Universidad de La Salle
Ciencia Unisalle

Ingeniería de Alimentos | Facultad de Ingeniería

1-1-2017

Evaluación del efecto de envasado en el almacenamiento del cubio (Tropaeloum tuberosum R&P) durante el manejo poscosecha

Ferney Stewart Niampira Araque
Universidad de La Salle, Bogotá

María Catalina Cuellar Parra
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos

Citación recomendada

Niampira Araque, F. S., & Cuellar Parra, M. C. (2017). Evaluación del efecto de envasado en el almacenamiento del cubio (Tropaeloum tuberosum R&P) durante el manejo poscosecha. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/168

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería de Alimentos by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Programa Ingeniería de Alimentos

Evaluación del efecto de envasado en el almacenamiento del cubio (*Tropaeloum tuberosum* R&P) durante el manejo poscosecha

Autores: Ferney Stewart Niampira Araque
María Catalina Cuellar Parra
Dirigido por: Ing. Lena Prieto Contreras MSc.

Bogotá
2017

A Dios, por ser mi guía y dueño de todas las cosas maravillosas que pasan en mi vida, porque me acogió durante todo este proceso para llenarme de paciencia, sabiduría y tenacidad.

A mis padres, por darme grandes oportunidades y confiar en mis capacidades de aprovecharlas, por su confianza que me impulsa a siempre dar lo mejor de mí y finalmente por ser siempre el gran ejemplo de mi vida.

A mis hermanos, mi equipo favorito, quienes me esperan con los brazos abiertos en mi casa, para vivir experiencias que nos han unido con lazos de amor durante el camino.

A Marianna, por ser luz, esperanza y un regalo de Dios, que estuvo durante este proceso y me llenó de paciencia para no desviarme de mis sueños.

A Diego, por ser mi apoyo incondicional, la persona que me acogió en su vida durante todo mi aprendizaje, por creer en mí, y estar en todos los logros de este camino. Gracias mi lindo, por dar siempre lo mejor de ti y ser un gran hombre.

A mis más, por aparecer en mi vida en el momento, lugar y tiempo perfecto y llegar a convertirse en mis mejores escuderas, por enseñarme el significado de una verdadera amistad llena de lealtad y momentos que estarán guardados en mi memoria.

A mi compañero de tesis, por darme la oportunidad de participar en este proyecto, y ser una persona responsable durante la realización y culminación de este.

María Catalina

A Dios por las bendiciones y pruebas que ha puesto en mi camino; para crecer como ente de humildad y amor.

A mi hija que ha llegado a mi vida cambiando mi forma de ser, convirtiéndome en una persona de grandeza y orgullo ante el mundo, porque el amor de padre no se compara a ningún sentimiento que pueda existir, eres mi ángel de la guarda para la eternidad.

A mis papás por ser mi apoyo incondicional en mi vida y base en mi formación personal los amo con todo mi corazón.

A mi compañera de vida por entregarme un ángel y por estar en cada logro de mi vida

A toda mi familia por darme su mano y sus consejos cuando más lo necesitaba. Sin ellos no estría cumpliendo mi proyecto de vida.

A mi compañera de tesis por ser mi mano derecha en esta investigación y en toda mi carrera un apoyo incondicional, que formo una gran amistad.

Ferney Niampira.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

- Lena Prieto Contreras, Ingeniería Química, Magister en educación por tenernos en cuenta para esta investigación. Además, por su dedicación, apoyo constante, disposición y dirección con sus aportes, consejos, comentarios y sugerencias para que este trabajo de grado fuera posible.

- María Patricia Chaparro González, Ingeniera de Alimentos por sus aportes y apoyo en el desarrollo de la experimentación de esta investigación.

- Edna Liliana Peralta, Ingeniera de alimentos, directora del programa de Ingeniería de Alimentos que con su apoyo se pudo lograr este objetivo de nuestra formación como profesionales.

- Juan Carlos Poveda y Luis Miguel Triviño por ser quienes estuvieron dispuestos a guiarnos durante el desarrollo experimental de la investigación.

- Diego Joaquín Rugeles Martínez, por su amistad y colaboración en el momento de la cosecha y poscosecha de nuestro producto.

- Finalmente, agradecemos a todas las personas que en determinado momento fueron participes de este trabajo de grado y de nuestra formación como Ingenieros de Alimentos

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo de grado fue evaluar el efecto de envasado en el almacenamiento del cubio (*Tropaeloum tuberosum* R&P) durante el manejo poscosecha. Se realizó la cosecha de los cubios, seguida por las operaciones de acondicionamiento como la selección por el criterio de sanidad y la clasificación teniendo en cuenta el grado de madurez, tamaño y uniformidad del tubérculo, el retiro de calor de campo se realizó por inmersión en agua fría, seguido por el lavado en el que se utilizó un cepillo para retirar la tierra, la desinfección se realizó con un desinfectante comercial Timsen®. Después de estas adecuaciones, los cubios se dividieron en cuatro grupos, dos de estos continuaron al envasado en polietileno de baja densidad con perforaciones y los otros dos se consideraron como el blanco de la experimentación, llevándolos a temperatura ambiente y de refrigeración; se realizó una determinación del climaterio, características fisiológicas como pérdida de peso, características fisicoquímicas como el pH, sólidos solubles, textura, y cuantificación de la concentración de vitamina C. Los resultados obtenidos se evaluaron en el programa IBM SPSS® Statistics versión 23 para una confiablidad del 95%. En cuanto a la recepción de la materia prima se recolectaron 30,785 kg de cubios y se realizó un seguimiento de la disminución de temperatura con agua fría a tres cubios, de estos se obtuvo una temperatura promedio de 19,5°C a los 15,3 min. En la selección se aceptó el 76% y en la clasificación se evidenció que 64% de los tubérculos presentaron señales de inmadurez, además los cubios escogidos por uniformidad y tamaño de 11 y 13,9 cm fue el 61,4%. De acuerdo al patrón respiratorio, los primeros valores obtenidos al inicio del seguimiento fueron 23,11 y 28,32 mg CO_2/kg.h para los cubios evaluados, en cuanto a la intensidad respiratoria en los tratamientos, no presentaron diferencias significativas; la pérdida de peso demostró que la variación fue marcada en los cubios almacenados en temperatura de refrigeración y con envase; en el pH, para el inicio del seguimiento se obtuvo un valor de 6,176, y este se mantuvo en el tratamiento de ambiente y sin envase (6,163) y ambiente con envase (5,980), para los demás tratamientos aumentó a valores cercanos a la neutralidad; los sólidos solubles, registraron valores iniciales de 6,5 y en el tratamiento de refrigeración con envase registró una disminución hasta 5,9; en la textura, tuvo un valor inicial de 3,03 N, y en el tratamiento de refrigeración sin envase disminuyó a 2,61 N. En la vitamina C, el valor más alto (74,19 mg/100g) fue para el tratamiento en ambiente y sin envase. Se concluye que el patrón respiratorio arrojó que el cubio es no climatérico, y las mejores condiciones para su conservación son en temperaturas ambiente con y sin envase.

TABLA DE CONTENIDO

Pág.
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA……...14
OBJETIVOS……...16
1. MARCO DE REFERENCIA……..17
1.1MARCO TEÓRICO……..17
1.1.1El cubio (*Tropaeolum tuberosum* R&P) ……17
1.1.2 Composición nutricional……18
1.1.3 Manejo poscosecha en tubérculos……19
1.1.4 La conservación poscosecha de los productos de origen vegetal .……24
1.1.5 Situación en Colombia en el manejo coscosecha ……36
1.1.6 Vida útil de tubérculos……..37

1.2 MARCO LEGAL……38
1.3 ESTADO DEL ARTE……....39

2. METODOLOGIA DE LA EXPERIMENTACIÓN…….……..43
2.1 CUBIO VARIEDAD BLANCA OJO MORADO……...……43
2.2 IMPLEMENTACION DEL MANEJO POSCOSECHA……...……..44
2.2.1 Cosecha de los Cubios……..……44
2.2.2 Operaciones de acondicionamiento a los Cubios…….……44
2.2.3 Diseño experimental……..…...51

2.3 DERMINACIÓN DEL CLIMATERIO DEL CUBIO……...……...52
2.3.1 Pruebas experimentales en el respirómetro…….……..……52
2.3.2 Determinación de la intensidad respiratoria (IR)……..……54
2.3.3 Cálculos de la intensidad respiratoria (IR)……..…..56

2.4 CARACTERIZACIÓN DEL CUBIO ENVASADO Y ALMACENADO……...……...58
2.4.1 Características fisiológicas……...……58
2.4.2 Características fisicoquímicas……...……60
2.4.3 Característica textural……...……61

2.5 VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE VITAMINA C DEL CUBIO CON Y SIN ENVASE A TRAVÉS DEL TIEMPO……...……62

2.6 EVALUACIÓN ESTADÍSTICA……...……..64

3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES……66
3.1 OPERACIONES DE ACONDICIONAMIENTO DEL CUBIO……..……...66
3.2 PATRÓN RESPIRATORIO DEL CUBIO……...……...71

3.3 SEGUIMIENTO AL CUBIO ENVASADO Y ALMACENADO……...……74
3.3.1 Características fisiológicas…….....……74
3.3.2 Características Fisicoquímicas……...……...78

3.4 VARIACIÓN DE CONTENIDO DE VITAMINA C……...……...85
3.5 EVALUACIÓN ESTADÍSTICA……...……..87
CONCLUSIONES……..89
RECOMENDACIONES……91
REFERENCIAS……94
ANEXOS……..…100

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Cultivo de cubio variedad blanca ojo morado 44
Figura 2. Cosecha del cultivo de cubio 45
Figura 3 . Selección y clasificación de los cubios 46
Figura 4. Clasificación por tamaño de los cubios* 47
Figura 5. Recepción de cubios en la Planta Piloto de Frutas y Hortalizas 47
Figura 6. Temperatura interna del cubio 48
Figura 7. Retiro de materia orgánica de cubios 49
Figura 8. Inmersión de cubios en desinfectante Timsen 49
Figura 9. Cepillado y retiro del exceso de desinfectante 49
Figura 10. Secado al sol de los cubios 50
Figura 11. Envasado de cubios en polietileno y el blanco 51
Figura 12. Almacenamiento de los cubios en temperatura de refrigeración 52
Figura 13. Almacenamiento de los cubios en temperatura ambiente 52
Figura 14. Higrómetro digital 53
Figura 15. Montaje para la medición de la intensidad respiratoria del cubio 55
Figura 16. Descripción del montaje para la medición de intensidad respiratoria 57
Figura 17. Titulación de las muestras tomadas del tubo Petenkoffer 57
Figura 18. Representación de la tendencia del climaterio y no climaterio 58
Figura 19. Seguimiento de la pérdida de peso en condiciones de refrigeración 60
Figura 20. Seguimiento de la pérdida de peso en condiciones de temperatura ambiente 61
Figura 21. Potenciómetro para toma de pH durante los días de almacenamiento 61
Figura 22. Refractómetro utilizado en el seguimiento de los sólidos solubles 62
Figura 23. Montaje de texturómetro empleado durante los días de seguimiento 62
Figura 24. Acondicionamiento de la muestra de cubio para la realización del protocolo 64
Figura 25. Desarrollo del protocolo de cuantificación de vitamina C 65
Figura 26. Relación temperatura-tiempo del retiro de calor de campo del cubio variedad blanca ojo morado 67
Figura 27. Cubios en los últimos días de almacenamiento en refrigeración 72
Figura 28. Cubios en los últimos días de almacenamiento a medio ambiente 72
Figura 29. Determinación del climaterio para la muestra 1 de cubio 73
Figura 30. Determinación del climaterio para la muestra 2 de cubio 74
Figura 31. Muestras de cubio al finalizar la determinación del climaterio 755
Figura 32. Seguimiento de intensidad respiratoria (IR) a través del tiempo 766
Figura 33. Estado de los cubios almacenados a temperatura de refrigeración a los 21 días de seguimiento 777
Figura 34. Seguimiento de la pérdida de peso través del tiempo 788
Figura 35. Estado de los cubios en el seguimiento de la pérdida de peso 799
Figura 36. Seguimiento del pH través del tiempo 80

Figura 37. Estado de los cubios almacenados en refrigeración al día 19 de seguimiento 81
Figura 38. Estado de los cubios almacenados al ambiente al día 19 de seguimiento 82
Figura 39. Seguimiento de los SS través del tiempo para las muestras almacenadas a temperatura ambiente 83
Figura 40. Seguimiento de los sólidos solubles a través del tiempo para las muestras almacenadas a temperatura de refrigeración.....84
Figura 41. Seguimiento de la textura través del tiempo para las muestras almacenadas a temperatura ambiente 85
Figura 42. Seguimiento de la textura través del tiempo para las muestras almacenadas a temperatura de refrigeración 866
Figura 43. Seguimiento de la vitamina C través del tiempo para las muestras almacenadas a temperatura de refrigeración 88

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Composición nutricional del cubio (Tropaeolum tuberosum R&P) 19
Tabla 2. Causantes de pérdidas en un mal manejo poscosecha 20
Tabla 3. Codificación para cada uno de los tratamientos.....511
Tabla 4. Diseño experimental para cubios almacenados.....533
Tabla 5. Seguimiento del climaterio del cubio durante cinco días.....566
Tabla 6. Experimentación de las características fisiológicas y fisicoquímicas.....599
Tabla 7. Diseño experimental del cubio almacenado.....599
Tabla 8. Cronograma de toma de datos de dureza y vitamina C de los cubios almacenados 633
Tabla 9. Diseño experimental para la cuantificación de una característica nutricional 644
Tabla 10. Selección de cubios durante el manejo poscosecha 699
Tabla 11. Clasificación de los cubio a partir del grado de madurez 70
Tabla 12. Clasificación de los cubios a partir del tamaño.....70
Tabla 13. Resultados de la evaluación estadística.....899

LISTA DE ANEXOS

Pág.

ANEXO 1 . Curva de calibración para determinación de vitamina C 100
ANEXO 2. Seguimiento del protocolo para la realización de la curva de calibración y la muestra de cubio 101
ANEXO 3. Hoja de datos de seguridad Timsen.....1022
ANEXO 4. Seguimiento de la intensidad respiratoria del cubio variedad blanca ojo morado 107
ANEXO 5 . Seguimiento de la pérdida de peso.....108
ANEXO 6. Seguimiento del pH.....1099
ANEXO 7. Seguimiento de los ºBrix.....110
ANEXO 8. Seguimiento de la textura.....111
ANEXO 9. Seguimiento del comportamiento de la vitamina C 1122
ANEXO 10. Resultados de la evaluación estadística.....1133

GLOSARIO

Calidad de tubérculo. Se define como las características que hacen del tubérculo un producto agradable y adecuado para su consumo, estas características están definidas por: su contenido de materia seca, contenido de almidón o desórdenes internos, son muy importantes para el consumidor final. Ya que será quien defina si el producto cumple con las características necesarias.

Cubio o *mashua*. Tubérculo pequeño que se cultiva en zonas de clima frío, su planta tiene un follaje compacto y flores con 5 sépalos rojos y 5 pétalos amarillos. Produce tubérculos de 5 a 15 cm de largo.

Daño mecánico. Se define como manipulación negligente del producto fresco que causa magulladuras internas que dan lugar a un deterioro fisiológico anormal o a hendiduras y grietas de la piel, que aumentan rápidamente la pérdida de agua y aceleran el proceso normal de modificaciones fisiológicas. Las grietas en la piel también propician las infecciones por los organismos patógenos causantes de la descomposición.

Dureza. Es la propiedad de resistencia de los materiales al rayado y al corte de su superficie.

Edafoclimáticos. Son los factores relativos en cuanto al clima y el suelo en que un producto puede desempeñarse o desarrollarse con normalidad o con pertinencia.

Envase. Recipiente destinado a contener un producto durante su recolección, transporte, almacenamiento, distribución, venta y consumo, con el fin de protegerlo e identificarlo.

Envase primario. Es el que está en contacto directo con el producto ayudando a conservar sus características.

Etileno. Compuesto orgánico del tipo hidrocarburos que está formado esencialmente por átomos de hidrógeno y de carbono. Se presenta bajo la forma de un gas volátil, incoloro y muy reactivo.

Granel. Es la forma en cómo se define a un conjunto de productos que se transportan sin empaquetar, ni embalar en grandes cantidades. Esta carga se divide principalmente en carga a granel sólida o seca y carga a granel liquida.

Humedad. Se denomina al agua que impregna o contiene un tubérculo como parte de su composición fisicoquímica.

Poscosecha. Es el conjunto de prácticas post-producción que incluyen limpieza, lavado, selección, clasificación, desinfección, secado, empaque y almacenamiento, que se aplican para eliminar elementos no deseados, mejorar la presentación del producto; y cumplir con normas de calidad establecidas, tanto para productos frescos como para procesados.

Raíz tuberosa. Es un tipo de órgano subterráneo que acumula nutrientes, es una raíz engrosada adaptada para la función de almacenamiento de reservas y forma un racimo desde la corona o base de la planta de donde surgen los tallos.

Tubérculo. Se define como un tallo subterráneo del subsuelo modificado y engrosado donde se acumulan los nutrientes de reserva para la planta. Posee una yema central de forma plana y circular. No posee escamas ni cualquier otra capa de protección, tampoco emite hijuelos.

Vida útil. Es la duración estimada de un tubérculo, cumpliendo correctamente su aprovechamiento.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Colombia hay una variedad de cultivos poco conocidos o explotados, como el cubio (*Tropaeolum tuberosum* R&P) que normalmente es comercializado y consumido en fresco, su producción se realiza de manera tradicional y no cuenta con publicaciones de un proceso de manejo poscosecha para dicha variedad. Además, la producción de este tubérculo ancestral, ha llegado a ser la única forma de sustento para familias en regiones del país como los Departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Santander. No obstante, el cubio es un alimento potencial para la disminución de la inseguridad alimentaria por su contenido de vitamina C, hierro, potasio y zinc; pues Colombia presenta el 49 y 54 por ciento en zonas urbanas y rurales, respectivamente, con esta problemática (Agencia de noticias UN, 2014). Es importante mencionar, que esta variedad de tubérculo en Colombia no se le ha dado la importancia de explorar sus aportes nutricionales, ni se le ha diseñado su respectivo método de manejo poscosecha como lo tienen otros productos potenciales en la comercialización mundial.

En Colombia se tiene registro que las pérdidas de raíces y tubérculos son de 2,4 millones de toneladas, estas pérdidas están comprendidas en los desperdicios del país, etapa producción agropecuaria, manejo poscosecha, almacenamiento y proceso industrial. Según el Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2016), las raíces y tubérculos son los productos con más pérdidas después de las frutas frescas. Donde, las pérdidas de raíces y tubérculos por la no implementación o una mala realización del proceso poscosecha y almacenamiento es del 19,8% de las pérdidas totales. Así que, las actividades en el manejo poscosecha del cubio (*Tropaeolum tuberosum* R&P), en cuanto a su envasado y almacenamiento aportarán a la disminución del porcentaje en pérdidas.

De acuerdo al contexto anterior, para este estudio se planteó como problema: ¿cómo la implementación del manejo poscosecha en una variedad colombiana de cubio blanca ojo morado (*Tropaeolum tuberosum* R&P) sin y con empleo de un envase, en condiciones de almacenamiento de refrigeración y de medio ambiente, incide directamente en sus características fisicoquímicas, fisiológicas y nutricionales?

Debido a los beneficios nutricionales que tiene el cubio (*Tropaeolum tuberosum* R&P), es necesario dar a conocer este alimento a la sociedad. Como lo menciona Ministerio de Cultura y Patrimonio (2013). La *mashua* o cubio es un tubérculo que ofrece un alto contenido en carbohidratos, tiene un importante valor calórico. Además, es rico en ácido ascórbico (vitamina C), el cual contribuye al mantenimiento de los cartílagos y ayuda a la absorción del hierro que previene la anemia y genera resistencia contra las infecciones. Presenta un alto contenido de fibra, por ende, estimula a los músculos intestinales. El fósforo, el calcio y la vitamina A también están presentes en este alimento. Habría que decir también que Mafer (2014) menciona que la

mashua o cubio ofrece vitaminas y minerales, que se convierten en una forma excelente de energía, pues mediante sus tallos subterráneos modificados y engrosados, tienden a acumular los nutrientes, los cuales son utilizados como reserva para la planta. Añadiendo que Apolo (2013) menciona que la *mashua* por sus aplicaciones alimentarias y farmaceuticas es objeto de una serie de investigaciones por parte de varias Universidades Latinoamericanas y norteamericanas, siendo estudiada en los campos de la medicina y la microbiologia. Para el desarrollo de antibioticos contra bacterias como *Escherichia coli*, *Staphylococcus* y hongos como la *Candida albicans*, y en el campo medicinal como redcutor de niveles de la testosterona, poder curativo de afecciones a la prostata, tratamiento del hígado y riñones.

Con base a lo anterior, la importancia del manejo poscosecha del cubio es fundamental para el proceso productivo en la industria, ya sea para la elaboración de subproductos alimenticios o farmacéuticos. Pues tener un tubérculo de excelente calidad desde su cosecha hasta todo el proceso de poscosecha, garantizara tener una reducción de costos, relacionado a las perdidas comprendidas de la cosecha, poscosecha, almacenamiento y en el proceso industrial. Haciendo relación a la importancia del manejo poscosecha, Klinge (2012) indica que "una abundante cosecha es la feliz culminación de todo cultivo que haya sido provisto de todos los elementos o factores de producción necesarios. Sin embargo, esta abundante cosecha con todos sus atributos de calidad inherentes puede perderse si no se le proporciona un adecuado manejo de poscosecha que involucre manipuleo y almacenamiento adecuados. A pesar de esta obvia observación, no existe un cabal entendimiento de los procesos fisiológicos y conceptos que involucran el manejo de poscosecha de productos agrícolas perecibles, y año tras año se producen grandes volúmenes de pérdidas en el mercadeo que podrían perfectamente evitarse". Como es el caso de Colombia que pierde alrededor de 9,76 millones de toneladas de alimentos comprendiendo que en el manejo poscosecha se pierde el 3,5% equivalente a 342 mil toneladas. Por ende, en esta propuesta del diseño del manejo poscosecha del cubio (*Tropaeolum tuberosum* R&P), se desea promover la cosecha de este tubérculo con una fuente nutricional rica para la elaboración de nuevos productos, acrecentando el agro colombiano.

Adicionalmente, este estudio hace parte del proyecto de investigación titulado: "Caracterización agronómica, fisicoquímica, nutricional y procesamiento de una variedad colombiana de cubio (*Tropaeolum tuberosum* R&P) para aprovechar sus beneficios alimentario, insecticida y microbicida", el cual con el apoyo de la Vicerrectoría de Investigación y Transferencia (VRIT) de la Universidad de La Salle permitió la cosecha del cubio durante los años 2015 y 2016, con el fin de realizar el estudio de las actividades de manejo poscosecha del cubio.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el efecto de envasado en el almacenamiento del cubio (*Tropaeloum tuberosum* R&P) durante el manejo poscosecha.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir el patrón respiratorio para la clasificación del climaterio del cubio variedad blanca ojo morado.
- Evaluar en el tiempo características fisiológicas y fisicoquímicas del cubio en condiciones de envase y almacenamiento.
- Determinar la variación del contenido de vitamina C con y sin envase a través del tiempo.

1. MARCO DE REFERENCIA

En este capítulo se presentan algunas generalidades del cubio, como los requerimientos de su cultivo y los aportes nutricionales de este tubérculo andino. Adicional a esto, se relaciona información del manejo poscosecha en tubérculos dado a la escasa investigación para el cubio variedad colombiana blanca ojo morado. Finalmente, se plantean requerimientos de envasado, vida útil y marco legal aplicado a tubérculos.

1.1 MARCO TEORICO

El mecanismo de manejo poscosecha es esencial para mantener la calidad de un alimento perecedero. Por consiguiente, el objetivo de comparar las características fisicoquímicas, fisiológicas y nutricionales del cubio frente a las actividades de manejo poscosecha (condiciones de almacenamiento y envase), permitirá un aprovechamiento del alimento en etapas como: producción, comercialización y almacenamiento.

En Colombia existen pocos estudios de investigación y procesos de conservación de cultivos de ruba, ibia y cubio, tubérculos andinos de alto valor nutritivo y con beneficios secundarios, pues ejercen una función ecológica en los cultivos, al ser repelentes de insectos o plagas, razón por la cual son recomendados para asociarlos con otras siembras, aseguran expertos. Pero hoy en día se fomenta en los municipios de Turmequé, Ventaquemada y Nuevo Colón, Boyacá, estrategias alternativas de gestión, comercialización, conservación y consumo de estos productos para evitar el riesgo que desaparezcan y con el fin de aprovechar esta riqueza de nuestros ancestros (Corporación PBA, 2010).

1.1.1 El Cubio (*Tropaeolum tuberosum* R&P). Es un tubérculo alimenticio cultivado en los páramos andinos colombianos y que todavía forma parte de la dieta alimenticia de muchos campesinos en el altiplano Cundiboyacense. A pesar de sus propiedades nutritivas es uno de los recursos genéticos de nuestra tierra en vía de extinción cultural, de acuerdo a lo mencionado por Zuluaga y Cruz (2014). Es comúnmente conocida como *mashua* (nombre dado en Perú y Ecuador) y es uno de los tubérculos cultivados por los nativos de los Andes. Debido a la larga historia de cultivo, ahora hay cientos de variedades, la mayoría de los cuales se pueden encontrar en América del sur, se producen en otoño para variedades sensibles a la luz, en climas con inviernos más suaves y sus flores en la polinización producen semillas que germinan fácilmente en primavera (PBS, 2013). Una investigación realizada por Bianco y Sachs (1998) determinó que el cubio es uno de los tubérculos andinos con mayor rendimiento y más resistente al frío. Además, su poder insecticida es una de las características que prevalecen en este alimento, siendo estas propiedades preferidas por los agricultores al momento de cosechar. Por otra parte, Bianco

y Sachs (1998) encontraron que el cultivo de cubio puede ser intercalado con otras especies, ayudando así a disminuir el uso de agroquímicos. Del mismo modo citan que el cubio presenta un sabor acre y picante, por lo que su preparación culinaria es generalmente al horno o hervido, sin ser su consumo en crudo (National Research Council, 1989; citado por Bianco y Sachs, 1998).

El cubio es perteneciente a la familia Tropaeolaceae y de género *Tropaeolum*, que se caracterizan por tener rizomas (tallos subterráneos) y flores tubulares de colores brillantes. Su especie es clasificada como *Tropaeolum tuberosum* por poseer tubérculos de "forma cónica alargada, yemas profundas, y variados colores como el amarillo, blanco, rojizo, morado, gris y negro, con jaspes oscuros en la piel. Según la asociación hortofrutícola de Colombia, el cubio es una planta herbácea, de crecimiento erecto, hábito rastrero y con follaje compacto, hojas delgadas y pequeñas de color verde oscuro y brillante, su tubérculo es un órgano aprovechable, de forma cónica y color oscuro, de sabor agrio (ASOHOFRUCOL, 2014).

El cubio es un tubérculo de característica alargada que requiere temperaturas de 8 a 15 °C para su correcta o completa formación en la tierra. La altitud promedio en que este tubérculo crece es de 2.400 a 4.000 msnm (metros sobre el nivel del mar), en zonas de tierra relativamente ácida de 5,2 a 6,4 en la escala de pH, con humedad relativa que varía de 80 a 90% en su ambiente de cosecha **(**ASOHOFRUCOL, 2014). Los sectores más adecuados para el cultivo del cubio se encuentran desde los 2.400 a 3.700 msnm, especialmente donde predominan los suelos negro-andinos. Este cultivo prefiere suelos profundos y con un buen contenido de materia orgánica. El área adecuada para el cultivo del cubio es la misma que se requiere para el cultivo de la papa, es decir, con una temperatura media anual que fluctúe entre los 6 y 14 ºC, con una precipitación lluviosa de alrededor de 700 a 1.200 mm anuales (7.000 a 12.000 m^3 de agua por ciclo) (Suquilanda, 2007, p. 21-22).

La cosecha del cubio se produce a los 4 meses después de la siembra en suelos cuya ubicación no exceda los 2.900 msnm y entre los 5-6 meses después de la siembra en suelos que se encuentran sobre los 2.900 msnm. En las condiciones agroecológicas permite tener unos rendimientos del cubio, que pueden llegar fácilmente a 34,09 t/ha. Algunos productores han establecido períodos de cosecha desde las fases de la luna; si el objetivo de la cosecha es para consumo inmediato, ésta se debe encontrar entre el tercer día de luna menguante, hasta el tercer día de luna nueva (noche oscura), pero si por el contrario la cosecha se va a destinar a semilla o almacenamiento, para su posterior procesamiento industrial, la cosecha se hace entre el cuarto día de luna creciente y el cuarto día de luna llena, pues en este estado el tubérculo tiene menos agua y hay menos riesgo de que se pudra (Suquilanda, 2007)

1.1.2 Composición nutricional. Los tubérculos de la especie *Tropaelum tuberosum* R&P se han caracterizado por ser una fuente importante de micro/macronutrientes, resaltando un alto contenido de carbohidratos y vitamina C. Según Icaza y Zambrano (2014), el cubio posee una textura arenosa y contiene un 15% de proteínas, con alto porcentaje de carbohidratos y 80% de agua. La presencia de isotiocianatos dan respuesta al sabor característico mencionado anteriormente, que desaparece con la cocción volviéndose dulce. Adicional a esto, Barrera, Tapia, y Monteros (2003) datan una cantidad de 67 mg de ácido ascórbico en el cubio. Los aportes que genera este alimento en la nutrición del ser humano pueden ser sustituyentes importantes de otros alimentos, como lo son la carne, el pescado, el huevo y algunos cereales. En la Tabla 1 se observa la composición nutricional del cubio.

Tabla 1. Composición nutricional del cubio (*Tropaeolum tuberosum* R&P)

Componentes	Referencias*	
	ICBF	**Beltrán y Mera**
Energía (kcal)	27	22
Energía (kJ)	115	-
Humedad (%)	83,7	86
Proteína (g)	-	1,6
Lípidos (g)	0,2	0,7
Carbohidratos (g)	4,7	9,8
Cenizas (g)	0,7	0,6
Fibra (g)	-	0,9
Azúcares (g)	-	-
Potasio (mg)	-	-
Fosforo (mg)	38	42
Calcio (mg)	7	7
Hierro (mg)	1,6	1,2
Vitamina A (mg)	-	1,5
Tiamina (mg)	0,04	0,06
Riboflavina (mg)	0,04	0,08
Niacina (mg)	0,3	0,6
Vitamina C (mg)	192	67

Fuente: * ICBF (2015); Beltran y Mera (2014)

1.1.3 Manejo poscosecha en tubérculos. La FAO, tomado de Spurgeon (1976) menciona que: "El sistema poscosecha debería empezar en el momento y en el lugar de la cosecha y terminar en la mesa del consumidor. De un extremo al otro, debería asegurarse una renta máxima a todos los que intervienen, minimizando a la vez las pérdidas y maximizando los beneficios". Así que implementar un manejo poscosecha en la producción de cubios u otros tubérculos en el país es un aspecto de necesidad, con el propósito de una disminución en las pérdidas durante el transporte, la manipulación, el almacenamiento y la comercialización. Como resultado de las anteriores actividades, habrá un costo-beneficio, con base en la disminución de pérdidas y un aprovechamiento del producto.

En el manejo poscosecha se establecen varios objetivos que se traducen en una buena implementación de procesos que mantendrán la calidad de un producto, en este caso para evitar las pérdidas durante y después de la cosecha del cubio. Tales objetivos se muestran a continuación (Kitinoja y Kader, 2003):

- Mantener la calidad (apariencia, textura, sabor y valor nutritivo).
- Proteger o garantizar la seguridad alimentaria.
- Reducir las pérdidas entre la cosecha y el consumo.
- Accesibilidad del producto al consumidor.
- Valor agregado en el producto final.

Mediante el desarrollo del manejo poscosecha es importante reconocer los factores que se presentan en las pérdidas y la baja calidad en tubérculos (Tabla 2). Es necesario tener información útil, para identificar las posibles causas de pérdidas en el cubio.

Tabla 2. Causantes de pérdidas en un mal manejo poscosecha

Grupo	Ejemplos	Principales causas de baja calidad y pérdidas poscosecha
Hortalizas de raíces y tubérculos	Zanahoria, Remolacha común, Ajo, Papa o Patata, Camote o Boniato	Daño mecánico
		Curado inadecuado
		Germinación y desarrollo de raíces
		Pérdida de agua (marchitamiento)
		Podredumbre
		Daño por frío (cosechas de raíces tropicales y subtropicales)

Fuente: Kitinoja y Kader (2003)

Al tener en cuenta las causas por las que se ocasionan las pérdidas poscosecha, se deben entender distintos parámetros que contribuyen a la pérdida de producto, que se expondrán de la siguiente manera:

- **Características fisiológicas.** Los tubérculos necesitan respirar a fin de obtener la energía suficiente para la mantención de la vida. Respiran absorbiendo oxígeno de la atmósfera y liberando dióxido de carbono, tal como lo hace el hombre, los animales y otros organismos. Durante la respiración la producción de energía proviene de la oxidación de las propias reservas de almidón, azúcares y otros metabolitos, ésta es liberada en forma de calor, que se debe disipar de alguna manera, en las adecuaciones del almacenamiento, o de lo contrario, el producto se calienta, sobreviniendo la degradación de los tejidos y la muerte. En la etapa de crecimiento este calor es transmitido a la atmósfera. Pero después de la cosecha y cuando el producto es empacado en un espacio confinado, la eliminación del calor puede dificultarse. Esta disipación es importante ya que reside en el hecho de que la respiración consiste en una serie de reacciones catalizadas por enzimas, cuya velocidad aumenta al incrementar la temperatura, en consecuencia, una vez que el producto comienza a calentarse, se estimula aún más la respiración y el calentamiento, provocando que se torne difícil controlar la temperatura del producto (FAO, 2014, p. 1).

  Durante el proceso de la respiración, el producto cosechado continúa perdiendo agua hacia la atmósfera, tal como lo hacía antes de la cosecha, por un proceso conocido como transpiración. El efecto neto de la transpiración es una pérdida de agua del producto cosechado, que no puede ser reemplazada. Esta pérdida de agua, se ve reflejada en una disminución significativa del peso y a medida que avanza, disminuye la apariencia y elasticidad del producto perdiendo su turgencia, es decir, se vuelve blando y marchito (FAO, 2014, p. 3).

  Cabe destacar que otra causa presente en un inadecuado manejo poscosecha, es el etileno producido en la mayor parte de los tejidos vegetales, el cual constituye un factor desencadenante en el proceso de maduración, aumentando la producción del mismo, en especial, cuando se presenta putrefacción en los tejidos (FAO, 1993).

  Según lo expuesto por la FAO en 1993, la mayoría de productos frescos, contienen en el momento de la cosecha del 65-95% de agua. Dentro de las plantas en crecimiento existe un flujo continuo de agua, ésta se absorbe por las raíces, sube por los tallos y se desprende por las partes aéreas, sobre todo por las hojas como vapor de agua. El paso del agua a través de las plantas, propiciado por la presión existente al interior de éstas, se denomina corriente de transpiración, y contribuye a mantener el contenido de agua de la planta.

La superficie de todas las plantas está recubierta de una capa cerosa o suberosa de piel o cáscara que limita la pérdida de agua. La pérdida natural de agua de la planta solo se produce a través de unos poros minúsculos que son más numerosos en las hojas. Los poros de la superficie de la planta pueden abrir y cerrarse en función de los cambios de las condiciones atmosféricas a fin de controlar la pérdida de agua y de mantener firmes las partes en crecimiento. Cuando los productos frescos son cosechados, en el momento en que está ocurriendo la respiración, se asemeja a su vez, el anterior proceso fisiológico explicado, pero a diferencia de las plantas en crecimiento, ya no pueden reponer el agua a partir de la tierra, y tienen que recurrir al contenido de agua que tuvieran en el momento de la recolección. Esta pérdida de agua de los productos frescos después de la cosecha constituye un grave problema que da lugar a mermas y pérdidas de peso. Cuando el producto recolectado pierde de un 5-10% de su peso original empieza a experimentar cambios como: pérdida de turgencia, apariencia, textura, sabor. Éstos se pueden incrementar o disminuir por factores externos como la humedad relativa, temperatura, el movimiento del aire, la altitud y barreras físicas. El efecto de la transpiración, es consecuencia de un déficit de presión de vapor originado por una diferencia entre la presión del producto y la del aire que lo rodea. Estas pérdidas de peso, según Coles, McDowell, y Kirwan (2004) se debe sobre todo a la transpiración. Suelen tener una humedad de equilibrio del 97-98% y perderán agua si se exponen a humedades menores.

Dicho lo anterior, y destacando lo mencionado por Salgado y Martínez (2006), las frutas y hortalizas se clasifican en dos grupos: climatéricos y no climatéricos, y se diferencian de acuerdo a su intensidad respiratoria, la cual depende de su grado de desarrollo como la cantidad de CO_2 en miligramos que desprende un kilogramo de fruta u hortaliza en una hora. A lo largo del crecimiento se produce en primer lugar, un incremento de la respiración, que va disminuyendo lentamente hasta el estado de maduración. La velocidad de respiración, es una buena medida de la velocidad de metabolismo y sirve para predecir el almacenamiento de frutas u hortalizas. Es deseable una baja velocidad de respiración, puesto que indica un bajo porcentaje de utilización de azúcares, que son los principales sustratos respiratorios, y de otros materiales de reserva esenciales, lo que alargará su vida útil.

El objeto de cualquier técnica de almacenamiento es minimizar el deterioro sin alterar el proceso normal de vida. Es por esto que, en respuesta del patrón respiratorio, los productos no climatéricos tienen que madurar en la planta y no son capaces de continuar su proceso madurativo una vez separado de esta. Producen una cantidad muy pequeña de etileno y no responden al tratamiento con este hidrocarburo. Su comportamiento a través del tiempo empieza en un valor alto en la tasa respiratoria durante la etapa de crecimiento

y decae pasando por la maduración y senescencia, de manera paulatina y constante. En cambio, los productos climatéricos pueden cosecharse en un estado fisiológicamente maduro y alcanzar su madurez sensorial una vez recolectados. Sus tasas de producción de etileno son elevadas, lo que logra que en almacenamientos mixtos influya en el proceso de madurez. Y según el comportamiento de la intensidad respiratoria a través del tiempo se tiene que durante la división celular y crecimiento celular, la tendencia es bajista, sin embargo al llegar a la maduración en donde ocurre el desarrollo y crecimiento del producto, ocurre un cambio brusco llamado pre-climaterio, y en el momento en que se torna el punto máximo, es llamado climaterio y se presenta al producirse la maduración sensorial, por último, la siguiente tendencia es llamada posclimaterio, fase en la que hay ciertos acercamientos a la senescencia y hay presencia de deterioros físicos y fisiológicos del producto (Salgado y Martínez, 2006).

En la actualidad la existencia de equipos que determinen la tasa de respiración de frutas y hortalizas tropicales, es escasa. La mayor parte de los métodos empleados para medir la tasa respiratoria se fundamentan en las cuantificaciones del CO_2 producido o del oxígeno consumido. De acuerdo a lo expuesto por Montes y Arévalo (2001) para las determinaciones cuantitativas de la tasa de respiración existen métodos de medida tipo sistema abierto y los métodos de medida tipo sistema cerrado. En los métodos de medida de tasas de respiración tipo sistema abierto, en los cuales el aire exento de CO_2 pasa a través de una cámara de respiración en donde se encuentra el producto, la posibilidad de error aumenta. Los métodos de medida de tasas de respiración tipo sistemas cerrados, en el cual el CO_2 producido es absorbido por una solución y el O_2 es circulado por todo el sistema, tiene la ventaja de dar la medida de O_2 consumido paralelo a la producción de CO_2. Uno de los métodos de medida tipo sistema cerrado, es el método por titulación. Este método emplea la titulación de solución alcalina, en la que el aire exento de CO_2 es circulado a través del desecador conteniendo el vegetal a ser estudiado a una determinada temperatura, la cual garantiza que la hermeticidad del sistema es constante durante todas las mediciones. En seguida es burbujeado en una solución alcalina donde ocurre absorción de CO_2 presente, que es convertido a ión carbónico. Un pH elevado de la solución alcalina garantiza que todo el CO_2 se ha capturado, pues un alto pH indica alta concentración de iones OH^-. En la reacción de CO_2 con la solución alcalina ocurre un decrecimiento del número equivalente de la solución, siendo esta variación igual al número de equivalente de CO_2 que reaccionó. La igualdad permite cuantificar el CO_2 absorbido en un determinado período de tiempo.

- **Daños mecánicos.** La velocidad de deterioro de las raíces se encuentra relacionada con los daños físicos presentes en la raíz tuberosa. Booth (2007, citado por Constantino, S.F. p

14), afirma que este deterioro está relacionado con las características varietales como la forma de las raíces, adherencia de la cáscara, textura, grado de compactación del suelo y del método de cosecha manual o mecánico. Para disminuir los efectos de deterioro por daños mecánicos, el autor señala que se debe realizar un proceso de curado para sanar las heridas ocasionadas en la extracción de la raíz con el fin de impedir que sean atacados por microorganismos. Adicionalmente, Sánchez (2004) expone que el daño mecánico induce pérdidas de agua a través de heridas en la superficie del producto, facilita el ingreso de patógenos, acelera la respiración y con frecuencia también la producción de etileno, lo que causa mayor liberación de calor, una maduración más rápida y una vida útil reducida. Este factor de pérdidas se origina básicamente debido a: fenómenos de compresión sobre productos que se encuentran en la base, por ejemplo, en el transporte granel de frutas hacia plantas industriales; fenómenos de impacto que pueden darse en el caso de choque de una fruta con otra, o bien por el choque de la fruta contra las paredes del transportador; y vibraciones en el caso de transporte de la fruta por caminos de topografía irregular. La resistencia de un producto a perder su forma (respuesta mecánica), depende del cultivar, el grado de hidratación celular, el estado de madurez, el tamaño y peso del producto, las características de la cáscara y también de la temperatura. En relación con la compresión y el impacto, el producto no tiende a resistir dichos daños si su temperatura de campo no se ha reducido, mientras que los productos soportan mejor el efecto de las vibraciones si su temperatura de campo ha sido reducida.

1.1.4 La conservación poscosecha de los productos de origen vegetal. De acuerdo a lo enunciado por Sánchez (2004), la disponibilidad a escala mundial de frutas y hortalizas frescas y productos preparados a partir de estas, aumenta debido a la existencia de especies y cultivares (variedades) prolongándose su existencia en el mercado. De igual manera, se enfatiza que la continua consolidación e integración de los modernos sistemas de comunicación, caracterizan los dispositivos mundiales de comercialización de frutas y hortalizas frescas y de los productos con valor añadido, que se deriven de éstas. El consumo doméstico y la exportación de frutas y hortalizas frescas están en progresión; los consumidores exigen consumir productos más saludables, más naturales, ecológicos, también demandan productos fáciles de utilizar y muy variados. La industria agroalimentaria responde a las exigencias de los consumidores en términos de facilidad de empleo, suministrando cada vez más productos elaborados a partir de hortalizas frescas troceadas y preparadas para consumir.

A continuación, se describen los factores que se consideran en la conservación poscosecha de productos vegetales.

- **Factores previos a la recolección.** Como los siguientes:

- **Variedades genotípicas de la calidad y aptitud a la conservación**. De acuerdo a lo dicho por Sánchez (2004), la selección clásica y los métodos moleculares utilizados para desarrollar nuevas variedades han permitido obtener genotipos que posean coeficientes bajos de respiración, y menores tasas de producción de etileno, una sensibilidad atenuada a este compuesto, una menor velocidad de ablandamiento, un mejor *flavor*, una buena calidad nutritiva (vitaminas, minerales, fibra comestible, incluidos los carotenoides y compuestos polifenólicos), una reducida tendencia al pardeamiento, una menor susceptibilidad a las alteraciones debidas al frío y menor resistencia al ataque de patógenos después de la recolección. En algunos casos estos objetivos pueden ser incompatibles, por ejemplo, el descenso del contenido de compuestos fenólicos y las actividades de la fenilalaninaamonialiasa y/o polifenoloxidasa con el fin de reducir el potencial de pardeamiento no permiten el aumento del contenido de polifenoles, antioxidantes con efectos beneficiosos sobre la salud humana. Así mismo, la disminución de la producción de etileno no permite mantener o aumentar la producción de volátiles que contribuyen al *flavor* de los frutos y viceversa.

- **Condiciones climatológicas y prácticas de cultivo.** De acuerdo a lo indagado por Sánchez (2004), las variaciones de calidad y de la duración de conservación después de la recolección son función de las condiciones climatológicas (sobre todo, de la temperatura y la luminosidad) y de las prácticas de cultivo (en cuanto a las aportaciones de agua y nutrientes). En el caso del cultivo de cubio, de acuerdo a lo expuesto por Clavijo y Pérez (2014), el cultivo tiene una duración de 7-9 meses y la época de siembra se encuentra en los meses de septiembre-diciembre; cosechados una vez al año. Cabe destacar que, según los argumentos de Sánchez (2004), los frutos con alto contenido en calcio tienen una mayor duración de conservación poscosecha; este fenómeno se debe a que su coeficiente respiratorio es menor, así como la producción de etileno, la maduración retrasa, y se obtiene una mayor firmeza y una menor incidencia de anomalías fisiológicas y podredumbres. Frecuentemente un elevado contenido en nitrógeno está unido al fenómeno opuesto: una menor duración de la conservación, una susceptibilidad mayor a las alteraciones debidas a factores mecánicos y a las podredumbres.

- **Grado de madurez en el momento de recolección.** El índice de madurez es importante en los tubérculos al momento de realizar la cosecha. Debido que presenta una influencia importante sobre la calidad y la vida útil del alimento durante las etapas poscosecha y almacenamiento. Es así que el índice de madurez se calcula empíricamente dependiendo del agricultor, quien observa los cambios en tamaño,

forma y peso durante su tiempo dentro de la superficie terrestre; un ejemplo usado por los agricultores para determinar el índice de madurez preciso para la cosecha es cuando la zona de abscisión entre el tubérculo y el pedicelo que lo une con la planta tiene la distancia necesaria para cosechar con facilidad. (Seminis, 2016).

- **Operaciones del manejo poscosecha.** La poscosecha se refiere al conocimiento de los procesos adecuados que se aplican a un producto cosechado y a la tecnología de manejo necesario empleada al producto en estado fresco, siendo un área intermedia entre la producción agrícola y el procesamiento de alimentos pero que requiere un enfoque integral y multidisciplinario debido a la complejidad de la logística involucrada que incluye preparación, mantenimiento, transporte y distribución de productos perecederos (Torres, S.F). A continuación, se mencionan las actividades que conllevan a la realización del proceso de manejo poscosecha, como: pre enfriamiento, selección, clasificación, lavado, envase y almacenamiento.

  Antes del ingreso del producto a las bodegas, se realiza un examen rápido de calidad de los mismos. El alimento es identificado, es decir, el productor proporciona información sobre la procedencia y manejo realizado en su cultivo, cantidad de producto entregado, variedad, entre otros. Una vez recibido, este es apilado para poco a poco empezar con el proceso de poscosecha. El producto es depositado en grandes cajas o canastillas, y con la ayuda de maquinaria en algunos casos es llevado a una báscula para ser pesado, este procedimiento ayuda a conocer la cantidad exacta de producto que continúa con las siguientes actividades. Al pesarlo, se coloca en una tolva o mesón que se encuentra a una altura considerable y con una inclinación, de tal manera que los restos de tierra impregnados en los productos caigan al suelo proporcionando mayor facilidad en el lavado de las mismas (Kitinoja y Kader, 2003).
  - **Preenfriamiento.** Según lo expuesto por Martinez (2000) es un proceso de eliminación del calor de campo en poco tiempo, entre menos sea el tiempo mayor vida de anaquel tendrán los frutos. Normalmente dura entre una a cuatro horas dependiendo la temperatura de la fruta, tipo de fruta y método utilizado. Lo más recomendado es aire forzado o hidroenfriado. Sin embargo, muchos productores utilizan los cuartos fríos para la eliminación del calor de campo, no obstante, dado a que la capacidad es menor, el tiempo es mayor. En la actualidad los mercados internacionales exigen que el producto se preenfrie y cuentan con un almacenamiento en frío posterior a esta actividad, debido a que saben que es la única forma en que el consumidor obtenga un producto con preservaciones en su calidad, conforme a las distancias recorridas. Además, algunos de los beneficios que podría traer al agricultor realizar un buen acondicionamiento es la disminución del estrés del producto, ya que

es extraído de su lugar de origen y hay una adaptación metabólica, además suprime la degradación enzimática y reduce la actividad respiratoria, disminuye o inhibe las pérdidas de agua, el crecimiento de microorganismos, y reduce la producción de etileno.

Sánchez (2004) añade que, el producto enfriado sigue una función logarítmica con un rápido enfriamiento inicial seguido por una velocidad más lenta. Ya que es difícil eliminar todo el calor de campo, se recomienda un tiempo "medio de enfriamiento" o "⅞ de enfriamiento". El tiempo medio de enfriamiento, es el tiempo requerido para enfriar el producto a la mitad de la diferencia entre la temperatura inicial del producto y aquella del medio enfriador. Generalmente, las cámaras de almacenamiento diseñadas para mantener los productos bajo refrigeración no tienen ni la capacidad de refrigeración ni el movimiento del aire que se necesita para un enfriamiento rápido. De este modo, el preenfriamiento previo al almacenamiento es generalmente una operación aparte que requiere de facilidades y equipos especiales. Todos los métodos utilizados en esta operación implican la transferencia rápida del calor de la mercancía al medio de enfriamiento tal como el aire, el agua o el hielo. Desde 30 min o menos, hasta 24 h o más, podría requerirse para el preenfriamiento adecuado. La velocidad de preenfriamiento para cualquier producto depende principalmente de cuatro factores:

- ✓ La accesibilidad del producto al medio de refrigeración.
- ✓ La diferencia en temperatura entre el producto y el medio de refrigeración.
- ✓ La velocidad del medio de refrigeración.
- ✓ El tipo del medio de enfriamiento.

Namesny (1990), reporta que la velocidad de enfriamiento depende en gran medida de las características físicas del producto. Entre ellas la relación superficie/volumen es la más importante. Los productos con una gran superficie en relación a su volumen liberan el agua más fácilmente y de ahí la idoneidad de enfriamiento por vacío para las hortalizas de hoja. La porosidad de los tejidos afecta también la facilidad con que pueda desplazarse al agua a través de ellos para salir al exterior. Las cutículas céreas constituyen también una barrera al movimiento del agua y, por tanto, entorpecen el enfriamiento. La reacción de las estomas ante la humedad difiere entre las frutas y hortalizas. Mientras los de las primeras son sumamente sensibles al nivel de humedad ambiente y reaccionan cerrándose, los de las hortalizas de hojas, relativamente insensibles, se mantienen abiertos aun cuando la humedad exterior desciende como ocurre durante el ciclo de enfriamiento por vacío. Este factor se añade a la relación superficie/volumen para favorecer su adaptación a este método de pre refrigeración.

Dentro de los métodos existentes de preenfriamiento, según investigaciones de Martinez (2000) se encuentran:

- ✓ **Cuartos fríos**. En ocasiones se utilizan los cuartos fríos como preenfriamiento, aunque funcionan, no es lo más recomendable. Es necesario que cuenten con una buena circulación del aire frío y buen acomodo de las cajas. El proceso es lento, por lo tanto, la capacidad de preenfriamiento es menor que si se utilizara aire forzado o hidroenfriado. El movimiento del aire debe ser mínimo de 3-6 km/h. Este método puede utilizarse en la mayoría de las hortalizas.

- ✓ **Aire forzado**. Su principio es el uso de abanicos y barreras colocados estratégicamente para asegurar una buena circulación del aire. Normalmente demora una cuarta parte que el preenfriado en cuarto frío, pero de dos a tres veces más que el hidroenfriado o enfriado al vacío. Los cuartos fríos son fácilmente adaptados para aire forzado, pero la capacidad del sistema de enfriamiento deberá incrementarse. El tiempo de preenfriado no debe ser muy prolongado y el manejo adecuado de la humedad relativa es muy importante para evitar la deshidratación del producto. Se utiliza en tallos, hojas y algunos frutos.

- ✓ **Hielo**. El uso del hielo en bolsa o en pedazos por encima de la carga es el método más antiguo. Sistemas modernos de hielo pequeño es muy utilizado en brócoli debido a que se desliza entre las cajas. El empaque (cajas de cartón) deberán soportar la humedad. Hay una regla general que indica que para enfriar de 35 a 2°C se requiere de un 38% del hielo del peso del producto. Es importante que el hielo utilizado provenga de agua potable.

- ✓ **Hidroenfriamiento.** Es uno de los métodos más eficientes, se basa en la inmersión del producto en agua fría en movimiento o estática. Muy utilizada en productos que se manejan a bulto (melón y elote). La sanidad del agua debe monitorearse constantemente. Posterior al enfriamiento el producto deberá mantenerse en frío. Una buena instalación (hermética) es importante para conservar el frío y reducir el consumo de energía. Además de lo anterior, según lo expuesto por Namesny en 1990, éste es el método intuitivamente más inmediato de refrigeración y consiste simplemente en la aplicación de agua con una temperatura en torno a 1°C. Los productos que se adaptan a él son las hortalizas de raíz y de tallo. El enfriamiento se produce, al igual que cuando el medio refrigerante es el aire frío, debido a la transmisión, por conducción, del calor desde el interior del fruto hasta su superficie y, por convección, entre ésta

y el medio enfriante. La capacidad de absorber calor del agua es mayor que la del aire, por lo que el descenso de temperatura se produce más rápidamente.

✓ **Enfriado al vacío**. Son cuartos herméticos en los cuales el aire y la humedad relativa es extraída, conforme se reduce la presión el punto de ebullición se reduce, por lo tanto, el producto se enfría por la evaporación del agua de la superficie del fruto. Funciona mejor en productos que tienen una alta relación de superficie:volumen como es el caso de lechuga. Es adecuado para productos que ya se encuentran empacados, reduciendo de 1,5 a 5,0% la humedad. Normalmente 1% del peso se pierde por cada 5°C enfriados. Son cuartos fríos del tamaño de un vagón de tren o incluso más pequeños.

Según lo expuesto por Sánchez (2004), la elección del método correcto depende de varios factores, entre los cuales los principales son:

✓ **La naturaleza del producto**. Diferentes tipos de productos tendrán diferentes requerimientos de frío, algunos productos requieren temperaturas cercanas al punto de congelación, mientras que para otros provocaría daños a dichas bajas temperaturas. Así mismo, hay otros productos que no pueden ser humedecidos y, por tanto, no se recomienda que, en ellos, se realicen preenfriamiento con hielo o con agua.

✓ **Las necesidades de envasado del producto**. El diseño en el envasado tiene efectos en el comportamiento y la velocidad de enfriamiento del método elegido.

✓ **Capacidad de flujo del producto**. Algunos métodos de enfriamiento son mucho más rápidos que otros. Si el volumen de producto a ser enfriado es elevado, será necesario usar métodos de enfriamiento más o menos rápidos, para cubrir la producción de estos volúmenes. Los productos que son altamente perecederos que tienen una velocidad alta de respiración, necesitan una mayor velocidad de enfriamiento, luego tendrá un requerimiento alto de refrigeración y el más rápido de los métodos de preenfriamiento.

✓ **Restricciones económicas**. Los costos de construcción y operación varían según los métodos de enfriamiento y generalmente, los costos iniciales son altos y aún más, cuando la cantidad de fruta a enfriar es baja. Estos gastos en enfriamiento deben justificarse por altos precios de venta y algún otro beneficio

económico. El uso y elección de sistema será influido por la flexibilidad que da al mercado (al tener determinada la cantidad de producto durante un tiempo mayor), la expansión de mercados, las distancias mayores de transporte y la capacidad de inversión del cultivador para obtener mayores ganancias.

- **Selección.** Esta operación consiste en la adecuación del producto a las condiciones de proceso al que va a ser sometido, en esta actividad se retira todo alimento que no cumpla con las condiciones de calidad requeridas, algunas de estas condiciones son: sin magulladuras, putrefactos, partidos, quemados por frío o deformes. De acuerdo a Gómez (2014), la operación de selección es clave para obtener los productos de una calidad estándar requerida tanto en su forma, como en volumen y peso. Permitiendo establecer variables de proceso como la cantidad de calor necesaria, así mismo, determinar los envases o empaques más adecuados al producto seleccionado. Añadiendo Torres, Montesdeoca y Andrade (2011), la selección es indispensable en el manejo poscosecha de tubérculos puesto que es necesario una selección rigurosa en relación al atributo de sanidad, participando de este modo, en procesos de eliminación de aquellos que posean características como: presencia de pudriciones, daños físicos, malformaciones, ausencia de contaminantes, entre otras. Según lo expuesto por Sánchez (2004), esta selección se realiza en una mesa adecuada a tal propósito o en una cinta transportadora en el caso de contar con una instalación de pequeña escala semimecanizada. Los productos se depositan en unas cintas cilíndricas que van avanzando y girando. de este modo se van separando unos de otros dependiendo del tamaño de cada uno mediante unas ranuras de diferentes tamaños por los que van cayendo. También en algunas selecciones se emplean separadores magnéticos que eliminan metales que hayan podido incorporarse a los productos durante la recolección.

- **Clasificación.** Es la operación que permite separar los materiales de acuerdo a las diferentes propiedades que obedezcan a una calidad óptima para su comercialización o procesamiento, las principales características que se deben tener en cuenta en la clasificación son: color, madurez óptima, tamaño y forma, daños mecánicos, variedad, heridas, y el desarrollo durante el proceso de cultivo; y como es mencionado por Ariza (2011), clasificar, es separar los productos, según propiedades escogidas por el consumidor. De tal forma el objetivo de esta actividad en el manejo poscosecha es la uniformidad del producto con base de la calidad, pensando en el grado de confiabilidad del consumidor frente a la inocuidad.

- **Lavado, secado y desinfección.** Luego de retirar el exceso de tierra, el lavado es realizado mediante la ayuda de bandas que dirigen los tubérculos hacia unas duchas con agua, de tal manera que los restos de suciedad se eliminen de forma completa, mejorando la apariencia de los tubérculos y garantizando su inocuidad (FAO, 2014). Después se dispone el producto para que sea secado por ventilación o por tubería en la que circula aire caliente en dirección contraria al producto o de manera tradicional con el sol, de tal manera que no es necesaria la manipulación por parte de trabajadores, reduciendo al máximo el maltrato de los productos y proporcionando un secado más uniforme (Kitinoja y Kader, 2003). En cuanto a la desinfección es la adecuada eliminación de determinados microorganismos nocivos mediante agentes químicos (desinfectantes) o métodos físicos adecuados (UNAD, 2005), que actúan sobre su estructura y metabolismo con objeto de impedir su transmisión. La destrucción de estos microorganismos no implica los esporos bacterianos; mediante la desinfección no se destruyen necesariamente todos los microorganismos, pero reduce su número a un nivel aceptable para determinados fines, que no resulte nocivo para la salud, ni perjudique la calidad de los alimentos perecederos (UPM, S.F.).

- **Envasado.** Muchos de los productos utilizados actualmente llegan a manos del consumidor en el interior de envases. Estos tienen la función de contener y proteger el producto, así como facilitar su manipulación y distribución. Los sistemas de envasado son de gran importancia ya que un producto que no ha sido envasado correctamente, se puede deteriorar y/o dañar con facilidad (López, 2014). A lo largo de todo el sistema de manejo poscosecha, el envase puede ser una ayuda o un obstáculo para obtener la máxima vida de almacenamiento y calidad del producto. Los envases para alimentos perecederos necesitan aberturas para la ventilación y con todo y ello ser lo suficientemente fuertes para evitar rompimientos o colapsos. Si el producto se envasa para facilitar su manejo, es preferible un envase práctico para su movilidad y conservación del alimento. Además, es importante que todos los materiales de envase deban fabricarse con materias primas adecuadas para estar en contacto con alimentos e incapaces de liberar compuestos tóxicos del envase al producto. Pueden estar presentes residuos químicos tóxicos en algunos materiales de empaque debido al uso de materiales reciclados. Los envases vacíos tales como cajas y bolsas de plásticas deben almacenarse en áreas cerradas para protegerlos de los insectos, roedores, suciedad y otras fuentes potenciales de contaminación (Kitinoja & Kader, 2003). No obstante, un adecuado envasado es cuando dentro de este se protege el alimento y no es engañado el consumidor del contenido neto que se tiene del producto dentro de este. Siendo así, López (2014), declara que en productos de una cierta masa cuyas unidades tienen tamaños irregulares, es más difícil conseguir la cantidad estipulada

puesto que una unidad de producto puede variar bastante la cantidad total que se quiere obtener en el envase.

De acuerdo a lo anterior, Manalili (2014) menciona que el objetivo de aplicar en el proceso de manejo poscosecha un envase en alimentos es básicamente en la protección del tubérculo, manteniéndolo de manera estática dentro del envase, protegiéndolo de agentes que puedan afectar la calidad de éste durante su almacenamiento, esta operación es necesario realizarla si se desea alargar la vida útil, además cuando el envasado se realiza de manera manual otorga una última oportunidad de revisar la calidad. Considerando que ningún tratamiento poscosecha puede mejorar un producto de mala calidad inicial.

Actualmente existen diversos tipos de envases para tubérculos, uno de ellos son los recubrimientos poliméricos como polietileno, que según Povea (2015), enuncia que es un polímero que se define como una sustancia compuesta por moléculas que se caracterizan por la múltiple repetición de uno o más grupos de átomos (unidades constitutivas). Se conectan en cantidades suficientes para proveer una serie de propiedades que no varían por la adición o sustracción de una o más de sus unidades estructurales. De igual manera, se menciona que las propiedades de éstos son:

- ✓ **Cristalinidad**. Polímeros en estado sólido pueden presentar zonas con formación de cristales, La cristalinidad indica el grado de ordenamiento molecular.

- ✓ **Temperatura de transición vítrea.** Indica que un polímero por debajo de esta temperatura se comporta como un material rígido, duro y quebradizo con buenos valores de resistencia a la tensión; por encima, el material es plástico, flexible y extensible por tracción.

- ✓ **Temperatura de fusión**. Temperatura en la que se produce la fusión de las áreas cristalinas del polímero.

- ✓ **Resistencia al rasgado**. Es la mayor o menor facilidad de un material a ser afectado por una acción externa mecánica como frotamiento, rasgado o erosión, dando lugar a un desgaste o alteración progresiva en la superficie del material.

- ✓ **Resistencia a la tensión.** Es la fuerza necesaria para romper por estiramiento una determinada superficie de un material plástico, ejercida en el sentido de alargar el material.

- ✓ **Elongación a la ruptura.** Es la capacidad de algunos elementos de alargarse cuando se someten a un esfuerzo de tracción en sus extremos. Se expresa en porcentajes.

- ✓ **Resistencia al desgarro**. Se define como la fuerza necesaria para romper un material sujeto a tracción en direcciones opuestas.

- ✓ **Resistencia al estallido**. Prueba aplicable a filmes, para determinar la resistencia a la ruptura aplicando una presión a través de un diafragma.

Las cualidades de los plásticos en la aplicación del envasado de alimentos, tiene una estrecha relación con: permeabilidad a los gases, vapor de agua y aromas, soldabilidad por calor, resistencia a la abrasión, interacción con el alimento y atributos óptimos, como transparencia, precio y resistencia (ICONTEC, 2002, citado por Povea, 2015). Dentro de la clasificación de los polímeros, se encuentran las poliolefinas, éstas encierran el polietileno (PE), siendo probablemente el polímero que más se utiliza en el mundo moderno. Se inventó en 1993 pero solamente hasta 1940 se masificó su uso en envases para alimentos, reemplazo de cajas de cartón y como recubrimiento de cartón para protegerlo de la humedad. Es un material muy adaptable y muy fácil de procesar. De igual manera es un plástico susceptible a moldearse mediante procesos térmicos a bajas temperaturas y presiones. Posee características como un bajo costo en el mercado, baja densidad, pueden ser permeables e impermeables, son aislantes térmicos y flexibles. La contribución que aporta este tipo de envase al alimento es la protección de la contaminación de microorganismos, insectos y otros agentes contaminantes. Así mismo, el envase de PE preserva la forma y la textura del alimento que contiene, evita que pierda sabor o aroma, prolonga el tiempo de almacenamiento y regula el contenido de agua o humedad del alimento (Beiplas, 2012).

Según lo expuesto por Coles *et al.* (2004), estructuralmente el PE es el plástico más simple y se hace por polimerización por adición del gas etileno en un reactor a presión, a altas temperaturas. Dependiendo de las condiciones de polimerización (temperatura, presión, catalizador), se consiguen resinas de bajas, media y alta densidad. Las condiciones del proceso controlan el grado de ramificación en la

cadena del polímero y como resultado, su densidad y otras propiedades de las películas. El PE se puede sellar por calor. Se pueden presentar en láminas fuertes, con buenas propiedades barrera para la humedad y el vapor de agua. No tienen unas buenas propiedades de barrera para los aceites, grasas o gases tales como el CO_2. De todas formas, sus propiedades barreras aumentan con la densidad. Su resistencia al calor es menor que la de otros plásticos, ya que se funde a unos 120°C, o más, al aumentar la densidad. El PE es un buen aislante, ya que no conduce electricidad. Por ello las películas de PE pueden generar cargas estáticas, por lo que es preciso añadirles compuestos antiestáticos a las resinas durante el proceso de fabricación.

Las películas de PE funden a temperaturas relativamente bajas y se vuelven a soldar entre sí cuando se cortan con un alambre caliente, cuchilla, etc., es decir, que cierran bien. Las películas de polietileno de baja densidad (PELD) pigmentadas en blanco, se suelen emplear para hacer bolsas para frutas y hortalizas congeladas y en fresco. Cuando el polímero de PE se coextrusiona con otros materiales, se pueden hacer saquitos resistentes o bolsas con cierres muy perfectos, ya que el PE fluye y llena todos los huecos del área de sellado.

- **Almacenamiento.** Povea (2015) menciona que los alimentos perecederos ganan demanda con el tiempo, pero su conservación sigue constituyendo un desafío en la industria alimentaria. El almacenamiento para la prolongación de la vida útil en fresco de productos hortofrutícolas, según el autor, involucra el abastecimiento de condiciones ambientales adecuadas, que permitan controlar la velocidad de los procesos vitales y reducir el riesgo de ataques de agentes microbianos causantes de enfermedades. El almacenamiento y conservación de los tubérculos son aspectos claves para asegurar el buen término del cultivo. Por una parte, los tubérculos o semillas deben llegar al momento de la plantación en condiciones sanitarias y fisiológicas óptimas para poder expresar su potencialidad productiva y de otro lado, los cubios destinados al consumo fresco o al procesamiento agroindustrial necesitan mantener las características físicas y organolépticas que garanticen su comercialización y/o la generación de productos procesados de buena calidad. El período de almacenamiento y conservación de los tubérculos debe considerarse como parte integral de un sistema de producción del cubio, el cual se inicia con la plantación y termina con la preparación del material cosechado para su posterior comercialización y/o utilización. Entre estas dos etapas puede haber un período prolongado en que el almacenamiento y conservación de la producción puede ocupar un largo espacio de tiempo. Durante esta fase, las pérdidas pueden ser considerables si los tubérculos no se tratan bien y se manejan bajo condiciones ambientales

inapropiadas. De ahí que es esencial conocer tanto los diferentes métodos de almacenamiento, como los principios que regulan una buena conservación de los tubérculos a fin de mantener, preservar su vida útil, sus características productivas y comerciales. Con relación a lo anterior, se presentan los factores que inciden en un buen almacenamiento y conservación de tubérculos (ODEPA, 2016)

- ✓ Estructura, morfología y composición físico-química de los tubérculos.
- ✓ Variedad empleada.
- ✓ Manejo agronómico durante el desarrollo del cultivo.
- ✓ Cosecha y transporte al lugar de almacenamiento.
- ✓ Recepción de los tubérculos en la bodega de almacenamiento o manejo poscosecha.

Es necesario considerar que durante el manejo poscosecha, los procesos fisiológicos que rigen una buena conservación de los tubérculos, como también las condiciones ambientales en que esta se desenvuelve. Por eso, es importante conocer el efecto de cada uno de los factores en el manejo y conservación, especialmente considerando que los tubérculos son órganos vegetales vivos que consumen oxígeno y desprenden dióxido de carbono y calor.

En el manejo poscosecha se emplea la refrigeración que tiene influencia en la fisiología de productos hortofrutícolas como la transpiración, con base a esto, la disminución de la temperatura en el alimento es proporcional a la inactivación de diferentes reacciones, responsables del deterioro en la calidad de los alimentos (Muñoz, 1985). De igual manera, el almacenamiento en refrigeración retrasa la respiración y otras actividades metabólicas, el envejecimiento debido a la maduración, el reblandecimiento, y los cambios de textura y color, la pérdida de humedad y marchitamiento resultante, y la degradación debido a la invasión por bacterias, hongos y levaduras (Sánchez, 2004).

No obstante, ésta temperatura en muchas ocasiones puede llegar a tener grandes cambios en las frutas y hortalizas, uno de ellos, son los daños por frío o *chilling injury*, que según Artes (2002) son numerosas las disfunciones celulares y alteraciones fisiológicas y bioquímicas que induce el frío no congelante: estimula la tasa respiratoria y la emisión de etileno, reduce la fotosíntesis, interfiere en la producción de energía, aumenta la energía de activación, retrasa la fluidez del protoplasma, aumenta la permeabilidad de la membrana, inactiva algunas enzimas, desarregla la

membrana y aumenta la estructura celular. Los anteriores desórdenes fisiológicos suceden tras una cierta permanencia de los productos a temperaturas entre -0,5°C y unos 15°C. Inicialmente se pensó que éste fenómeno sucedía solo en los productos de origen tropical, pero también los productos de clima templado desarrollan estos desórdenes fisiológicos cuando sufren el estrés de temperaturas no congelantes. Adicional a lo anterior, de acuerdo a lo expuesto por Sánchez (2004), dichos daños por frío se caracterizan por debilitamiento de los tejidos a causa de su incapacidad para llevar a cabo los procesos metabólicos normales, y éstos dependen del producto en particular, siendo los síntomas más comunes: decoloración interna y externa, picado superficial, incremento en pérdidas de peso, incremento del deterioro y pérdida de la capacidad para sintetizar compuestos aromáticos típicos.

Comúnmente, la acción del frío moderado produce unos efectos directos y rápidos sobre las membranas, con la alteración de la célula, cuya gravedad depende de la intensidad y duración de la baja temperatura. Pero también puede tener una acción más gradual y duradera, que conduce a una alteración primaria e indirecta del metabolismo, e incluso a un desequilibrio hídrico, que da lugar a una alteración secundaria y puede tener consecuencias reparables, aunque dependiendo del estado fisiológico. En efecto, se ha venido observando que los frutos inmaduros o precoces son más sensibles al frío que los maduros o tardíos de la misma cosecha, con independencia de que sean climatéricos o no.

Otro factor a considerar en el almacenamiento, es el expuesto por Sánchez (2004), acerca de la humedad relativa del aire en las cámaras de almacenamiento, debido a que afecta directamente la calidad de mantenimiento de los productos conservados en ellas. Si es demasiado baja, es probable que ocurra marchitamiento o arrugas en la mayoría de las de las frutas y hortalizas; si es demasiado alta, podría favorecer el desarrollo de putrefacción, en especial en cámaras donde hay considerable variación de temperatura. El control de desarrollo de hongos se vuelve difícil si la humedad relativa se aproxima a 100%. Los hongos de superficie podrían crecer sobre las paredes, techos y contenedores, así como en los productos almacenados.

Se recomienda de igual manera, humedades relativas altas de 90%-95% para la mayoría de productos hortícolas perecederos, para retrasar el reblandecimiento y marchitamiento a causa de la pérdida de humedad. Para la mayoría de las hortalizas, la humedad relativa debería estar alrededor de 90-95% salvo los cultivos de raíz que debería estar aún más alta. Si es necesario incrementar la humedad relativa en las cámaras para almacenamiento común, o almacenamiento enfriado por aire (no

refrigerado), eso se puede efectuar rociando el suelo ocasionalmente. Las humedades relativas que se recomiendan son las que retrasarán la pérdida de humedad y que han sido consideradas suficientemente seguras en cuanto a microorganismos se refieren. Sin embargo, ha de ser aceptada alguna pérdida de humedad. Otro factor a considerar es proveer un buen aislamiento, evitar infiltraciones y proveer superficie de enfriamiento para el margen de variación entre la temperatura de la superficie de refrigeración y la temperatura deseada del producto sea la más pequeña posible. Por tal razón, se requiere un control exacto de la temperatura de refrigeración para mantener altas humedades en un almacenamiento mecánicamente refrigerado.

1.1.5 Situación en Colombia en el manejo poscosecha. Los cubios son tubérculos andinos con tradición prehispánica y fueron domesticados 8.000 años antes de Cristo. Es cultivado en los ecosistemas tradicionales en países como Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia. En nuestro país, tiene presencia en los Departamentos de Nariño, Boyacá, Cundinamarca y Cauca. Por tal razón, la FAO cataloga al cubio (*Tropaeolum tuberosum* R&P) como tubérculo marginado, ya que no son cultivados bajo el enfoque de agricultura tecnificada ya sea por protección del medioambiente, falta de recursos financieros por parte de los agricultores, o tradición. Además, carecen de comercialización y no existen políticas públicas para su desarrollo (Universidad Nacional, 2014). En Colombia, no se ha tenido registro de la producción de cubio, una gran parte de lo cosechado de este tubérculo se pierde por la no implementación de un manejo poscosecha. Según el Departamento Nacional de Planeación o DNP (2016) menciona: "En Colombia el 64 % de las pérdidas de alimentos se ocasionan en la etapa de producción, poscosecha, almacenamiento y procesamiento industrial. El 36 % restante se desperdicia en las etapas de distribución, retail y en los hogares". Estableciendo que, en Colombia, las pérdidas o desperdicios de alimentos se encuentran alrededor de los 9,76 millones de toneladas. Dichas pérdidas se dividen de manera que el 40,5% (3,95 millones de toneladas) lo hacen en la etapa de producción agropecuaria, el 19,8% (1,93 millones de toneladas) se pierde en el proceso de poscosecha y almacenamiento, el 3,5% (342 miles de toneladas) en los procesos de procesamiento industrial. Se ha evidenciado que las pérdidas de manejo poscosecha en raíces y tubérculos son del 49% después de las frutas y vegetales, siendo estos los productos que más se pierden en el país. Según el estudio del DNP, por cada 2 kg que llegan a los hogares colombianos, 1 kg se va a la basura. En el país, la cantidad de raíces y tubérculos disponible asciende a 4.938.546 t de las cuales se pierden y desperdician 2.406.764 t, el 49 % (DNP, 2016).

1.1.6 Vida útil de tubérculos. La vida útil de alimentos perecederos es dependiente de múltiples variables, tales como la respiración, la temperatura, la producción de etileno y la pérdida de agua o peso. También están sometidos a degradaciones fisiológicas causadas por la transpiración y los fenómenos de maduración, sea el caso para alimentos climatéricos; conllevando a cambios que inevitablemente reducen la calidad inicial del producto. Por otra

parte, Povea (2015), menciona en su libro que, si se maneja de modo adecuado, la temperatura y el envasado pueden actuar favorablemente en la conservación de alimentos perecederos.
Según Coles *et al*. (2004), en lo reportado por el Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos otorga la siguiente definición de vida útil de un producto, es el período de tiempo durante el cual el alimento es seguro, retiene sus cualidades sensoriales y sus características químicas, físicas y microbiológicas. Esta definición engloba casi todas las perspectivas posibles y permite cierta flexibilidad. El alimento debe ser seguro. En cuanto a su calidad, hay que tener en cuenta que es un concepto que depende del mercadeo de la compañía y de la percepción del consumidor. De igual manera, los autores agregan que, la vida útil de un producto se determina como parte del ciclo de desarrollo del producto. Como el envase es uno de los factores que pueden limitar la vida útil, es importante tenerlo en cuenta lo antes posible dentro del proceso de desarrollo del producto.
Siguiendo lo añadido por Coles *et al*. (2004), en cuanto al aspecto que la vida útil está limitada por uno o varios atributos claves, que pueden predecirse de acuerdo al producto, estos pueden ser: composición y estructura del producto (factores intrínsecos), el entorno que le rodeará durante su vida (factores extrínsecos) y los procesos limitantes de su vida útil, que son una combinación de los factores intrínsecos y extrínsecos. De igual manera, los factores extrínsecos son el resultado del entorno que rodea al producto durante su vida, y son: control de la temperatura durante el almacenamiento, humedad relativa durante el almacenamiento y distribución, exposición a la luz (ultravioleta e infrarrojos), composición de la atmósfera dentro del envase y manejo por parte del consumidor. El envasado puede tener consecuencias importantes sobre muchos de estos factores extrínsecos, y el desarrollo de muchos materiales para envases, se ha hecho pensando en una reducción significativa de los anteriores factores sobre la vida útil. En algunos casos, el envase por sí mismo puede ser un factor de alargamiento de la vida útil. Por ejemplo, un material de barrera para el oxígeno y la luz.
Los autores mencionados anteriormente añaden que, las interacciones entre los factores intrínsecos y extrínsecos afectan a la probabilidad de que se produzcan reacciones o procesos que afectan a la vida útil. Estas reacciones o procesos se pueden clasificar como químicas/bioquímicas, microbiológicas y físicas. Los efectos de estos factores nos son siempre perjudiciales, ya que en algunos casos son esenciales para el desarrollo de características deseadas en el producto durante el tiempo de almacenamiento.

1.2 MARCO LEGAL

En el estudio del manejo poscosecha del cubio, se considera la Norma Técnica Colombiana NTC 5778 (ICONTEC, 2010), titulada “Buenas prácticas agrícolas para frutas, hierbas aromáticas culinarias y hortalizas, frescas. Cosecha y poscosecha”. En esta norma se menciona el procedimiento a realizar para un adecuada cosecha y manejo poscosecha en alimentos frescos.

Según el literal 14 de la presente Norma se indica el proceso de cosecha de alimentos perecederos. Dando parámetros para el desarrollo de esta operación que debe ser realizada cuando el alimento este en un estado de madurez tal que satisfaga los requisitos exigidos por el cliente, teniendo en cuenta las principales características como tamaño, peso, color, firmeza, aroma y sabor, entre otras. La madurez incompleta; pérdida de peso y marchitamiento; producto propenso a enfermedades y al ataque de hongos; propenso a trastornos fisiológicos; epidermis frágiles o susceptible a heridas y sobre madurez conducen al deterioro del producto y a cortos tiempos de comercialización. Adicional indican las actividades que se deben tener en cuenta en la cosecha como la mano de obra, el método de cosecha (manual o mecánica), recipientes de campo, sitio de acopio, transporte del cultivo. Finalmente, de la norma técnica en el literal 15 se mencionan las operaciones necesarias para realizar un adecuado manejo poscosecha. Las cuales son: recepción del producto, limpieza, selección y clasificación, desinfección, envasado (cuando sea necesario), almacenamiento, control de temperatura y humedad relativa (ICONTEC, 2010).

1.3 ESTADO DEL ARTE

Sobre el manejo poscosecha del tubérculo andino, el cubio (*Tropaeolum tuberosum* R&P), son escasas las publicaciones, a continuación, se mencionan dos en relación al cubio y las demás enfocadas a trabajos similares con raíces de alto impacto.

Suquilanda (2007) propuso en un manual de cultivos orgánicos de tubérculos andinos que después de la cosecha, el cubio debe ser sometido a un minucioso proceso de selección y limpieza, antes de ser trasladados al mercado o a la agroindustria. Durante este proceso, se seleccionó la semilla utilizada para nuevas siembras que variaban entre 8 a 10 cm y libres plagas (insectos y patógenos). Para la selección y limpieza se tuvo en cuenta los siguientes criterios para el autoconsumo y la venta (mercado o la agroindustria): tubérculos frescos y sanos, con un tamaño que osciló entre los 10-12 cm de largo y alrededor de 2,5 cm de diámetro. Para semilla: se tomaron los tubérculos verdeados, que tenían entre 12-15 cm de largo y entre 2,5 a 3,0 cm de diámetro. Para alimento de los animales se dejaron los tubérculos agrietados, cortados o deformes. Finalmente, el cubio o *mashua* seleccionada para el autoconsumo y la venta, se sometió a un proceso de limpieza con agua limpia, utilizando un pequeño cepillo para eliminar los restos de tierra que se adhieren al tubérculo y su empacado se realizó después de tener la *mashua* limpia en sacos de polipropileno (45,45 kg), para luego conducirse al mercado o a la agroindustria. El cubio al ser un tubérculo sin estudios relacionados al manejo poscosecha, es necesario tomar para el desarrollo de esta investigación, referencias de estudios relacionados al manejo poscosecha en tubérculos, puesto que no se ha evidenciado en gran procedencia investigaciones con relación al cubio.

Por otra parte, Chirinos *et al.* (2007) del Perú reportaron el efecto del genotipo de variedades de cubio, su madurez y cómo en las etapas de poscosecha variaban los compuestos fenólicos, los carotenos y la capacidad antioxidante. El estudio determinó que el manejo poscosecha en la actividad de almacenamiento influye sobre los compuestos como carotenoides, flavonoides, antocianinas y la capacidad antioxidante, desnaturalizándolos durante el tiempo de almacenamiento, evidenciando en más de diez Cubios una disminución en estos compuestos a grandes colisiones de sol sobre el producto, concluyendo que la mejor forma de conservar estos componentes en el alimento es realizando un buen almacenamiento durante el manejo poscosecha.

Según Lauren y Arguello (2001) la recepción en el manejo poscosecha de la yuca se implementó en el desarrollo de la selección y clasificación de yuca fresca, debido a que en primera etapa de la poscosecha de la yuca fresca está involucrado el pesaje y la selección en cuanto llegue a la planta empacadora, a fin de no poner en riesgo su calidad poscosecha. En términos generales, se espera

que una yuca para exportar no debe permanecer fuera más de 10 h desde el momento de cosecha. Para la selección, se deben aplicar los criterios de calidad y considerar ciertas variables a considerar en la selección y clasificación de tubérculos, entre ellas:

- **Deformidad**. Es el aspecto físico anormal, usualmente se toma como "normal" en el producto.
- **Agrietado**. Se refiere parcialmente segmentado o con grietas de crecimiento.
- **Despunte**. Se trata de una ruptura en los extremos del tubérculo y textura blanda.
- **Daño mecánico**. Se revisa el corte producido (pedúnculo) y si el tubérculo ha recibido alguna magulladura.
- **Pudriciones o enfermedades**. Síntomas evidentes de problemas patológicos y reventaduras con grietas superficiales a lo largo de un tubérculo.

Para el manejo poscosecha de tubérculos, después de la selección y la clasificación, se debe realizar los siguientes procesos (Lauren y Arguello, 2001)

- **Lavado**. Para remover la suciedad se utilizan dos sistemas: en seco y en húmedo. En el primero únicamente se raspa el fruto con un cepillo y en el segundo generalmente se emplea agua con mucha presión. Lo recomendable, cuando interesa comercializar un tubérculo de alta calidad, se emplea el húmedo, pues asegura su completa limpieza. El método en seco por su parte, es el más común por razones económicas (no requiere agua ni energía y exige menos tiempo), pero siempre mantiene algo de humedad y difícilmente logra remover toda la tierra adherida a la raíz o al tubérculo.

- **Secado**. Según Wheatley (1983, citado por Lauren y Arguello (2001) este consiste en una remoción del agua fácilmente evacuable o superficial de la raíz, que impide la formación de condiciones ideales para la proliferación de hongos. Existen diferentes sistemas de secado y el más usado es la energía solar, los cuales dependen de las condiciones ambientales. En el proceso de secado, la salida de producto debe ser ordenada y por eso suele aplicarse el sistema de primeras entradas, primeras salidas.

- **Curado**. Según Aristizabla, Sanchez y Lorio (2007) es esencial realizar un curado a los tubérculos. Puesto que es preciso que el tubérculo permanezca durante cuatro o siete días a una temperatura de almacenamiento aproximado a 35 ° C y una humedad relativa del 80% u 85%. Debe hacerse notar que, en estos casos, si la humedad relativa es del 95%, las raíces sufren una rápida infección de patógenos y si es del 75% presentan una

deshidratación, la cual se evidenciará externamente por el arrugamiento de la superficie y la incidencia de espacios huecos o aberturas en la pulpa.

- **Empacado**. Aristizabla, Sánchez, y Lorio (2007) tuvieron en cuenta las variables mencionadas para la aplicación de empacado de raíces de yuca. Primero se seleccionaron antes de tratarlas y empacarlas, se lavaron con agua y posteriormente se sumergieron en la solución de tiabendazol durante 5 min. Luego las raíces se dejaron secar al aire libre bajo sombra durante 0,5 h. Posteriormente se empacaron en las bolsas plásticas y se cerraron doblando dos o tres veces su boca y sellando el doblez con una grapadora, finalmente las bolsas se perforaron. Cuando las raíces se manipularon con cuidado durante todo el proceso de tratamiento se pudo lograr almacenamientos exitosos de 2-4 semanas de duración. Sin embargo, en períodos de almacenamiento superiores a tres semanas, se presentó hidrólisis del almidón a azúcares lo cual generó raíces con sabor dulce. El almacenamiento a mediano plazo (2-4 semanas) permitió curar las heridas de las raíces y así eliminar el deterioro fisiológico y microbiano.

En cuanto a otros estudios relacionados, se cuenta con el realizado por la Universidad de La Salle sobre el manejo poscosecha del yacón cultivado en su campus para la determinación de la vida útil (Gutiérrez y Vaca, 2011) evaluó el uso de recubrimientos lipídicos, poliméricos y refrigeración, con el fin de prolongar la vida útil del yacón. Este tubérculo, a diferencia de los demás, que almacenan energía en forma de almidón lo hace en forma de fructooligosacáridos (FOS) molécula que se conoce y se utiliza para alimentos prebióticos, estimulando el crecimiento de la flora intestinal no patógena que cumple con los criterios de clasificación y seguridad alimentaria. Esta concentración aumenta a medida que la planta madura y posiblemente alcance su máximo valor cuando la planta se encuentra en el tiempo óptimo para la extracción, sin embargo, en la etapa poscosecha ocurre el efecto contrario, es decir, la concentración de FOS disminuye progresivamente mientras que la de los azúcares simples como glucosa, fructosa y sacarosa se incrementa.

Los recubrimientos poliméricos y lipídicos utilizados en poscosecha del Yacón tienen un efecto sobre los indicadores de vida útil como: pérdida de peso, humedad, sólidos solubles y acidez titulable; además, el encerado de yacón influye en el pH y el envasado con polietileno de baja densidad más refrigeración en la tasa de respiración. Sin embargo, el mejor recubrimiento fue la parafina, recubrimiento lipídico que presentó menor contenido de sacarosa en los primeros 28 días identificado como tiempo óptimo para el consumo.

- **Recubrimiento plástico**. Este proceso se realizó con las muestras de yacón completamente secas para ser envasados en polietileno de baja densidad, las bolsas de

polietileno fueron perforadas y almacenadas bajo temperaturas de refrigeración entre 3 y 5 ºC.

- **Sin recubrimiento.** Evaluaron muestras de la raíz identificadas como testigos, expuestos al ambiente donde se manejan rangos de temperatura y humedad relativa del ambiente entre 17 a 21 °C y 71-76 % respectivamente.
- **Almacenamiento.** Las muestras envasadas en polietileno de baja densidad se almacenaron bajo condiciones de refrigeración entre 3 a 5 ºC y 58 a 75 % de humedad relativa.

2. METODOLOGÍA DE LA EXPERIMENTACIÓN

En el presente capítulo se presenta la metodología de la experimentación con el cubio variedad colombiana blanca ojo morado desde su cosecha y poscosecha, evaluando los cambios físicos, fisicoquímicos y nutricionales, sin y con envase, en ambientes con refrigeración y medio ambiente durante su tiempo de vida útil.

2.1 CUBIO VARIEDAD BLANCA OJO MORADO

La precosecha y cosecha del cubio empleado se realizó en la Sede Norte de la Universidad de La Salle, a campo abierto bajo condiciones climáticas de Bogotá que estaban alrededor de 10,7-19,8°C, a una humedad relativa de 47-82% (IDEAM, 2016). El terreno cultivado (Figura 1) tuvo medidas de 8 m x 13 m, el cual constaba de 8 parcelas (4 m x 2,9 m), en las que se asignaron cuatro tipos de fertilización y dos tamaños de semilla. Cada parcela fue distribuida en tres caballones a una distancia entre plantas de 0,5 m y entre surcos de 1,8 m. El tratamiento 1.1 constaba de una semilla mediana (30-80 g) y el tratamiento 1.2 de una semilla pequeña (2-29 g), a los anteriores tratamientos no se les adicionó ningún tipo de fertilización. El tratamiento 2.1 constaba de una semilla mediana y el tratamiento 2.2 de una semilla pequeña, a estos se les adicionó un fertilizante convencional (15%N_2 – 15%P – 15%K o triple 15). En el tratamiento 3.1 se empleó una semilla mediana y en el tratamiento 3.2 una semilla pequeña, y su fertilización fue mixta utilizando fertilización convencional más fertilización orgánica (*compost* preparado con residuos vegetales). Finalmente, el tratamiento 4.1 se cultivó con semilla mediana y el 4.2 con semilla pequeña, empleando solo fertilización orgánica.

De los tratamientos anteriormente mencionados, para el desarrollo experimental se trabajaron con los cubios procedentes del tratamiento 2.1 debido a que coincide con el tipo de fertilización y con el tamaño de semilla, utilizados comúnmente por la mayoría de agricultores de la región cundiboyacense, ya que es un abono mineral de alta calidad para satisfacer las necesidades de la planta de forma equilibrada (Projar, 2016).

Figura 1. Cultivo de cubio variedad blanca ojo morado

Fuente: tomada por los autores

2.2 IMPLEMENTACIÓN DEL MANEJO POSCOSECHA

Las actividades poscosecha del cubio se realizaron teniendo en cuenta los principios de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y Buenas Prácticas de Higiene (BPH), como sistemas de aseguramiento de la inocuidad, con el fin de alargar la vida útil de los tubérculos preservando el valor nutricional y comercial para ser aplicadas estas actividades en distintos mercados.

2.2.1 Cosecha de los cubios. La extracción de los tubérculos se realizó el día 23 de julio del 2016 a las 7 am (Figura 2), ya que según recomendaciones de la FAO (1993), se debe cosechar durante las horas más frescas del día: las primeras de la mañana o las últimas de la tarde; además, tener en cuenta que el producto no esté mojado por la lluvia o rocío. El método de recolección empleado fue manual utilizando azadón en campo abierto de forma lineal, teniendo en cuenta que es la práctica habitual y permite establecer una cosecha gradualmente, en varias pasadas, de acuerdo a fases distintas de madurez (FAO, 1993), posteriormente se quitaron las raíces, se sacudieron, con el fin de eliminar el exceso de tierra. Luego de la recolección, los tubérculos se apilaron en canastillas previamente lavadas y desinfectadas. Después, el producto sobre carretillas fue transportado a las instalaciones de la Planta Piloto de Frutas y Hortalizas de la Sede Norte. Para esto, se adoptaron medidas de prevención con el fin de evitar lesiones físicas del producto cosechado, apilando los cubios en las canastillas sin exceder la capacidad de estas; no se arrojaron desde una distancia que provocara impactos bruscos; y en el transporte hubo prevención y cuidado de no dejar caer las canastillas en el lugar destinado (FAO, 1993).

Figura 2. Cosecha del cultivo de cubio

Fuente: tomada por los autores

2.2.2 Operaciones de acondicionamiento a los cubios. Después de la cosecha se continuó con las siguientes actividades.

- **Recepción de cubios.** En la Planta Piloto se recibieron los cubios del tratamiento 2.1 cosechados y en canastillas limpias procedentes del campo de cultivo.

- **Selección y clasificación**. El atributo para la selección de los tubérculos se realizó teniendo en cuenta ausencia de daños mecánicos, que de acuerdo a lo mencionado por Ruíz (1988), dichos impactos o golpes son una de las causas principales de las pérdidas de frutas y hortalizas por daños. Además, se tuvo en cuenta un atributo de sanidad, es decir, se separaron los cubios sanos de los deteriorados por daños fitosanitarios (plagas) adquiridos durante el cultivo con el fin de no afectar el resto de tubérculos. Esto se realizó por separación de tubérculos y revisión visual.

  En la clasificación se consideraron varios parámetros no destructivos. Primero se tuvo en cuenta la pigmentación verde de los tubérculos como índice de calidad, siendo asemejado a un cubio comercial, el cual presenta un color de cubrimiento amarillo y yemas profundas moradas (Figura 3).

Figura 3 . Selección y clasificación de los cubios

Fuente: tomada por los autores

La segunda característica de clasificación fue el tamaño. Para esto, se establecieron los diferentes tamaños que se destacaron en la cosecha (Figura 4). El patrón escogido para mayor uniformidad en la experimentación fue el cubio 4, con longitudes entre los 11 – 14 cm de largo y 3 – 4 cm de diámetro en su morfología más gruesa, debido a que representa la medida estándar comercial.

Figura 4. Clasificación por tamaño de los cubios*

***Donde las longitudes son: 1: 5 - 6,9cm; 2: 7 -8,9 cm; 3: 9 - 10,9cm; 4: 11 - 13,9cm; 5: 14 - 15,9 cm; 6: 16 - 17,9 cm; 7: 18 - 19,9 cm

Fuente: tomada por los autores

La tercera característica de clasificación fue la uniformidad del tubérculo, que según la FAO (2017), es un concepto que se aplica a todos los componentes de la calidad de frutas y hortalizas (tamaño, forma, color, madurez, compacidad, etc.), siendo para el consumidor un aspecto relevante que le indica que hubo una previa selección del producto y clasificación por categorías basadas en estándares oficiales de calidad. Tan importante es, que la principal actividad de la preparación para mercado es precisamente uniformar el producto. De acuerdo a lo anterior, dicha actividad de selección se basó en la forma característica del cubio (Figura 5).

Figura 5. Recepción de cubios en la Planta Piloto de Frutas y Hortalizas

Fuente: tomada por los autores

- **Retiro del calor de campo.** El desarrollo de esta actividad se fundamentó en lo reportado por Teruel, Kieckbusch y Cortez (2003), quienes utilizaron un sistema de enfriamiento por inmersión con circulación de agua, la temperatura del agua fue mantenida por el sistema de refrigeración del equipo y la temperatura de los tubérculos se midió usando termopares tipo T, que se insertaron aproximadamente en el centro geométrico del alimento.

Con base a lo anterior, se utilizaron 3 cubios inmediatamente cosechados con peso promedio de 87,70 g y se trasladaron a la Planta Piloto de Frutas y Hortalizas. Las temperaturas se tomaron con termómetro bimetálico digital en el centro geométrico de cada cubio (Figura 6 A) y en el agua (Figura 6 B). Posterior a esto, los cubios se colocaron en inmersión en agua fría y se registró la temperatura tanto en los cubios como en el agua cada 5 min con un cronómetro digital. Esta actividad finalizó en el momento en que la temperatura interna de los cubios y la del agua llegó a un equilibrio termodinámico. Lo anterior fue base para lograr una estandarización del retiro del calor de campo a toda la cosecha. De igual manera, con el fin de establecer la temperatura ideal de los cubios, se empleó la ecuación estipulada por López (2003).

$$T_{final}=T_{inicial\ producto}-\left[7*\left(T_{inicial\ producto}-T_{medio\ refrigerante}\right)\right]/8 \quad (1)$$

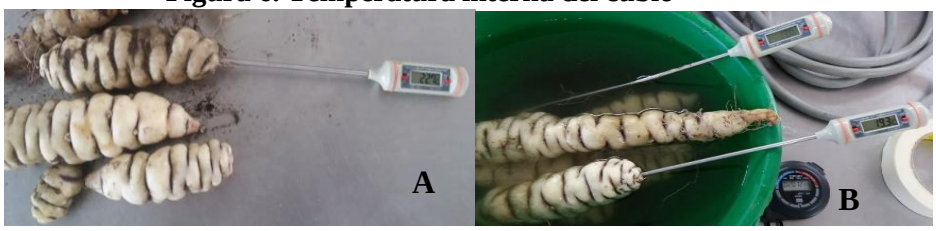
Donde:

T_f= temperatura final a la que debe llegar el producto en el medio refrigerante

$T_{inicial\ producto}$=temperatura del producto recién cosechado

$T_{medio\ refrigerante}$=temperatura inicial del agua fría.

Figura 6. Temperatura interna del cubio



A. Cubios recién cosechados; B. Cubios en inmersión de agua fría

Fuente: tomada por los autores

- **Lavado, desinfección y secado.** El lavado se realizó por el método de inmersión (Figura 7), utilizando agua potable y un cepillo con el fin de retirar la tierra y otros elementos de impureza, cabe destacar que el utensilio utilizado es clave en el momento de la limpieza, dado a que las acumulaciones de las impurezas se incrustan en las yemas del cubio, impidiendo el retiro de la materia orgánica total. Luego en un balde se preparó el desinfectante de amonio cuaternario, marca comercial Timsen® (Anexo 3), el cual tiene como composición 40% de alquil dimetil bencil amonio clorado y 60% de urea, este se usó a una concentración de 100 ppm durante un tiempo de 3-5 min por inmersión (Figura 8). Luego, se pasaron los cubios a la máquina lavadora industrial de vegetales, a partir de

la línea de cepillado para eliminar el desinfectante (Figura 9). Para el lavado de estos tubérculos no se recomienda líneas con rodillos muy separados pues sufren cortaduras y daños mecánicos generando más pérdidas del producto cosechado. Al final de esta actividad, los cubios se recibieron en canastillas previamente lavadas con agua potable y desinfectadas a una concentración de 1 g/L de 3-5 min con el producto comercial Timsen® (Cimpa S.A.S., 2013).

Figura 7. Retiro de materia orgánica de cubios

Fuente: tomada por los autores

Figura 8. Inmersión de cubios en desinfectante Timsen

Fuente: tomada por los autores

Figura 9. Cepillado y retiro del exceso de desinfectante

Fuente: tomada por los autores

En cuanto al secado, se realizó por el método tradicional, esparciendo los cubios en espacios asoleados sobre costales de fibra sintética previamente lavados con agua potable y desinfectados bajo los mismos parámetros de las canastillas. De acuerdo a lo recomendado por AGRO WASTE (2013), este secado posee algunas ventajas pues es un proceso técnicamente sencillo, muy bajo costo de implementación y mantenimiento, no requiere mano de obra especializada. Adicional a esto, Paz (2005) enuncia que el secado de alimentos, alarga su vida útil, asegura la calidad de la alimentación y aprovecha la energía gratis y limpia del sol.

Siguiendo las anteriores recomendaciones, los cubios se secaron hasta que el agua en su superficie fue evaporada (aproximadamente 1 h) como se muestra en la Figura 10. Sin embargo, este proceso no se realizó de manera completa, dado a que la exposición directa de los alimentos a los rayos solares puede ser perjudicial en cuanto a su calidad (pérdida del color natural, destrucción de vitaminas y valor nutritivo), debido a la acción de los rayos ultravioletas (Paz, 2005). Por lo anterior, los cubios que se percibieron húmedos en su superficie, el proceso de secado finalizó con el uso de toallas absorbentes.

Figura 10. Secado al sol de los cubios

Fuente: tomada por los autores

- **División de los cubios.** Los tubérculos acondicionados se dividieron en cuatro grupos. Dos de ellos, continuaron con la actividad siguiente y los otros dos se consideraron el blanco de la experimentación, llevándolos a almacenamientos a temperatura de refrigeración y a temperatura ambiente. Cada grupo se depositó en canastilla y para diferenciarlos se codificaron como se relaciona en la Tabla 3.

Tabla 3. Codificación para cada uno de los tratamientos

Codificación	Tratamiento
RSE	Refrigeración + sin envase
RP	Refrigeración + envase
ASE	Ambiente + sin envase
AP	Ambiente + envase

- **Envasado.** En el estudio de Gutiérrez y Vaca (2011) se recomienda envases poliméricos como el polietileno de baja densidad (PELD). Por consiguiente, el tamaño de los envases usados fue de 2x10 cm calibre 1 (25,4 µm) con perforaciones repartidas en todo el envase y sellados con una termoselladora marca OVELMA® ref. S10VPLEC2 (Figura 11).

Figura 11. Envasado de cubios en polietileno y el blanco

Fuente: tomada por los autores

- **Almacenamiento.** Los tubérculos se almacenaron en dos ambientes. Los cubios depositados en temperatura de refrigeración se mantuvieron en un rango de 1-5°C con una humedad relativa de 51% (Figura 12) y los cubios almacenados a temperatura ambiente estaban en un rango de 17-20°C con humedad relativa de 59,5%. Estos se ubicaron en un lugar fresco sin exposición directa al sol (Figura 13) La temperatura y humedad relativa de los ambientes se registraron por medio de un higrómetro digital marca Brixco (Figura 14) cada vez que se retiró una muestra de cubio para caracterizarlo con los protocolos del numeral 2.4.

Figura 12. Almacenamiento de los cubios en temperatura de refrigeración

Fuente: tomada por los autores

Figura 13. Almacenamiento de los cubios en temperatura ambiente

Fuente: tomada por los autores

Figura 14. Higrómetro digital

Fuente: tomada por los autores

2.2.3 Diseño experimental. Con el fin de establecer los cambios en los tubérculos en el tiempo se planteó un diseño experimental factorial con dos tratamientos y cada tratamiento con dos niveles de temperatura. En la Tabla 4 se observan dos tratamientos (cubios en bolsas de polietileno y cubios sin envase) con almacenamientos, en cada uno de ellos, de ambiente y refrigeración para 37 cubios en cada uno. A cada cubio se le realizaron seguimientos de las características textural, fisicoquímicas y fisiológicas en el tiempo. Estas características se describen en el numeral 2.4.

Tabla 4. Diseño experimental para cubios almacenados

Tratamientos		**Almacenamiento**	**Cantidades (unidades de cubio)**	**Observaciones**
1	Cubios con envase	Medio ambiente	37	Bolsas de PELD perforadas.
		Refrigeración	37	
2	Cubios sin envase	Medio ambiente	37	Denominado el blanco de la experimentación.
		Refrigeración	37	

2.3 DERMINACIÓN DEL CLIMATERIO DEL CUBIO

Para clasificar el cubio según su comportamiento climatérico una vez cosechado, se realizó la determinación del índice de respiración mediante un respirómetro según el protocolo de Gutiérrez y Vaca (2011). Así mismo, UNAP (2001) menciona que este respirómetro realiza la medida de la

tasa de respiración en un sistema cerrado por titulación de una solución salina en retroceso. La temperatura medida con un termómetro de alcohol, localizado en el interior de las cámaras de respiración, se tuvo en cuenta durante el estudio, ya que según Herrero y Guardia (1992 citado por Montes y Arévalo, 2001), enuncian que: "Cuanto más elevada sea la temperatura, más intensa es la respiración. Así mismo la crisis climatérica es muy acentuada y coincide con la maduración gustativa".

2.3.1 Pruebas experimentales en el respirómetro. El equipo empleado constaba de las siguientes partes (Pacheco y Vivas, 2006) (Figura 15).

- **Bomba de aire.** Es una bomba de baja potencia de 16 W de inyección de aire, cuya función es proporcionar aire al respirómetro.

- **Trampa de hidróxido de potasio (KOH).** Permite el paso de oxígeno (O_2) y la retención del dióxido de carbono (CO_2). Esta cámara contiene 250 mL de solución de KOH al 0,1 N.

- **Cámara de respiración.** Es una cámara cilíndrica, sellada herméticamente; posee dos tubuladuras, una larga que pertenece a la entrada de oxígeno (O_2) y una corta para la salida del dióxido de carbono (CO_2). La función de esta cámara es permitir el intercambio gaseoso del tubérculo durante el proceso de respiración.

- **Trampa espiralada de hidróxido de bario ($Ba(OH)_2$).** También conocida como tubo de Petenkoffer, es un tubo de vidrio espiralado cuya función es la de permitir que el $Ba(OH)_2$, que se encuentra en el interior, pueda atrapar el dióxido de carbono (CO_2) producto de la respiración del tubérculo precipitándolo como carbonato de bario ($BaCO_3$).

- **Mangueras de látex.** Estas mangueras cumplen la función de transportar el oxígeno (O_2) suministrado al respirómetro y el dióxido de carbono (CO_2) producido por la respiración del tubérculo.

Figura 15. Montaje para la medición de la intensidad respiratoria del cubio

Fuente: tomada por los autores

Para el montaje de dos respirómetros se realizaron los siguientes pasos: se conectó una bomba de baja potencia, la cual inyectaba aire a las trampas de hidróxido de potasio, y estas a su vez, fueron conectadas a una de las entradas de las cámaras de respiración y la otra entrada de estas se dispuso en una de las aberturas del tubo de Petenkoffer, sostenido por soportes universales con el fin de inclinarlo (Figura 15).

La prueba de la intensidad respiratoria inició el día de la cosecha de cubio depositándolos en el respirómetro para tomar datos en intervalos de 2 h, iniciando a las 8 am hasta las 8 pm. Durante los días restantes, las mediciones fueron llevadas a cabo en un horario de 7 am a 2 pm (Tabla 5). Se evaluó por duplicado la intensidad respiratoria (dos cubios diferentes) durante cinco días, realizando la titulación respectiva de cada uno por triplicado. En el desarrollo de las pruebas experimentales en el respirómetro, se renovaron los reactivos en cada una de las mediciones con el fin de disminuir el error.

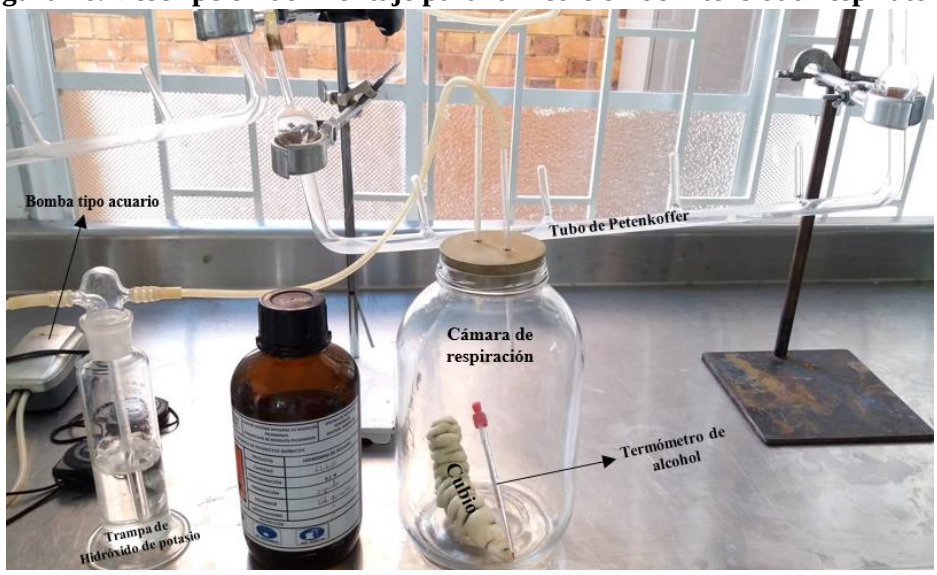
Tabla 5. Seguimiento del climaterio del cubio durante cinco días

Horas	Fechas	N° de Datos
8:45 am – 10:45 am	25/07/2016 (1 día)	6
10:45 am – 12:45 am		6
12:45 am – 2:45 pm		6
2:45 pm – 4:45 pm		6
4:45 pm – 6:45 pm		6
6:45 pm – 8:00 pm		6
8:00 pm – 2:00 pm	26/07/2016 (2 día)	6
2:00 pm – 4:00 pm		6
4:00 pm – 1:50 pm	27/07/2016 (3 día)	6
1:50 pm – 2:00 pm	28/07/2016 (4 día)	6
2:00 pm – 7:15 am	29/07/2016 (5 día)	6
7:15 am – 11:00 am		6
11:00 am – 2:00 pm		6
2:00 pm – 3:00 pm		6
Total	**5 días**	**84 datos**

2.3.2 Determinación de la intensidad respiratoria (IR). Las muestras de cubios utilizadas, fueron previamente secadas y pesadas para ser depositadas en cada cámara de respiración, selladas herméticamente con un termómetro de alcohol en su interior.

Antes de dar inicio al funcionamiento del montaje, las dos trampas localizadas en el sistema se llenaron con hidróxido de potasio (KOH), adicional a esto, en el tubo Petenkoffer se adicionaron 30 mL de hidróxido de bario, los cuales fueron repartidos para el triplicado de la titulación en cantidades de 10 mL, en concentraciones de 0,1 y 1 N, debido a que al pasar las 24 h el reactivo al 0,1 N reaccionó en su totalidad, y por tanto el exceso de solución patrón (hidróxido de bario) utilizada para consumir el CO_2 que reaccionó no mostró ningún cambio de coloración al realizar la titulación con la segunda solución patrón (ácido oxálico). Por tal razón, ambas soluciones se cambiaron a las concentraciones mencionadas, con el fin de que no afectara la reacción. El tubo Petenkoffer debe colocarse como lo indica la Figura 16, pues la inclinación en la que se encuentra asegura que el hidróxido de bario cubra la totalidad del tubo.

Figura 16. Descripción del montaje para la medición de intensidad respiratoria



Fuente: tomada por los autores

Para la determinación del climaterio, el sistema de respiración se conectó durante el tiempo estipulado en la Tabla 4, y en cuanto a la evaluación de la característica fisiológica (índice de respiración) la duración del protocolo fue de 1 h.

Para realizar el proceso de titulación se emplearon Erlenmeyers con capacidad de 100 mL, en los que se depositaron cada una de las muestras tomadas del tubo Petenkoffer, se adicionaron 3 gotas de fenolftaleína. En una bureta graduada de 25 mL se adicionó ácido oxálico (0,1 N y 1 N) y se tituló hasta que las soluciones cambiaran de color rosa a incoloras (Figura 17). En este proceso se tuvo en cuenta la elaboración de un blanco, el cual fue tomado como muestra de hidróxido de bario (0,1 N y 1 N).

Figura 17. Titulación de las muestras tomadas del tubo Petenkoffer

Fuente: tomada por los autores

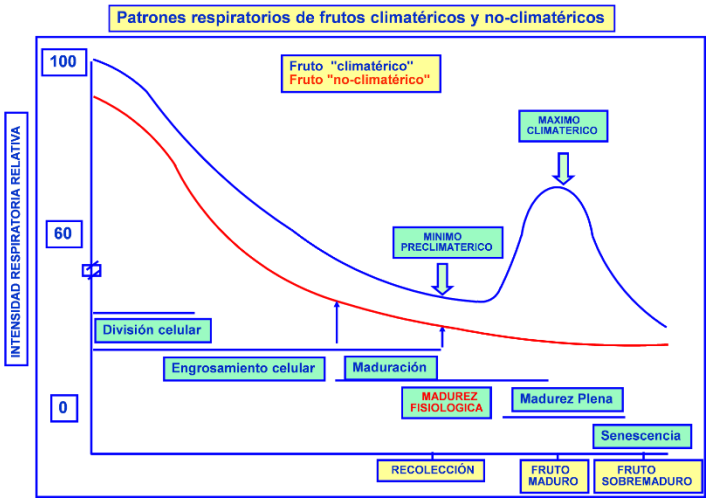
2.3.3 Cálculos de la intensidad respiratoria (IR). Para su determinación se empleó la ecuación de Jonathan y Walter (2010).

$$IR = \frac{(V_b - V_m) \times N \times \frac{22mg \quad CO_2}{meq}}{(W \times t)} \qquad (2)$$

Donde:
IR= Intensidad respiratoria (mg CO_2/kg.h)
V_b= Volumen de ácido oxálico en ml, gastado al titular el blanco (mL)
V_m= Volumen de ácido málico en ml, gastado al titular la muestra (mL)
N= Concentración del ácido oxálico (meq/mL)
W= Peso de la muestra vegetal (kg)
t= Tiempo del flujo continuo de aire a través del sistema (h)

Se realizó un promedio de las titulaciones por triplicado de cada muestra analizada (2 cubios), y teniendo en cuenta los valores arrojados por la anterior ecuación y el tiempo de seguimiento de la intensidad respiratoria, se realizaron dos gráficas de IR vs tiempo, definiendo el climaterio del cubio (*Tropaeolum tuberosum* R&P) según la Figura 18.

Figura 18. Representación de la tendencia del climaterio y no climaterio



Fuente: Jonathan y Walter (2010)

2.4 CARACTERIZACIÓN DEL CUBIO ENVASADO Y ALMACENADO

El seguimiento del cubio envasado y almacenado en los dos ambientes de refrigeración y ambiente, se realizó por triplicado (tres cubios diferentes). La experimentación fue limitada por 20 días, teniendo en cuenta la vida útil de almacenamiento a partir de características como olor, apariencia, textura (deshidratación) y germinación; las cuales arrojaron un menor tiempo de almacenamiento. En la Tabla 6 se evidencia la duración de la experimentación.

Tabla 6. Experimentación de las características fisiológicas y fisicoquímicas

Grupo	Fecha	Temperatura (°C)	Pérdida de Peso (%)	° Brix	pH	Tasa Respiración ($mgCO_2/kg*h$)	Datos	Días
Sin envase - envasado en polietileno	23 de julio de 2016	----	12	12	12	12	48	0
	29 de julio de 2016	Refrigeración	6	6	6	6	192	5
		Ambiente	6	6	6	6		
	01 de agosto de 2016	Refrigeración	6	6	6	6		10
		Ambiente	6	6	6	6		
	05 de agosto de 2016	Refrigeración	6	6	6	6		15
		Ambiente	6	6	6	6		
	12 de agosto de 2016	Refrigeración	6	6	6	6		20
		Ambiente	6	6	6	6		

2.4.1 Características fisiológicas. Para esta caracterización se determinaron la intensidad respiratoria y la pérdida de peso relacionada con la transpiración, con los siguientes protocolos.

- **Intensidad respiratoria.** Esta se evaluó para el producto envasado y almacenado como blanco (Tabla 7). Para esto, se empleó la técnica de la determinación de intensidad respiratoria mencionada anteriormente.

Tabla 7. Diseño experimental del cubio almacenado

Grupos	Tipo envase	Almacenamiento	Días	Características a determinar
1	Bolsas de polietileno	Medio ambiente	1 al 20	• Fisiológicas: pérdida de peso y tasa de respiración (se extendió la toma de datos hasta el día 25). • Físicas: textura. • Fisicoquímicas: pH, °Brix.
		Refrigeración	1 al 20	
2	Sin envase	Medio ambiente	1 al 20	
		Refrigeración	1 al 20	

- **Pérdida de peso.** Se eligieron doce cubios desde el primer día de la experimentación, los cuales se repartieron en temperaturas de refrigeración (6 cubios) y ambiente (6 cubios), y estos cubios a su vez se dividieron en condiciones de envase (PELD) (3 cubios) y sin envase (3 cubios). El seguimiento de esta característica se llevó a cabo durante 20 días (Tabla 6) con el fin de realizar una comparación al final de la experimentación del tratamiento y el blanco. Lo anterior se puede observar en las Figuras 19 y 20. Para llevar a cabo esta actividad se empleó una balanza digital marca Ohaus®.

  El cálculo de la pérdida de peso se determinó mediante la diferencia entre el peso inicial (Pi) menos el peso del cubio al final (Pf) en cada semana evaluada, los porcentajes se expresaron como porcentaje (%) de pérdida de peso. Se tomará como referencia la investigación de Manrique (citada en Gutiérrez y Vaca, 2011) en el establecimiento de un parámetro de aceptabilidad del 10% en pérdida de peso, haciendo relación que cuando los productos agrícolas pierden en promedio éste porcentaje, es indeseable en el mercado.

Figura 19. Seguimiento de la pérdida de peso en condiciones de refrigeración

Fuente: tomada por los autores

Figura 20. Seguimiento de la pérdida de peso en condiciones de temperatura ambiente

Fuente: tomada por los autores

2.4.2 Características fisicoquímicas. Estas se hallaron con los siguientes procedimientos experimentales.

- **pH.** Esta característica se determinó mediante un potenciómetro marca Metrohm® *Swiss made*, el cual se observa en la Figura 21, siguiendo el protocolo de la AOAC 11.042/84 y 962.12/94.

Figura 21. Potenciómetro para toma de pH durante los días de almacenamiento

Fuente: tomada por los autores

- **Sólidos solubles.** Para la determinación de esta característica se utilizó un refractómetro marca ATAGO (Figura 22) con escala de 0 a 30% según los métodos de la AOAC 932,12/90 y AOAC 22024/84.

Figura 22. Refractómetro utilizado en el seguimiento de los sólidos solubles

Fuente: tomada por los autores

2.4.3 Característica textural. Para esta característica se empleó un texturómetro marca Lloyd Instruments TA.XT2 y (CT3 Brookfield) con el fin de hallar la dureza del cubio mediante el protocolo de Osuna *et al.* (2013). Según Rojas y Viera (2014) la tasa de deformación de acuerdo al grado de madurez de frutas u hortalizas, es importante determinarla, pues la dureza del producto indica los diferentes cambios de turgencia que dependen del contenido de agua retenida (Gutiérrez y Vaca, 2011). Para la prueba (Figura 23) se trabajó con un aditamento de punción de punta redondeada de media pulgada de diámetro. Cada muestra evaluada se dispuso en la plataforma en posición horizontal y entera de manera que el husillo penetrara en el centro del cubio, este se ubicó a una altura de 4 cm sobre la muestra de cubio. Luego, se desplazó el aditamento a una velocidad del cabezal de 120 mm/min y profundizó la muestra 3 cm. El comportamiento se modeló en el *Software* Lloyd Naxigu, el cual arrojó diferentes gráficas que representaron a través del punto más alto la primera fractura del alimento reportada en N. El total de datos reportados se referencia en la Tabla 8.

Figura 23. Montaje de texturómetro empleado durante los días de seguimiento

Fuente: tomada por los autores

Tabla 8. Cronograma de toma de datos de dureza y vitamina C de los cubios almacenados

Grupo	Fecha	Temperatura	Datos				Días
			Textura		Vitamina C		
Sin envase – Envasado en polietileno	29 de julio de 2016	Refrigeración	12	24	12	24	5
		Ambiente	12		12		
	01 de agosto de 2016	Refrigeración	6	12	6	12	10
		Ambiente	6		6		
	03 de agosto de 2016	Refrigeración	6	12	6	12	15
		Ambiente	6		6		
	08 de agosto de 2016	Refrigeración	6	12	6	12	20
		Ambiente	6		6		
	17 de agosto de 2016	Refrigeración	6	12	6	12	25
		Ambiente	6		6		
Total			72		72		

2.5 VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE VITAMINA C DEL CUBIO CON Y SIN ENVASE A TRAVÉS DEL TIEMPO

El seguimiento de la vitamina C en el cubio se realizó según las indicaciones de la Tabla 9, durante 25 días de experimentación. La variación del contenido de vitamina C de los cubios en condiciones de almacenamiento y tratamiento de envase, se cuantificó con el método de espectrofotométrico de Mohr (1957) en el Laboratorio de Química de la Sede Norte. Este método se basa en la reacción entre la vitamina C y una diazona que en medio básico es coloreada y cumple con la Ley de Lamber Beer.

La vitamina C o ácido ascórbico en los alimentos se considera como una vitamina esencial, con propiedades antioxidantes. Su ración diaria recomendada es de 60 mg, el cubio variedad blanca ojo morado proporciona 120 mg por cada 100 g de tubérculo. Debido a que su ausencia termolábil y fotosensible, que se ve favorecida a su oxidación en presencia de hierro y cobre en existencia o ausencia de oxígeno, es un excelente indicador de proceso (Castillo y Sánchez, 1995).

Para determinar el contenido de vitamina C, cada día de experimentación los reactivos utilizados fueron renovados, con el fin de disminuir el error en cada medición. Primero, se preparó la curva de calibración realizada de ácido ascórbico (vitamina C) marca Merck; se realizó bajo concentraciones entre 0,03-0,3 mg/mL. Los resultados arrojados de absorbancias a 540 nm

mostraron una curva de calibración de Y= 4,3498X-0,0482 y coeficiente de correlación (R) de 0,997 (Anexo 1).

Tabla 9. Diseño experimental para la cuantificación de una característica nutricional

Grupos	Tipo empaque	Almacenamiento	Días	Característica a determinar
1	Bolsas de polietileno	Medio ambiente	1 al 25	Nutricional: Vitamina C
		Refrigeración	1 al 25	
2	Sin empaque	Medio ambiente	1 al 25	
		Refrigeración	1 al 25	

Una vez realizada la curva de calibración, se procedió a efectuar el siguiente protocolo por triplicado para el tratamiento y el blanco. Se usó un rayador plástico (Figura 24), que permitió disminuir el tamaño de partícula, seguido de una macerado en un mortero con adición ácido oxálico al 0,15% p/p con el fin de evitar la oxidación de la vitamina C. Luego, se pesaron 12 g en una balanza analítica y se depositaron en un balón aforado de 100 mL, completando el aforo con ácido oxálico. Adicional a esto, se dejó en reposo por 15 min. Cuando se culminó este lapso de tiempo, se tomó una alícuota de 1000 µL en un tubo de ensayo, agregando 4 mL de mezcla diazotada. Para homogenizar la solución se utilizó un vórtex durante 2 min aproximadamente, para su posterior incubación a temperatura ambiente en la oscuridad (5 min) Anexo 2.

Figura 24. Acondicionamiento de la muestra de cubio para la realización del protocolo

Fuente: tomada por los autores

La preparación del protocolo mencionado se observa en la Figura 25, que representa la preparación inicial de las muestras, hasta las soluciones de lectura directa disponibles en tubos de ensayo (izquierda a derecha). La lectura de absorbancia se realizó en el espectrofotómetro Spectronic génesis U.V a una longitud de onda de 540 nm.

Figura 25. Desarrollo del protocolo de cuantificación de vitamina C

Fuente: tomada por los autores

Se estableció que, para la realización de la curva de calibración, todas las muestras deben hacerse por triplicado y no deben tener desviaciones significativas. Además, el patrón de vitamina C no debe tener más de 5% de error. Para cálculos del contenido de vitamina C, se requirieron los valores de absorbancia de la muestra, peso y aforo con el fin de desarrollar la siguiente ecuación.

$$\frac{\text{mg vitamina C}}{100\ \text{g de muestra}} = \frac{A_m - b}{P}\left(\frac{\text{mg vitamina C}}{\text{mL}}\right)\times\left(\frac{V_i}{W}\right)\times 100 \quad (3)$$

Donde:

A_m= absorbancia de la muestra.

b= intercepto de la curva obtenida con la relación entre absorbancia y concentración de los patrones.

P= pendiente de la curva obtenida con la relación entre absorbancia y concentración de los patrones.

V_i= volumen de aforo de la muestra.

W= peso de la muestra.

2.6 EVALUACIÓN ESTADÍSTICA

En el diseño experimental con dos variables independientes que correspondieron al sistema de envase y a las condiciones de almacenamiento (temperatura ambiente y refrigeración) durante el tiempo, se revisaron como variables dependientes: pérdida de peso, textura, índice de respiración,

contenido de vitamina C, °Brix y pH. Las pruebas se aplicaron por triplicado durante 25 días (vitamina C) y 20 días (°Brix, pH, pérdida de peso, textura e intensidad respiratoria). El total de datos durante la experimentación fue de 384.

Se empleó una estadística descriptiva para determinar media y desviación estándar de los resultados experimentales. Además se realizó un análisis multivariante de la varianza o MANOVA completamente al azar que identificó si los cambios en las variables independientes tuvieron efectos significativos en las variables dependientes, además, de las interacciones entre las variables independientes y su grado de asociación con las dependientes (IBM, 2013). Las corridas estadísticas se realizaron en el programa IBM SPSS® Statistics versión 23 para una confiabilidad del 95%.

Con los resultados experimentales se comprobaron las siguientes hipótesis:

- **Hipótesis nula Ho**. No existen diferencias significativas en las condiciones sin y con envasado del cubio con polietileno de baja densidad, almacenado en refrigeración y ambiente, frente a las características fisiológicas, textural, fisicoquímicas y nutricionales.
- **Hipótesis alterna Hi.** Si existe diferencias significativas en las condiciones sin y con envasado del cubio con polietileno de baja densidad, almacenado en refrigeración y ambiente, frente a las características fisiológicas, textural, fisicoquímicas y nutricionales.

En el caso de aceptarse la hipótesis alterna se hizo la prueba de comparación de medias de varianza de Tukey con 95% de confiabilidad en el programa estadístico mencionado.

3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES

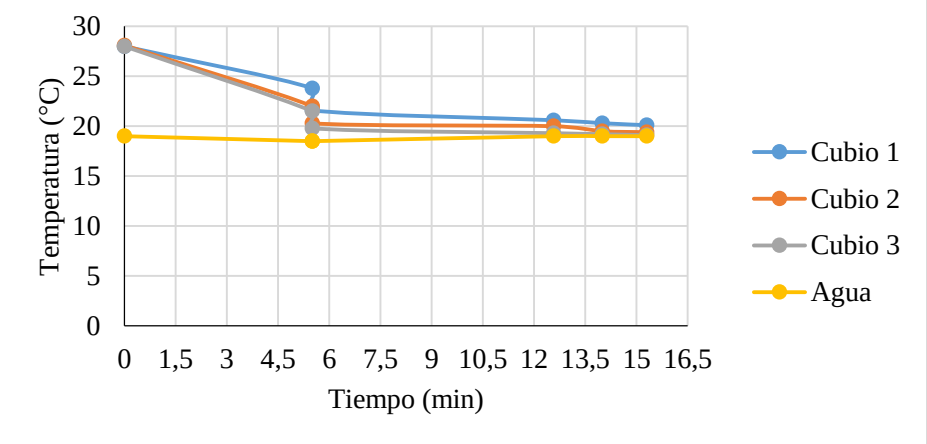
En este capítulo se presentan los análisis de los resultados obtenidos durante el desarrollo de la metodología del capítulo 2, los cuales definen el manejo poscosecha de una variedad colombiana de cubio sin y con envase polimérico para que los productores las tengan en cuenta durante su comercialización.

3.1 OPERACIONES DE ACONDICIONAMIENTO DEL CUBIO

Durante el desarrollo de las actividades de la poscosecha del cubio cosechado se presentaron las siguientes observaciones:

- **Recepción de la materia prima y retiro del calor de campo.** A partir de la cosecha, fueron recolectados 30,785 kg de cubios trasladados a la Planta Piloto, en donde se realizó el retiro de calor de campo, con el fin de disminuir la temperatura una vez cosechado y permitir una adaptación metabólica. Para esto se tuvo en cuenta la influencia del tiempo que tardó el preenfriamiento ya que es clave sobre la calidad de frutas y hortalizas (Universidad Nacional del Nordeste, 2017), porque algunos alimentos pueden tardar menos que otros en retirar la temperatura desde el momento en que es cosechado. El seguimiento de la disminución de la temperatura se realizó para tres cubios variedad blanca ojo morado del lote recolectado, los cuales llegaron a la Planta con temperatura interna de 28°C, y esta fue disminuyendo a través del tiempo al enfriarlos con agua a 19°C, los tres cubios empleados alcanzaron una temperatura promedio final de 19,5°C a los 15,3 min (Figura 26)

Figura 26. Relación temperatura-tiempo del retiro de calor de campo del cubio variedad blanca ojo morado



Cabe destacar que las muestras seleccionadas para realizar la aproximación no son representativas para generalizar un tiempo de retiro de calor de campo óptimo, debido a que la implementación de la actividad descrita se ejecutó con el fin de dar cuenta del método a usar para registrar la pérdida de calor de campo a través del tiempo, y como lo estipula Teruel *et al.* (2003), se consideraron condiciones de enfriamiento, la temperatura del medio de enfriamiento, cantidad de producto y temperatura inicial de los tubérculos. De igual manera, los autores en mención añaden un aporte de ASHRAE (1994), destacando el uso de sistemas de enfriamiento con agua, el cual se evaluó en los cubios, ya que la película de este medio envolvió completamente los tubérculos ocurriendo un eficiente contacto de la superficie del producto con el agua a baja temperatura, reflejando que la transferencia de calor del cubio al medio se logró en un corto tiempo. Agregando que el coeficiente convectivo de transferencia de calor (parámetro que representa la eficiencia en los procesos térmicos), puede ser hasta seis veces mayor en los sistemas que usan agua como medio de enfriamiento, si es comparado con los que usan aire (ASHRAE, 1994 citado por Teruel, Kieckbusch, y Cortez, 2003). En definitiva, se considera que en este tipo de ensayos la relación área/volumen en las frutas y hortalizas se encuentra influenciada en el tiempo de permanencia en los sistemas de pre-enfriamiento. Siendo las bajas temperaturas del medio un método importante, el cual disminuye la actividad de las enzimas del cubio y los microorganismos que pueden ser responsables del deterioro. De esta manera, se reduce la tasa de respiración, conservando las reservas que son consumidas en este proceso; también se minimiza el déficit de presión de vapor entre el cubio y el medio ambiente, disminuyendo los procesos de transpiración que generan una deshidratación. La suma de los anteriores factores, otorga valor agregado a la conservación del producto durante su vida anaquel (López, 2003).

López (2003), añade que en el momento de exponer a un medio refrigerante los productos, estos pierden temperatura lentamente hasta finalmente alcanzar un valor próximo a las condiciones en que se encuentra. Esta velocidad de pérdida de calor, es función de la diferencia de temperaturas, del volumen individual y de la masa total que se está enfriando.

Por otro lado, este autor añade que la temperatura del producto expuesto a un medio refrigerante no es lineal; tal y como se muestra en la Figura 26, en la que la disminución de temperatura fue rápida al principio, pero a medida que se aproximaba a la temperatura del medio, fue más lenta. Por tal razón, López (2003), aclara que en las operaciones comerciales se reduce la temperatura hasta cuando el producto ha perdido 7/8 de la diferencia de las temperaturas inicial (de campo) y la deseada (aproximada al medio). Normalmente, se aconseja que el 1/8 restante lo pierda durante el almacenamiento. De lo anterior, se tiene que por medio de la ecuación (1), la temperatura ideal que debe alcanzar

los cubios para llevar a cabo un correcto preenfriamiento es de 20,12°C, y una disminución paulatina de esta en el almacenamiento.

- **Selección y clasificación.** Una vez trasladados los cubios a la Planta, se descartaron en la selección el 20% por daños mecánicos ocasionados durante la cosecha y transporte de estos, otro factor de selección fueron los problemas fitosanitarios con un 4%, en los que se pudo identificar macroscópicamente hongos como *Erwina chrysanthemi* en relación a la textura blanda del tubérculo o en algunos casos, una apariencia negra que trae consigo la presencia de dicho hongo (Gepp, 2009). Según lo expuesto por la FAO (2007) durante la poscosecha, las plagas más frecuentes en tubérculos andinos son: gusano de tierra (*Copitarsia turbata*), gusano blanco (*Bothynus* SP), y Ticuchis o silwi curo (*Feltia experta*), algunas de las plagas son las mismas que atacan a la papa.

  Los criterios de selección, se exponen en la Tabla 10, en la que se especifican que se llevó a cabo una selección adecuada de cubios (76%) sin repercusiones en la vida útil durante el almacenamiento, con el fin de preservar la calidad durante todas las posteriores operaciones poscosecha. Esto se realizó, bajo la sugerencia de Borrero y Urrea (2007), en el que se evidencia la importancia de esta operación en relación con la salud del consumidor, que implica el concepto de higiene por contenido de hongos, bacterias, virus, u otras sustancias tóxicas que pudieron hacer parte de la composición natural del producto o adquiridas por la manipulación de este; otra relación que fue considerada es la integridad que refirió a dos tipos de acción parasitaria o fisiológica en que la composición, calidad y cantidad del alimento pudo verse comprometida. Las anteriores relaciones se tuvieron en cuenta como factores claves para separar los cubios que no poseían secuelas de acción depredadora por ataque o invasión de plagas y enfermedades, o por deterioros ocasionados por trastornos fisiológicos naturales o inducidos por condiciones de manejo, transporte, preservación y almacenamiento.

Tabla 10. Selección de cubios durante el manejo poscosecha

Atributo	Peso (kg)	Porcentaje
Daños mecánicos	6,157	20%
Problemas fitosanitarios	1,2314	4%
Buen estado	23,3966	76%
Total	30,785	100%

En cuanto a la clasificación de los cubios, en la Tabla 11, se tiene que el 8% presentaron señales de inmadurez (apariencia verde), y según lo planteado por IICA (1987), trae consecuencias debido a que la recolección fue realizada antes del tiempo estipulado para un desarrollo completo de los tubérculos ya que, por pertenecer al grupo de no climatéricos, el momento de cosecha es crucial para el desarrollo de características como color definitivo, sabor y aroma. Esto explicó la permanencia del color de los tubérculos durante la vida anaquel. Este atributo fue necesario destacarlo en la clasificación ya que una de las características que se deben tener en cuenta en los tubérculos durante su comercialización es el color, relacionado con el grado de madurez, debido a que posee una estrecha relación con el desarrollo fisiológico y la calidad del mismo durante la vida anaquel.

Tabla 11. Clasificación de los cubio a partir del grado de madurez

Atributo	Peso (kg)	Porcentaje
Verdes	1,871728	8%
Maduros	21,524872	92%
Total	23,3966	100%

Por otro lado, el segundo atributo que se tuvo en cuenta fue el tamaño de los tubérculos (Tabla 12); en este se clasificaron de acuerdo a las medidas de un cubio comercial las cuales se encuentran entre los 11 y 13,9 cm de longitud. Los cubios escogidos, en los que su tamaño presentó cercanía a los valores de un cubio comercial representaron el 61,4%.

Tabla 12. Clasificación de los cubios a partir del tamaño

Atributo	Peso (kg)	Porcentaje
5 - 6,9 cm	0,43	2,0%
7 -8,9 cm	0,11	0,5%
9 - 10,9cm	1,08	5,0%
11 - 13,9cm	13,21	61,4%
14 - 15,9 cm	5,60	26,0%
16 - 17,9 cm	0,65	3,0%
18 - 19,9 cm	0,43	2%
Total	21,52	100%

- **Lavado, desinfección y secado.** El lavado de los cubios, se realizó de tal manera que no se tuvieran pérdidas por exceso de agua, que según lo planteado por Paredes (2015), el efecto es tanto más pronunciado cuando más prolongadas sean la acción del agua y la inmersión de ella, esto podría generar de igual manera considerables pérdidas de nutrientes, entre estos el ácido ascórbico. En consecuencia, de que el proceso de lavado no se encontraba estandarizado bajo parámetros de tiempo de exposición, se tuvo la precaución de que el tiempo en que se realizó la eliminación de la materia orgánica, así como las acciones de cepillado, dieran lugar a una exposición corta de los cubios frente al agua. De igual manera, el agente químico utilizado fue el desinfectante comercial Timsen®, en el que se realizó un control de la concentración de 100 ppm recomendada para tubérculos, en un tiempo de exposición de 3-5 min, garantizando la inocuidad de los cubios. Destacando la actividad de secado, según lo planteado por Echeverriarza (2005), por el alto contenido de una vitamina hidrosoluble (vitamina C), los cubios permanecieron en menor tiempo posible de exposición solar, que fue de 1 h, tiempo en el que se obtuvo la eliminación superficial del agua, sin embargo, cuando se recogieron los cubios, algunos presentaron cierta humedad entre las yemas, siendo retirada por toallas absorbentes.

- **Envasado.** Al envasar los cubios en PELD, se adaptó a la forma similar en que comercialmente se ofrecen al consumidor. Esto otorgó una mayor protección de los mismos en los tipos de almacenamiento, y a razón de las perforaciones en todo el envase, según lo especificado por Raimondo y Espejo (2002), permitió crear una atmósfera modificada indirecta, debido a que al incluir este tipo de envase con microperforaciones, permite variar espontáneamente la relación O_2/CO_2 reduciendo la tasa de respiración, además de comportarse como una barrera al vapor de agua, impidiendo la deshidratación del producto en su almacenamiento.

- **Almacenamiento.** La respuesta de este tubérculo en el ambiente descrito experimentó una aceleración de las reacciones metabólicas, siendo evidenciadas en su apariencia (Figura 27) como señales de arrugamiento a causa de los daños por deshidratación y presencia de humedad externa durante la vida anaquel. Para los cubios almacenados a temperatura ambiente, se observó un color amarillo pronunciado, y señales de deshidratación (Figura 28), sin embargo, el aroma que se percibió durante los últimos días de almacenamiento fue menos intenso en comparación con el ambiente de refrigeración. De acuerdo a lo planteado por IICA (1987), al proponer un ambiente de refrigeración en los tubérculos, es debido a que dicha temperatura influye en las reacciones químicas,

disminuyendo la acción catalítica de las enzimas del tejido viviente (IICA, 1987 citado por Paredes, 2015).

Adicionalmente, según el aporte de Thompson (2003), la temperatura, la humedad relativa y la diferencia de vapor de agua son de gran importancia en la transpiración; es por esto que al disponer los cubios a temperatura de refrigeración se presumió reducir al mínimo el encogimiento o arrugamiento (temperatura baja, humedad relativa alta y diferencias de presiones pequeñas) (Thompson, 2003 citado por Paredes, 2015); sin embargo, los efectos en los tubérculos sometidos a temperatura de refrigeración se evidenciaron en un deterioro mayor que en la temperatura ambiente, debido a que el lugar destinado para las temperaturas bajas, no tuvo una adecuada circulación del aire, impidiendo que la temperatura relativa del ambiente aumentara a valores cercanos a 90% (Martinez, 2000).

Figura 27. Cubios en los últimos días de almacenamiento en refrigeración

Fuente: tomada por los autores

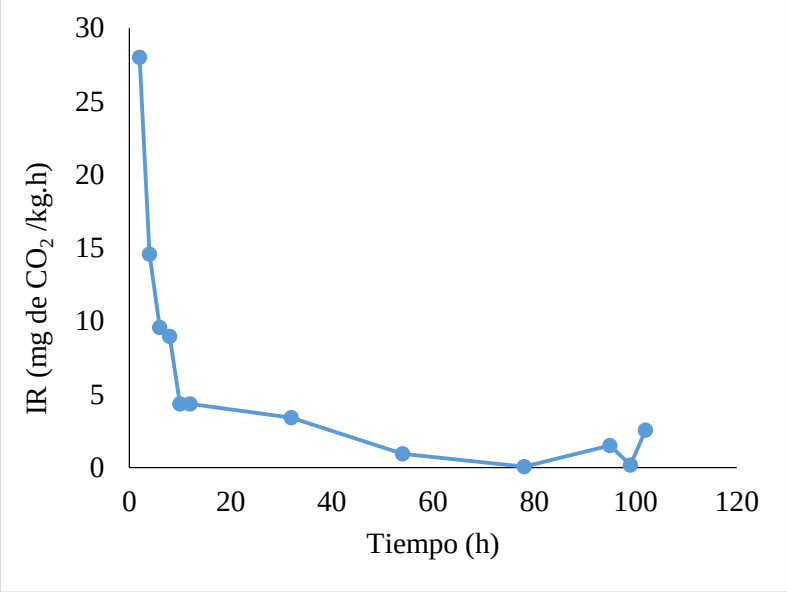
Figura 28. Cubios en los últimos días de almacenamiento a medio ambiente

Fuente: tomada por los autores

3.2 PATRÓN RESPIRATORIO DEL CUBIO

El patrón respiratorio para el cubio variedad blanca ojo morado se observa en las Figuras 29 y 30 con un comportamiento no climatérico a través del tiempo, el cual se comparó con la Figura 18 que muestra cada una de las etapas transitorias durante la vida útil de un producto no climatérico. De igual manera, se observa que la obtención de los primeros valores del índice de respiración fue de 23,11 y 28,32 mg CO_2/kg.h para las muestras de cubios 1 y 2 (Anexo 4), los cuales fueron disminuyendo a través del tiempo, que según como lo justifica Salgado y Martínez (2006) empezó en un valor alto y fue en decadencia pasando por la maduración y senescencia, de manera paulatina y constante, estos se registraron en 1,18 y 2,549 mg CO_2/kg.h para las muestras 1 y 2 respectivamente. Dicha tendencia se observó en las muestras analizadas durante los cinco días de seguimiento, en la que se evidencia una similitud del comportamiento respiratorio no climatérico.

Figura 29. Determinación del climaterio para la muestra 1 de cubio

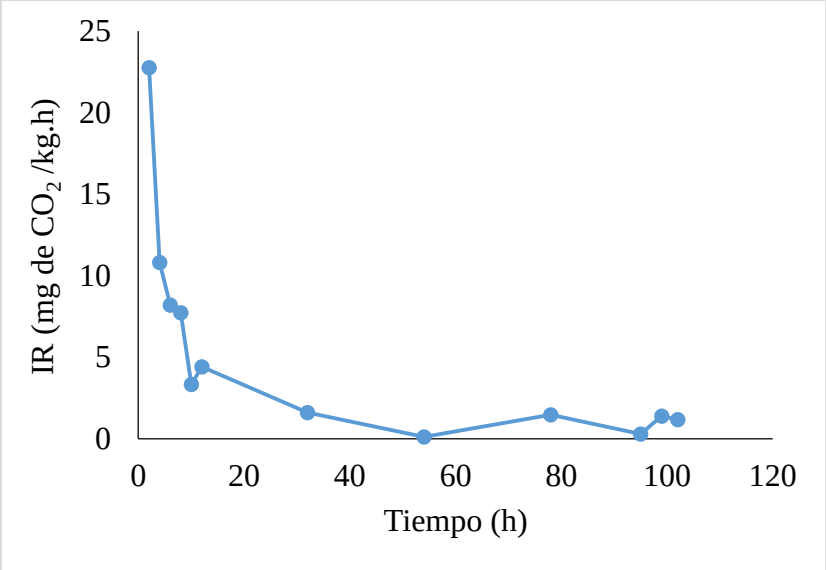


IR: intensidad respiratoria

El autor Paredes (2015), corrobora que los cambios que se pueden presentar en las frutas y hortalizas en el momento en que son retiradas de su fuente y del medio natural que les aseguró un contenido normal de agua y nutrientes están dados por etapas en la madurez fisiológica y senescencia, enunciando que pueden entrar en un estado de desequilibrio que se evidencia en los cambios de intensidad respiratoria decreciente de los cubios, por actividades catalíticas y reguladoras del metabolismo que se relaciona con el envejecimiento y muerte de los tejidos (etapa de senescencia); además, algunos indicios del acercamiento a esta etapa, tienen lugar en la

presencia de germinación de los tubérculos. Lo anterior se sustenta según lo expuesto por Torres *et al*. (2011), ya que, en las cámaras herméticas de respiración, al inducir forzadamente aire sin su circulación, el cubio se somete a un ambiente de incremento de la temperatura, el cual estimula el desarrollo de brotes.

Figura 30. Determinación del climaterio para la muestra 2 de cubio



IR: intensidad respiratoria

La etapa de germinación marcada, según Lutte (1993), se tiene cuando la madurez de la semilla constituye la última fase del proceso reproductivo y se caracteriza por la presencia de profundos cambios físicos y químicos en su estructura. Adicional a esto, Popinigis (1985) enuncia que el punto máximo de peso de la materia seca, coincide con aquel en el cual la semilla alcanza el máximo vigor y poder germinativo; y es en este punto donde el cubio puede desempeñar eficientemente todas las funciones fisiológicas propias y se denomina punto de madurez fisiológica (Lutte, 1993; Popinigis, 1985; citado por Escobar y Upegui, 2005). Lo anterior se evidencia en la Figura 31, donde en la apariencia final de los cubios durante su patrón respiratorio, no existe una degradación de los tejidos sino el estado en el que se podría llevar a cabo su aprovechamiento como semilla.

Figura 31. Muestras de cubio al finalizar la determinación del climaterio

Fuente: tomada por los autores

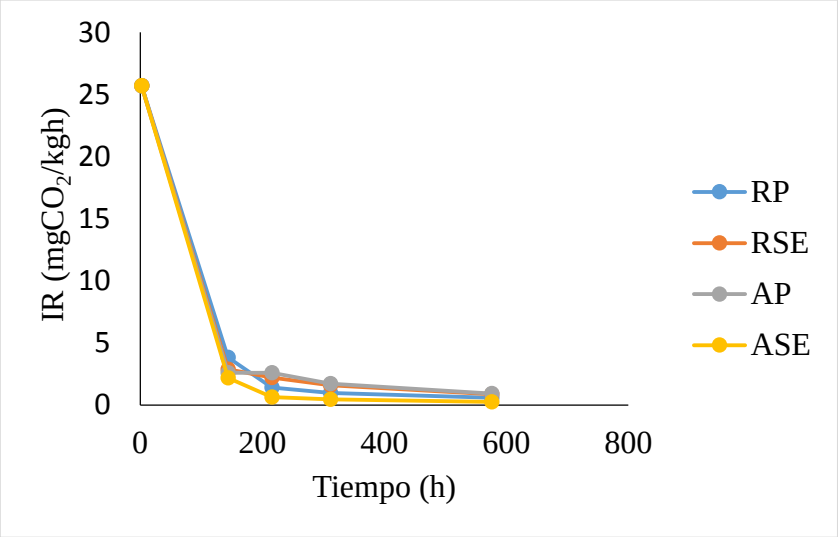
3.3 SEGUIMIENTO AL CUBIO ENVASADO Y ALMACENADO

3.3.1 Características fisiológicas. Con respecto a los resultados obtenidos en estas características, a continuación, se presenta sus respectivos análisis.

- **Intensidad respiratoria**. La Figura 32 muestra una tendencia similar al patrón respiratorio (comportamiento no climatérico) que se representó en las Figuras 29 y 30, incluso al estar los cubios sometidos a condiciones de envasado y almacenamiento. El seguimiento realizado en esta característica, tuvo lugar a los seis días de realizada la cosecha, con el fin de que los cubios se adaptaran a las condiciones de ensayo. La respuesta a la intensidad respiratoria de los cubios envasados en PELD, sin envase y almacenados en refrigeración fue alta durante el primer día de seguimiento (23,1 mg CO_2/kg.h) y en el segundo control (día 9) la IR calculada para los cubios almacenados en ambiente y sin envase disminuyó notoriamente respecto a los demás tratamientos (Figura 32). Sin embargo, la apariencia de los cubios en refrigeración mostró un cambio de color, textura y aroma; esto induce a que, durante el almacenamiento, hubo un deterioro prematuro de los tejidos, de tal forma que limitó su proceso respiratorio durante el seguimiento.

  El análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre los tratamientos reportados por el test de Tukey, de esta manera, se acepta la hipótesis nula que afirma que no existen diferencias significativas entre los tratamientos sin y con envase del cubio con polietileno de baja densidad, frente a la característica de intensidad respiratoria.

Figura 32. Seguimiento de intensidad respiratoria (IR) a través del tiempo



RP: refrigeración con envase; RSE: refrigeración sin envase; AP: ambiente con envase; ASE: ambiente sin envase

En la Figura 32, la tasa de respiración de los cubios recién cosechados, inicia en el mismo valor, debido a que no había ocurrido el acondicionamiento en los diferentes tratamientos. Las razones propuestas de Borrero y Urrea (2007), muestran que el metabolismo está regulado por múltiples y complejos sistemas enzimáticos, cada uno de estos con sus márgenes específicos de temperatura por debajo de los cuales su actividad catalítica se retarda, decrece o se inhibe, lo que obviamente afecta el proceso fisiológico total, el cual se reflejó en una deshidratación y degradación de los pigmentos del cubio durante el almacenamiento en temperatura de refrigeración, ya que al no emplearse un envase, el cual fuera una barrera a las condiciones sometidas, permitió una exposición directa de los cubios, marcada además, por factores de intensidad de la temperatura expresada en términos de tiempo y se manifestó en manchas y otros daños en la epidermis al encontrarse en temperaturas inferiores a 10ºC (Paredes, 2015) (Figura 33).

Figura 33. Estado de los cubios almacenados a temperatura de refrigeración a los 21 días de seguimiento

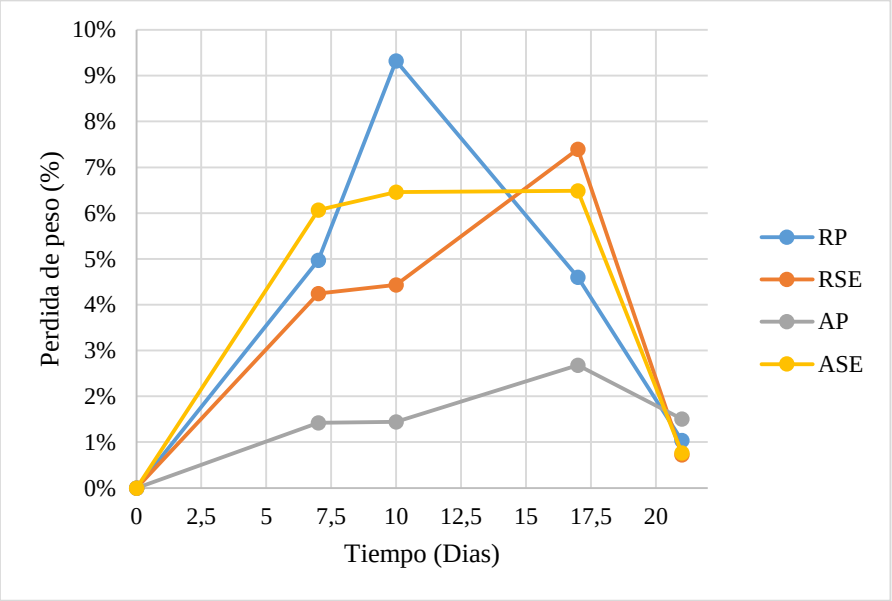
Fuente: tomada por los autores

El comportamiento de la intensidad respiratoria, mostró una aproximación en el último día de seguimiento. Esto se relaciona en la apariencia de los cubios tanto en los almacenamientos a temperatura ambiente y de refrigeración, evidenciando que la vida útil del producto a modo del deterioro físico culmina a los 21 días de seguimiento dando inicio a su etapa de senescencia y finalizando su calidad comercial.

Pérdida de peso. La Figura 34 muestra los valores de pérdida de peso de los cubios por razones de deshidratación paulatina durante el tiempo de almacenamiento. Wills y McGlasson (1999) enunciaron que las pérdidas de agua afectan fundamentalmente al aspecto, por marchitamiento, arrugamiento y cambio de textura; lo anterior, se presentó en mayor medida en el tratamiento RP, dado a que, por una disminución en la temperatura de los cubios, la estoma quedó abierta y esto provocó una mayor pérdida de agua, adicionalmente, la deshidratación. Según Arce (2002), esto se debe a que los tubérculos tenían un contenido de lecitinas y estomas que se encuentran debajo de la epidermis, la cual regulaba la velocidad de intercambio de vapor o gases (Arce, 2002 citado por Gutiérrez y Vaca, 2001). En el tratamiento mencionado, la función del envase como barrera de protección y una facilidad de intercambio con el ambiente y el producto, no se destacó, dada la respuesta de los cubios a los cambios de temperatura durante el almacenamiento, las cuales según el Anexo 5, variaron y provocaron una inestabilidad metabólica del producto. El descenso en todos los tratamientos después

del día 15, dado a la degradación de tejidos y al avanzado estado de senescencia, se muestra en la Figura 35.

Figura 34. Seguimiento de la pérdida de peso través del tiempo



RP: refrigeración con envase; RSE: refrigeración sin envase; AP: ambiente con envase; ASE: ambiente sin envase

Los tratamientos RSE y ASE, estuvieron marcados por variaciones similares durante el almacenamiento, teniendo en cuenta que la humedad relativa de 52-64% en los dos ambientes, no presentó diferencias significativas de esta en la temperatura de refrigeración (Tabla 13), en la que se supondría debería aumentar dichos valores de humedad relativa, sin embargo en el almacenamiento se evidenció un déficit de presión de vapor originado por una diferencia entre la presión del producto y la del aire que lo rodea, lo cual ocasionó un aumento en el porcentaje de la pérdida de peso de los cubios (Coles, McDowell, y Kirwan, 2004).

El análisis estadístico en el test de Tukey arrojó que entre los tratamientos no existen diferencias significativas, sin embargo, en la evaluación de los días de almacenamiento hubo diferencias significativas, es decir que los cubios presentaron pérdidas considerables de peso durante su almacenamiento ya sea en refrigeración o en temperatura ambiente, encontrado que el día siete y diez, fueron los días que mostraron diferencias entre los otros días de evaluación fisiológica del cubio.

Figura 35. Estado de los cubios en el seguimiento de la pérdida de peso

Fuente: tomada por los autores

La pérdida de peso fue un factor importante sobre la calidad y vida útil del cubio, puesto que, después de los 10 días de almacenamiento el cubio almacenado en temperatura de refrigeración y con envase PELD presentó una pérdida de peso mayor que los otros tratamientos, esto es ocasionado ya que a medida que el alimento se somete a un estrés por temperatura, su producción de CO_2 es mayor, exudando de manera más rápida y provocando que el agua ligada en la pared de su estructura celular comience a precipitarse en el medio que se encuentre, coincidiendo a que esta intensidad respiratoria diera lugar a que el tubérculo pasara más rápido a su etapa de senescencia o marchitamiento (IICA, 1987 citado por Paredes, 2015) El mismo comportamiento lo tuvo el cubio almacenado en refrigeración y sin envase, es decir que la pérdida de peso esta influenciada en el cubio por una disminución de la temperatura en la que se almacena, puesto que al examinar los tratamientos (Figura 34) almacenados en temperatura ambiente, su pérdida de peso se declara normal ya que para los días que presentaron mayor pérdida de peso este se econtraba en su madurez plena antes de la senescencia.

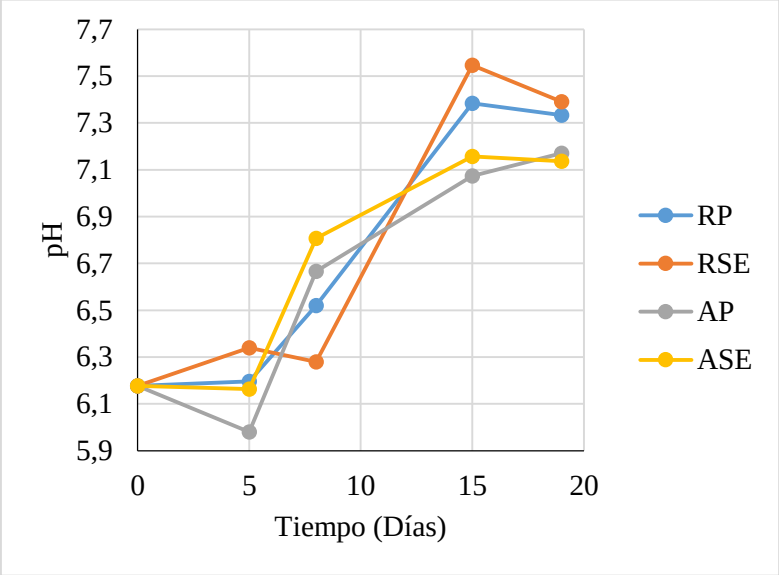
3.3.2 Características Fisicoquímicas. Los resultados de esta caracterización se analizan a continuación.

- **pH**. La Figura 36 presenta el cambio de pH de los tratamientos al paso del tiempo. Encontrando una diferencia entre los cubios almacenados en refrigeración y a temperatura ambiente. El análisis del indicador después de la cosecha (Día 0) arrojó un pH de 6,176 relacionado con la acidez del suelo al momento de ser cosechado el cual era un pH ligeramente ácido entre 5-6, aunque Moran y Delgado (2013) indicaron que el cubio puede cosecharse también en pH 5,3 -7,5.

En cuanto al cambio de pH durante el tiempo, los tratamientos RP y RSE presentaron en el día 8 una disminución del pH de 6,52 y 6,28 respectivamente. Este decrecimiento de pH se ve relacionado con la temperatura que afecta directamente el metabolismo celular del cubio. Al paso de los días de estudio los tratamientos refrigerados aumentaron sus niveles de pH 7,383 y 7,546 respectivamente frente los tratamientos sin envase y refrigeración que presentaron niveles de pH inferiores en el último día de almacenamiento.

El aumento se puede relacionar al tipo de ambiente en que se encuentra almacenado el cubio, puesto que Anasi (2014), menciona en su investigación cambios de los valores de pH en el cubio durante el almacenamiento después del proceso de secado con valores de pH de 6,67. Además, articulan que este aumento podría atribuirse a que los ácidos orgánicos disminuyen durante la maduración, debido a la respiración o conversión en azúcar (Mejía, 2013; citado por Anasi, 2014). Este comportamiento del aumento del pH se puede reflejar con otros tubérculos que durante su vida útil en almacenamiento cambian su pH entre 4,5 a 5,7 (Cajamarca, 2010 citado por Anasi, 2014).

Figura 36. Seguimiento del pH través del tiempo



RP: refrigeración con envase; RSE: refrigeración sin envase; AP: ambiente con envase; ASE: ambiente sin envase

Los cambios de pH en las muestras almacenadas a temperatura ambiente mantuvieron una tendencia creciente en la que se evidencia un cambio del indicador al día 8 de evaluación, encontrando valores ácidos de 6,163 para el tratamiento ASE y de 5,980 en el tratamiento AP. El aumento del pH en estos tratamientos se puede ver reflejado al estado y calidad del cubio. Según Riera (2010) indica que la acidez medida por el valor de pH, es un buen indicador del estado del producto ya que tiene este indicador influencia en múltiples procesos de alteración, estabilidad y calidad del alimento. Es preciso mencionar que la calidad de los cubios cambió con respecto al tipo de almacenamiento aplicado (Figura 37 y 38). Además, el envase no fue un indicador que perjudicara de manera directa el pH del alimento (Anexo 6).

De tal manera, en el análisis estadístico se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos y días de almacenamiento, por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula. Además, la confiabilidad del 95% en el procesamiento de los datos, permite inferir que el tratamiento que mantuvo sus niveles de pH por debajo del resto fue el tratamiento en ambiente con polietileno. En consecuencia, se evidenció que los niveles de pH se mantuvieron en equilibrio a los diez días de almacenamiento.

Figura 37. **Estado de los cubios almacenados en refrigeración al día 19 de seguimiento**

Fuente: tomada por los autores

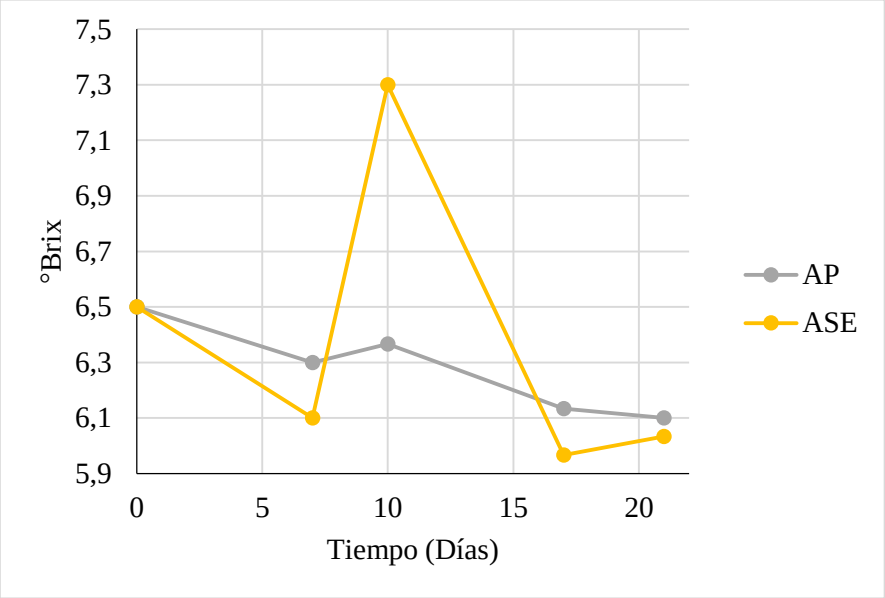
Figura 38. Estado de los cubios almacenados al ambiente al día 19 de seguimiento

Fuente: tomada por los autores

- **Contenido de sólidos solubles (SS).** Las Figuras 39 y 40, muestran el comportamiento de los °Brix durante el tiempo de exposición de los tratamientos en las condiciones de almacenamiento y envase. Al paso de siete días de almacenamiento (temperatura ambiente) los cubios envasados en PELD (Figura 39) presentaron una disminución de los sólidos solubles pasando de 6,5 °Brix en el día 0 a 6,3°Brix. Igualmente, esta tendencia descendente se evidenció en los cubios almacenados sin envase que pasaron de 6,5 a 6,1°Brix, dicho comportamiento varió para el décimo día de análisis, cambiando el contenido de SS en los cubios ASE que muestran un aumento en la concentración de 7,3 °Brix. Esta disminución del contenido de sólidos en ASE y AP se da en relación a la transpiración del alimento, la cual fue ascendente y la exudación del cubio, durante el almacenamiento generó la liberación de agua libre del alimento, en donde la disminución de la concentración de sólidos se vio afectada por este fenómeno. En cuanto al aumento en sólidos en ASE se puede relacionar a la madurez del cubio seleccionado para el análisis fisicoquímico del día 10 de evaluación. Afirmando lo anterior, Pinzón, Fischer, y Corredor (2007) mencionan que las cantidades reportadas de sólidos solubles están constituidas por 80 a 95% de azúcares, y esta medida se encuentra asociada con los azúcares disueltos en el jugo celular, adicional a esto, enuncian que la cantidad de azúcares depende de la variedad, de las condiciones climáticas durante el desarrollo del producto, del estado de desarrollo y la madurez. Sin embargo, a razón del climaterio estudiado en los cubios, se destaca que el factor de madurez no se encuentra asociado durante el desarrollo de su vida útil, sino en el deterioro de la misma en las condiciones de almacenamiento, así mismo, los factores de temperatura inciden de manera directa, puesto que, al encontrarse en altas temperaturas y en humedad relativa cerca a la saturación causa una mayor

concentración de sólidos solubles (Figura 39) siendo acentuada en el día 10 de almacenamiento (Pinto, 2007) (Anexo 7).

Figura 39. Seguimiento de los SS través del tiempo para las muestras almacenadas a temperatura ambiente



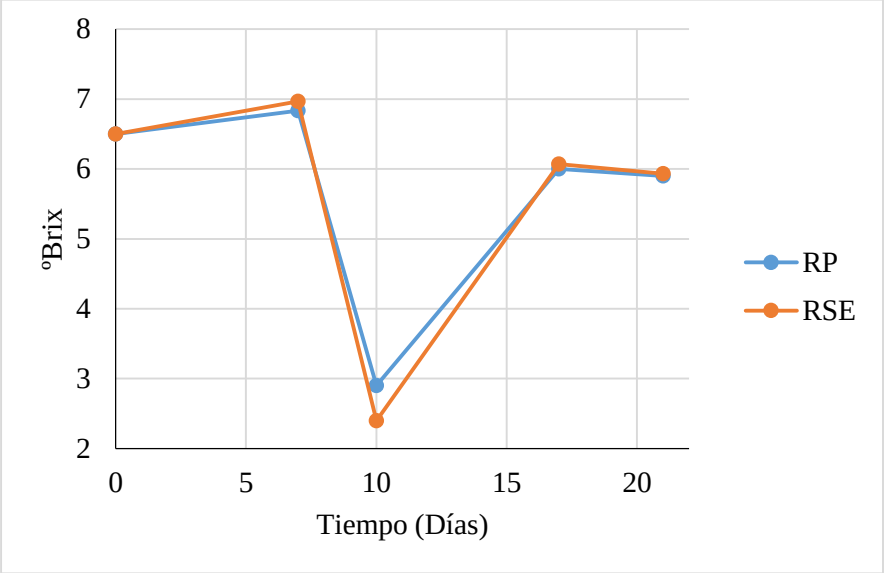
AP: ambiente con envase; ASE: ambiente sin envase

La Figura 40, muestra una tendencia invertida en cuanto a las condiciones de refrigeración, disminuyendo los sólidos solubles a través del tiempo de almacenamiento, sin distinción clara de la inclusión del envase en los cubios debido a la marcada tendencia similar entre los dos tratamientos, no obstante, en los tratamientos de RSE y RP se obtuvo el valor máximo y mínimo de 6,96 y 2,4 y 6,83 y 2,9°Brix respectivamente, en los días 7 y 10, Esta disminución se puede ver relacionada al deterioro celular que tuvieron los tubérculos frente a su tasa de transpiración, puesto que al encontrarse en un ambiente de bajas temperaturas el desorden metabólico y exudación del cubio, generó un cambio en la concentración de sólidos solubles en el día diez de almacenamiento, de esta manera se presentó un aumento en la pérdida de peso mayor en los tratamientos refrigerados y en la disminución en el contenido de sólidos, se relaciona con los daños por frio que se manifestó en los tubérculos en manchas oscuras, en relación a la etapa de senescencia acelerada del cubio a los 21 días de almacenamiento. Además, el registro del contenido de sólidos solubles y su variación, se relacionan con la calidad del producto, según lo expuesto por Pinto (2007), dado a que niveles altos de sólidos

solubles se asocian a una buena calidad del manejo poscosecha y a su vez, los bajos niveles reportan la probabilidad del crecimiento de microorganismo, causantes de pudriciones.

De acuerdo a la Tabla 13, el análisis estadístico del test de Tukey encontró diferencias significativas entre tratamientos y días de almacenamiento. Donde se conjetura que los tratamientos que mantuvieron las concentraciones de sólidos solubles a la caracterización inicial del cubio cosechado, fueron los almacenados en temperatura ambiente con y sin envase. Por lo tanto, se relaciona que la temperatura es un factor determinante en el cambio de las propiedades del cubio, y se evidencia durante los días de almacenamiento un cambio en las características fisicoquímicas y fisiológicas del cubio. De acuerdo al análisis estadístico, se evidencia que el tiempo en que se mantiene mejor la concentración de sólidos solubles, sin depender del tipo de almacenamiento es a los diez días.

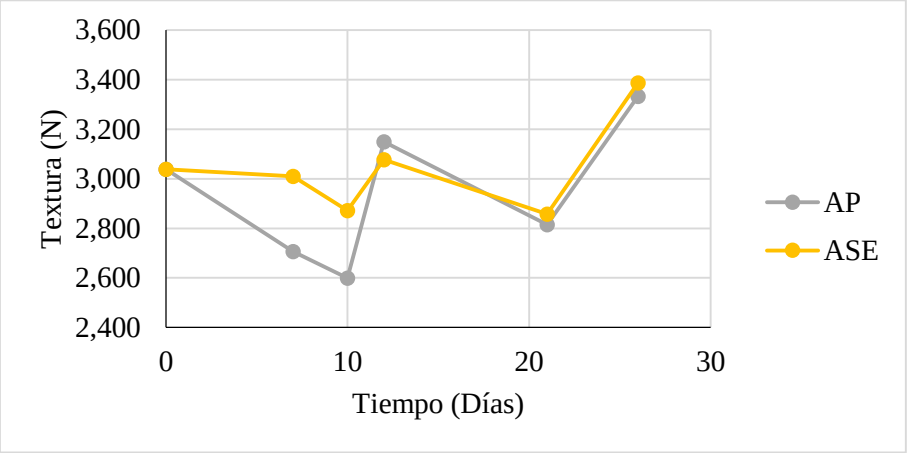
Figura 40. Seguimiento de los sólidos solubles a través del tiempo para las muestras almacenadas a temperatura de refrigeración



RP: refrigeración con envase; RSE: refrigeración sin envase

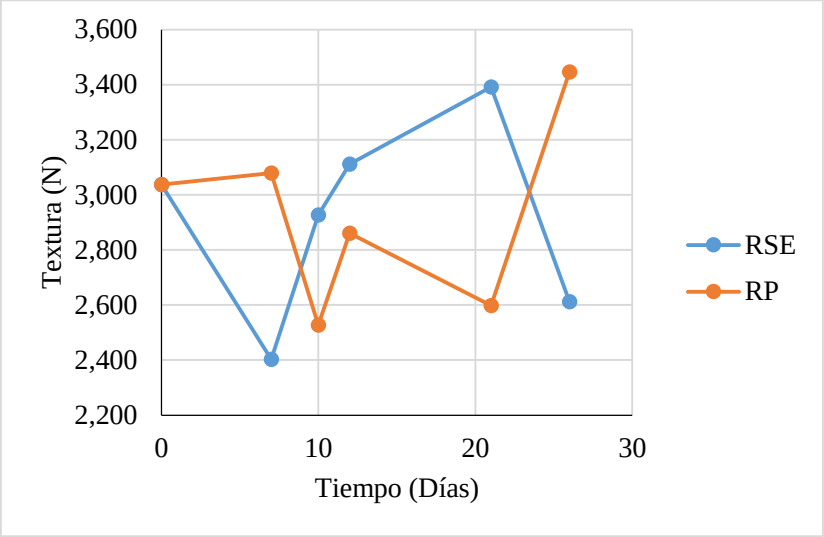
- **Textura.** Durante el seguimiento de esta característica, se tuvo en cuenta la fuerza máxima requerida (N) para alcanzar una deformación en el producto evaluado. La Figura 41 da razón de los cambios en la textura de los cubios durante el almacenamiento en temperatura ambiente, encontrando una similitud con los porcentajes de pérdida de peso, pues a medida que los cubios disminuyen el agua libre de su composición, el comportamiento de la textura fluctúa en valores bajos para los tratamientos de AP y ASE: 2,60 y 2,85 N respectivamente. Los cambios de textura, según Wills y McGlasson (1999), se reflejan en la apariencia de los cubios en cuanto a la deshidratación que durante los días 12 y 26, se presenta en mayor medida la fuerza necesaria para deformar el alimento. Los últimos días de almacenamiento y dado a que los cubios analizados se encontraban en condiciones no aptas para el consumo humano, su textura incrementó en mayor medida a diferencia de los anteriores días en estudio.

Figura 41. Seguimiento de la textura través del tiempo para las muestras almacenadas a temperatura ambiente



AP: ambiente con envase; ASE: ambiente sin envase

Figura 42. Seguimiento de la textura través del tiempo para las muestras almacenadas a temperatura de refrigeración



RP: refrigeración con envase; RSE: refrigeración sin envase

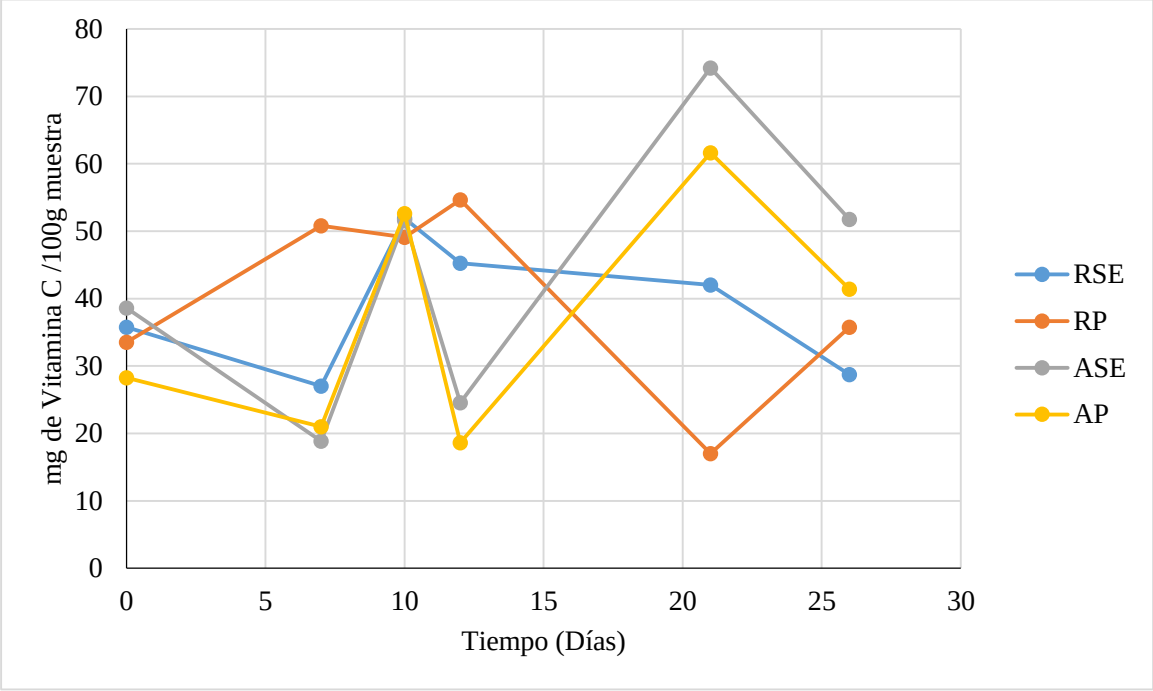
A diferencia de las condiciones a temperatura ambiente, la Figura 42 muestra una mayor variación en los valores reportados, sin embargo, los cubios bajo el tratamiento RP, presentaron el mismo comportamiento de los mencionados en temperatura ambiente, y finalizaron su vida anaquel con valores altos de fuerza, a causa de los desórdenes fisiológicos en su composición, lo que trajo una distinción con el tratamiento RSE, el cual presentó una tendencia decreciente por causas asociadas a la descomposición del producto en el día final de experimentación, dado a geles de almidón y geles de pectina de la laminilla intermedia, que aseguran la ligazón entre paredes celulares vecinas, dicha cohesión puede reducirse por las actividades amilolíticas y pectinolíticas, trayendo consigo un ablandamiento de tejidos (UNAD , 2013) (Anexo 8).

En el análisis estadístico (Tabla 13) los días de almacenamiento fue el factor influyente y la interacción entre tratamientos no presentó diferencias significativas. Por lo tanto, se encontró diferencias altamente significativas de los días siete y diez con respecto al día doce y veintiuno; por consiguiente, se rechaza la hipótesis alterna referente a los días de almacenamiento de los tratamientos.

3.4 VARIACIÓN DE CONTENIDO DE VITAMINA C

En la Figura 43 se observa la tendencia ascendente y descendente del ácido ascórbico durante el tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente y en refrigeración con envase PELD y sin este. En los primeros 5 días de almacenamiento en refrigeración con envase PELD los cubios presentaron un incremento en la concentración de vitamina C, la cual se relaciona con el estrés en el que se encontraba el cubio (Anexo 9). Puesto que el área de intercambio de gases por el envase disminuye y la temperatura de refrigeración a la que se encontraba exigía al cubio respirar más, generando una liberación de ácido ascórbico como respuesta al estrés de temperatura en que se encontraba el cubio; como lo menciona Ibieta (2016) en su artículo, el contenido de vitamina C en frutas y hortalizas cambia a medida que el alimento es sometido a variaciones de temperatura, radiación, pH y los iones metálicos, sumado con lo dicho por Santos, Portilla y Rodriguez (2013) en que la degradación de este antioxidante durante el almacenamiento cambia si no se controla la temperatura y la humedad relativa. En cuanto a los tratamientos almacenados al ambiente para el día 12 la concentración de vitamina C decreció, en cuanto al día 21 aumentó hasta tener concentraciones de 61,647 y 74,193 mg de vitamina C/ 100g de cubio para ambiente con PELD y ambiente sin envase respectivamente y estas fueron las concentraciones más altas, añadiendo, que en estos días de almacenamiento se encontraron diferencias significativas. Si se observa la tendencia azul y anaranjada (relación del almacenamiento con refrigeración) se tiene que las condiciones de temperatura y humedad del medio refrigerante no permitieron que la vitamina C, igualara las concentraciones respecto a los tratamientos AP y ASE, debido al estrés del alimento, se evidenció en los valores máximos de 52,59 mg de vitamina C/100g de cubio, y el lapso de tiempo se limitó por el deterioro físico, fisiológico y sensorial del cubio seguido del período de senescencia, el cual ocasionó la muerte paulatina de los tejidos y el descenso de toda actividad metabólica que pudiera presentar. Generando así, diferencias significativas entre los tratamientos evaluados y los días de almacenamiento para la característica en mención.

Figura 43. Seguimiento de la vitamina C través del tiempo para las muestras almacenadas a temperatura de refrigeración



RP: refrigeración con envase; RSE: refrigeración sin envase; AP: ambiente con envase; ASE: ambiente sin envase

Por otro lado, el grado de madurez se considera un factor de variación en el contenido de vitamina C, ya que de acuerdo a lo enunciado por Ibieta (2016) los alimentos recién cosechados tendrán niveles de vitamina C inferiores hasta el momento de entrar en su etapa óptima de madurez y su senescencia factor que se evidenció en el seguimiento de los días, debido a que los días 7 y 10 presentaron diferencias significativas respecto a los últimos días de seguimiento (12, 21 y 26), y además, no se evidenciaron diferencias significativas entre los días 26 y 0, dado a que durante el inicio de la experimentación, al ser tubérculos jóvenes el aporte de vitamina C, tuvo valores inferiores, y durante el seguimiento en el almacenamiento, estos valores se incrementaron hasta llegar a la senescencia, etapa en la que el aporte de vitamina C, se redujo hasta alcanzar valores similares a los primeros días de seguimiento. En cuanto a los tratamientos las diferencias están marcadas por un nivel de confiabilidad del 95% que demostró al tratamiento AP como el diferente, el cual mantuvo la concentración de vitamina C por debajo a los otros tratamientos. Es decir, el estrés del tubérculo no se enmarca en este tratamiento por la temperatura y humedad relativa de almacenamiento en que se encontraba el cubio.

3.5 EVALUACIÓN ESTADÍSTICA

Los resultados de las características evaluadas estadísticamente en el tiempo de almacenamiento del cubio sin y con envase polimérico arrojaron las probabilidades que se observan en la Tabla 13, con respecto a los tratamientos RP: refrigeración con envase; RSE: refrigeración sin envase; AP: ambiente con envase; ASE: ambiente sin envase y a los días de almacenamiento (Anexo 10).

Tabla 13. Resultados de la evaluación estadística

Características	Hipótesis nula	
	Tratamiento	**Días**
Textura	$0{,}662^{a}$	$0{,}006^{ab}$
	Aceptada	Rechazada
Vitamina C	$0{,}016^{ab}$	0^{abc}
	Rechazada	Rechazada
Pérdida de peso	$0{,}088^{a}$	0^{abc}
	Aceptada	Rechazada
pH	0^{ab}	0^{abc}
	Rechazada	Rechazada
°Brix	0^{ab}	0^{abc}
	Rechazada	Rechazada
Respiración	$0{,}035^{a}$	0^{abcd}
	Rechazada	Rechazada

Letras iguales entre columnas, indican diferencias significativas arrojadas por el Test de Tukey ($P<0{,}05$)

La Tabla 13, se interpretó de tal manera en que, al estudiar las características especificadas con el tratamiento, si la hipótesis nula fue rechazada, se considera que hay una afectación marcada por las temperaturas del almacenamiento y el envase, causando aportes significativos en la fisiología del tubérculo; en cuanto a los días, se considera que el tubérculo presentó ciertos cambios significativos en su composición, y en la interacción de los días y el almacenamiento, se tiene que hubo cierta afectación entre la temperatura de almacenamiento, el envase utilizado y los días en los que se someten a estas condiciones; y si por el contrario, la hipótesis nula es aceptada en el tratamiento, se demuestra que no existen diferencias significativas entre las temperaturas y el envase utilizado, es decir, que el tubérculo presentó un comportamiento similar en cualquiera de estos ambientes, y si la relación se basa en los días, se considera que durante todo el estudio, los cambios en su apariencia, fisiología y el aporte de las características fisicoquímicas, siguió una

tendencia similar, y, finalmente, si se considera la interacción entre los días y almacenamiento, se determinaría que el tubérculo pudo adaptarse o no a los ambientes sometidos y además que la variación entre la presencia de un envase o a granel no presenta un factor clave en su vida anaquel, y seguido a que durante todos los días de seguimiento los cambios fueron notorios o no generaron variaciones significantes.

CONCLUSIONES

- De un terreno de 6 m^2 cultivados con cubio (*Tropaeoleum tuberosum* R&P) variedad blanca ojo morado se cosecharon 30,785 kg de tubérculo, los cuales necesitaron 15,3 min para disminuir su temperatura de campo desde 28°C hasta 19,5°C en inmersión de agua fría.

- El patrón respiratorio del cubio variedad blanca ojo morado registró una producción de dióxido de carbono descendente a través del tiempo, encontrando una tendencia a un alimento no climatérico. Es así que el cubio deberá ser cosechado en pleno estado de madurez, ya que este después de ser cosechado tendera a germinar para uso como semilla o en caso de la falta de control en el almacenamiento se acrecentará su etapa de senescencia.

- La variación de la intensidad respiratoria de los cubios cambió en relación a las condiciones de almacenamiento y envase a través del tiempo, puesto que los cubios envasados con polietileno de baja densidad en almacenamiento de refrigeración aumentan en mayor proporción su intensidad respiratoria frente a los cubios almacenados en el mismo tipo de envase, pero en temperatura ambiente. Encontrando que estos cambios de intensidad respiratoria se ven afectados por la adaptación metabólica del cubio a las condiciones de almacenamiento en temperatura y humedad relativa.

- La pérdida de peso, estuvo manifestada por un cambio en la apariencia macroscópica de los tubérculos, puesto que al día diez de almacenamiento los tratamientos refrigerados con polietileno presentaron manchas oscuras debido a la exudación generada por el estrés en que se encontraba el tubérculo. Además, este fenómeno no fue evidenciado entre los demás tratamientos. Encontrando así que la pérdida de peso difiere entre los días y temperatura de almacenamiento, ya que al día siete no se encontraban diferencias significativas para determinar una condición optima de almacenamiento.

- El pH del cubio variedad blanco ojo morado se ve afectado por el tipo de almacenamiento, puesto que al ser refrigerados con y sin envase el aumento de pH pasa el nivel de 7,3 a los quince días de almacenamiento, relacionando que la frescura del cubio se ve disminuida con respecto a los tratamientos almacenados en temperatura ambiente que mantuvieron sus niveles de pH.

- La reducción del almidón en azucares simples del cubio, desencadenó que el tipo de almacenamiento afecta esta característica fisicoquímica, puesto que el desorden metabólico que presentan los cubios al ser refrigerados se manifiesta en las fluctuaciones de la concentración de sólidos solubles. Por lo tanto, es pertinente almacenar los cubios en temperatura ambiente y en envase de polietileno de baja densidad, ya que mantuvo una concentración superior a 6 °Brix.

- La frescura se expresó en la turgencia del cubio, frente a la fuerza de cizalla reflejada en la textura no variable entre el tipo de almacenamiento y envase, aunque al día diez de almacenamiento se evidenció un cambio de textura en el cubio con polietileno de baja densidad y en condición de refrigeración, disminuyendo así su fuerza de resistencia a la penetración, lo que provocó un ablandamiento entre los últimos días de estudio.

- La producción de vitamina C, registró los valores más altos para el tratamiento de temperatura ambiente sin envase de 74,193 mg de vitamina C/100 g de muestra y 61,647 mg de vitamina C/100 g de muestra para el tratamiento de temperatura ambiente con envase en el día 21 de experimentación, en esta fase, los cubios se encontraban en la madurez plena, con signos evidentes de pérdida de turgencia, un color más pardo y aroma marcado en el almacenamiento que sumado al uso de un envase, registró niveles máximos de estrés seguido por el ingreso a la etapa de senescencia, lo que notoriamente evidenció un deterioro en la apariencia de los cubios, sin embargo, en el día 12 de almacenamiento, los cubios almacenados a temperatura de refrigeración sin y con envase arrojaron valores de 45,268 y 54,651 mg de vitamina C/100 g de muestra respectivamente, aunque no fueron los más altos, los cubios aún podían ser aprovechados comercialmente.

- El análisis estadístico del estudio permitió encontrar que el tiempo máximo de almacenamiento de los cubios variedad blanca ojo morado, se encuentra al transcurrir diez días después de realizada la cosecha y las mejores condiciones de almacenamiento fueron a temperatura ambiente y con envase de polietileno de baja densidad, ya que conserva de manera directa las propiedades iniciales del producto fresco.

RECOMENDACIONES

- Implementar atmósferas modificadas como nuevo tratamiento de evaluación, en las dos condiciones de almacenamiento con y sin refrigeración.

- Determinar el contenido de vitamina C por medio de HPLC, con el fin de cuantificar la concentración del ácido ascórbico en los cubios de manera precisa y disminuyendo el margen de error.

- Mantener un calendario de cultivo, con el propósito de tener una cosecha con la madurez óptima para la implementación del manejo poscosecha y evaluación de condiciones de envase y temperaturas de almacenamiento.

- Determinar la tasa de respiración del cubio mediante la cromatografía de gases con el fin de obtener una clasificación precisa del climaterio de la variedad blanca ojo morado.

- Realizar el seguimiento fisicoquímico y fisiológico del cubio cada día, ya que al determinar su vida útil por debajo de los quince días, el número de datos confiables se limita, disminuyendo la confiabilidad.

REFERENCIAS

AGRO WASTE . (2013). *Secado solar.* CTC, CSIC, Agrupal.

Anasi, S. A. (2014). *Composicion quimica y capacidad antioxidante de dos variedades de mashua (tropaeolum tuberosum).* Quito: Facultad de ciencias de la ingenieria, carrera de ingenieria de alimentos

Aristizabla, J., Sanchez, T., & Lorio, D. M. (2007). Guia Tecnica para produccion y análisis de la yuca. Roma, traducido al español: FAO, Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación

Ariza, J. R. (2011). *Cosecha y poscosecha.* Técnicas agropecuarias.

Artes, F. (2002). Daños por frío en la postrecolección de frutas y hortalizas. *ResearchGate*.

Asohofrucol. (2014). Asohofrucol Foni Foment. Obtenido de Hortalizas - Cubio: http://www.asohofrucol.com.co/hortaliza_detalle.php?id=121 obtenido el 31 de julio de 2014.

Avalos, C. A., & Vivero, D. M. (2013). *royecto de factibilidad de un nuevo producto a base de mashua* . Ecuador: UG

Balaguerra, H. E., Salamanca, F. A., Garcia, J. C., & Arevalo, A. H. (2014). *Ethylene and maturation retardants in the postharvest of perishable horticultural products. A review.* Colombia: SCIELO

Barreiro, J., & Sandoval, A. (2006). Operaciones de conservación de alimentos a bajas temperaturas. Caracas, Venezuela: Editorial Equinoccio.

Barrera, V., Tapia, C., & Monteros, A. (2003). *Conservacion y uso de biodiversidad de raices y tuberculos andinos: Una decada de investigacion para desarrollo.* Ecuador: INIAP

Beiplas. (2012). *empaques para alimento.* Medellín, Colombia.

Beltran, A. F., & Mera, J. G. (2014). *Elaboracion del tuberculo mashua (Tropaeolum Tuberosum) troceada en miel y determinacion de la capacidad antioxidantes.* Guayaquil-Ecuador: Universidad de Guayaquil, Facultad de ingeniería química.

Beltran, A. F., & Mera, J. G. (2014). *Elaboracion del tuberculo mashua (Tropaeolum Tuberosum) troceada en miel y determinacion de la capacidad antioxidantes.* Guayaquil-Ecuador: Universidad de Guayaquil, Facultad de ingeniería química.

Bianco, M., y Sachs, C. (1998). Growing Oca, Ulluco, and Mashua in the Andes: Socioeconomic differences in cropping practices. *Agriculture and Human Values*, 269.

BOOTH, R (2007). Almacenamiento de raíces de yuca. Causas del deterioro que se presenta después de la cosecha de raíces frescas, Citado por CONSTANTINO, E. Preliminar de QTLs en el primer retrocruzamiento Derivado del Hibrido Inter-especifico entre Manihot escuelenta Crantz y la especie silvestre Manihot walkerae Croizat. p. 14.

Borrero, M., & Urrea, R. (2007). *Modulo poscosecha* . Bogotá : UNAD.

Castillo, P. S., & Sanchez, M. L. (1995). *Cinética de la degradación de la vitamina C en el jugo concentrado y congelado de maracuyá.* Sao Paulo, Brasil: Ingenieria en alimentos, Universidad de Campinas

Chirinos, R., Campos, D., Arbizu, C., Rogez, H., Rees, J.-F., Larondelle, Y., Zevallos, L. C. (2007). Effect of genotype, maturity stage and post-harvest storage on phenolic compunds, carotenoid content and antioxidant capacity, of Andean mashua tuber (Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavon). Lima, Perú: Journal of the Since of Food and Agriculture.

Cimpa s.a.s . (10 de 07 de 2013). *Insumos y tecnología para la industria alimentaria* . Obtenido de Ficha técnica Timsen : http://docplayer.es/13274552-Ficha-tecnica-timsen-descripcion.html

Clavijo, N., y Pérez, M. (2014). Tubérculos andinos y conocimiento agrícola local en comunidades rurales de Ecuador y Colombia. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 149-166.

Coles, R., McDowell, & Kirwan, M. (2004). *Manual del envasado de alimentos y bebidas.* España: MUNDI PRENSA.

Corporación PBA. (2010). *Rescate de la riqueza biológica en la zona andina.* Bogotá: COPYRIGHT.

Criollo, H. E., & Upegui, P. A. (2005). *Determinacion de la madurez fisiologica de semillas de Uvilla (Physalis Peruviana L).* Revista de ciencias agricolas Vol. XXII N° I.

DNP. (28 de marzo de 2016). Colombia bota 9,76 millones de toneladas de comida al año. Bogotá, Colombia, Colombia.

Echeverriarza, M. P. (2005). *Guía de uso de secadores solares para frutas, legumbres, hortalizas, plantas medicinales y carne.* . Paraguay : Fundación Celestina Pérez de Almada .

FAO. (13 de febrero de 2016). Manual de Practicas de manejo poscosecha hortofrutícolas. pág. 4/7.

FAO. (19 de 01 de 2017). *Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas* . Obtenido de ftp://ftp.fao.org/DOCREP/fao/006/y4893s/y4893s09.pdf

FAO. (1993). *Prevención de pérdidas de alimentos poscosecha: Frutas, hortalizas y tubérculos.* Obtenido de http://www.fao.org/docrep/T0073S/T0073S02.htm

FAO. (2014). Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas. Colombia: Deposito de documentos de la FAO.

Gepp, V. (2009). *Enfermedades en tuberculos.* Montevideo, Uruguay: pv. fagro, facultad de agronomia.

Gómez, E. P. (2010). *Tecnologia de productos de frutas hortalizas y azucares.* Perú: Instituto superior tecnologico Aparicio Pomares.

Gómez, I. (2014). *Universidad Nacional a distancia.* Obtenido de Lección 7 - manejo poscosecha, introducción a la Ingeniería de Alimentos: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/232017/EXE_232017/EXE%20232017/leccin_17_manejo_postcosecha.html.

Gutierrez, L. V., & Vaca, S. M. (2011). *EVALUACIÓN DEL USO DE RECUBRIMIENTOS LIPÍDICOS, POLIMÉRICOS Y REFRIGERACION PARA PROLONGAR LA VIDA UTIL DEL YACO (Smallantus sonchifolius).* Bogota: Universidad de la Salle, Ingenieria de Alimentos.

IBM. (2013). *IBM SPSS Advanced Statistics 22.* ftp://public.dhe.ibm.com/software/analytics/spss/documentation/statistics/22.0/es/client/Manuals/IBM_SPSS_Advanced_Statistics.pdf.

Icaza, S. V., & Zambrano, R. G. (2014). *Propuesta de aplicabilidad gastronomica azuaya usando tecnicas profesinales.* Cuenca, Ecuador: Universidad de cuenca.

ICBF. (2015). *Composición nutricional de los alimentos 2015.* Bogotá: Prosperidad para todos.

IDEAM . (23 de 07 de 2016). *StationReport* . Obtenido de http://www.ideam.gov.co/

IDEAM. (2009). *Características climatológicas de ciudades principales y municipios turísticos.* Bogotá.

Izquiero, J. E. (2013). *Estudio de factibilidad para la creacion de una empresa prodcutora y distribuidora de nectar de mashua embotellada ubicada en la ciudad de Quito.* Quito, Peru: Universidad politecnica Salesiana .

Jonathan, C. R., y Walter, V. T. (2010). *Medición de la respiración y transpiración en frutas y hortalizas.* España: Universidad Nacional del Santa.

Kitinoja, L., & Kader, A. A. (2003). Técnicas de Manejo poscosecha a pequeña escala: Manual para los productos Hortofrutícolas (4a Edición). En C. Pelayo, & D. Castillo, Postharvest technology UCDAVIs (G. L. Gavlez, Trad., Vol. 4, pág. 269). Davis, California: Universidad de California, Centro de investigación e información en Tecnologías Pos cosecha.

Klinge, K. M. (2012). Nociones del manejo Post Cosecha. Perù: Departamento de mejoramiento y recursos Geneticos, Centro internacional de la papa.

KURT, Klinge, Ph.D. Nociones del Manejo de Post-Cosecha. Depto. de Mejoramiento y Recursos Genéticos. Centro Internacional de la Papa. [en línea]: [Citado en 23 de noviembre de 2010]

Lauren, J. M., & Arguello, D. S. (2001). *Tecnologia pos cosecha de yuca fresca parafinada.* Costa Rica: Centro de investigacion agronomicas, Ministerio de agricultura y ganaderia.

López, C. (2014). *Optimización de sistemas de envasado con tolvas intermedias.* Barcelona: Escuela Técnica Superior.

Mafer. (23 de octubre de 2014). Tubérculos. Obtenido de El blog de la Cocina de Mafer: http://cocineramafer.weebly.com/blog/cocinera-mafer

Manalili, N. (2014). *Soluciones apropiadas para el envasado de alimentos en los paises en desarrollo.* Roma: Organizacion de las naciones unidad para la alimentacion y la agricultura.

Martinez, J. d. (2000). *Poscosehca en hortalizas.* Mexico: Facultad de Agronomia, UANL.

Ministerio de cultura y patrimonio. (2013). Mashua tubérculo de origen nativo, en los Andes. Patrimonio Alimentario fasiculo 2, 9 del ministerio del Perú.

Montes, J., y Arévalo, S. (2001). Determinación del calor de respiración de frutas por el método de titulación. *Revista Amazónica de Investigación,* 28-29.
MPacheco, T. S., & Vivas, R. d. (2006). *Relación entre la intensidad respiratoria y las propiedades fisicoquímicas del banano, tomate de árbol y mango.* Bogotá: Universidad de La Salle.
MUÑOZ (1985). José. Refrigeración y conservación de alimentos vegetales. En: Fundación Española de la Nutrición. Julio, 1985. Madrid.
Namesny, A. (1990). *El pre-enfriamiento.* España: Ministerio.
NTC. (28 de Julio de 2010). Buenas practicas agricolas para frutas, hierbas aromaticas culinarias y hortalizas, frescas. Cosecha y poscosecha. Bogotá, Colombia.
ODEPA. (2016). *Papa chilena.* Chile: Ministerio de agricultura.
Paredes, J. S. (2015). *Manejo poscosecha de frutas y hortalizas* . Perú : Universidad Nacional de la Amazonía Peruana .
Paredes, L. E., Wilson, L. L., Yuber, P. U., Flores, A. R., Vasquez, J. Q., & Izquierdo, R. P. (2011). Medicion de la respiracion y transpiracion. Mexico: Universidad Señor de Sipan.

Paz, E. M. (2005). *Guia de uso de secadores solares para frutas, legumbres, hortalizas, plantas medicinales y carnes.* UNESCO.
PBS. (26 de June de 2013). Tropaelum tuberosum. Obtenido de Pacific Bulb Society: http://www.pacificbulbsociety.org/pbswiki/index.php/Tropaeolum_tuberosum

Pino, C. M. (2007). *Descripción del desarrollo vegetativo y de las características físicas y químicas de los frutos de cuatro clones de arándano alto (Vaccinium corymbosum L.).* Chile: UACH.
Pinto, C. M. (2007). *Descripción del desarrollo vegetativo y de las características físicas y químicas de los frutos de cuatro clones de arándano alto (Vaccinium corymbosum L.).* Chile: Universidad Austral de Chile .
Pinzón, I. M., Fischer, G., & Corredor, G. (2007). Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa (Passiflora edulis Sims.). *Agronomía Colombiana* , 83-95.
Povea, I. (2015). *La función del envase en la conservación de alimentos.* Bogotá: ECOE ediciones.
Pozzo, S. (S.F). Conceptos Básicos de Vida Útil de los Alimentos. Universidad Nacional de Colombia.

Projar. (2016). *Abono mineral 15-15-15*. Obtenido de https://www.projar.es/productos/productos-hortofruticultura-jardineria/fertilizantes/abonos_minerales/abonos-compuestos/abono-mineral-15-15-15/
Raimondo, E., & Espejo, C. (2002). Envases para frutas y Hortalizas frescas. *Rev. FCA UNCuyo Tomo XXXIV N°1*.

Riera, G. N. (2010). *Elaboracion y valoracion nutricional de tres productos alternativos a base de mashua para escolares del proyecto runaKawasy.* Riobamba, Ecuador: Escuela superior politecnica de chimborazo.
Rojas, A. G., y Viera, J. A. (2014). Analisis instrumental de productos agricolas. Determinación de textura, Universidad del Santa, 27.

Salgado, T., & Martínez, R. (2006). *Relación entre la intensidad respiratoria y las propiedades fisicoquímicas del banano Var. Criollo, tomate de árbol Var. morada y mango Var. azúcar*. Bogotá: Universidad de La Salle.
Sánchez, M. (2004). *Procesos de conservación poscosecha de productos vegetales.* España: IRAGRA, S.A .
Seminis. (01 de 12 de 2016). *Índices de madurez para cosechar hortalizas.* Obtenido de http://www.seminis.mx/blog-indices-de-madurez-para-cosechar-hortalizas/
Spurgeon. (1976). Hidden Harvest: a systems approach to postharvest technology. Ottawa: international Development Research Center.

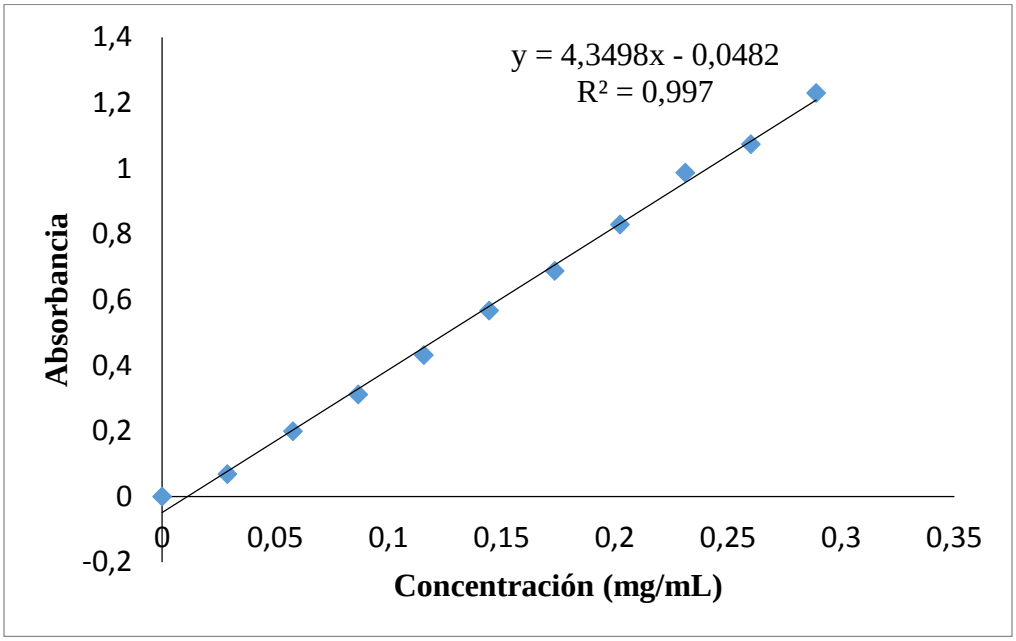
Suquilanda, M. V. (2007). *Produccion organica de cultivos andinos.* Ministerio de Agricultura, Ganaderia, Acuacultura y Pesca: FAO.
Teruel, B., Kieckbusch, T., & Cortez, L. (2003). Enfriamiento de frutas cítricas de diferentes dimensiones en un sistema con agua fría. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 70-75.
Torres, F. (S.F). Tecnología postcosecha de frutas, hortalizas y raíces., (pág. 28).
Torres, F. (S.F). Tecnología postcosecha de frutas, hortalizas y raíces., (pág. 28).
Torres, L., Montesdeoca, F., & Andrade, J. (2011). *Cosecha y poscosecha.* Quito, Ecuador: Instituto nacional autonomo de Investigacion agropecuarias.
UNAD . (2013). *Frutas y hortalizas* . Bogotá: Escuela de ciencias básicas tecnología e ingeniería.
UNAD. (2005). *Manejo poscosecha de productos perecederos agrícolas.* Colombia.
UNAD. (2013). *Frutas y hortalizas.* Bogotá: Escuela de ciencias básicas tecnología e ingeniería.
UNAL. (28 de 12 de 2015). *Agencia de noticias Universidad nacional*. Obtenido de http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/proyecto-de-la-un-mejoraria-calidad-nutricional-de-escolares.html
UNAP. Determinación del calor de respiración de frutas por el método de titulación. En: Revista Amazónica de Investigación Alimentaria. 2001. Vol. 2. p. 27-37.
Universidad Nacional del Nordeste. (23 de 01 de 2017). *Tecnología de la maduración*. Obtenido de
http://intranet.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/MADURACI%C3%93N%20de%20los%20FRUTOS.pdf
Universidad Nacional del Nordeste. (23 de 01 de 2017). *Tecnología de la maduración*. Obtenido de

http://intranet.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/MADURACI%C3%93N%20de%20los%20FRUTOS.pdf.
Universidad-Nacional. (22 de octubre de 2014). Agencia de noticias de la Universidad Nacional. Obtenido de http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/cubio-ibia-y-ruba-tuberculos-marginados-en-lista-de-la-fao.html

UPM. (S.F). *Planes de limpieza y desinfección.* España.
Zuluaga, G., y Cruz, M. P. (2014). Cubios, cubio (*Tropaelum tuberosum*). Colombia - Cundinamarca: Cemi - Centro de estudios médicos interculturales.

ANEXO 1

Curva de calibración para determinación de vitamina C



ANEXO 2

Seguimiento del protocolo para la realización de la curva de calibración y la muestra de cubio

Tubo	Unidad	Blanco	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Muestra
Reactivos para mezcla diazotada													
Nitroanilina 1% en HCl-CH_3COOH	mL	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Nitrito de sodio 0,1%	mL	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Etanol absoluto	mL	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
Reactivos para la curva													
Ácido oxálico 0,15%	µL	1000	900	800	700	600	500	400	300	200	100	0	0
Ácido ascórbico patrón 0,289 mg/mL	µL	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	0
Muestra diluida en oxálico al 0,15%	µL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1000
Tiempo de reposo (15 min)													
Hidróxido de sodio 10%	mL	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Agua destilada	mL	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
Tiempo de reposo (5 min) en oscuridad													
Concentración	mg/mL	0	0,0289	0,0578	0,0867	0,1156	0,1445	0,1734	0,2023	0,2312	0,2601	0,289	
Absorbancia 1		0	0,07	0,224	0,327	0,456	0,58	0,721	0,864	1,002	1,102	1,215	
Absorbancia 2		0	0,066	0,174	0,296	0,406	0,553	0,655	0,794	0,972	1,045	1,245	
Promedio		0	0,068	0,199	0,3115	0,431	0,5665	0,688	0,829	0,987	1,0735	1,23	
Desviación estándar		0	0,00283	0,03536	0,02192	0,03536	0,01909	0,04667	0,04950	0,02121	0,04031	0,02121	

ANEXO 3

Hoja de datos de seguridad Timsen

IDENTIFICACION
DESCRIPCION: 40% n-alquildimetilbencilamonioclorado-60% urea G.R.A.S.S.
SINONIMOS: Del I-A: cloruro de aralconio, cloruro de alquil 3,4 diclorobencilamonio
FORMULA:R-N (CH2-C6H5) –2CH3
APLICACIÓN: Directa, nebulización, aspersión, inmersión
USOS: Fungicida, Bactericida, Algicida

EFECTOS PARA LA SALUD Límites de exposición ocupacional
TWA:8 horas
STEL: 3200 ppm de acuerdo a estudio de irritación dermal en conejos (leve)
TECHO (C):
IPVS: No
Inhalación: No es una ruta de entrada
Ingestión:LD50=3675 mg/kg de peso
Piel: Es muy rara la irritación a concentraciones de trabajo, pero en personas muy sensibles puede ocurrir a 3200 ppm
Ojos: Contacto con 1600 ppm puede producir una irritación de la conjuntiva en conejos pero no opacidad de la córnea. No ha habido evidencia de exposiciones prolongadas en el hombre

PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación: No es una ruta de entrada
Ingestión: Tomar abundantes cantidades de leche
Piel: Lavar con abundante agua
RIESGOS DE INCENDIO Y/O EXPLOSION
PUNTO DE INFLAMACION (oC): 121 oC
TEMPERATURA DE AUTOIGNICION (oC): No aplica (N.A.)
PELIGROS DE INCENDIO Y/O EXPLOSION: No reconocida
PRODUCTOS DE LA COMBUSTION: gas carbónico y agua
PRECAUCIONES PARA EVITAR INCENDIO Y/O EXPLOSIÓN: manstener en un lugar fresco y seco, libre de posibles contaminaciones químicas externas.
PROCEDIMIENTOS EN CASO DE INCENDIO Y/O EXPLOSIÓN: Utilice extinto de tipo A, B, C.
AGENTES EXTINTORES DEL FUEGO: Utilice extintor de tipo A, B, C.
INCOMPATIBILIDADES: Con productos halogenados.

PROCEDIMIENTO EN CASO DE ESCAPE Y/O DERRAME
En caso de derrame por ser un producto sólido, recoger con una espátula o cuchara sin mayor protección en las manos. En caso de derrame cuando está en solución, secar con escurridor o trapero de ser necesario.

ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN
Almacene en un lugar fresco y seco. Manipule directamente sin mayor protección.

EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL/ CONTROL EXPOSICION
PROTECCION RESPIRATORIA: No requerida. Utilice tapabocas en el momento de realizar nebulizaciones ambientales, cubriendo desde el tabique hasta el mentón.
PROTECCION PARA LA PIEL: No requerida. Puede entrar en contacto con la piel. Produce irritación a concentraciones mayores de 3.200 ppm.
PROTECCION PARA OJOS: No requerida. Si cae en el ojo enjuague con abundante agua.
CONTROLES DE INGENIERÍA:

RESIDUALIDAD
En agua 3 días En suelo 4 días En ambiente 3 días

CLASIFICACION TOXICOLOGICA
Grado IV (levemente tóxico)

BIODEGRADABILIDAD
100% Se da por el consumo o desgaste de los iones catiónicos frente a los ánodos que se encuentran en presencia de

materia orgánica o en sustancias de esta naturaleza. Su desgaste lleva a que la molécula de ingrediente activo se integre al medio ambiente.

ALMACENAMIENTO Y MANEJO
Consérvese en un lugar seco fuera de la acción del sol y la humedad.

RESUMEN EJECUTIVO
- Clasificación toxicológica: IV (ligeramente tóxico). - No se absorbe a través de la piel. - No causa irritación. - No emanan vapores ni gases tóxicos. - No es inflamable. - No es cancerígeno. - Dosis media Letal: LD50 para el hombre: 3675 mg/kg de peso corporal en estado sólido. - Cantidad necesaria para intoxicarse (promedio colombiano) : Hombres: peso de 70 kilogramos, debe consumir 252 gramos de TIMSEN en estado sólido. Mujeres: peso de 50 kilos, debe consumir 180 gramos de TIMSEN en estado sólido. - Cantidad máxima aplicada en su planta por nebulización ambiental en solución: 25 gramos máximo. - En aplicaciones de desinfección ambiental, por ser una sustancia que no está en el ambiente puede producir molestias menores en garganta y nariz; lo cual se soluciona con el uso adecuado de tapabocas. - Ambientalmente seguro, 100 % biodegradable. - Posee registro INVIMA (v000649 R-1), ICA (1890), EPA (507-3), FDA (FR 12460).

GLOSARIO

TWA: Valor umbral límite. Promedio ponderado en tiempo.

Concentración promedio ponderado en tiempo para un día normal de trabajo de 8 horas a una semana de trabajo de 40 horas.

STEL: Valor umbral límite. Límite de exposiciones breves.

Concentración máxima a la cual pueden ser expuestos en forma continua los trabajadores durante un período no mayor de 15 minutos, sin sufrir irritaciones o narcosis. No pueden presentarse más de 4 periodos de exposición de 15 minutos al día y deben ser con intervalos no menores de 60 minuto entre ellos.

TLV-C: Valor umbral límite- Techo.

Concentración que no debe ser superada ni aún por un instante. Se establecen para sustancias de acción predominantemente rápida (irritaciones rápidas e intolerables) en las que no se puede aplicar un Valor Umbral Límite común.

IPVS: Inmediatamente peligroso a la vida y la salud.

Punto de inflamación: Temperatura mínima a la que el líquido, dentro de un recipiente experimental, desprende vapor a concentración suficiente para formar una mezcla inflamable con el aire próximo.

Temperatura de autoignición: Temperatura mínima a la que una sustancia no necesita de una fuente externa de ignición para el inicio del fuego.

ANEXO 4

Seguimiento de la intensidad respiratoria del cubio variedad blanca ojo morado

Seguimiento climaterio (IR)				
Dato	**fecha**	**Tiempo (h)**	**Cubio 1 (Ti=15°C)**	**Cubio 2 (Ti=14°C)**
			IR (mg CO_2 / kg * h)	**IR (mg CO_2 / kg * h)**
1	25/07/2016	2	23,11 ± 0,56	28,32 ± 0,54
2	25/07/2016	4	10,99 ± 1,37	14,73 ± 0,76
3	25/07/2016	6	8,32 ± 1,46	9,67 ± 1,16
4	25/07/2016	8	7,83 ± 1,23	9,02 ± 0,50
5	25/07/2016	10	3,40 ± 0,71	4,40 ± 0,61
6	25/07/2016	12	4,47 ± 1,12	4,41 ± 0,58
7	26/07/2016	32	0,14 ± 0,43	3,50 ± 0,13
8	27/07/2016	54	0,96 ± 0,18	0,95 ± 0,16
9	28/07/2016	78	28,55 ± 0,00	0,07 ± 0,05
10	29/07/2016	95	1,36 ± 1,18	1,50 ± 1,26
11	29/07/2016	99	1,39 ± 1,00	0,18 ± 0,71
12	29/07/2016	102	1,18 ± 2,76	2,55 ± 0,66

ANEXO 5

Seguimiento de la pérdida de peso

Pérdida de peso (%)				
Tiempo (Día)	**RP**	**RSE**	**AP**	**ASE**
0	0%	0%	0%	0%
5	4,97 % ± 3,69	4,24 % ± 1,42	1,42 % ± 0,23	6,07 % ± 1,63
8	9,32 % ± 11,27	4,43 % ± 1,56	1,44 % ± 0,24	6,46 % ± 1,86
15	4,59 % ± 1,28	7,39 % ± 4,56	2,67 % ± 0,81	6,48 % ± 1,94
19	1,04 % ± 0,16	0,72 % ± 0,54	1,50 % ± 0,79	0,76 % ± 0,43

ANEXO 6

Seguimiento del pH

pH				
Tiempo (Día)	**RP**	**RSE**	**AP**	**ASE**
0	6,17 ± 0,08	6,17 ± 0,08	6,17 ± 0,08	6,17 ± 0,08
5	6,19 ± 0,01	6,34 ± 0,01	5,98 ± 0,04	6,16 ± 0,01
8	6,52 ± 0,01	6,28 ± 0,01	6,66 ± 0,07	6,80 ± 0,08
15	7,38 ± 0,01	7,54 ± 0,02	7,07 ± 0,03	7,15 ± 0,07
19	7,33 ± 0,02	7,39 ± 0,11	7,17 ± 0,20	7,13 ± 0,14

ANEXO 7

Seguimiento de los ºBrix

°Brix				
Tiempo (Día)	**RP**	**RSE**	**AP**	**ASE**
0	6,50 ± 0,50	6,50 ± 0,50	6,50 ± 0,50	6,50 ± 0,50
7	6,83 ± 0,21	6,97 ± 0,15	6,30 ± 0,20	6,10 ± 0,10
10	2,90 ± 0,20	2,40 ± 0,10	6,37 ± 0,21	7,30 ± 0,20
17	6,00 ± 0,20	6,07 ± 0,15	6,13 ± 0,15	5,97 ± 0,15
21	5,90 ± 0,26	5,93 ± 0,47	6,10 ± 0,10	6,03 ± 0,12

ANEXO 8

Seguimiento de la textura

Textura (N)				
Tiempo (Día)	**RP**	**RSE**	**AP**	**ASE**
0	3,04 ± 0,21	3,04 ± 0,21	3,04 ± 0,21	3,04 ± 0,21
7	3,08 ± 0,32	2,40 ± 0,21	2,71 ± 0,23	3,01 ± 0,21
10	2,53 ± 0,42	2,93 ± 0,45	2,60 ± 0,40	2,87 ± 0,15
12	2,86 ± 0,53	3,11 ± 0,48	3,15 ± 0,43	3,08 ± 0,39
21	2,60 ± 0,37	3,39 ± 0,20	2,81 ± 0,25	2,86 ± 0,30
26	3,45 ± 0,50	2,61 ± 0,40	3,33 ± 0,48	3,39 ± 0,46

ANEXO 9

Seguimiento del comportamiento de la vitamina C

Vitamina C (mg vit C/100g muestra)				
Tiempo (Día)	**RSE**	**RP**	**ASE**	**AP**
7	31,34 ± 4,81	42,05 ± 0,22	28,71 ± 10,17	24,63 ± 7,65
10	51,88 ± 5,61	49,08 ± 2,26	51,62 ± 2,23	52,59 ± 3,55
12	45,27 ± 0,71	54,65 ± 2,14	24,53 ± 15,56	18,63 ± 6,62
21	42,03 ± 4,88	17,01 ± 0,76	74,19 ± 5,08	61,65 ± 2,11
26	28,72 ± 4,09	35,76 ± 1,81	51,76 ± 1,63	41,38 ± 1,42

ANEXO 10

Resultados de la evaluación estadística

Análisis univariado de varianza 05-APR-2017 11:09:32

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: TEXTURA

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.= p
Modelo corregido	5,746[a]	23	,250	2,165	,012
Intersección	609,600	1	609,600	5283,271	,000
TRATAMIENTO	,184	3	,061	,533	,662
DÍAS	2,138	5	,428	3,706	,006
TRATAMIENTO * DÍAS	3,424	15	,228	1,978	,038
Error	5,538	48	,115		
Total	620,884	72			
Total corregido	11,285	71			

a. R al cuadrado = ,509 (R al cuadrado ajustada = ,274)

TRATAMIENTO

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: TEXTURA

HSD Tukey

(I) TRATAMIENTO	(J) TRATAMIENTO	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	-,003945	,1132269	1,000	-,305284	,297394
	3	-,024287	,1132269	,996	-,325626	,277052
	4	-,124336	,1132269	,692	-,425675	,177003
2	1	,003945	,1132269	1,000	-,297394	,305284
	3	-,020341	,1132269	,998	-,321680	,280998
	4	-,120390	,1132269	,713	-,421729	,180949
3	1	,024287	,1132269	,996	-,277052	,325626
	2	,020341	,1132269	,998	-,280998	,321680
	4	-,100049	,1132269	,813	-,401388	,201290
4	1	,124336	,1132269	,692	-,177003	,425675
	2	,120390	,1132269	,713	-,180949	,421729
	3	,100049	,1132269	,813	-,201290	,401388

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = ,115.

Subconjuntos homogéneos

TEXTURA

HSD Tukey[a,b]

TRATAMIENTO	N	Subconjunto 1=A
1	18	2,871611
2	18	2,875556
3	18	2,895898
4	18	2,995947
Sig.		,692

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = ,115.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 18,000.
b. Alfa = ,05.

DÍAS

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: TEXTURA
HSD Tukey

(I) DÍAS	(J) DÍAS	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0	7	,168753	,1386741	,826	-,242817	,580323
	10	,136797	,1386741	,920	-,274773	,548367
	12	-,181288	,1386741	,780	-,592858	,230282
	21	-,047012	,1386741	,999	-,458582	,364558
	26	-,325926	,1386741	,195	-,737497	,085644
7	0	-,168753	,1386741	,826	-,580323	,242817
	10	-,031956	,1386741	1,000	-,443526	,379614
	12	-,350041	,1386741	,137	-,761611	,061529
	21	-,215765	,1386741	,631	-,627335	,195805
	26	-,494679*	,1386741	,010	-,906249	-,083109
10	0	-,136797	,1386741	,920	-,548367	,274773
	7	,031956	,1386741	1,000	-,379614	,443526
	12	-,318085	,1386741	,217	-,729655	,093485
	21	-,183809	,1386741	,770	-,595379	,227761
	26	-,462723*	,1386741	,019	-,874294	-,051153
12	0	,181288	,1386741	,780	-,230282	,592858
	7	,350041	,1386741	,137	-,061529	,761611
	10	,318085	,1386741	,217	-,093485	,729655
	21	,134276	,1386741	,926	-,277294	,545846
	26	-,144638	,1386741	,901	-,556208	,266932
21	0	,047012	,1386741	,999	-,364558	,458582
	7	,215765	,1386741	,631	-,195805	,627335
	10	,183809	,1386741	,770	-,227761	,595379
	12	-,134276	,1386741	,926	-,545846	,277294
	26	-,278914	,1386741	,351	-,690484	,132656
26	0	,325926	,1386741	,195	-,085644	,737497
	7	,494679*	,1386741	,010	,083109	,906249
	10	,462723*	,1386741	,019	,051153	,874294
	12	,144638	,1386741	,901	-,266932	,556208
	21	,278914	,1386741	,351	-,132656	,690484

Se basa en las medias observadas.
El término de error es la media cuadrática(Error) = ,115.
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

Subconjuntos homogéneos

TEXTURA

HSD Tukey[a,b]

DÍAS	N	Subconjunto	
		1=A	2=B
7	12	2,699554	
10	12	2,731510	
0	12	2,868307	2,868307
21	12	2,915319	2,915319

12	12	3,049595	3,049595
26	12		3,194233
Sig.		,137	,195

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = ,115.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 12,000.

b. Alfa = ,05.

Análisis univariado de varianza 05-APR-2017 11:11:45

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: VITAMINAC

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	15646,026[a]	23	680,262	21,481	,000
Intersección	113703,691	1	113703,691	3590,526	,000
TRATAMIENTO	360,133	3	120,044	3,791	,016
DÍAS	4440,188	5	888,038	28,042	,000
TRATAMIENTO * DÍAS	10845,704	15	723,047	22,832	,000
Error	1520,049	48	31,668		
Total	130869,766	72			
Total corregido	17166,075	71			

a. R al cuadrado = ,911 (R al cuadrado ajustada = ,869)

TRATAMIENTO

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: VITAMINAC

HSD Tukey

(I) TRATAMIENTO	(J) TRATAMIENTO	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	1,717556	1,8758020	,797	-3,274652	6,709763
	3	2,873167	1,8758020	,427	-2,119041	7,865374
	4	-3,063556	1,8758020	,370	-8,055763	1,928652
2	1	-1,717556	1,8758020	,797	-6,709763	3,274652
	3	1,155611	1,8758020	,926	-3,836596	6,147819
	4	-4,781111	1,8758020	,065	-9,773319	,211096
3	1	-2,873167	1,8758020	,427	-7,865374	2,119041
	2	-1,155611	1,8758020	,926	-6,147819	3,836596
	4	-5,936722*	1,8758020	,014	-10,928930	-,944515
4	1	3,063556	1,8758020	,370	-1,928652	8,055763
	2	4,781111	1,8758020	,065	-,211096	9,773319
	3	5,936722*	1,8758020	,014	,944515	10,928930

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 31,668.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

Subconjuntos homogéneos

VITAMINAC

HSD Tukey[a,b]

TRATAMIENTO	N	Subconjunto	
		1	2
3	18	37,248000	
2	18	38,403611	38,403611
1	18	40,121167	40,121167

4	18		43,184722
Sig.		,427	,065

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 31,668.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 18,000.

b. Alfa = ,05.

DÍAS

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: VITAMINAC

HSD Tukey

(I) DÍAS	(J) DÍAS	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0	7	4,617333	2,2973788	,352	-2,201045	11,435712
	10	-17,239167*	2,2973788	,000	-24,057545	-10,420788
	12	-1,618250	2,2973788	,981	-8,436629	5,200129
	21	-14,706917*	2,2973788	,000	-21,525295	-7,888538
	26	-5,323750	2,2973788	,207	-12,142129	1,494629
7	0	-4,617333	2,2973788	,352	-11,435712	2,201045
	10	-21,856500*	2,2973788	,000	-28,674879	-15,038121
	12	-6,235583	2,2973788	,091	-13,053962	,582795
	21	-19,324250*	2,2973788	,000	-26,142629	-12,505871
	26	-9,941083*	2,2973788	,001	-16,759462	-3,122705
10	0	17,239167*	2,2973788	,000	10,420788	24,057545
	7	21,856500*	2,2973788	,000	15,038121	28,674879
	12	15,620917*	2,2973788	,000	8,802538	22,439295
	21	2,532250	2,2973788	,878	-4,286129	9,350629
	26	11,915417*	2,2973788	,000	5,097038	18,733795
12	0	1,618250	2,2973788	,981	-5,200129	8,436629
	7	6,235583	2,2973788	,091	-,582795	13,053962
	10	-15,620917*	2,2973788	,000	-22,439295	-8,802538
	21	-13,088667*	2,2973788	,000	-19,907045	-6,270288
	26	-3,705500	2,2973788	,594	-10,523879	3,112879
21	0	14,706917*	2,2973788	,000	7,888538	21,525295
	7	19,324250*	2,2973788	,000	12,505871	26,142629
	10	-2,532250	2,2973788	,878	-9,350629	4,286129
	12	13,088667*	2,2973788	,000	6,270288	19,907045
	26	9,383167*	2,2973788	,002	2,564788	16,201545
26	0	5,323750	2,2973788	,207	-1,494629	12,142129
	7	9,941083*	2,2973788	,001	3,122705	16,759462
	10	-11,915417*	2,2973788	,000	-18,733795	-5,097038
	12	3,705500	2,2973788	,594	-3,112879	10,523879
	21	-9,383167*	2,2973788	,002	-16,201545	-2,564788

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 31,668.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

Subconjuntos homogéneos

VITAMINAC

HSD Tukey[a,b]

DÍAS	N	Subconjunto		
		1	2	3
7	12	29,410250		

0	12	34,027583	34,027583	
12	12	35,645833	35,645833	
26	12		39,351333	
21	12			48,734500
10	12			51,266750
Sig.		,091	,207	,878

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
Se basa en las medias observadas.
El término de error es la media cuadrática(Error) = 31,668.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 12,000.
b. Alfa = ,05.

Análisis univariado de varianza 05-APR-2017 11:14:39

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: PERDIDA PESO

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	556,922[a]	19	29,312	2,379	,010
Intersección	690,422	1	690,422	56,025	,000
TRATAMIENTO	86,464	3	28,821	2,339	,088
DÍAS	340,128	4	85,032	6,900	,000
TRATAMIENTO * DÍAS	130,330	12	10,861	,881	,572
Error	492,941	40	12,324		
Total	1740,286	60			
Total corregido	1049,863	59			

a. R al cuadrado = ,530 (R al cuadrado ajustada = ,307)

TRATAMIENTO

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: PERDIDAPESO

HSD Tukey

(I) TRATAMIENTO	(J) TRATAMIENTO	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	,992014	1,2818495	,866	-2,443880	4,427908
	3	3,194973	1,2818495	,076	-,240921	6,630867
	4	,650953	1,2818495	,957	-2,784941	4,086847
2	1	-,992014	1,2818495	,866	-4,427908	2,443880
	3	2,202959	1,2818495	,328	-1,232935	5,638853
	4	-,341061	1,2818495	,993	-3,776955	3,094833
3	1	-3,194973	1,2818495	,076	-6,630867	,240921
	2	-2,202959	1,2818495	,328	-5,638853	1,232935
	4	-2,544020	1,2818495	,211	-5,979915	,891874
4	1	-,650953	1,2818495	,957	-4,086847	2,784941
	2	,341061	1,2818495	,993	-3,094833	3,776955
	3	2,544020	1,2818495	,211	-,891874	5,979915

Se basa en las medias observadas.
El término de error es la media cuadrática(Error) = 12,324.

Subconjuntos homogéneos

PERDIDAPESO

HSD Tukey[a,b]

TRATAMIENTO	N	Subconjunto 1
3	15	1,406714
2	15	3,609674
4	15	3,950735
1	15	4,601688

Sig.		,076

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 12,324.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = ,05.

DÍAS

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: PERDIDAPESO

HSD Tukey

(I) DÍAS	(J) DÍAS	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0	7	-4,958989*	1,4331513	,011	-9,052200	-,865778
	10	-5,475750*	1,4331513	,004	-9,568961	-1,382539
	17	-5,500061*	1,4331513	,004	-9,593272	-1,406850
	21	-1,026213	1,4331513	,952	-5,119424	3,066998
7	0	4,958989*	1,4331513	,011	,865778	9,052200
	10	-,516761	1,4331513	,996	-4,609972	3,576450
	17	-,541071	1,4331513	,996	-4,634282	3,552139
	21	3,932777	1,4331513	,065	-,160434	8,025988
10	0	5,475750*	1,4331513	,004	1,382539	9,568961
	7	,516761	1,4331513	,996	-3,576450	4,609972
	17	-,024311	1,4331513	1,000	-4,117522	4,068900
	21	4,449537*	1,4331513	,027	,356327	8,542748
17	0	5,500061*	1,4331513	,004	1,406850	9,593272
	7	,541071	1,4331513	,996	-3,552139	4,634282
	10	,024311	1,4331513	1,000	-4,068900	4,117522
	21	4,473848*	1,4331513	,026	,380637	8,567059
21	0	1,026213	1,4331513	,952	-3,066998	5,119424
	7	-3,932777	1,4331513	,065	-8,025988	,160434
	10	-4,449537*	1,4331513	,027	-8,542748	-,356327
	17	-4,473848*	1,4331513	,026	-8,567059	-,380637

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 12,324.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

Subconjuntos homogéneos

PERDIDAPESO

HSD Tukey[a,b]

DÍAS	N	Subconjunto		
		1	2	3
0	12	,000000		
21	12	1,026213	1,026213	
7	12		4,958989	4,958989
10	12			5,475750
17	12			5,500061
Sig.		,952	,065	,996

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 12,324.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 12,000.
b. Alfa = ,05.

Análisis univariado de varianza 05-APR-2017 11:14:54

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: pH

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	15,972[a]	19	,841	168,243	,000
Intersección	2687,427	1	2687,427	537843,946	,000
TRATAMIENTO	,151	3	,050	10,099	,000
DÍAS	14,765	4	3,691	738,730	,000
TRATAMIENTO * DÍAS	1,056	12	,088	17,618	,000
Error	,200	40	,005		
Total	2703,599	60			
Total corregido	16,172	59			

a. R al cuadrado = ,988 (R al cuadrado ajustada = ,982)

TRATAMIENTO

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: pH

HSD Tukey

(I) TRATAMIENTO	(J) TRATAMIENTO	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	-,024667	,0258113	,775	-,093852	,044518
	3	,108667*	,0258113	,001	,039482	,177852
	4	,034000	,0258113	,558	-,035185	,103185
2	1	,024667	,0258113	,775	-,044518	,093852
	3	,133333*	,0258113	,000	,064148	,202518
	4	,058667	,0258113	,122	-,010518	,127852
3	1	-,108667*	,0258113	,001	-,177852	-,039482
	2	-,133333*	,0258113	,000	-,202518	-,064148
	4	-,074667*	,0258113	,030	-,143852	-,005482
4	1	-,034000	,0258113	,558	-,103185	,035185
	2	-,058667	,0258113	,122	-,127852	,010518
	3	,074667*	,0258113	,030	,005482	,143852

Se basa en las medias observadas.
El término de error es la media cuadrática(Error) = ,005.
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

Subconjuntos homogéneos

pH

HSD Tukey[a,b]

TRATAMIENTO	N	Subconjunto	
		1	2
3	15	6,613400	
4	15		6,688067
1	15		6,722067
2	15		6,746733

Sig.		1,000	,122

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = ,005.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = ,05.

DÍAS

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: pH

HSD Tukey

(I) DÍAS	(J) DÍAS	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0	7	,007000	,0288579	,999	-,075421	,089421
	10	-,391333*	,0288579	,000	-,473754	-,308913
	17	-1,113000*	,0288579	,000	-1,195421	-1,030579
	21	-1,080500*	,0288579	,000	-1,162921	-,998079
7	0	-,007000	,0288579	,999	-,089421	,075421
	10	-,398333*	,0288579	,000	-,480754	-,315913
	17	-1,120000*	,0288579	,000	-1,202421	-1,037579
	21	-1,087500*	,0288579	,000	-1,169921	-1,005079
10	0	,391333*	,0288579	,000	,308913	,473754
	7	,398333*	,0288579	,000	,315913	,480754
	17	-,721667*	,0288579	,000	-,804087	-,639246
	21	-,689167*	,0288579	,000	-,771587	-,606746
17	0	1,113000*	,0288579	,000	1,030579	1,195421
	7	1,120000*	,0288579	,000	1,037579	1,202421
	10	,721667*	,0288579	,000	,639246	,804087
	21	,032500	,0288579	,792	-,049921	,114921
21	0	1,080500*	,0288579	,000	,998079	1,162921
	7	1,087500*	,0288579	,000	1,005079	1,169921
	10	,689167*	,0288579	,000	,606746	,771587
	17	-,032500	,0288579	,792	-,114921	,049921

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = ,005.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

Subconjuntos homogéneos

pH

HSD Tukey[a,b]

DÍAS	N	Subconjunto		
		1	2	3
7	12	6,170000		
0	12	6,177000		
10	12		6,568333	
21	12			7,257500
17	12			7,290000
Sig.		,999	1,000	,792

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = ,005.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 12,000.

b. Alfa = ,05

Análisis univariado de varianza 05-APR-2017 11:15:24

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: BRIX

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	81,443[a]	19	4,286	126,694	,000
Intersección	2134,874	1	2134,874	63099,709	,000
TRATAMIENTO	8,090	3	2,697	79,703	,000
DÍAS	25,579	4	6,395	189,007	,000
TRATAMIENTO * DÍAS	47,774	12	3,981	117,671	,000
Error	1,353	40	,034		
Total	2217,670	60			
Total corregido	82,796	59			

a. R al cuadrado = ,984 (R al cuadrado ajustada = ,976)

TRATAMIENTO

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: BRIX

HSD Tukey

(I) TRATAMIENTO	(J) TRATAMIENTO	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	,053333	,0671648	,857	-,126697	,233363
	3	-,653333*	,0671648	,000	-,833363	-,473303
	4	-,753333*	,0671648	,000	-,933363	-,573303
2	1	-,053333	,0671648	,857	-,233363	,126697
	3	-,706667*	,0671648	,000	-,886697	-,526637
	4	-,806667*	,0671648	,000	-,986697	-,626637
3	1	,653333*	,0671648	,000	,473303	,833363
	2	,706667*	,0671648	,000	,526637	,886697
	4	-,100000	,0671648	,454	-,280030	,080030
4	1	,753333*	,0671648	,000	,573303	,933363
	2	,806667*	,0671648	,000	,626637	,986697
	3	,100000	,0671648	,454	-,080030	,280030

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = ,034.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

Subconjuntos homogéneos

BRIX

HSD Tukey[a,b]

TRATAMIENTO	N	Subconjunto	
		1	2
2	15	5,573333	
1	15	5,626667	
3	15		6,280000
4	15		6,380000
Sig.		,857	,454

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = ,034.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

b. Alfa = ,05.

DÍAS

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: BRIX

HSD Tukey

(I) DÍAS	(J) DÍAS	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0	7	-,050000	,0750925	,963	-,264471	,164471
	10	1,758333*	,0750925	,000	1,543862	1,972804
	17	,458333*	,0750925	,000	,243862	,672804
	21	,508333*	,0750925	,000	,293862	,722804
7	0	,050000	,0750925	,963	-,164471	,264471
	10	1,808333*	,0750925	,000	1,593862	2,022804
	17	,508333*	,0750925	,000	,293862	,722804
	21	,558333*	,0750925	,000	,343862	,772804
10	0	-1,758333*	,0750925	,000	-1,972804	-1,543862
	7	-1,808333*	,0750925	,000	-2,022804	-1,593862
	17	-1,300000*	,0750925	,000	-1,514471	-1,085529
	21	-1,250000*	,0750925	,000	-1,464471	-1,035529
17	0	-,458333*	,0750925	,000	-,672804	-,243862
	7	-,508333*	,0750925	,000	-,722804	-,293862
	10	1,300000*	,0750925	,000	1,085529	1,514471
	21	,050000	,0750925	,963	-,164471	,264471
21	0	-,508333*	,0750925	,000	-,722804	-,293862
	7	-,558333*	,0750925	,000	-,772804	-,343862
	10	1,250000*	,0750925	,000	1,035529	1,464471
	17	-,050000	,0750925	,963	-,264471	,164471

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = ,034.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

Subconjuntos homogéneos

BRIX

HSD Tukey[a,b]

DÍAS	N	Subconjunto		
		1	2	3
10	12	4,741667		
21	12		5,991667	
17	12		6,041667	
0	12			6,500000
7	12			6,550000
Sig.		1,000	,963	,963

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = ,034.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 12,000.

b. Alfa = ,05.

Análisis univariado de varianza 05-APR-2017 11:15:38

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: RESPIRACIÓN

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1702,856[a]	19	89,624	128,035	,000
Intersección	1067,416	1	1067,416	1524,882	,000
TRATAMIENTO	6,648	3	2,216	3,166	,035
DÍAS	1688,837	4	422,209	603,157	,000
TRATAMIENTO * DÍAS	7,371	12	,614	,877	,575
Error	28,000	40	,700		
Total	2798,271	60			
Total corregido	1730,856	59			

a. R al cuadrado = ,984 (R al cuadrado ajustada = ,976)

TRATAMIENTO

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: RESPIRACIÓN

HSD Tukey

(I) TRATAMIENTO	(J) TRATAMIENTO	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	-,146333	,3055048	,963	-,965214	,672548
	3	-,161533	,3055048	,952	-,980414	,657348
	4	,652200	,3055048	,160	-,166681	1,471081
2	1	,146333	,3055048	,963	-,672548	,965214
	3	-,015200	,3055048	1,000	-,834081	,803681
	4	,798533	,3055048	,058	-,020348	1,617414
3	1	,161533	,3055048	,952	-,657348	,980414
	2	,015200	,3055048	1,000	-,803681	,834081
	4	,813733	,3055048	,052	-,005148	1,632614
4	1	-,652200	,3055048	,160	-1,471081	,166681
	2	-,798533	,3055048	,058	-1,617414	,020348
	3	-,813733	,3055048	,052	-1,632614	,005148

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = ,700.

Subconjuntos homogéneos

RESPIRACIÓN

HSD Tukey[a,b]

TRATAMIENTO	N	Subconjunto 1
4	15	3,651733
1	15	4,303933
2	15	4,450267
3	15	4,465467
Sig.		,052

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
Se basa en las medias observadas.
El término de error es la media cuadrática(Error) = ,700.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.
b. Alfa = ,05.

DÍAS

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: RESPIRACIÓN
HSD Tukey

(I) DÍAS	(J) DÍAS	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0	7	11,866333*	,3415647	,000	10,890793	12,841873
	10	13,073500*	,3415647	,000	12,097960	14,049040
	17	13,547417*	,3415647	,000	12,571877	14,522957
	21	14,065167*	,3415647	,000	13,089627	15,040707
7	0	-11,866333*	,3415647	,000	-12,841873	-10,890793
	10	1,207167*	,3415647	,009	,231627	2,182707
	17	1,681083*	,3415647	,000	,705543	2,656623
	21	2,198833*	,3415647	,000	1,223293	3,174373
10	0	-13,073500*	,3415647	,000	-14,049040	-12,097960
	7	-1,207167*	,3415647	,009	-2,182707	-,231627
	17	,473917	,3415647	,639	-,501623	1,449457
	21	,991667*	,3415647	,045	,016127	1,967207
17	0	-13,547417*	,3415647	,000	-14,522957	-12,571877
	7	-1,681083*	,3415647	,000	-2,656623	-,705543
	10	-,473917	,3415647	,639	-1,449457	,501623
	21	,517750	,3415647	,559	-,457790	1,493290
21	0	-14,065167*	,3415647	,000	-15,040707	-13,089627
	7	-2,198833*	,3415647	,000	-3,174373	-1,223293
	10	-,991667*	,3415647	,045	-1,967207	-,016127
	17	-,517750	,3415647	,559	-1,493290	,457790

Se basa en las medias observadas.
El término de error es la media cuadrática(Error) = ,700.
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

Subconjuntos homogéneos

RESPIRACIÓN

HSD Tukey[a,b]

DÍAS	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
21	12	,663167			
17	12	1,180917	1,180917		
10	12		1,654833		
7	12			2,862000	
0	12				14,728333

Sig.		,559	,639	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
Se basa en las medias observadas.
El término de error es la media cuadrática(Error) = ,700.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 12,000.
b. Alfa = ,05.