



# **UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

## **FACULTAD DE AGRONOMÍA**

### **Trabajo de Tesis**

**Efecto de temperatura y tipos de empaque  
sobre la conservación postcosecha del plátano  
(*Musa paradisiaca* L.) UNA, 2021**

#### **Autores**

**Br. Cristhian Javier Loza Rodas**

**Br. Helen Abigail Ruíz López**

#### **Asesores**

**Ing. MSc. Hellen Ruth Ramírez Velásquez**

**Ing. MSc. Juan Carlos Morán Centeno**

**Managua, Nicaragua  
Diciembre, 2022**



"Por un Desarrollo  
Agrario  
Integral y Sostenible"

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

## FACULTAD DE AGRONOMÍA

### Trabajo de Tesis

**Efecto de temperatura y tipos de empaque  
sobre la conservación postcosecha del plátano  
(*Musa paradisiaca* L.) UNA, 2021**

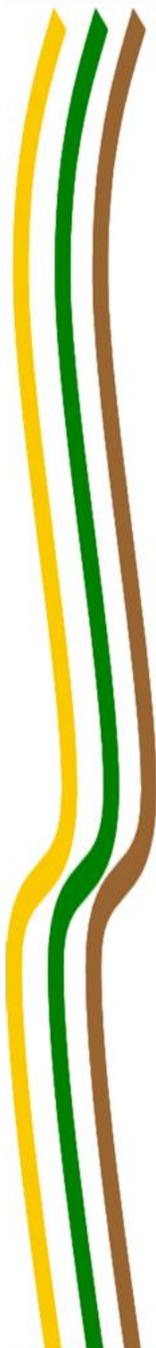
#### Autores

**Br. Cristhian Javier Loza Rodas  
Br. Helen Abigail Ruíz López**

#### Asesores

**Ing. MSc. Hellen Ruth Ramírez Velásquez  
Ing. MSc. Juan Carlos Morán**

Presentado a la consideración del Honorable Comité  
Evaluador como requisito final para optar al grado de  
Ingeniero Agrónomo



Hoja de aprobación del Comité Evaluador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el Honorable Comité Evaluador designado por el Decanato de la Facultad de Agronomía como requisito final para optar al título profesional de:

***Ingeniero Agrónomo***

---

Miembros del Comité Evaluador

---

MSc. Rosario García Loáisiga  
Presidente

MSc. Claudio Pichardo  
Secretario

Msc. Isidro Humberto Salinas  
Vocal

Lugar y Fecha: Managua, Nicaragua, 13 de diciembre de 2022

## **DEDICATORIA**

A Dios Padre todo poderoso por regalarme la sabiduría, salud y protegerme en todo momento.

A mis padres Francisco Javier Loza y Vilma Rodas por su gran esfuerzo para verme convertido en un profesional, por sus oraciones y consejos.

A mis hermanos Ing. Osman José Loza Rodas y Milton David Loza Rodas por acompañarme y apoyarme en cada momento de mi vida.

**Br. Cristian Javier Loza Rodas**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de tesis está dedicado primeramente a DIOS padre celestial, por regalarme el don de la vida, fuerza, perseverancia, salud, paciencia, entendimiento y comprensión, por siempre brindarme sabiduría para lograr culminar con éxito mis estudios universitarios.

A mis irremplazables padres el Sr. León Francisco Ruiz Mendoza y la Sra. Sonia Patricia López Aguilar, por siempre estar presente incondicionalmente ante cualquier adversidad.

A mis hermanos el Ing. Franier Leobardo Ruiz López y el Br. Leoner Asdrúbal Ruiz López, por su apoyo incondicional y enseñanzas.

A mi apreciable prima Lic. Anielka del Carmen Ruiz Moreno por ser mi consejera y mentora.

A mis Docentes y profesores que han sido participe de mi formación académica.

A mi familia en general, compañeros y amigos, que de una o de otra manera han sido crucial para la culminación de mis estudios.

**Br. Helen Abigail Ruiz López**

## **AGRADECIMIENTO**

A DIOS, por ayudarme siempre en los momentos difíciles y regarme salud, fortaleza para lograr culminar mi carrera universitaria.

A mis padres Francisco Javier Loza y Vilma Rodas Calero por su apoyo incondicional en todas los momentos alegres y difíciles a lo largo de mi carrera.

A mis hermanos Ing. Osman José y Milton David Loza Rodas por acompañarme y motivarme a seguir adelante.

A mis abuelos paternos, maternos y demás familiares, por siempre aconsejarme y guiarme por el camino del bien.

A mis asesores Ing. MSc. Hellen Ruth Ramírez Velásquez y Ing. MSc. Juan Carlos Morán Centeno por apoyarme en mi trabajo de tesis.

A Ing. MSc. Roberto Carlos Larios González por su apoyo incondicional en nuestra formación académica y en nuestro trabajo de graduación.

A mi compañera de tesis Br. Helen Abigail Ruíz López, por apoyarme en todo en el proceso de elaboración de nuestro trabajo final, a mis amigos y compañeros de clase.

**Br. Cristian Javier Loza Rodas**

## **AGRADECIMIENTO**

A DIOS, por permitirme culminar de manera satisfactoria una etapa más de vida.

A mis asesores la Ing. MSc. Hellen Ruth Ramírez Velásquez y Ing. MSc. Juan Carlos Morán Centeno, por compartir sus conocimientos académicos y brindarme su invaluable tiempo, comprensión y tolerancia.

A Ing. MSc. Roberto Carlos Larios González por su apoyo incondicional, disposición e interés durante la realización de la investigación.

A la Familia Ruiz Moreno por sus consejos y apoyo incondicional durante el lapso académico.

A mi amigo y compañero de tesis Br. Cristian Javier Loza Rodas, por brindarme su confianza y ser un apoyo incondicional durante mi formación académica.

A la Universidad Nacional Agraria (UNA), Facultad de agronomía (FAGRO) y a cada uno de los docentes que con amor, cariño y paciencia han transmitido sus conocimientos.

**Br. Helen Abigail Ruiz López**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>SECCIÓN</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>i</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	<b>vii</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>ix</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
2.1 Objetivo general	3
2.1 Objetivos específicos	3
<b>III. MARCO DE REFERENCIA</b>	<b>4</b>
3.1 Manejo postcosecha	4
3.2 Calidad de productos hortofrutícolas	4
3.3 Vida de anaquel de los frutos	4
3.4 Frutos climatéricos	5
3.5 El etileno en el plátano	5
3.6 Temperatura en la conservación de frutos	5
3.7 Empaques	6
3.8 Efecto de la temperaturas y empaques en la conservación de frutos de plátano	6
3.9 Propiedades organolépticas de un fruto	8

<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>9</b>
4.1 Ubicación del estudio	9
4.2 Material biológico	10
4.3 Diseño metodológico	10
4.4 Descripción de los tratamientos	10
4.4.1 Descripción de los tipos de empaque	12
4.5 Variables evaluadas	13
4.5.1 Variables cuantitativas	13
4.5.2 Variables cualitativas	16
4.6 Análisis de datos	17
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>18</b>
5.1 Variables cuantitativas	18
5.1.1 Peso del fruto (g)	18
5.1.2 Diámetro ecuatorial (mm)	20
5.1.3 Longitud del fruto (cm)	21
5.1.4 Grados brix (%)	23
5.1.5 Intensidad respiratoria por el método de titulación ( $\text{mg CO}_2/\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ )	24
5.1.6 Grado de lesión	26
5.2 Variables cualitativas	28
5.2.1 Color externo del fruto	28
5.2.2 Olor del fruto	30
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	<b>32</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES</b>	<b>33</b>
<b>VIII. LITERATURA CITADA</b>	<b>34</b>
<b>IX. ANEXOS</b>	<b>38</b>

---

## ÍNDICE DE CUADROS

---

<b>CUADRO</b>		<b>PÁGINA</b>
1.	Descripción de los factores planteados en el estudio, laboratorio de fisiología vegetal 1, UNA, Managua, 2021	11
2.	Descripción de los tratamientos en ensayo experimental, laboratorio de fisiología vegetal, UNA, Managua, 2021	11
3.	Escala ordinal para determinar la variable grado de lesiones	15
4.	Escala ordinal para la variable coloración externa del fruto de plátano	16
5.	Escala ordinal para la evaluación de la variable olor del fruto	16
6.	Análisis de varianza para las variables peso, diámetro y longitud de los frutos	23

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

FIGURA	PÁGINA
1. Localización del lugar de estudio, Universidad Nacional Agraria, 2021	9
2. Tipos de empaque utilizados bolsa parafinada, bolsa de polietileno y papel kraft	13
3. Peso promedio inicial del fruto al momento del establecimiento del experimento	18
4. Comportamiento del peso promedio del fruto por tratamientos evaluados	19
5. Diámetro promedio del fruto al momento de establecer el experimento	20
6. Comportamiento promedio del diámetro ecuatorial del fruto por tratamientos evaluados	20
7. Longitud promedio del fruto al momento de establecer el experimento	21
8. Comportamiento promedio de la longitud del fruto por tratamientos evaluados	22
9. Porcentaje de °brix del fruto de plátano por influencia de la temperatura y tipos de empaque	23
10. Intensidad respiratoria del fruto de plátano por influencia de la temperatura y tipos de empaque	25
11. Rango inicial del grado de lesión del fruto al establecer el experimento	26
12. Número de casos por tratamiento de acuerdo a la variable grado de lesión del fruto	27
13. Número de casos por tratamiento de acuerdo a la variable color externo del fruto	28
14. Cambios en la coloración en los frutos de los tratamientos mejor conservados	29
15. Cambios en la coloración en los frutos de los tratamientos con mayor afectación	29
16. Número de casos por tratamiento de acuerdo a la variable olor del fruto	30

---

## ÍNDICE DE ANEXOS

---

ANEXO	PÁGINA
1. Registro del peso del fruto	38
2. Registro del diámetro ecuatorial del fruto	38
3. Registro de la longitud del fruto	38
4. Medición de grados brix con el refractómetro	38
5. Medición de intensidad respiratoria a través el método de titulación	38
6. Identificación visual del grado de lesiones de los frutos	38
7. Metodología empleada para determinar intensidad respiratoria por el método de titulación	39
8. Comparación de los frutos de plátano antes y después del experimento en los diferentes empaques y almacenados en temperatura ambiente (29 °C)	39
9. Comparación de los frutos de plátano antes y después del experimento en los diferentes empaques y almacenados en refrigeración (17 °C)	40

---

## RESUMEN

El estudio se realizó en laboratorio de fisiología vegetal, perteneciente a la Universidad Nacional Agraria (UNA) con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes rangos de temperatura y tipos de empaque en la conservación y vida postcosecha de frutos de plátano (*Musa paradisiaca* L.). Se determinó el efecto de dos rangos de temperatura y tres materiales de empaque sobre los atributos físicos del fruto del plátano (peso, diámetro ecuatorial, longitud, grado de lesión, color externo, olor) y propiedades químicas (tasa de intensidad respiratoria, porcentajes de grados brix, se estableció un Diseño Completo al Azar (DCA) con dos factores: rangos de temperatura y tipos de empaque, con ocho tratamientos con cinco repeticiones por cada tratamiento. Los niveles de temperatura fueron 17 y 29 °C, diferentes tipos de empaques (testigo o sin empaque, bolsa parafinada, bolsa de polietileno y papel kraft), el experimento se realizó entre los meses de noviembre y diciembre del 2021. Se evaluaron variables de peso del fruto (g), diámetro ecuatorial (mm), longitud (cm), sólidos solubles totales (porcentaje de ° Brix), tasa de intensidad respiratoria ( $\text{mg CO}_2/\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ ), grado de lesión, color externo y olor del fruto. Se determinó que bajas temperaturas en combinación con el empaque de bolsa parafinada y bolsa de polietileno, tienen un efecto positivo sobre las variables de peso, diámetro ecuatorial y longitud del fruto, en los sólidos solubles totales el tratamiento a<sub>1</sub>b<sub>3</sub> (temperatura ambiente + bolsa de polietileno) obtuvo mejor resultado con 11.18 %, con respecto a la tasa de intensidad respiratoria los frutos del tratamiento TR +BPO presentaron 51  $\text{mg CO}_2/\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$  a los 23 días después de la cosecha y el a<sub>2</sub>b<sub>3</sub> (refrigerado + bolsa de polietileno) 233  $\text{mg CO}_2/\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$  a los 29 días después de la cosecha. En el grado de lesión los tratamientos TR+BPA y TR +BPO presentaron la menor presencia de lesiones, al igual para las variables color externo y el olor del fruto los tratamientos TR+BPA y TR+BPO conservaron el color verde y olor lechoso por 29 días después de la cosecha.

**Palabras clave:** Plátano, postcosecha, climatérico, vida anaquel, intensidad respiratoria, intercambio gaseoso.

## ABSTRACT

The study was carried out in the plant physiology laboratory, belonging of the National Agrarian University (UNA), in order to evaluate the effect of different temperature range, types of packaging, on the conservation and postharvest life of banana fruits (*Musa paradisiaca* L. ).it was determined the effect of two range of temperature and three packaging materials on the physical attributes of the banana fruit (weight, equatorial diameter, length, degree of injury, external color, odor) and chemical properties (respiratory intensity rate, percentages of brix degrees and established a Complete Random Design (C.R.D.) with two factors, temperature range and types of packaging, with eight treatments with five repetitions for each treatment. The temperature levels were 17 and 29 °C, different types of packaging (control or without packaging, paraffin bag, polyethylene bag and kraft paper), the experiment was carried out between the months of November and December 2021. Variables of fruit weight (g), equatorial diameter (mm), length (cm), total soluble solids (Brix percentage), rate of respiratory intensity ( $\text{mg CO}_2/\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ ), degree of injury, external color and odor of the fruit. It was determined that low temperatures in combination with bo packing lsa paraffin and polyethylene bag. have a positive effect on the variables of weight, equatorial diameter and length of the fruit, in the total soluble solids the treatment ab, (room temperature + polyethylene bag) obtained a better result with 11.18 %, with respect to the rate of respiratory intensity fruits of treatment ab2 (room temperature + paraffin bag) presented  $51 \text{ mg CO}_2/\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$  23 days after harvest and TR +BPO  $233 \text{ mg CO}_2/\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$  29 days after harvest. In the degree of lesion, the treatments TR+BPA and TR +BPO presented the least presence of lesions, as well as for the variables external color and the smell of the fruit, treatments TR+BPA and TR+BPO; they retained their green color and milky odor for 29 days after harvest.

**Keywords:** Banana, postharvest, climacteric, shelf life, respiratory rate, gas exchange.

## I. INTRODUCCIÓN

El tiempo de vida anaquel de los productos perecederos, es un factor que repercute en el tiempo de comercialización de productos de importancia económica como el plátano (*Musa paradisiaca* L.), producto de importancia social y económica para Nicaragua (H. Ramírez, comunicación personal, 18 de noviembre de 2022).

“La fisiología postcosecha, es la ciencia que estudia los procesos, cambios o comportamientos que presenta una fruta o una hortaliza después de cosechada o retirada de la planta madre” (Cano, 2000, p. 25). “Este proceso tiene como principal objetivo conservar la calidad del producto y reducir el índice de pérdidas a causa de factores biológicos, ambientales y mecánicos que contribuyen en acelerar el proceso de deterioro de los frutos” (Aular, 2006, p. 6).

El Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal [CENTA] (2018), menciona que el fruto de plátano se constituye por un 61% de agua, tiene la característica climatérica, por tanto, una vez cosechado continua su proceso de maduración mediante cambios afectados principalmente por el incremento de las tasas de respiración y transpiración.

Estudios realizados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO] (1993), indican que en “los países desarrollados existe un 50 % de pérdidas en la producción debido a inapropiadas prácticas de manejo postcosecha en el cultivo de plátano” (p. 4).

Los altos niveles de pérdidas registrados a causa de problemas en el manejo postcosecha de productos hortofrutícolas ha permitido que se realicen investigaciones sobre métodos para prolongar la vida de anaquel de estos productos, como el uso de temperaturas de almacenamiento adecuadas, diferentes materiales de empaques, atmósferas modificadas, secado, adición de preservantes, entre otros.

López (2021) indica que “el uso de revestimientos, coberturas en frutas y vegetales permite mantener por más tiempo su calidad postcosecha, especialmente en términos de apariencia, frescura, firmeza y brillo contribuyendo de esta forma a la conservación de sus características y valorización comercial” (p. 23).

De acuerdo González-Rodríguez *et al.* (2019), los principales tipos de empaque que se utilizan en la conservación de frutos de plátano se describe “cajas de madera recubiertos de bolsas de plástico y papel periódico,” así como “caja de cartón, bolsa de plástico y papel Kraft” (p. 68).

El cultivo de plátano se ha convertido en un rubro de importancia económica en Nicaragua desde el punto de vista de seguridad alimentaria, generación de empleo y exportaciones. De acuerdo al Banco Central de Nicaragua (2022), las exportaciones de plátano en el año 2021 alcanzaron los 6.7 millones de dólares.

En Nicaragua, el efecto de técnicas de conservación postcosecha de frutas no ha sido particularmente estudiado, por lo tanto, este trabajo experimental ha sido desarrollado con el propósito de presentar una alternativa que permita conservar la calidad tanto física y organoléptica en el fruto de plátano, utilizando la mejor combinación entre niveles de temperatura y tipos de empaques.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto de diferentes rangos de temperatura y tipos de empaque sobre la conservación de atributos de calidad en el fruto de plátano (*Musa paradisiaca* L.)

### **2.1. Objetivos específicos**

Determinar el efecto de dos rangos de temperatura sobre la conservación de los atributos físicos y químicos del fruto de plátano.

Evaluar el comportamiento de los atributos físicos y químicos del fruto plátano por influencia de los tipos de empaque.

### **III. MARCO DE REFERENCIA**

#### **3.1 Manejo postcosecha**

De acuerdo con Bohórquez (2003) “Es el conjunto de operaciones y procedimientos tecnológicos... dirigidos a proteger la integridad y preservar la calidad del producto cosechado de acuerdo con su propio comportamiento y características químicas y biológicas” (p. 8).

#### **3.2 Calidad de productos hortofrutícolas**

Viñas *et al.* (2013) señalan que “la calidad de los productos hortofrutícolas es un término complejo que no se puede determinar por una sola propiedad, sino que viene dada por una combinación de propiedades físicas, químicas y sensoriales”. Su principal objetivo es poder contar con las exigencias que satisfacen al consumidor (pp. 13 y 14).

#### **3.3 Vida de anaquel de los frutos**

Araya y Cascante (1995) describen la vida de anaquel como “el tiempo determinado en que un producto mantiene sus características sensoriales excelentes, es decir, que sus características de olor, olor, textura y apariencia general son óptimas para el consumo” (p. 7).

Esta vida útil tiende a reducir a causa de que la mayoría de los productos hortofrutícolas “están sujetos a deshidratación (marchitez, arrugamiento) y a daños mecánicos, también son susceptibles al ataque de bacterias y hongo que aceleran la descomposición” (Departamento Agroindustrial Fundación Chile, 1993. p. 12).

### **3.4 Frutos climatéricos**

Esta característica se da en base a la conducta respiratoria del fruto... “En el proceso de respiración se experimentan cambios de velocidad que provoca modificaciones en el color, textura y sabor asociado con un aumento de la síntesis de proteína proteica. Esto también coincide con el incremento de la producción de etileno” (Araya y Cascante, 1995, p. 31).

### **3.5 El etileno en el plátano**

De acuerdo al Centro de Exportaciones e Inversiones Nicaragua (CEI, 1988), el etileno “es considerado la hormona natural de la senescencia, maduración y es fisiológicamente activo en concentraciones muy pequeñas (menos de 0,1 ppm), también juega un papel importante en la abscisión de los órganos vegetales” (p. 13).

“En frutos de plátano se manifiesta un rápido y masivo aumento en la producción de etileno ( $C_2H_4$ ) que precede al climaterio respiratorio... Durante esta fase de clímax respiratorio se manifiesta una rápida absorción de  $O_2$  y evolución del  $CO_2$ ” (Robinson y Galán, 2012, pp. 287-288).

### **3.6 Temperatura en la conservación de frutos**

“Es el factor ambiental más importante que influye en la tasa de deterioro de productos cosechados” (CEI, 1993, p. 15). A mayor temperatura, la velocidad de maduración incrementa por lo que recomienda utilizar temperaturas en el rango de 12 °C y 14 °C para retrasar el proceso, esto se debe a que los frutos respiran a tasas del doble, triple y hasta del cuádruple, por cada 10 °C de incremento de temperatura (Botía-Niño *et al.*, 2008. p. 195).

Cáceres *et al.* (2006) mencionan que:

El almacenamiento en frío es la técnica más ampliamente utilizada para la conservación de frutas y hortalizas. Esta se basa generalmente en la aplicación de ciertas temperaturas constantes a los frutos a conservar, siempre por encima del punto crítico para poder mantener sus cualidades organolépticas, nutritivas, etc.; durante un período de tiempo, que dependerá de la especie y variedad de que se trate. (p. 4)

### **3.7 Empaques**

Araya y Cascante (2000) describen el empaque como “una tecnología o un método de conservación, que permite preparar los frutos para el transporte y la venta” (p. 173).

De acuerdo a Honorio (2017):

La calidad de los productos hortofrutícolas depende en gran medida del tipo de empaque que se le brinde, donde una selección adecuada corresponde a las exigencias cada vez mayores tanto del mercado de exportación como del mercado local, el poder brindar solución a los problemas en la conservación y prolongar la vida útil. (p.1)

### **3.8 Efecto de la temperaturas y empaques en la conservación de frutos de plátano**

Gómez (2002) en su estudio:

Evaluó el comportamiento físico, químico y organoléptico del fruto de plátano bajo diversos empaques y temperaturas de almacenamiento (ambiente 25 °C, 13 °C y 7 °C). Aplicó un diseño de parcelas subdivididas con dos réplicas. Se dedujo que el empaque y el sistema de almacenamiento influyen sobre la vida verde y la maduración del plátano, se determinó que almacenar el producto bajo 13 °C y 7 °C ayuda a prolongar la vida útil hasta 22 días; el estado verde se logra conservar en bolsa de papel perforado recubierta con bolsa plástica transparente. (p. 522)

Laguna *et al.* (2014) evaluaron la variación de las características fisicoquímicas y sensoriales del plátano indicando que:

Los tratamientos fueron empacados en envases de espuma de Poliestireno, envueltos con film de 6 a 12 pulgadas a temperaturas de 6 °C y 8 °C, y tiempo de almacenamiento de cuatro días. Se determinó que hubo efecto en el color, pérdida de peso, sólidos solubles y la acidez entre las muestras almacenadas a 6 °C y 8 °C. La muestra que mejor resultado se obtuvo fue en el plátano manzano almacenado a 6 °C por cuatro días. (p. 53)

En la investigación realizada por Walteros *et al.* (2002) determinaron que:

El empaque y la forma de almacenamiento, preservan la calidad del plátano fresco y aumentan la vida verde, bajo condiciones organolépticas aceptables. Frutos en estado verde oscuro, cosechados de 120 días después de floración, pueden ser conservados por 11 días refrigerándolos en nevera, previo empaque al vacío y pelado por 7 días en bolsas plásticas. (p. 527)

Castellanos (2012) determinó:

El efecto de un sistema de almacenamiento con atmósferas modificadas con variación en la temperatura, el tipo de empaque... y el tiempo, sobre propiedades de calidad del fruto banano como el peso, la firmeza de la pulpa, el color y el índice de pardeamiento de la corteza. Como resultado se determinó que los frutos empacados y sometidos a 11°C tuvieron una conservación de 35 días y los que fueron conservados sin empaque a temperatura ambiente logrando conservación por 25 días. (p. 22)

Cáceres *et al.* (2006) mencionan que el almacenamiento en frío es una técnica empleada en preservación de productos hortofrutícolas y consisten en someter a los frutos a bajas temperaturas, siempre por encima del punto crítico de congelación, para conservar las características organolépticas, físicas y nutritivas. La durabilidad depende de la especie o variedad que se presente (p .4).

Farfan (2020) evaluó:

Características físicas y químicas en frutos de plátano, bajo diferentes condiciones de temperatura y humedad relativa, durante su almacenamiento dichas condiciones fueron: 28 °C y 60 % de humedad relativa (HR), 21 °C y 80 % HR, 12 °C y 90 % HR.

El resultado demostró que hubo pérdida de la textura y pérdida de peso del plátano. En el caso de la acidez titulable, pH, sólidos solubles aumentan con el tiempo de almacenamiento. El periodo de vida útil fue mayor con 12 °C. (p. 72)

### **3.9 Propiedades organolépticas de un fruto**

Echeverría *et al.* (2008) mencionan que la calidad organoléptica se asocia a una serie de atributos que son percibidos sensorialmente por el organismo y que puede se pueden afectar durante el proceso de maduración hasta llegare al eventual consumo. “Estos atributos o propiedades del fruto son analizadas por los cinco sentidos, aunque en distinto grado, originando un nivel de satisfacción” (p. 27).

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Ubicación del estudio

El estudio se realizó en el laboratorio de fisiología vegetal, ubicado en la planta alta del pabellón “B” de la Facultad de Agronomía, propiedad de la Universidad Nacional Agraria (UNA), localizada en el kilómetro 12.5 carretera norte, municipio de Managua, Nicaragua. El lugar donde se estableció el ensayo se localiza con coordenadas de 12°08'52.86''N y 86°09'40.69'' O.

Ubicación del departamento de Managua en el mapa de Nicaragua

Ubicación del laboratorio de fisiología vegetal 1

Laboratorio de fisiología vegetal 1



Figura 1. Localización del lugar de estudio, Universidad Nacional Agraria, 2021.

El presente estudio tiene el propósito de identificar la temperatura y tipo de empaque requerido para que el fruto del plátano conserve sus atributos de calidad físicos: peso, diámetro ecuatorial, longitud, color externo, olor y químicos: grados brix e intensidad respiratoria, y sea un producto que perdure por más tiempo, sirva de insumo para la generación de otros sub productos, con valor agregado, para el consumo humano.

## **4.2 Material biológico**

El material biológico que se utilizó en el ensayo fueron frutos de plátano, variedad cuerno enano cosechados a las 10 semanas después de la floración. El material se obtuvo en la finca "La Ceiba" propiedad del señor Yader José Castro García, ubicada en el poblado de San Benito, kilómetro 37 de la carretera panamericana, municipio de Tipitapa, departamento de Managua, con coordenadas geográficas 12° 18' 32" Norte y 86° 3' 9" Oeste.

De acuerdo a Lardizábal y Gutiérrez (2006), esta variedad cuerno enano ha obtenido mayor aceptación en los mercados debido a sus características organolépticas, mejor rendimiento y manejo en campo. Su porte bajo, facilita las labores y disminuye las afectaciones por el viento, su tiempo de cosecha oscila entre 9 y 11 meses, con un promedio de 35 y 40 frutos por racimo (p. 2).

## **4.3 Diseño metodológico**

El diseño experimental se estableció mediante un Diseño Completo al Azar (D.C.A), en un arreglo bifactorial con cinco repeticiones (frutos) por cada tratamiento. Este arreglo consistió en la combinación de todos los niveles de un factor (rangos de temperatura) con todos los niveles del otro factor (tipos de empaque).

Se utilizaron 40 frutos de plátano, empacados en bolsas parafinadas, polietileno y papel kraft. De todo el material; 20 frutos fueron conservados a temperatura ambiente (29 °C) y 20 frutos fueron sometidos a refrigeración (17 °C).

## **4.4 Descripción de los tratamientos**

Los tratamientos que se evaluaron fueron: factor A; rangos de temperatura y el factor B; tipo de empaque. Para llevar a cabo el experimento, se utilizaron frutos de plátano de la variedad cuerno enano cosechados a las 10 semanas después de la floración.

Cuadro 1. Descripción de los factores planteados en el estudio, laboratorio de fisiología vegetal 1, UNA, Managua, 2021

<b>Factor A: rangos de temperatura</b>	<b>Factor B: tipo de empaque</b>
TA: temperatura ambiente (29 °C)	SE: sin empaque
TR: temperatura en refrigeración (17 °C)	BPA: bolsa parafinada
	BPO: bolsa de polietileno
	PK: papel Kraft

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos en ensayo experimental, laboratorio de fisiología vegetal, UNA, Managua, 2021

<b>Tratam.</b>	<b>Factor A</b>	<b>Factor B</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Descripción</b>
T1	temperatura ambiente (29 °C)	sin empaque	TA + SE	temperatura ambiente y sin empaque
T2		bolsa parafinada	TA + BPA	temperatura ambiente + bolsa parafinada
T3		bolsa de polietileno	TA + BPO	temperatura ambiente + bolsa de polietileno
T4		papel kraft	TA + PK	temperatura ambiente + papel kraft
T5	temperatura en refrigeración (17 °C)	sin empaque	TR + SE	temperatura en refrigeración y sin empaque
T6		bolsa parafinada	TR + BPA	temperatura en refrigeración + bolsa parafinada
T7		bolsa de polietileno	TR + BPO	temperatura en refrigeración + bolsa de polietileno
T8		papel kraft	TR + PK	temperatura en refrigeración + papel kraft

El modelo adictivo lineal que comprende el D.C.A esta denotado por:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = la k-ésima observación del i-j-ésimo tratamiento

$\mu$  = media poblacional a estimar a partir de los datos del experimento

$\alpha_i$  = efecto del i-ésimo nivel del factor A (niveles de temperatura), a estimar a partir de los datos del experimento

$\beta_j$  = efecto debido al j-ésimo nivel del factor B (tipo de empaque), a estimar a partir de los datos del experimento

$\alpha\beta_{ij}$  = efecto de interacciones entre los factores A (niveles de temperatura) y B (tipo de empaque)

$\varepsilon_{ijk}$  = error experimental

#### **4.4.1 Descripción de los tipos de empaque**

##### ***Bolsa parafinada***

Se utilizaron bolsas parafinadas (**A**) con capacidad de cinco libras, es utilizada para empacar vegetales en diferentes lugares y supermercado nacional, fabricada con plástico de baja presión (Figura 2).

### ***Bolsa de polietileno (gabacha)***

Conocida en los mercados como bolsa de gabacha (**B**), con una medida de 16 pulgadas de ancho y 20 pulgadas de largo, este tipo de bolsa es fabricada a base de polietileno de alta densidad para soportar el peso (Figura 2).

### ***Papel Kraft***

Se utilizó papel Kraft (**C**) de 70 cm de ancho y 120 cm de largo con un peso de 50 g. Este tipo de papel se fabrica a partir de la pulpa de madera, tiene alta resistencia, se usa para esterilizar materiales por medio del calor húmedo y soporta altas temperaturas (Figura 2).



Figura 2. Tipos de empaque utilizados bolsa parafinada, bolsa de polietileno y papel kraft.

## **4.5 Variables evaluadas**

### **4.5.1 Variables cuantitativas**

#### ***Peso del fruto (g)***

Se registró el peso inicial de cada fruto antes de ser empacado, haciendo uso de balanza electrónica marca OHAUS con capacidad de 4 000 g; luego fueron expuestos a diferentes temperaturas (17 °C y 29 °C), la frecuencia de recolección de datos fue cada dos días y en fines de semana se hizo cada tres días, durante un período de 29 días.

### ***Diámetro ecuatorial (mm)***

Se midió haciendo uso de pie de rey o vernier, tomando como punto de referencia la parte ecuatorial o central del fruto. La frecuencia de la toma de datos se midió al igual que la variable peso del fruto.

### ***Longitud del fruto (cm)***

Esta medida se realizó con una regla milimetrada de 30 cm, desde el pedicelo [*pedúnculo*], hasta la punta del fruto. La recolección de los datos se llevó se realizó igual que en las variables peso y diámetro.

### ***Grados brix***

La recolección de datos para esta variable se realizó en dos fechas diferentes (9 y 23 de diciembre del 2021) debido que los frutos se encontraban aun verde. En los tratamientos almacenados a temperatura ambiente se realizó a los 23 días después de la cosecha y para los tratamientos conservados en refrigeración se realizó a los 29 días después de cosechados.

El porcentaje de grados brix se midió haciendo uso de un refractómetro marca HHTEC Enólogos. Se tomó una muestra representativa de 30 g de la pulpa del plátano, luego con el uso de un mortero se maceró la muestra, se le agregó 30 ml de agua destilada y se dejó reposar en un beaker de 50 ml por 40 minutos; con una piceta se extrajeron tres gotas de jugo de la muestra colocándolas en el prisma del refractómetro, para obtener la lectura final a través de la tabla de corrección de grados brix.

### ***Intensidad respiratoria por titulación (mgCO<sub>2</sub>/kg h)***

La recolección de los datos se realizó en las mismas fechas que la variable grados brix, para esta variable se utilizó un testigo propio del método de titulación (Anexo 2), para comparar la producción de dióxido de carbono en comparación a los demás tratamientos, la obtención de los datos se realizó mediante la fórmula siguiente:

$$\text{CO}_2 = \frac{[(axb)-(cxd)]}{\frac{e}{1,000} \times 2} \times 44.01$$

Donde:

CO<sub>2</sub>)=

a = mililitros de Na (OH)

b = normalidad de la solución de Na (OH) (0.1 N)

c = mililitros de HCL (titulación)

d = normalidad de la solución de HCL (0.1 N)

e = peso del fruto en gramos

### ***Grado de lesión***

Se construyó previo del establecimiento del ensayo una escala ordinal (Cuadro 3) que describe el número de lesiones presentes en los frutos. La recolección de datos se realizó de manera visual cuantificando el grado de lesiones en la superficie de los frutos con una frecuencia de dos o tres días por un período de 29 días después de la cosecha.

Cuadro 3. Escala ordinal para determinar la variable grado de lesiones

<b>Grados de lesiones</b>	<b>valor</b>
1 – 3 lesiones	1
4 – 5 lesiones	2
Mayor a 6 lesiones	3
Senescencia completa (dañados)	4

#### 4.5.2 Variables cualitativas

##### *Color externo del fruto*

Se utilizó una escala de colores previamente elaborada (Cuadro 4) para determinar los posibles colores que mostraron los frutos a medida que avanzó el proceso de maduración, la toma de datos para esta variable se realizó cada dos o tres días, por un período de tiempo de 29 días.

Cuadro 4. Escala ordinal para la variable coloración externa del fruto de plátano

<b>Coloración externa del fruto</b>	<b>color</b>	<b>valor</b>
Verde oscuro		1
Verde		2
Verde amarillento		3
Más amarillo que verde		4
Totalmente amarillo		5
Amarillo con puntos cafés		6
Café con puntos amarillos		7
Café oscuro		8

##### *Olor del fruto*

El resultado de esta variable fue considerado de forma subjetiva ya que se evaluó mediante una escala ordinal (Cuadro 5) de modo que cada nivel representa una característica específica con respecto al olor del fruto. Se realizó cada dos o tres días por periodo de 29 días.

Cuadro 5. Escala ordinal para la evaluación de la variable olor del fruto

<b>Olor del fruto</b>	<b>valor</b>
Lechoso fuerte	1
Lechoso débil	2
Dulce a maduro	3
Fermentado	4
Putrefacto	5

#### **4.6 Análisis de datos**

Se construyó una base de datos en Excel Microsoft 2021, para las variables cuantitativas peso, diámetro ecuatorial y longitud del fruto se realizó un análisis de varianza utilizando el programa estadístico InfoStat versión estudiantil.

Para las variables cualitativas color y olor de los frutos se analizaron de acuerdo al número de casos o frecuencia para cada nivel de las escalas elaboradas previamente al experimento.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Variables cuantitativas

#### 5.1.1 Peso del fruto (g)

El peso es una característica importante en la comercialización de los frutos, esta puede variar en dependencia de la especie y variedad. Wills *et al.* (1999) mencionan que “la pérdida de agua es la principal causa de disminución de peso comercial y, por lo tanto, de su valor en el mercado valores de un 5 % muestran marchitez y arrugamiento de los frutos” (p. 69).

Los frutos utilizados en el estudio registraron un peso inicial en rangos de (292 g y 382.4 g). De acuerdo a Lardizábal y Gutiérrez (2006) los frutos de plátano de la variedad cuerno enano tienen un peso promedio al momento de la cosecha de 340 g (Figura 3).

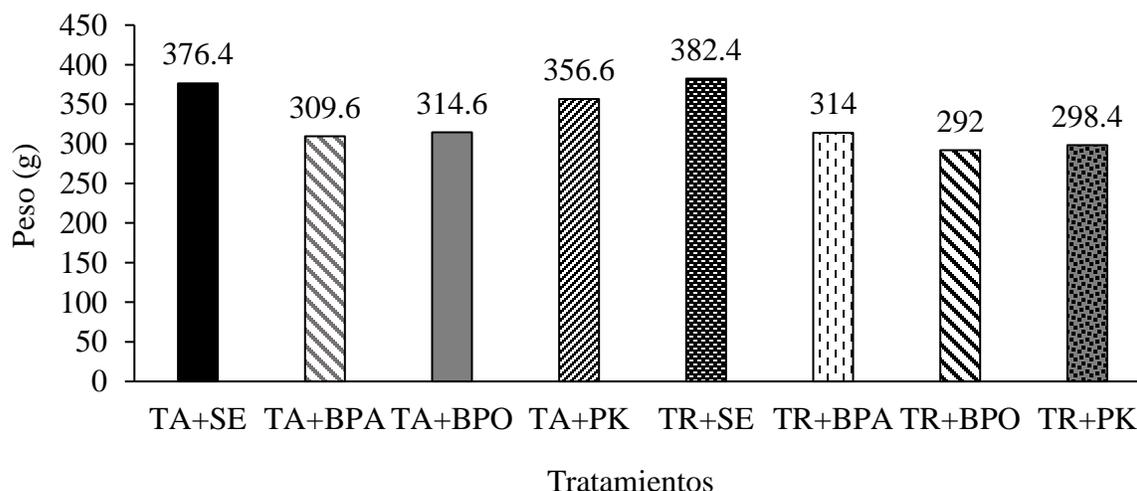


Figura 3. Peso promedio inicial del fruto al momento del establecimiento del experimento.

El análisis de varianza para la variable peso del fruto, determinó que hubo diferencia significativa ( $p=0.0001$ ) (Cuadro 6), destacándose el tratamiento TR+SE con un peso promedio de 346g y el valor más bajo lo obtuvo el tratamiento TA+PK con un peso promedio de 278 g (Figura 4).

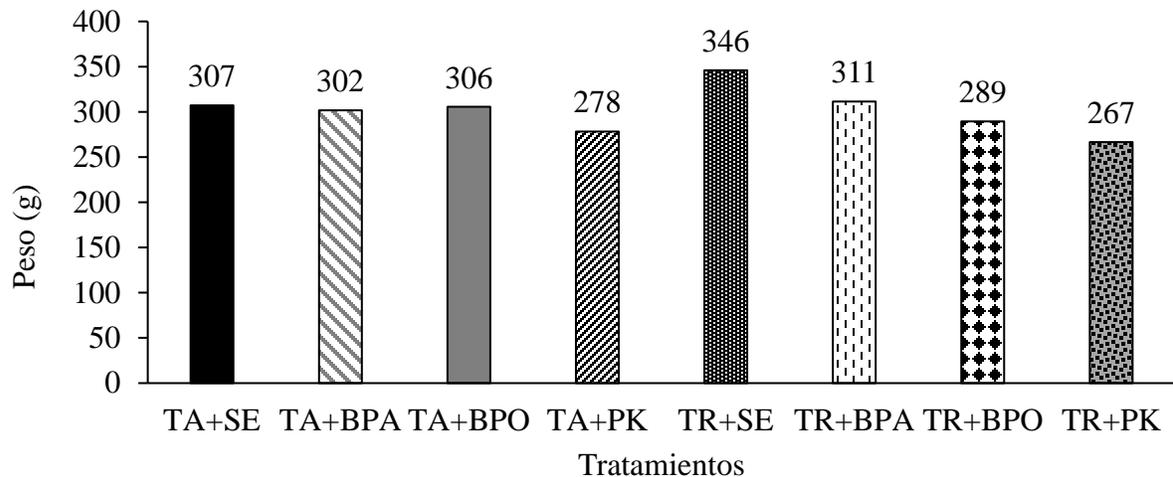


Figura 4. Comportamiento del peso promedio del fruto por tratamientos evaluados.

Frutos a temperatura de 17 °C y sin empaque registraron una leve disminución del peso en comparación a su valor inicial, esto se debió a que estas condiciones son propicias para la conservación de frutos y disminuyen su actividad metabólica, lo que reduce la pérdida de peso. Por otra parte, la humedad relativa presente en el refrigerador (90 %), reduce la emigración de humedad lo que minimiza las afectaciones por transpiración.

Los frutos conservados en temperatura ambiente (29 °C) y empacados en papel kraft registraron mayor pérdida de peso en comparación al valor inicial. Esto debido a la influencia de la temperatura que agilizó el deterioro de los frutos y el tipo de empaque no contribuyó como una barrera protectora para el fruto.

De acuerdo a Villamizar (1984) los frutos pierden peso por la reacción química de la respiración y por la transpiración o pérdida de agua por unidad de peso del producto, en dependencia de su área superficial. La transpiración se da cuando la presión de vapor de agua interna del fruto es superior a la presión de agua externa de la atmósfera (p. 28).

### 5.1.2 Diámetro ecuatorial (mm)

Los frutos utilizados en el experimento presentaron un diámetro ecuatorial inicial en rangos de 46.4 mm y 52.4 mm (Figura 5). Al respecto Lardizábal y Gutiérrez (2006) mencionan que para la variedad cuerno enano el diámetro ecuatorial de los frutos es de 52 mm.

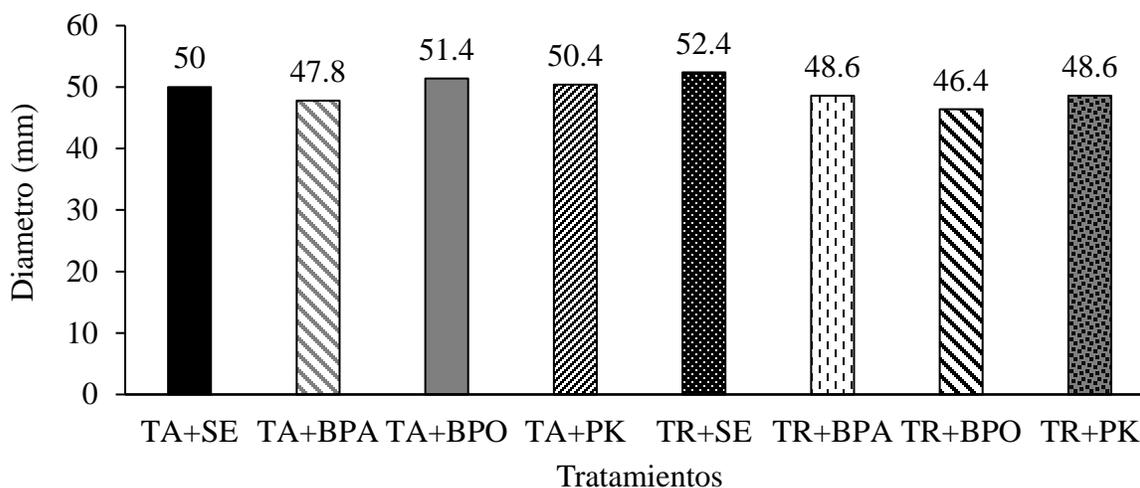


Figura 5. Diámetro promedio del fruto al momento de establecer el experimento.

Los resultados estadísticos para la variable diámetro ecuatorial indicaron que hubo diferencia significativa ( $p= 0.0001$ ) (Cuadro 6), demostrando un mejor comportamiento el tratamiento TR+SE con un valor promedio de 50 mm, el tratamiento TA+SE presentó el valor más bajo con 39 mm (Figura 6).

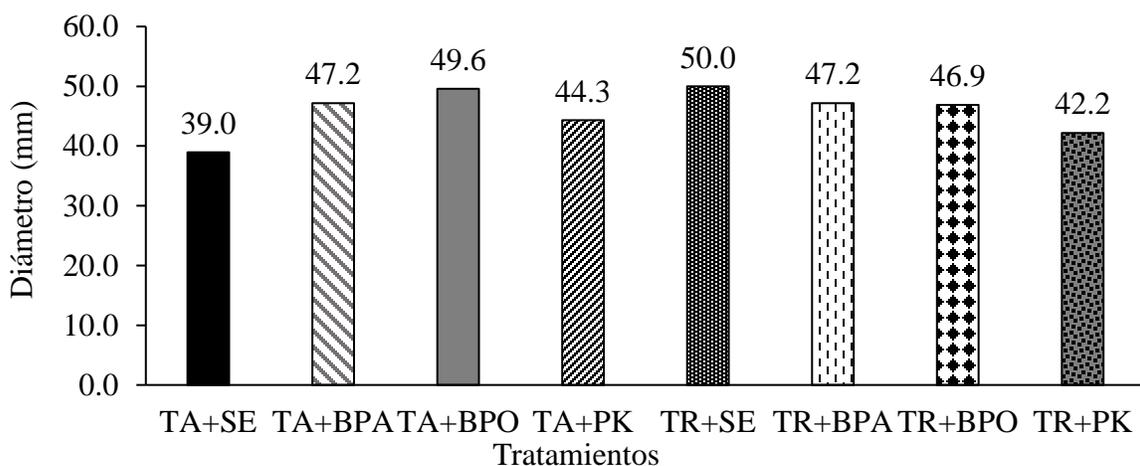


Figura 6. Comportamiento promedio del diámetro ecuatorial del fruto por tratamientos evaluados.

Se determinó que los frutos almacenados a 17 °C y sin empaque registraron disminución mínima en su diámetro ecuatorial, en comparación a su medida inicial. Esto se debió a la presencia de un alto porcentaje de humedad relativa (90 %) en ambiente lo que redujo la pérdida de agua de los frutos y mantuvo la turgencia de las células.

Los frutos a temperatura ambiente y sin empaque seguido de los frutos refrigerados empacados con papel kraft registraron la mayor disminución del diámetro ecuatorial, esto se debió a que experimentaron un proceso de deshidratación similar a lo ocurrido en la variable peso del fruto.

La disminución del diámetro ecuatorial de los frutos está relacionada con los cambios en la relación pulpa y corteza. Según Farfan (2020) durante la maduración de los frutos, la pulpa absorbe agua de la corteza, aumentando su volumen temporalmente, esta humedad se va perdiendo lentamente mediante el proceso de respiración.

### 5.1.3 Longitud del fruto (cm)

Los frutos utilizados en la investigación presentaron longitud en rangos de 21.9 cm y 25.14 cm al momento de establecer el experimento (Figura 7), Lardizábal y Gutiérrez (2006) mencionan que los frutos de esta variedad tienen una longitud promedio de 25 cm, por lo tanto, concuerda con el tamaño de los frutos bajo estudio.

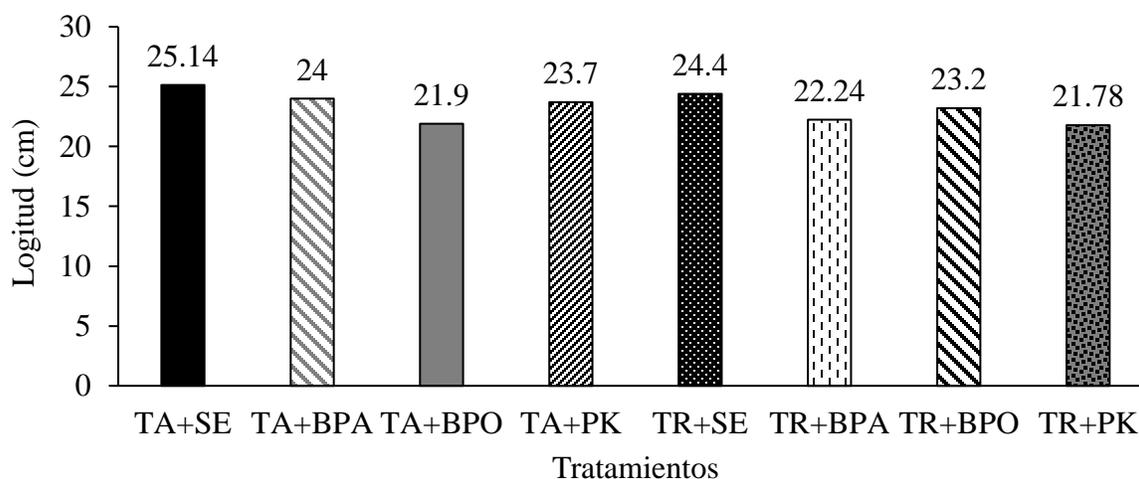


Figura 7. Longitud promedio del fruto al momento de establecer el experimento.

El análisis de varianza detectó diferencia estadística entre los tratamientos evaluados con respecto a la variable longitud del fruto ( $p= 0.0001$ ) (Cuadro 6), sobresaliendo tratamiento TA+SE sobre los demás tratamientos con un valor promedio de 25.14 cm, seguido del tratamiento TR+SE con 24 cm y el tratamiento TR+PK presentó la mayor reducción de longitud en comparación a la medida inicial (Figura 8).

Los frutos con mayor longitud promedio en el experimento fueron los conservados a bajas temperaturas (17 °C) y sin empaque. Este comportamiento es similar para la variable peso y diámetro ecuatorial del fruto, en donde la pérdida fue agua mínima y su maduración fue más lenta.

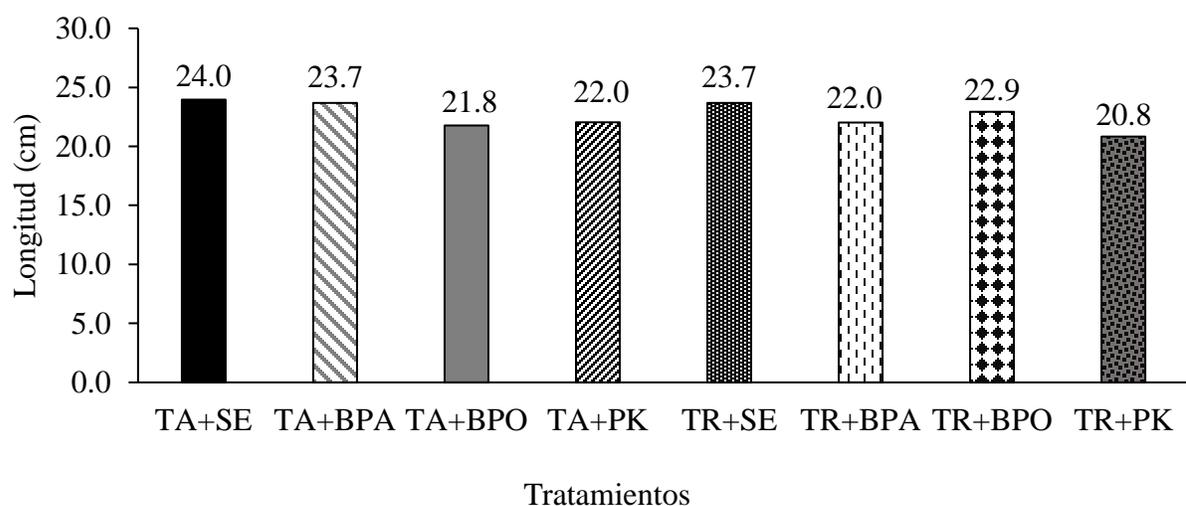


Figura 8. Comportamiento promedio de la longitud del fruto por tratamientos evaluados.

Los frutos conservados a temperatura ambiente (29 °C) y empacados con papel Kraft presentaron mayor reducción de longitud del fruto en comparación con el dato inicial, esto se debió a la baja humedad relativa del ambiente (55.38 %) tomando en cuenta que la humedad relativa del fruto de plátano es de 70 %, por otra parte, también influyó la absorción de humedad que genera el papel Kraft.

Al respecto Westrock (2022) menciona que el papel Kraft es un material que ofrece resistencia y rendimiento en entornos húmedos, manteniendo la estructura de la fibra y a su vez absorbe la humedad de los productos.

En cuanto al análisis de varianza realizado para las variables peso, diámetro y longitud del fruto se determinó diferencias estadísticas ( $p= 0.0001$ ) para cada uno de los tratamientos. Se encontró que hubo mayor variabilidad en los datos en la variable peso del fruto con un coeficiente de variación de 10.31, en comparación a las demás variables.

Cuadro 6. Análisis de varianza para las variables peso, diámetro y longitud de los frutos

F de V	GL	Pr>F		
		Peso del fruto (g)	Diámetro de ecuatorial del fruto (mm)	Longitud del fruto (cm)
Tratamiento	7	0.0001	0.0001	0.0001
R <sup>2</sup>		0.35	0.32	0.30
CV		10.31	7.59	7.32

**R<sup>2</sup>:** coeficiente de determinación.

**CV:** Coeficiente de Variación.

**GL:** Grados de libertad.

#### 5.1.4 Grados brix (%)

Los resultados muestran que el tratamiento que obtuvo mayor porcentaje de grados brix fue el TA+BPO con 11.18 % seguido por el TR+SE con 10.97 %. El valor más bajo correspondió al tratamiento TR+BPA con 5.11 % (Figura 9).

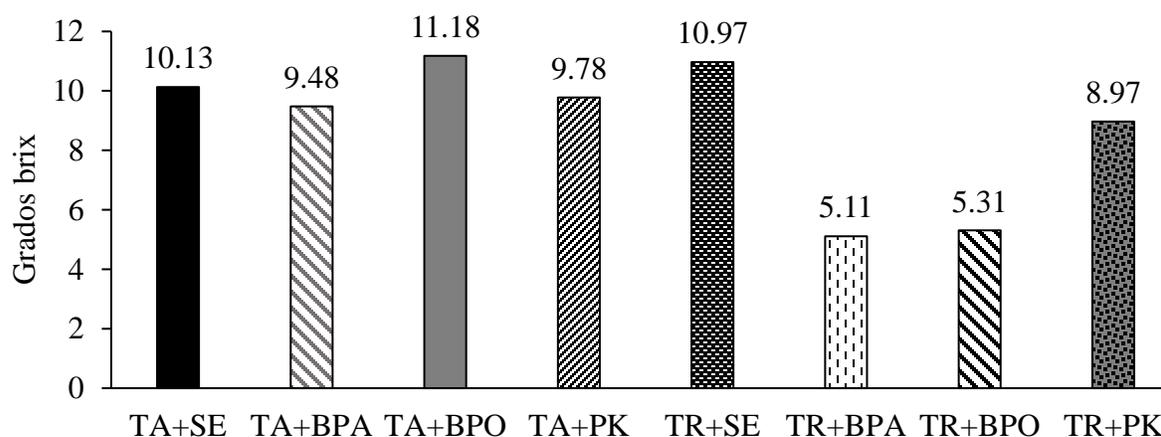


Figura 9. Porcentaje de °brix del fruto de plátano por influencia de la temperatura y tipos de empaque.

Este comportamiento se debió a la producción y acumulación de etileno ( $C_2H_4$ ) dentro del empaque. Esta hormona es la encargada de la maduración de los frutos y al estar acumulada en la bolsa plástica aceleró el proceso de la maduración. Por otra parte, el color negro de la bolsa plástica absorbe la radiación y aumenta la temperatura interna conllevando a un rápido deterioro del fruto.

Al respecto a Quiceno *et al.* (2014) determinaron que los frutos de plátano almacenados  $24\text{ }^\circ\text{C}$  y sin empaque tienen un incremento de 6 a  $20\text{ }^\circ\text{brix}$  en un tiempo de siete días después de la cosecha.

Granados (2014) afirma que “durante el almacenamiento postcosecha existe un incremento considerable de los sólidos solubles, explicándose este hecho por la hidrólisis de los polisacáridos que dan lugar a la formación de los azúcares de menor peso molecular” (citado por Farfan, 2020, p. 56).

### **5.1.5 Intensidad respiratoria por el método de titulación ( $\text{mg CO}_2/\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ )**

La tasa de intensidad respiratoria está vinculada con la velocidad de respiración y la vida anaquel de los frutos. Esta variable se evaluó en dos fechas, a los 23 días después de la cosecha para los frutos expuesto a temperatura ambiente ( $29\text{ }^\circ\text{C}$ ) y a los 29 días después de la cosecha para los frutos conservados en refrigeración ( $17\text{ }^\circ\text{C}$ ).

Los resultados mostraron que el tratamiento TR+BPO presentó una mayor tasa de intensidad respiratoria de  $233\text{ mg CO}_2/\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$  con respecto al testigo y el tratamiento TA+BPA presentó el dato más bajo con  $51\text{ mg CO}_2/\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$  (Figura 10).

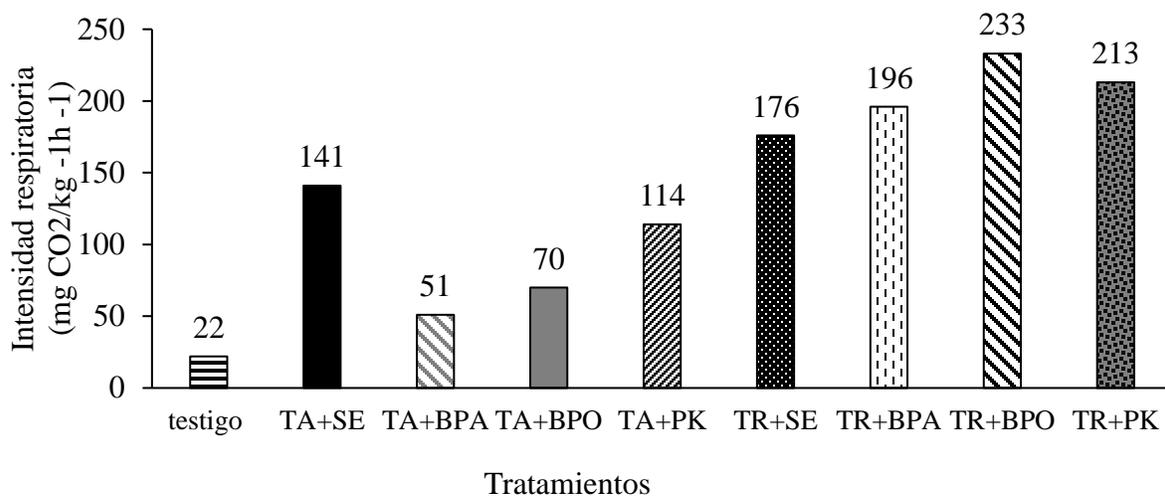


Figura 10. Intensidad respiratoria del fruto de plátano por influencia de la temperatura y tipos de empaque.

Este comportamiento se dió porque los frutos en temperatura ambiente ya se encontraban en avanzado estado de maduración, por lo tanto, su intensidad respiratoria estaba disminuyendo y los frutos conservados en temperatura de refrigeración estaban iniciando su proceso de maduración acompañado de una alta producción de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Al respecto Salgado y Martínez (2006) mencionan que:

A lo largo del crecimiento se produce, en primer lugar, un incremento de la respiración, que va disminuyendo lentamente hasta el estado de maduración es deseable una baja velocidad de respiración, puesto que indica un bajo porcentaje de utilización de azúcares, que son los principales sustratos respiratorios, y de otros materiales de reserva esenciales, lo que alargará su vida. (p. 51)

### 5.1.6 Grado de lesión

Las lesiones en los frutos son un factor que influye en la vida postcosecha. La Fundación Hondureña de Investigación Agrícola [FHIA] (2008) menciona que las lesiones se dan por los daños mecánicos causados por golpes, perforaciones o raspaduras, rápidamente reducen la calidad, la vida de almacenamiento de todo el producto, aumentan la pérdida de agua y permite la entrada de infecciones fungosas (p. 3).

Los frutos de plátano al iniciar el experimento registraron en su mayoría un rango de 1 y 3 lesiones que corresponde al nivel 1 de acuerdo a la escala (Cuadro 3) provocado por el roce entre los frutos estando aún en la planta, daños mínimos durante la cosecha, transporte y el traslado de los frutos del campo hasta el laboratorio de fisiología vegetal 1 (Figura 11).

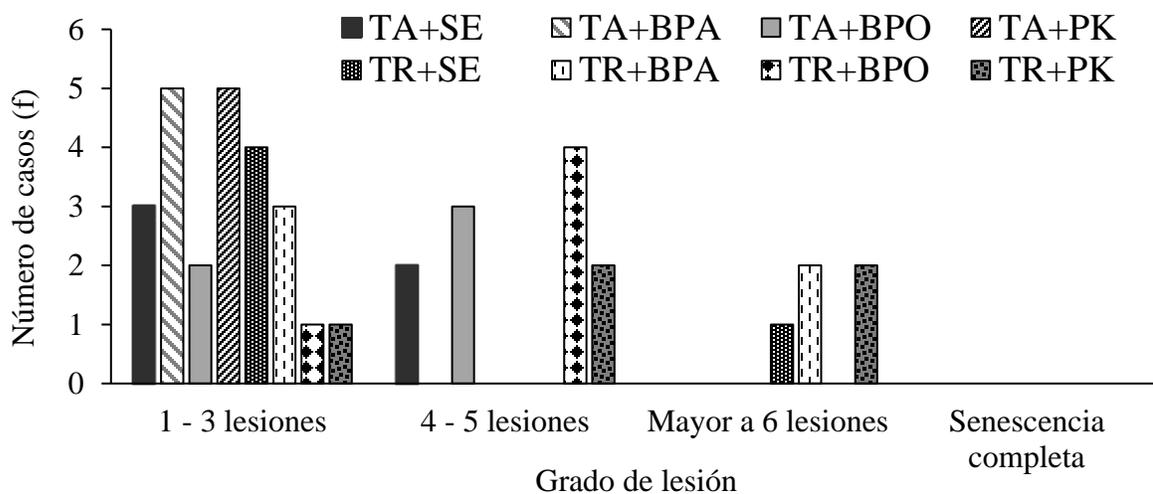


Figura 11. Rango inicial del grado de lesión del fruto al establecer el experimento.

Los frutos presentaron menor presencia de lesiones conservados 17 °C y empacados en bolsa parafinada y bolsa de polietileno, por otra parte, los frutos con mayor afectación fueron los que se encontraban en temperatura de 29 °C y empacados en bolsa de polietileno y papel Kraft (Figura 12).

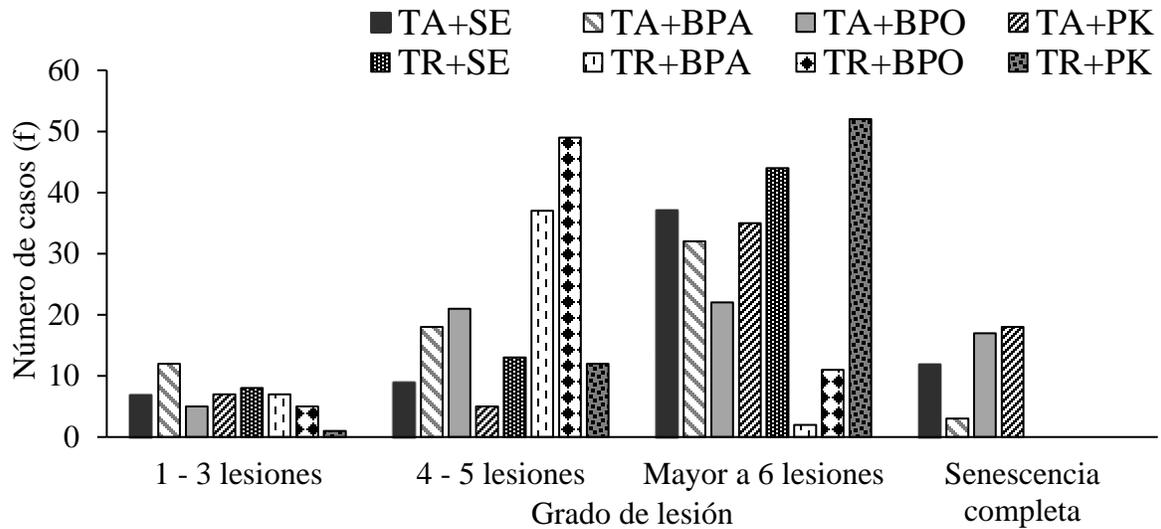


Figura 12. Número de casos por tratamiento de acuerdo a la variable grado de lesión del fruto.

El almacenamiento de frutos a 17 °C , empacados en bolsa parafinada y bolsa de polietileno reduce las afectaciones por lesiones . “Estos tipos de empaque protegen la superficie de los frutos de daños por fricción, baja humedad relativa del ambiente, exposición directa a cambios de temperatura, minimiza el proceso de respiración y la parafina reduce considerablemente la concentración de etileno” (H. Ramírez, comunicación personal, 18 de noviembre de 2022).

Los resultados indican los frutos de plátano empacados en bolsa de polietileno y papel kraft a temperatura ambiente (29 °C) sufren un rápido deterioro en su apariencia. Los frutos empacados en bolsa de polietileno sufrieron afectaciones por fermentación y los frutos empacados en papel kraft mostraron problemas por deshidratación.

Gutiérrez (1999) indica que la fermentación ocurre en ambientes con oxígeno limitado, “en donde el ácido pirúvico no entra al ciclo de Krebs y es oxidado a ácido láctico desde el punto de vista de postcosecha es un proceso negativo debido al alcohol, arruina la calidad de los productos” (p. 46).

## 5.2 Variables cualitativas

### 5.2.1 Color externo del fruto

El color es un factor que permite valorar la calidad de un alimento. Esta característica está fuertemente ligada con la maduración, presencia de impurezas, mal manejo de precosecha, malas condiciones de almacenamiento, inicio de alteración por microorganismos (Valdés y Ahumado, 1999, p. 36).

Los resultados en esta variable indican que los frutos conservados a 17 °C y empacados con bolsa parafinada y bolsa plástica conservaron el color verde y verde amarillento por 29 días después de la cosecha. Por otra parte, los frutos almacenados a temperatura ambiente (29 °C) y empacados con bolsa de polietileno y papel kraft mostraron un rápido deterioro en su apariencia y un cambio de color notable pasando desde un verde oscuro hasta una coloración café oscuro.

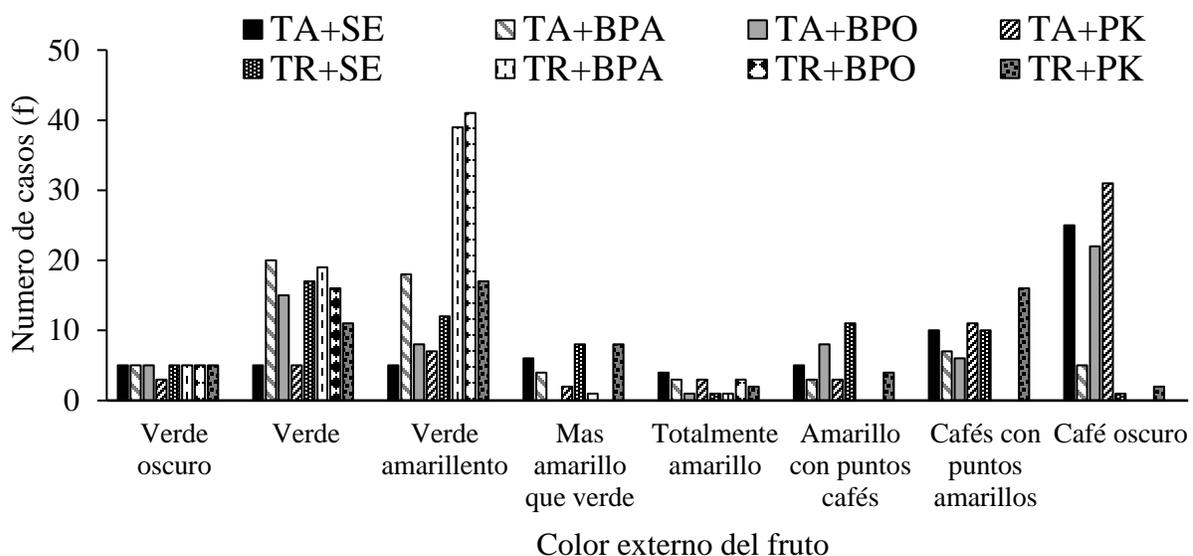


Figura 13. Número de casos por tratamiento de acuerdo a la variable color externo del fruto.

Los resultados indican que los frutos retrasan la maduración y conservan su apariencia a 17 °C, usando bolsas parafinadas (A) y de polietileno (B), (Figura 14). Este resultado se debe a que los frutos reducen su proceso de respiración (intercambio de gases), por lo tanto, hay un menor consumo de las sustancias de reserva, lo que le permite prolongar su vida útil.



Figura 14. Cambios en la coloración en los frutos de los tratamientos mejor conservados.

Los frutos a temperatura ambiente (29 °C) y empacados con bolsa de polietileno y papel kraft se deterioraron más rápido. La bolsa de polietileno (C) genera un microclima interno dentro del empaque, en donde se almacena el dióxido de carbono como resultado de la respiración y se almacena el agua en las paredes de la bolsa, lo que facilita el crecimiento de hongos y la formación de alcoholes.

Los frutos empacados en papel kraft (D) registraron afectaciones por deshidratación y cambios en la coloración desde verde hasta café oscuro. Esto se debe a la producción y acumulación de etileno lo que aumenta la respiración y la pérdida de agua (Figura 15).



Figura 15. Cambios en la coloración en los frutos de los tratamientos con mayor afectación.

Gutiérrez (1999) argumenta que:

El color verde en los frutos se debe a la presencia de clorofila que está constituida por un complejo órgano magnesio. La pérdida del color verde es debido a la degradación de estructura de la clorofila los principales agentes responsable de esta degradación son los cambios de pH (principalmente debida (sic) a la salida de ácidos orgánicos de la vacuola), sistema oxidativos y clorofilasas. (p. 59)

### 5.2.2 Olor del fruto

Es una característica común de los frutos que se origina a causa de la síntesis de muchos compuestos orgánicos que permiten identificar de manera más fácil el momento en que el fruto ha llegado a su fase de maduración organoléptica (Gutiérrez, 1999, p. 60).

Los resultados indican que los frutos de los tratamientos TR+BPA y TR+BPO conservaron un olor lechoso fuerte característico de los frutos frescos recién cosechados durante el tiempo que duró el experimento (29 días) y los frutos de los tratamientos TA+BPO y TA+PK mostraron una variación con respecto al olor pasando desde olor lechoso fuerte hasta fermentado y putrefacto (Figura 16).

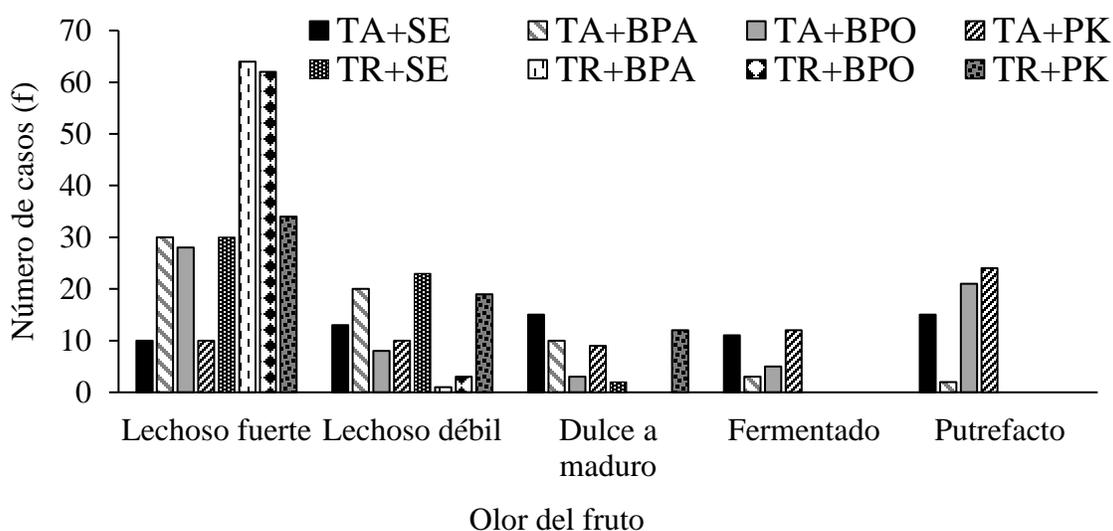


Figura 16. Número de casos por tratamiento de acuerdo a la variable olor del fruto.

Los resultados de esta variable están relacionados con la variable de color externo. Es decir, que los frutos con coloración verde o verde amarillento normalmente tienen olor lechoso y los frutos con coloración café oscuro tienen olor característico a fermentado o putrefacto, lo que indica un avanzado estado de senescencia.

Para la variable olor del fruto el uso de bolsa parafinada y la bolsa de polietileno en combinación con temperatura de 17 °C retrasa la maduración, afirmando lo que menciona Collazos *et al.* (1984) que “el empleo de refrigeración y empaque en bolsas prolonga la conservación y la composición química de la fruta cerca de un 50 %” (p. 59).

La conservación de frutos a 17 °C permite que las sustancias encargadas de brindar el olor permanezcan más tiempo en ellos. Al respecto Salazar y Orozco (2011) argumentan que el aroma natural de los frutos está compuesto por más de 300 componentes volátiles, presentes en cantidades adecuadas, estas sustancias se caracterizan por ser hidrosolubles y volátiles a temperatura ambiente (pp. 265).

## **VI. CONCLUSIONES**

Los frutos almacenados en refrigeración (17 °C) presentaron los mejores resultados con respecto a los atributos: peso, diámetro, longitud, color y olor del fruto, en cambio los frutos almacenados a temperatura ambiente (29 °C) presentaron mayor deterioro.

Los frutos empacados en bolsa parafinada presentaron un mejor comportamiento con respecto a los atributos: peso, diámetro, longitud, color y olor del fruto, además estos frutos presentaron el menor índice en el grado de lesiones en comparación a los demás tipos de empaque.

La interacción de 17 °C y bolsa parafina presentó los mejores resultados con respecto a los atributos físicos y químicos evaluados y conservó los frutos en óptimas condiciones por 29 días después de la cosecha.

## **VII. RECOMENDACIONES**

En futuros estudios incluir más propiedades físicas y químicas del fruto, para obtener información más compleja.

Construir una curva sigmoideal para la variable de intensidad respiratoria.

Valorar la parte económica y ambiental con respecto a los materiales de empaque.

Para una conservación prolongada de frutos de plátano se recomienda almacenarlos en refrigeración (17 °C) y empacarlos en bolsa parafinada.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Araya Chaves, B. y Cascante Prada, M. (2000). *Manejo pos-cosecha de productos agrícolas*. Editorial EUNED
- Aular Urrieta, J. E. (2006) *Jornada sobre manejo postcosecha de frutas* [Trabajo de posgrado, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado]. <https://studylib.es/doc/237461/jornada-sobre-manejo-postcosecha-de-frutas>
- Banco Central de Nicaragua (2022). Exportaciones. [https://bcn.gob.ni/sites/default/files/estadisticas/sector\\_externo/comercio\\_exterior/exportaciones/6-4.htm](https://bcn.gob.ni/sites/default/files/estadisticas/sector_externo/comercio_exterior/exportaciones/6-4.htm)
- Bohórquez Díaz, O. A., (2003). *Guía para post cosecha y mercadeo de productos agrícolas*. Convenio Andrés Bello
- Cáceres I., Mulkay, T., Rodríguez J., Y Paumier A. (2006). *CONSERVACIÓN PRODUCTOS HORTOFRUTÍCOLAS*. [https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-10-13\\_10\\_1940111638.pdf](https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-10-13_10_1940111638.pdf)
- Cano, R., Salas, O., Perez, F. (2000). *Proyecto fortalecimiento y capacitación técnico empresarial para cuatro microempresas agroindustriales del municipio de granada: manejo postcosecha de frutas y hortalizas*. Desarrollo de la Microempresa Rural – PADEMÉR. <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6755/1/067.pdf>
- Castellanos Espinosa, D. A. (2012) *Evaluación del almacenamiento de bananito (Musa acuminata AA) con atmósferas modificadas* [Trabajo de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. [https://www.researchgate.net/profile/Diego-Castellanos/publication/278785156\\_Evaluacion\\_del\\_almacenamiento\\_de\\_bananito\\_Musa\\_acuminata\\_AA\\_con\\_atmosferas\\_modificadas/Evaluation\\_of\\_the\\_storage\\_of\\_baby\\_banana/links/5585c54108ae71f6ba8ffd38/Evaluacion-del-almacenamiento-de-bananito-Musa-acuminata-AA-con-atmosferas-modificadas-Evaluation-of-the-storage-of-baby-banana.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Diego-Castellanos/publication/278785156_Evaluacion_del_almacenamiento_de_bananito_Musa_acuminata_AA_con_atmosferas_modificadas/Evaluation_of_the_storage_of_baby_banana/links/5585c54108ae71f6ba8ffd38/Evaluacion-del-almacenamiento-de-bananito-Musa-acuminata-AA-con-atmosferas-modificadas-Evaluation-of-the-storage-of-baby-banana.pdf)
- Castellanos, D.A., Algecira, A.A., y Villota, C.P. (2011). ASPECTOS RELEVANTES EN EL ALMACENAMIENTO DE BANANO EN EMPAQUES CON ATMÓSFERAS MODIFICADAS. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 12(2), 114-134. <https://www.redalyc.org/pdf/813/81320900002.pdf>
- Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. (2018). *CUIDADOS DURANTE POSTCOSECHA DE PLÁTANO*. <http://centa.gob.sv/docs/agroindustria/BROCHURE%20POSTCOSECHA%20PLATANO.pdf>
- Collazos, O., Bautista, A., Millán, B., y Mapura, B. (1984). Efecto de bolsas de polietileno en la conservación de maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* degener), curuba (*P. mollissima* hbk bailey) y tomate (*Lycopersicon esculentum* miller). *Acta Agronómica*, 34(2), 53-59. [https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/48311](https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/48311)

- Departamento Agroindustrial Fundación Chile. (1993). *Manejo de cosecha y postcosecha de productos frutícolas*. Santiago-Chile
- Echeverría, G., Graell, J., López, L., y Lara, I. (2008). La calidad organoléptica de la fruta. *Horticultura internacional*, 61, 26-36. [https://www.miteco.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf\\_hortint/Hortint\\_2008\\_61\\_26\\_36.pdf](https://www.miteco.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_hortint/Hortint_2008_61_26_36.pdf)
- Farfan Briceño, D. L. (2020) *EVALUACION DE LA TEXTURA Y PERDIDA DE PESO DEL PLATANO (Musa Paradisiaca) BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DURANTE SU ALMACENAMIENTO* [Trabajo de tesis, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio. UNP. <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/2731/IAIA-FAR-BRI-2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Fundacion Hondureña de Investigación Agrícola. [FHIA]. (2008). *Deterioro poscosecha de las frutas y hortalizas frescas por hongos y bacterias*. [fhia.info/descargas/Departamento\\_de\\_Proteccion\\_Vegetal/hoja\\_tecnica\\_proteccion\\_vegetal01.pdf](http://fhia.info/descargas/Departamento_de_Proteccion_Vegetal/hoja_tecnica_proteccion_vegetal01.pdf)
- Gómez, A. (2002) *Comportamiento físico, químico y organoléptico de frutos de plátano dominico-hartón sometidos a diferentes sistemas de almacenamiento y tipos de empaques en el Quin* [Trabajo de investigación, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria]. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=bac.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=026523>
- González-Rodríguez, M. S., Escalona-Maurice, M. J., Hernández-Juárez, M., Figueroa-Rodríguez, O. L., y Caamal-Cauich, I. (2019). Manejo postcosecha del plátano (*Musa paradisiaca* AAA subgroup Cavendish) EN TECOMÁN, COLIMA, MÉXICO. *Agroproductividad*, 12(2), 67–71. <https://doi.org/10.32854/agrop.v12i2.1365>
- Gutiérrez, C, G. (1999) Fisiología Postcosecha. Ortiz, B., Gutiérrez, G., Gómez, C. y Lacayo, M. *Fisiología y Manejo Postcosecha de Frutas y Hortalizas* (pp. 43 – 74). INTA
- Honorio Guzmán, G. E. (2017) *EMPACADO DE VERDURAS Y FRUTAS FRESCAS* [Trabajo de monográfico, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3025/Q80-H6-T.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Laguna, L., Pérez Gómez, C., y Eder, E. (2014). *Variación de las características fisicoquímicas y sensoriales del plátano manzano (Musa sp (L.) AAB, “Silk”) mínimamente procesado almacenadas a diferentes temperaturas. Procedente del Distrito de Masisea. Región Ucayali* [Trabajo de tesis, Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía]. Repositorio UNIA. <http://repositorio.unia.edu.pe/bitstream/unia/75/1/TESIS10.pdf>

- Lardizábal, R. y. Gutiérrez, H. (2006). *Manual de producción de plátano de alta densidad. USAID del pueblo de los Estados Unidos*. [https://repositorio.credia.hn/bitstream/handle/123456789/260/manual\\_de\\_produccion\\_de\\_platano\\_de\\_alta\\_densidad.pdf?sequence=1](https://repositorio.credia.hn/bitstream/handle/123456789/260/manual_de_produccion_de_platano_de_alta_densidad.pdf?sequence=1)
- López, J. (2021) *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD POSCOSECHA DEL BANANO (Musa paradisiaca) APLICANDO EL LÁTEX DE SU FLOR MASCULINA* [Trabajo de tesis, Universidad Señor de Sipán]. Repositorio USS. <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/7744/L%C3%B3pez%20Torres%20Jos%C3%A9%20Luis.pdf?sequence=1>
- Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1993). *Prevención de pérdidas de alimentos postcosecha: frutas, hortalizas, raíces y tubérculos*. <http://www.fao.org/docrep/t0073s/T0073S00.htm#Contents>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [FAO]. (1987). *Manual para el mejoramiento del manejo postcosecha de frutas y hortalizas*. [fao.org. https://www.fao.org/3/x5055s/x5055S00.htm#Contents](https://www.fao.org/3/x5055s/x5055S00.htm#Contents)
- Quiceno, M. C., Giraldo, G. A. y Villamizar, R. H. (2014). Caracterización fisicoquímica del plátano (*Musa paradisiaca* sp. AAB, Simmonds) para la industrialización. *UGciencia*, 20(1), 48-54. <https://revistas.ugca.edu.co/index.php/ugciencia/article/view/313/578>
- Robinson, J. C. y Galán Saúco, V. (2012). *Plátanos y bananas*. Ediciones Mundo-Prensa
- Salazar, N. A. S. y Orozco, G. I. O. (2011). El aroma de la manzana. *Interciencia*, 36(4), 365-271. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33917994004.pdf>
- Salgado Pacheco, T. y Martínez Vivas, R. D. P. (2006). *Relación entre la intensidad respiratoria y las propiedades fisicoquímicas del banano (Musa sapientum l) var. criollo, tomate de árbol (Solamun betaceum) var. morada y mango (Mangife indica l) var. azúcar*. [trabajo de grado]. [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1126&context=ing\\_alimentos](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1126&context=ing_alimentos)
- Valdes Altamar, M. L., y Ahumado Yanes, L. M. (1999) *CONSERVACIÓN DEL BANANO (Masa carendish) POR DESHIDRATACIÓN OSMOTICA* [Trabajo de grado, Universidad del Magdalena]. <https://core.ac.uk/download/pdf/270124334.pdf>
- Villamizar de Borrero, F. (1984). *Fisiología de maduración postcosecha de banano variedad nanica (musa cavendishii)*. [Trabajo de tesis, Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Ingeniería]. Repositorio UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/32730>
- Viñas Almenar, I., Usall i Rodie, J., Echeverría Cortada, G., Graell Sarde, J., Lara Ayala, I., y Recasens Ginjuan, D. I. (2013) *poscosecha de pera, manzana y melocotón*.

<https://books.google.com.ni/books?id=fskmF1i7swMC&pg=PA26&dq=concepto+de+calidad+de+frutos+organoleptica&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjProqAssHzAhVTDA BHc47CfkQ6AF6BAgEEAI#v=onepage&q=concepto%20de%20calidad%20de%20frutos%20organoleptica&f=false>

Walteros C. N. B. (2002) Efecto del empaque sobre la conservación y vida postcosecha del fruto vende del plátano semiprocado en el Departamento del Quindío. Alianza Sildac.<http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=bacdig.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=016455>

WestRock (2022). Papel Kraft resistente a la humedad. Papel Kraft resistente a la humedad | Productos de papel Kraft de WestRock

## IX. ANEXOS

Anexo 2. Registro del peso del fruto



Anexo 1. Registro del diámetro ecuatorial del fruto



Anexo 5. Registro de la longitud del fruto



Anexo 3. Medición de grados brix con el refractómetro



Anexo 6. Medición de intensidad respiratoria a través el método de titulación



Anexo 4. Identificación visual del grado de lesiones de los frutos



## Anexo 7. Metodología empleada para determinar intensidad respiratoria por el método de titulación

- Se pesó una muestra representativa del fruto a evaluar.
- Una vez pesada la muestra, se introdujo la muestra en un saquito de tela y se adhiere al tapón ahorado de un envase de vidrio.
- Luego se midió 10 ml de  $\text{Na}(\text{OH})_2$  y se vertió en un erlenmeyer de 500 ml, se agregó cuatro gotas de fenotaleina a cada uno de ellos como indicador.
- Se selecciono uno como testigo.
- Luego se taparon los envases herméticamente y se dejaron transcurrir dos horas.
- Una vez transcurrido el tiempo se vertió el de  $\text{Na}(\text{OH})_2$  en un beaker de 500 ml y se aforó a 50 ml con agua destilada.
- Posteriormente se procedió a titular con  $\text{HCL}$  0.1 N hasta pH 8.1.

## Anexo 8. Comparación de los frutos de plátano antes y después del experimento en los diferentes empaques y almacenados en temperatura ambiente (29 °C)



**Sin empaque**



**Bolsa de polietileno (gabacha)**



**Bolsa parafinada**



**Papel kraft**

Anexo 9. Comparación de los frutos de plátano antes y después del experimento en los diferentes empaques y almacenados en refrigeración (17 °C)



**Sin empaque**



**Bolsa de polietileno (gabacha)**



**Bolsa parafinada**



**Papel kraft**