Recuperado el 21 de 12 de 2017, de Technology for gases: <http://www.wittgas.com/es/productos/analizadores-de-gas/analizadores-en-linea/analizador-de-gas-mapy-le.html>
- Sanchez, D. (02 de 09 de 2012). *Determinación de tasas de respiración*. Recuperado el 18 de 12 de 2017, de Escuela Politécnica Nacional: <https://es.scribd.com/doc/111903283/Determinacion-de-La-Tasa-de-Respiracion>
- Santiago Rodríguez, J. D. (2017). *Atmósferas controladas y modificadas en postcosecha*. Recuperado el 20 de 05 de 2018, de Intagri: <https://www.intagri.com/quienes-somos>
- Tacanga Ramírez, W. A. (2015). *Características y propiedades funcionales de Physalis peruviana Aguaymanto*. Trujillo-Perú: Universidad Nacional de Trujillo.

- Tórrez, J. M. (2011). *Elaboración del néctar de uvilla Physalis peruviana L, utilizando sacarina, dos concentraciones de estabilizante y dos tiempos de pasteurización*. Recuperado el 18 de 12 de 2017, de Universidad Técnica del Norte:
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/754/1/03%20AGI%20289%20TESIS.pdf>
- Tovar del Río, J. (2013). *Determinación de la actividad antioxidante por DPPH y ABTS de 30 plantas recolectadas en la ecoregión cafetera*. Recuperado el 07 de 07 de 2018, de Universidad Tecnológica de Pereira:
<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/3636/54763T736.pdf;jsessionid=05B22EFCC508223781039E665C5F1125?sequence=1>
- Uzca Morán, E. V. (2008). *Industrialización de la Uvilla*. Recuperado el 04 de 01 de 2018, de Escuela Superior Politécnica del Litoral:
https://books.google.com.ec/books?id=kJQzAQAAMAAJ&pg=PR8&lpg=PR8&dq=CARACTERIZACI%C3%93N+QU%C3%8DMICA+DE+LA+FRUTA+ENTERA+DE+UVILLA&source=bl&ots=G0jARIKF0W&sig=Gb8al2HoUvzJ8xSYV7afq5YqOIU&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiqoomU_b_YAhVLOCYKHSDyBIEQ6AEIJzAB#v=onepage&
- Yépez, M. (2018). *Evaluación del efecto de la temperatura e índice de madurez sobre la intensidad respiratoria de la uvilla physalis peruviana L. bajo condiciones de atmósferas modificadas pasivas*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Yıldız, G., İzli, N., Ünal, H., & Uylaşer, V. (2014). Physical and chemical characteristics of goldenberry fruit (*Physalis peruviana L.*). *Journal of Food Science and Technology*.

ANEXOS

ANEXO A. Análisis fisicoquímicos y organolépticos

- **Determinación de análisis fisicoquímicos**

Acidez titulable

Se evaluó mediante el método AOAC 942.1. En 5 ml de muestra se adicionó 50ml de agua destilada en un vaso de precipitación, posteriormente se colocó 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 7.

$$\% \text{ Acidez} = \frac{fa * V * N * f}{Vo} \quad (7)$$

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.

pH

Se determinó el pH de las muestras con un potenciómetro marca JENWAY (3510 pH meter) cuyo método será AOAC 981.12.

El pH de los tratamientos se midió directamente mediante la inmersión de los electrodos del potenciómetro calibrado con KCl en 50 ml de muestra de uvilla triturada.

Sólidos Solubles (°Brix)

Se analizó a 20°C por refractometría con un refractómetro cuya marca es REICHERT AMETEK cuyo método utilizado fue AOAC 932.12.

Se colocó tres gotas de muestra de uvilla no diluida en el refractómetro de mesa, 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 lee 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.

Humedad

Para el análisis de humedad se empleó una balanza de torsión sensible para pesar la muestra y una lámpara infrarroja para secar.

El proceso que se realizó fue inicialmente pesar la muestra de uvilla aproximadamente 3g en la misma balanza y distribuirla cuidadosamente y uniformemente en el platillo. Con la fuente de potencia debidamente ajustada, se procedió a bajar la tapa de la balanza. La muestra comenzará a perder humedad. Después de pasado un tiempo de 10 a 20 minutos, deberá tomarse la lectura, y si ésta permanece estable durante 2 minutos se registrará como porcentaje total de humedad.

- **Determinación de análisis organolépticos (color y textura)**

Color

Para la medición de color del fruto de uvilla se realizó en el fruto entero mediante el colorímetro.

El color se midió en la escala CIE L*c*h*. En este espacio de color, L* indica luminosidad, C* representa croma o saturación, y h* es el ángulo de matiz. El valor de color C* es la distancia desde el eje de luminosidad (L*) y comienza a 0 en el centro. El ángulo de matiz comienza en el eje +a* y es expresado en grados (e.j. 0° es +a*, o rojo, y 90° es +b, o amarillo) como se muestra en la figura 30.

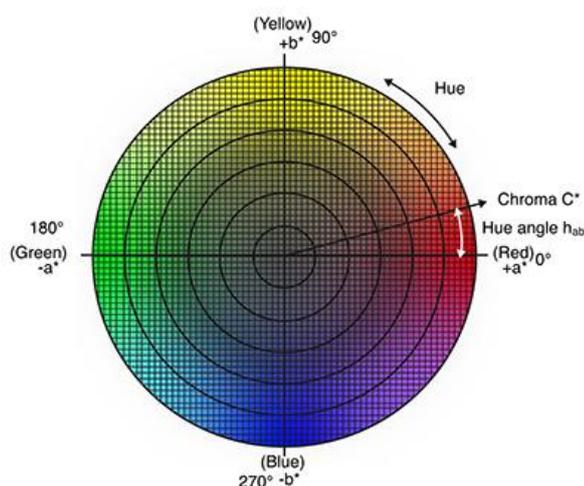


Figura 30. Representación gráfica de los parámetros de color en la escala CIE L*C*H.

Para calcular a y b se realizó mediante los valores obtenidos de C* y H* con las ecuaciones 8 y 9

$$a^* = \cos(H^*) * C^* \quad (8)$$

$$b^* = \sin(H^*) * C^* \quad (9)$$

Textura

La textura de la uvilla se determinó mediante el texturómetro (modelo EZSX). Las frutas fueron sometidas a pruebas de compresión en dos sentidos (longitudinal

y transversal) a una velocidad de 1mm/s. La fuerza de ruptura se determinó sometiendo a la fruta a un proceso de punzamiento con una aguja a una velocidad de 1mm/s.

ANEXO A.1. Tabla de datos obtenidos del Análisis Físicoquímico

Tabla 23. Valores de sólidos solubles totales, acidez titulable e índice de madurez en uvilla en estado fresco y al finalizar los tratamientos.

PROPIEDAD	MATERIA PRIMA	T1	T2	T3	T4	TESTIGO (TA)
Sólidos Solubles Totales	10,43±0,37	11,4±0,14	11,83±0,12	11,17±0,12	11,53±0,12	12,17±0,09
Acidez Titulable	1,95±0,06	1,56±0,01	1,45±0,04	1,87±0,02	1,49±0,07	1,29±0,03
Índice de madurez	5,36±0,31	7,33±0,04	8,18±0,24	5,96±0,13	7,74±0,32	9,44±0,17

Tabla 24. Prueba Tukey Índice de Madurez

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E	
T3	5,96	3	0,14	a
T1	7,33	3	0,14	b
T4	7,74	3	0,14	b c
T2	8,18	3	0,14	c
T0	9,44	3	0,14	d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 25. Valores de pH, textura y humedad en uvilla en estado fresco y al finalizar los tratamientos.

PROPIEDAD	MATERIA PRIMA	T1	T2	T3	T4	TESTIGO (TA)
pH	3,67±0,03	3,69±0,02	3,81±0,00	3,68±0,02	3,70±0,02	3,84±0,01
Textura (g^f)	178,27±0,37	166,80±0,57	155,43±0,87	167,90±0,29	160,77±1,10	116,27±0,45
Humedad (%)	79,0±0,51	78,0±0,71	76,5±0,50	78,87±0,12	77,5±0,42	75,00±1,00

Tabla 26. Prueba de Kruskal Wallis de la variable textura

Variable	TRATAMIENTOS	N	Medias	D.E	Medianas	H	p
Textura	T0	3	116,27	0,55	116,30	13,36	0,0096
Textura	T1	3	166,80	0,70	166,80		
Textura	T2	3	155,43	1,06	155,60		
Textura	T3	3	167,90	0,36	168,00		
Textura	T4	3	160,77	1,34	160,20		

Tabla 27. Rangos de la Prueba de Kruskal wallis de Textura

Tratamientos	Rangos			
T3	<u>13,83</u>	a		
T1	11,17	a	b	
T4	8,00	a	b	c

T2	5,00	b	c
T0	2,00		c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO B. Valores obtenidos en la medición de la tasa de respiración

Tabla 28. Prueba de Kruskal Wallis de la variable Tasa de respiración de consumo de O₂

Variable	Tratamientos	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
TR O ₂	T0	3	125,40	6,19	123,22	11,23	0,0241
TR O ₂	T1	3	10,08	0,67	9,96		
TR O ₂	T2	3	11,15	2,51	11,54		
TR O ₂	T3	3	5,41	0,71	5,66		
TR O ₂	T4	3	9,36	0,96	8,81		

Tabla 29. Rangos de la Prueba de Kruskal Wallis de la variable Tasa de respiración de consumo de O₂

Tratamientos	Rangos		
T3	2,00	a	
T4	6,67	a	
T1	8,33	a	b
T2	9,00	a	b
T0	14,00		b

Tabla 30. Prueba de Kruskal Wallis de la variable Tasa de respiración de producción de CO₂

Variable	Tratamientos	N	Medias	D.E.	Medianas	H	P
TR CO ₂	T0	3	109,49	3,08	109,11	13,50	0,0089
TR CO ₂	T1	3	9,89	0,84	10,37		
TR CO ₂	T2	3	16,79	2,31	16,26		
TR CO ₂	T3	3	5,46	0,85	5,95		
TR CO ₂	T4	3	6,47	0,85	5,98		

Tabla 31. Rangos de la Prueba de Kruskal Wallis de la variable Tasa de respiración de producción de CO₂

Tratamientos	Rangos			
T3	2,00	a		
T4	5,00	a	b	
T1	8,00	a	b	c
T2	11,00		b	c
T0	14,00			c

Tabla 32. Valores de tasa de respiración de consumo de O₂ de los tratamientos y del testigo analizado

TIEMPO (Días)	T1	T2	T3	T4	TESTIGO (T. AMBIENTE)
0	15,37±0,16	20,88±2,28	14,04±1,57	18,16±0,60	75,83±5,21
3	7,27±0,37	7,65±0,89	6,65±0,39	7,31±0,21	57,00±3,00
5	6,87±0,50	8,05±0,65	5,11±0,67	7,16±0,79	56,01±3,03
7	6,43±0,38	9,58±0,56	5,86±0,25	7,02±0,33	51,55±7,82
10	6,87±0,50	9,58±0,29	5,90±0,07	8,56±0,27	75,84±7,62
12	6,92±0,17	8,49±2,35	5,46±0,19	8,91±0,42	111,53±7,50
14	7,56±0,01	7,50±1,23	5,90±0,07	7,06±0,97	84,27±6,08
17	9,34±0,26	9,58±1,49	5,46±0,61	7,91±0,63	140,77±7,41
20	10,08±0,55	11,15±2,05	5,41±0,57	9,35±0,78	125,40±5,05

Tabla 33. Valores de tasa de respiración de producción de CO₂ de los tratamientos y del testigo analizado

TIEMPO (Días)	T1	T2	T3	T4	TESTIGO (T. AMBIENTE)
0	8,40±0,69	13,53±1,09	7,44±0,00	12,93±1,85	70,03±4,48
3	5,93±0,01	7,41±0,02	6,45±0,70	7,46±2,12	57,69±5,16
5	5,44±0,70	5,93±0,01	5,46±0,70	7,96±0,70	56,35±2,91
7	6,43±0,69	6,42±0,71	5,95±1,22	6,97±0,70	48,52±1,81
10	6,92±0,69	6,42±1,38	5,46±0,70	6,96±0,70	79,16±7,87
12	6,43±0,69	6,91±1,39	5,46±0,70	8,46±2,82	102,46±4,73
14	5,93±0,01	6,42±1,40	5,95±1,22	6,97±0,70	86,40±7,98
17	6,92±0,70	7,41±0,02	5,46±0,70	5,47±0,71	129,62±7,88
20	9,89±0,68	16,79±1,88	5,46±0,70	6,47±0,70	109,49±2,52

ANEXO C. Determinación de polifenoles totales y capacidad antioxidante

- **Determinación de polifenoles totales**

Preparación de la muestra

Previo al análisis se liofilizó las muestras de uvilla en bandejas de aluminio, el cual consta principalmente de dos pasos: congelar el producto a -20°C y secado por sublimación directa del hielo bajo presión reducida.

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 sobres manila y fundas de alta densidad colocadas en fundas ziploc en el desecador hasta el análisis del compuesto antioxidante como se muestra en la figura 31.

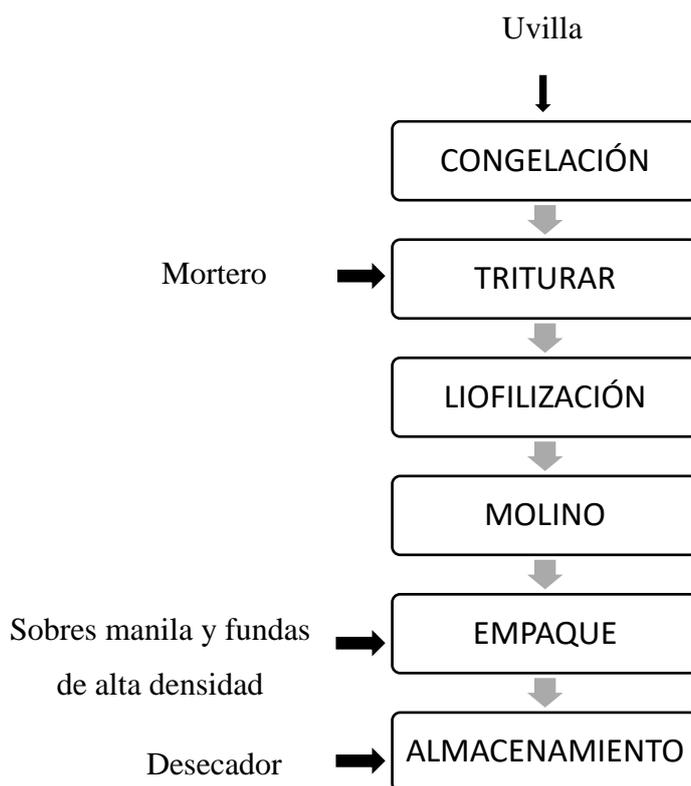


Figura 31. Preparación de la muestra para la determinación de polifenoles totales

Preparación del extracto

Para la extracción de compuestos antioxidantes se pesó aproximadamente 0,5 g de uvilla liofilizada en papel de pesaje y se colocó en tubos falcon de 50 ml. Luego se adicionó 10 ml de metanol, se agitó en vortex por 15 minutos y se almacenó a 2°C durante 24 horas, luego se centrifugó a 5000 rpm durante 20 min y se filtró con papel Watman N° 4 hasta obtener el extracto, esto se lo realizó 4 veces para asegurar la extracción de todo el contenido de polifenoles totales presentes en el fruto (% de recuperación) y se aforó con metanol en balones volumétricos de 40 ml. El flujo de proceso se observa en la figura 32.

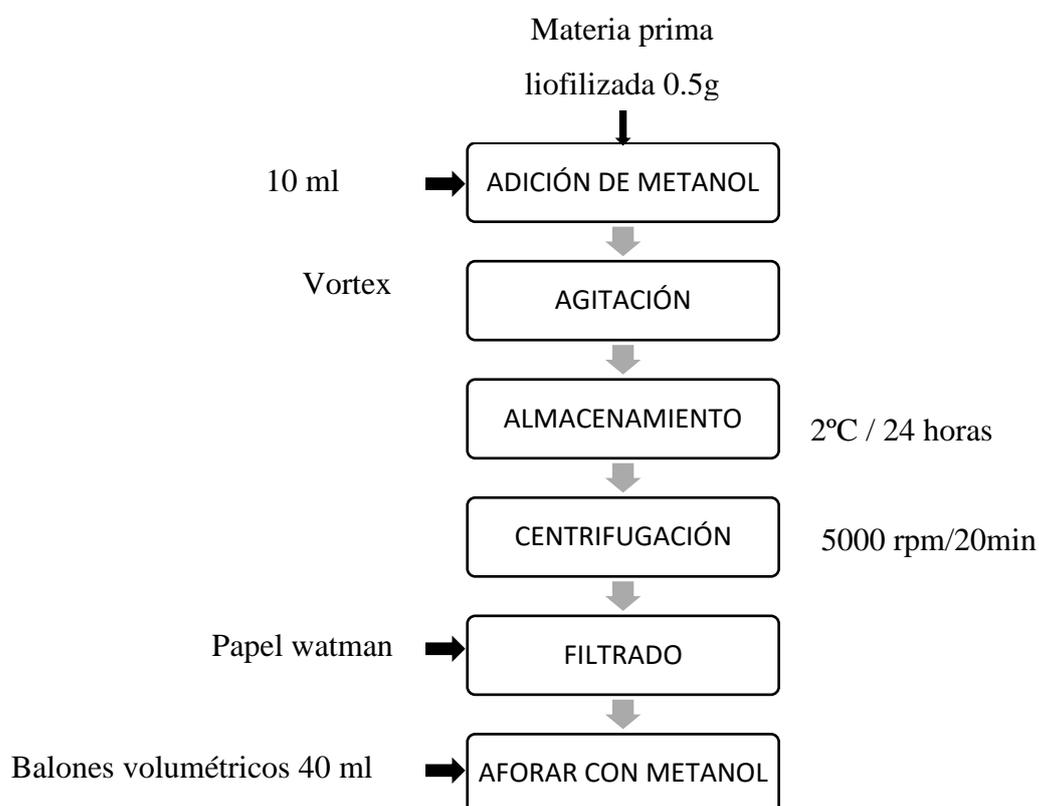


Figura 32. Preparación del extracto para la determinación de polifenoles totales

Cuantificación de Polifenoles Totales

La determinación del contenido de polifenoles totales se llevó a cabo por el método Folin-Ciocalteu. 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 0.5 ml de extracto, al cual se adicionó 0,25 ml de Folin-Ciocalteu 0,5N y se mezcló durante 3 segundos en vortex, se procedió a tapar con parafilm y se dejó reposar cinco minutos a temperatura ambiente, luego se colocó 1,25 ml de carbonato de sodio (Na_2CO_3) al 19%, después se adicionó 1 ml de agua destilada y se agitó la mezcla 15 segundos en vortex 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 agua destilada para la calibración del equipo. Los resultados se reportaron como miligramos de equivalente de Ácido Gálico (GAE) en 100 gramos de peso seco (PS). El diagrama de proceso se muestra en la figura 33.

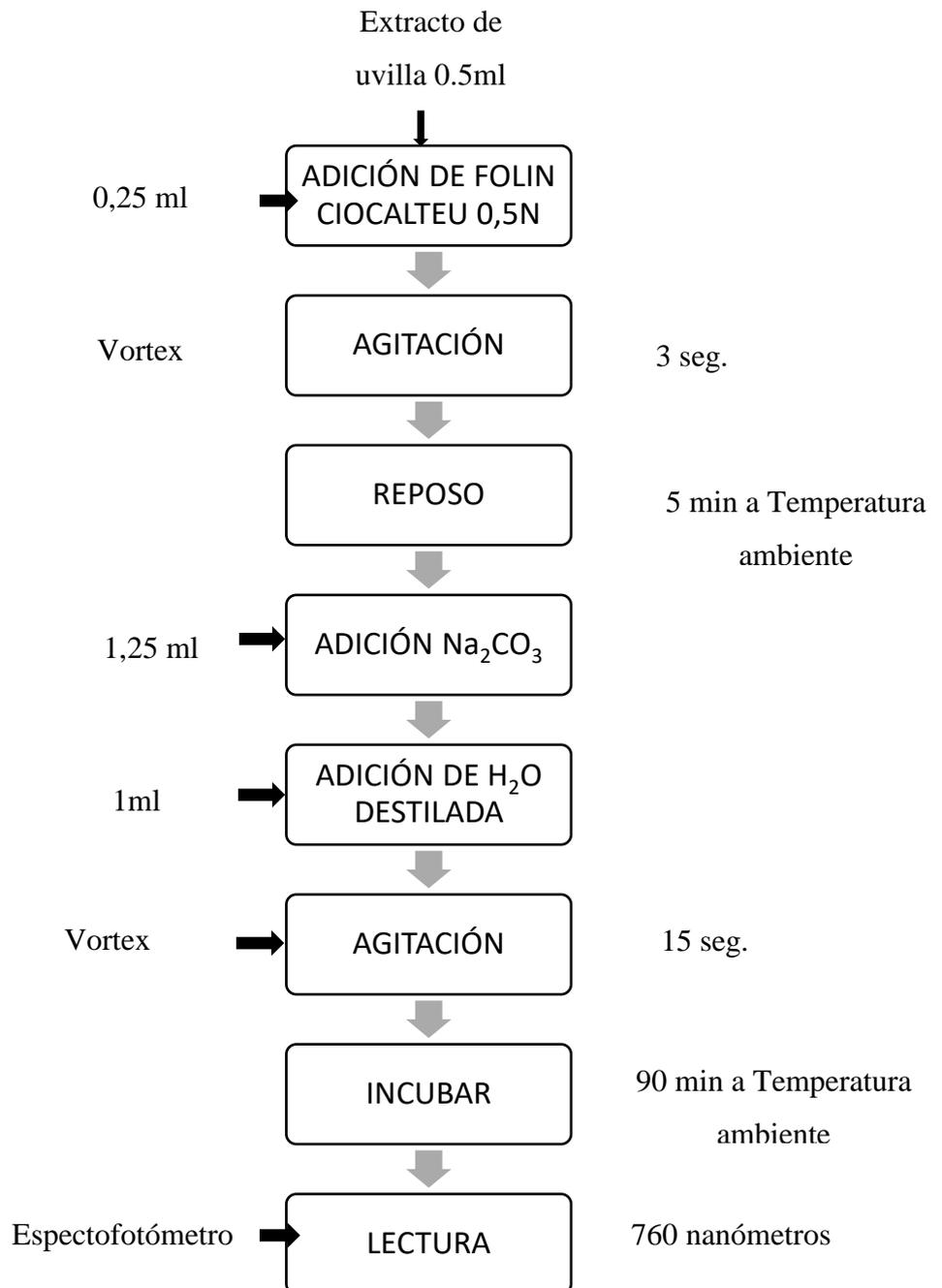


Figura 33. Cuantificación de polifenoles totales

- **Determinación de la capacidad antioxidante**

Se evaluó mediante el método DPPH, el cual se basa en la reducción del radical DPPH por los antioxidantes que posea la muestra.

Con el extracto obtenido en la determinación de polifenoles totales se procedió a evaluar la capacidad antioxidante. Se construyó la curva de calibración con el trolox estándar. Se tomó 280µl de solución metanólica DPPH y 20µl de extracto

del fruto y se mezcló, luego se procedió a incubar por 30 min a temperatura ambiente en oscuridad y se leyó la absorbancia a 490 nm mediante un espectrofotómetro Jenway (modelo 6705 UV/Vis). Los resultados se reportaron como valores μmol equivalentes de Trolox / 100 g pulpa seca.

ANEXO C.1 Validación del método utilizado

Se procedió a realizar la validación del método para determinar el contenido de polifenoles totales mediante el método Folin-Ciocalteu descrito por Yıldız, İzli, Ünal, y Uylaşer, (2014) y capacidad antioxidante de la uvilla por el método 1,1-difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH) descrito por Corrales Bernal, Vergara, Rojano, Yahía, & Maldonado, (2015)

Para determinar el contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante se realizó 3 pasos que son necesarios para la validación de los métodos utilizados.

Linealidad

- **Polifenoles totales**

Para efectuar la linealidad del método se procedió a realizar una curva de calibración de ácido gálico con concentraciones de 10, 20, 30, 40 y 50ppm., estos se cuantificaron mediante espectrofotometría para obtener las absorbancias y poder graficar la curva antes mencionada. Las mediciones se realizaron por duplicado durante 3 días consecutivos con la finalidad de obtener una curva de calibración promedio como se muestra en la figura 34. A continuación se observan en la tabla 34 las absorbancias promedio y en la figura 34 se observa la curva de calibración promedio de polifenoles totales, misma que posee un coeficiente de determinación (R^2) de 0.99. lo que indica una alta correlación entre las absorbancias medidas y las concentraciones de ácido gálico utilizadas.

Tabla 34. Concentraciones de ácido gálico y absorbancias para la curva de calibración promedio

Concentración	Absorbancia
0	0,000
10	0,195
20	0,385
30	0,546
40	0,719
50	0,859

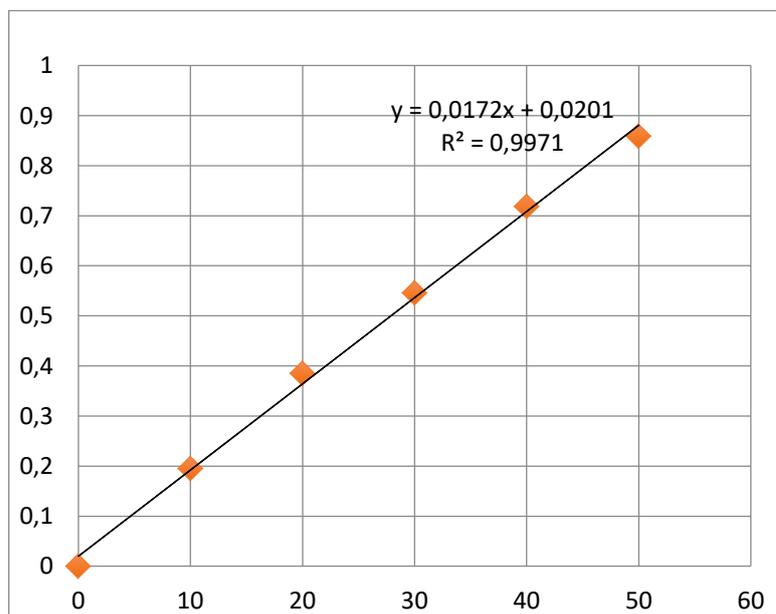


Figura 34. Curva de calibración promedio para polifenoles totales

- **Capacidad Antioxidante**

Para ejecutar el proceso de linealidad para capacidad antioxidante se realizó una curva de calibración de trolox con concentraciones de 10, 20, 30, 40, 50 y 60 uM, Se midió en el espectrofotómetro para conseguir las absorbancias y poder graficar

la curva, esto se lo hizo por triplicado para obtener la curva de calibración promedio como se observa en la figura 35. En la tabla 35 se visualiza las absorbancias promedio de cada concentración utilizada y en la figura 35 se muestra la curva de calibración promedio para capacidad antioxidante, esta posee un coeficiente de determinación (R^2) de 0.98. lo que indica una alta correlación entre las absorbancias medidas y las concentraciones de trolox utilizadas.

Tabla 35. Concentraciones de trolox y absorbancias para la curva de calibración promedio

Concentración	Absorbancia
0	0,146
10	0,138
20	0,132
30	0,128
40	0,123
50	0,118
60	0,114

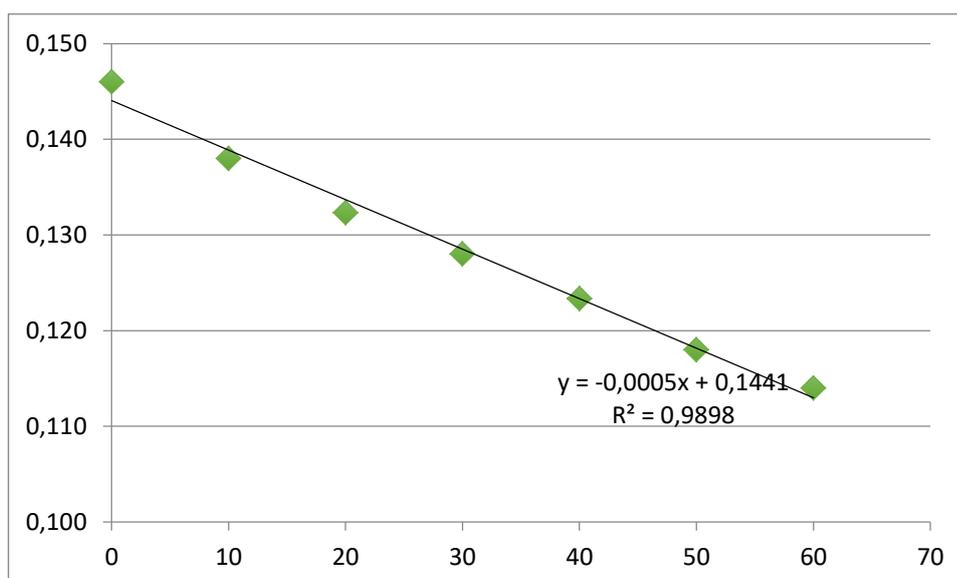


Figura 35. Curva de calibración promedio para capacidad antioxidante

Exactitud

- **Polifenoles torales y capacidad antioxidante**

Para obtener la exactitud del método utilizado para polifenoles totales y capacidad antioxidante se realizó el porcentaje de recuperación, que consiste en conseguir el contenido total de polifenoles totales y capacidad antioxidante que se encuentran en la muestra analizada del fruto, para lo cual se procedió a preparar el extracto, proceso descrito en el Anexo C, y se luego a cuantificar mediante la curva de calibración determinada anteriormente. Se realizaron 7 extracciones a la muestra liofilizada de uvilla para obtener el 100% de recuperación como se observa en la figura 36 para polifenoles totales y figura 37 para capacidad antioxidante.

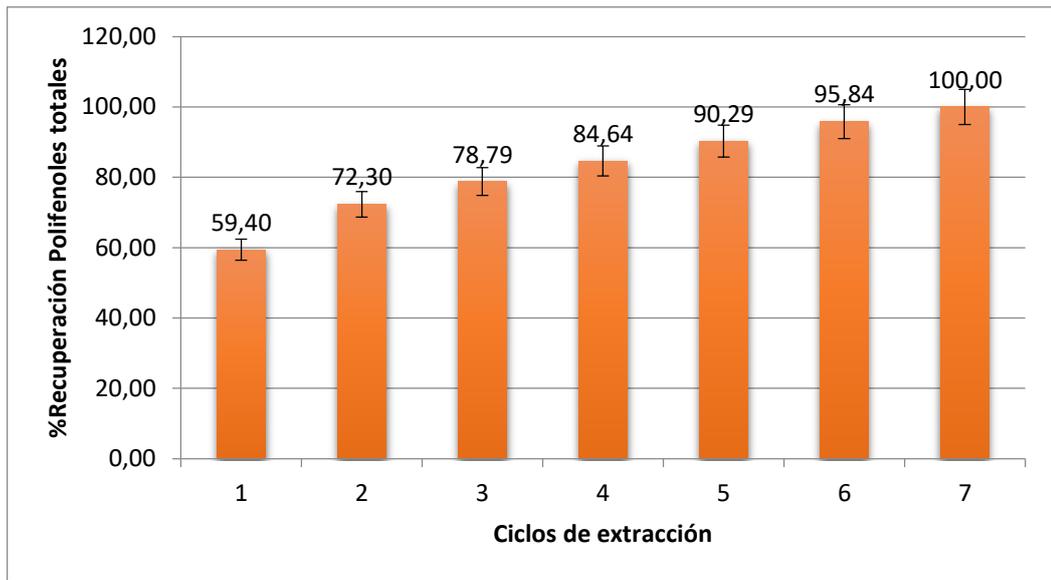


Figura 36. %Recuperación para polifenoles totales

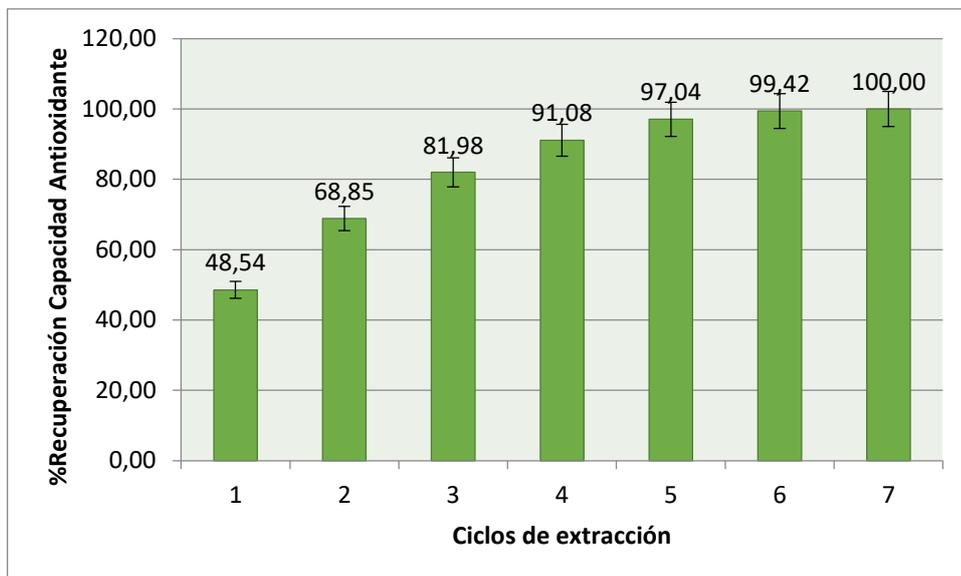


Figura 37. %Recuperación para capacidad antioxidante

Precisión

Para la precisión del método de polifenoles totales y capacidad antioxidante se realizó el proceso de cuantificación, descrito en el Anexo C, al total de las 7 extracciones realizadas mediante la curva de calibración mencionada

anteriormente. Se realizó 6 repeticiones como se muestra en la tabla 36 para polifenoles totales y capacidad antioxidante y se obtuvo el dato promedio, la desviación estándar y el coeficiente de correlación como se muestra en la tabla 37 para cada componente funcional analizado.

Tabla 36. Contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante en 6 repeticiones

Repeticiones	Contenido de polifenoles (mg AG/100g MS)	Capacidad Antioxidante (uM TE/100gMS)
1	217,83	281,45
2	245,98	225,54
3	233,45	170,15
4	219,45	309,32
5	236,27	253,38
6	227,77	198,05

Tabla 37. Promedio, DS y CV de polifenoles totales y capacidad antioxidante

	Polifenoles Totales	Capacidad Antioxidante
Promedio	230,40	244,31
Desviación Estándar	6,69	13,22
Coficiente de Variación	2,90	5,41

Los resultados mostrados en la tabla 37 determinan un error de repetividad el cual fue de 2,90% para polifenoles totales y 5,41% para capacidad antioxidante, error que se encuentra dentro del límite permitido para la concentración medida conforme la ecuación de horwitz, donde la concentración del analito se establece hasta el 0,01% para el presente estudio. Por lo tanto el coeficiente de variación es del 8% según la trompeta de Horwitz (Rivera Orozco & Rodríguez Báez , 2010).

ANEXO C.2 Valores del contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante de la uvilla con cáliz durante el almacenamiento en Atmosferas controladas.

Tabla 38. Valores del contenido de polifenoles totales de los tratamientos y del testigo analizado.

TIEMPO (DÍAS)	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>	<i>TESTIGO (T. AMBIENTE)</i>
0	232,42	232,42	232,42	232,42	232,42
4	222,75	222,64	226,38	226,30	223,44
8	224,65	233,70	230,11	247,47	244,40
12	268,76	250,05	270,18	267,74	264,34
16	258,42	249,59	269,12	258,69	198,82
20	250,33	227,03	268,97	248,36	186,89

Tabla 39. Prueba tukey para los tratamientos con respecto a la variable polifenoles totales

TRATAMIENTOS	Medias	N	E.E		
T3	268,97	3	5,06	a	
T1	250,31	3	5,06	a	b
T4	248,36	3	5,06	a	b
T2	227,03	3	5,06		b
T0	186,90	3	5,06		c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 40. Valores de la capacidad antioxidante de los tratamientos y del testigo analizado.

TIEMPO (DÍAS)	T1	T2	T3	T4	TESTIGO (T. AMBIENTE)
0	244,31	244,31	244,31	244,31	244,31
4	202,33	194,65	231,98	214,20	178,51
8	230,40	225,68	267,46	249,93	213,66
12	299,70	284,80	302,79	290,64	266,93
16	248,38	231,48	279,68	243,49	213,70
20	242,30	213,43	267,32	237,48	190,35

Tabla 41. Prueba tukey para los tratamientos con respecto a la variable capacidad antioxidante

TRATAMIENTOS	Medias	N	E.E			
T3	267,33	3	7,95	a		
T1	242,32	3	7,95	a	b	
T4	237,48	3	7,95	a	b	
T2	213,43	3	7,95		b	c
T0	190,36	3	7,95			c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO D. Norma Técnica Colombiana

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)
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. 607.95.95 - Fax 2221433

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.
CADENALOO S.A.
CARIBBEAN EXOTICS
CORABASTOS

CORPORACIÓN COLOMBIA
INTERNACIONAL
EL TESORO FRUIT
FRUTIERREZ S.A.

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

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

**FRUTAS FRESCAS.
UCHUVA. ESPECIFICACIONES**

1. OBJETO

Esta norma establece los requisitos que debe cumplir la uchuva *Rhysalis peruviana* L.), destinada para el consumo fresco o como materia prima para el procesamiento.

2. DEFINICIONES, CLASIFICACIÓN Y CALIBRE

2.1 DEFINICIONES

Para efectos de la presente norma se consideran las siguientes definiciones:

2.1.1 Capacho o Cáliz: conjunto de hojas o sépalos que protegen el fruto.

2.1.2 Pedúnculo: tallo del fruto.

2.1.3 Rajadura: rompimiento superficial de la epidermis.

2.1.4 Tabla de color: indica el desarrollo de la madurez del fruto a través de los cambios de color externo. Se identifican los estados por una escala numérica que inicia en 0 y termina en 6.

2.1.5 Fruto fisiológicamente desarrollado: estado en el cual se inicia el proceso de maduración del fruto y corresponde al color 0 de la tabla de color.

2.1.6 Fruto no climatérico: se refiere a los productos que al ser cosechados, presentan una disminución de la tasa de respiración, ocasionando cambios poco notorios principalmente en los contenidos de azúcares y ácidos.

2.2 CLASIFICACIÓN

La uchuva se comercializa con o sin capacho.

Independiente del calibre y del color, se clasifica en tres categorías que se definen a continuación:

2.2.1 Categoría extra

La uchuva debe cumplir los requisitos generales definidos en el numeral 3.1 y estar exenta de todo defecto que demerite la calidad del fruto (véase la Figura 1).

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 5 % del área total.



Figura 1. Categoría extra

2.2.2 Categoría I

La uchuva debe cumplir los requisitos generales definidos en el numeral 3.1 y estar exenta de todo defecto que demerite la calidad del fruto (véase la Figura 2).

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 10 % del área total.



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 demeriten la calidad interna del fruto).
- Deben estar libres de humedad externa anormal producida por mal manejo en las etapas poscosecha (recolección, 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 anaranjadas.

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.

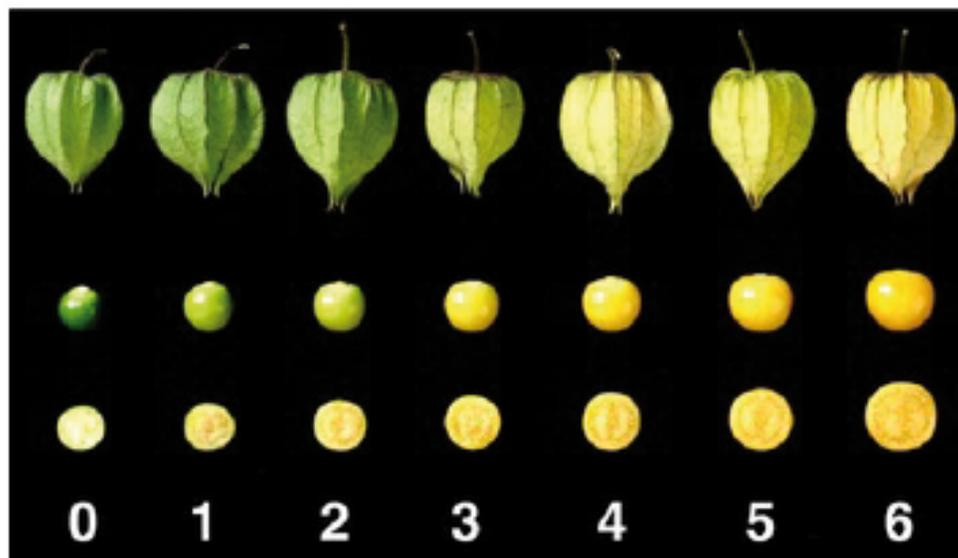


Figura 4. Tabla de color de la uchuva

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

3.3.2 Acidez titulable

Los valores máximos de acidez titulable, determinados como se indica en el numeral 5.3, que presenta cada uno de los estados identificados en la tabla de color (véase la Figura 4), son los siguientes:

Tabla 3. Contenido máximo de acidez expresado como porcentaje de ácido cítrico, de acuerdo con la tabla de color

Color	0	1	2	3	4	5	6
% Ácido Cítrico (máximo)	2,69	2,70	2,56	2,34	2,03	1,83	1,68

3.3.3 Índice de madurez

Los valores mínimos del índice de madurez, determinados como se indica en el numeral 5.4, que presenta cada uno de los estados identificados en la tabla de color (véase la Figura 4), son los siguientes:

Tabla 4. Índice de madurez mínimo expresado como *Brix / porcentaje de ácido cítrico, de acuerdo con la tabla de color.

Color	0	1	2	3	4	5	6
*Brix/% Ácido Cítrico (Mínimo)	3,5	4,2	5,2	6,0	7,1	8,1	9,0

Para su comercialización se debe tener en cuenta que la uchuva es un fruto no climatérico (véase el numeral 2.1.5).

El grado de madurez debe permitir la manipulación y el transporte de los frutos, sin deterioro alguno hasta su destino final.

3.4 TOLERANCIAS

Se admiten tolerancias de calidad, color y calibre, en cada unidad de empaque para los productos que no cumplan los requisitos de la categoría indicada.

3.4.1 Tolerancias de calidad

3.4.1.1 Categoría extra. Para los frutos con o sin capacho se admite hasta el 5 % en número o en peso de uchuvas, que no correspondan a los requisitos de esta categoría, pero cumplan los requisitos de la categoría I.

3.4.1.2 Categoría I. Para los frutos con o sin capacho se admite hasta el 10 % en número o en peso de uchuvas, que no correspondan a los requisitos de esta categoría, pero cumplan los requisitos de la categoría II.

3.4.1.3 Categoría II. Para los frutos con o sin capacho se admite hasta el 10 % en número o en peso de uchuvas, que no cumplan los requisitos de esta categoría, ni los requisitos generales definidos en el numeral 3.1, con excepción de los productos que presenten magulladuras severas. En esta categoría se admite máximo hasta el 20 % en número en peso de frutos rajados, con un área superior al 5 %.

3.4.2 Tolerancias de calibre

Para todas las categorías se acepta hasta el 10 % en número o en peso de frutos que correspondan al calibre inmediatamente inferior o superior, al señalado en el empaque.

3.4.3 Tolerancias de color

Para todas las categorías se acepta hasta el 10 % en número o en peso de frutos que correspondan al color inmediatamente inferior o superior, al señalado en el empaque.

4 TOMA DE MUESTRAS Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O DE RECHAZO

4.1 TOMA DE MUESTRAS

Para determinar la muestra destinada a medir el diámetro ecuatorial, se debe consultar la siguiente tabla:

Tabla 5. Tamaño de la muestra

Tamaño del lote (Plantas, empaques, frutos)	Tamaño de la muestra (Plantas, empaques, frutos)
Hasta 150	5
151 - 1.200	20
1.201 - 10.000	32
10.001 - 35.000	50
35.001 - 500.000	80
500.001 y más	125

Nota: En el Anexo A se contempla un ejemplo de aplicación de la Tabla 5.

Para identificar el estado de madurez se realizan los análisis físicos y químicos al jugo obtenido a partir de 400 g de frutos por cada color (véase la NTC 756).

4.2 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O DE RECHAZO

Si la muestra evaluada no cumple los requisitos especificados en esta norma, se debe rechazar el lote. En caso de discrepancia, se deben repetir los ensayos sobre la muestra reservada para tal fin. Cualquier resultado no satisfactorio en este segundo caso debe ser motivo para rechazar el lote.

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

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:

- V₁ = volumen de NaOH consumido (ml)
V₂ = 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.



Figura 6. Empaque para el mercado de exportación

6.2 ROTULADO

El rótulo debe llevar la siguiente información tanto para el mercado interno como para el externo:

- Identificación del productor, exportador o emparador (marca comercial, nombre, dirección o código)
- Nombre del producto: **UCHUVA** o **PHYSALIS**
- País de origen y región productora
- Características comerciales: categoría, calibre, peso neto y coloración en el momento del empaque
- Fecha de empaque
- Impresión con la simbología que indique el manejo adecuado del producto (véase la NTC 2479)

7. APÉNDICE

7.1 NORMAS QUE SE DEBEN CONSULTAR

Las siguientes normas contienen disposiciones que, mediante la referencia dentro de este texto, constituyen la integridad de esta norma. En el momento de la publicación eran válidas las ediciones indicadas. Todas las normas están sujetas a actualización, los participantes, mediante acuerdos basados en esta norma, deben investigar la posibilidad de aplicar la última versión de las normas mencionadas a continuación.

NTC 756:1973, Frutas y Hortalizas. Toma de muestras.

NTC 2479:1988, Embalajes. Indicaciones gráficas para el manejo de artículos.

Anexo B

Corrección de la lectura de °Bx por temperatura, estandarizado a 20 °C.

°Bx	0	5	10	15	20
Restar					
10	0,50	0,54	0,58	0,61	0,64
11	0,46	0,49	0,53	0,55	0,58
12	0,42	0,45	0,48	0,50	0,52
13	0,37	0,40	0,42	0,44	0,46
14	0,33	0,35	0,37	0,39	0,40
15	0,27	0,29	0,31	0,33	0,34
16	0,22	0,24	0,25	0,26	0,27
17	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21
18	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14
19	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07
Sumar					
21	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07
22	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15
23	0,19	0,20	0,21	0,22	0,22
24	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30
25	0,33	0,35	0,36	0,37	0,38
26	0,40	0,42	0,43	0,44	0,45
27	0,41	0,50	0,52	0,53	0,54
28	0,56	0,57	0,60	0,61	0,62
29	0,64	0,66	0,68	0,69	0,71
30	0,72	0,74	0,77	0,78	0,80

Anexo A (Informativo)

Ejemplo de aplicación de la tabla 5

Muestreo a nivel de huerto

Para el cultivo de uchuva varían las distancias de siembra que van desde 1 m x 1 m hasta 3 m x 3 m, generando diferentes densidades por unidad de área. Por ejemplo, si en 1 hectárea las plantas están a una distancia de 3 m x 2 m, entonces la densidad de siembra es de 1666 plantas, el tamaño de la muestra es el siguiente:

- Número total de plantas 1666
- Plantas a cosechar 32
- Recolectar de cada planta todos los frutos que cumplan con los criterios de cosecha manejados por el agricultor.

Muestreo de la fruta empacada

A granel: si el lote a evaluar tiene 500 cajas con un peso aproximado de 6,5 Kg cada una, el tamaño de la muestra es de 20 cajas escogidas al azar y debido a que cada caja contiene aproximadamente 1300 frutos, de cada una se toman 32 frutos, por lo tanto el total de la muestra para este lote será de 640 frutos.

Dosificada: si el lote a evaluar tiene 500 cajas, el procedimiento es el siguiente:

1. Se escogen al azar 20 cajas.
2. De cada caja se toman 5 canastillas (100 canastillas en total)
3. De cada canastilla se calibran 5 frutos.

Anexo C (Informativo)

La presente Norma Técnica Colombiana fue estructurada con base en los resultados obtenidos de la caracterización física y química de la uchuva, en las zonas representativas de producción, mediante el trabajo de investigación desarrollado por el Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFÉ; dentro de los términos de referencia del convenio suscrito entre el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia para la ejecución del Proyecto de Normalización y Homologación Internacional de Frutas y Hortalizas para Colombia a nivel nacional.

Durante la realización del trabajo de investigación, se contó con la participación de los productores y comercializadores de Santa Rosa de Osos (Antioquia), Villa de Leyva (Boyacá) y Granada (Cundinamarca) y la colaboración de las firmas exportadoras C.I. Frutíferrez y Caribbean Exotic.

Cenicafé, Chinchiná, Caldas. Octubre de 1998.