

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

## FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS



## TESIS

EFFECTO DE DOS TIPOS DE EMPAQUE Y TRES TEMPERATURAS EN LA  
CONSERVACIÓN DE LA CALIDAD Y VIDA ÚTIL DE DOS CULTIVARES DE  
ARRACACHA (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft)

Presentado por:

**NELY YESENIA VÁSQUEZ HERNÁNDEZ.**

Asesor:

Dr. Juan Francisco Seminario Cunya

Cajamarca – Perú

2017

## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo lo dedico a mis queridos padres, Antero Vásquez Ventura y Marlene Hernández Rojas, por su amor, trabajo y su sacrificio en todos estos años, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; todos mis logros se los debo a ustedes que me formaron con reglas y algunas libertades, pero motivándome constantemente para alcanzar mis anhelos.*

*A mi hermana Laura Maydelith y a mis hermanos, Jhonatan Edwar y Ghino Franco, por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año de mi carrera profesional.*

## *AGRADECIMIENTO*

*Primero y como más importante agradezco a Dios por bendecirme y guiarme a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida lleno de felicidad de aprendizajes y experiencias.*

*Agradezco al asesor de mi tesis, Dr. Juan Francisco Seminario Cunya, por su esfuerzo y dedicación, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia y su motivación han sido fundamentales para mi formación. Él ha inculcado en mí un sentido de seriedad, responsabilidad y rigor académico.*

*Al Técnico Teófilo Fernández de Industrias Alimentarias, por haberme facilitado las evaluaciones de dicha investigación, a Miguel Torres por su apoyo en la identificación de patógenos, a Humberto Valdéz por su apoyo en la parte estadística, a Carlos Herrera, Magaly Muñoz y Persy Roncal por su apoyo en las diferentes actividades realizadas durante la presente investigación.*

## ÍNDICE

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
<i>DEDICATORIA</i> .....	<i>ii</i>
<i>AGRADECIMIENTOS</i> .....	<i>iii</i>
<i>RESUMEN</i> .....	<i>vi</i>
<i>ABSTRACT</i> .....	<i>vii</i>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>8</b>
INTRODUCCIÓN .....	8
OBJETIVOS .....	10
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>11</b>
REVISIÓN DE LITERATURA.....	11
2.1. Antecedentes de la investigación .....	11
2.2. Bases teóricas .....	13
2.2.1. Composición química y nutricional de la arracacha.....	13
2.2.2. Variedades de arracacha.....	15
2.2.3. Momento óptimo para la cosecha.....	17
2.2.3.1. Presión de vapor de agua .....	17
2.2.3.2. Condiciones climáticas.....	18
2.2.3.3. Duración del día e intensidad de luz .....	18
2.2.3.2. Control fitosanitario.....	18
2.2.4. Poscosecha .....	18
2.2.4.1. Pérdidas producidas por daños poscosechas .....	19
2.2.4.2. Calidad y deterioro poscosecha .....	20
2.2.4.2.1. Deterioro fisiológico.....	21
2.2.4.2.2. Deterioro patológico .....	25
2.2.4.2.3. Deterioro físico .....	25
2.3. Conservación de productos frescos.....	26
2.4. Definición de términos básicos .....	27
2.4.1. Calidad.....	27
2.4.2. Vida útil .....	28
2.4.3. Conservación.....	29

2.4.4. Perecible .....	29
2.4.5. Empaque .....	30
2.4.6. Potencial de hidrógeno (pH) .....	31
2.4.7. Sólidos solubles (°Brix) .....	31
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>32</b>
MATERIALES Y MÉTODO .....	32
3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación .....	32
3.2. Materiales .....	32
3.3. Metodología .....	33
3.3.1. Trabajo de laboratorio .....	33
3.3.2. Evaluaciones realizadas .....	37
a. Pérdida de peso .....	37
b. Sólidos solubles (°Brix) .....	37
c. Potencial de hidrógeno (pH) .....	37
d. Presencia de patógenos .....	38
e. Daños fisiológicos .....	38
f. Vida útil (días) .....	39
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>42</b>
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	42
4.1. Pérdida de peso .....	42
4.2. Sólidos solubles (°Brix) .....	47
4.3. Potencial de hidrógeno (pH) .....	52
4.4. Daños de patógenos .....	55
4.5. Daños fisiológicos .....	57
4.2. Vida útil .....	60
<b>CAPÍTULO V</b> .....	<b>66</b>
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	66
5.1. Conclusiones .....	66
5.2. Recomendaciones .....	67
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>68</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>73</b>

## RESUMEN

La arracacha una vez cosechada es altamente perecible y necesita cuidados especiales para alargar su vida en estado consumible. Esta rápida perecibilidad, limita la compra y el consumo en estado fresco, ya que solo puede ser consumida después de una semana como máximo. La presente investigación se desarrolló en el Programa de Raíces y Tubérculos Andinos de la UNC, con el objetivo de determinar el efecto de dos tipos de empaque (bolsa de plástico de polietileno de baja densidad transparente y negra) y tres temperaturas (4 °C, 7 °C y 19 °C), en la conservación de la calidad y vida útil de los cultivares de arracacha blanca y amarilla. Es decir, se probaron seis tratamientos (dos tipos de empaque x tres temperaturas) para cada cultivar, con diseño de bloques completos al azar, en disposición factorial, con tres repeticiones cada uno. Las arracachas amarilla y blanca se comportaron de diferente manera, frente a los factores en estudio. La bolsa transparente a 4°C, conservó mejor la calidad y vida útil de ambos cultivares. Estos dos factores permitieron reducir la pérdida de peso y mejorar su apariencia por 31 días en arracacha amarilla y 21 días en arracacha blanca. Los cambios más importantes durante el proceso de deterioro del producto fueron la aparición de manchas en la superficie, cambio de color y pérdida de peso, con mayor incidencia en las arracachas blancas.

**Palabras clave:** Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft), empaques, calidad, vida útil.

## ABSTRACT

The harracacha once harvested is highly perishable and needs special care to extend its life in consumable condition. This rapid perishability, limits the purchase and consumption in a fresh state, since it can only be consumed after a week at most. The present research was developed in the Andean Roots and Tubers Program of the UNC, with the objective of determining the effect of two types of packaging (transparent and black low density polyethylene plastic bag) and three temperatures (4 ° C, 7 ° C and 19 ° C), in the conservation of the quality and useful life of the cultivars of white and yellow arracacha. That is, six treatments (two types of packaging x three temperatures) were tested for each cultivar, with a randomized complete block design, in factorial arrangement, with three replicates each. The yellow and white arracachas behaved differently, compared to the factors under study. The transparent bag at 4 ° C preserved the quality and shelf life of both cultivars. These two factors allowed to reduce weight loss and improve their appearance for 31 days in yellow arracacha and 21 days in white arracacha. The most important changes during the process of deterioration of the product were the appearance of spots on the surface, color change and loss of weight, with higher incidence in the white arracachas.

**Key Words:** Arracacha (*Arracacia xanthorriza* Bancroft), packaging, quality, useful life.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) es una raíz tuberosa originaria de los Andes (Tapia 1992), que contiene principalmente almidón y es rica en calcio, fósforo, magnesio y vitamina A. Es un alimento reconocido por ser de fácil digestibilidad y de alto valor nutricional en la dieta. Es importante por sus características culinarias y porque se siembra y se cosecha todo el año, su producción, por lo general, se hace sin fertilizantes ni pesticidas y es de poca inversión (Seminario 1999).

En Perú se encuentra cultivada desde los 1500 hasta los 3200 msnm, generalmente aprovechando la humedad de las lluvias en lugares donde la precipitación es muy variable. Los dos centros de mayor diversidad se encuentran en la sierra norte (Cajamarca) y en la sur oriental (Cuzco) (Tapia y Fries 2007).

Una de las mayores limitaciones para aumentar el consumo de arracacha en la alimentación humana es la dificultad de conservar las raíces después que se cosechan. Estas se deterioran rápidamente, volviéndose inaceptables para el consumo humano (Wheatley y Fernández 1983).

En la mayoría de las zonas productoras de arracacha del Perú, es cultivada por agricultores que, por lo general, reducen los riesgos de deterioración mediante la cosecha progresiva y escalonada, según la demanda del mercado o las necesidades de autoconsumo (Wheatley y Fernández 1983). De esta especie se cultivan principalmente tres morfotipos, identificados por el color amarillo, blanco y morado de la pulpa de sus raíces. Sin embargo, el primero se cultiva principalmente para el mercado, por ser más resistente a la manipulación y el transporte, en cambio los dos últimos son más importantes para el autoconsumo, por ser menos resistentes, pero a su vez, de mejor sabor.

Las raíces tradicionalmente se consumen cocidas o preparadas en sopas, cremas o purés. En algunos países como Brasil se encuentran productos elaborados como: purés deshidratados, chips, sopas instantáneas, harinas, hojuelas y trozos precocidos congelados para exportación (Rainoso 2001). En Perú se prepara el dulce llamado “rallado de arracacha” y también se consume sancochada, frita, en tortilla, caldo verde, con cuy y como puré (Seminario y Coronel 2004)

Es muy débil la información sobre la conservación de arracacha y sobre los factores principales que determinan el tiempo de vida útil, como el cultivar, la temperatura y el empaque o cubierta. Bajo estos antecedentes, la presente investigación tuvo como objetivo determinar el efecto de dos tipos de empaque y tres temperaturas en la conservación de la calidad y vida útil de dos principales cultivares de arracacha (amarilla y blanca, cultivadas en forma comercial en la zona productora del distrito Sorochuco - provincia de Celendín). La información generada en la investigación incrementa el conocimiento sobre las posibilidades de aumentar el nivel de vida útil de esta raíz, conservando su calidad.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

- Determinar el efecto de dos tipos de empaque (bolsa de plástico de polietileno de baja densidad transparente y negra) y tres temperaturas 4 °C, 7 °C y 19 °C, en la conservación de la calidad y vida útil de dos cultivares de arracacha.

### **Objetivos específicos**

- Determinar el efecto de tres temperaturas 4 °C, 7 °C y 19 °C, de conservación en la calidad y vida útil de la arracacha.
- Determinar el efecto de dos tipos de empaque (bolsa de plástico de polietileno de baja densidad transparente y negra) en la calidad y vida útil de la arracacha.
- Evaluar la interacción de dos tipos de empaque (bolsa de plástico de polietileno de baja densidad transparente y negra) y tres temperaturas 4 °C, 7 °C y 19 °C, para cada cultivar en la vida útil de la arracacha.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes de la investigación.

Según García y Pacheco (2007), el almacenamiento en refrigeración ejerce un mejor control de la perecibilidad de raíces de arracacha. Los autores antes mencionados determinaron el tiempo de vida útil comercial de los dos morfotipos de arracacha. Previamente realizaron una selección para obtener un material sano y homogéneo, luego fue lavado, desinfectado con una solución de jabón comercial al 1 %, y secado con ventilación forzada de aire fresco. Las muestras se almacenaron a 28 °C y 60 % de HR y la segunda condición de ensayo se almacenó a la temperatura de 10 °C y 85 % HR.

Los resultados (Tabla 1) demostraron que las raíces almacenadas a temperatura de 10 °C no mostraron síntomas de susceptibilidad al frío. Sin embargo, ante la alta HR de 85 % mostraron pérdidas diarias y constante de peso, hasta el final del periodo de almacenamiento de 2,75 g agua/100 g en arracacha blanca y de 3,53 g agua /100 g en el morfotipo amarillo, siendo mayores las mermas a 28 °C (6,67 g agua /100 g), donde la humedad relativa fue de 60 %.

**Tabla 1.** Pérdida de peso diaria promedio (g /100 g) de los morfotipos de arracacha amarilla y blanca almacenados a la temperatura de 10 °C y 85 % HR y 28 °C y 60 % HR.

Morfotipo	Condiciones de Almacenamiento	Pérdida de Peso (g/100g)		
		3 días	5 días	Pérdida diaria
Blanca	10°C y 85% HR	5,88	13,73	2,75
Amarilla		13,20	17,65	3,53
Blanca	28°C y 60 %HR	20,01	-	6,67
Amarilla		20,03	-	6,67

Fuente: García y Pacheco (2007).

De acuerdo a estos resultados García y Pacheco (2007) concluyen en que, bajo las condiciones del experimento, el mantenimiento de las características físicas visibles asociadas a la pérdida de peso y la frescura del material por un tiempo máximo de cinco días, a la temperatura de 10 °C con 85 %HR y de tres días a la temperatura de 28 °C con 60 % HR.

Hermann (1997) dice que la vida útil de la arracacha blanca a 25 °C es generalmente de una semana, entre las principales causas de deterioro está la pérdida rápida de peso y posteriormente la pudrición de la raíz. En un estudio que realizó reporta que a 18.5 °C y humedad relativa de 69 %, se producen pérdidas de 10,6 % en peso en siete días. Una alternativa para alargar la vida de arracacha blanca, es el almacenamiento a baja temperatura.

Wheatley y Fernández (1983) estudiaron el almacenamiento de raíces de yuca en refrigeración. Estas se almacenaron en un cuarto a 0 °C a 2 °C y entre 80 % a 90 % de humedad relativa. Las bajas temperaturas inhibieron los procesos enzimáticos responsables de la deterioración fisiológica lo cual permite conservar las raíces en buen estado, aproximadamente, de dos a tres días. Los autores recomiendan, además que, para obtener resultados satisfactorios, el almacenamiento se debe hacer inmediatamente después de la cosecha

Se almacenaron las raíces de yuca en bolsas plásticas y en bolsas de papel con revestimiento de polietileno, las cuales fueron bien selladas para obtener condiciones adecuadas. Los resultados indicaron que no hay diferencia entre los dos tipos de bolsa, pero la bolsa de polietileno sencilla (polietileno de baja densidad) es la mejor. Mediante esta técnica se puede almacenar 1.20 kg de raíces de yuca por una semana, con pérdidas mínimas (Wheatley y Fernández 1983).

Hardenburg *et al.* (1988) indican que se ha demostrado mediante estudios que las raíces de la yuca o mandioca se pueden mantener bien a temperaturas de entre 0 °C y 5 °C, con una humedad relativa de 85 % a 90 %. También menciona que el empacado en bolsas de polietileno es muy útil para conservar estas raíces frescas a temperatura ambiente.

Delgado (1978) investigó el efecto del almacenamiento de la yuca en bolsas de polietileno negro, de diferentes tamaños, se hicieron tres tratamientos de almacenaje de raíces maduras. Se colocaron las raíces en bolsas de polietileno negro de 4 kg, 8 kg y 12 kg de capacidad a temperatura ambiente de 30 °C, las bolsas fueron perforadas para permitir aireación y cerradas por la parte superior. Según este método determinó que es posible disminuir en raíces el rayado marrón y evitar el exceso de humedad por la transpiración de las raíces dentro de las bolsas perforadas. Fue preferible almacenar raíces de yuca en bolsas de polietileno negro perforadas de 12 kg de capacidad, porque resultan más económicas.

## **2.2. Bases teóricas.**

### **2.2.1. Composición química y nutricional de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft).**

La arracacha es un alimento esencialmente energético, pues en su composición centesimal, se destacan los carbohidratos en relación a los demás nutrientes (almidón + azúcares totales) y considerables minerales como en calcio, fósforo, fierro, además de constituir buena fuente de vitamina A y niacina (Amaya y Julca 2006).

INIA (2008) señala que la arracacha es de alto valor nutritivo porque presenta alto contenido de carbohidratos de fácil digestibilidad, muy apropiado para personas con problemas gastrointestinales; además posee pro vitamina A (importante para la visión), calcio (importante para la formación de huesos y dientes) y fósforo. Es apropiada para niños lactantes, especialmente cuando empiezan a ingerir alimento sólido. Durante la gestación, es importante que las madres consuman arracacha porque posee alto contenido de hierro.

**Tabla 2.** Composición química aproximada de la arracacha.

COMPONENTES	g/100 g de materia fresca		
	PROMEDIO	RANGO DE VARIACIÓN	
Humedad	74.00	64.12	81.37
Sólidos Totales	26.00	16.83	34.14
Carbohidratos	24.91	19.25	29.87
Proteínas	0.93	0.60	1.85
Lípidos	0.26	0.19	0.35
Cenizas	1.30	1.05	1.38
Fibra	0.82	0.60	1.24
Almidón	23.51	16.91	25.49
Azúcares Totales	1.66	0.65	1.98
Calorías	104	96.00	126.00

Fuente: Santos, F dos (s.f.).

**Tabla 3.** Valores aproximados de los principales minerales presentes en la arracacha.

MINERALES	mg/100 g de materia fresca		
	PROMEDIO	RANGO DE VARIACIÓN	
Calcio	65.25	45.10	127.62
Hierro	9.51	3.60	15.41
Fósforo	55.00	32.50	158.71
Potasio	2.40	1.86	3.04
Magnesio	64.12	55.00	97.64

Fuente: Tapia (1990); Cámara (1984); EUA (1984); Franco (1982), citado por Santos, F dos (s.f.).

**Tabla 4.** Valores aproximados de las principales vitaminas presentes en algunos clones de arracacha.

VITAMINA	mg/100 g de materia fresca		
	PROMEDIO	RANGO DE VARIACIÓN	
Ac. Ascórbico	23.00	18.26	28.40
Vitamina A*	1759.87	254.75	6878.53
Tiamina	0.08	0.02	0.12
Riboflavina	0.04	0.01	0.09
Niacina	3.45	1.00	4.50
Piridoxina	0.03	0.01	0.07

\*Vitamina: U.I. (Unidades Internacionales)

Fuentes: Santos y Pereyra (1994); Tapia (1990); EUA (1984); Franco (1982), citado por Santos, F dos (s.f.).

### 2.2.2. Variedades de arracacha.

En el país se encuentran tres formas hortícolas principales, la diferencia radica en el color de la superficie o pulpa de las raíces siendo estas blanca, amarilla y morada (UNALM s.f.).

Salas *et al.* (s.f.) dice que la diversidad de cultivares de arracacha sembrados en la zona de Cajamarca es amplia. El número de cultivares varía también con el tiempo. Los agricultores manifiestan que existen variedades que se muestran cansados y que tienen que reemplazarlos por otros. Continuamente se introducen nuevos cultivares, de diferente procedencia. Los agricultores reconocen cultivares antiguos y nuevos. En un muestreo realizado en 10 caseríos y 22 agricultores, se describieron, en una primera aproximación un total de 24 grupos o posibles cultivares más frecuentes fueron: negra con dos variantes, blanca con tres variantes, amarilla con tres variantes, chaucha con cinco variantes, uva o ceniza con tres variantes, y astona, cuñanquina, uñigana, mestiza y morada (con una variante cada una).

Seminario y Coronel (2004) en la comunidad de Mollebamba (Huambos, Cajamarca), registraron cinco cultivares: “amarilla”, “blanca”, “pata de pavo”, “morada”, y chigripaña”, estos nombres hacen referencia al color de la pulpa de la raíz, al color del follaje y lugar de procedencia. Referencias semejantes registró Seminario (2000) en otras localidades del norte peruano. Además del nombre, 12 características más son utilizadas por los campesinos para describir los cultivares; de los cuales, tres se refieren a aspectos morfológicos (hoja, tallo = peciolo y fruto =raíz) y el resto a procedencia, antigüedad, cosecha, calidad culinaria y comercialización.

De los cinco cultivares registrados, tres pertenecen a la forma hortícola blanca, uno a la forma hortícola amarilla y uno a la forma blanco con lila. Las características morfológicas de mayor variación fueron: color del ápice del peciolo, color de la base del peciolo y color de la vaina del peciolo. En Cajamarca se cultivan tres formas hortícolas principales de arracacha (amarilla, blanca y morada).

**Blanca:** Variedad cultivada para ser comercializada. Es una raíz muy delicada, necesita ser cuidada desde el momento de la cosecha (Espinoza, *et al.* 1996). Esta variedad es poco comercial debido a su alta perecibilidad por lo que generalmente se cultiva solo para consumo doméstico.

**Amarilla:** Se cultiva para ser comercializada, debido que para el gusto local tiene mayor aceptación. Este cultivo se caracteriza por tener más tronco por lo que también se utiliza para la alimentación de chanchos. Desarrolla menos producto en las raíces, pero es más resistente y no requiere de controles fitosanitarios (Espinoza *et al.* 1996).

**Morada:** Se caracteriza por la coloración especial del tallo. No produce mucho, por lo tanto, el rendimiento por hectárea es menor que con la variedad blanca (Espinoza 1999).

### **2.2.3. Momento óptimo para la cosecha**

Según Amaya y Julca (2006), generalmente la arracacha se cosecha a partir del décimo mes. Una señal fisiológica de maduración de las plantas está asociada al amarillamiento de las hojas. La cosecha de esta raíz se realiza cuando alcanza un diámetro de 3 a 4 cm y las hojas de la parte aéreas se han amarillado.

La cosecha propiamente dicha es realizada con el aflojamiento de los surcos y el uso apropiado de herramientas como palas, teniendo mucho cuidado para no dañar las raíces.

Las raíces pueden dejarse en campo por un periodo de cuatro a cinco meses después de completar su maduración fisiológica, para esperar mejores precios. Sin embargo, a medida en que se retarda la cosecha, las raíces se vuelven más largas y gruesas, al mismo tiempo van quedando más fibrosas reduciendo su poder comercial (Amaya y Julca 2006).

Salas *et al.* (s.f.) menciona que las arracachas más grandes se destinan al mercado, para consumo en fresco y para rallado. Para el rallado no hay preferencias en cuanto al tamaño, más importante es la edad de la planta, de manera que si es más tierna es mejor (rinde más).

Rainoso (2001) especifica que en la cosecha se pueden producir daños mecánicos que traen grandes consecuencias en el deterioro poscosecha de las raíces ya que estas lesiones son entradas para hongos y bacterias presentes en el suelo y en el medio ambiente. Algunos de estos factores son:

#### **2.2.3.1. Presión de vapor de agua**

Al retirar a la raíz de su fuente natural de agua al momento de la cosecha es susceptible a la presión de vapor de agua del aire circundante, esto produce una evaporación del agua presente en el producto. Se afecta su calidad debido a una pérdida irreversible de humedad (Van de Berg, citado por Rainoso 2001).

### **2.2.3.2. Condiciones climáticas**

La temperatura, humedad relativa y la lluvia tienen efecto directo sobre cultivos y consecuentemente sobre la conservación poscosecha. Por ejemplo, la lluvia y la temperatura alta en periodos próximos a la cosecha favorecen a la pudrición de la raíz (Henz 1995).

Como consecuencia de las temperaturas altas se desencadenan reacciones fisiológicas que dan origen a metabolitos intermedios, muchos de ellos volátiles. Además, si la raíz es sometida a refrigeración estos compuestos se condensan y pueden causar daños de las células del interior del producto o de la superficie. También cuando la temperatura es muy baja, las membranas del producto se dañan, y en general cambia el metabolismo (Phan 1987).

### **2.2.3.3. Duración del día e intensidad de luz**

La duración del día está relacionada con el efecto del número de horas de luz en cada ciclo de 24 horas. Ciertas especies requieren cantidades específicas de horas luz para su proceso de maduración. Si este requerimiento no se cumple, el producto puede estar inmaduro al momento de la cosecha (Thompson 1998).

### **2.2.3.4. Control fitosanitario**

El control de plagas y enfermedades se logra utilizando pesticidas por aspersión directamente al cultivo. Estos químicos, especialmente los fungicidas, pueden alterar las características propias del cultivo y afectar la vida útil durante la etapa poscosecha (Thompson 1998).

## **2.2.4. Poscosecha**

Las raíces deben estar en excelente estado y calidad para tener mayor vida útil. La mejor calidad de un producto se tiene el momento de la cosecha, por lo tanto, con el buen manejo poscosecha no se mejora, pero se intenta mantener la calidad inicial (Rainoso 2001).

La arracacha es considerada altamente perecible y este es el factor limitante responsable de la disminución en la comercialización de este producto. Pocos días después de la cosecha y antes de que la arracacha comience a deteriorarse, se forman manchas de color café. Se observa la pérdida de brillo y un aspecto poco atractivo para el mercado (Hermann 1997).

Las raíces de arracacha no se pueden almacenar por muchos días. La cosecha se hace en forma escalonada, conforme las necesidades de consumo y de mercado. Cuando es para consumo directo, las cosechas se hacen diarias interdiarias o semanales. El período máximo de almacenamiento de las raíces (sin que sufran daño considerable) es de ocho días. Para ello, se requiere almacenarlas en lugar fresco y seco, que no estén mojadas y que no sufran golpes. Cuando se cosecha para el mercado, también se tiene en cuenta que, el producto disminuye de peso conforme pasan los días, a una tasa de 4 kg por 100 kg en dos a tres días.

Seminario (1999) indica que la pérdida de humedad es el principal factor de pérdida de poscosecha. Alrededor de 4 % a 4.5 % del peso total se pierde durante el transporte del centro de producción hacia el mercado, debido a la alta transpiración del producto. La pudrición de la raíz se inicia al sexto día.

#### **2.2.4.1. Pérdidas producidas por daños poscosecha.**

##### **a. Pérdidas físicas.**

Las pérdidas físicas se reconocen cuando una porción real del producto se pierde entre la cosecha y su llegada al consumidor (Thompson 1998).

##### **b. Pérdidas de apariencia.**

Las pérdidas de apariencia se pueden evaluar con base a estándares de calidad y están relacionadas a las pérdidas físicas (Thompson 1998). Por ejemplo, el cambio de color, la aparición de manchas, pérdida de peso, daños patológicos y fisiológicos.

### **c. Pérdidas nutricionales.**

Las pérdidas nutricionales se evalúan con base a análisis químico, pero se asegura que los manejos inapropiados durante el almacenamiento causan la pérdida de vitaminas y carbohidratos, siendo los minerales el único contenido estable (Thompson 1998).

Las raíces son organismos vivos, su calidad y vida útil son afectados por factores como temperatura, humedad, la composición de la atmósfera que lo rodea, el nivel de daño que se puede causar antes, durante y después de la cosecha y el tipo y grado de infección con microorganismos, insectos, plagas en general (Thompson 1998).

Cuando se habla de calidad de un producto se hace referencia al grado en el cual el producto cumple con especificaciones. Se deben considerar diversos factores que influyen de una u otra forma en la calidad, como la apariencia, el sabor, textura y el valor nutritivo (Rainoso 2001).

La apariencia es un factor fundamental en la presentación del producto fresco y el consumidor tiene sus preferencias establecidas. Pero el sabor es tan importante como la apariencia ya que el consumidor presume que una buena presentación está en concordancia con condiciones de sabor y aroma aceptable (Lizana 1992).

El valor nutritivo es de mucha importancia en la dieta diaria, por ese motivo, existe preferencia para consumir alimentos que sean una fuente de minerales y vitaminas en forma natural y además proporcione fibra (Lizana 1992).

#### **2.2.4.2. Calidad y deterioro poscosecha.**

La calidad se puede definir como la combinación de características, atributos y propiedades que le otorga al producto valor como alimento para el hombre, o como características determinadas por el gusto de un consumidor (Pérez 1997).

Los componentes de calidad están relacionados con: Factores de apariencia (color, brillo, uniformidad, defectos), factores de sabor (olor, aroma, gusto), factores de textura (resistencia a la deformación, dureza, fragilidad) y factores de composición (composición química, residuos químicos, valor nutritivo, toxicidad) (Thompson 1998).

Una vez definido la calidad, se debe establecer el deterioro. De la forma en que se entiende en un organismo vivo la calidad, según lo establecido, el deterioro se produce como consecuencia de la pérdida de ella. El deterioro puede ser, en general, de tres tipos: fisiológico, patológico y físico (Lizana 1992).

#### **2.2.4.2.1. Deterioro fisiológico.**

Las plantas verdes en crecimiento utilizan la energía de la luz solar que reciben sus hojas para fabricar azúcares combinando el dióxido de carbono del aire con el agua absorbida del suelo a través de las raíces. Ese proceso se conoce con el nombre de fotosíntesis. La planta almacena esos azúcares sin elaborarlos o combina las unidades de azúcar en largas cadenas para formar almidón. Los azúcares y almidones, llamados hidratos de carbono, se almacenan en diversas partes de la planta, a la que proporcionan posteriormente la energía que necesita para seguir desarrollándose y reproducirse. Las raíces y tubérculos almacenan las féculas durante el periodo de inactividad para poder aportar, al término de éste, la energía necesaria para la reanudación del crecimiento. En ambos casos la energía para el crecimiento se libera a través del proceso de respiración, que tiene lugar en todas las plantas antes y después de la cosecha (FAO 1993).

El deterioro fisiológico es una de las causas de pérdidas de productos frescos después de la cosecha. Por fisiología se entiende el estudio de los procesos que se producen en los seres vivos. Cuando se recolectan los productos frescos, esos procesos vitales continúan, aunque en forma modificada. Teniendo en cuenta que una vez cosechados ya no pueden reponer las sustancias nutritivas ni el agua, los productos han de utilizar sus reservas almacenadas, y cuando éstas se agotan se inicia un proceso de envejecimiento que conduce a la

descomposición y a la putrefacción. Aunque no los ataquen los organismos causantes de la putrefacción, ese proceso natural de deterioro termina haciéndolos inaceptables como alimentos. Los principales procesos fisiológicos normales que conducen al envejecimiento son la respiración y la transpiración (FAO 1993).

#### **a. Respiración.**

La respiración es el proceso por el que las plantas absorben oxígeno y desprenden dióxido de carbono. El oxígeno del aire descompone los hidratos de carbono de la planta en dióxido de carbono y agua. Esa reacción produce energía en forma de calor (FAO 1993).

La respiración es una reacción básica de toda la materia vegetal, tanto en los campos como después de la cosecha. En la planta en crecimiento, el proceso se prolonga sin interrupción mientras las hojas sigan fabricando hidratos de carbono, y no puede detenerse sin dañar a la planta o al producto cosechado. Los productos frescos no pueden seguir reponiendo los hidratos de carbono ni el agua una vez recolectados, por lo que la respiración utiliza el almidón o el azúcar almacenados y se detiene cuando se agotan las reservas de esas sustancias; se inicia entonces un proceso de envejecimiento que conduce a la muerte y la putrefacción del producto (FAO 1993).

#### **Influencia de la disponibilidad de aire en la respiración**

La respiración depende de la presencia de aire abundante. El aire contiene alrededor de un 20 % de oxígeno, que es esencial para el proceso normal de respiración de la planta, en el que los almidones y los azúcares se convierten en dióxido de carbono y vapor de agua. Cuando disminuye la disponibilidad de aire y la proporción de oxígeno en el entorno se reduce a alrededor del 2 %, la respiración es sustituida por un proceso de fermentación que descompone los azúcares en alcohol y dióxido de carbono, y ese alcohol hace que el producto tenga un sabor desagradable y promueve el envejecimiento prematuro (FAO 1993).

## **Influencia del dióxido de carbono en la respiración**

Cuando el producto no está suficientemente ventilado, se acumula a su alrededor el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). El aumento de la concentración de este gas en la atmósfera hasta valores comprendidos entre el 1 % y el 5 % estropea rápidamente el producto, causando sabores desagradables, descomposición interna, detención del proceso de maduración y otras condiciones fisiológicas anormales. La ventilación adecuada del producto tiene, pues, una importancia fundamental (FAO 1993).

### **b. Transpiración, o pérdida de agua**

La mayoría de los productos frescos contienen, en el momento de la cosecha, del 65 % al 95 % de agua. Dentro de las plantas en crecimiento existe un flujo continuo de agua. Esta se absorbe del suelo por las raíces, sube por los tallos y se desprende por las partes aéreas, sobre todo por las hojas, como vapor de agua (FAO 1993).

El paso del agua a través de las plantas, propiciado por la presión existente en su interior, se denomina corriente de transpiración, y contribuye a mantener el contenido de agua de la planta. La falta de agua hace que las plantas se agoten, y puede provocar su muerte (FAO 1993).

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 sólo se produce a través de unos poros minúsculos que son más numerosos en las hojas. Los poros de la superficie de la planta pueden abrirse 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 (FAO 1993).

Los productos frescos siguen perdiendo agua después de la cosecha, 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 tuvieron 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 a pérdidas de peso (FAO 1993).

Cuando el producto recolectado pierde de un 5 % a 10 % de su peso original, empieza a secarse y pronto resulta inutilizable. Para prolongar la vida útil del producto, el nivel de pérdida de agua debe ser lo más bajo posible (FAO 1993).

### **Efecto de la humedad del aire en la pérdida de agua**

Dentro de todas las plantas existen espacios de aire para que el agua y los gases puedan atravesar todas sus partes. El aire de esos espacios contiene vapor de agua que es una combinación del agua de la corriente de transpiración y de la producida por la respiración. El vapor de agua hace presión hasta salir por los poros de la superficie de la planta. La velocidad a la que se pierde el agua de las distintas partes de la planta depende de la diferencia entre la presión del vapor de agua en el interior de la planta y la presión del vapor de agua del aire. Para que la pérdida de agua de los productos frescos sea lo más baja posible es necesario conservarlos en ambientes húmedos (FAO 1993).

### **Influencia de la ventilación en la pérdida de agua**

Cuanto más de prisa se mueve el aire alrededor de los productos frescos más rápidamente pierden agua. La ventilación de los productos es esencial para eliminar el calor producido por la respiración, pero la velocidad de renovación del aire debe mantenerse lo más baja posible. Materiales de embalaje bien diseñados y sistemas de apilamiento adecuados para canastas y cajas pueden contribuir a controlar la corriente de aire a través de los productos (FAO 1993).

### **Influencia del tipo de producto en la pérdida de agua**

El de la pérdida de agua varía en función del tipo de producto. Las hortalizas de hojas comestibles, especialmente las espinacas, pierden agua rápidamente porque tienen una piel cerosa fina con muchos poros. Otras, como las papas, que tienen una gruesa cáscara suberosa con pocos poros, pierden el agua a un ritmo muy inferior. El factor más significativo de la pérdida de agua es la relación superficie/volumen de la parte en cuestión de la planta. Cuanto mayor es la superficie con respecto al volumen más rápido es la pérdida de agua (FAO 1993).

#### **2.2.4.2.2. Deterioro patológico.**

Un porcentaje de pérdidas precosecha y poscosecha se debe a daños causados por hongos, bacterias, insectos y otros organismos. El tipo de organismo que ataca depende a las condiciones ambientales. El pH es una condición que determina el tipo de ataque, los hongos prefieren un pH bajo para su propagación, las bacterias prefieren un pH neutro, las levaduras prefieren medios ricos en mono y disacáridos (Pérez 1997).

Según Rainoso (2001) algunas propiedades de las raíces que producen deterioro patológico en poscosecha son las que se indican a continuación:

- Presencia de aberturas naturales (estomas o lenticelas) o heridas causadas por daños mecánicos, que permiten la penetración de los hongos.
- Susceptibilidad de los tejidos a la degradación de la pared celular. Depende de la estructura química de la pared celular y varía de acuerdo con el grado de madurez, edad, condiciones de crecimiento y almacenamiento.

#### **2.2.4.2.3. Deterioro físico.**

Este deterioro se produce al maltratar el producto mediante cortes, compresiones, impactos y raspaduras por vibración, producen una aceleración del deterioro al permitir entrada de hongos, deshidratación, aumento de la generación de CO<sub>2</sub>. Este tipo de deterioro se observa en la superficie del producto en cambios de color, cortes, magulladuras, que afectan a la fisiología de la raíz, ya que aumenta el área de contacto con el oxígeno lo que incrementa la respiración y la pérdida de agua, se incrementa también la probabilidad de deterioro patológico (Lizana 1992).

### **2.3. Conservación de productos frescos.**

El periodo de tiempo por el cual un producto puede ser almacenado depende de las características tales como la tasa de respiración, pérdida de materia fresca, resistencia a patógenos poscosecha. El producto almacenado debe cumplir requisitos como ausencia de daños mecánicos superficiales, debe ser sometido a preenfriamiento o estar embalado en forma adecuada (Henz 1995).

Si se almacenan a bajas temperaturas, se retardan las actividades fisiológicas, se limita el desarrollo de microorganismos a velocidades más bajas que a condiciones naturales, además se disminuye la tasa de respiración de la arracacha. De esta manera disminuyen las pérdidas por pudrición y por pérdida de agua (Cámara 1984).

Al parecer, la arracacha se mantiene en mejores condiciones a 3 °C, puesto q la pérdida de peso es menor que en los experimentos realizados a temperaturas de 25 °C, 12 °C. Una de las limitaciones es la disminución de Vitamina C, pero la arracacha no es considerada una buena fuente de esta vitamina (Cámara 1984).

Según Wheatley y Fernández (1983) hay tres tipos de almacenamiento para conservar raíces: a corto, mediano y largo plazo según el término de duración.

El almacenamiento a corto plazo, facilitaría el mercadeo permitiendo superar algunos de los obstáculos actuales de la comercialización y disminuyendo las pérdidas por deterioro que ocurren antes de la venta del producto. Este tipo de almacenamiento es factible y los principales requisitos que debe cumplir el sistema incluyen:

- Debe permitir almacenar raíces por siete a diez días.
- Su costo debe ser mínimo.
- Debe ser fácil de hacer y que se adopte rápidamente al sistema actual de mercadeo.
- Debe evitar el deterioro fisiológico y microbiano mediante la curación de las heridas de las raíces.
- Su transporte debe ser fácil.
- No debe alterar la calidad culinaria y la apariencia de las raíces.

El sistema de almacenamiento en bolsas plásticas cumple con estos requisitos.

El almacenamiento a mediano plazo (2 a 4 semanas), es más costoso y complejo que el anterior. En este tipo de almacenamiento lo más importante es que sus condiciones permitan curar heridas de las raíces y así eliminar el deterioro fisiológico y microbiano, que sea fácil de transportar y no altere la calidad de las raíces. Como ejemplos de este almacenamiento están los sistemas de parafinado y de las cajas con aserrín mojado, las cuales se pueden usar, pero es muy costoso.

El almacenamiento a largo plazo debe permitir que se conserven las raíces por más de cuatro semanas. Por el momento este almacenamiento parece poco factible puesto que es difícil mantener la calidad de las raíces por periodos de tiempo tan prolongados. Las raíces generalmente adquieren un sabor dulce por hidrólisis del almidón y además es más factible la pérdida por deterioro microbiano. Un sistema de almacenamiento que permitiría evitar estos efectos es el de la conservación de la yuca por congelamiento, pero es costoso y su uso solamente sería económico para exportación de raíces o en supermercados.

## **2.4. Definición de términos básicos**

### **2.4.1. Calidad.**

En la actualidad y en sentido abstracto su significado es «grado de excelencia o superioridad» (Kader *et al.* 1985). Aceptando esta definición, se puede decir que un producto es de mejor calidad cuando es superior en uno o varios atributos que son valorados objetiva o subjetivamente (FAO 1993).

Calidad es la totalidad de las condiciones y características de un producto que lo hacen cumplir con las disposiciones legales de composición interna y con el gusto o la aceptabilidad del consumidor. Aunque un producto cumpla con las disposiciones legales puede, sin embargo, ser rechazado por el consumidor por causa de su color, su olor o su sabor. Es muy importante, por ello, hacer un buen acondicionamiento de las raíces para que cumplan con las exigencias del mercado en que se ofrecerán (Sánchez y Alonso s.f.).

Según Pérez (1997) la calidad como la combinación de características, atributos y propiedades que le otorga al producto valor como alimento para el hombre, o como características determinadas por el gusto de un consumidor. Para mantener a los consumidores satisfechos, los productos ofrecidos deben cumplir con todas las exigencias de ellos, para esto todas las actividades son realizadas pensando en obtener y mantener productos con excelente calidad.

Cuando se habla de calidad de un producto se hace referencia al grado en el cual el producto cumple con las especificaciones. Se deben considerar diversos factores que influyen en la calidad, como la apariencia, el sabor, textura y el valor nutritivo (Rainoso 2001). Los componentes de la calidad a evaluar de las raíces están relacionados con:

- Factores de apariencia: es un factor fundamental en la presentación del producto fresco, se puede evaluar con base a estándares de calidad que están relacionadas a las pérdidas físicas (color, defectos, brillo y olor) (Thompson 1998).
- Factores de composición: este factor de composición se evalúa con base en análisis químicos, pero se asegura que los manejos inapropiados durante el almacenamiento causan la pérdida de vitaminas y carbohidratos, siendo los minerales el único contenido estable (Thompson 1998).

#### **2.4.2. Vida útil.**

Esencialmente, la vida útil de un alimento se define como el tiempo en el cual éste conserva sus propiedades fisicoquímicas, organolépticas y nutricionales. La vida útil abarca varias facetas del valor nutritivo incluyendo valor alimenticio y características sensoriales. Cuando se afecta este valor nutritivo, esto influye notablemente en las decisiones de compra del consumidor (Chica y Osorio 2003).

La vida útil es el nombre que se le da al periodo que transcurre desde su producción hasta el momento de su caducidad, es decir, el tiempo durante el alimento conserva todas sus cualidades (Mirallas 2013).

### **2.4.3. Conservación.**

El periodo de tiempo por el cual un producto puede ser almacenado depende de características tales como tasa de respiración, pérdida de materia fresca, resistencia a patógenos poscosecha. El producto en almacenamiento debe cumplir algunos requisitos básicos como ausencia de daños mecánicos superficiales, debe ser sometido a preenfriamiento o estar embalado en forma adecuada (Henz 1995).

Si se almacena a bajas temperaturas, se retardan las actividades fisiológicas, se limita el desarrollo microorganismos a velocidades más bajas que a condiciones naturales, además se disminuye la tasa de respiración de la arracacha. De esta manera disminuyen las pérdidas por pudrición y por pérdida de agua (Cámara 1984).

Las técnicas de conservación se aplican para controlar el deterioro de la calidad de los alimentos. Este deterioro puede ser causado por microorganismos o por una variedad de reacciones físico – químicas que ocurren después de la cosecha. Sin embargo, la prioridad de cualquier proceso de conservación es minimizar la probabilidad de ocurrencia y de crecimiento de microorganismos deteriorativos y patógenos (Alzamora *et al.* 2004).

A pesar de los beneficios que traen consigo el almacenamiento a bajas temperaturas y el embalaje del producto para la conservación poscosecha de arracacha, pueden ocurrir varios tipos de problemas en el producto como pudriciones, oscurecimientos y crecimiento superficial de hongos sobre las lesiones, pérdida de brillo de la raíz, pérdida de materia fresca y transformación parcial de almidón en azúcar (Henz 1995).

### **2.4.4. Perecible.**

Los alimentos altamente perecibles son aquellos que al contacto con el aire se descomponen rápidamente, debido a su alto contenido de agua y nutrientes; representan el máximo riesgo de intoxicaciones (Navarro 2013).

Código Alimentario (1967) define que los alimentos perecibles son los que exigen condiciones especiales de conservación.

#### **2.4.5. Empaque.**

El empaque es un recipiente o envoltura que contiene productos de manera temporal principalmente para agrupar unidades de los mismos, pensando en su manipulación, transporte y almacenamiento. Cuando tenemos un producto en este caso alimenticio; debemos considerar sus características antes de tomar una decisión para su envasado, ya que todos los alimentos tienen un tiempo de vida útil y después de este se maduran, fermentan y en general pierden sus propiedades, por lo que se les denomina perecederos. Es aquí el reto de utilizar el empaque adecuado para prolongar el mayor tiempo, es decir la vida útil de los alimentos con la más alta calidad y el menor costo (Rodríguez 2013).

El empaque debe ofrecer una buena protección y barrera de microorganismos hacia el interior, de los cuatro tipos de materiales que se utilizan para envasar (cartón, hojalata, vidrio y plásticos) nos enfocaremos únicamente al estudio de los materiales plásticos, ya que estos constituyen uno de los principales derivados de la petroquímica, para la manufactura de envases resultan económicos accesibles y versátiles, se pueden lograr diseños caprichosos, y ofrecen una de las mejores opciones para envases desechables (Duarte s.f.).

#### **Características de los plásticos que se utilizan en la manufactura de envases:**

- PET. Polietileno tereftalato, envases para gaseosas, aceites, agua mineral, cosmética, frascos varios (mayonesa, salsas). Su densidad esta entre 1.37 a 1.45 g/cm<sup>3</sup>
- PEAD. Polietileno de alta densidad, es un termoplástico fabricado a partir del etileno (elaborado a partir del etano, uno de los componentes del gas natural). Envases para: detergentes, pinol, aceites automotores, shampoo, lácteos, cajones para pescados, gaseosas y cervezas, cubetas para pintura, helados, aceites, tambores, telefonía, agua potable, minería, drenaje y uso sanitario, macetas, bolsas tejidas. Su densidad esta entre 0.95 a 0.96 g/cm<sup>3</sup>

- PVC. Cloruro de polivinilo, se produce a partir de dos materias primas naturales: gas 43% y sal común 57%. Envases para agua mineral, aceites, jugos, mayonesa. Su densidad esta entre 1.2 a 1.4 g/cm<sup>3</sup>
- PEBD. Polietileno de baja densidad, se produce a partir del gas natural. Al igual que el PEAD es de gran versatilidad. Su transparencia, flexibilidad, tenacidad y economía hacen que esté presente en una diversidad de envases, sólo o en conjunto con otros materiales y en variadas aplicaciones. Bolsas de todo tipo: supermercados, boutiques, panificación, congelados, industriales. Películas para frutas y legumbres, envasado automático de alimentos y productos industriales (leche, agua, plásticos). Su densidad está entre 0.91 a 0.925 g/cm<sup>3</sup>

#### **2.4.6. Potencial de hidrógeno (pH).**

El pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno en una muestra. El pH de 7 es neutro, el menor a 7 es ácido y el mayor a 7 es básico. El pH se determina a través de un electrodo de membrana de vidrio cuando se sumerge en una solución de la muestra. Este potencial es función de la actividad del ion hidrogeno (Rainoso 2001).

#### **2.4.7. Sólidos solubles (°Brix).**

Son una medida de la cantidad de azúcares que existen en el producto. Con la maduración se observa un aumento del contenido de sólidos solubles a medida que los polisacáridos complejos que existen se degradan por el proceso de respiración en azúcares más pequeños (Pico 1999). Los grados Brix (°Brix) miden el cociente total de sacarosa disuelta en un líquido. Una solución de 25 °Brix tiene 25 g de azúcar (sacarosa) por 100 g de líquido (Gallardo 2007).

Los sólidos solubles se miden como °Brix mediante un método refractómetro que se basa en la rotación de un haz de luz al pasar a través de la solución a evaluar (Rainoso 2001).

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODO**

#### **3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación**

La presente investigación se realizó en el ambiente 2C – 211, Programa de Raíces y Tubérculos Andinos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, distrito, provincia y departamento de Cajamarca. Esta institución se encuentra situada a 3.5 km de la ciudad de Cajamarca, cuyas características geográficas son las siguientes: altitud 2650 msnm, 7° 10' latitud sur, 78° 30' longitud este.

#### **3.2. Materiales**

##### **3.2.1. Material biológico**

Raíces recién cosechadas de dos cultivares de arracacha (morfotipos amarilla y blanca) procedentes del distrito Sorochuco de la provincia Celendín del departamento de Cajamarca. La capital de este distrito tiene las siguientes características geográficas: altitud 2674 msnm, 06° 54' 37" latitud Sur, 78° 15' 19" latitud Oeste.

##### **3.2.2. Materiales y equipos de laboratorio**

###### **a. Equipos y materiales**

- Bolsas de plástico de polietileno de baja densidad transparente y negra.
- Balanza.
- Termohigrómetro.
- Refractómetro o Brixómetro.
- Refrigeradora.
- Probeta.
- pH-metro.
- Vaso de precipitación.

**b. Otros.**

- Marcadores, lapiceros, papel bond, computadora, cámara fotográfica.

**3.3. Metodología**

**3.3.1. Trabajo de laboratorio**

**a. Selección y limpieza de raíces**

Se seleccionaron a las raíces en buen estado; es decir, sin presencia de defectos y lesiones y se retiraron excesos de tierra y polvo presentes en el alimento.

**b. Análisis pre-tratamiento**

Se analizó la materia prima, para ello se determinó el pH y los sólidos solubles (grados brix).

Para determinar el pH se pesaron 50 g de arracacha y se licuó con agua destilada hasta un volumen de 100 ml. Se midió el valor de pH con el pHmetro, agitando constantemente (Rainoso 2001).

Para determinar sólidos solubles, se extrajo unas gotas de la arracacha rallada y luego se tomó el valor de los °Brix, que fueron observados en el refractómetro (Rainoso 2001).

**c. Pesado**

Después de seleccionar las raíces de arracacha, se pesaron en una balanza.

**d. Acondicionamiento de materia prima**

La materia prima (arracacha) pesada se acondicionó en bolsas de plástico de polietileno de baja densidad transparente y negra.

#### **e. Acondicionamiento de muestras.**

Las muestras fueron colocadas a temperaturas de 4 °C y 7 °C bajo refrigeración a 70 % HR y a temperatura ambiente de 19 °C a 50 % HR.

#### **Tratamientos y diseño estadístico**

Los tratamientos en estudio fueron el resultado de combinar dos tipos de empaque (bolsa de plástico de polietileno de baja densidad transparente y negra) y tres temperaturas (4°C, 7°C y 19°C): seis tratamientos. Este procedimiento se repitió para cada cultivar (amarilla y blanca) por separado y se evaluó pérdida de peso, pH y sólidos solubles (Tablas 5 y 6).

Se utilizó el diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 3 x 2 y con tres repeticiones para cada tratamiento. El tratamiento a 19 °C se colocó sobre piso de cerámica y los de 7 °C y 4 °C se colocaron en la parte inferior y superior de la refrigeradora, en la cual se midió y estandarizó previamente las temperaturas con termohigrómetro.

**Tabla 5.** Tratamientos para el cultivar de arracacha amarilla.

Factor	Nivel	Tratamiento	Descripción	Código
Empaque	e1 = bolsa transparente	e1 y t1	Bolsa transparente y temperatura ambiente (19 °C)	T1
	e2= bolsa negra	e1 y t2	Bolsa transparente y temperatura de 4 °C	T2
Temperatura	t1 = temperatura ambiente 19 °C.	e1 y t3	Bolsa transparente y temperatura de 7 °C	T3
	t2 = 4 °C (parte superior de refrigerador).	e2 y t1	Bolsa negra y temperatura ambiente (19 °C)	T4
	t3 = 7 °C (parte inferior de refrigerador).	e2 y t2	Bolsa negra y temperatura de 4 °C	T5
		e2 y t3	Bolsa negra y temperatura de 7°C	T6

**Tabla 6.** Tratamientos para el cultivar de arracacha blanca.

Factor	Nivel	Tratamiento	Descripción	Código
Empaque	e1 = bolsa transparente	e1 y t1	Bolsa transparente y temperatura ambiente (19 °C)	T1
	e2= bolsa negra	e1 y t2	Bolsa transparente y temperatura de 4 °C	T2
Temperatura	t1 = temperatura ambiente 19 °C.	e1 y t3	Bolsa transparente y temperatura de 7 °C	T3
	t2 = 4 °C (parte superior de refrigerador).	e2 y t1	Bolsa negra y temperatura ambiente (19 °C)	T4
	t3 = 7 °C (parte inferior de refrigerador).	e2 y t2	Bolsa negra y temperatura de 4 °C	T5
		e2 y t3	Bolsa negra y temperatura de 7°C	T6

### 3.3.2. Evaluaciones realizadas

#### a. Pérdida de peso

Se evaluó cada día hasta que el producto perdió la calidad para el consumo. Es importante monitorear la pérdida de peso fresco de las frutas durante almacenamiento como indicador de calidad, calculándolo como el porcentaje de pérdida de peso con respecto al peso inicial, como se muestra la ecuación en la figura 1, en estudios del mango durante su almacenamiento (Valera et al. 2011).

$$\% \text{ Pérdida de peso} = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} \times 100$$

**Figura 1.** Ecuación para la determinación de pérdida de peso en porcentaje.

#### b. Sólidos solubles (°Brix).

Con la maduración se observará un aumento del contenido de sólidos solubles a medida que los polisacáridos complejos que existen se degradan por el proceso de respiración en azúcares más pequeños, mencionado por (Pico 1999). Se realizó la evaluación de los sólidos solubles al inicio y al final de la vida útil.

Para determinar los sólidos solubles, se extrajeron unas gotas de la arracacha y luego se tomó el valor de los grados brix, que se observaron en el refractómetro o brixómetro (Rainoso 2001). El grado brix mide la cantidad de azúcar en el alimento, expresado como sólidos totales solubles, esto implica que si los grados brix se incrementan en un producto se ha incrementado el contenido de sólidos solubles. En el caso de la arracacha, se supone que la forma habitual de consumo es en estado fresco, momento en el cual debe tener un valor de °Brix, que fue determinado después de la cosecha. A partir de ese momento, conforme pase el tiempo, la concentración de sólidos solubles se incrementará.

#### c. Potencial de hidrógeno (pH)

La evaluación del pH se realizó al inicio y al final de la vida útil. Para ello se pesaron 50 g de arracacha y se llevó a un volumen de 100 ml, licuando con agua

destilada. En la suspensión se midió el valor de pH con el pHmetro, agitando constantemente (Rainoso 2001).

#### **d. Presencia de patógenos**

Según Pérez (1997) las pérdidas poscosecha se deben a daños causados por hongos, bacterias, insectos y otros organismos. Por lo tanto, se observó que las raíces de arracacha presentan signos de patógeno fúngico (puntos, manchas, áreas corchosas, etc.) se llevó una muestra de tejido al laboratorio de fitopatología de la UNC, para la identificación del agente causal, siguiendo el protocolo establecido: aislamiento, purificación, conservación y observación (Roncal 2004).

- Para aislamiento se trasladó la muestra con el signo del patógeno al laboratorio en cámara húmeda con papel filtro.
- Para purificación se lavó a la muestra y se colocó en cámara húmeda con arena purificada y papel bond expuesto a temperatura y se esperó de 2 a 3 días a que aparezca el signo de patógeno.
- Para conservación se colocó en una incubadora para que aparezca el signo de moho (hongo) o maceración de tejidos (bacteria) de 21 °C a 24 °C y se esperó de 1 a 3 días.
- Se extrajo un poco de moho con aguja hipodérmica N° 25, en el centro del porta objeto se colocó agua destilada junto con el moho extraído y se tapó con el cubre objeto. Posteriormente fue llevado al microscopio para ser identificado.

#### **e. Daños fisiológicos**

Celedón (2005) en estudios similares, evaluó visualmente la presencia de desórdenes fisiológicos, por tanto, se evaluó a las raíces de cada tratamiento, diariamente hasta que culminó con su madurez de consumo donde se determinó el porcentaje de raíces afectadas en cada tratamiento mediante la siguiente escala.

**Tabla 7.** Daños fisiológicos.

Numero	%	Descripción
0	0	Sin manchas, superficie totalmente sana y de color característico.
1	20	Puntuaciones marrones en la superficie.
2	40	Puntuaciones marrones en la superficie de mayor diámetro.
3	60	Aparición de las zonas marrones con ablandamiento de la superficie.
4	80	Mayor ablandamiento de la superficie y ampliación de las zonas marrones.
5	100	Total putrefacción de la raíz.

**f. Vida útil (días).**

Así como la caducidad, es la fecha límite a partir de la cual ya no se puede consumir un alimento, porque ha perdido sus propiedades características, la vida útil es el nombre que se le da al periodo que transcurre desde su producción hasta el momento de su caducidad, es decir, el tiempo durante el cual el alimento conserva todas sus cualidades. El final de la vida útil de un alimento no sólo depende de que mantenga niveles mínimos de contaminación, sino también de que preserve sus cualidades físico-químicas (homogeneidad, estabilidad, estructura) y organolépticas (textura, sabor, aroma) (Mirallas 2013).

Durante el almacenamiento ciertos pigmentos presentes en los tejidos sufren cambios considerables, adicionalmente a estos cambios, ocurren también ciertos fenómenos físicos como la pérdida de humedad, consecuentemente la pérdida de brillo del producto. La pérdida de peso y de luminosidad son defectos de la apariencia resultantes de estos cambios (Martes y Baardeth 1987).

Considerando que no existen procedimientos específicos para evaluar el tiempo de vida útil en arracacha, en esta investigación la vida útil se determinó de

acuerdo a la apariencia (color, aparición de manchas en la superficie y % de pérdida de peso) desde del momento de la cosecha. El color se evaluó visualmente y con la ayuda de fotografías, cada día, tomando como base el color característico al momento de la cosecha y el cambio de color indicó el término de la vida útil según este factor. Las manchas en la superficie se evaluaron anotando la fecha de aparición de las manchas y se dio por terminado el tiempo de vida útil, según este factor, cuando la raíz presentó 20 % o más de la superficie con manchas. El peso se evaluó cada día y se consideró que el producto no fue apto para consumo cuando haya perdido 5 - 10 % o más de su peso inicial (FAO 1993). Para dar por terminado el tiempo de vida útil se tomó en cuenta el factor que cambie o sobrepase el límite establecido primero (color característico,  $\geq 20$  % de manchas en la superficie,  $\geq 5 - 10$  % a más, de pérdida de peso).

Como se podrá observar, al evaluar los cambios de color, presencia de manchas sobre la superficie y pérdida de peso, en función del tiempo, en realidad se está evaluando el proceso de deterioro del producto, el cual es indetenible desde el momento de la cosecha. De modo que, llega un momento en el cual el producto ha perdido calidad y ya no es utilizable para el consumo. Este tiempo es el tiempo de vida útil (con calidad para ser usado). Para evaluar el proceso de deterioro y el tiempo de vida útil se diligenció la Tabla 8.

**Tabla 8.** Evaluación del deterioro y vida útil de dos cultivares de arracacha.

	Días																													
Característica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Color																														
% de manchas en la superficie																														
% de pérdida de peso																														

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Pérdida de peso

##### 4.1.1. Arracacha blanca

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la variable pérdida de peso en arracacha blanca (Tabla 9), indica una alta significación estadística al 1 % de probabilidades para los factores en estudio (empaque y temperatura) y significación al 5 % de probabilidad para la interacción de los factores (empaque por temperatura), lo cual indica que estos factores actúan conjuntamente, es decir que ambos factores producen un efecto en la pérdida de peso para la arracacha blanca. Para los bloques no se encontró significación estadística.

El coeficiente de variación (CV = 10.16 %), indica la variabilidad del material experimental para la variable evaluada, es decir, que las raíces de arracacha evaluadas no fueron totalmente homogéneas o que estas no respondieron de la misma forma a los tratamientos (empaque más temperatura). También podrían indicar ciertos errores en la toma de datos. Sin embargo, los datos son confiables.

**Tabla 9.** Análisis de variancia (ANVA) para la pérdida de peso en arracacha blanca conservada en dos tipos de empaque (bolsa de plástico de polietileno de baja densidad transparente y negra), a temperatura de 4 °C, 7 °C y 19 °C.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	
Bloque	2	4.09	2.05	1.03	NS	0.3927
Empaque (E)	1	50.57	50.57	25.4	**	0.0005
Temperatura (T)	2	1894.83	947.41	475.81	**	0.0001
E X T	2	28.77	14.38	7.22	*	0.0115
Error	10	19.91	1.99			
Total	17	1998.17				

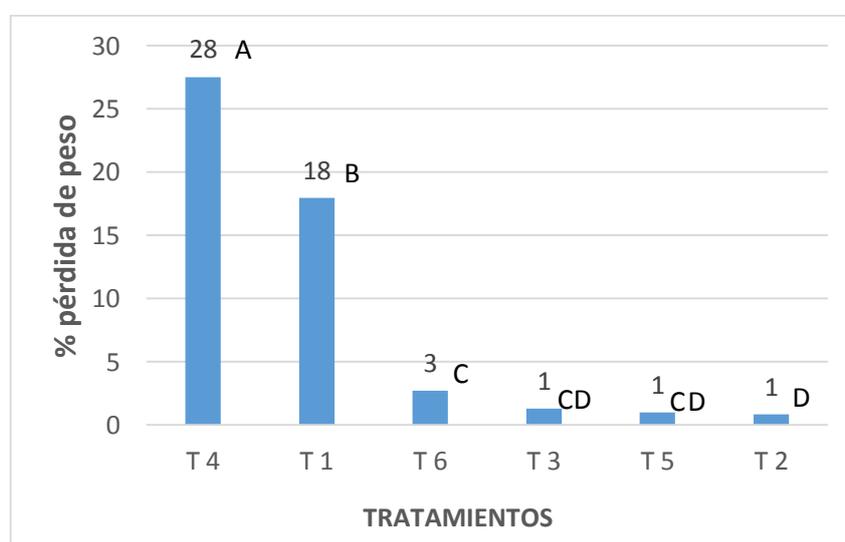
Datos transformados con ( $\sqrt[2]{\text{arcoseno}(P)}$ )

**CV = 10.16 %**

Al realizar la prueba de rango múltiple de Tukey a 5 % de probabilidades (Tabla 10) y (Figura 2), se observa que el tratamiento T4, (bolsa negra + 19 °C) con 28 % de pérdida de peso al cabo de 21 días en laboratorio, es estadísticamente superior a los demás tratamientos. Es decir que dicho tratamiento fue la que perdió más peso frente a los demás tratamientos.

**Tabla 10.** Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidades para la interacción de los factores empaque por temperatura.

EMPAQUE	TEMPERATURA	PROMEDIO	SIGNIFICACION
NEGRA	19	28	A
TRANS	19	18	B
NEGRA	7	3	C
TRANS	7	1	C D
NEGRA	4	1	C D
TRANS	4	1	D



**Figura 2.** Pérdida de peso de la arracacha blanca conservada en dos tipos de empaque (bolsa de plástico de polietileno de baja densidad transparente y negra) a 4°C, 7°C y 19°C. T1: bolsa transparente + 19 °C. T2: bolsa transparente + 4 °C. T3: bolsa transparente + 7 °C. T4: bolsa negra + 19 °C. T5: bolsa negra + 4 °C. T6: bolsa negra + 7 °C.

Hermann (1997) en un estudio que realizó reporta que a 18.5 °C y humedad relativa de 69 %, se producen pérdidas de 10,6 % en peso en siete días, mientras que en nuestra investigación (Figura 2), en los tratamientos T4 y T1 a la temperatura de 19 °C y humedad relativa de 50 % en 21 días de almacenamiento, arroja mayor porcentaje de pérdida de peso frente a los demás tratamientos.

#### **4.1.1. Arracacha amarilla**

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la variable pérdida de peso en arracacha amarilla (Tabla 11), indica una alta significación estadística al 1% de probabilidades para los factores en estudio (empaques y temperatura) y significación al 5 % de probabilidades para la interacción de los mismos (empaques por temperatura). Este resultado indica que estos factores actúan conjuntamente, es decir que ambos factores producen un efecto en la pérdida de peso para la arracacha amarilla. Para los bloques no se encontró significación estadística.

El coeficiente de variación (CV = 15.63 %), indica la variabilidad del material experimental para la variable evaluada, es decir, que las arracachas evaluadas no fueron totalmente homogéneas o que estas no respondieron de la misma forma a los mismos tratamientos (empaques más temperatura). También podrían indicar ciertos errores en la toma de datos. Sin embargo, los datos son confiables.

**Tabla 11.** Análisis de variancia (ANVA) para la pérdida de peso en arracacha amarilla, conservada en dos tipos de empaque (bolsa de plástico de polietileno de baja densidad transparente y negra), a temperatura de 4°C, 7°C y 19 °C.

F.V.	GL	SC	CM	F	p – valor
Bloque	2	55.8	27.9	3.43 NS	0.0733
Empaque (E)	1	185.35	185.35	22.8 **	0.0008
Temperatura (T)	2	1584.89	792.44	94.49 **	0.0001
E X T	2	101.38	50.69	6.24 *	0.0174
Error	10	81.28	8.13		
Total	17	2008.69			

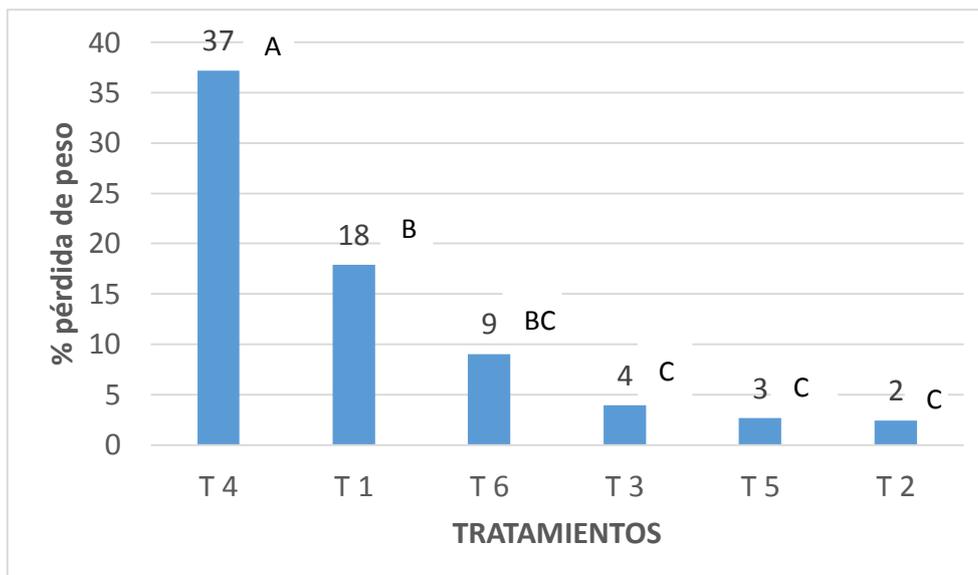
Datos transformados con ( $\sqrt{2} \arccos(P)$ )

**CV = 15.63 %**

Al realizar la prueba de rango múltiple de Tukey al 5% de probabilidades (Tabla 12) y (Figura 3), se observa que el tratamiento T 4, (bolsa negra + 19 °C) con 37 % de pérdida de peso al cabo de 31 días en laboratorio es estadísticamente superior a los demás tratamientos. Es decir que dicho tratamiento fue la que perdió más peso frente a los demás tratamientos.

**Tabla 12.** Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidades para la interacción de los factores empaque por temperatura.

EMPAQUE	TEMPERATURA	PROMEDIO	SIGNIFICACION
NEGRA	19	37	A
TRANS	19	18	B
NEGRA	7	9	B C
TRANS	7	4	C
NEGRA	4	3	C
TRANS	4	2	C



**Figura 3.** Pérdida de peso de la arracacha amarilla conservada en dos tipos de empaque (bolsa de plástico de polietileno de baja densidad transparente y negra) a 4°C, 7°C y 19°C. T1: bolsa transparente + 19 °C. T2: bolsa transparente + 4 °C. T3: bolsa transparente + 7 °C. T4: bolsa negra + 19 °C. T5: bolsa negra + 4 °C. T6: bolsa negra + 7 °C.

La prueba de Tukey al 5 % de probabilidad, arrojó que el almacenamiento en refrigeración (tratamiento T2), ejerce un mejor control de la perecibilidad de las raíces, es decir manteniendo las características físicas visibles asociadas a la pérdida de peso y la frescura del material por un tiempo máximo de 21 y 31 días en ambos morfotipos (Figura 2 y 3).

Las raíces almacenadas a la temperatura de 4 °C con bolsa transparente no mostraron síntomas de susceptibilidad al frío, evidenciado por la inexistencia de desórdenes fisiológicos aparentes y de cambios indeseables en la apariencia general del producto. Sin embargo, se detectaron pérdidas diarias y constante de peso, hasta el final del período de almacenamiento de 1 % en arracacha blanca y de 2 % en amarilla, siendo mayores las mermas a la temperatura de 19°C y 7 °C.

Estos resultados son similares con las referencias de García y Pacheco (2007) para productos con alto contenido de agua, como es el caso de la arracacha (74 g/100 g), pero no así a la temperatura de refrigeración, ya que en estas raíces,

los autores mencionados determinaron que el tiempo de vida útil del producto fue de 3 – 5 días a las temperatura de 10 °C y 28 °C. Por lo que se requiere condiciones de baja temperatura para alargar el tiempo de vida útil obteniendo perdidas mínimas de peso, como lo indica nuestro experimento, que a la temperatura de 4 °C con bolsa trasparente (tratamiento T2), registró bajo porcentaje de pérdida de peso y un tiempo de vida útil más prolongado.

Según Cámara (1984), si se almacenan a bajas temperaturas, se disminuye la tasa de respiración de la arracacha. De esta manera disminuyen las pérdidas por pérdida de agua. En esta investigación la eficiencia fue mayor cuando las arracachas se almacenaron en refrigeración a temperaturas más bajas como es el tratamiento T2 (bolsa transparente y 4 °C) para ambas variedades.

## **4.2. Sólidos solubles (°Brix)**

### **4.2.1. Arracacha blanca**

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la variable grados brix en arracacha blanca (Tabla 13), indica una alta significación estadística al 1% de probabilidades para los factores en estudio (empaque y temperatura) de igual manera para la interacción de dichos factores (empaque por temperatura), lo cual indica que estos factores actúan conjuntamente, es decir que ambos factores producen un efecto en la concentración de grados brix en la arracacha blanca. Para los bloques no se encontró significación estadística.

El coeficiente de variación (CV = 7.07%), indica la variabilidad del material experimental para la variable evaluada, es decir, que las arracachas evaluadas no fueron totalmente homogéneas o que estos no respondieron de la misma forma a los mismos tratamientos (empaque más temperatura). También podrían indicar ciertos errores en la toma de datos. Sin embargo, los datos son confiables.

**Tabla 13.** Análisis de variancia (ANVA) para los °Brix de arracacha blanca, conservada en dos tipos de empaque (bolsa de plástico de polietileno de baja densidad transparente y negra), a temperatura de 4°C, 7°C y 19°C.

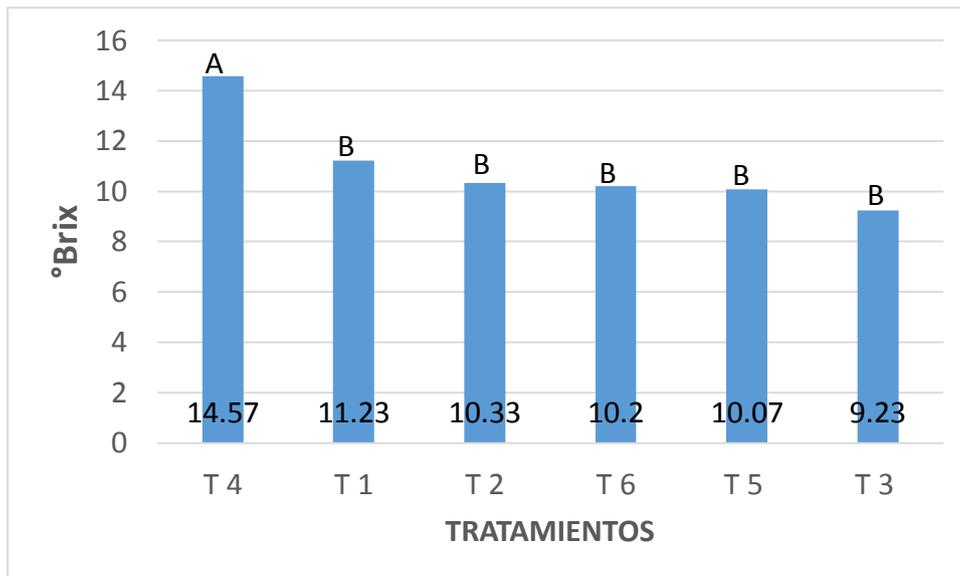
F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Bloque	2	1.81	0.9	1.51 NS	0.2672
Empaque (E)	1	8.13	8.13	13.59 **	0.0042
Temperatura (T)	2	35.31	17.66	29.50 **	0.0001
E X T	2	10.04	5.02	8.39 **	0.0073
Error	10	5.99	0.6		
Total	17	61.28			

**CV = 7.07%**

Al realizar la prueba de rango múltiple de Tukey al 5% de probabilidad (Tabla 14) y (Figura 4), se observa que el tratamiento T 4 (bolsa negra más 19°C) con 14.57°Brix al cabo de 21 días en laboratorio es estadísticamente superior al resto de tratamientos. Es decir, la concentración de azúcares es mayor frente a los demás tratamientos. Los tratamientos T1, T2, T6, T5 y T3 son estadísticamente iguales existiendo entre estos solo diferencia numérica.

**Tabla 14.** Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidades para la interacción de los factores empaque por temperatura.

EMPAQUE	TEMPERATURA	PROMEDIO	SIGNIFICACION
NEGRA	19	14.57	A
TRANS	19	11.23	B
TRANS	4	10.33	B
NEGRA	7	10.2	B
NEGRA	4	10.07	B
TRANS	7	9.23	B



**Figura 4.** °Brix en arracacha blanca, conservada en dos tipos de empaque (bolsa de plástico de polietileno de baja densidad transparente y negra) a 4°C, 7°C y 19°C. T1: bolsa transparente + 19 °C. T2: bolsa transparente + 4 °C. T3: bolsa transparente + 7 °C. T4: bolsa negra + 19 °C. T5: bolsa negra + 4 °C. T6: bolsa negra + 7 °C.

Rainoso (2001), observa un incremento en los °Brix para la arracacha blanca entre 0.29 – 0.42 °Brix/día, caso contrario en nuestra investigación, donde la variación de los °Brix, entre el primer y el último día de evaluación es mayor para el tratamiento T4 y menor para el tratamiento T3 que aumentó a 14.57 y 9.23 °Brix en 21 días de almacenamiento. Finalmente, el análisis (Figura 4), indica que los datos que aportan mayor variabilidad es el tratamiento T4, y los datos de los demás tratamientos no presentan variabilidad, es decir que estadísticamente son iguales.

Se muestra también que la concentración de azúcares es mayor a medida que transcurren los días de maduración a condiciones normales de temperatura y a temperaturas de refrigeración. En comparación con los normales es más lenta su maduración y por lo tanto su aumento de azúcares. Los valores del contenido de sólidos solubles en las raíces van de 7 a 14 en los distintos cultivares (Herrero 1987). El tratamiento T1, T3, T5, T6 y T2 pueden considerarse como materiales con buena concentración de sólidos solubles porque están dentro del rango, mientras que el tratamiento T4 supera los valores, por lo tanto, ya no es apto para el consumo.

#### 4.1.1. Arracacha amarilla

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la variable °Brix en arracacha amarilla (Tabla 15), muestra alta significación estadística para el factor temperatura, al 5 % de probabilidades, lo cual indica que la temperatura causa efecto en la concentración de °Brix en arracacha amarilla. Para el factor empaque no se encontró significación estadística al igual que la interacción, este resultado indica que el factor temperatura actúa independientemente, por lo que realizaremos la prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidades para determinar en mejor nivel de dicho factor significativo.

El coeficiente de variación (CV = 14.56 %), indica la variabilidad del material experimental para la variable evaluada, es decir, que las arracachas evaluadas no fueron totalmente homogéneas o que estos no respondieron de la misma forma a los mismos tratamientos (empaque más temperatura). También podrían indicar ciertos errores en la toma de datos. Sin embargo, los datos son confiables.

**Tabla 15.** Análisis de variancia (ANVA) para °Brix en arracacha amarilla conservada en dos tipos de empaque (bolsa de plástico de polietileno de baja densidad transparente y negra) a temperatura de 4 ° C, 7°C y 19°C.

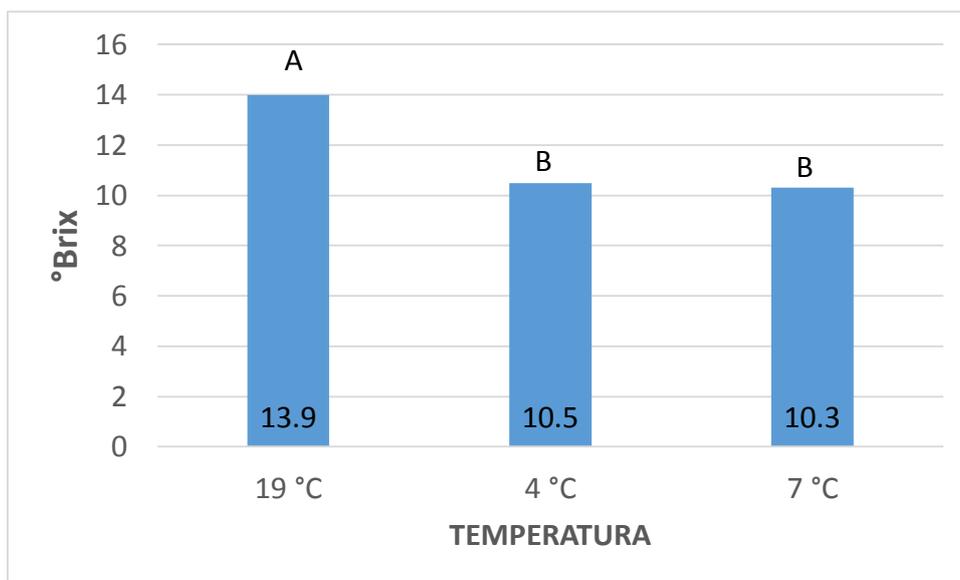
F.V.	GL	SC	CM	F		p-valor
Bloque	2	2.29	1.15	0.4	NS	0.6796
Empaque (E)	1	6.97	6.97	2.5	NS	0.1491
Temperatura (T)	2	51.19	25.6	8.98	**	0.0059
E X T	2	20.87	10.4	3.66	NS	0.0642
Error	10	28.52	2.85			
Total	17	109.84				

**CV = 14.56 %**

En la tabla 16, al realizar la prueba de Tukey al 5% de probabilidades, observamos que el nivel t1 (19°C) con una media de 13.9 es estadísticamente superior al resto. Es decir, la concentración de azúcares es mayor frente a los demás niveles. Para los niveles t2 y t3 (4°C y 7°C), la concentración de azúcares es menor y por lo tanto son los mejores para el consumo y estadísticamente son iguales existiendo entre estos solo diferencia numérica.

**Tabla 16.** Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidades para el factor significativo (Temperatura) en arracacha amarilla.

TEMPERATURA	MEDIAS	SIGNIFICACION
19	13.9	A
4	10.5	B
7	10.3	B



**Figura 5.** °Brix en arracacha amarilla, conservada a 19°C, 4°C y 7°C.

García y Pacheco (2007) determinaron que los °Brix se mantuvieron estables hasta el final del período de almacenamiento de cinco días, para ambos morfotipos, caso contrario sucedió con nuestro experimento donde si hubo un aumento de los °Brix. Para la temperatura de 19 °C fue mayor que a las temperaturas de 4 y 7 °C (Figura 4 y 5).

Según Pico (1999), con la maduración se observa un aumento del contenido de sólidos solubles a medida que los polisacáridos complejos que existen se degradan por el proceso de respiración en azúcares simples, es así como se observa la variación de los °Brix de las muestras de control a la temperatura de 19°C el contenido de azúcar es superior a los 4°C y 7°C, es decir que el nivel de degradación en azúcar es mayor (Figura 4 y 5). Esta variedad presenta buena concentración de sólidos solubles porque están dentro de los valores indicado por (Herrero 1987).

### 4.3. Potencial de hidrógeno (pH)

#### 4.3.1. Arracacha blanca

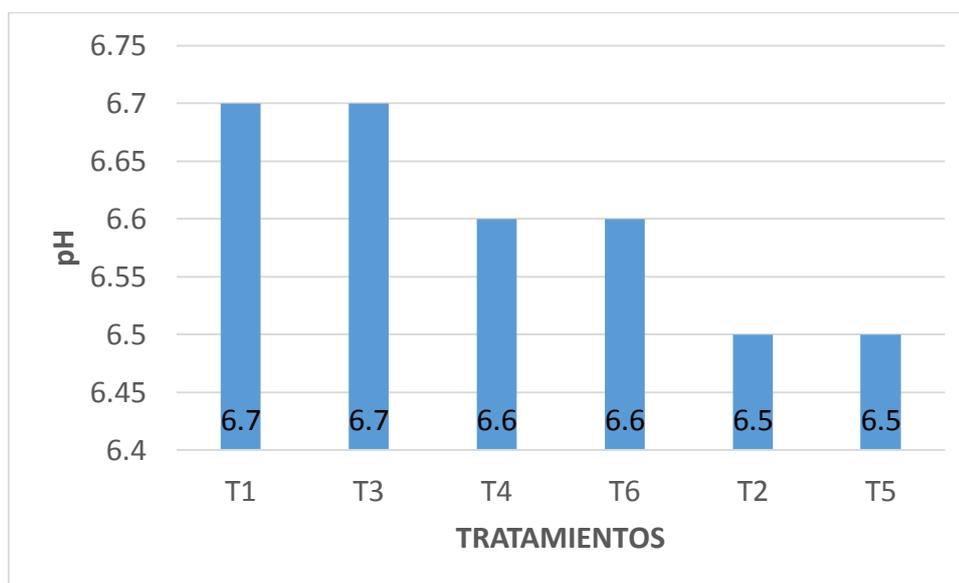
Los resultados del ANOVA para el pH de arracacha blanca (Tabla 17), indican que no existe significación estadística para los factores de igual manera para la interacción de dichos factores. Este resultado indica que no existen diferencias estadísticas entre los tratamientos que la diferencia es solo numérica.

El coeficiente de variación (CV = 1.75%) indica la variabilidad del material experimental para la variable evaluada, es decir, que las arracachas evaluadas no fueron totalmente homogéneas o que estos no respondieron de la misma forma a los mismos tratamientos (empaques más temperatura), podría incluir también cierto nivel de error en la toma de datos o en la conducción del experimento. Sin embargo, los datos son confiables.

**Tabla 17.** Análisis de variancia (ANVA) para el pH en arracacha blanca conservada en dos tipos de empaque (bolsa de plástico de polietileno de baja densidad transparente y negra), a temperatura de 4°C, 7°C y 19°C.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Bloque	2	0.05	0.02	1.79 NS	0.2163
Empaque (E)	1	0.01	0.01	0.57 NS	0.469
Temperatura (T)	2	0.11	0.05	4.06 NS	0.0513
E X T	2	0.00018	0.000089	0.01 NS	0.9934
Error	10	0.13	0.01		
Total	17	0.3			

CV = 1.75%



**Figura 6.** Promedios del pH de la arracacha blanca conservada en dos tipos de empaque (bolsa de plástico de polietileno de baja densidad transparente y negra) a 4°C, 7°C y 19°C. T1: bolsa transparente + 19 °C. T2: bolsa transparente + 4 °C. T3: bolsa transparente + 7 °C. T4: bolsa negra + 19 °C. T5: bolsa negra + 4 °C. T6: bolsa negra + 7 °C.

Según Rainoso (2001), este parámetro es importante ya que según el valor que tenga puede crear un ambiente propicio o no para el desarrollo de microorganismos. El pH no muestra significación estadística para los factores, de igual manera para la interacción, esto quiere decir que no hubo un efecto de la temperatura y empaque sobre el pH, sin embargo, esta variedad es muy delicada y necesita ser cuidada desde el momento de la cosecha para evitar pérdidas de alimento en fresco, como lo indica Espinoza *et al.* (1996).

#### 4.3.2. Arracacha amarilla

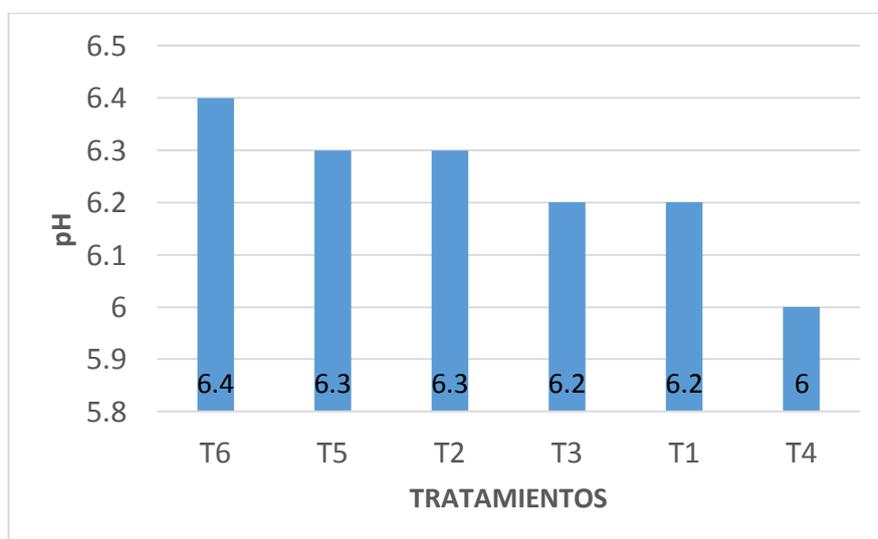
Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el pH en arracacha amarilla (Tabla 19), indica que no existe significación estadística para los factores de igual manera para la interacción de dichos factores. Este resultado indica que no existen diferencias estadísticas entre los tratamientos que la diferencia es solo numérica.

El coeficiente de variación (CV = 2.95%) indica la variabilidad del material experimental para la variable evaluada, es decir, que las arracachas evaluadas no fueron totalmente homogéneas o que estos no respondieron de la misma forma a los mismos tratamientos (empaque más temperatura), podría incluir también cierto nivel de error en la toma de datos o en la conducción del experimento. Sin embargo, los datos son confiables.

**Tabla 19.** Análisis de variancia (ANVA) para el pH en arracacha amarilla conservada en dos tipos de empaque (bolsa de plástico de polietileno de baja densidad transparente y negra), a temperatura de 4°C, 7°C y 19°C.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
Bloque	2	0.11	0.06	1.67 NS	0.2373
Empaque (E)	1	0.0024	0.0024	0.07 NS	0.7923
Temperatura (T)	2	0.16	0.08	2.37 NS	0.1435
E X T	2	0.1	0.05	1.52 NS	0.2656
Error	10	0.34	0.03		
Total	17	0.71			

**CV = 2.95%**



**Figura 7.** Promedios del pH de la arracacha amarilla conservada en dos tipos de empaque (bolsa de plástico de polietileno de baja densidad transparente y negra) a 4°C, 7°C y 19°C. T1: bolsa transparente + 19 °C. T2: bolsa transparente + 4 °C. T3: bolsa transparente + 7 °C. T4: bolsa negra + 19 °C. T5: bolsa negra + 4 °C. T6: bolsa negra + 7 °C.

Para la variable pH, no muestra significación estadística para los factores, de igual manera para la interacción. Quiere decir que no hubo efecto de la temperatura y el empaque en esta variedad, mostrándose como la más resistente, como lo indica (Espinoza et al. 1996).

#### 4.4. Daños de patógenos

Durante el período en que se desarrolló el experimento, los agentes patógenos identificados fueron el hongo *Fusarium sp* y la bacteria *Erwinia carotovora sp*.



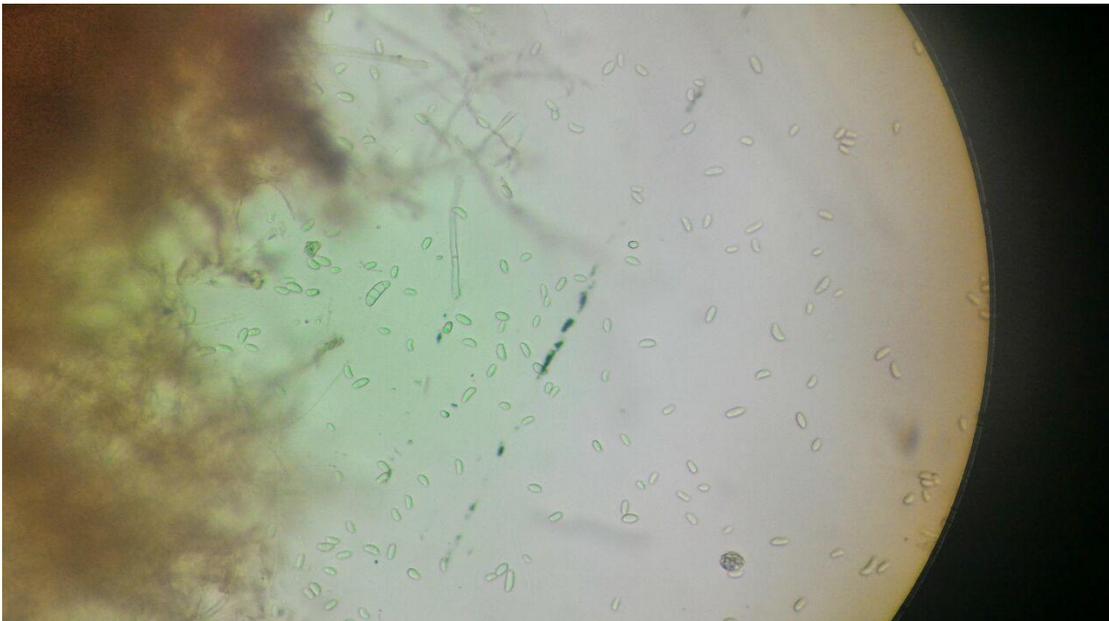
**Figura 8.** Desarrollo del daño patológico producido por la bacteria *Erwinia carotovora sp*.

La bacteria *Erwinia carotovora sp*, es considerada como la más dañina durante el almacenamiento de las raíces, esta bacteria se desarrolla principalmente a altas temperaturas (Hermann 1997).

Produce la desintegración de la raíz por la acción de enzimas específicas que atacan los tejidos vegetales, provocando una podredumbre acuosa, esta también se penetra en las raíces por heridas (Ames 1997).



**Figura 9.** Desarrollo del daño patológico producido por el hongo *Fusarium* sp.



**Figura 10.** Hongo *Fusarium* sp. Observada en el microscopio.

*Fusarium* sp, es un hongo que causa daño a la raíz durante el almacenamiento tanto en el campo como en sitios de comercialización. Este es un patógeno que se presenta esporádicamente o cuando las condiciones son adecuadas para el desarrollo de estos patógenos (Ochoa y Fonseca 1999).

Cabe indicar que la especie *Fusarium* sp es habitante natural del suelo que sobrevive como saprofitos en desechos vegetales y encuentra un hábitat

perfecto en las raíces, sobre todo si han sufrido lesiones. Es un medio excepcional en la arracacha ya que es rica en azúcares y en almidón. Este hongo causa pudrición seca, luego la raíz pierde su textura y se resquebraja fácilmente (Ames 1997).

Todas las pudriciones observadas son producidas por estos agentes patógenos que generalmente ocurren en el periodo de poscosecha. La variedad blanca es muy susceptible a ciertos tipos de hongos a excepción de la amarilla que es más resistente.

#### 4.5. Daños fisiológicos



**Figura 11.** Al cortar longitudinalmente una raíz con deterioración fisiológica se observa pudrición de tejido.



**Figura 12.** Pudrición blanda (acuosa).

#### 4.5.1. Arracacha blanca

Entre los siete y 15 días de almacenamiento, no presentaron signos de daños fisiológicos, a excepción de los tratamientos T1 y T4 (bolsa transparente y negra a temperatura de 19 °C) cuyos daños fueron evidentes en la primera semana de evaluación con un porcentaje entre 20 % y 40 %, tal como se muestra (Tabla 20).

**Tabla 20.** Daños fisiológicos (en % de área afectada), según los días de almacenaje de arracacha blanca.

Trat.	Días de almacenaje									
	1	3	5	8	10	12	15	17	19	21
T1	0	20	40	40	40	60	60	60	80	80
T2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
T3	0	0	0	0	0	0	0	20	20	40
T4	0	0	20	40	40	60	60	80	80	100
T5	0	0	0	0	0	0	0	20	40	40
T6	0	0	0	0	0	0	20	20	40	40

#### 4.5.2. Arracacha amarilla.

Entre los siete y 22 días de almacenamiento, no presentaron signos de daños fisiológicos, a excepción de los tratamientos T1 y T4 (bolsa transparente y bolsa negra a temperatura de 19 °C) cuyos daños fueron evidentes en la primera semana de evaluación con un porcentaje de 20 %, tal como se muestra (Tabla 21).

**Tabla 21.** Daños fisiológicos (en % de área afectada), según los días de almacenaje de arracacha amarilla.

Trat.	Días de almacenaje													
	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29	31
T1	0	0	20	20	40	40	60	60	60	80	80	80	80	100
T2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
T3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	40
T4	0	0	0	20	20	20	40	40	40	60	60	60	60	80
T5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	40
T6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	20	40	40

Los principales daños encontrados después de los tres días de almacenamiento, tanto a temperatura ambiente como de refrigeración, fueron manchas oscuras, áreas blandas y acuosas, que condujeron en corto tiempo a una pudrición blanda del tejido, como consecuencia de los daños previos por magulladuras. Estos daños, también fueron observado por Souza *et al.* (2003), quien explica que los impactos originan deformaciones con rupturas superficiales que aceleran los procesos metabólicos y, por ende, la degradación del tejido, manifestada por cambios en la textura, color, sabor y olor que propician la fermentación y un medio para el crecimiento y desarrollo de microorganismos que deterioran la calidad del producto fresco.

#### 4.6. Evaluación del deterioro y vida útil.

##### 4.6.1. Arracacha blanca.

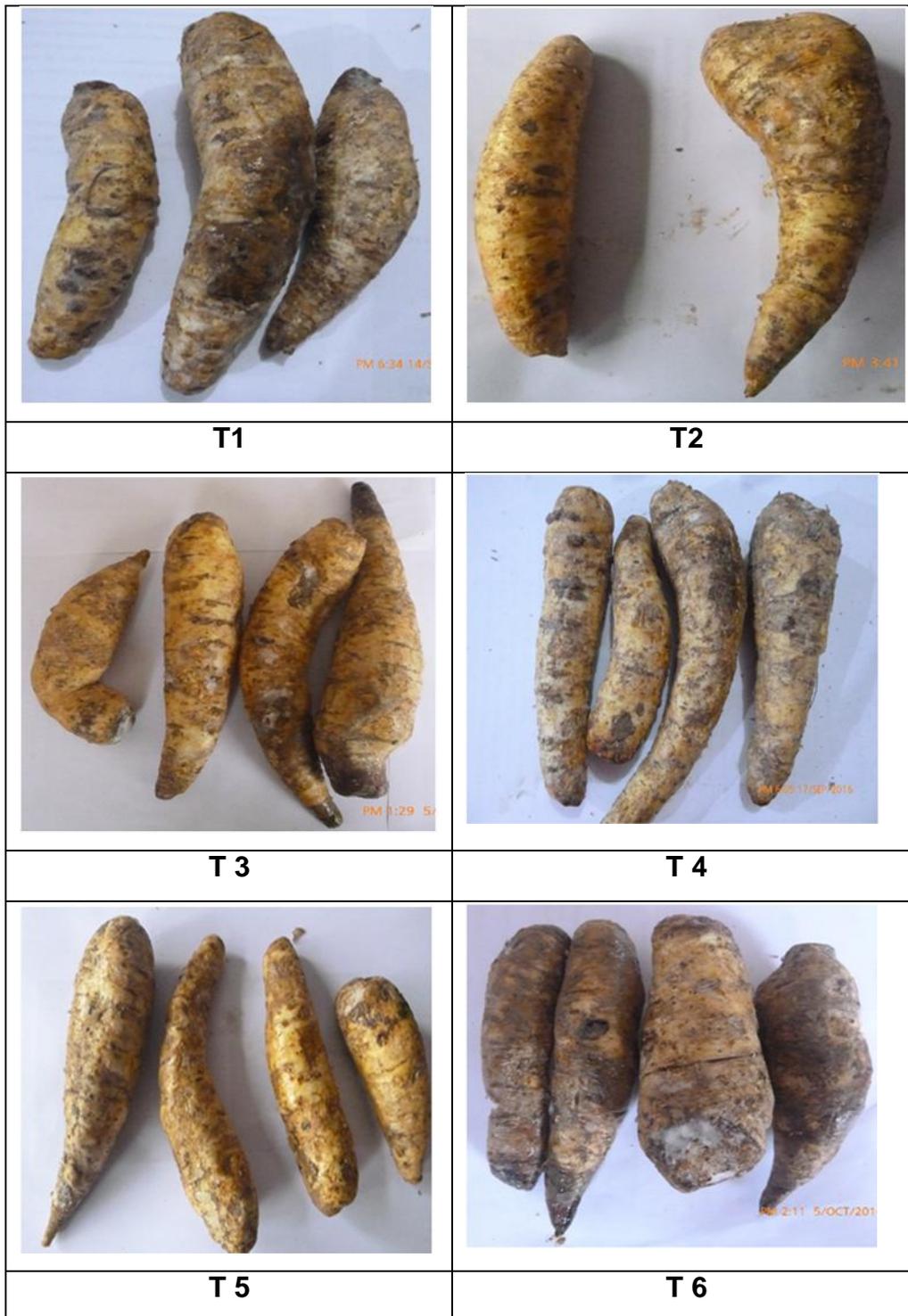
**Tabla 22.** Evaluación del deterioro y vida útil de arracacha blanca con dos tipos de empaque (bolsa de plástico de polietileno de baja densidad transparente y negra) y tres temperaturas 4, 7 y 19°C.

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN	HR (%)	VIDA UTIL (DÍAS POSCOSECHA)	CARACTERÍSTICAS
T 1	Bolsa transparente + 19°C	50	3	A. Crema oscuro y café oscuro B. 20 % C. 5 %
T 2	Bolsa transparente + 4°C	70	21	A. Crema oscuro, blanco y café oscuro B. 20 % C. 1 %
T 3	Bolsa transparente + 7°C	70	17	A. Crema oscuro, blanco y café oscuro B. 20 % C. 2 %
T 4	Bolsa negra + 19°C	50	5	A. Crema oscuro, café oscuro y crema suave B. 20 % C. 5 %
T 5	Bolsa negra + 4°C	70	17	A. Crema oscuro y café oscuro B. 20 % C. 1 %
T 6	Bolsa negra + 7°C	70	15	A. Crema oscuro, café oscuro y blanco B. 20 % C. 2 %

A. Color.

B. Aparición de manchas en la superficie.

C. % pérdida de peso.



**Figura 12.** Fotografías del proceso de deterioro de arracacha blanca. T 1 (Bolsa transparente + 19 °C) a tres días, T 2 (Bolsa transparente + 4 °C) a 21 días, T 3 (Bolsa transparente + 7 °C) a 17 días T 4 (Bolsa negra + 7 °C) a cinco días, T 5 (Bolsa negra + 4 °C) a 17 días y T 6 (Bolsa negra + 7 °C) a 15 días de conservación.

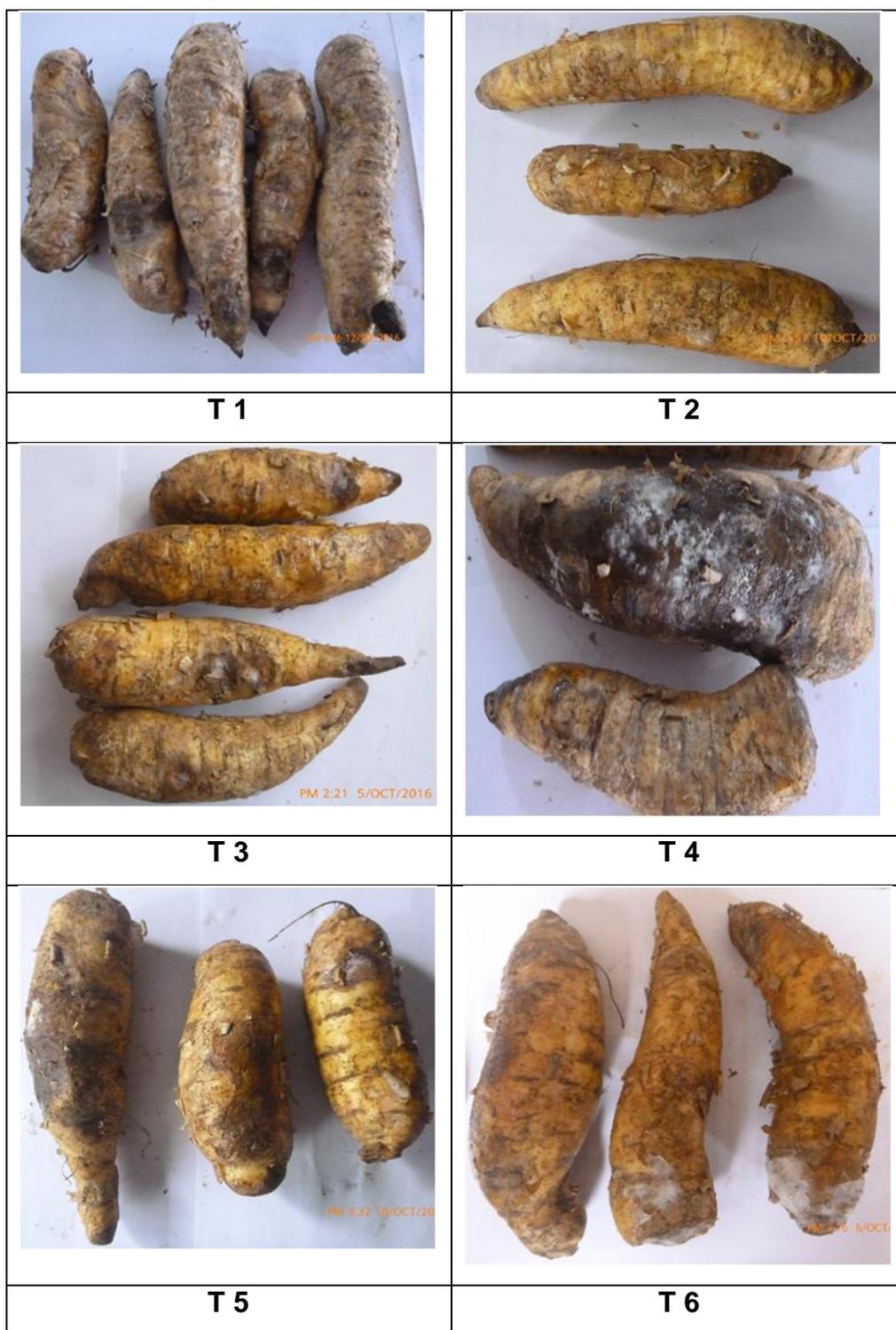
Hermann (1997) dice que la vida útil de la arracacha blanca a 25 °C es generalmente de una semana, entre las principales causas de deterioro está la pérdida rápida de peso y posteriormente la pudrición de la raíz y recomienda el almacenamiento a baja temperatura para alargar la vida de arracacha blanca. Es así como se demuestra en nuestro experimento que almacenando a temperaturas de refrigeración se conserva hasta 21 días (Tabla 23), utilizando bolsa transparente a 4 °C.

#### 4.6.1. Arracacha amarilla.

**Tabla 23.** Evaluación del deterioro y vida útil de arracacha amarilla con dos tipos de empaque (bolsa de plástico de polietileno de baja densidad transparente y negra) y tres temperaturas 4,7 y 19°C.

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN	HR (%)	VIDA UTIL (DÍAS POSCOSECHA)	CARACTERÍSTICAS
T 1	Bolsa transparente + 19°C	50	5	A. Amarillo y café oscuro B. 20 % C. 5 %
T 2	Bolsa transparente + 4°C	70	31	A. Amarillo, café oscuro y blanco B. 20 % C. 2 %
T 3	Bolsa transparente + 7°C	70	26	A. Amarillo, blanco y café oscuro B. 20 % C. 2 %
T 4	Bolsa negra + 19°C	50	8	Amarillo, blanco y café oscuro B. 20 % C. 9 %
T 5	Bolsa negra + 4°C	70	26	A. Amarillo, blanco y café oscuro B. 20 % C. 3 %
T 6	Bolsa negra + 7°C	70	22	Amarillo, blanco y café oscuro B. 20 % C. 8 %

- A. Color.
- B. Aparición de manchas en la superficie.
- C. Pérdida de peso.



**Figura 13.** Fotografías del proceso de deterioro de arracacha amarilla. T 1 (Bolsa transparente + 19 °C) a cinco días, T 2 (bolsa transparente + 4 °C) a 31 días, T 3 (Bolsa transparente + 7 °C) a 26 días, T4 (Bolsa negra + 7 °C) a ocho días, T5 (Bolsa negra + 4 °C) a 26 días y T6 (Bolsa negra + 7 °C) a 22 días de conservación.

Según Chica y Osorio (2003) la vida útil de un alimento es el tiempo en el cual éste conserva sus propiedades fisicoquímicas, organolépticas y nutricionales. Cuando se afecta estas propiedades se observa el cambio de color y el cambio de apariencia por la presencia de manchas y hongos en la superficie y por la pérdida de peso y esto influye notablemente en las decisiones de compra del consumidor. En este experimento, en ambas variedades, el tratamiento T2 (bolsa transparente más 4 °C) conservó mejor su apariencia y color por 21 y 31 días de almacenamiento para las variedades blanca y amarilla, respectivamente.

Thompson (1998) menciona que las pérdidas se pueden evaluar con base a estándares de calidad y están relacionadas a las pérdidas físicas. En nuestra investigación se observó el cambio de color, la aparición de manchas en la superficie, pérdida de peso y daños patológicos y fisiológicos que determinaron la calidad y vida útil de los cultivares de arracacha blanca y amarilla.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

- El tipo de empaque (bolsa de plástico de polietileno de baja densidad transparente y negra) y temperatura, aplicados a las arracachas blanca y amarilla mostraron interacción en las variables pérdida de peso en ambos morfotipos y grados brix en la arracacha blanca.
- El tipo de empaque (bolsa de plástico de polietileno de baja densidad transparente y negra) y temperatura no mostraron interacción en las variables pH en ambos morfotipos y grados brix en la variedad amarilla.
- El tiempo de vida útil y calidad para consumo fue mayor en la arracacha amarilla con 31 días. En cambio, en la arracacha blanca fue de solo de 21 días.
- Los cambios más importantes durante el proceso de deterioro de la calidad de las arracachas amarilla y blanca fue, la aparición de manchas en la superficie, cambio de color y pérdida de peso, con mayor porcentaje en las arracachas blancas.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Para garantizar la calidad del producto fresco, se sugiere conservarlo bajo condiciones de refrigeración (4 °C y 70 % de HR, en bolsa plástica de polietileno de baja densidad transparente), previa selección y limpieza, con la finalidad de reducir el deterioro, la pérdida de peso y de apariencia del producto, dada la susceptibilidad de la raíz a la alta temperatura.
- Repetir el experimento, tomando en consideración la determinación de materia seca y vida útil; además ensayar con otros tipos de envase o cubierta para la conservación.

## BIBLIOGRAFÍA

Amaya, J; Julca, J. 2006. Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). Biodiversidad y conservación de los recursos fitogenéticos andinos. Gerencia regional de recursos naturales y conservación del medio ambiente. 15 p.

Ames, T. 1997. Enfermedades fungosas y bacterianas de raíces y tubérculos andinos. Lima, Perú, CIP. 172 p.

Alzamora, SM; Guerrero, SN; Nieto, AB; Vidales, SL. 2004. Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnologías combinadas. (En línea). Consultado 22 de mayo 2016. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-y5771s.pdf>

Cámara, AF. 1984. Manejo pós-colheita da mandiocinha-salsa. Informe agropecuario. Brasil.

Celedón, L. 2005. Estudio del efecto de tres coberturas de ceras naturales, sobre la prolongación de la vida de almacenaje refrigerado de palta (*Persea Americana* Mill.) cv. Fuerte en dos estados de madurez. Tesis. Bach. Quillota, CL. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 73 p. (en línea). Consultado 29 mayo 2016. Disponible en [http://www.avocadosource.com/papers/Chile\\_Papers\\_A-Z/A-B-C/CeledonLuis2005.pdf](http://www.avocadosource.com/papers/Chile_Papers_A-Z/A-B-C/CeledonLuis2005.pdf)

Código Alimentario. 1967. Principios Generales. 19 p. (en línea). Consultado 2 de junio 2016. Disponible en <http://pendientedemigracion.ucm.es/info/nutrihum/ResumenCodigoAlimentario.pdf>

Chica, CB; Osorio, SS. 2003. Determinación de la vida de anaquel del chocolate de mesa sin azúcar en una película de polipropileno. Tesis Ing. Colombia. UNC. 90 p.

Delgado, A. 1978. Almacenamiento y conservación de raíces de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Serbiluz. 4(4): 310-317.

Duarte, E. s.f. Manufactura de envases plásticos para contener productos alimenticios. Instituto de Ingeniería Industrial. México, México. 26 p.

Espinoza, P; Vaca, R; Abad, J; Crissman, C. 1996. Raíces y tubérculos andinos, cultivos marginados en el Ecuador. Quito, Ecuador. Abya-Yala. p. 130-135.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia).1993. Manual de capacitación prevención de pérdidas de alimentos poscosecha: frutas, hortalizas, raíces y tubérculos. FAO. Italia, Roma. 183 p.

García, A; Pacheco, DE. 2007. Efecto de la temperatura sobre la calidad de postcosecha del Apio Criollo. *Agronomía Trop.* 57(4): 323-330.

Gallardo, F. 2007. El refractómetro. *Infoexplora región de la Araucanía* (2, 2007, s. l., Chile). s. l., Chile, CONICYT. p. 4 – 8.

Hardenburg, RE; Watada, EA; Wang, YC. 1988. Almacenamiento comercial de frutas, legumbres y existencias de floristerías y viveros. IICA. San José, Costa Rica, Cidia. 69 p.

Hermann, M. 1997. Andean roots and tubers: Ahipa, arracacha, maca and yacon. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Institute of plant Genetics and Crop Plant Research FAO. Rome, Italia. p. 92-111.

Henz, P. 1995. Métodos de conservación postcosecha de mandioquinha-salsa. En: V Encuentro Nacional sobre mandioquinha-salsa. Venda nova do imigrante, Brasil.

Herrero E. 1987. Evaluación de cultivares de zanahoria (*Daucus carota*) para industrialización y consumo fresco en Tierra Blanca de Cartago. Tesis de licenciatura. Grecia, Costa Rica, UCR. 51 p.

INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria), Dirección de Investigación Agraria. 2008. Arracacha. p. 3. (en línea). Consultado 27 de mayo 2016. Disponible en <http://www.inia.gob.pe/images/ProductosServicios/publicacion/HojasDivulgativas/2008/Hoja%203%20-%20ARRACACHA.pdf>

Kader, A; Kasmire, RF; Mitchel, G; Reid, MS; Sommer, NF; Thompson, JF. 1985. Poscosecha de la biología y la tecnología: Postcosecha tecnología de cultivos hortícolas. p. 3-7.

Lizana, A. 1992. El papel de la tecnología postcosecha en el comercio latinoamericano de productos hortofrutícolas. En: Memorias de la I Reunión Latinoamericana de tecnología Postcosecha. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Iztapalapa, México. p. 1-11.

Martens, M; Baardseth, P. 1987. Sensory quality: Postharvest physiology of vegetables. Marcel Dekker Inc. New York. p 424.

Mirallas, MV. 2013. Caracterización del jugo de naranja que se comercializa en caluma. Propuesta de conservación para aumentar su vida útil. Tesis Ing. Químico. Guayaquil, Colombia, UG. 121 p.

Muñoz, G; Giraldo, G y Fernández, J. 1993. Descriptores varietales: arroz, frijol, maíz, sorgo, CIAT. 174 p.

Navarro, H. 2013. Logística en la cadena de frío. Proexport. Colombia. 35 p.

Ochoa, J; Fonseca, G. 1999. Reconocimiento, identificación y caracterización de los agentes causales que están produciendo enfermedades fungosas y bacterianas en los cultivos de Melloco, Zanahoria blanca y Oca en Ecuador. Quito, Ecuador, INIAP, EESC.

Phan, Ch. 1987. Temperature effects on metabolism: Postharvest physiology of vegetables. Marcel Dekker Inc. New York. 173 p.

Pérez, F. 1997. Manual de fisiología, patología post-cosecha y control de calidad de frutas y hortalizas. 2 ed. Quindío, Colombia. Sena Regional Quindío. p. 85-361.

Pico, D. 1999. Estudio del efecto del uso de recubrimientos sobre la calidad de Piña Cayena Champaca durante el almacenamiento que simule un proceso de exportación. Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Química. Quito, Ecuador. EPN. p. 23.

Rainoso, AV. 2001. Evaluación de las pérdidas de calidad postcosecha de la Zanahoria Blanca (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). Tesis Lic. Ing. Química. Quito, Ecuador, PUCE. 118 p.

Roncal, MS. 2004. Principios de fitopatología andina. Cajamarca, Perú, UNC. 420 p.

Rodríguez, IH. 2013. Fichas técnicas de empaque, envase y embalaje. Plástico, fichas técnicas. 57 p. (En línea). Consultado 20 de abril 2017. Disponible en [http://www.envapack.com/book/descargas/fichas\\_2013.pdf](http://www.envapack.com/book/descargas/fichas_2013.pdf).

Sánchez, T; Alonso, L. s.f. Conservación y acondicionamiento de las raíces frescas. Cap. 27. s. I. p. 503 - 526.

Santos, F dos. s.f. Raíces andinas. Contribuciones al conocimiento y a la capacitación. Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) etnobotánica y producción: Algunos resultados de la investigación aplicada en arracacha en Brasil. 287 p.

Salas, S; Seminario, J; Vargas, M; Seminario, A. CIP (Centro Internacional de la Papa). 1999. Aspectos socioeconómicos y productivos de diecisiete caseríos de Sócota, provincia de Cutervo, involucrados en la producción de rallado de Arracacha. Informe técnico. 63 p.

Seminario, J; Coronel, T. 2004. Aspectos etnobotánicos y económicos de la arracacha en Mollebambaba, Huambos. Raíces andinas. Contribuciones al conocimiento y la capacitación. CIP, UNC, COSUDE. p. 261-277.

Seminario, J. 1999. Aspectos socioeconómicos y arte de la arracacha en Sucse (Sócota, Cutervo), Departamento de Cajamarca, Perú. Promoción de Cultivos Andinos: Desarrollo de Agroindustrias y Mercados para la Arracacha. (1, 1999, Lima, Perú). Lima, Perú, Condesan. 3 p.

Souza, R; Henz, G y Peixoto, J. 2003. Incidência de injúrias mecânicas em raízes de mandiocinhasalsa na cadeia de pós-colheita. Horticultura Brasileira. 21(4): 712-718.

Tapia, M. 1992. Cultivos marginados de la región andina: Cultivos marginados otra perspectiva de 1942. Colección FAO: producción y protección vegetal. P. 166 – 170.

Thompson, A. 1998. Tecnología postcosecha de frutas y hortalizas. Convenio SENA-Reino Unido. Colombia. 143 p.

Tapia, ME; Fries, AM. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. FAO y ANPE. Lima. 209 p.

Universidad Nacional Agraria La Molina. Programa de Investigación y Proyección Social en Raíces y Tuberosas.

Valera, A; Materano, W; Maffei, M; Quintero, I; Zambrano, J. 2011. Uso de recubrimientos comestibles y baja temperatura para mantener la calidad durante almacenamiento de frutos de mango bocado (En línea). Revicyhluz 28:1. Consultado 23 mayo 2016. Disponible en <http://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/12530>.

Wheatley, C; Fernandez, F. 1983. Almacenamiento de raíces frescas de yuca: Guía de estudio para hacer usada como complemento de la unidad auditorial sobre el mismo tema. CIAT (Serie 04SC). 7(5): 35 p.

## ANEXO

### 1. Pérdida de peso.

**Tabla 24.** Porcentaje de pérdida de peso en arracacha blanca.

EMPAQUE	TRANSPARENTE			NEGRA			TOTAL
	19	4	7	19	4	7	
TEMPERATURA							
I	26.03	4.9	6.2	30.52	4.17	9.26	81.06
II	26.74	4.48	5.9	33.47	7.24	9.55	87.39
III	22.28	6.07	7.4	30.91	5.41	9.59	81.62
<b>TOTAL</b>	<b>75.05</b>	<b>15.45</b>	<b>19</b>	<b>94.9</b>	<b>16.82</b>	<b>28.4</b>	<b>250.07</b>
<b>PROM.</b>	<b>25.02</b>	<b>5.15</b>	<b>6.48</b>	<b>31.63</b>	<b>5.61</b>	<b>9.47</b>	<b>13.89</b>

**Tabla 25.** Porcentaje de pérdida de peso en arracacha amarilla.

EMPAQUE	TRANSPARENTE			NEGRA			TOTAL
	19	4	7	19	4	7	
TEMPERATURA							
I	26.28	9.81	11.39	38.17	15.5	19.82	120.99
II	21.13	9.1	10.94	37.17	6.8	10.31	95.45
III	27.28	7.49	11.83	37.29	7.49	20.44	111.82
<b>TOTAL</b>	<b>74.69</b>	<b>26.4</b>	<b>34.16</b>	<b>112.6</b>	<b>29.8</b>	<b>50.57</b>	<b>328.26</b>
<b>PROM.</b>	<b>24.90</b>	<b>8.80</b>	<b>11.39</b>	<b>37.54</b>	<b>9.94</b>	<b>16.86</b>	<b>18.24</b>

### 2. Sólidos solubles (°Brix).

➤ °Brix inicial = 6

**Tabla 26.** Promedio de los °Brix en arracacha blanca.

EMPAQUE	TRANSPARENTE			NEGRA			TOTAL
	19	4	7	19	4	7	
TEMPERATURA							
I	10.70	10.40	8.70	13.80	10.60	10.40	64.6
II	12.40	10.20	9.20	16.30	10.00	10.20	68.3
III	10.60	10.40	9.80	13.60	9.60	10.00	64
<b>TOTAL</b>	<b>33.7</b>	<b>31</b>	<b>27.7</b>	<b>43.7</b>	<b>30.2</b>	<b>30.6</b>	<b>196.9</b>
<b>PROM.</b>	<b>11.23</b>	<b>10.33</b>	<b>9.23</b>	<b>14.57</b>	<b>10.07</b>	<b>10.20</b>	<b>10.94</b>

➤ °Brix inicial = 5

**Tabla 27.** Promedio de los °Brix en arracacha amarilla.

EMPAQUE	TRANSPARENTE			NEGRA			TOTAL
	19	4	7	19	4	7	
TEMPERATURA							
I	13.90	10.50	9.90	13.80	9.40	11.40	68.9
II	10.70	10.10	9.70	15.10	9.60	12.20	67.4
III	11.40	12.80	9.80	19.00	10.50	9.00	72.5
TOTAL	36	33.4	29.4	47.9	29.5	32.6	208.8
PROM.	12.00	11.13	9.80	15.97	9.83	10.87	11.60

### 3. pH.

➤ pH inicial = 6.6

**Tabla 28.** Promedio de pH en arracacha blanca.

EMPAQUE	TRANSPARENTE			NEGRA			TOTAL
	19	4	7	19	4	7	
TEMPERATURA							
I	6.70	6.63	6.52	6.56	6.42	6.57	39.4
II	6.70	6.61	6.74	6.77	6.44	6.62	39.88
III	6.72	6.41	6.87	6.68	6.64	6.83	40.15
TOTAL	20.12	19.65	20.13	20.01	19.5	20.02	119.43
PROM.	6.71	6.55	6.71	6.67	6.50	6.67	6.64

➤ pH inicial = 6.49

**Tabla 29.** Promedio de pH en arracacha amarilla.

EMPAQUE	TRANSPARENTE			NEGRA			TOTAL
	19	4	7	19	4	7	
TEMPERATURA							
I	6.02	6.12	6.14	6.32	6.18	6.56	37.34
II	6.15	6.28	6.07	5.59	6.26	6.30	36.65
III	6.29	6.39	6.33	6.10	6.36	6.33	37.8
TOTAL	18.46	18.8	18.54	18.01	18.8	19.19	111.79
PROM.	6.15	6.26	6.18	6.00	6.27	6.40	6.21

#### 4. Evaluación del deterioro y vida útil.

##### 4.1. Arracacha blanca

**Tabla 30.** Evaluación del deterioro y vida útil de arracacha blanca con bolsa transparente a 19°C.

Característica	DIAS		
	1	2	3
Color	Crema oscuro	Crema oscuro	Crema oscuro y café oscuro
% de manchas en la superficie	0%	0%	20%
% de pérdida de peso	0%	1.64%	4.46%

**Tabla 31.** Evaluación del deterioro y vida útil de arracacha blanca con bolsa transparente a 4°C.

Característica	DIAS							
	1	5	8	10	12	15	17	21
Color	Crema oscuro	Crema oscuro, blanco y café oscuro						
% de manchas en la superficie	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%
% de pérdida de peso	0%	0.15%	0.20%	0.25%	0.31%	0.41%	0.51%	0.71%

**Tabla 32.** Evaluación del deterioro y vida útil de arracacha blanca con bolsa transparente a 7°C.

Característica	DIA							
	1	3	5	8	10	12	15	17
Color	Crema oscuro	Crema oscuro, blanco y café oscuro						
% de manchas en la superficie	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%
% de pérdida de peso	0%	0.44%	0.93%	0.98%	1.09%	1.20%	1.31%	1.58%

**Tabla 33.** Evaluación del deterioro y vida útil de arracacha blanca con bolsa negra a 19 °C.

Característica	DIA				
	1	2	3	4	5
Color	Crema oscuro	Crema oscuro	Crema oscuro	Crema oscuro	Crema oscuro, café oscuro y crema suave
% de manchas en la superficie	0%	0%	0%	0%	20%
% de pérdida de peso	0%	1.75%	3.80%	4.90%	5.32%

**Tabla 34.** Evaluación del deterioro y vida útil de arracacha blanca con bolsa negra a 4 °C.

Característica	DIA						
	1	3	5	8	10	15	17
Color	Crema oscuro y café oscuro						
% de manchas en la superficie	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%
% de pérdida de peso	0%	0.71%	1.12%	1.18%	1.24%	1.29%	1.41%

**Tabla 35.** Evaluación del deterioro y vida útil de arracacha blanca con bolsa negra a 7 °C.

Característica	DIA						
	1	3	5	8	10	12	15
Color	Crema oscuro	Crema oscuro, café oscuro y blanco					
% de manchas en la superficie	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%
% de pérdida de peso	0.12%	0.30%	1.07%	1.42%	1.66%	1.72%	2.37%

## 4.2. Arracacha amarilla

**Tabla 36.** Evaluación del deterioro y vida útil de arracacha amarilla con bolsa transparente a 19 °C.

Característica	DIA			
	1	2	3	5
Color	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Amarillo y café oscuro
% de manchas en la superficie	0%	0%	0%	20%
% de pérdida de peso	0%	0.20%	4.63%	5.03%

**Tabla 37.** Evaluación del deterioro y vida útil de arracacha amarilla con bolsa transparente a 4 °C.

Característica	DIAS								
	1	5	12	15	19	22	26	29	31
Color	Amarillo	Amarillo, café oscuro y blanco							
% de manchas en la superficie	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%
% de pérdida de peso	0%	0.25%	0.92%	1.02%	1.17%	1.43%	1.58%	1.73%	1.88%

**Tabla 38.** Evaluación del deterioro y vida útil de arracacha amarilla con bolsa transparente a 7 °C.

Característica	DIA								
	1	5	8	12	15	19	22	24	26
Color	Amarillo	Amarillo, blanco y café oscuro							
% de manchas en la superficie	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%
% de pérdida de peso	0%	0.31%	0.66%	0.97%	1.27%	1.63%	1.93%	2.04%	2.14%

**Tabla 39.** Evaluación del deterioro y vida útil de arracacha amarilla con bolsa negra a 19 °C.

Característica	DIA			
	1	3	5	8
Color	amarillo	amarillo	amarillo	Amarillo, blanco y café oscuro
% de manchas en la superficie	0%	0%	0%	20%
% de pérdida de peso	0%	0.15%	4.68%	8.80%

**Tabla 40.** Evaluación del deterioro y vida útil de arracacha amarilla con bolsa negra a 4 °C.

Característica	DIA								
	1	5	8	12	15	19	22	24	26
Color	Amarillo oscuro								
% de manchas en la superficie	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%
% de pérdida de peso	0%	0.55%	0.80%	0.95%	1.15%	2.49%	2.64%	2.89%	3.04%

**Tabla 41.** Evaluación del deterioro y vida útil de arracacha amarilla con bolsa negra a 7 °C.

Característica	DIA							
	1	5	8	12	15	17	19	22
Color	Amarillo	Amarillo, blanco y café oscuro						
% de manchas en la superficie	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%
% de pérdida de peso	0%	2.99%	4.26%	5.27%	6.74%	7.20%	8.16%	8.36%

**Tabla 42.** Propiedades de polietileno de baja densidad (PEBD), polietileno de alta densidad (PEAD), polietileno tereftalato (PET) y cloruro de polivinilo (PVC).

PROPIEDADES	POLIETILENO TEREFTALATO (PET)	POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD)	POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD (PEBD)	CLORURO DE POLIVINILO (PVC)
DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )	1.37 a 1.45	0.95 a 0.96	0.91 a 0.925	1.2 a 1.4
TRANSPARENCIA	Transparente	Opaco	Translucido	Transparente o translucido
SOLUBILIDAD	Alcohol bencílico y fenoles	Xileno, dicloroetileno, absorbe hidrocarburos	Xileno, dicloetileno, absorbe hidrocarburos	Tetrahidrofurano - dimetilformamida
RESISTENCIA A AGUA	Excelente	Excelente	Excelente	excelente
RESISTENCIA A ACIDOS	Moderada	Excelente	Excelente	Buena
RESISTENCIA A GRASAS Y ACEITES	Excelente	Buena	Pobre	Buena
TEMPERATURA DE SELLADO	205 a 220 °C	135 – 154 °F	121 a 176 °C	93 a 177 °C
PROCESOS	Extrucción, inyección, termoformado, soplado	Extrucción, inyección, termoformado.	Extrucción, inyección	Extrucción, inyección, calandrado
APLICACIONES	Películas, termoformados, envases, tapas, bandejas	Películas, láminas, tapas, termoformados, envases	Películas, láminas, envases, tapas	Películas, laminas, envases
RESISTENCIA DE IMPACTO (kg/cm)	25 a 30	1 a 3	7 a 11	12 a 20

Fuente: Rodríguez (2013).