

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL.**



**EFFECTO DEL RECUBRIMIENTO A BASE DE CERA DE ABEJAS EN LA CALIDAD  
FISICOQUÍMICA DE PAPAYA (*Carica papaya* L)**

**PRESENTADO POR:**

**BR. FERMÍN ELISEO ÁLVAREZ GONZÁLEZ**

**REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE:**

**INGENIERO AGROINDUTRIAL**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE 2025**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR**

**M. Sc. JUAN ROSA QUINTANILLA**

**SECRETARIO GENERAL**

**LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**DECANO**

**MAECE. NELSON BERNABÉ GRANADOS ALVARADO**

**SECRETARIO**

**M. Sc. EDGAR GEOVANY REYES MELARA**

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL.**

**M. Sc. HUMBERTO RUÍZ MEJÍA**

**DOCENTE COORDINADOR DEL CURSO**

**M.Sc. OMAR ANTONIO LARA DÍAZ**

**ASESOR DE TESINA**

**ING. SARA ANABEL MEJÍA ARTEAGA**

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE  
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**ING. HAYDEE ESMERALDA MUNGUÍA DE PEREZ**

## **Dedicatoria**

A mi madre y padre quienes me apoyaron desde el inicio de mi carrera ayudándome en lo que pudieron, para que yo pudiera asistir a las salidas de campo y a realizar otras actividades académicas, además de su apoyo moral, además ellos me han enseñado a ser la persona que soy hoy, mis principios, mis valores, mi perseverancia y mi empeño.

También quiero dedicarle este trabajo a mi esposa, por tu paciencia, por tu comprensión, por tu empeño, por tu fuerza, por tu amor, porque la quiero. Debo pedirle perdón porque se sacrificó junto a mí, todos estos años de estudios ya que el tiempo que debía dedicarle lo tuve que dedicar a mis estudios académicos y aunque fue difícil, pero me apoyo siempre. Realmente, ella me ayuda a alcanzar el equilibrio que me permite dar todo mi potencial.

También, quiero dedicarles este trabajo a mis hijas Sofía y Nicole. Quienes ya estaban conmigo desde el inicio de este proyecto y siempre fueron mi inspiración a seguir adelante y no desmallar que con este logro siempre pretendí demostrarle que se puede seguir adelante. Sin duda ellas son lo mejor que me ha pasado, y ha llegado en el momento justo para darme el último empujón que me faltaba para terminar el presente proyecto.

## **Agradecimientos**

Primeramente, a mi DIOS todo poderoso y a su santísima madre la virgen de Guadalupe quienes permitieron que llegara a este momento, no tengo ninguna duda que estuvieron acompañándome todo este tiempo dándome lo necesario para poder culminar con este proyecto. Agradecimientos a mi compañera de vida Francisca a quien le agradezco innumerables cosas ya que fue la principal persona con la que conté para la realización de mi proyecto de tesina y me acompañó a toma de resultados y con su apoyo pude culminar mi trabajo.

Agradezco a mis compañeras de estudios que siempre estuvieron cuando necesite ayuda de ellas, brindando su ayuda incondicionalmente y en el momento necesario. A mi tutora Ing. Sara Anabel Mejía Arteaga quien estuvo desde el inicio de este proyecto dándome de su conocimiento y ayudar a sacar adelante este trabajo. Al Ing. Juan de Dios quien me ayudo a montar el ensayo de mi tesina brindándome de su conocimiento para poder realizar de la mejor manera mi tesina de investigación. A la Ing. Haydee Esmeralda Munguía, quien fue de mucha ayuda asesorándome para la elaboración del presente documento.

## Resumen

En la actualidad los recubrimientos comestibles han tomado cada vez más importancia para nuestro país, por su característica principal de fungir como barreras protectoras y físicas en el intercambio de gases que producen en el proceso fisiológico de maduración de la fruta y de protección contra patógenos externos. Sapper, En el (2018) establece que la técnica del recubrimiento de ceras de abeja es una de las estrategias de menor costo y mayor sostenibilidad ambiental, el uso de recubrimientos comestibles representa una opción que ha mostrado incrementar la vida poscosecha de los frutos, conservando sus características sensoriales y minimizando el deterioro. En tal razón en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Agronomía de la Universidad de El Salvador ubicada en el municipio de San Luis Talpa, se evaluó el efecto de tres formulaciones de recubrimientos comestibles a base de la cera de abeja, frente a un testigo en la conservación pos cosecha de la papaya, dichos frutos de la variedad Maradona y cosechado en un mismo lugar y un mismo día, posterior al recubrimiento fueron almacenadas a temperatura ambiente siendo está a una temperatura aproximadamente de 30°C.

Los resultados mostraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados particularmente en el tratamiento (T3) obteniendo menor pérdida de peso y reducción en la tasa de respiración, en las variables grados brix, acidez titulable, pH y color, no hubo cambios significativos, partiendo de esto podemos decir que el uso del recubrimiento con cera de abeja en frutas de papaya ayuda a conservar los atributos de calidad importantes ya que actúa como una barrera protectora que disminuye la transpiración y la respiración del fruto.

## Índice de contenido

1. Introducción .....	1
2. Antecedentes .....	3
3. Objetivos .....	6
Objetivo general.....	6
Objetivos específicos .....	6
4. Marco teórico.....	7
Recubrimientos comestibles para frutas.....	7
Importancia y ventajas de los recubrimientos comestibles .....	7
Función de los recubrimientos comestibles .....	8
Tipos de recubrimientos .....	9
Cera de abeja .....	9
Papaya ( <i>Ccarica papaya L</i> ) .....	10
Fruto de la papaya .....	11
Taxonomía.....	11
Información taxonómica .....	12
Importancia económica del cultivo de papaya.....	12
Producción de la papaya en El Salvador .....	13
Composición nutricional .....	13
Componentes del manejo poscosecha.....	14
Cosecha .....	14
Madurez de la papaya.....	15
Selección.....	15
Clasificación .....	16
Transporte.....	16
Temperatura.....	16

Atmósfera de almacenamiento.....	16
Comercialización .....	17
Atmósfera controlada .....	17
Principales problemas de la papaya .....	18
Forma habitual de conservar la papaya.....	19
Recubrimiento de la papaya con cera.....	19
Emulsión de cera de abeja .....	20
Variables físicas medibles de la papaya.....	20
Medición de color .....	20
Medición del peso .....	20
Variable químicas medibles de la papaya.....	21
Medición de los grados brix .....	21
Concentración de CO <sub>2</sub> .....	21
Medición del Ph.....	21
Acidez titulable.....	22
5. Metodología .....	23
Ubicación geográfica.....	23
Tipo de investigación .....	23
Metodología de campo.....	24
Metodología de laboratorio.....	24
Materiales y equipo.....	25
Proceso de recubrimiento a la papaya.....	25
Toma de datos de parámetros físicos .....	27
Descripción del proceso.....	27
Diseño experimental.....	28
Evaluaciones a considerar .....	30



VARIABLES FÍSICAS.....	30
Medición de color .....	30
Medición de cambio en el peso .....	31
Medición de concentración de CO <sub>2</sub> .....	31
PARÁMETROS QUÍMICOS .....	32
Medición de los grados Brix .....	32
Medición del pH .....	32
Acidez titulable.....	33
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	34
Pérdida de peso .....	34
pH.....	35
Grados Brix.....	35
Efecto de la acidez titulable .....	37
Color cascara.....	38
Luminosidad de la papaya.....	38
Componente verde- rojo (a).....	39
Componente amarillo- azul (b) .....	40
Color Pulpa.....	40
Luminosidad de la papaya.....	40
Componente verde- rojo (a).....	41
Componente amarillo- azul (b) .....	42
7. Conclusiones.....	43
8. Recomendaciones .....	44
9. Bibliografía .....	1
10. Anexos .....	3

## Índice de figuras

1	Panel de cera de abeja .....	10
2	Fruta papaya variedad Maradona .....	11
3	Grado de maduración de la papaya .....	15
4	Daños en papaya por antracnosis .....	18
5	Sobre maduración de la papaya por alta respiración .....	19
6	Mapa de ubicación de la Estación Experimental UES .....	23
7	Toma de color a pulpa de papaya .....	30
8	Toma de peso a papayas .....	31
9	Toma de respiración de la papaya .....	31
10	Medición de grados Brix de la papaya con refractómetro .....	32
11	Medición de pH de la papaya con pHmetro .....	32
12	Medición de acidez titulable de la papaya .....	33
13	Resultado de pérdida de peso en papaya tratadas .....	34
14	Resultado del pH en papaya tratadas .....	35
15	Resultado de grados Brix en papaya tratadas .....	36
16	Resultado de tasa de respiración en papaya tratadas .....	37
17	Resultado de la acidez titulable en papaya tratadas .....	38
18	Resultado la luminosidad de la cascara en papaya tratadas .....	40
19	Resultado de los componentes verde-rojo de la cascara en papaya tratadas .....	40
20	Resultado de los componentes amarillo – azul de la cascara en papaya tratadas ...	42
21	Resultado de la luminosidad del color de la pulpa en papaya tratadas .....	41
22	Resultado de la luminosidad del color de la pulpa en papaya tratadas .....	41
23	Resultado de los componentes amarillo – azul de la pulpa en papaya tratadas .....	42

## Índice de cuadros

1	Información taxonómica de la papaya.....	12
2	Concentraciones de cera de abeja por tratamiento .....	24
3	Materiales y equipo a utilizar .....	25
4	Diagrama de proceso de la aplicación de los tratamientos antes del recubrimiento...25	
5	Diagrama de proceso de la aplicación de los tratamientos después del recubrimiento.26	
6	Tratamientos y variables de medición .....	29
7	Detalle de las muestras y descripción de su tratamiento .....	29

## 1. Introducción

La conservación de frutas es algo muy importante para la economía de los productores y del consumidor final, por tal razón la fruta fresca, está amenazada por el desarrollo de microorganismos y las pérdidas ocasionadas por el acelerado proceso de descomposición; lo que se ve afectado en la presentación y calidad.

Las pérdidas poscosecha de frutas a nivel mundial, varían mucho, de un 10 a un 80 %, tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo, mismos que se produce a lo largo de la cadena productiva, desde el momento de la recolección hasta su consumo (FAO, 2005) La papaya es una fruta perecedera que tiene una vida útil corta por presentar elevado contenido de humedad (alrededor del 90%), textura susceptible a daños mecánicos y alta tasa respiración y producción de calor (Sañudoet, 2008).

Esas características generan desventajas en cuanto a su manejo después de la cosecha, resultando en pérdidas derivadas de la falta de comercialización o de consumo del producto en tiempo hábil dado que el mercado tiene exigencias a la hora de comprar frutas y hortalizas; por lo que en la actualidad muchos productores y comercializadores se ven en la necesidad de realizar aplicaciones de recubrimientos superficiales, especialmente ceras que reducen la tasa de respiración, la pérdida de agua y mejoran la apariencia, ya que dan brillo a la superficie lo que se vuelve atractiva para los consumidores finales. Dado que en nuestro es alto el cultivo, consumo y comercialización de este producto es un fruto de mucho interés agroindustrial.

En los últimos años, varios tratamientos como: atmósferas modificadas o controladas, agua caliente e irradiación gamma, se han empleado para superar los problemas de pos cosecha de frutas Ozkaya, (2016). otra técnica que a ganando popularidad es la aplicación de recubrimientos comestibles, Hamzah (2013); una alternativa arrendable para la pos cosecha, beneficiando al sector frutícola, Narsaiah (2015), además actúa como barreras frente a la contaminación microbiana, Pontigo, (2015).

Según navarros (2007) los recubrimientos comestibles se definen como productos comestibles para el hombre, que consiste en una fina capa sobre el alimento y se caracterizan por constituir

una barrera semipermeable a los gases y al vapor de agua que retrasa el deterioro del alimento, mejoran las propiedades mecánicas, ayudan a mantener la estructura del producto que envuelve, a retener compuestos y pueden actuar como vehículo de aditivos alimentarios. La aplicación de recubrimientos en la superficie de las frutas o encerado, mejora las propiedades de las barreras de las ceras naturales (cera epicuticular) presentes en el fruto y/o reponen las mismas en caso de haber sido eliminadas por el lavado o manipulación pos cosecha por lo que el encerado de frutas se remonta a la China del siglo XII que practicaba esta tecnología para reducir la deshidratación de cítricos, Hardenburg (1967).

## 2. Antecedentes

La FAO, (2010) afirma que en el mundo entre el 25% y el 50% de la producción de producto frutícolas se pierden después de la cosecha, como resultado de los procesos de descomposición, infestados por insectos y ataque de microorganismos. Estas pérdidas suelen ser mayores en zonas tropicales por las condiciones climáticas prevalecientes. Por lo que día a día se aplican técnicas de conservación que reduzca dicho impacto.

Estudios previos se han hecho en frutos diversos mínimamente procesados y tratados con recubrimientos comestibles, ha demostrado que representa una alternativa para mitigar la rápida descomposición de los frutos, conservando sus atributos de calidad y ofreciendo al consumidor final un producto de fácil consumo y almacenamiento.

Los recubrimientos naturales hacen una barrera en los frutos y disminuyen el intercambio de gases, manteniendo las frutas hidratadas, y disminuyendo la pérdida de peso por más tiempo, además la cera se ha reportado como agente antiséptico, García (2012).

Velázquez y Guerrero (2014), establecieron que actualmente la prolongación de la vida en anaquel de la papaya se da principalmente con el uso de recubrimiento comestible aplicado principalmente a frutas como papaya, mango, ciruelas, fresas, tiene como objetivo controlar la transferencia de agua y gases como oxígeno y dióxido de carbono, controlar la tasa de crecimiento microbiano y conservar las características de los alimentos. Estos recubrimientos deben ser de grado alimentario, seguros para su consumo, aceptables para los consumidores y deben cumplir con los estándares de calidad en los alimentos.

En la investigación llamada “efecto de recubrimiento de almidón de yuca y cera de abejas sobre el chontaduro”, realizada por la Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, la cual se realizó en la ciudad de las guacas en Colombia, en el año 2014, en la que se pretendía determinar el efecto de un recubrimiento a base de almidón de yuca (variedad SM 707-17) modificado enzimáticamente y cera de abejas sobre la pérdida de peso, la firmeza, los grados Brix, la acidez titulable y la tasa respiratoria de frutos variedad roja en etapa poscosecha, almacenados bajo condiciones ambientales (18°C y 77,7% de humedad relativa) , se concluyó que, la aplicación del recubrimiento con cera de abejas al 1,5% (T3) tuvo efecto positivo al

reducir la pérdida de peso y de firmeza, retrasar el desarrollo de la madurez y la tasa de respiración, manteniendo las características físicas, lo que se traduce en un valor agregado que puede facilitar e impulsar los procesos poscosecha, beneficiando a los productores e intermediarios y brindando al consumidor final un producto de mayor calidad.

En otra investigación de cera aplicada a la fruta de papaya que realizó la Universidad de Costa Rica en el año 2015, en la ciudad de San Pedro de Montes la cual se denomina, El efecto de ceras como complemento a la inmersión hidrotérmica sobre la calidad en la fruta de papaya (*Carica papaya* L. Híbrido Pococí) en un ensayo de la papaya variedad Golden, donde las frutas del testigo exhibieron los mayores valores en la tasa respiratoria con  $22 \text{ ml.Kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$  en promedio, para superar hasta en un 50% a la papaya tratada en esa investigación con almidón de yuca al 3%. Según dicho autor, lo obtenido en su trabajo se relacionó con el grado de espesor que formó la cobertura del tratamiento sobre el exocarpo de la fruta y que permitió una importante reducción de la intensidad de respiración. En dicho ensayo los resultados obtenidos en este ensayo coinciden con lo señalado por Castricini (2009).

Por lo que la cera de abeja es un tratamiento que brinda resultados esperados en relación con la tasa de respiración en la fruta de papaya, según literatura consultada el desarrollo de ceras 'modernas' comenzó alrededor de 1930 en Estados Unidos con la aplicación de ceras de parafina a naranjas, estas ceras fueron sustituidas a finales de la siguiente década por las 'ceras solventes' o soluciones de resinas sintéticas (cumarona-indeno o colofonia) en hidrocarburos de petróleo, posteriormente se formularon las 'ceras al agua' o emulsiones acuosas de cera carnauba, candelilla y de polietileno que retardaban la deshidratación, pero no aportaban tanto brillo como las 'ceras solventes'.

Los recubrimientos reducen la tasa respiratoria, la pérdida de peso y la degradación del color de los frutos, también mantienen la firmeza y, en algunos casos mejoran el sabor de los frutos. Dentro de los materiales usados para elaborar recubrimientos están las ceras de abeja, las cuales se ha reportado que mejoran los atributos en las frutas, controlan el desarrollo de los microorganismos causantes del deterioro, mejoran el brillo, disminuyen la pérdida de peso y mantienen la firmeza de la pulpa por un tiempo más largo (Kuyu, 2019).

Por lo que los estudios mencionan que la respiración es un proceso oxidativo de las sustancias de reserva en la papaya, que conduce a la senescencia pero que al usar ceras se logra disminuir la tasa respiratoria, lo que permite mantener una mejor apariencia de la papaya. Dada la variedad de formulaciones de ceras disponibles en el mercado, por lo que es importante continuar con la valoración de nuevas ceras, siendo la cera de abeja una opción accesible para el control de la madurez fisiológica manteniendo las características físicas de la papaya y así brindar un buen producto a los consumidores en los distintos mercados donde se comercializa la papaya.



### 3. Objetivos

#### **Objetivo general**

Determinar los efectos del recubrimiento a base de distintas concentraciones de cera de abejas para extender o prolongar la vida poscosecha de la papaya (*Carica papaya* L) en su madurez.

#### **Objetivos específicos**

Establecer las propiedades organolépticas de los tratamientos de papaya mediante equipos disponibles.

Determinar la dilución de cera de abeja más idónea para el recubrimiento con el fin de brindar un alargamiento de vida en anaquel conservando sus parámetros de calidad.

Evaluar la practicidad del tratamiento de recubrimiento de cera de abeja en papaya.

## **4. Marco teórico**

### **Recubrimientos comestibles para frutas**

Se considera película o recubrimiento, cualquier tipo de material usado para envolver varios alimentos con el objetivo de prolongar su vida de anaquel y pueden ser consumidos junto con el alimento, además pueden proporcionar esterilidad superficial y prevenir pérdidas de otros componentes importantes. Generalmente su espesor es inferior a 0.3 mm (Pavlath y Orts, 2009).

Un recubrimiento comestible es definido como una capa delgada de material comestible formado por un revestimiento sobre el alimento, mientras que una película comestible (PC) es una capa preformada y delgada elaborada con material comestible, la cual una vez elaborada puede ser colocada sobre el alimento o entre los componentes del mismo (Krotcha y De Mulder-Johnston, 1997; McHugh, 2000).

El principal propósito de películas y recubrimientos comestibles es controlar la transferencia de gases ( $O_2$ ,  $CO_2$  y etileno) aromas y aceites del interior del alimento, evitan la pérdida de firmeza y humedad. Por lo tanto, controlan la maduración y su tasa de respiración, de esta manera preservan su calidad e incrementa su vida de anaquel y seguridad. Adicionalmente, pueden mejorar la apariencia y calidad del producto recubierto haciéndolo más llamativo para el consumidor por su brillo, color o bajo desarrollo de microorganismos sobre la superficie (Kumar y Bhatnagar, 2014).

### **Importancia y ventajas de los recubrimientos comestibles**

Aplicar recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas a partir de fuentes renovables es una alternativa de investigación de gran alcance, debido a la necesidad del consumo de alimentos saludables, con un mínimo procesamiento y libres de aditivos sintéticos (Vázquez y Briones, 2013).

Los recubrimientos comestibles son considerados una tecnología prometedora y respetuosa con el medio ambiente, ya que reduce la utilización del envasado tradicional como films plásticos, además son biopolímeros naturales y biodegradables, es decir, pueden ser obtenidos

a partir de recursos naturales o extraídos a partir de los subproductos de las agroindustrias (Elsabee y Abdou, 2013).

Por esta razón, la colaboración del sector científico con la industria alimentaria es importante, debido a que en conjunto se pueden aplicar los conocimientos generados, en cuanto a la aplicación de recubrimientos comestibles, para obtener un beneficio económico gracias a la disminución de pérdidas en la producción por el rechazo del producto; mejorando la condición microbiológica y reduciendo riesgos a la salud (Ávila-Vega, 2010).

Dentro de las ventajas del uso de películas comestibles en frutas y hortalizas mínimamente procesadas están (Rojas, 2009):

- Mejoran la retención del color, ácidos, azúcares y componentes del sabor.
- Reducen la pérdida de agua.
- Mantienen la calidad durante el almacenamiento.
- Disminuyen los desórdenes metabólicos durante el período de conservación.
- Permiten la adición de otros compuestos.
- Reducen el uso de envases sintéticos.

### **Función de los recubrimientos comestibles**

Las pérdidas poscosecha de productos hortofrutícolas se deben al deterioro microbiológico, fisiológico, factores de orden tecnológico como inadecuado proceso de recolección, empaques no apropiados e insuficientes vías para la transportación, entre otros, lo que se traduce a un corto período de almacenamiento (Almeida-Castro, 2011).

- Su función primordial es la de estabilizar y extender la vida útil de frutas MP (Pérez 2003).
- Funcionan como buenas barreras contra gases y humedad, así como acarreadoras de antimicrobianos, antioxidantes, nutrientes y colorantes (Ulloa 2007).
- Tiene efectos positivos sobre el control de la tasa de crecimiento microbiano, y mantiene características tan deseadas por los consumidores como firmeza, brillo, color

de los frutos e incluso en alimentos procesados como los productos fritos pueden llegar a minimizar la absorción de lípidos (Quintero et al., 2010).

- Es importante que las películas comestibles, no sean totalmente limitantes en el intercambio de gases, ya que ello puede provocar ciertos desórdenes fisiológicos como la fermentación de la fruta (Ulloa 2007).

### **Tipos de recubrimientos**

Los dos principales recubrimientos incluyen las ceras y las resinas; las ceras utilizadas son las que según la regulación son autorizadas como aditivos alimentarios al igual que las resinas, además se utilizan combinaciones de las mismas. Por otro lado, también existen recubrimientos a base de polisacáridos, proteínas, entre otros. Las tendencias actuales atienden la demanda del consumidor, quien, hoy en día, prefiere adquirir alimentos más frescos y libres de aditivos sintéticos; además la preferencia del consumidor está ligada a una buena apariencia del producto al momento de compra. Cada vez más consumidores desean métodos de envasado alternativos para frutas y verduras que no utilicen plásticos y los recubrimientos comestibles responden a esto.

- Cera de abejas
- Cera de candelilla
- Cera de carnauba
- Goma laca
- Cera micro cristalina
- Óxidos de cera de polietileno
- Mono y diglicéridos de ácidos grasos
- Esteres de sacarosa de ácidos grasos

### **Cera de abeja**

La cera de abejas es un producto elaborado por las abejas melíferas que se utiliza para construir panales. Debido a sus propiedades antibacterianas, repelentes al agua y de cuidado,

el agente también se usa en otras áreas y destaca con ingredientes naturales. La cera utilizada para construir sus peines hexagonales se compone principalmente de ésteres de ácidos grasos de cadena larga y alcoholes.

Los apicultores filtran los contaminantes para obtener cera de abejas pura. La sustancia natural tiene numerosas propiedades positivas que la hacen interesante para el recubrimiento de frutas. La cera contiene propóleos y tiene un efecto antibacteriano, además, la sustancia es repelente al agua y permeable al aire al mismo tiempo. Esto permite que la cera actúe como una capa protectora y se use en el cuidado de la piel y la impermeabilización: en la figura 1 se muestra el panel de cera de abeja comercial.



Figura 1. Panel de cera de abeja.

### **Papaya (*Carica papaya L*)**

Bogantes (2010), refiere que la papaya (*Carica papaya L.*) es una especie originaria de América Central que pertenece a las Caricáceas, una pequeña familia principalmente americana compuesta por 6 géneros. Y afirman que la papaya pertenece al género *Carica*, de la cual es la única representante. Este frutal se desarrolla en casi todas las áreas tropicales del mundo.

Los principales países productores de este cultivo son la India, Brasil y México. Para el año 2007, según la FAO (2010) la producción mundial se estimó en cerca de 9 millones de toneladas métricas. Barrera et al., (2012) indica a la papaya (*Carica papaya L.*) como una de las frutas

tropicales más apetecidas por los consumidores, por lo que tiene propiedades nutricionales, digestivas y medicinales; además, posee un agradable aroma, sabor y textura.

Es una fruta climatérica por lo que es altamente perecedera y susceptible al ataque de microorganismos patógenos, que causan grandes pérdidas en poscosecha. Además, afirman que la conservación de la papaya (*Carica papaya* L.) se lleva a cabo durante periodos máximos de 2 a 4 semanas entre 8 y 10°C, o de 5 a 7 días si la temperatura es de 22°C. Para lograr que la producción de papaya y su comercialización sean exitosas, es indispensable tener en cuenta el mercado al cuál va dirigida su venta (Barrera, 2012).

### Fruto de la papaya

El fruto de la papaya es una baya, que puede ser cilíndrico, alargado, en forma de pera o de forma globular oval o redondo. La forma de los frutos depende de la variedad y del tipo de flor del cual se han formado. Según las variedades, los frutos pueden alcanzar de 15 a 50 cm de longitud, de 12 a 25 cm de diámetro y un peso de 0.5 a 25 libras o más (Figura 2).



Figura 2. Papaya variedad Maradona.

### Taxonomía

La familia Caricácea solamente incluye cuatro géneros, tres de los cuales son de tropical (*Carica*, *Jacaratia* y *Jarilla*) y uno de África ecuatorial (*Cylicomorpha*).

El género *carica* agrupa unas 21 especies de plantas, dentro de las cuales (*Carica papaya* L) es la más importante por su utilización en la alimentación humana, la clasificación taxonómica se detalla a continuación:

### Información taxonómica

La papaya (*Carica papaya* L.) es una planta herbácea de rápido crecimiento, cuyo fruto es apreciado mundialmente por su valor nutritivo, propiedades medicinales y versatilidad gastronómica. Su estudio taxonómico permite comprender su lugar en el reino vegetal y su relación con otras especies, como se puede apreciar en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Información taxonómica de la papaya

<b>REINO:</b>	<i>Plantae</i>
<b>DIVISIÓN:</b>	<i>Magnoliophyta</i>
<b>CLASE:</b>	<i>Magnolio sida</i>
<b>ORDEN:</b>	<i>Violales</i>
<b>FAMILIA:</b>	<i>Caricaceae</i>
<b>GÉNERO:</b>	<i>Carica</i> L.
<b>ESPECIE:</b>	<i>papaya</i> L.

### Importancia económica del cultivo de papaya

Según la guía de técnica del cultivo de la papaya del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal Enrique Álvarez Córdoba (CENTA), menciona que el cultivo de la papaya (*Carica papaya*) ha experimentado un crecimiento en todo el mundo en los últimos años debido a la demanda de los consumidores por sus propiedades nutritivas, medicinales y sabor, además a nivel de agricultores es un cultivo que ofrece ingresos a agricultores.

Es un cultivo que ofrece ingresos a partir de los 6 meses de trasplantado, lo que lo vuelve uno de los frutales más precoces, a esto hay que agregarle que los proyectos de inversión social

ven en esta planta una buena alternativa de alimento, opciones de diversificación de fincas, fuente de empleo y alta rentabilidad.

El Salvador en el año 2005 importó 3,216,754 kg con un promedio mensual de 268,063 kg, lo que muestra que existe una demanda insatisfecha, dando la pauta para seguir promoviendo este cultivo.

### **Producción de la papaya en El Salvador**

Según la guía de técnica del cultivo de la papaya del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal Enrique Álvarez Córdoba (CENTA), establece que en el año 2005 se produjeron 8,106,869 toneladas, en el año 2006 se produjeron 8,968,619 toneladas, en el año 2007 se produjeron 9,508,477 toneladas, y el año 2008 se produjeron 10,104,917 toneladas. En anuario de estadísticas agropecuaria del año 2022 del Ministerio de Agricultura y Ganadería establece que se cultivan 227 manzanas las cuales producen un volumen de 69,837 quintales de papaya cultivadas. Datos que reflejan el aumento del cultivo de la papaya en nuestro país debido a su gran aceptación por parte de los consumidores.

### **Composición nutricional**

Según Muñoz J. (2006) mediante un estudio químico-bromatológico de los frutos de (*Carica papaya* L.), se determinó la composición química y nutritiva del fruto destacando su contenido de  $\beta$ caroteno (1569,62mg/kg fruto liofilizado), vitamina C (528,3mg/kg), pectina (7,8mg/kg), papaína (0,35%), hierro (43,9mg/kg), magnesio (3034,3 mg/kg) y compuestos fenólicos antioxidantes como quercetina, rutina, cafeico y ferúlico.

La papaya es una fruta con una gran cantidad de nutrientes y vitaminas tales como: Vitamina A, Vitamina B1, Vitamina B12, Vitamina B2, Vitamina B3, Vitamina B5, Vitamina B6, Vitamina B7, Vitamina B9, Vitamina C, Vitamina D, Vitamina E, Vitamina K, minerales tales como Bromo, Calcio, Zinc, Cloro, Cobre, Fósforo, Hierro, Yodo, Magnesio, Manganeso, Potasio, Selenio, entre otros. A grandes rasgos, el consumo de papaya deja un impacto positivo en cuanto a nutrición.



## **Componentes del manejo poscosecha**

### **Cosecha**

Según la guía de técnica del cultivo de la papaya del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal Enrique Álvarez Córdoba (2018), establece el fruto del papayo es del tipo climatérica, o sea que cuando alcanza su madurez hay un rápido aumento en la velocidad de la respiración y del desprendimiento de etileno por la fruta, las frutas están listas para cosecharse cuando el color de epidermis cambia de un verde oscuro de un verde oscuro a verde claro, formando zonas con pigmentos verde claro, formando zonas con pigmentos amarillos que posteriormente se convierten en líneas amarillas desde el ápice hacia el pedúnculo.

Las primeras zonas en madurar son las partes internas, comenzando con las semillas y la placenta; posteriormente se aprecian exteriormente las áreas o franjas amarillas, que poco a poco se expanden a todo el fruto. El grado de madurez de cosecha dependerá de los requerimientos del mercado, algunos lo prefieren con dos líneas amarillas, otros con tres, cuatro, otros con toda la zona distal amarilla y otros completamente amarillo. También se deberá tomar en cuenta la distancia al mercado, aunque El Salvador sea un país pequeño en el cual en el mismo día se puede llegar de oriente a occidente.

Según la (FAO, 2000), establece que se debe de tener en cuenta los siguientes parámetros al momento de la cosecha de la papaya siendo uno de ellos que se cosecha manualmente, siendo suficiente una ligera torsión para que se desprenda de la planta; sin embargo, esto puede ocasionar desgarramiento y heridas en el punto de desprendimiento de la fruta, por lo que se recomienda utilizar una cuchilla curva para cortar el pedúnculo del fruto.

El pedúnculo se deja inicialmente largo, pero después es necesario recortarlo dejando unos 5-10 mm de longitud, la cuchilla de cosecha se debe desinfectar frecuentemente para evitar la diseminación de enfermedades, la fruta cosechada debe ser colocada de manera cuidadosa en una caja de madera o plástico acolchada para su traslado al centro de empaque, la fruta cosechada debe ser transportada lo más rápido posible al centro de selección y empaque o a los centros de distribución y consumo evitando exponerlos directamente a los rayos del sol y protegiéndolos de las inclemencias del tiempo.

Debido a la fragilidad de la cáscara y del fruto en general, la papaya debe ser manejada con mucho cuidado para evitar cualquier daño físico. Los golpes, magulladuras, abrasiones, incrementan el ritmo de maduración y deterioro fisiológico y patológico del producto cosechado desmereciendo su calidad comercial (FAO, 2000).

### **Madurez de la papaya.**

La madurez fisiológica se refiere a la etapa del desarrollo de la fruta u hortaliza en que se ha producido el máximo crecimiento y maduración. Generalmente está asociada con la completa madurez de la fruta, esta etapa de madurez fisiológica es seguida por el envejecimiento. (FAO, 2010) observar en la figura 3, el grado de maduración de la papaya.

Según An y Paul (1990), si la papaya es cosechada con madurez fisiológica cuando muestra el inicio del color amarillo, y se les almacena a temperaturas óptimas, entre 22,5°C y los 27,5°C, tarda entre 10-16 días hasta estar completamente amarilla.



Figura 3. Grado de maduración de la papaya (Agronomaster, 2020).

### **Selección**

La selección es una operación que consiste en separar de la papaya cosechada la fruta que no cumple los requisitos exigidos y pactados con los compradores, las necesidades del mercado solicitan que las papayas sean fisiológicamente maduras, forma uniforme de acuerdo con la

variedad, libre de enfermedades y daños por insectos, libre de magulladuras, manchas de látex, heridas abiertas (Montero, 2003).

### **Clasificación**

Es una operación que consiste en aplicar al producto seleccionado una clasificación por calidad establecida por el comprador: importador, agroindustrial, supermercado (Montero 2003).

### **Transporte**

De acuerdo con Montero (2003), para trasladar el fruto de la papaya cosechado debe tenerse en cuenta varios requisitos:

- No se deben utilizar vehículos que hayan transportado agroquímicos.
- Abonos orgánicos, lubricantes, gasolina, materiales de construcción.
- Proteger el producto del sol, la lluvia, el viento, y el polvo.
- Llenado adecuado del aire en las llantas y buena amortiguación.
- Las cajas deben arrumarse adecuadamente en la carrocería.
- Evitar la carga mixta.
- El viaje debe hacerse en las horas más frescas.
- Contratar el transporte con personas responsables.
- Ocupar la totalidad del vehículo.

### **Temperatura**

La temperatura es el más importante de los factores que gobierna el mantenimiento de la calidad poscosecha de las frutas, por lo tanto la mayor eficacia en el mantenimiento de la calidad, debería lograrse a temperaturas ligeramente por encima del punto de congelación o inmediatamente por encima de aquellas a las que los productos sensibles al frío comienza a ser lesionados, en el caso de frutos climatéricos se puede recurrir a las bajas temperaturas para retrasar el comienzo de la maduración organoléptica (Wills, 1998).

### **Atmósfera de almacenamiento**

La composición de la atmósfera del almacén influye sobre la vida útil del producto mientras permanece en él. Modificando las concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono, se puede

prolongar el período de almacenamiento rápido. En la atmósfera de almacén, se pueden acumular muchos compuestos volátiles, desprendidos por el producto o procedentes de otras fuentes.

El más importante de estos compuestos es el etileno; su acúmulo, por encima de ciertos niveles críticos, puede reducir la vida útil del producto almacenado. Hoy en día se habla de almacenamiento de atmósfera controlada donde se refiere a una atmósfera en la que se ha disminuido la concentración de oxígeno y se ha aumentado la de dióxido de carbono e implica un control preciso de estos gases. En cambio, se habla de atmósfera modificada cuando no se controla cuidadosamente la composición de la atmósfera de almacenamiento (Wills, 1998).

### **Comercialización**

El fruto de la papaya depende de su estado sanitario y de las características organolépticas (color, sabor, textura), el fruto no debe estar comprimido o presentar manchas negras en la piel generadas por el sol. La fruta no debe contener daños y defectos objetables desde el punto de vista comercial y sanitario. Su madurez deber ser tal que permita su comercialización en un tiempo razonable y que satisfaga los requerimientos del consumidor.

### **Atmósfera controlada**

El almacenamiento de la papaya en atmósferas controladas prolonga su vida útil de almacenamiento hasta por tres semanas. Si bien en la actualidad el tratamiento no se utiliza comercialmente y se recomienda considerar los siguientes parámetros: 3-5 % de CO<sub>2</sub>, 3 % de O<sub>2</sub>, 10-12 °C de temperatura y 90 % - 95 % de humedad relativa. La conservación de la fruta en condiciones hipobáricas (20 mmHg) inhibe la maduración y el deterioro. Este sistema tampoco es empleado comercialmente en la actualidad (FAO, 2010).

Según Kader (2012) menciona que se debería evitar la exposición de frutos de papaya a niveles de O<sub>2</sub> por debajo de 2 % y/o niveles de CO<sub>2</sub> por sobre 8 %, debido al potencial de desarrollo de sabores indeseables.

### Principales problemas de la papaya

Según ECHOcommunity (2022), los productores que cultivan frutas y hortalizas se enfrentan a menudo al reto de vender o consumir los productos antes de que se dañen. Prolongar el tiempo en el que la fruta puede consumirse o venderse después de ser cosechada es un tema complejo. La papaya es un fruto que después de haber sido cosechado continúa con su maduración (fruto climatérico), por lo que es importante en función de los requerimientos del mercado cosecharlo dependiendo su grado de madurez.

La vida útil poscosecha de algunas frutas climatéricas como la papaya es relativamente corta y en los periodos de abundancia comercial de dicha fruta las cantidades que se pierden son de magnitudes lamentables.

Dependiendo del estado de madurez en que se cosecha la fruta, esta se vuelve más susceptible al ataque de daños biológicos y mecánicos, lo que se manifiesta en que se presenten mayores pérdidas poscosecha por sobre madurez.

Estas pérdidas se podrían disminuir realizando las labores pre cosecha en la forma correcta, Observar en las figuras 4 y 5, los daños en papaya por antracnosis y por sobre maduración.



Figura 4. Daños en papaya por antracnosis.



Figura 5. Sobre maduración por alta respiración.

### **Forma habitual de conservar la papaya**

Según Redalyc (2020) se ha experimentado con diversas formas para extender la vida de anaquel de la papaya. Existen conservadores y coberturas a base de productos de origen vegetal, animal o mineral. Antes de ser empacada, la papaya es cubierta con una cera que puede estar elaborada con polisacáridos, proteínas, aceites vegetales o minerales, o productos de origen animal, como la cera de abejas. Estas coberturas ayudan a mantener la calidad, reducir la pérdida de peso y retrasar la maduración del fruto durante el almacenamiento

### **Recubrimiento de la papaya con cera**

Entre las estrategias de menor costo y mayor sostenibilidad ambiental, el uso de recubrimientos comestibles representa una opción que ha mostrado incrementar la vida poscosecha de los frutos, conservando sus características sensoriales y minimizando el deterioro (Chiralt, 2018).

Los recubrimientos reducen la tasa respiratoria, la pérdida de peso y la degradación del color de los frutos, también mantienen la firmeza y, en algunos casos mejoran el sabor de los frutos, dentro de los materiales usados para elaborar recubrimientos están las ceras de abeja, las cuales se ha reportado que mejoran los atributos en las frutas, controlan el desarrollo de los microorganismos causantes del deterioro, mejoran el brillo, disminuyen la pérdida de peso y mantienen la firmeza de la pulpa por un tiempo más largo (Eshetu, 2019). Por lo que se vuelve una técnica muy importante en la poscosecha especialmente en la papaya que es una fruta que rápidamente madura por su alta tasa de respiración.

Según Martinnav (2016) menciona que el encerado de la papaya es la técnica más común utilizada por los empacadores y comercializadores de papaya a escala mundial. Consiste en crear una barrera de protección entre el producto y el ambiente para evitar su respiración. La cera en la papaya también se usa con el propósito de dar brillo y mejor apariencia para el cliente o consumidor. A pesar de que existen en el mercado muchos tipos de ceras, todas tienen las mismas características, pues intentan extender la vida de anaquel y evitan la pérdida de peso y oxidación, sin embargo, muchas ceras tienen base química o provienen de recursos minerales como el petróleo. La tendencia actual tiende a restringir el uso de ceras de origen químico y buscar alternativas para crear ceras naturales u orgánicas.

La gran mayoría de las ceras contienen antioxidantes naturales y las ceras a base de vegetales contienen más sustancias antioxidantes, definitivamente el uso de ceras combinadas con otros manejos agrícolas influye en mejores resultados en el proceso de poscosecha brindando producciones verdaderamente rentables.

#### **Emulsión de cera de abeja**

Básicamente una emulsión consiste en combinar dos ingredientes que químicamente son inmiscibles (que no se disuelven entre ellos) para crear así una mezcla homogénea estable., para el caso de la emulsión de la cera de abeja se realiza con agua destilada a una temperatura de 65 °C, para poder realizar la emulsión de lo contrario este proceso no se puede realizar.

### **Variables físicas medibles de la papaya**

#### **Medición de color**

Con la maduración por lo general disminuye el color verde de la papaya debido a una disminución de su contenido de clorofila y a un incremento en la síntesis de pigmentos de color amarillo y naranja.

#### **Medición del peso**

El peso de una papaya suele variar, no existe una medida específica, ya que depende principalmente de la variedad de la papaya entre otros parámetros, es necesario conocer el

peso de la papaya para tener un peso de referencia antes distintos tratamientos a los que se puede someter la fruta, siendo la unidad de medida utilizada el gramo.

## **Variable químicas medibles de la papaya**

### **Medición de los grados brix**

La fruta pasa por las diferentes etapas de maduración, la composición de azúcares va aumentando, por lo que al término de la maduración se esperan lecturas más altas de % Brix que, al inicio, el registro de estos datos durante el ensayo nos permitirá evaluar que tan rápido van cambiando la concentración de azúcares en los frutos de papaya en los diferentes tratamientos.

### **Concentración de CO<sub>2</sub>**

Según Geradina U. (2011), en un estudio determinó que los valores de la tasa respiratoria al inicio del almacenamiento a temperatura ambiente fueron bajos (6,3-13,3 ml.kg-1.h-1 de CO<sub>2</sub>), con importante alza entre el día 3 y 5, sin encontrarse diferencias significativas entre tratamientos a partir del día 7.

Se registraron valores de firmeza en pulpa menores a 20 N (relacionados con madurez de consumo), en los días 7 (grado 2 y grado 3) y 9 (grado 1). Después de salir del almacenamiento a 14°C, la respiración de los grados 1, 2 y 3 fue estadísticamente igual, con aumento importante en el día 5 del almacenamiento a temperatura ambiente.

La intensidad respiratoria de un fruto se mide como la cantidad de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (ml) que desprende un kilogramo de fruta en una hora. A lo largo del crecimiento se produce en primer lugar, un incremento en la respiración, que va disminuyendo lentamente hasta la maduración. Los frutos climatéricos, aquellos que siguen madurando aún después de haber sido recolectados, producen grandes cantidades de etileno a medida que la tasa de respiración aumenta (Lara, et al 2021).

### **Medición del Ph**

Según Yáñez (2016) para la medición del pH, en la papaya, se suele utilizar un método potenciométrico con un medidor de pH de electrodo de vidrio. El valor de pH de la pulpa de



papaya madura suele ser ligeramente ácido, con rangos que varían de 5.2 a 5.6. Este valor puede cambiar durante el almacenamiento debido al proceso de maduración, el metabolismo de los azúcares y la descomposición de los ácidos

### **Acidez titulable**

Según Lopera, A. (2018) la acidez titulable se mide mediante titulación con una base fuerte, como el hidróxido de sodio (NaOH), para determinar la cantidad total de ácidos presentes en el fruto. Este proceso implica neutralizar los ácidos orgánicos de la pulpa de papaya con una solución de concentración conocida, generalmente usando un indicador de pH como la fenolftaleína para identificar el punto final.

## 5. Metodología

### Ubicación geográfica

La investigación experimental se realizó, la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, se ubica en el cantón Tecualuya, Distrito de San Luís Talpa, municipio de la Paz oeste, departamento de la Paz (Fig.6); con una elevación de 50 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas geográficas 13°28'3" Latitud Norte, -89°05'8" Longitud Oeste y coordenadas planas de 261.5 km Latitud Norte, 489.6 km Longitud Oeste (Martínez et al. 2005). El Campo Experimental está distribuido de la siguiente manera: 26 manzanas de pastizales, 26 manzanas de cultivos anuales y frutales, 10 manzanas de infraestructura y calles y 81 manzanas de reservas naturales(UES-FCA, 2011).

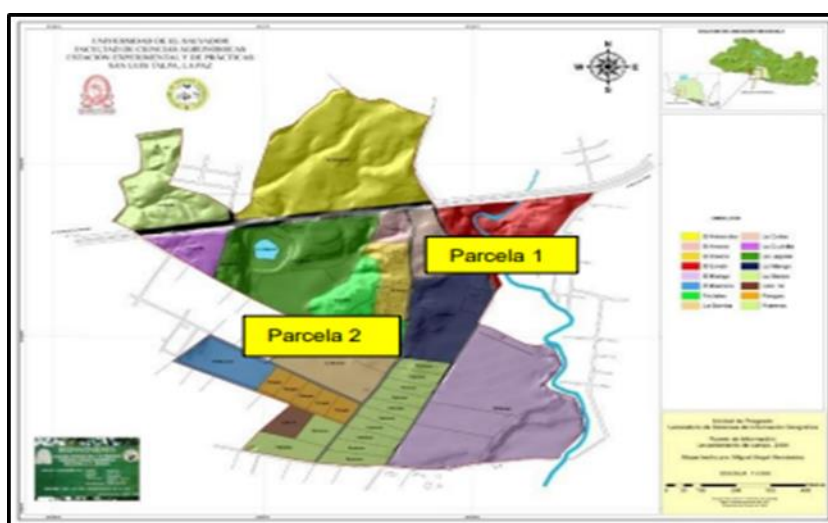


Figura 6 Mapa de ubicación de la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador (UES-FCA, 2011)

### Tipo de investigación

La investigación fue del tipo experimental, según Grajales (2000) el tipo de investigación experimental consiste en la manipulación de una (o más) variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular, para obtener las variables respuestas de la investigación.

Además, el experimento permitió introducir determinadas variables de estudio manipuladas, para controlar el aumento o disminución de las variables y su efecto en las conductas observadas.

### **Metodología de campo**

Para la metodología de campo se comprendió como todos los procesos realizados fuera del laboratorio como lo es: el corte del fruto de la papaya con una madurez fisiológica para lo cual se siguió un protocolo de cosecha de la papaya, con el objetivo de realizar un buen proceso de corta y de manejo poscosecha. En cuanto al traslado al laboratorio, las papayas se colocaron cuidadosamente en jabas plásticas, envueltas en papel periódico, para evitar daños mecánicos hasta llegar a la estación experimental donde primeramente se sumergieron en agua para eliminar el calor del campo y la desinfección y lavado de las mismas.

Para efectos de calidad solo se cosecharon papayas con una madures fisiológica notable y se descartaron las papayas con daños mecánicos, biológicos, procurando además un tamaño uniforme en las papayas cosechadas, la cosecha se realizó a las 06:00 horas del día 19 de junio del 2023, posterior se trasladó inmediatamente a las instalaciones de la estación experimental para seguir con la metodología de laboratorio.

### **Metodología de laboratorio**

En la metodología de laboratorio se realizaron dos repeticiones del ensayo simultáneamente con una duración de 8 días, iniciando el ensayo del 19 al 26 de junio del 2023. Los tratamientos consistieron en realizar tres tipos de diluciones con diferentes concentraciones, como se detalla en el cuadro 2, aplicadas a papayas maduras midiendo periódicamente las variables en ellas para determinar la mejor concentración diluida para alargar la vida útil en anaquel.

Cuadro 2. Concentraciones de cera de abeja por tratamiento

<b>CÓDIGO DE TRATAMIENTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL TRATAMIENTO</b>
T1	una concentración de 10% cera de abeja y 90% agua destilada
T2	una concentración de 20% cera de abeja y 80% agua destilada
T3	una concentración de 30% cera de abeja y 70% agua destilada
T0	Sin aplicación de recubrimiento de cera de abeja

### Materiales y equipo

Los materiales y equipos que se utilizaron en la investigación para el recubrimiento con cera de abeja en papaya a distintas concentraciones se detallan en el cuadro 3.



Cuadro 3. Materiales y equipo a utilizar



MATERIALES	EQUIPOS	UTENSILIOS
32 papayas	Analizador de gases	Recipientes de acero inoxidable
Cera de abeja	Brixometro	Agitadores
Agua destilada	PH-metro	Bandejas
NaOH 0.1 N	Balanza semi analítica	Cuchillos
	Colorímetro	Cristalería de laboratorio

### Proceso de recubrimiento a la papaya




En los cuadros 4 y 5, se detallan los pasos que se llevan a cabo para recubrir con cera de abeja la papaya y evaluar las características fisicoquímicas.


Cuadro 4. Diagrama de proceso de la aplicación de los tratamientos antes del recubrimiento

PRIMERA PARTE ANTES DEL RECUBRIMIENTO		
1	 A photograph showing several crates filled with ripe papayas, likely in a field or transport setting.	Cosecha de las papayas en campo y traslado de las mismas a la estación experimental en San Luis Talpa, La Paz.
2	 A photograph showing several papayas submerged in a shallow container of water, illustrating the cooling process.	Perdida del calor del campo en agua fresca a temperatura ambiente durante 10 minutos.

3		<p>Lavado y desinfección de las papayas con una concentración de hipoclorito de sodio, 5 ml de hipoclorito de sodio por cada litro de agua durante 5 minutos.</p>
4		<p>Toma de datos iniciales de peso, respiración, color, grados brix, pH.</p>

Cuadro 5. Diagrama de proceso de la aplicación de los tratamientos después del recubrimiento

<b>SEGUNDA PARTE DESPUES DEL RECUBRIMIENTO</b>		
1		<p>Preparación de diluciones de cera: se prepararon tres soluciones de 10, 20 y 30% de cera de abeja. Para un volumen final de cada solución de 300ml, se pesaron 30, 60, 90 gramos respectivamente de cera de abeja. En la figura, se muestra el aspecto visual de la solución preparada.</p>
2		<p>Aplicación del recubrimiento a los tres grupos de papayas a tratar.</p>
3		<p>Rotulación y clasificación por grupos de tratamiento, posterior del recubrimiento por cada tratamiento.</p>

4		Almacenamiento por grupo a temperatura ambiente del lugar.
---	---	--

### Toma de datos de parámetros físicos

Se seleccionó un fruto de papaya con características homogéneas a las demás para tomar los siguientes parámetros y de esa manera tener una referencia de dichos parámetros de como entro la fruta y cómo fue su variación en cada parámetro después del ensayo.

- 1- Peso del fruto
- 2- color
- 3- Medición de CO<sub>2</sub>
- 4- Grados Brix
- 5- pH. del fruto
- 6- Acidez titulable.

### Descripción del proceso

**Cosecha:** la investigación inicio con la obtención de 32 papayas (*Carica papaya*) para los tres tratamientos y testigo, para dos repeticiones simultaneas; dichos frutos se obtuvieron de un agricultor del cantón Los Naranjos del Municipio de Cojutepeque.

**Lavado y desinfección:** se utilizó una solución hipoclorito de sodio disuelto en agua como agente desinfectante para eliminar impurezas de las papayas y prevenir aparición de hongo.

**Pesado:** se tomó el peso inicial de las papayas para medir la pérdida de peso en el almacenamiento, hasta el fin de la vida útil.

**Medición de concentración CO<sub>2</sub>:** posterior a pesado se midió la concentración de CO<sub>2</sub>, de las papayas previamente antes de la aplicación de los recubrimientos, con el fin comparar concentración de CO<sub>2</sub>, ya con el recubrimiento en los días posteriores.

**Preparación del recubrimiento:** se realizó distintas diluciones de concentraciones de cera donde se determinó que más del 30% de cera era una dilución muy saturada por lo que se

vuelve difícil de manejar como recubrimiento por lo que se realizó a concentraciones a partir de 30% de concentración de cera de abeja.

**Aplicación del recubrimiento:** se aplicó la solución con una brocha, cubriendo todo el fruto y dejando secar a condiciones ambientales.

**Almacenamiento:** tras el secado de su recubrimiento se almaceno en bandejas según cada grupo de papaya a una temperatura ambiente.

**Control de concentración de CO<sub>2</sub>:** cada 2 días posterior al recubrimiento se realizaron las mediciones de la tasa de respiración a cada tratamiento de las muestras de papaya registrando los datos obtenidos, dichas mediciones se realizaron en un lapso de 8 días.

**Determinación de análisis fisicoquímicos:** cada 2 días posterior al recubrimiento se tomaron muestras de cada grupo de papaya a los cuales se le realizarán determinación de grados Brix, solidos solubles, PH y toma del color de la superficie y del interior de la papaya.

### **Diseño experimental**

La investigación sobre el recubrimiento de papaya con cera de abejas busca prolongar su vida útil y mantener su calidad, ya que la cera forma una película protectora que reduce la respiración y los procesos de maduración. Con diseño experimental se buscó evaluar qué concentraciones y métodos de aplicación de la cera de abejas son más efectivos, permitiendo optimizar su uso para prolongar la frescura y apariencia de la papaya, alargar la vida poscosecha y mantener sus características de calidad para su consumo.

Para el análisis de los datos de las variables descritas previamente, se analizaron con métodos estadísticas descriptivos como: tablas de frecuencia, representaciones graficas con el propósito de identificar el comportamiento de los datos. Posteriormente los datos se analizaron con un diseño Completamente al Azar (DCA) ya que las unidades experimentales son homogéneas y se encuentran distribuidas aleatoriamente.

Los tratamientos serán analizados con un diseño de bloques completamente al azar (DCA) dado que las unidades experimentales son homogéneas y se encuentran distribuidas aleatoriamente, en donde se tendrán los siguientes tratamientos. La unidad experimental fue

la papaya (*Carica papaya*) utilizándose grupos de papayas con dos réplicas por cada tratamiento (T1, T2, T3) y un grupo de papaya que servirá como testigo (T0).

En el cuadro 6, se describe el arreglo de los tratamientos y las variables de medición y en el cuadro 7, se detalla la codificación de las muestras y descripción de su tratamiento.

Cuadro 6. Tratamientos y variables de medición

Tratamiento	Variables respuesta			
	Día 0	Día 2	Día 5	Día 7
T1	Peso, color, concentración de CO <sub>2</sub> , °Brix, pH, acidez titulable.			
T2				
T3				
T0				

Cuadro 7. Detalle de las muestras y descripción de su tratamiento

Numeración de muestra	Código de tratamiento	Descripción del tratamiento
M1T1	T1	una concentración de 10% cera de abeja
M2T1	T1	una concentración de 10% cera de abeja
M3T1	T1	una concentración de 10% cera de abeja
M4T1	T1	una concentración de 10% cera de abeja
M1T2	T2	una concentración de 20% cera de abeja
M2T2	T2	una concentración de 20% cera de abeja
M3T2	T2	una concentración de 20% cera de abeja
M4T2	T2	una concentración de 20% cera de abeja
M1T3	T3	una concentración de 30% cera de abeja
M2T3	T3	una concentración de 30% cera de abeja
M3T3	T3	una concentración de 30% cera de abeja
M4T3	T3	una concentración de 30% cera de abeja
M1T0	T0	Sin aplicación de recubrimiento de cera de abeja
M2T0	T0	Sin aplicación de recubrimiento de cera de abeja
M3T0	T0	Sin aplicación de recubrimiento de cera de abeja
M4T0	T0	Sin aplicación de recubrimiento de cera de abeja



Para la realización cada tratamiento se utilizaron 4 papayas para obtener 16 unidades experimentales, el ensayo se realizará 2 veces con las mismas especificaciones, con los datos que se obtenga se realizara el análisis de varianza para demostrar estadísticamente que existen diferencias significativas entre los tratamientos así como también la verificación de los supuestos, la distribución normal, medidas de tendencia central, homogeneidad en las varianzas de los tratamientos, para finalmente realizar las pruebas de comparación de medias y obtener estadísticamente cual tratamientos dará lo mejores resultados. Todo el análisis se realiza con una probabilidad estadística del 1% utilizando el programa Infostat.

### **Evaluaciones a considerar**

Para determinar la calidad de la papaya en el tiempo se medirán las siguientes variables que describo a continuación:

### **Variables físicas**

#### **Medición de color**

Para determinar el color se realizó mediante un colorímetro como puede apreciarse en la figura 7, siguiendo los siguientes pasos:

Paso 1. Se encendería el equipo colorímetro y se realizó la calibración del equipo

Paso 2. Se limpió las frutas a ser analizadas.

Paso 3. Se colocó la fruta sobre el lente del equipo PCE.

Paso 4. Del le dio ENTER en el lector del equipo.

Paso 5. Se buscó la variable de interés: en esta actividad cada variable se muestra al inicio ejemplo  $L^*$ ,  $c$ ,  $h$ ,  $a^*$ , y  $b^*$  por lo que se buscaran los valores de cada una.



Figura 7. Toma de color a pulpa de papaya.

### Medición de cambio en el peso

El peso de frutos se realizó una vez cosechados los frutos de la papaya y se tomó nota de cada uno de ellos en libras y se midió periódicamente hasta terminar el ensayo durante 8 días para posteriormente establecer las pérdidas registradas en cada uno de los tratamientos en estudio, para lo cual se utilizó una balanza semianalítica, como se aprecia en la figura 8.



Figura 8. Toma de peso a papayas.

### Medición de concentración de CO<sub>2</sub>

Para medir la concentración de CO<sub>2</sub> de frutos de la papaya en estudio se utilizaron frascos de plástico con un tapón de hule en la parte superior evitando que no haya fuga de aire, colocando los frutos dentro se medirá por medio de un aparato haciendo uso de un analizador de gas portátil Dansensor checkPoint 3 para MAP. Se obtuvieron los datos de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> en el espacio de cabeza, figura9.



Figura 9. Toma de respiración de la papaya.

## Parámetros químicos

### Medición de los grados Brix

Para medir los grados Brix, se preparó la muestra de la papaya y se calibra el aparato con agua destilada, posteriormente se secó y se colocó la muestra y se midieron los resultados de cada tratamiento, figura 10.

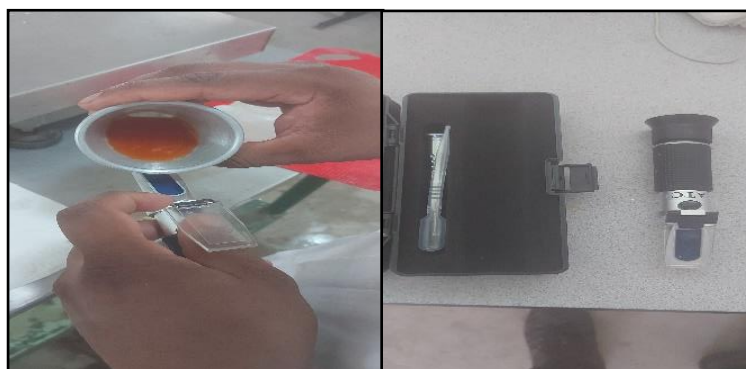


Figura 10. Medición de grados Brix de la papaya con refractómetro.

### Medición del pH

Para determinar el pH se realizó mediante un pH-metro como se aprecia en figura 11, siguiendo los siguientes pasos:

Paso 1: Se preparó la muestra de papaya.

Paso 2: se calibro del equipo pH-metro con agua destilada.

Paso 3: Se introdujo el aparato en la muestra y se tomó la lectura de los resultados.



Figura 11. Medición de pH de la papaya con pHmetro.

### Acidez titulable

Para realizar la acidez titulable se obtuvieron 10 ml de muestra y se colocó dentro de un Erlenmeyer y se colocaron 3 gotas de fenolftaleína como indicador para titular y se tomó nota del resultado, figura 12.

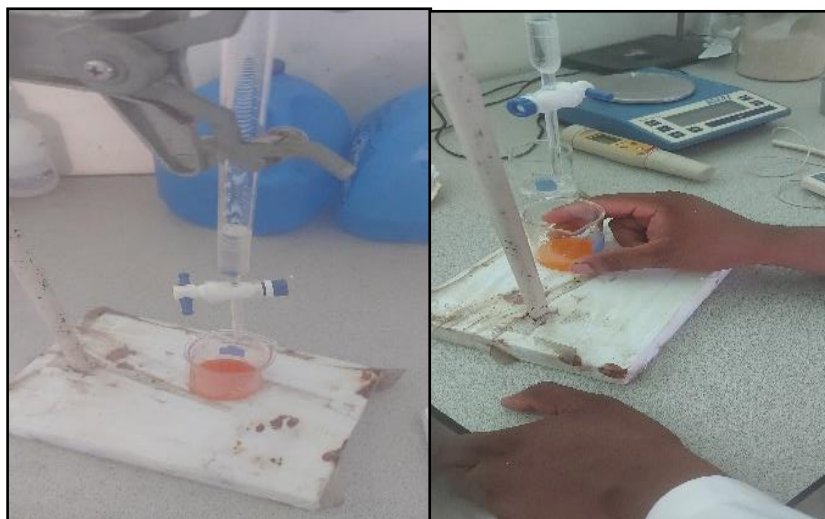


Figura 12. Medición de acidez titulable de la papaya.

## 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Posterior a la realización del montaje del recubrimiento de cera de abeja con tres concentraciones distintas como recubrimiento en la fruta de papaya, se obtuvieron resultados favorables, detallando dichos resultados a continuación.

### Pérdida de peso

La pérdida de peso de las papayas fueron 292.7 g ,228.03 g, 175.36 g ,83.91 g para los tratamientos T0, T2, T1 y T3 respectivamente. Se puede demostrar que a mayor concentración de cera de abeja la pérdida de peso es menor. Como se observa en la figura 13. Donde T3, con una concentración de 30% de cera de abeja es el tratamiento que experimenta la menor pérdida de humedad.

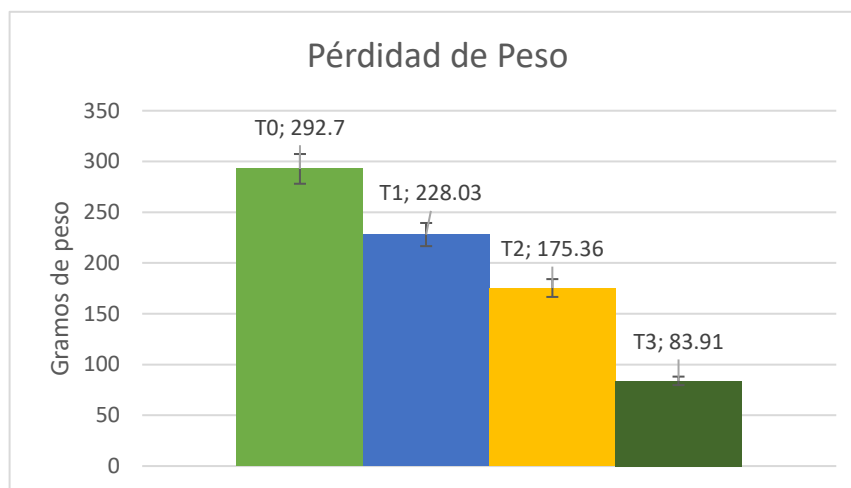


Figura 13. Resultado de pérdida de peso en papaya tratadas.

En el anexo A1, se observa que las medias de tratamientos con letras distintas representan diferencias significativas según la prueba de Tukey con un p-valor de 0.001 menor a 0.01.

Según Ruiz (2012) estableció que la fruta de papaya al tener una capa de recubrimiento se crea el efecto de una menor respiración en la fruta y esto se traduce en una menor pérdida de peso, ya que la respiración es un proceso metabólico que consume los sustratos y la energía de la

fruta, y una disminución en su tasa ralentiza la pérdida de estos componentes, prolongando la vida útil y reduciendo la deshidratación que contribuye a la pérdida de peso.

### pH

Los valores de pH fueron de 6.59, 6.46, 6.37 y 6.28 para los tratamientos T0, T1, T2 y T3 respectivamente, todos los resultados tuvieron valores similares (figura 14).

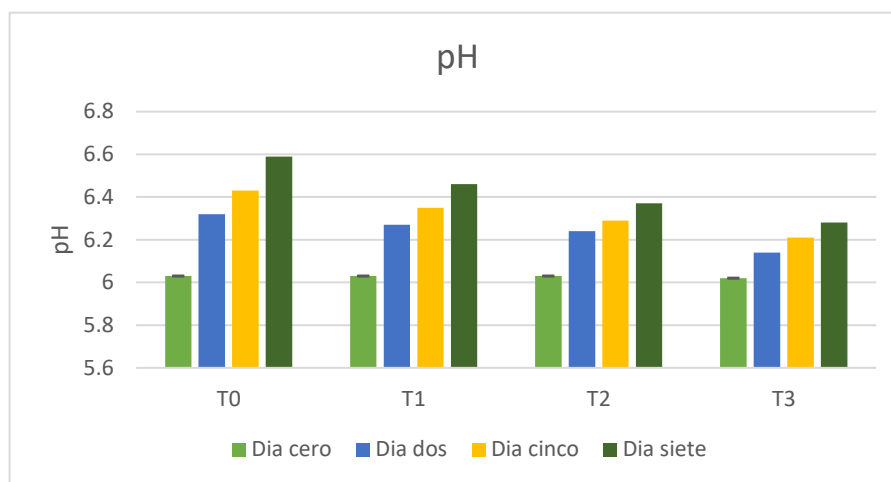


Figura 14. Resultado del pH en papaya tratadas

En el anexo A2, se observa que las medias de tratamientos con letras iguales representan diferencias no significativas según la prueba de Tukey con un p-valor de 0.0035 mayor a 0.01. Para esta variable los resultados no muestran una diferencia significativa entre ellos esto quiere decir que los resultados son similares para los distintos tratamientos.

Según Felix (2023) una menor respiración en una fruta, generalmente indica una maduración más lenta o un estado de menor madurez, lo cual se correlaciona con un pH más bajo (mayor acidez) porque la cantidad de ácidos orgánicos aún no ha disminuido significativamente por su oxidación durante el proceso respiratorio, que consume dichos ácidos.

### Grados Brix

Los resultados en grados brix de las papayas fueron 11.40, 10.49, 10.70 y 9.15 para los

tratamientos T0, T1, T2 y T3 respectivamente, obteniendo datos similares entre los tratamientos en estudio como se muestra en la siguiente (figura 15).

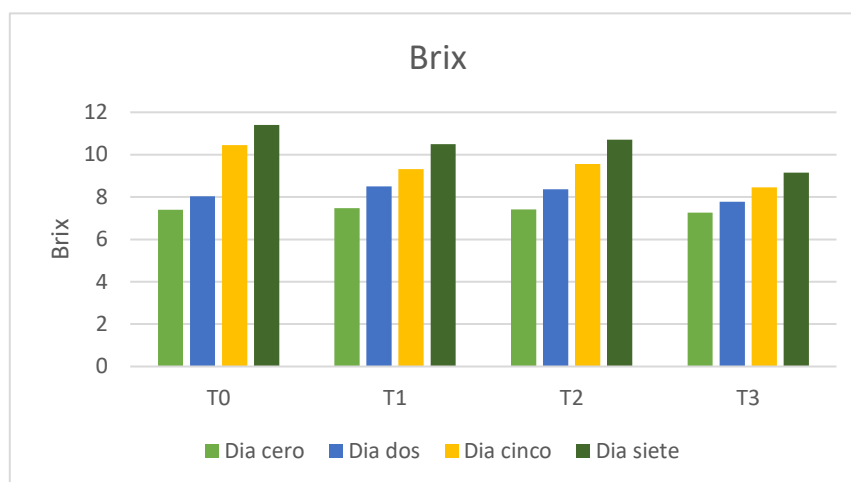


Figura 15. Resultado de grados Brix en papaya tratadas

En el anexo A3, se observa que las medias de tratamientos con letras iguales significan que no hay diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba de Tukey con un p-valor de 0.046 mayor de 0.01.

En esta variable no existe diferencia significativa entre los tratamientos los resultados son similar, pero mostrando una leve disminución en el valor de T3 comparado con el testigo quien tuvo mayor grado brix.

Según Yanez (2016) los grados Brix de la papaya madura suelen estar entre 10 y 11.5 grados Brix, y se comprobó que con un recubrimiento a base de cera de abeja no cambia los grados Brix.

#### **Medición de concentración de CO<sub>2</sub>**

La respiración de la papaya es de 35.35, 33.60, 32.65, 29.45 ml de CO<sub>2</sub>Kg<sup>-1</sup>h, para los tratamientos T0, T1, T2 y T3 respectivamente. El tratamiento testigo, T1 y T2 tienen datos iguales y el tratamiento T3 es menor que el resto de tratamientos. (Figura 16).

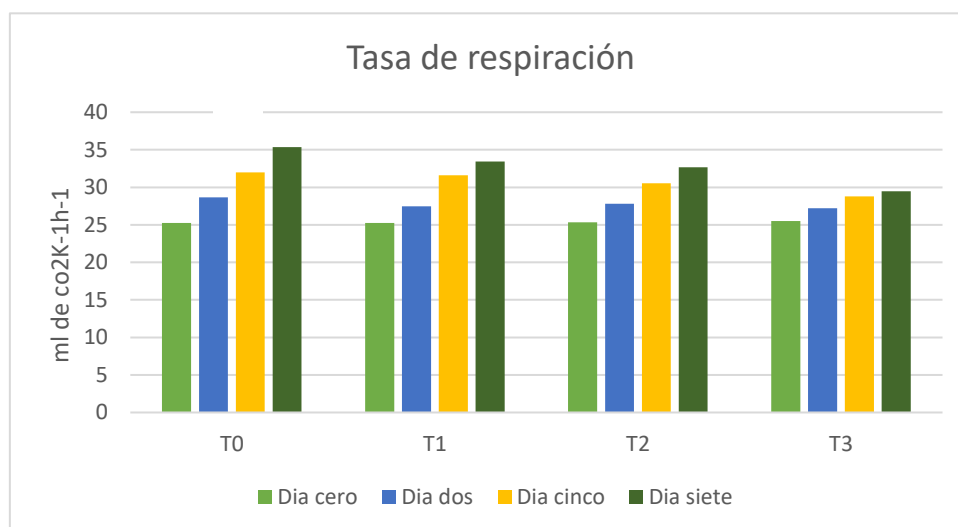


Figura 16. Resultado de tasa de respiración en papaya tratadas

En el anexo 4, se observa que las medias de tratamientos con letras distintas presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey con un p-valor de 0.0002 menor a 0.01.

Al analizar los resultados en cuanto a la concentración de CO<sub>2</sub>, de las papayas en los cuatro tratamientos se puede determinar que existe una menor tasa de respiración para el tratamiento T3, lo que permite que la fruta se conserve por más tiempo. Dado que Slitveit (2002), establece que en general, existe una relación inversa entre la tasa respiratoria y vida útil de poscosecha de productos frescos. Cuanto más alta es la respiración, más perecible es el producto, lo que indica que si se trata de reducir la tasa de respiración aumentara vida útil de poscosecha.

### Efecto de la acidez titulable

Los datos resultados de ácido cítrico fueron de 0.12 %, 0.18%, 0.19 % y 0.22 % para los tratamientos T0, T1, T2 Y T3 respectivamente. Los porcentajes son similares y no presentan una diferencia (Figura 17).

La acidez titulable de la papaya madura es baja, variando generalmente entre 0.04% y 0.25%, expresada como ácido predominante en el fruto, como el ácido málico o cítrico.



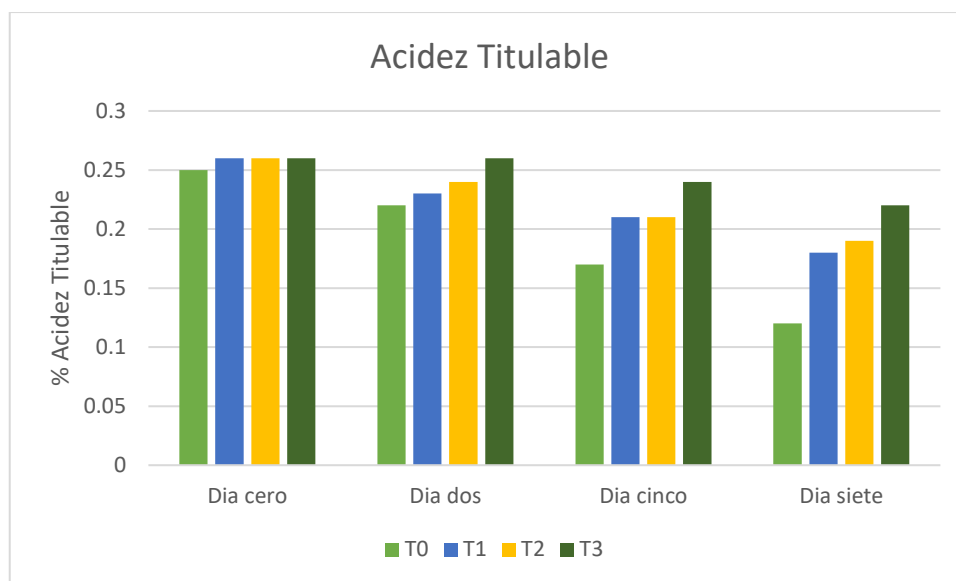


Figura 17. Resultado de la acidez titulable en papaya tratadas

En el anexo A5, se observa que el porcentaje de ácido cítrico, medias con letras iguales no presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey con un p-valor de 0.0182 mayor a 0.01.

Los tratamientos T1, T2 y T3 tuvieron valores de acidez más bajas que el tratamiento testigo. El tratamiento T1 y T2, tuvieron porcentajes cercanos, el tratamiento T3 es quien tuvo menos descenso en la acidez. Hay que señalar que la acidez de la papaya es baja y no repercute en la calidad del fruto.

### Color cáscara

#### Luminosidad de la papaya

El resultado para (L) fueron de 29.58, 38.50, 33.58 y 33.43 para los tratamientos T0, T1, T2 y T3 respectivamente, los tratamientos tuvieron datos similares por lo que no existe estadísticamente diferencia entre los tratamientos (Figura 18).

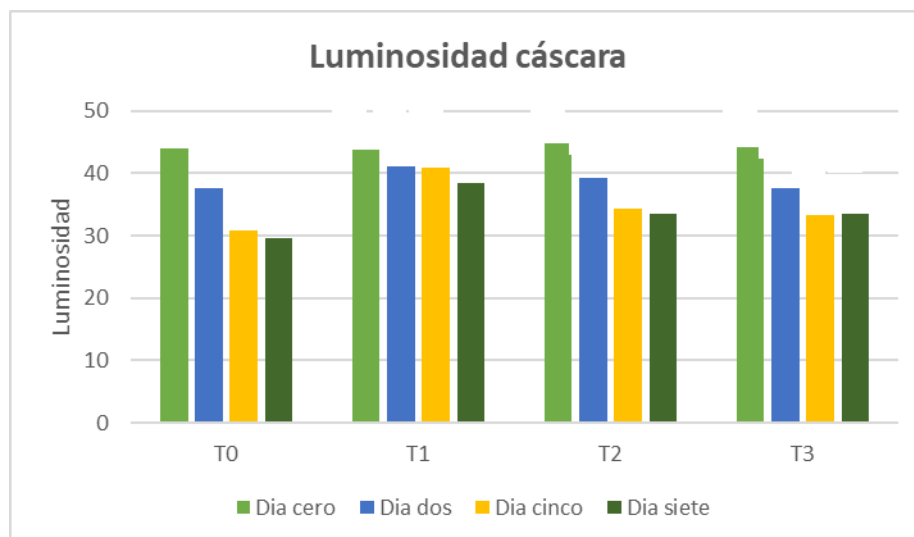


Figura 18. Resultado la luminosidad de la cáscara en papaya tratadas

En el anexo A6, se observa que las medias de tratamientos con letras iguales de la luminosidad de la cáscara de la papaya, medias, representa diferencias no significativas entre los tratamientos según la prueba de Tukey con un p-valor de 0.0417 siendo mayor a 0.01.

#### Componente verde-rojo (a)

Los valores para (a) fueron de -5.89, -5.64, -6.51, -6.29 para los tratamientos T0, T1, T2 Y T3 respectivamente, los tratamientos presentan datos similares por lo que no existe diferencia (Figura 19).

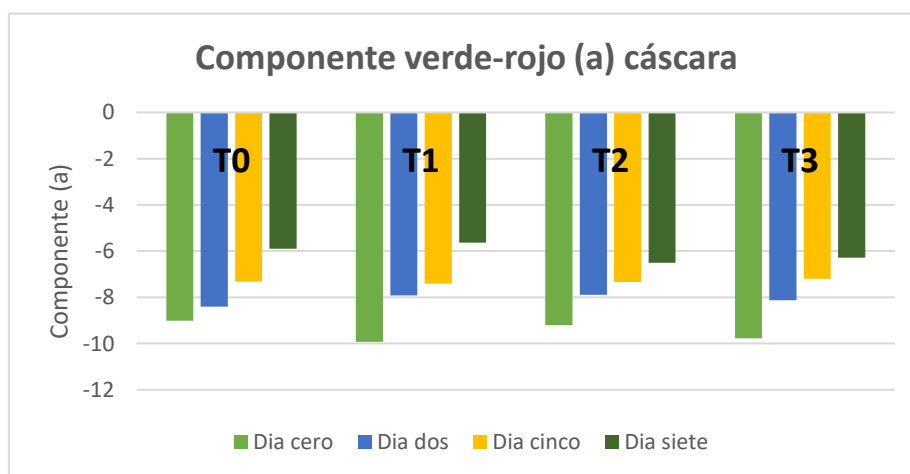


Figura 19. Resultado de los componentes verde-rojo de la cáscara en papaya tratadas

En el anexo A7, se observa que para el componente (a), las medias que presentan letras igual no muestran diferencias significativas según la prueba de Tukey con p-valor de 0.6144 mayor a 0.01

### Componente amarillo- azul (b)

Los resultados en (b) son 19.74, 19.89, 20.65 y 22.88 para los tratamientos T0, T1, T2 y T3 respectivamente, los tratamientos muestran datos similares por lo que no existe una diferencia significativa (Figura 20).

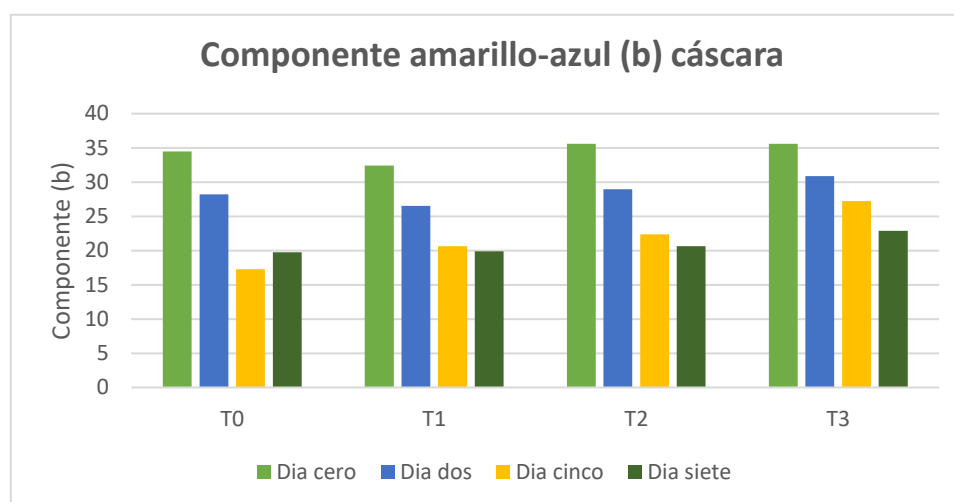


Figura 20. Resultado de los componentes amarillo – azul de la cáscara en papaya tratadas

En el anexo A7, se puede determinar que para (b) las medias con letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba de Tukey con un p-valor de 0.0677 mayor de 0.01.

### Color Pulpa

#### Luminosidad de la papaya

El resultado para (L) fueron de 29.36, 27.34, 29.06 y 27.94 para los tratamientos T0, T1, T2 y T3 respectivamente, los tratamientos tuvieron datos similares por lo que no existe estadísticamente diferencia entre los tratamientos (Figura 21).

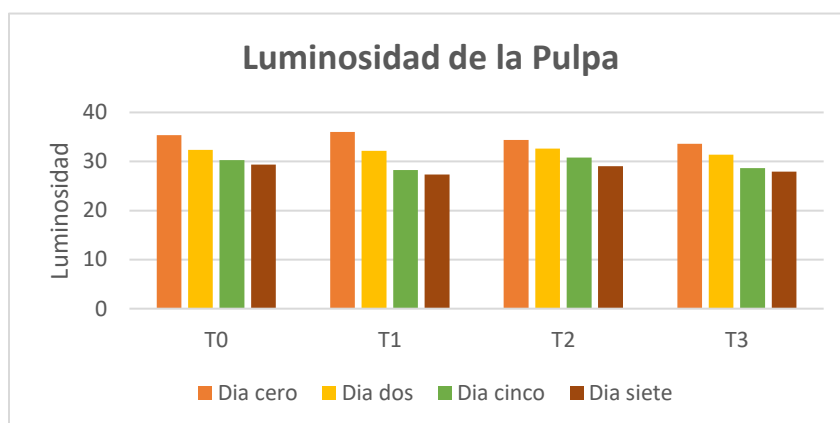


Figura 21. Resultado de la luminosidad del color de la pulpa en papaya tratadas

Según anexo 7, se puede apreciar que la luminosidad de la cascara de la papaya, medias con letras iguales representa diferencias no significativas entre los tratamientos según la prueba de Tukey con un p-valor de 0.6976 siendo mayor a 0.01.

#### Componente verde- rojo (a)

Los valores para (a) fueron de 10.91, 13.35, 14.19 y 14.68 para los tratamientos T0, T1, T2 Y T3 respectivamente, los tratamientos presentan datos similares por lo que no existe diferencias (Figura 22).

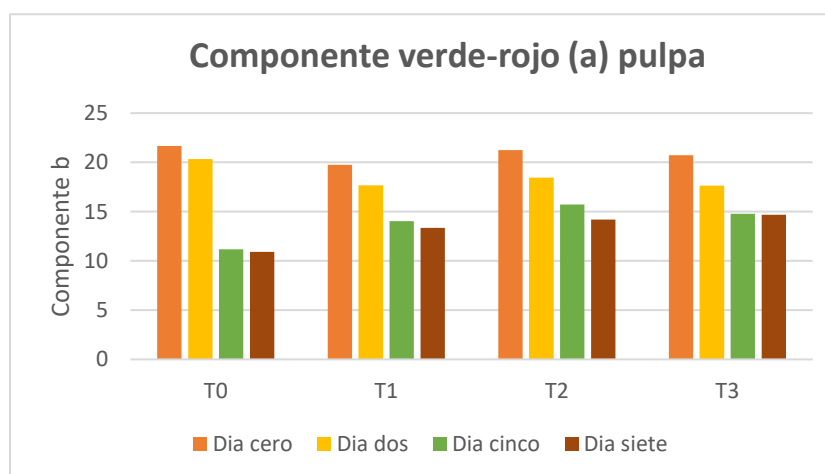


Figura 22. Resultado de la luminosidad del color de la pulpa en papaya tratadas

Según anexo A7, se puede apreciar que para el componente (a), las medias que presentan letras igual no muestran diferencias significativas según la prueba de Tukey con p-valor de 0.1003 mayor a 0.01.

### Componente amarillo- azul (b)

Los resultados en (b) son 18.49,18.33,20.80 y 19.66 para los tratamientos T0, T1, T2 y T3 respectivamente, los tratamientos muestran datos similares por lo que no existe una diferencia estadísticamente significativa (Figura 23).

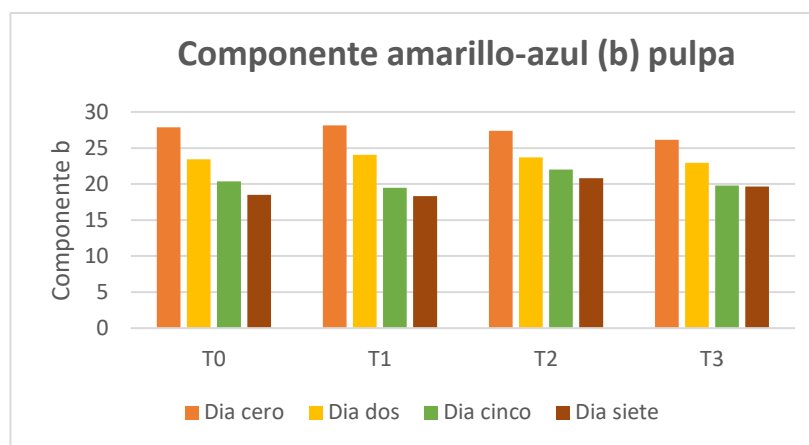


Figura 23. Resultado de los componentes amarillo – azul de la pulpa en papaya tratadas

Según anexo 7, se puede apreciar que para (b) las medias con letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba de Tukey con un p-valor de 0.0677 mayor de 0.01.

Al analizar los resultados en cuanto al color de exocarpo y el mesocarpo de la papaya en los cuatro tratamientos se determina que no existe diferencia relevante entre sí, teniendo presente que el color de los frutos de papaya (*Carica papaya* L.) depende de los pigmentos que contenga (carotenoides), no influyo los distintos tratamientos en el color de la fruta.

En el anexo A8, se presentan las papayas del ensayo codificadas como T0 y en el anexo A9 se presentan las papayas del ensayo codificadas como T3.

## 7. Conclusiones

En las variables evaluadas los grados Brix, acidez titulable, color y pH no presentaron diferencias significativas entre tratamientos mostrando una leve diferencia los tratados con cera de abeja comparados con el testigo.

El tratamiento T3 con concentraciones de 30% de cera de abeja, presentan resultados favorables en el parámetro peso y la ralentización de la respiración, ayudando en gran medida a la conservación de atributos de calidad importantes en las papayas.

Con los resultados obtenido se puede determinar que el tratamiento T3, es el que presenta mejores resultados frente a los demás tratamientos, prolongando la vida útil de acuerdo a su madurez de consumo, seis días más; donde se conserva el color característico y el peso del fruto.

## 8. Recomendaciones

Se recomienda desarrollar ensayos controlando la temperatura de almacenamiento a temperaturas bajas a fin de superar más de 6 días de tiempo de vida útil de la papaya en su madures de consumo.

Se recomienda utilizar un dispositivo tipo rociador para aplicar de forma homogénea y facilitar la aplicación de la solución de cera de abeja en la papaya

Determinar nuevos solventes más adecuados para disolver la cera de abeja ya que por ser un material muy espeso tiende a dificultar el recubrir la fruta con el fin de aumentar a más del 30% la concentración de cera de abeja.

## 9. Bibliografía

Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal Enrique Álvarez Córdova (CENTA). (2010). Guía técnica del cultivo de la papaya. Biblioteca Virtual de la Universidad Dr. José Matías Delgado. <https://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/DOCUMENTOS%20WEB/0002534-ADDOCGG.pdf>

Escuela superior politécnica agropecuaria de Manabí Manuel Léliz López (ESPAMMFL) (2014). Prolongación de vida útil de la papaya (*carica papaya* L) en percha por inmersión en soluciones de propóleo en etanol. <https://repositorio.esпам.edu.ec/bitstream/42000/435/1/TESIS%20lista.pdf>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2007). Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales (Papaya, piña, plátano, cítricos). <https://www.fao.org/3/ac304s/ac304s.pdf>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2012). Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo. <https://www.fao.org/3/i2697s/i2697s.pdf>

Fredi S. (2015). Postcosecha de frutas tropicales. Agronomomaster. <https://agronomaster.com/postcosecha/>

Gloria, L. (2020). POSTCOSECHA DE PAPAYA. gocarismed.es. <https://gocarismed.es/wp-content/uploads/2020/09/webinar3-Gloria.pdf>

Yanez Zambrano, A. (2016). Informe PH Papaya [Informe de investigación]. Scribd. <https://es.scribd.com/document/368957939/Informe-Ph-Papaya>  
Grajales, T. (2015). TIPOS DE INVESTIGACION. Academia.edu. [https://www.academia.edu/9373954/TIPOS\\_DE\\_INVESTIGACION\\_Por\\_Tevni](https://www.academia.edu/9373954/TIPOS_DE_INVESTIGACION_Por_Tevni)

LABFAUBA (Laboratorio de Servicios Analíticos Especiales). (2009). Análisis sensorial de los alimentos. Repositorio UBA. [http://repositorioubas.sisbi.uba.ar/gsd/collect/encruci/index/assoc/HWA\\_257.dir/257.PDF](http://repositorioubas.sisbi.uba.ar/gsd/collect/encruci/index/assoc/HWA_257.dir/257.PDF)

Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas. (2011). [Mapa de distribución de parcelas de la investigación de la Facultad de Ciencias Agronómicas] [Mapa]. San Salvador, El Salvador.

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2022). Anuario de Estadísticas Agropecuarias 2021-2022. <https://www.mag.gob.sv/wp-content/uploads/2022/12/Anuario-de-Estad%C3%ADsticas-Agropecuarias-2021-2022.pdf>



Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados (SIOVM). (2005). Información taxonómica de la papaya. CONABIO. [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseseguridad/pdf/20898\\_sg7.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseseguridad/pdf/20898_sg7.pdf).

Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados (SIOVM). (2005). Información taxonómica de la papaya. CONABIO. [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseseguridad/pdf/20898\\_sg7.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseseguridad/pdf/20898_sg7.pdf).

Mercado-Ruiz, J. N., Guzmán-Reyes, I. C., García-Robles, J. M., Salinas-Hernández, R. M. y Báez-Sañudo, R. (2012). Efecto del recubrimiento con ceras comestibles en frutos de papaya (*Carica papaya* L.) sobre su calidad durante el almacenamiento. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 13(2), 173–182

Felix Instruments. (2023). Impacto de la respiración de la fruta en la calidad de la fruta. Recuperado de Felix Instruments.

Universidad del Magdalena. (1996). *Manejo de postcosecha de la papaya (Carica papaya. L.)*. Repositorio Institucional de la Universidad del Magdalena. <https://repositorio.unimagdalena.edu.co/items/8a68de32-3576-4f8c-b8bd-8a05b7712538>

UNMSM (Universidad Nacional Mayor de San Marcos). (2006). *Estudio químico-bromatológico del fruto de Carica Papaya. "chamburú"* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio de CORE. <https://core.ac.uk/download/pdf/323348633.pdf>

Velásquez, H. (2016). Evaluación de las pérdidas poscosecha en papaya (*Carica Papaya* L.) variedad Maradol. *Ciencia Digital*. [https://www.researchgate.net/publication/329868773\\_CAMBIOS\\_EN\\_LAS\\_PROPIEDADES\\_FISICOQUIMICAS\\_DURANTE\\_EL\\_ALMACENAMIENTO\\_DE\\_CARICA\\_PAPAYA\\_L\\_UTILIZANDO\\_TRES\\_RECUBRIMIENTOS\\_COMESTIBLES](https://www.researchgate.net/publication/329868773_CAMBIOS_EN_LAS_PROPIEDADES_FISICOQUIMICAS_DURANTE_EL_ALMACENAMIENTO_DE_CARICA_PAPAYA_L_UTILIZANDO_TRES_RECUBRIMIENTOS_COMESTIBLES)

(Redalyc, 2020). ALARGAMIENTO DE LA VIDA DE ANAQUEL DE LAS FRUTAS POR EL USO DE BIOPELÍCULAS. *Redalyc*, volumen(número), páginas. [<https://www.redalyc.org/journal/4263/426363282006/html/>].

Yáñez Zambrano, G. A. (2016). *Informe del pH en la papaya* [Informe académico no publicado]. Scribd. <https://es.scribd.com/document/368957939/Informe-Ph-Papaya>.

Lopera, A. (2018). Microtitulación para la determinación de la acidez titulable de tés, infusiones y bebidas refrescantes. *SciELO México*. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-74672022000100012](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-74672022000100012)

## 10. Anexos

### Anexos 1: Pérdida de peso

#### Análisis de varianza

##### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Pérdida de peso	8	0.99	0.99	4.85

##### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	46723.36	3	15574.45	174.12	0.0001
Tratamientos	46723.36	3	15574.45	174.12	0.0001
Error	357.79	4	89.45		
Total	47081.15	7			

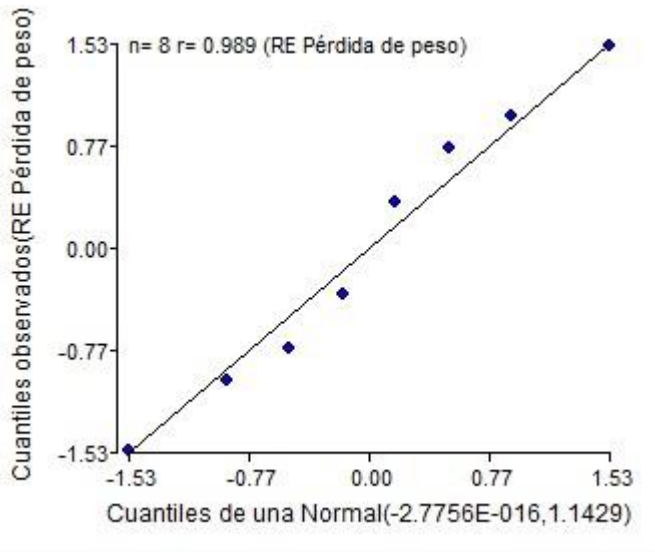
Test: Tukey Alfa=0.01 DMS=61.34419

Error: 89.4470 gl: 4

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T3	83.91	2	6.69	A
T2	175.36	2	6.69	B
T1	228.03	2	6.69	B
T0	292.70	2	6.69	C

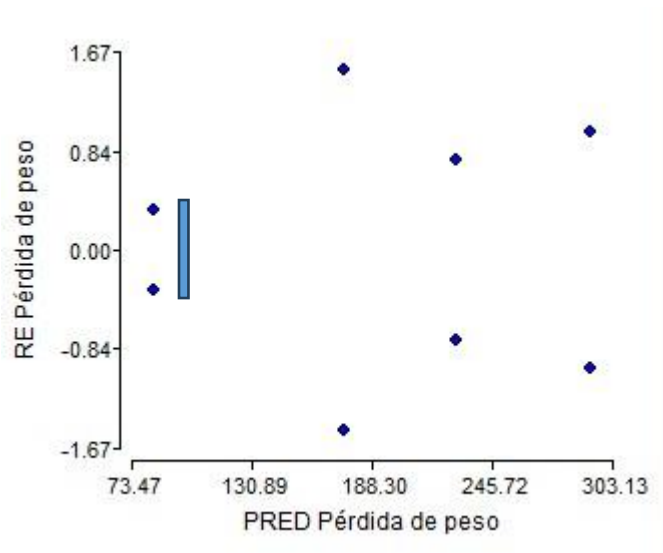
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

#### Supuesto de distribución normal



Con  $r=0.989$  los datos se distribuyen de forma normal con un nivel de significancia del 1%

## Homogeneidad de varianza



Los tratamientos en estudio presentan varianza homogénea

## Anexos 2: pH

Análisis de varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Ph	8	0.96	0.92	0.55

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.11	3	0.04	29.18	0.0035
Tratamientos	0.11	3	0.04	29.18	0.0035
Error	5.0E-03	4	1.2E-03		
Total	0.11	7			

Test: Tukey Alfa=0.01 DMS=0.22817

Error: 0.0012 gl: 4

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T3	6.28	2	0.02 A
T2	6.37	2	0.02 A B
T1	6.46	2	0.02 A B
T0	6.59	2	0.02 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

### Anexos 3: Grados Brix

#### Análisis de varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
BRIX	8	0.95	0.91	2.53

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5.31	3	1.77	25.34	0.0046
Tratamientos	5.31	3	1.77	25.34	0.0046
Error	0.28	4	0.07		
Total	5.59	7			

Test: Tukey Alfa=0.01 DMS=1.71440

Error: 0.0699 gl: 4

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T3	9.15	2	0.19	A
T1	10.49	2	0.19	A B
T2	10.70	2	0.19	A B
T0	11.40	2	0.19	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

### Anexo 4: Tasa de respiración

#### Análisis de varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Tasa de respiración	8	0.99	0.98	0.99

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	36.30	3	12.10	115.22	0.0002
Tratamientos	36.30	3	12.10	115.22	0.0002
Error	0.42	4	0.11		
Total	36.72	7			

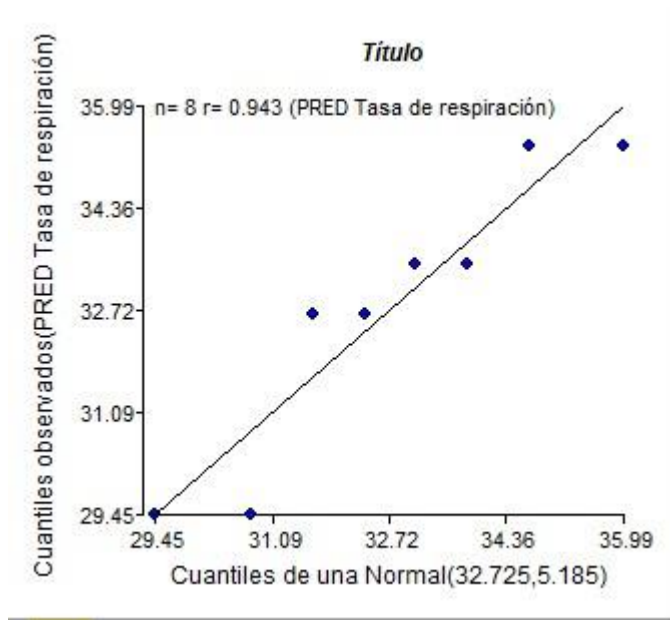
Test: Tukey Alfa=0.01 DMS=2.10177

Error: 0.1050 gl: 4

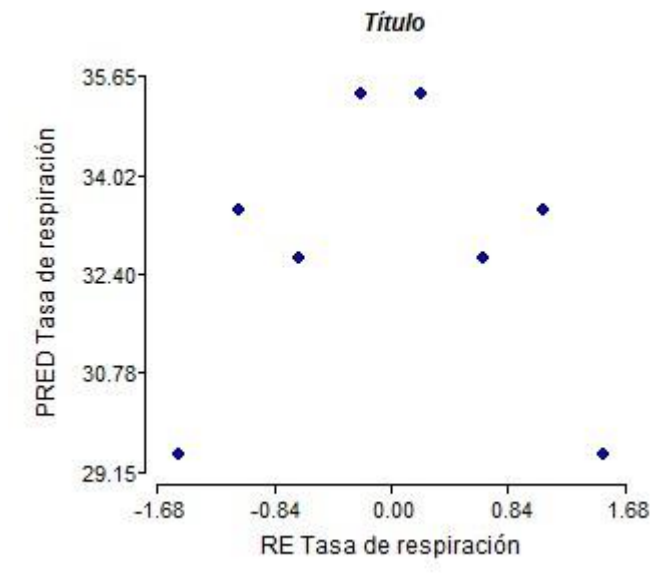
Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T3	29.45	2	0.23	A
T2	32.65	2	0.23	B
T1	33.45	2	0.23	B C
T0	35.35	2	0.23	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

## Supuesto de distribución normal



## Homogeneidad de la varianza



## Anexos 5: Acidez Titulable

### Análisis de varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
% Acidez Titulable	8	0.90	0.82	9.35

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.01	3	3.4E-03	11.99	0.0182
Tratamientos	0.01	3	3.4E-03	11.99	0.0182
Error	1.2E-03	4	2.9E-04		
Total	0.01	7			

Test:Tukey Alfa=0.01 DMS=0.10998  
Error: 0.0003 gl: 4

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T0	0.14	2	0.01 A
T1	0.17	2	0.01 A
T2	0.19	2	0.01 A
T3	0.24	2	0.01 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.01)

## Anexos 6: Color de Cascara

### Luminosidad

### Análisis de varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Luminosidad	8	0.85	0.73	5.64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	80.16	3	26.72	7.37	0.0417
Tratamientos	80.16	3	26.72	7.37	0.0417
Error	14.51	4	3.63		
Total	94.67	7			

Test:Tukey Alfa=0.01 DMS=12.35149  
Error: 3.6263 gl: 4

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T0	29.58	2	1.35 A
T3	33.43	2	1.35 A
T2	33.58	2	1.35 A
T1	38.50	2	1.35 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.01)

## Componente (a)

### Análisis de varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
a	8	0.33	0.00	11.15

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.92	3	0.31	0.67	0.6144
Tratamientos	0.92	3	0.31	0.67	0.6144
Error	1.84	4	0.46		
Total	2.76	7			

Test: Tukey Alfa=0.01 DMS=4.39790

Error: 0.4597 gl: 4

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T2	-6.51	2	0.48 A
T3	-6.29	2	0.48 A
T0	-5.89	2	0.48 A
T1	-5.64	2	0.48 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

## Componente (b)

### Análisis de varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
b	8	0.80	0.66	4.23

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12.62	3	4.21	5.44	0.0677
Tratamientos	12.62	3	4.21	5.44	0.0677
Error	3.09	4	0.77		
Total	15.71	7			

Test: Tukey Alfa=0.01 DMS=5.70219

Error: 0.7729 gl: 4

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T0	19.74	2	0.62 A
T1	19.89	2	0.62 A
T2	20.65	2	0.62 A
T3	22.88	2	0.62 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

## Anexos 7: Color pulpa

### Luminosidad

#### Análisis de varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
L	8	0.28	0.00	6.60

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5.36	3	1.79	0.51	0.6976
Tratamientos	5.36	3	1.79	0.51	0.6976
Error	14.06	4	3.51		
Total	19.42	7			

Test: Tukey Alfa=0.01 DMS=12.16044

Error: 3.5149 gl: 4

Tratamientos Medias n E.E.

T1	27.34	2	1.33	A
T3	27.94	2	1.33	A
T2	29.06	2	1.33	A
T0	29.36	2	1.33	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

### Componente (a)

#### Análisis de varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
a	8	0.76	0.58	8.73

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	16.85	3	5.62	4.18	0.1003
Tratamientos	16.85	3	5.62	4.18	0.1003
Error	5.37	4	1.34		
Total	22.22	7			

Test: Tukey Alfa=0.01 DMS=7.51721

Error: 1.3432 gl: 4

Tratamientos Medias n E.E.

T0	10.91	2	0.82	A
T1	13.35	2	0.82	A
T3	14.19	2	0.82	A
T2	14.68	2	0.82	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )



## Componente (b)

### Análisis de varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
b	8	0.67	0.42	5.14

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7.98	3	2.66	2.70	0.1810
Tratamientos	7.98	3	2.66	2.70	0.1810
Error	3.95	4	0.99		
Total	11.93	7			

Test: Tukey Alfa=0.01 DMS=6.44207

Error: 0.9864 gl: 4

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T1	18.33	2	0.70 A
T0	18.49	2	0.70 A
T3	19.66	2	0.70 A
T2	20.80	2	0.70 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

### Anexos 8: fotografía de papaya T0 (testigo) día cero y día 6



Anexos 9: fotografía de papaya T3 (mejor resultado) día cero y día 6

