

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



EVALUACION DE LA CONSERVACION DE UNA
VARIEDAD DE TUNA (BURRONA) BAJO DIFERENTES
MANEJOS DE POSTCOSECHA

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTA

TOMAS MORALES OLIVARES

MARIN, N. L.

AGOSTO DE 1998

TL

SB379

.P8

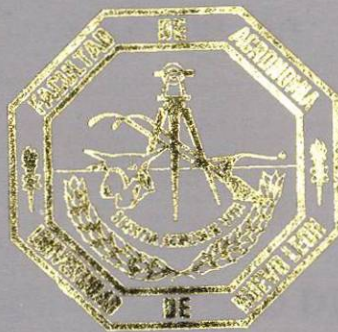
M6

c.1



1080110848

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



EVALUACION DE LA CONSERVACION DE UNA
VARIEDAD DE TUNA (BURRONA) BAJO DIFERENTES
MANEJOS DE POSTCOSECHA

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTA

TOMAS MORALES OLIVARES

MARIN, N. L.

AGOSTO DE 1998

TL
SB379
P8
M6



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**EVALUACIÓN DE LA CONSERVACIÓN DE UNA VARIEDAD DE
TUNA (BURRONA) BAJO DIFERENTES MANEJOS DE
POSTCOSECHA**

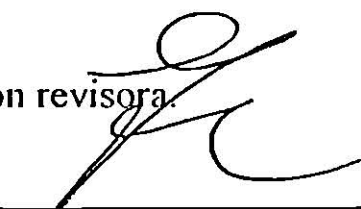
TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

PRESENTA

TOMÁS MORALES OLIVARES

Comisión revisora.



Ph. D. Rigoberto González Glz.
Asesor Principal.



Ph. D. Emilio Olivares Saenz
Asesor Estadístico.



Dr. Clemente Gallegos Vázquez
Asesor Externo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios:

Por ser mi amigo y quién siempre me ha ayudado en los momentos mas difíciles.

A mis asesores:

El Ph D. Rigoberto González González.

El Ph. D. Emilio Olivares Saenz.

Por su apoyo y asesoramiento en la realización del presente trabajo.

El Dr. Clemente Gallegos Vázquez por su amistad, ayuda y asesoramiento en el presente trabajo, a quién doy las gracias por el tiempo invertido para lograr un trabajo de calidad.

Al Sr. Fernando Torres Romo, por haber propocionado la tuna y permitirmos usar su infraestructura para la aplicación de los tratamientos.

A mi amiga Juanita Aranda R. por su colaboración en la realización del presente trabajo.

A mis amigos; Rosalinda Vidaurri, Jorge Dávila, Mariano, Lillia V., Mario C., Érika C., Margarita S., y en general a todos mis amigos, compañeros y maestros que de alguna manera pusieron su granito de arena en la realización del presente trabajo.

DEDICATORIA

**A la memoria de mi padre, el Sr. Carlos Morales Balderas que en paz
descanse.**

**A mi madre, la Sra. Rosa María Olivares Hernandez a quién dedico todos
mis logros por ser lo mas valioso de mi vida, madre esto solo es el
comienzo..**

**A mi padrino, el Ingeniero Francisco Tomás Romero Juárez quién ha sido
como un padre y gracias a sus consejos y a su apoyo durante todos mis
estudios he logrado ser lo que siempre anhelé.**

**A mis hermanos: Martha, Carlos, Beto, Domingo, Chuy, Neri y Ariana.
Gracias hermanos por su apoyo, espero que esto sea un motivo para
mantenemos mas unidos.**

A Don Arturo, Doña Tere y Male por ese gran corazón que tienen.

CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Hipótesis.....	2
1.2. Objetivos.....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Fisiología de la postrecolección de frutas.....	3
2.1.1. Factores previos a la cosecha que afectan la calidad y la fisiología en la postrecolección.....	3
2.1.2. Acción del etileno en maduración.....	3
2.1.2.1. Lo esencial del etileno en la maduración.....	4
2.1.2.2. Movilidad del etileno en las frutas.....	4
2.1.3. Respiración y periodo climatérico respiratorio.....	4
2.1.3.1. Relación entre la tasa de respiración y vida de almacenamiento.....	5
2.1.3.2. Factores que afectan la respiración.....	6
2.1.4. Cambios químicos durante la maduración.....	6
2.2. Conservación de alimentos.....	7
2.2.1. Métodos de conservación de alimentos.....	7
2.2.2. Encerado como método de conservación de alimentos.....	8
2.2.2.1. Ventajas de la utilización de ceras en productos hortofrutícolas.....	9
2.2.2.2. Tipos de ceras y fuentes.....	10
2.2.2.3. Función de las ceras.....	10
2.2.2.4. Manejo de ceras y su aplicación en frutos.....	11
2.3. El nopal tunero	15
2.3.1. Clasificación taxonómica.....	15
2.3.2. Aspectos generales.....	15
2.3.2.1. Principales regiones productoras de tuna a nivel mundial.....	16
2.3.2.2. Principales estados productores de tuna en México.....	16
2.3.3. Morfología del desarrollo del fruto y su estructura.....	19

2.3.4. Composición química del fruto	20
2.3.5. Percibibilidad de la tuna.....	22
2.4. Manejo en cosecha y postcosecha de la tuna.....	22
2.4.1. Fisiología postcosecha de las tunas.....	22
2.4.2. Tecnología cosecha y postcosecha de la tuna.....	25
2.5. Comercialización de la tuna en México.....	28
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
3.1. Localización y aspectos generales.....	30
3.1.1. Localización geográfica.....	30
3.1.2. Variedad empleada.....	30
3.1.3. Obtención de la tuna utilizada.....	32
3.2. Tratamientos y conducción del experimento.....	32
3.2.1. Tratamientos.....	32
3.2.2. Diseño experimental.....	32
3.3. Descripción de las fases del experimento.....	34
3.3.1. Cosecha.....	34
3.3.2. Asoleado.....	34
3.3.3. Desespinado.....	34
3.3.4. Encerado.....	35
3.3.4.1. Pruebas preliminares.....	35
3.3.4.2. Encerado final.....	36
3.3.5. Almacenado.....	36
3.4. Muestreos.....	36
3.4.1. Análisis fisicoquímicos.....	37
3.4.1.1. Determinación del peso relativo de la cáscara (%) y del peso relativo del lóculo (%)	37
3.4.1.2. Determinación de densidad.....	38
3.4.1.3. Determinación de sólidos solubles totales (°Brix).....	38
3.4.1.4. Determinación de pH.....	38
3.4.1.5. Determinación de % cenizas.....	38

3.4.2. Conteo Microbiano.....	39
3.4.3. Apariencia de los frutos durante el almacenado.....	39
3.4.4. Otros análisis.....	39
3.5. Análisis estadístico.....	40
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
4.1. Resultados de pruebas preliminares.....	42
4.2. Características de la variedad utilizada.....	43
4.3. Incidencia de microorganismos.....	44
4.4. Medición de apariencia.....	44
4.4.1. Muestreo uno (a 15 días del almacenado) realizado del 20 al 25 de octubre.....	44
4.4.2. Muestreo dos (a 30 días del almacenado) realizado del 10 al 15 de noviembre.....	44
4.4.3. Muestreo tres (a 45 días del almacenado) realizado del 28 de noviembre al 1° de diciembre.....	45
4.4.4. Muestreo cuatro (a 60 días del almacenado) realizado del 15 al 19 de diciembre.....	46
4.4.5. Muestreo cinco (a 75 días del almacenado) realizado del 4 al 7 de enero.....	46
4.5. Cambios fisicoquímicos en tuna durante el almacenado	47
4.5.1. Densidad del fruto.....	47
4.5.2. Peso relativo del lóculo (%).....	49
4.5.3. Peso relativo de la cáscara (%).....	50
4.5.4. pH de la tuna.....	53
4.5.5. Sólidos solubles totales (°Brix).....	54
4.5.6. Porcentaje cenizas.....	57
5. CONCLUSIONES.....	59
6. RECOMENDACIONES.....	61
7. RESUMEN.....	62
8. BIBLIOGRAFÍA.....	64

9. APÉNDICE..... 67
9.1 Resumen de los análisis de varianza de los diferentes muestreos..... 67

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Efectos del enceramiento en la vida postcosecha de algunas frutas.....	14
Cuadro 2. Superficie establecida, rendimiento promedio y producción por estado, en las zonas productoras de la República Mexicana en 1993.....	18
Cuadro 3. Valor nutritivo de la tuna en 100 gramos de peso neto.....	21
Cuadro 4.- Diseño de tratamientos.....	33
Cuadro 5. Apariencia de la parafina a diferentes temperaturas.....	42
Cuadro 6. Características morfométricas y componentes de la fruta empleada en el presente trabajo.....	43
Cuadro 7. Efectos de corte, asoleado, cepillado, encerado y almacenado sobre la densidad del fruto.....	48
Cuadro 8. Efectos de corte, asoleado, cepillado, encerado y almacenado sobre el peso relativo del lóculo (%)......	49
Cuadro 9. Efectos de corte, asoleado, cepillado, encerado y almacenado sobre el peso relativo de la cáscara (%)......	51
Cuadro 10. Efectos de corte, asoleado, cepillado, encerado y almacenado sobre pH de la tuna.....	53
Cuadro 11. Efectos de corte, asoleado, cepillado, encerado y almacenado sobre los sólidos solubles totales (^o Brix).....	55
Cuadro 12. Efectos de corte, asoleado, cepillado, encerado y almacenado sobre el porcentaje de cenizas.....	58
Cuadro 13. ANVA del primer muestreo.....	67
Cuadro 14. ANVA del segundo muestreo.....	68
Cuadro 15. ANVA del tercer muestreo.....	68
Cuadro 16. ANVA del cuarto muestreo.....	69
Cuadro 17. ANVA del quinto muestreo.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 . Diagrama ombrotérmico de la estación climatológica de Ojuelos Jalisco.....	31
Figura 2. Efecto de los factores de encerado y almacenado sobre la densidad del fruto.	48
Figura 3. Efecto de los factores de encerado y almacenado sobre el peso relativo del lóculo (%)......	50
Figura 4. Efecto de los factores de encerado y almacenado sobre el peso relativo de la cáscara (%)......	52
Figura 5. Efecto de los factores de encerado y almacenado sobre el pH del fruto.....	54
Figura 6. Efecto de los factores de encerado y almacenado sobre los sólidos solubles totales (°Brix)......	56
Figura 7. Relación entre el pH del fruto y el contenido de azúcares.....	57
Figura 8. Efecto de los factores de encerado y almacenado sobre el porcentaje de cenizas.....	58

1. INTRODUCCIÓN

El nopal tunero ha sido en nuestro país por mucho tiempo uno de los principales recursos alimenticios de las zonas áridas y semiáridas por sus frutos y pencas tiernas; en México la superficie cultivada es superior a las 50,000 ha y la silvestre cercana a los tres millones; actualmente se encuentra distribuido en diferentes países de Europa, África, Oceanía, Oriente y América. Como especie frutal se explota en 18 estados de la República. Apoyados en los datos existentes sobre superficie sembrada y un rendimiento promedio, con base en la consideración de factores que afectan el rendimiento del nopal tunero se puede inferir que la producción anual de tuna en México es de alrededor de 150,000 toneladas (Pimienta, 1990).

Dado el carácter perecedero que presenta la tuna, su manejo en fresco presenta una continua problemática ya que diversos factores inciden en su deterioro. Los daños mecánicos y la deshidratación de la piel, el ataque de patógenos causantes de pudriciones y la aparición de alteraciones fisiológicas, constituyen las principales causas de pérdidas postcosecha de este producto, resultando una limitante para su comercialización con fines de exportación. Para que un producto de este tipo pueda ser exportado debe contar con certificado fitosanitario y provenir de zonas libres de mosca de la fruta. Lo anterior permite considerar la necesidad de aplicar diversas técnicas de pre y postcosecha que en forma integral coadyuven la obtención de un producto con alto grado de calidad. Adicionalmente, la producción y comercialización de tuna en México se enfrenta a otro problema debido a la estacionalidad de la producción, afectándose con ello la rentabilidad de los sistemas de producción, es decir, la concentración de la cosecha en un período de dos a tres meses ocasiona una sobreoferta de tuna lo que provoca el derrumbe de los precios obtenidos por el productor (Flores y Gallegos, 1994).

Afortunadamente, el campo de acción de la fisiología de postrecolección se ha ampliado mucho en años recientes. Por ejemplo, los estudios que se hicieron de los mecanismos de respiración después de la cosecha provocaron una serie de investigaciones muy importantes que abarcan el almacenamiento en atmósfera controlada, la refrigeración, tratamientos químicos, así como el manejo y empaque de los productos (Pantástico, 1979).

Actualmente se tienen posibilidades de aumentar los niveles de exportación de tuna sin embargo para conseguirlo es necesario que el producto sea sometido a diferentes tratamientos de manejo postcosecha. Una alternativa es el encerado; aunque, existe poca información sobre el efecto que puede tener el recubrimiento de parafina combinado con diferentes prácticas de cosecha y postcosecha en el almacenamiento de la tuna. Con base en lo anterior, se desarrolló la presente investigación con el objetivo general de evaluar la viabilidad de diferentes técnicas que permitan prolongar el tiempo de conservación de la tuna e incidir en mejores condiciones de mercado, postulándose las hipótesis y objetivos específicos siguientes:

1.1. Hipótesis

El utilizar métodos adecuados de manejo de cosecha y postcosecha de la tuna, favorece el tiempo de almacenamiento y conservación de la fruta.

1.2. Objetivos

a) Evaluar el tipo de corte (con cuchillo y manual), manejo post-corte (asoleado y sin asoleado) y el desespinado mecánico (desespinado y sin desespinado) sobre la vida en fresco y los cambios fisicoquímicos del fruto (densidad, peso relativo de cascara, peso relativo del lóculo, pH, °Brix y %cenizas) durante el almacenado.

b) Evaluar el encerado como una técnica de almacenamiento bajo temperatura ambiente y controlada (refrigeración) sobre los cambios fisicoquímicos.

c) Determinar el efecto conjunto de las operaciones antes mencionadas en la incidencia de tipo y número de microorganismos.

d) Determinar los cambios en apariencia y descomposición de los diferentes tratamientos durante el almacenado

e) Determinar la cantidad y tipos de semillas promedio por fruto.

f) Determinar la mínima temperatura a la que la parafina se mantiene manejable, para dar el recubrimiento al fruto.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Fisiología de la postrecolección de frutas

La creciente atención prestada a los aspectos de la fisiología relacionados con la vida de los frutos en etapas posteriores a la cosecha deriva de la constatación de que las manipulaciones defectuosas en estado fresco pueden acarrear pérdidas cuantiosas de producto. Se ha estimado que entre el 25 y el 80% de las frutas se pierden tras la recolección (Wills *et al.*, 1977).

2.1.1. Factores previos a la cosecha que afectan la calidad y la fisiología en la postrecolección

Pantástico (1979) menciona que existen factores previos a la cosecha como las condiciones ambientales y de cultivo a las que ha estado sometido el fruto que afectan la respiración, la transpiración, la composición química, el aspecto exterior, la descomposición, las cualidades de sabor y otras características y comportamiento en la postrecolección por lo que dichos factores también deben ser considerados para mejorar la calidad del fruto.

2.1.2. Acción del etileno en la maduración

Resulta apropiado señalar que los transportadores de frutas tropicales fueron los primeros en revelar desde una fecha tan temprana como 1910, la existencia del gas "x" que en 1934 fue identificado como etileno (C_2H_4). Durante los embarques que se hacían de Jamaica a Europa, los bananos en estado avanzado de maduración, emitían una sustancia invisible, no identificable que inducía a otros bananos y finalmente a otras frutas a madurar (Pantástico, 1979). Duckworth (1968) afirmó que la formación del etileno parece estar íntimamente ligada con el proceso de respiración ya que provoca efectos sobre el curso de la actividad respiratoria particularmente en los frutos climatéricos.

2.1.2.1. Lo esencial del etileno en la maduración

Pantástico (1979) asegura que aunque en la actualidad se dispone de pruebas bastante convincentes que confirman el punto de vista, que en verdad el C_2H_4 es hormona de maduración, se presentan varias dificultades en la interpretación: (1) no ha sido posible remover la totalidad del C_2H_4 del interior del tejido para demostrar que en ausencia del compuesto se suspende el proceso de maduración; (2) aunque es cierto que el C_2H_4 aumenta la respiración, su formación solo es incrementada por respiración activa, de donde surgió la idea de la acción autocatalítica del C_2H_4 ; (3) La proporción entre la respiración y C_2H_4 no es constante; (4) No se sabe si el C_2H_4 es requerido durante todo el proceso de maduración.

Sin embargo, el mismo autor menciona que a pesar de estas dificultades se tiene a mano una cantidad considerable de información para demostrar que el C_2H_4 es un producto metabólicamente activo.

2.1.2.2. Movilidad del etileno en las frutas

Abundan las pruebas circunstanciales que sugieren que el etileno en colaboración con alguna hormona vegetal ejerce un control de tipo hormonal sobre el proceso madurativo de las frutas (Wills *et al.*, 1977). Por otra parte Pantástico (1979), menciona que probablemente a nivel celular el C_2H_4 aumenta la permeabilidad de las membranas de la célula, así como la de las membranas de las partículas subcelulares, haciendo con ello mas accesible el sustrato a las enzimas correspondientes y que debido a su estructura química, el C_2H_4 se disuelve con facilidad en lípidos. Sin embargo, el mismo autor asegura que en ningún caso experimental se ha encontrado que el C_2H_4 esté ligado a cualquier sitio, resultado evidente que es compuesto con mucha movilidad.

2.1.3. Respiración y periodo climatérico respiratorio

Wills *et al.* (1977), describe a la respiración como la degradación oxidativa de los

productos mas complejos normalmente presentes en las células, como el almidón, azúcares, y los ácidos orgánicos a moléculas simples, es por esto que Pantástico (1979) considera que debido al vasto alcance de está, la oxidación bioquímica esta relacionada con los estudios de cambios de calidad, trastornos fisiológicos, duración en almacenamiento, maduración, manejo de los productos y muchos de los tratamientos de postrecolección.

La energía producida es máxima cuando el proceso tiene lugar en presencia de oxígeno molecular y se dice que entonces la respiración es aerobia, y los productos que tienen lugar entonces consisten en bióxido de carbono y agua, mientras que la respiración anaerobia es mucho menos eficaz para producir energía y determina la aparición de compuestos químicos de tamaño molecular intermedio como por ejemplo alcohol etílico (Duckworth, 1968).

Como se sabe muchas frutas y hortalizas tropicales muestran un rápido incremento en la respiración durante la maduración. Estos, por consenso han sido denominados frutos climatéricos. Otros frutos que no muestran este patrón respiratorio se les denomina no climatéricos. Sin embargo muchos de estos frutos no climatéricos en algún punto de su línea de desarrollo muestran un ascenso en su tasa de respiración con un ascenso concomitante en la producción de C_2H_4 . Otro criterio de importancia para distinguir un fruto climatérico de uno no climatérico, es la respuesta a las aplicaciones de C_2H_4 (Pantástico, 1979).

2.1.3.1. Relación entre la tasa de respiración y vida de almacenamiento

Pantástico (1979), considera la intensidad respiratoria como una medida de la tasa en que se está realizando el metabolismo y como tal, con frecuencia se le considera como una indicación de la vida potencial del almacenamiento del fruto por lo tanto una tasa elevada de respiración va asociada con una corta vida en almacenamiento, además el autor también conceptualiza a la respiración como una indicadora de la tasa a la cual el fruto se está deteriorando en calidad y valor alimenticio.

Duckworth (1968), menciona que cualquier cambio súbito en las condiciones ambientales, como el mismo proceso de recolección, puede provocar un incremento en la actividad respiratoria y también la tasa respiratoria suele estimularse en los tejidos lesionados mecánicamente.

2.1.3.2. Factores que afectan la respiración

Duckworth (1968) y Pantástico (1979), consideran que los factores que afectan la respiración son los siguientes:

a) Factores internos: Estado de desarrollo, composición química del tejido, tamaño del producto, cubiertas naturales y tipo de tejido.

b) Factores externos: Temperatura, etileno, oxígeno disponible, bióxido de carbono, reguladores de crecimiento y lesiones a los frutos.

2.1.4. Cambios químicos durante la maduración

Un fruto en proceso de maduración sufre una serie de cambios marcados en color, textura y sabor, que indican que se están efectuando cambios en su composición y es necesario que estos cambios se completen para que los frutos lleguen al máximo de su calidad para el consumo, pero esto solo puede obtenerse si los frutos se cosechan en un estado de madurez apropiado, pues de otra manera los frutos inmaduros no alcanzarán una calidad satisfactoria, aun después de que se hayan completado los cambios convenientes de la maduración (Pantástico, 1979).

De acuerdo con Wills y colaboradores (1977), el más manifiesto entre los cambios experimentados por las frutas durante la maduración y con frecuencia el más importante de los criterios utilizados por los consumidores para decidir si la fruta está o no madura es el color.

Pantástico (1979), menciona que los cambios en color pueden deberse a procesos ya sea, de degradación o de síntesis y ambos, por ejemplo en las naranjas el cambio es consecuencia de la descomposición de la clorofila y de la formación de pigmentos y carotenoides mientras que el ablandamiento de los frutos es causado ya sea, por la descomposición de la protopectina insoluble en pectina soluble o por hidrólisis del almidón, en tanto que el sabor es una percepción sutil y compleja en que se combina el gusto (dulce, ácido, astringente, picante) el olor (sustancias volátiles) y la consistencia (suave, licuable). El autor menciona que la madurez también trae consigo un aumento en los azúcares simples que dan dulzura, disminución en ácidos orgánicos y fenólicos para reducir la astringencia y la acidez y un aumento en las emanaciones de sustancias volátiles, para dar al fruto su sabor característico.

2.2. Conservación de alimentos

Las frutas forman un grupo de alimentos que son una fuente importante de vitaminas para la alimentación humana. La mayoría de los frutos se pueden comer en estado fresco y para aprovechar estos productos a largo plazo es necesario aplicarles determinados tratamientos, que conserven el fruto en estado fresco por tiempo prolongado o transformarlos de diferentes maneras (Solís *et al.*, 1981).

2.2.1. Métodos de conservación de alimentos

De acuerdo con Coronado y León (1993), los métodos de conservación comúnmente mas utilizados en frutas y hortalizas son:

a). **Conservación por azúcar.** El principio de esta técnica de conservación se basa en la adición de grandes cantidades de azúcar, que disminuyen la actividad acuosa y aumentan la presión osmótica, de tal manera que es difícil que se produzcan alteraciones microbianas.

b). Conservación por sal. El efecto básico de la sal como conservador reside en la posibilidad de inhibir el desarrollo microbiano (bacterias, levadura, mohos...) al alterar la presión osmótica celular.

c). Desecación. Es un proceso general que incluye los métodos naturales y artificiales y cuyo principio básico es la extracción de agua de un producto, por evaporación, con el consecuente logro de un alimento concentrado, que además disminuye su riesgo de descomposición.

d). Fermentación. Se entiende como fermentación la transformación de alimentos, bebidas y en general materia orgánica en la que intervienen microorganismos que modifican principalmente a los carbohidratos, como por ejemplo; sacarosa, maltosa, lactosa y celulosa en ácidos, alcoholes y otras sustancias químicas. Dicha transformación o desdoblamiento puede efectuarse en presencia o ausencia de oxígeno.

e). Encerado de productos hortofrutícolas. El uso de recubrimientos de cera es un método para conservación postcosecha de frutas y hortalizas. Se ha utilizado esencialmente en cítricos, manzanas, peras, pepinos, nabos, berenjenas, tomates, pimientos y algunas variedades de melones. Los tubérculos con vellosidades no pueden ser tratados con este método, por la dificultad de penetrar hasta la cubierta o cáscara del producto.

2.2.2. Encerado como método de conservación de alimentos

Debido a la relación de este método de conservación con la presente investigación se determinó abordar este tema con mas amplitud.

Los primeros trabajos experimentales realizados al respecto se hicieron hace 60 años; como resultado de ellos Thompson y Sherman obtuvieron las primeras patentes en Estados Unidos de América (Acevedo, 1986; citado por Coronado y León, 1993) por otro lado Akamine (1979); citado por Coronado y León (1993) asegura que éste método ha

evolucionado con el tiempo, ya que inicialmente las ceras fueron utilizadas solamente como abrillantadores de la superficie de los frutos.

2.2.2.1. Ventajas de la utilización de ceras en productos hortofrutícolas

Baldwin *et al*, (1997) y Coronado y León (1993) mencionan que las emulsiones de ceras sobre los productos hortofrutícolas presentan las siguientes ventajas:

a) Prevención de desecación. Puede reducirse la pérdida fisiológica en el peso, al evitar la transpiración, decreciendo los daños por deshidratado como son el marchitamiento y arrugado (Hall, 1981; citado por Coronado y León, 1993). Baldwin *et al*, (1997) menciona que las coberturas de cera han mostrado que retrasan la desecación de manzanas, duraznos, melones, cítricos plátanos, mangos, cocos, papayas, guayabas, zanahorias, nabos, calabazas, maíz dulce, pimientos, tomates y pepinos.

b) Efecto en la respiración de las frutas. Por otro lado el uso, de emulsiones cubrientes desacelera la velocidad normal de la respiración de los productos hortofrutícolas, disminuyendo el intercambio gaseoso con el medio, al impedir la entrada del oxígeno, lo cual detiene las reacciones metabólicas de la respiración celular. Un experimento mostró el efecto de laca y cera de polietileno en la composición atmosférica interna de la naranja (etanól, O₂ y CO₂) (Hagenmaier y Baker, 1994; citados por Baldwin *et al.*, 1997). Tanto las naranjas como las uvas cubiertas con cera tenían un contenido mas alto de O₂ y un contenido de CO₂ mas bajo que las frutas cubiertas con laca. Después de almacenarlos una semana, las frutas cubiertas con cera tenían niveles de etanól mas bajos que las que fueron cubiertas con laca. Altos niveles de etanól indican condiciones anaeróbicas y posible mal sabor.

Para un producto ligeramente procesado, un incremento en la producción de etileno en el tejido procesado es indeseable ya que esto acorta la vida de anaquel del producto.

c) Reducción de decadencia (descomposición del fruto por cambios fisiológicos): Del encerado de frutas se ha reportado que reduce su decadencia cuando es usado solo (Waks *et al.*, 1985; citado por Baldwin *et al.*, 1997) o también cuando llevan fungicidas (Brown, 1984; citado por Baldwin *et al.*, 1997). Esto fue demostrado para cítricos (Brown, 1994; citado por Baldwin *et al.*, 1997) y duraznos (Kraght, 1966; citado por Baldwin *et al.* 1997). En un estudio los pepinos se cortaron a mano, y se les puso una cobertura para después almacenarlos en cajas bajo condiciones comerciales simuladas. los resultados mostraron una reducción de decadencia después de 11 días de almacenamiento, aunque no hubo reducción en la pérdida de peso.

d) Mejoramiento del manejo, apariencia y textura: El uso de coberturas lípidas, también reduce la superficie de raspadura durante el manejo de fruta y vegetales frescos (Hardenburg, 1967; citado por Baldwin *et al.*, 1997). Esto es importante para la reducción de decadencia, debida a una infección en los sitios lesionados. Algunas ceras, mejoran la apariencia dando brillo a las frutas y vegetales frescos (Donhowe y Fennema, 1994; Baldwin, 1994; Baker *et al.*, 1994; citados por Baldwin *et al.*, 1997).

2.2.2.2. Tipos de ceras y fuente

Para el enceramiento de recursos agrícolas se han empleado diversas materias primas. Dentro de las ceras de origen natural se encuentran las de carnauba (obtenida de las hojas de palma de carnauba) , de abeja (obtenida de la secreción digestiva de la abeja), del tallo de la caña de azúcar y de la candelilla (obtenida de los tallos de la candelilla); de origen sintético a los derivados del petróleo como parafinas, polietileno, y acetato de vinilo (Pelayo, 1975; citado por Coronado y León, 1993).

2.2.2.3. Función de las ceras

Las ceras son resistentes a la hidrólisis y al encontrarse en la superficie de los tejidos vegetales y animales (plumas, lana, pelos...) previenen la evaporación del agua de manera

natural. Este principio fisiológico es de gran utilidad cuando se trabaja con el enceramiento como medio de conservación de recursos agrícolas (Coronado y León, 1993), además las ceras tienen la ventaja de ser sólidas a temperatura ambiente, y para usarlas como recubrimiento en frutos basta con aplicarles calor lo que permite manejarla y moldearla de acuerdo al producto (Baduí, 1986; citado por Coronado y León 1993).

2.2.2.4. Manejo de cera y su aplicación en frutos

De acuerdo con Baldwin *et al.* (1997) y Coronado y León. (1993) Las coberturas de ceras se aplican como emulsiones, pudiendo ser mezclas de agua con cera o bien de solventes con ceras.

Las formulaciones a base de ceras naturales que mejores resultados experimentales han mostrado, contienen cera de candelilla o carnauba, agentes emulsificantes, plastificantes y fungicidas como butilaminas, quinisol y tiabendazol (Morales y Iomelin, 1974; citado por Coronado y León, 1993).

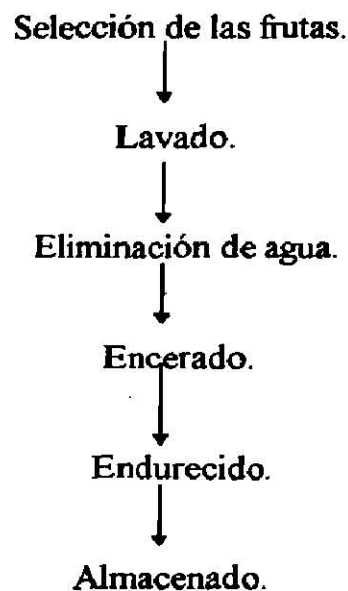
En algunos casos a las ceras se les incluyen colorantes artificiales como el llamado rojo cítrico num. 2, empleado para intensificar el color de las cascavas de naranjas y mandarinas, e inducir por lo tanto su adquisición entre los consumidores (Vega, 1989; citado por Coronado y León., 1993).

Algunos autores han sugerido el uso de ceras coloreadas en papas y camotes de variedades rojas, con los cuales se asemeja el tono o tinte de los tubérculos recién sacados de la tierra (Pantástico, 1979)

De acuerdo con Coronado y León (1993) Existen varios métodos para la aplicación de ceras:

- Se puede aplicar con cepillos de cerdas naturales que logran depositar una capa de la emulsión en la superficie del fruto.
- Con boquillas especiales que dosifican, por goteo, la cantidad de emulsión que se adhiere al fruto, transportado por una banda al momento del encerado.
- Por aspersión o espuma, que llega al producto al pasar este bajo el rociado durante 30 segundos, es importante recordar que por la aspersión se puede desperdiciar parte de la emulsión.
- Manual o inmersión, al sumergir el fruto en un tanque o recipiente que contiene la emulsión para el encerado, el exceso se puede eliminar por escurrimiento en mallas, con cepillado o por rodación de los frutos. Debe tenerse cuidado con el grosor final de la película, si es muy delgada no se disminuye la respiración celular del fruto y no se consiguen los beneficios deseados.

A continuación se presenta el diagrama propuesto por Coronado y León en 1993. en el que se explica el proceso general para el enceramiento de frutas



Sin embargo hay que recordar que el encerado como tal, no evita la descomposición o pudrición causada por microorganismos, por que las esporas de estos últimos pueden encontrarse en las lenticelas, o en las pequeñas lesiones de la cascara durante el manejo

poscosecha de los productos agrícolas (Pantástico, 1979). Por lo anterior en muchos casos se añaden a las frutas, hortalizas y también a las emulsiones, agentes bactericidas o fungicidas (Coronado y León, 1993).

Coronado y León (1993), también menciona que el uso de recubrimientos en frutos y hortalizas ha sido sugerida como uno de los métodos mas importantes para alargar la vida comercial de estos recursos y sobre todo para favorecer la fruticultura de aquellas comunidades que no pueden hacer uso de la refrigeración y tienen que vender sus productos a temperatura ambiente. Además en el caso de México, el encerado de frutas y hortalizas beneficia a los pobladores de zonas áridas y semiáridas de diversos estados de la República; donde los productores de cera de candelilla de Chihuahua, Nuevo León, Durango, Coahuila y San Luis Potosí la venden como materia prima para la conservación vía el encerado de productos hortofrutícolas.

Los primeros estudios que en México se efectuaron sobre el uso de la cera de candelilla se realizaron en 1972, explorándose las posibilidades de mejorar la conservación de cítricos, mediante su recubrimiento con películas a base de cera de candelilla emulsificada (Coronado y León, 1993).

Según algunos autores, el éxito del encerado entre los productores nacionales ocurre por que además de su bajo costo, ha hecho posible duplicar e inclusive triplicar la vida postcosecha de algunas frutas como lo muestra el Cuadro 1.

Cuadro 1. Efectos del enceramiento en la vida postcosecha de algunas frutas.

Producto	Temperatura	H.R.	Tiempo	Pérdida fisiológica de peso		Porción comestible del fruto.	
	de almac.		de almacenado	Testigo	Tratamiento	Testigo	Tratamiento
	°C	%	Días				
Limón mexicano	20	78	30	17	5	25	85
Aguacate Hass.	7	70	24	7	2	0	100
Tuna blanca	20	80	25	8	2	30	81

Fuente: Coronado y León. (1993)

Coronado y León (1993) además mencionan que una limitación de la técnica del encerado es que los mejores resultados se consiguen en productos hortofrutícolas con cascara relativamente gruesas las cuales no se consumen, ya que es posible la transferencia de residuos tóxicos provenientes de las emulsiones a la especie humana.

2.3. El nopal tunero

Por nopal se denomina a las plantas de los géneros *Opuntia* y *Nopalea*, endémicos del continente americano. Debido a la presencia de una gran diversidad de especies, México es considerado como uno de los centros de origen (Bravo, 1978).

2.3.1. Clasificación taxonómica

Reino	-	Vegetal
Subreino	-	Fanerógamas
Tipo	-	Angiospermas
Clase	-	Dicotiledóneas
Serie	-	Dialipétalas (Opuntiales)
Familia	-	Cactáceas
Género	-	<i>Opuntia</i>
Subgénero	-	<i>Platyopuntia</i>

2.3.2. Aspectos generales

Las especies del género *Opuntia* constituyen uno de los grupos frutales mejor adaptados a las condiciones de clima semiárido de nuestro país, cuya importancia antropocéntrica, data desde la época prehispánica (Flores y Gallegos, 1993 y 1994).

De acuerdo a los antecedentes históricos que existen, se desprende que el nopal fue llevado a España durante el siglo XVI, de donde se extendió a una gran parte de Europa, así como a diferentes regiones de África, India y Asia (Flores y Aguirre, 1977). En la actualidad se le encuentra ampliamente distribuido en 20 países tales como: España, Portugal, Italia, Argelia, Marruecos, Túnez, Libia, Grecia, Israel, Sudáfrica, Brasil, Argentina, Colombia, Guatemala, Estados Unidos (parte central-oeste de California), Perú, Bolivia, Chile y Australia, entre otros (Flores y Gallegos, 1994). En dichos países las nopaleras ya sean silvestres o cultivadas pueden ser utilizadas para la producción de forraje, fruto o bien en la producción de la grana o cochinilla; en algunos casos con un doble o triple propósito. México, Italia, Chile, Estados Unidos, Sudáfrica e Israel, son algunos de los países donde se produce tuna con fines

comerciales, destacando, entre ellos México, como el principal productor y consumidor de tuna a nivel mundial (Pimienta 1990).

2.3.2.1. Principales regiones productoras de tuna a nivel mundial

México (50,000 ha), Italia (2,500 ha), Chile (1,000 ha), Sudáfrica (3,000 ha), Israel (300 ha) y Estados Unidos de América (250 ha) son los únicos países en donde la tuna se explota comercialmente como fruta (Flores y Gallegos, 1994).

La producción de tuna en Italia, Sudáfrica, Israel y los Estados Unidos se caracteriza por la existencia de un alto nivel tecnológico (empleo de riego, fertilización generalizada, con altas dosis de fertilizantes minerales y abonos orgánicos, mayor número y mejores prácticas de manejo en las fases de producción, cosecha y postcosecha), además de la ventaja de producir en el verano austral, en el caso de Sudáfrica y Chile (Flores y Gallegos, 1993 y 1994).

Los mismos autores mencionan que en cuanto a superficie cultivada, producción y consumo, México ocupa el primer lugar, sin embargo existen diferencias muy marcadas en cuanto al nivel tecnológico, lo que se traduce en bajos rendimientos en la mayoría de las explotaciones comerciales en nuestro país; sin embargo a pesar de las desventajas tecnoproductivas, México presenta una ventaja comparativa basada en su superficie, cinco veces mayor que Italia y 50 ó 200 veces que Chile y los Estados Unidos de América, respectivamente, y en su gran diversidad de variedades de tuna (Flores y Gallegos, 1993 y 1994).

2.3.2.2. Principales estados productores de tuna en México

Actualmente, la producción de tuna en nuestro país ya no se restringe únicamente a las zonas áridas y semiáridas, sino que debido a la amplia adaptación que presenta esta especie se encuentra ampliamente distribuida en una gran variedad de zonas con diferentes condiciones edáfico-climáticas. Los estados que producen tuna se pueden agrupar en dos grandes regiones

que son: Región Centro-Norte (comprende los estados de Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro y Jalisco) y la Región Centro-Sur (Estado de México, Puebla, Tlaxcala e Hidalgo). Además de estas zonas se tienen registradas plantaciones de nopal en diferentes estados como son: Durango, Coahuila, Oaxaca, Veracruz, Tamaulipas, Morelos, Michoacán y Baja California Norte y Sur, entre otros (Gallegos y Méndez, 1997).

En el Cuadro 2. se puede apreciar que en los cinco estados de la región Centro-Norte se concentra el 50% de la superficie establecida de nopal tunero a nivel nacional.

Dentro de estas dos grandes regiones, se distinguen a su vez tres zonas productoras de mayor importancia que dadas sus características tecno-productivas tienen una mayor trascendencia en la producción de tuna en México.

Región de las Pirámides, Edo. de México. En la región de “Las Pirámides”, se cultivan 8,622 ha de una variedad blanca, conocida como “alfajayucan” (*O. amyacleae* T.), bajo un sistema de cultivo intensivo, con prácticas culturales como podas, abonado, fertilización mineral, construcción de terrazas y obras de captación de lluvia *in situ*, control de plagas y enfermedades, control manual de malezas, todo lo cual implica una utilización alta de insumos y mano de obra. Se obtienen rendimientos promedio de 10 t ha⁻¹, con la ventaja de encontrarse en las inmediaciones de la ciudad de México.

Villanueva, Puebla, México. En la misma región productora del Centro, se localiza una zona con condiciones ambientales favorables (zona libre de heladas y 700 mm de precipitación), donde se practica un sistema de cultivo intensivo que involucra un elevado manejo de suelos (terraceado, microcuencas de captación de agua de lluvia, etc.), un alto uso de insumos, gran ocupación de mano de obra y por consiguiente un uso bajo de maquinaria agrícola. Basan su producción en una sola variedad, obteniendo alto rendimiento (20-30 t ha⁻¹), con la ventaja comparativa de concurrir al mercado desde marzo-abril, hecho que les permite alcanzar los mejores precios.

Cuadro 2. Superficie establecida, rendimiento promedio y producción, por edo, en las zonas productoras de tuna de la República Mexicana en 1993.

Zona y Estado	Superficie Establecida (ha)	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Producción (t)
Centro-Sur			
Estado de México	8,622	10.00	86,220
Hidalgo	7,000	7.50	52,500
Puebla	3,000	25.00	75,000
Tlaxcala	130	5.00	650
Subtotal	18,750		214,370
Centro-Norte			
Zacatecas	13,901	5.00	69,505
San Luis Potosí	3,918	3.70	14,497
Guanajuato	3,059	1.25	3,824
Jalisco	2,008	5.64	11,325
Aguascalientes	1,888	1.25	2,360
Subtotal	24,774		101,511
Estados Dispersos			
Durango	2,000	1.00	2,000
Querétaro	2,000	2.00	4,000
Coahuila	1,000	1.00	1,000
Oaxaca	620	7.00	4,340
Guerrero	300	1.00	300
Sinaloa	270	1.00	270
Veracruz	80	1.00	80
Baja California	60	1.00	60
Subtotal	6,330		12,050
TOTAL	49,854	(6.578 t ha⁻¹)	327,931

Fuente: Flores y Gallegos, (1994).

Región Centro-Norte (Sureste de Zacatecas). Desde el punto de vista de su superficie y volumen de producción la región productora más importante de México y el mundo, es la región Centro-Norte, dentro de la cual se destaca la zona productora del SE del estado de Zacatecas, con un área de 13,901 ha de plantaciones comerciales de nopal tunero, bajo un sistema de cultivo extensivo, en un ambiente restrictivo que presenta entre 350-500 mm de precipitación, además de un período prolongado con presencia de heladas. Se distingue por la explotación de una gran diversidad de variedades en cuanto a tamaño, color y épocas de cosechas, el nivel de manejo de las huertas es bajo, al igual que el uso de insumos y mano de obra, registrándose un mayor uso de maquinaria agrícola. Los rendimientos promedio son más bajos (5 t ha⁻¹), en comparación con las dos zonas productoras anteriores (Gallegos y Flores, 1994).

2.3.3. Morfología del desarrollo del fruto y su estructura

En general la tuna es una baya poliesperma, y es descrito como “generalmente jugoso”; sin embargo de acuerdo a sus características particulares, realmente se trata de un fruto accesorio, ya que se desarrolla de un ovario ínfero y es formado por lo tanto, a partir de los carpelos y del tejido axial y adyacente o pericarpelo (Alvarado, 1978 y Pimienta, 1990). Otra característica propia del fruto *Opuntia*, que presenta durante su desarrollo y que normalmente desaparece o se reduce a un mínimo en el periodo de cosecha, es la cavidad formada por la profundidad del tubo floral que resulta de la separación de las partes florales superiores, incluyendo perianto, estambres, así como el estilo del pistilo y el estigma (Alvarado, 1978).

El perianto no tiene una definición clara entre sépalos y pétalos; las hojas del perianto localizadas hacia la parte exterior de la flor se llaman periantos sepaloideos, igualmente, las hojas del perianto que quedan adentro de los periantos sepaloideos y que tiene un color amarillo, naranja o rojo, se llaman periantos petaloideos. La separación ocurre después de la anthesis, el perianto se marchita al igual que los estambres, el estilo y el estigma (Benson, 1969; y Buxbaum, 1953; citados por Alvarado, 1978).

El fruto está formado de afuera hacia adentro, de los siguientes tejidos: tejidos corticales, tejido axial, carpelos, funículo y estructuras papilares, éstos dos últimos formando la pulpa del fruto. De acuerdo con Pimienta (1990) un aspecto relevante es que la envoltura funicular de las semillas abortivas (pequeñas y de color café) es capaz de desarrollar pulpa, al igual que la envoltura de las semillas normales. La cáscara del fruto, en éste caso en donde no existe diferenciación entre epicarpio, mesocarpio y endocarpio, está constituido por el tejido cortical, el tejido axial y los carpelos; la capa formada por los carpelos usualmente es muy delgada y puede aún, separarse del pericarpio y quedar libre en el fruto maduro (Alvarado, 1978).

2.3.4. Composición química del fruto

En el fruto el componente de mayor proporción es el agua (85-90%). El resto está constituido por una gran diversidad de compuestos. El contenido de vitamina C en la pulpa presenta cerca de la mitad del registrado en frutos de especies que se consideran ricas en esta vitamina, como naranja y limón, y es superior al de la cereza (Delgado, 1985).

El porcentaje de sólidos solubles totales es similar y en algunos casos superior al de frutos como el chabacano, manzano, cereza, ciruelo, fresa, frambuesa y durazno. La mayoría de los azúcares son reductores; predominan la glucosa y la fructosa presentes en una proporción de 60:40 (60% glucosa y 40% fructosa) (Delgado, 1985 y Brustch, 1984, citado por Pimienta, 1990).

Como se muestra en el Cuadro 3 el valor calorífico es de 47.3 Kcal/100g de pulpa (3.9 kcal/g con base en peso seco), el cual se aproxima al de la sacarosa pura. El valor nutricional que presenta dicho fruto puede compararse con frutos como la manzana, pera, durazno y la naranja entre otros (Sawaya *et al.*, 1983, citados por Pimienta, 1990 y Gallegos y Méndez, 1997).

Delgado (1985) reportó que una evaluación en 67 formas de nopal tunero, colectadas en el Altiplano Potosino-Zacatecano y estados circunvecinos, reveló una amplia variación en la composición química de la pulpa y semillas. El porcentaje de sólidos solubles totales varió de 10 al 15%; el de azúcares reductores de 3.9 a 9.2. El pH osciló entre 6.4 y 7.1. Se encontró también variación amplia en el contenido de ácido ascórbico que llegó a alcanzar valores de 41.0 mg/100 g de pulpa. Al respecto, es importante indicar que los valores mas altos se registraron en tunas de pulpa de color verde claro, conocidas vulgarmente como "blancas", aunque algunas amarillas y rojas, como el "tapón", también registraron concentraciones altas. Se encontró que en los frutos de color blanco se sintetiza y acumula clorofila en la pulpa, la que imparte un sabor desagradable que vulgarmente se menciona como "sabor de pasto".

Cuadro 3. Valor nutritivo de la tuna en 100g de peso neto (Hernandez *et al.*, 1987, citado por Gallegos y Méndez, 1997).

Concepto	Contenido
Porción comestible(%)	55.00
Energía(kcal)	47.00
Proteína(g)	0.30
Grasas(g)	0.10
Carbohidratos(g)	10.10
Calcio(mg)	63.00
Hierro(mg)	0.80
Tiamina(mg)	0.01
Riboflavina(mg)	0.02
Niacina(mg)	0.30
Ascórbico(mg)	31.00
Retinol(mcg Eg)	4.00

Aunque el principal consumo del fruto es en fresco de acuerdo con Pimienta (1990), en la actualidad existen agroindustrias rurales en las que a partir de la tuna se obtienen diferentes productos para el consumo humano; queso de tuna, colonche, tunas cristalizadas, miel, etcétera.

El mismo autor menciona que a nivel experimental se han elaborado, mermeladas, nectares, jugos, bebidas alcohólicas y mieles

2.3.5. Perecibilidad de la tuna

Aunque la actividad metabólica de las tunas se considera baja por ser frutos no-climatéricos (Lakshminarayana *et al.* 1979, citado por Corrales, 1997) la realidad es que sufren deterioro, especialmente por los daños, lesiones e infecciones patológicas ocasionados durante su corte y manejo postcosecha. En el deterioro de tunas también intervienen, aunque en menor medida factores biológicos, tales como la respiración y la producción de etileno del mismo producto, los cambios composicionales (acidez, formación de lignina, etc.), y con mayor impacto las fisiopatías, los daños físicos y las enfermedades patológicas o pudriciones. En este deterioro también intervienen los factores ambientales, como la temperatura, la humedad relativa, la composición atmosférica que rodea al producto, la presencia de etileno exógeno y de otros compuestos químicos, así como de luz (Corrales, 1997).

2.4. Manejo en cosecha y postcosecha de la tuna

Corrales (1997), menciona que la postcosecha de tunas incluye dos grandes aspectos que siempre van relacionados: la fisiología y la tecnología y que el primero aborda el funcionamiento de los productos hortofrutícolas en postcosecha mientras que la segunda aborda los aspectos del manejo tecnificado de los productos, para mantener su calidad al mínimo costo.

2.4.1. Fisiología postcosecha de las tunas

De acuerdo con Lakshminarayana *et al.* (1979 citado por Corrales 1997) y Pimienta (1990) la tuna es un fruto de ciclo corto, es decir, que toma alrededor de 120 días en alcanzar su madurez de cosecha; la acumulación de sus azúcares tiene lugar solamente

durante las últimas cuatro semanas de desarrollo del fruto, en frutos cosechados ya no ocurre mayor síntesis de estos compuestos. Los autores tipificaron a las tunas como frutos no climatéricos, en virtud de que su respiración en postcosecha es baja y declina con el tiempo. Informes sobre otras características han confirmado esta clasificación. Por otro lado la tuna no acumula almidón como sustrato de reserva, lo que explica en parte que no haya incremento importante de azúcares en postcosecha, por otra parte, su tasa de producción de etileno es muy baja ($0.15-0.3 \text{ nL g}^{-1} \text{ h}^{-1}$) (Cantwell, 1991).

Corrales (1997) indicó que el estado de madurez al momento de la cosecha de tuna es determinante de su calidad, los frutos deberán cosecharse preferentemente cuando hayan terminado de crecer y hayan acumulado suficientes azúcares. Al respecto, Cantwell (1995; citado por el mismo autor) recomendó el uso de algunos índices externos de madurez, tales como 1) Tamaño y llenado del fruto, 2) cambios de color de la epidermis, 3) abscisión de gloquideas o ahuates, 4) firmeza del fruto, 5) aplanamiento o profundidad de la cavidad o receptáculo floral. El autor también advierte que estos cambios externos se deberán correlacionar con atributos internos de calidad, pero que su importancia relativa varía entre los diferentes cultivares. De acuerdo con Wessels, (1988, citado por Corrales, 1997) existen otras características importantes de calidad como el porcentaje de pulpa, el grosor de la cascara y su facilidad de remoción, y la resistencia de la epidermis al manejo físico.

Pimienta (1990), menciona que para tener un poco más de precisión en el “tiempo óptimo de cosecha” de la tuna se recomienda verificar en una muestra de frutas la concentración de sólidos solubles o de azúcares por medio de un refractómetro.

En México existe una amplia diversidad en cuanto a la época de maduración de las tunas; de acuerdo con Pimienta (1990), los frutos de la mayoría de las variedades maduran de julio a septiembre; algunas de ellas como la “tapona de Mayo” y la “pachona” tienen una maduración temprana en mayo y junio; otras son de maduración tardía (noviembre y diciembre) como la “fáfayuco”, “Cascaron” y “Charola”. el mismo autor mencionó que, en cuanto al tamaño en la madurez, también existe una gran variación; existen variedades de

fruto muy pequeño como la “cardona” (silvestre) que en promedio pesa 60 g; y hay otras de tamaño intermedio y otras de gran tamaño como la “Cristalina” cuyo peso promedio es de 240 g.

Los frutos de tuna no presentan cambios importantes de firmeza en postcosecha como ocurre con otros frutos (Tucker, 1993; citados por Corrales, 1997). Con base en lo anterior, y en el hecho de que tampoco ocurren cambios importantes ni de respiración ni en el contenido de azúcares, se puede decir que la actividad fisiológica de las tunas es relativamente baja, en comparación con el de otras frutas comunes. La elevada perecibilidad de las tunas radica, entonces, no en su metabolismo sino en los daños físicos y patológicos causados en la zona peduncular y en su epidermis y en los daños fisiológicos (daño por frío) causados durante la cosecha y manejo posterior (Cantwell, 1991).

De acuerdo con Corrales (1997), la tuna en postcosecha presenta dos problemas importantes: la pérdida de agua y la alta susceptibilidad a enfermedades fisiológicas (daños por frío) y patológicas (pudriciones fungosas). La pérdida de agua durante el manejo postcosecha es importante por que afecta negativamente la calidad (aspecto visual) de la tuna, especialmente cuando esta pérdida es igual o mayor al 8% (Rodríguez-Félix *et al.*, 1992; citado por Corrales 1997). La velocidad con que la tuna pierde agua depende, entre otras cosas del, estado de desarrollo. De acuerdo con Lakshminarayana *et al.*, 1979; citado por Corrales (1997) la tuna bien desarrollada pierde aproximadamente 0.5% de su peso fresco por día a 20°C y 60 a 70% de humedad relativa, mientras que, bajo las mismas condiciones, frutos menos desarrollados perdieron diariamente hasta 1% de su peso fresco.

Aunque la refrigeración puede aminorar la pérdida de humedad, se debe tener presente la susceptibilidad a daños por frío, los cuales se manifiestan como pequeñas decoloraciones superficiales oscuras y un tono broceado de la epidermis del fruto. Otro problema de deterioro lo constituye la elevada susceptibilidad de las tunas a enfermedades patológicas. De acuerdo con Guzmán 1982 y Chessa 1993; citado por Corrales (1997) los

patógenos (postcosecha) comúnmente encontrados en tunas incluyen a *Fusarium* spp, *Alternaria* spp, *Chlamydomyces* spp y *Penicillium*.

2.4.2. Tecnología cosecha y postcosecha de la tuna

Corte. Existen dos métodos principales de efectuar la cosecha: una de ellas es tomar el fruto con la mano protegida por un guante, ya sea de cuero o de hule, por la parte media del fruto y darle un giro rápido para separarlo de la penca. Otra forma de realizar el corte del fruto es ayudarse con un cuchillo o navaja muy filosa; el fruto se sostiene e inclina con la mano izquierda y se hace exactamente el corte en la unión de la tuna y la penca, cuidando de no dañar ambas partes (Gallegos y Méndez, 1997). Corrales (1997) recomienda cosecha con cuchillo, especialmente cuando el mercado es de exportación, aunque esta implique mayores costos.

El mismo autor asegura que el momento mas apropiado para la cosecha de tuna es por la mañana, lo mas temprano posible para tener temperaturas bajas y alta humedad relativa, para que los frutos estén turgentes, lo cual facilita el corte. Conforme avanza el día la temperatura aumenta, la humedad relativa disminuye y los tejidos pierden turgencia y plasticidad, esto los hace mas elásticos o flexibles, lo que obliga a ejercer mayor fuerza para desprenderlos y esto aumenta el riesgo de desgarramiento de tejidos. Los frutos desgarrados y con lesiones se tornan extremadamente susceptibles al ataque microbiano, y si no están turgentes pierden calidad y presentación dificultándose su comercialización. Por otro lado, al perder turgencia los frutos se van haciendo mas sensibles al daño mecánico por compresión que le imprimen los dedos del cosechador en el momento del corte, lesión que se hace evidente hasta después de cierto tiempo, en estas áreas dañadas es donde se inician los problemas de amarillamiento y de senescencia del fruto. Además la presencia de rocío (agua condensada) evita la diseminación de las gloquideas o abuates del fruto, cuya presencia es indeseable y molesta para el cosechador, especialmente cuando estos le llegan a los ojos.

Gallegos y Méndez (1997), mencionan que algunos productores, sobre todo aquellos que tienen variedad sin espinas, han retomado la experiencia italiana para realizar la cosecha de tuna, la cual consiste en cortar una porción de pedúnculo que une a la tuna con la penca, con lo cual se aumenta considerablemente la vida de anaquel y puede soportar además un mayor tiempo de tránsito.

Para facilitar la cosecha se han desarrollado herramientas o dispositivos manuales. Muchos de los cuales consisten básicamente de un cuchillo cortador y un dispositivo para retener al fruto ya cortado (Corrales 1997). Pimienta (1995), menciona que para que no haya magulladuras se debe evitar lo siguiente: a) ejercer una presión exagerada con las manos al cosechar; b) depositar violentamente las tunas en los recipientes de recolección; c) usar recipientes con aristas en lugar de recipientes de paredes rígidas.

Los recipientes de campo llenos de fruta pueden ser llevados a un sitio de acopio por los mismos cosechadores o bien vaciados en una carretilla, la cual una vez llena se lleva al sitio de acopio donde se descarga. El acopio de los frutos se hace en algún sitio dentro de la huerta, es recomendable que este sitio este estratégicamente bien ubicado y de preferencia debe estar sombreado, la descarga de frutos se realiza sobre el pasto para minimizar los daños al realizar la siguiente operación que es el desespinado, o bien se puede descargar la fruta en un vehículo de transporte para trasladar el producto a una planta empacadora para su desespinado, selección y empaque (Corrales 1997).

Desespinado y encerado. Básicamente existen 2 formas de llevar a cabo el desespinado: en forma manual y en forma mecánica. El primer método consiste en eliminar por medio de diferentes materiales (ramas de engordacabra, escobas, etc.), las espinas. En el segundo método se puede realizar a través de maquinas desespadoras hechas específicamente para llevar a cabo tal función (Gallegos y Méndez, 1997).

El encerado consiste en aplicar después del desespinado, una emulsión de cera, que puede combinarse con fungicidas permitidos, para disminuir las pérdidas de agua e

infecciones patológicas del fruto, especialmente del que ha sido desespinado; también para abrillantar y mejorar el aspecto visual del producto (Corrales 1997).

Selección empaque y almacenamiento. La tuna se selecciona por calidad y tamaño. La selección por calidad la realizan personas que deberán estar debidamente capacitadas para segregar frutos con daños mecánicos, podridos o malformados y que realicen su trabajo bajo las mejores condiciones de operación. La selección por tamaño se puede realizar manual o mecánicamente y es necesaria, por que además de garantizar la uniformidad del producto, se busca estandarizar los patrones de empaque (Corrales, 1997).

Respecto al empaque Gallegos y Méndez (1997) mencionan que los empaques normalmente utilizados dependen del mercado al que vaya dirigido el producto. Para el mercado nacional normalmente se usan cajas de maderas de 3 tablas, las cuales pueden tener una capacidad entre 20 y 40 kg de tuna. Para el mercado internacional, se exige que la tuna vaya empacada en cajas de cartón grueso de 5 a 10 kg de capacidad. Asimismo los autores mencionan. que la tuna debe ir envuelta en papel individual, totalmente libres de espinas, las tunas deben estar bien desarrolladas, enteras, sanas, frescas, limpias, de consistencia firme y cascara lisa.

De acuerdo con Corrales (1997), el envase de cartón tiene importantes ventajas sobre el de madera; sus paredes internas son mas lisas, además su peso y tamaño por volumen de producto manejado es menor, con lo que se ahorra en fletes y gastos de almacenamiento, además, sobre el envase de cartón se puede imprimir la marca comercial del producto, leyendas de sus características y origen y diseños llamativos, que aumentan su atractivo comercial. Sin embargo el autor menciona que los inconvenientes de la caja de cartón son su alto costo, su menor resistencia mecánica y a la humedad y que su reutilización es limitada y poco conveniente.

De acuerdo con Cantwell (1991) el almacenamiento de las tunas a bajas temperaturas (5 a 8 °C) es recomendable para reducir las pérdidas de agua y prolongar la vida útil del producto; sin embargo bajo ciertas condiciones, se pueden presentar daños por frío.

2.5. Comercialización de la tuna en México

De acuerdo con Luna *et al.* (1995) los Problemas que afectan la comercialización son:

- 1) Los contratos de compra venta son deficientes.
- 2) Los integrantes del esquema de comercialización actúan separada e individualmente con procedimientos diferentes y discrepantes.
- 3) El manejo de la fruta en cosecha y postcosecha es anárquico y perjudicial para todos los interesados

Respecto a la oferta de tuna Gallegos y Méndez (1997) comentan que la demanda de tuna es homogénea durante todo el año y que de existir disponibilidad del fruto este se consumiría igual. Los mismos autores mencionan que se han planteado dos alternativas para solucionar este problema que son: a) Vender mas en la época de mayor producción, y; b) Producir en la época en que no hay producción

Luna *et al.* (1995) menciona que para lograr la óptima comercialización de la tuna se requiere realizar acciones importantes, como:

- a) Elaborar padrones y estadísticas.
- b) Certificar el origen del producto.
- c) Verificar permanentemente la sanidad.
- d) Tener información constante de los mercados nacionales y de exportación.
- e) Determinar los periodos de producción máxima y mínima de la fruta, por regiones y registrar las temporadas óptimas de consumo en cada mercado.

f) Conocer en detalle las costumbres y modalidades de comercialización de los distintos mercados y compradores.

g) Contar con buenas infraestructuras de acopio, clasificación, empaque, almacenamiento, conservación, transporte y comercialización.

h) Analizar y evaluar otras alternativas para la industrialización de la tuna.

i) Elaborar los patrones de organizaciones de productores, industrializadores, prestadores de servicio, proveedores de insumos y comercializadores, evaluando su operatividad, condiciones que requieren para su desarrollo y determinar los apoyos que reciben y demandan para su mejor funcionamiento.

j) Realizar permanentemente promociones de publicidad, para dar a conocer al público las múltiples formas en que puede consumirse la tuna, recetas para su preparación, su delicioso sabor, sus cualidades y valores alimenticios, contenido proteico, vitamínico y sus propiedades medicinales.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización y aspectos generales

3.1.1. Localización geográfica

El presente trabajo de investigación se desarrolló en dos fases: campo y laboratorio. La primer fase se desarrollo en el rancho Las Papas, Lagos de Moreno, Jalisco localizado a 21° 53' de latitud norte y 101° 35' de longitud oeste (Figura 1) y consistió en aplicar el tipo de corte, la exposición o su protección al sol y el desespinado mecánico, para lo cual se utilizó la infraestructura del Sr. Fernando Torres Romo. La segunda fase se realizó en el Laboratorio de Biotecnología Microbiana de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicada en el kilómetro 17.5 de la carretera Zuazua-Marín, en Marín, N. L., a una altitud de 375 msnm y localizada entre las coordenadas 25° 53' de latitud norte y 100° 03' de longitud oeste.

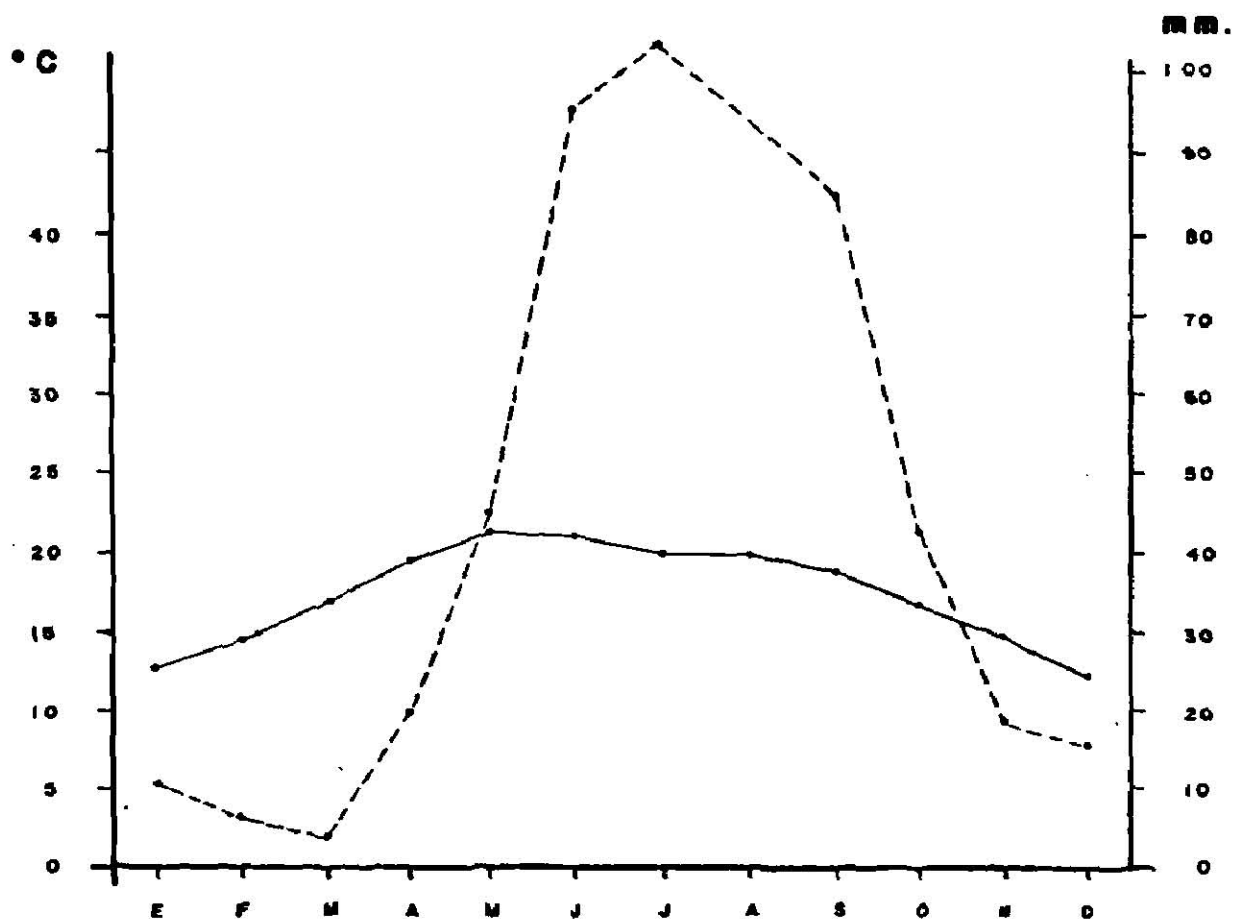
3.1.2. Variedad empleada

Se empleó la variedad denominada regionalmente como “burróna” (*Opuntia* sp) la cual ha sido descrita por Pimienta (1990) como sigue:

El hábito de crecimiento de la planta es arbustivo, pero vigoroso. Presenta ventajas agronómicas favorables para su cultivo, entre las que destaca su floración tardía (abril y mayo), que le permite escapar del daño de las heladas que se presentan al final de la estación de invierno. El fruto aunque atractivo para el mercado por su forma y tamaño, es insípido y, además presenta un alto número de semillas grandes, que en ocasiones muestran una prolongación lignificada endurecida conocida vulgarmente como “gancho”. La forma del fruto es obovoide, con cascara de color verde-oscuro y la pulpa color verde claro. La cicatriz receptacular es mediana y ligeramente cóncava. El peso del fruto varía de 150 a 250 g El porcentaje de azúcares es inferior a 13 °Brix, de los cuales el 8% lo constituyen reductores. El contenido de vitamina C es de 10 mg/100 g. Se considera como una variedad

COORD.

21° 53'
101° 35'
ALTURA 2750 msnm
BS. Kw (w)(e)g



TEMP. 12.9 14.7 17.2 19.5 21.3 21.1 20.0 20.1 18.8 17.1 15.0 12.5 17.5°C
 PRECIP. 10.8 6.6 4.0 19.5 45.2 95.8 103.5 93.4 84.9 42.4 18.4 15.9 540.4mm.

FIGURA 1 DIAGRAMA OMBROTERMICO DE LA ESTACION CLIMATOLOGICA DE OJUELOS, JAL.

(FUENTE: GARCIA 1981)

de maduración intermedia, ya que su cosecha se lleva a cabo durante septiembre y octubre. Los frutos presentan un alto grado de resistencia al manejo durante la postcosecha.

Esta variedad presenta un porcentaje alto de frutos con “rajaduras” longitudinales, lo cual reduce su aceptación en el mercado. Este problema de rajadura en el fruto se manifiesta con mayor intensidad cuando los frutos alcanzan estadios avanzados de maduración (Pimienta, 1990). Dicha variedad es la más ampliamente cultivada, tanto en la Región Centro-Norte como en el estado de Zacatecas, alcanzando en este último una superficie aproximada de 4,956 ha (Flores y Gallegos, 1994).

3.1.3. Obtención de la tuna utilizada

La tuna utilizada en el presente experimento fue proporcionada por el Sr. Fernando Torres Romo, cosechada en el rancho las Papas, Lagos de Moreno, Jalisco.

3.2. Tratamientos y conducción del experimento

3.2.1. Tratamientos

Debido a la importancia que tiene el reducir las pérdidas de la tuna por malos manejos de cosecha y postcosecha se requiere determinar un manejo adecuado que permita reducir dichas pérdidas por lo que se utilizaron cinco factores con dos niveles cada uno: a) Tipo de corte; b) Asoleado; c) Desespinado; d) Encerado, y ; e) Almacenamiento del fruto.

Se requirió una cantidad de 640 frutos de tuna “burróna” (*Opuntia* sp) en estado de madurez y desde la cosecha se fueron combinando los factores antes mencionados derivándose 32 tratamientos con 20 frutos de los cuales 10 se utilizaron para las determinaciones fisicoquímicas y 10 para determinar la apariencia durante el almacenamiento.

3.2.2. Diseño experimental

Con base en los objetivos, el experimento se diseñó para evaluar cinco factores:

Factor A, tipo de corte (con cuchillo y manual); factor B, asoleado (con y sin exposición directa del fruto al sol en el campo); factor C, tipo de desespinado (mecánico y sin desespinar); factor D, encerado (con y sin recubrimiento), y; factor E, condiciones de almacenamiento (con refrigeración y a temperatura ambiente). Se utilizó un diseño completamente al azar con 10 repeticiones y un arreglo factorial de tratamientos. El diseño de tratamientos se muestra en el Cuadro 4. La unidad experimental la representó un fruto.

Cuadro 4. Diseño de tratamientos.

Tratamiento	Tipo de corte	Asoleado	Desespinado	Encerado	Almacenamiento
1	Cuchillo	8 h	Mecánico	Con	Refrigeración
2			Mecánico	Con	Ambiente
3			Mecánico	Sin	Refrigeración
4			Mecánico	Sin	Ambiente
5			Sin desespinar	Con	Refrigeración
6			Sin desespinar	Con	Ambiente
7			Sin desespinar	Sin	Refrigeración
8			Sin desespinar	Sin	Ambiente
9		0 h	Mecánico	Con	Refrigeración
10			Mecánico	Con	Ambiente
11			Mecánico	Sin	Refrigeración
12			Mecánico	Sin	Ambiente
13			Sin desespinar	Con	Refrigeración
14			Sin desespinar	Con	Ambiente
15			Sin desespinar	Sin	Refrigeración
16			Sin desespinar	Sin	Ambiente
17	Manual	8 h	Mecánico	Con	Refrigeración
18			Mecánico	Con	Ambiente
19			Mecánico	Sin	Refrigeración
20			Mecánico	Sin	Ambiente
21			Sin desespinar	Con	Refrigeración
22			Sin desespinar	Con	Ambiente
23			Sin desespinar	Sin	Refrigeración
24			Sin desespinar	Sin	Ambiente
25		0 h	Mecánico	Con	Refrigeración
26			Mecánico	Con	Ambiente
27			Mecánico	Sin	Refrigeración
28			Mecánico	Sin	Ambiente
29			Sin desespinar	Con	Refrigeración
30			Sin desespinar	Con	Ambiente
31			Sin desespinar	Sin	Refrigeración
32			Sin desespinar	Sin	Ambiente

La duración aproximada del experimento fue de cuatro meses, iniciando en octubre de 1997 para concluir en enero de 1998.

3.3. Descripción de las fases del experimento

3.3.1. Cosecha

La cosecha del fruto maduro fue realizada el cuatro de octubre de 1997 por la mañana y se hizo de dos formas:

a) Corte manual: Se tomó el fruto con la mano protegida por un guante de cuero, por la parte media del fruto dándole un giro rápido para separarlo de la penca.

b) Corte con cuchillo: Se utilizó una navaja filosa, sosteniendo e inclinando el fruto con la mano izquierda y haciendo el corte en la unión de la tuna con la penca.

3.3.2. Asoleado

Después de la cosecha la tuna recibió dos tratamientos diferentes de manejo postcorte:

a) Asoleado: Inmediatamente después de la cosecha se colocó la tuna en el suelo exponiéndose a la luz solar durante el transcurso de la mañana (8 h).

b) Sombra: Otra parte de la tuna cosechada se llevó rápidamente a la sombra evitando se asoleara después del corte.

3.3.3. Desespinado

a) Cepillado: Se llevó a cabo con maquina desespinaadora eliminando así la mayor parte de las espinas.

b) Sin cepillado: Las tunas se dejaron con espinas tal y como quedaron después del manejo postcorte.

3.3.4. Encerado

Después de que se realizaron las tres operaciones anteriores en el rancho las papas, el día seis de octubre la tuna fue transportada a la FAUANL para realizar las operaciones complementarias, y la primera de ellas consistió en dar un recubrimiento de parafina a los tratamientos que les corresponde de acuerdo con el Cuadro 4.

3.3.4.1. Pruebas preliminares

La parafina es una mezcla de hidrocarburos sólida y cristalina, completamente derivada de la porción de petróleo crudo designada destilado de parafina, o de la síntesis de hidrocarburos, por solidificación a temperatura baja y expresión o por extracción con disolvente. Se caracteriza por su estado sólido a la temperatura atmosférica (25 °C), se deforma relativamente poco a esta temperatura, incluso bajo presiones considerables, y tiene poca viscosidad, 35-45 seg. S.U. (Saybolt. Universal) a 99° C (Kirk et al., 1962).

Para el encerado de las tunas se utilizó parafina clara comercial (parafinas Monterrey) en forma líquida pero fue necesario realizar pruebas preliminares para determinar la temperatura mas baja a la que es manejable la parafina, así como determinar el grosor del recubrimiento y cuantas veces se requiere sumergir el fruto en la parafina.

Se requirió el siguiente material: dos pinzas para pan, dos tinas del numero 12, una parrilla eléctrica marca termhollyner, agua y un termómetro.

La parafina se calentó hasta arriba de su punto de fusión y a partir de ese punto se dejó enfriar determinando el tiempo que tardaba en bajar cada 5 °C tomando en cuenta si la parafina se mantenía manejable.

En un volumen de cinco litros y medio de parafina líquida se sumergieron manzanas y tomates viendo si era suficiente una inmersión.

3.3.4.2. Encerado final

El encerado de las tunas se llevo acabo del 11 al 14 de octubre de 1997, utilizando parafina líquida (65 °C), tomando el fruto con las pinzas, metiéndolo y sacándolo primero en la parafina y luego en agua fría para ayudar a solidificar rápidamente la cera en la superficie del fruto, esta operación se realizó dos veces para cada tuna.

3.3.5. Almacenado

El almacenado se llevó a cabo inmediatamente después del encerado (14 octubre de 1997) se utilizaron dos formas:

a) Con refrigeración: Se acomodaron los frutos en cajas de manera que quedaran separados uno de otro, dichas cajas se colocaron en un refrigerador marca Toro Rey a temperatura de 10 °C.

B) Sin refrigeración: En este caso las cajas se acomodaron en el piso dentro del laboratorio quedando expuestas a la temperatura ambiente la cual varió durante el tiempo de almacenamiento (3 meses) presentándose una mínima de cero grados centígrados (durante los meses de noviembre y diciembre) y una máxima de 38 °C (octubre y parte de noviembre).

3.4. Muestreos

Al recibir la tuna el seis de octubre se 1997 se realizó un muestreo general para obtener las características de la variedad (Burrona) a usar, enseguida se enceró y almacenó

para hacerse un muestreo por tratamiento cada 15 días a partir de la fecha mencionada quedando de la siguiente manera:

Primer muestreo del 20 al 25 de octubre de 1997.

Segundo muestreo del 10 al 15 de noviembre de 1997.

Tercer muestreo del 28 de noviembre al primero de diciembre de 1997.

Cuarto muestreo del 15 al 19 de diciembre de 1997.

Quinto muestreo del 4 al 7 de enero de 1998.

3.4.1. Análisis fisicoquímicos

Los siguientes análisis se hicieron en dos frutos (repeticiones) para cada tratamiento en cada uno de los cinco muestreos.

3.4.1.1. Determinación del peso relativo de la cascara (%) y del peso relativo del lóculo (%)

Primero se tomaron dos frutos (repeticiones) de cada tratamiento, los que tenían el recubrimiento de cera se les eliminó con un cuchillo y se registró el peso total (promedio) utilizando una balanza electrónica marca startorius. Enseguida se eliminó la cascara del fruto procurando que al quitarla no se eliminara la pulpa; después se pesó en una balanza electrónica marca startorius registrando su peso (promedio) éste resultado se empleó en la siguiente fórmula para obtener el porcentaje de cáscara y posteriormente por diferencia el porcentaje que representa el lóculo:

$$\text{peso cáscara} * 100/\text{peso total del fruto} = \% \text{ cáscara}$$

$$\% \text{ cáscara} - 100 = \% \text{ lóculo}$$

3.4.1.2. Determinación de densidad

La densidad se define como el peso por unidad de volumen, y se obtuvo dividiendo el peso total (g) de dos frutos por tratamiento sobre su volumen cm^{-3} .

Dicho volumen del fruto se obtuvo sumergiéndolo en un vaso de precipitado que contenía un volumen conocido de agua registrándose como volumen la cantidad de agua que desplazaba. Obteniendo la densidad en gr cm^{-3}

3.4.1.3. Determinación de sólidos solubles totales (°Brix)

Para la determinación de sólidos solubles totales primero se exprimió una fracción de la tuna para obtener aproximadamente 10 ml de jugo vaciándolos en un vaso de precipitado de 50 ml de donde se tomó una gota en la que se utilizó un refractómetro manual marca atago con una escala de 0 a 32 °Brix a 20 °C.

3.4.1.4. Determinación de pH

En el mismo jugo obtenido para la medición anterior se introdujo el electrodo de un potenciómetro marca orion mod. 720A para medir el pH del jugo.

3.4.1.5. Determinación de % cenizas

Se tomaron dos tunas por tratamiento y de cada una se tomó una muestra de dos gramos aproximadamente, después de registrarse el peso se metió a una mufla thermolyne a 500 °C por 2 horas para determinar el contenido de cenizas pesando estas al final en una balanza granataria.

Para obtener el porcentaje de cenizas se utilizó la siguiente fórmula:

$\text{Peso de las cenizas} * 100 / \text{Peso de la muestra} = \text{porcentaje de cenizas.}$

3.4.2. Conteo microbiano

Se hizo un conteo e identificación de microorganismos en la parte externa de la tuna (cáscara) y en la parte interna (lóculo) al inicio del experimento y al final del mismo para determinar si los mismos microorganismos identificados al llegar la tuna prevalecían al momento de la descomposición de esta, el método usado fue el siguiente.

Se tomaron cinco tunas de diferentes tratamientos a las cuales se les separó la cáscara para tomar una muestra de un gramo de cáscara y un gramo de la pulpa de cada una de las tunas. Cada muestra previamente molida en una licuadora lavada con agua estéril, se adicionó en un frasco conteniendo 100 ml de agua estéril. De cada frasco se inoculó un ml de solución en agar nutritivo y un ml en PDA utilizando una campana de flujo laminar, posteriormente las cajas que tenían el agar nutritivo se metieron de 24 a 48 horas a una incubadora Precisión Cientific a 36°C y las que contenían PDA se dejaron a temperatura ambiente, posteriormente se hizo el conteo e identificación de colonias utilizando un microscopio compuesto nova y un contador de colonias scientific.

3.4.3. Apariencia de los frutos durante el almacenado:

En cada una de las cinco mediciones se observó la apariencia (color, presencia de insectos, descomposición y arrugamiento de la cáscara) de los frutos de cada tratamiento registrando que tratamientos se iban degradando mas lentamente y cuáles mas rapidamente.

3.4.4. Otros análisis.

Los siguientes análisis se hicieron solo en la primer medición general:

a) **Conteo de semillas normales y abortivas.** Se separó la pulpa de la cascara de tres frutos y enseguida de la pulpa se separaron las semillas y se contaron las abortivas (semillas pequeñas) y las normales (semillas grandes y redondas) obteniéndose el promedio de semillas de cada tipo.

b) **Determinación de humedad en semillas.** Las semillas después de haber sido contadas se pesaron en una balanza granataria OHAUS y se colocaron dentro de un crisol previamente tarado por cinco horas a 150 °C en una estufa shel-lab.

3.5. Análisis estadístico

Los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos durante el almacenamiento de tunas que se manejaron con diferentes formas de corte, cepillado, asoleado, encerado y temperatura de almacenamiento; fueron analizados mediante un análisis de varianza, utilizando el paquete de computación "SPSS" con un nivel de significancia de 0.05, en un diseño completamente al azar y un arreglo factorial de 2⁵, cuyo modelo estadístico se explica a continuación.

$$Y_{ijklm} = M + A_i + B_j + C_k + D_l + E_m + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (AD)_{il} + (AE)_{im} + (BC)_{jk} + (BD)_{jl} + (BE)_{jm} + (CD)_{kl} + (CE)_{km} + (DE)_{lm} + (ABC)_{ijk} + (ABD)_{ijl} + (ABE)_{ijm} + (ACD)_{ikl} + (ACE)_{ikm} + (BCD)_{jkl} + (BCE)_{jkm} + (BDE)_{jlm} + (CDE)_{klm} + (ADE)_{ilm} + (ABCD)_{ijkl} + (ABCE)_{ijkm} + (ACDE)_{iklm} + (BCDE)_{jklm} + (ABDE)_{ijlm} + (ABCDE)_{ijklm} + e_{ijklm}.$$

Donde:

M = Media general.

A_i = i-ésimo corte.

B_j = j-ésimo asoleado.

C_k = k-ésimo cepillado.

D_l = l-ésimo encerado.

E_m = m-ésimo almacenado.

(AB)_{ij} = Interacción del i-ésimo corte con el j-ésimo asoleado.

(AC)_{ik} = Interacción del i-ésimo corte con el k-ésimo cepillado.

$(AD)_{il}$ = Interacción del i-ésimo corte con el l-ésimo encerado.

$(AE)_{im}$ = Interacción del i-ésimo corte con el m-ésimo almacenado.

$(BC)_{jk}$ = Interacción del j-ésimo asoleado con el k-ésimo cepillado.

$(BD)_{jl}$ = Interacción del j-ésimo asoleado con el l-ésimo encerado.

$(BE)_{jm}$ = Interacción del j-ésimo asoleado con el m-ésimo almacenado.

$(CD)_{kl}$ = Interacción del k-ésimo cepillado con el l-ésimo encerado.

$(CE)_{km}$ = Interacción del k-ésimo cepillado con el m-ésimo almacenado.

$(DE)_{lm}$ = Interacción del l-ésimo encerado con el m-ésimo almacenado.

$(ABC)_{ijk}$ = Interacción del i-ésimo corte, el j-ésimo asoleado y el k-ésimo cepillado.

$(ABD)_{ilj}$ = Interacción del i-ésimo corte, el j-ésimo asoleado y el l-ésimo encerado.

$(ABE)_{ijm}$ = Interacción del i-ésimo corte, el j-ésimo asoleado y el m-ésimo almacenado.

$(ACD)_{ikl}$ = Interacción del i-ésimo corte, el k-ésimo cepillado y el l-ésimo encerado.

$(ACE)_{ikm}$ = Interacción del i-ésimo corte, el k-ésimo cepillado y el m-ésimo almacenado.

$(BCD)_{jkl}$ = Interacción del j-ésimo asoleado, el k-ésimo cepillado y el l-ésimo encerado.

$(BCE)_{jkm}$ = Interacción del j-ésimo asoleado, el k-ésimo cepillado y el l-ésimo encerado.

$(BDE)_{jlm}$ = Interacción del j-ésimo asoleado, l-ésimo encerado y el m-ésimo almacenado.

$(CDE)_{klm}$ = Interacción del k-ésimo cepillado, l-ésimo encerado y el m-ésimo almacenado.

$(ADE)_{ilm}$ = Interacción del i-ésimo corte, l-ésimo encerado y el m-ésimo almacenado.

$(ABCD)_{ijkl}$ = Interacción del i-ésimo corte, j-ésimo asoleado, k-ésimo cepillado y el l-ésimo encerado.

$(ACDE)_{iklm}$ = Interacción del i-ésimo corte, k-ésimo cepillado, l-ésimo encerado y el m-ésimo almacenado.

$(BCDE)_{jklm}$ = Interacción del j-ésimo asoleado, k-ésimo cepillado, l-ésimo encerado y el m-ésimo almacenado.

$(ABDE)_{ijlm}$ = Interacción del i-ésimo corte, j-ésimo asoleado, l-ésimo encerado y el m-ésimo almacenado.

$(ABCDE)_{ijklm}$ = Interacción del i-ésimo corte, j-ésimo asoleado, k-ésimo cepillado, l-ésimo encerado y el m-ésimo almacenado.

ϵ_{ijklm} = n-ésimo error en el i-ésimo corte, j-ésimo asoleado, k-ésimo cepillado, l-ésimo encerado y el m-ésimo almacenado.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de pruebas preliminares

Como se mencionó en la sección de materiales y métodos fue necesario hacer pruebas preliminares para determinar a que temperatura se iba a manejar la parafina para recubrir las tunas.

En el Cuadro 5 se muestra el tiempo que tardó la parafina en bajar cada 5 °C a partir de la temperatura en que se fundió completamente así como la condición en que se mantenía.

Cuadro 5. Apariencia de la parafina a diferentes temperaturas.

Temperatura (°C)	Tiempo (Min.)	Apariencia
85	0	Líquida y manejable
80	7	Líquida y manejable
75	10	Líquida y manejable
70	9	Líquida y manejable
65	10	Líquida y manejable
60	20	Semisólida y no manejable

Debido a que a 65 °C fue la temperatura mínima a la que la parafina se mantuvo manejable se determinó usarla a esta temperatura para el recubrimiento en las tunas.

En cuanto al grosor del recubrimiento de cera, debido a que pruebas hechas con tomate y manzana mostraron que una inmersión no era suficiente por que la capa quedaba demasiado delgada y era muy sensible a romperse, se determinó sumergir dos veces el fruto en la parafina quedando con un grosor final de aproximadamente 1 mm.

4.2. Características de la variedad utilizada

Resultados de medición realizada al recibir el fruto en el laboratorio para determinar las características generales de la variedad.

Nota. Se utilizó una muestra de 15 tunas (el conteo de semillas normales y abortivas se realizó en tres frutos) al azar observándose los resultados en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Características morfométricas y componentes de la fruta empleada en el presente trabajo.

Variable	Resultado promedio
Densidad	1.01
Peso total	190.88 gr
Peso relativo lóculo (%)	113.93 gr
Peso relativo cáscara (%)	76.946 gr.
pH	5.9
° Brix	9.81
Cenizas	0.474 %
Número de semillas abortivas	54
Número de semillas normales	275

Como se observa los valores que están ligeramente bajos de los normales son los de pH y °Brix ya que para esta misma variedad Pimienta (1990) reportó valores de 13 °Brix.

Pantástico (1975) estableció que existen factores ambientales (temperatura, luz, precipitación...) y de cultivo (nutrición mineral, el manejo del suelo....) que tienen influencia sobre la calidad del fruto en la postrecolección, dichos factores no estuvieron al alcance del presente trabajo por lo que se asume que las características que se presentan en el Cuadro 6 son consecuencia de los mismos.

4.3. Incidencia de Microorganismos

Los microorganismos observados en la tuna al inicio del experimento fueron principalmente levaduras en el lóculo del fruto en cantidades incontables, con base en las limitaciones que presentó el método de conteo utilizado. De la misma manera se observaron hongos en la cáscara del fruto. En la determinación realizada al final del experimento se observaron los mismos microorganismos aunque en mayor cantidad, los hongos inicialmente crecieron en la parte basal principalmente de los frutos refrigerados para después extenderse hacia la periferia del fruto provocando el rompimiento del recubrimiento de parafina en frutos encerados. Esto concuerda con los resultados encontrados por Morales y Salomón (1995) quienes en tunas almacenadas durante 30 días a 8 °C encontraron desarrollo de hongos en la parte basal. De acuerdo con dichos autores esto es debido a la alta humedad de la cáscara y del ambiente en el refrigerador.

4.4. Medición de apariencia

4.4.1. Muestreo 1 (a 15 días de almacenado) realizado del 20 al 25 de octubre

Todos los tratamientos con refrigeración presentaron una excelente apariencia a diferencia de los frutos sin refrigeración que presentaron un ligero color amarillo con indicios de descomposición y se empezó a ver mosca de la fruta (*Drosophila*) en estos tratamientos, principalmente en los encerados sin refrigeración. Esto nos muestra que el fruto traía huevesillos de dicho insecto los cuales en estos primeros 15 días de almacenado empezaron a desarrollarse a etapas adultas, además en tratamientos sin encerar y sin refrigeración se empezó a ver un ligero arrugamiento en la cascara, esto debido a la exposición del fruto al ambiente lo que provocó la evaporación del agua de la superficie, manifestándose esto como un arrugamiento superficial.

4.4.2. Muestreo 2 (a 30 días de almacenado) realizado del 10 al 15 de noviembre

Las tunas con refrigeración presentaron pequeñas colonias de hongos filamentosos en la parte basal del fruto aunque, en lo que respecta a color y apariencia en general fueron

excelentes. A las tunas enceradas y con refrigeración se les observó el crecimiento de hongos por debajo del recubrimiento de cera, esto debido a lo explicado en el tema de incidencia de microorganismos.

Los frutos sin refrigeración y con cera se vieron totalmente descompuestos debido principalmente a la presencia de mosca de la fruta la cual se reprodujo rápidamente y al parecer las tunas enceradas presentaron un ambiente favorable para su reproducción, dichos frutos presentaron un olor a fermentado, además de la mosca la descomposición también pudo ser debida en parte a lo que menciona Baldwin y colaboradores (1997) de que si el recubrimiento no es delgado se provocan condiciones anaerobias y se modifica la atmósfera interna evitando el intercambio de gases, lo que provoca acumulación de CO₂ y producción de etanol así como posible mal sabor y acortamiento en la vida del fruto.

En tunas sin refrigeración y sin cera cortadas manualmente, había dos tunas descompuestas, mientras que las cortadas con cuchillo solo presentaron un ligero arrugamiento y color amarillo.

4.4.3. Muestreo 3 (a 45 días de almacenamiento) realizado del 28 de noviembre al 1 de diciembre)

Todas las tunas refrigeradas sin encerar se vieron ligeramente deshidratadas de la cáscara y su apariencia aún era muy aceptable, en cambio las tunas enceradas y con refrigeración presentan un 50% de los frutos descompuestos, en este caso, de acuerdo con Baldwin *et al.* (1997) la descomposición se debe principalmente a las condiciones anaerobias provocadas por la parafina, por otro lado las tunas sin refrigeración y sin cera cortadas manualmente estaban completamente descompuestas al igual que las tunas enceradas sin refrigeración su principal causa de descomposición fue la presencia de mosca de la fruta además se observó que las larvas de dicho insecto penetraban muy fácilmente por la parte basal de éste fruto empezando en esa parte la pudrición, por lo que puede asegurarse que esto se facilitó debido al desgarramiento del fruto en la parte basal al ser arrancado con la mano; es por esto que Corrales (1997) recomienda el corte con cuchillo aunque implique mayores costos, pero se asegura un mayor tiempo de vida. Por otra parte

estos resultados corroboran los señalamientos de Pantástico (1979) quien indicó que con el corte manual se provocan daños en el fruto lo cual incrementa la respiración y en consecuencia la vida de almacén se acorta.

Las tunas sin refrigeración y sin cera cortadas con cuchillo se vieron muy arrugadas y con un color amarillento aunque su apariencia no fué buena, no presentaron descomposición. Esto coincide con lo reportado por Morales y Salomón (1995) que almacenaron tunas y a los 30 días a 30 °C notaron un amarillamiento, lo cual explicaron como degradación de la clorofila manifestándose en un cambio de color en el fruto.

4.4.4. Muestreo 4 (a los 60 días de almacenado) realizado del 15 al 19 de diciembre

Todas las tunas con refrigeración y con cera estuvieron completamente descompuestas, se observó presencia de hongos los cuales crecieron por debajo del recubrimiento y lo rompieron; por otro lado las tunas sin cera, sin refrigeración cortadas con cuchillo presentaron un 50 % de los frutos descompuestos probablemente debido a las condiciones anaerobias y en el resto la apariencia no era buena ya que estaban muy deshidratados de su cascara y amarillentos.

En los frutos sin cera con refrigeración empezó a observarse una mayor presencia de hongos en la parte basal; un 10% de los frutos presentaron descomposición.

4.4.5. Muestreo 5 (a los 75 días de almacenamiento) realizado del 4 al 7 de Enero de 1998

Los tratamientos sin cera, sin refrigeración y cortadas con cuchillo tuvieron un 25% de las tunas con una apariencia desagradable debido a la excesiva deshidratación superficial y al amarillamiento pero sin descomposición aparente y el resto estaban descompuestas.

Las tunas sin cera con refrigeración presentaron un 50% de los frutos completamente descompuestos, esta descomposición pudo ser una consecuencia de daños por frío, tal y como lo mencionan Wills *et al.* (1980) quienes mencionan que la lesión por

frío determina la liberación de metabolitos como aminoácidos y azúcares y sales minerales al exterior de la célula, lo que junto con la degradación de la estructura celular proporciona excelentes sustratos para el desarrollo de gérmenes patógenos, especialmente hongos.

Una observación adicional es que todas las tunas al empezar a descomponerse principalmente las enceradas presentaron un olor a fermentado.

4.5. Cambios fisicoquímicos en tuna durante el almacenado

Los cambios fisicoquímicos evaluados en las tunas durante el almacenado fueron: densidad, peso relativo del lóculo, peso relativo de cascara, pH, °Brix y porcentaje de cenizas. Los resultados obtenidos de dichos cambios en almacenamiento de tunas que se manejaron con dos diferentes niveles de: corte, cepillado, asoleado, encerado y temperatura de almacenado fueron analizados mediante un análisis de varianza, utilizando el paquete de computación "SPSS", con un diseño completamente al azar y un arreglo factorial, cuyo modelo estadístico se explica en la sección de materiales y métodos.

4.5.1. Densidad del fruto

En el Cuadro 7 se representan los valores de la densidad (g cm^{-3}) de los frutos, medida bajo las condiciones mencionadas en la sección de materiales y métodos, observándose el comportamiento de la misma durante el almacenado

Como se observa en el Cuadro 7, el factor que mayor diferencia presentó entre sus niveles respecto a la densidad fue el factor de encerado en los muestreos uno, dos y cuatro siendo mayor la densidad del nivel de encerado. En segundo lugar esta el factor de almacenado que mostró diferencia significativa para sus niveles en los muestreos tres y cuatro, siendo mayor en ambos la densidad de las tunas almacenadas en refrigeración. En la Figura 2 se observa de una forma mas clara el comportamiento la densidad debido a estos dos factores en cada uno de los muestreos. Por otra parte el corte y cepillado mostraron diferencia en el muestreo uno, siendo mayor el valor del corte manual y el no cepillado.

Cuadro 7. Efectos de corte, asoleado, cepillado, encerado y almacenado sobre la densidad del fruto.

Tratamiento	Fecha de muestreo				
	20-25 octubre (15 días)	10-15 noviembre (30 días)	28 de nov. - 1 de dic. (45 días)	15-20 diciembre. (60 días)	4-7 enero. (75 días)
Corte con cuchillo	1.05 a	1.01 a	1.02 a	0.95 a	0.95 a
Corte manual	1.010 b	1.04 a	1.01 a	0.98 a	0.95 a
Asoleado	1.07 a	1.03 a	1.01 a	0.96 a	0.96 a
Sin asoleado	1.08 a	1.02 a	1.02 a	0.97 a	0.94 a
Cepillado	1.06 b	1.03 a	1.02 a	0.96 a	0.96 a
Sin cepillado	1.10 a	1.02 a	1.01 a	0.97 a	0.94 a
Encerado	1.11 a	1.05 a	0.98 a	0.99 a	0.95 a
No encerado	1.05 b	1.00 b	1.03 a	0.95 b	0.95 a
Alm. con refrigeración	1.08 a	1.03 a	0.97 a	0.96 a	0.95 a
Alm. sin refrigeración	1.08 a	1.02 a	1.11 b	0.97 b	0.94 a

Nota: Letras diferentes indican que existe diferencia significativa.

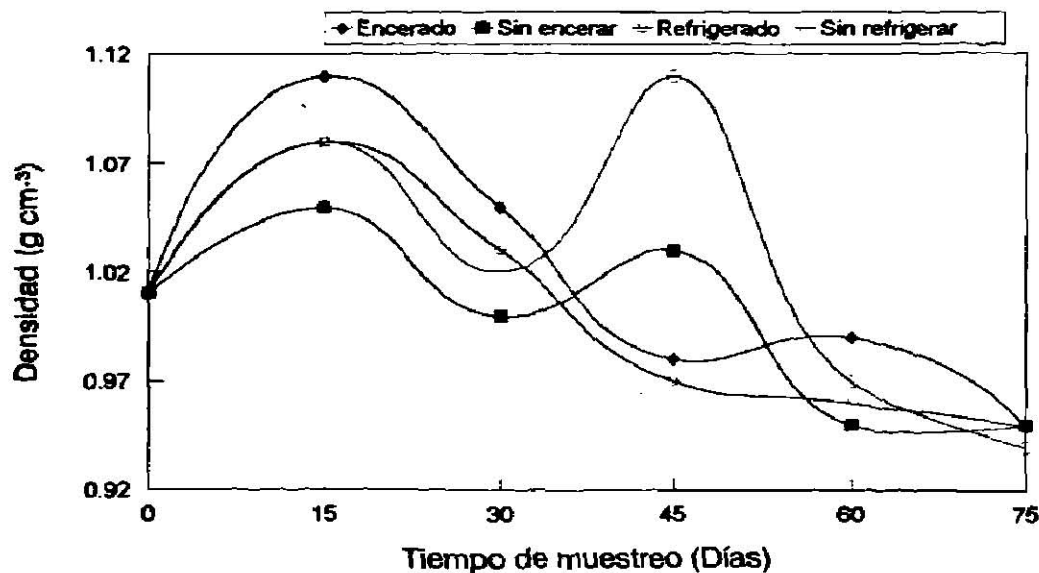


Figura 2. Efecto de los factores de encerado y almacenado sobre la densidad del fruto.

En la Figura 2 se observa que los niveles de encerado y refrigerado tienen un comportamiento semejante durante los cinco muestreos. A partir del primer muestreo (15 días después del almacenado) se aprecia una tendencia a la reducción de la densidad del fruto, sobre todo en los frutos sin encerar y sin refrigeración. Esto se puede explicar a partir

del reconocimiento de que el encerado y el almacenamiento con refrigeración influyeron en la menor pérdida de agua y por tanto de peso de la tuna. Por otro lado las curvas de los niveles sin encerar y sin refrigerar presentaron comportamientos parecidos durante el experimento, esto puede deberse a que ambos niveles están influenciados en forma semejante por el ambiente.

4.5.2. Peso relativo del lóculo

La importancia de la determinación del peso relativo del lóculo y su cambio durante el almacenado radica en saber como influyen los tipos de manejo postcosecha respecto al peso de dicha parte. Los valores del Cuadro 8 representan el porcentaje en peso del lóculo respecto al peso total del fruto durante el almacenamiento.

Cuadro 8. Efectos de corte, asoleado, cepillado, encerado y almacenado sobre el peso relativo del lóculo (%)

Tratamiento	Fecha de muestreo				
	20-25 octubre (15 días)	10-15 noviembre (30 días)	28 nov. - 1 dic. (45 días)	15-20 diciembre. (60 días)	4-7 enero. (75 días)
Corte con cuchillo	59.98 a	62.06 a	61.38 a	61.39 a	62.29 a
Corte Manual	60.03 a	59.37 a	61.08 a	62.81 a	61.76 a
Asoleado	60.03 a	60.91 a	60.68 a	61.94 a	62.32 a
Sin asoleado	59.99 b	60.54 a	61.79 a	62.17 a	61.81 a
Cepillado	58.97 a	60.96 a	61.02 a	62.47 a	61.30 a
Sin cepillado	61.02 a	60.69 a	61.67 a	61.65 a	62.79 a
Encerado	57.53 a	57.46 a	57.36 a	58.86 a	59.31 a
No encerado	62.46 b	64.03 b	63.22 a	63.81 a	63.69 a
Alm. con Refrigeración	58.89 a	59.06 a	59.19 a	60.32 a	60.45 a
Alm. sin Refrigeración	61.09 b	62.38 a	65.62 a	66.20 a	66.64 a

Nota: Letras diferentes indican que existe diferencia significativa.

En el Cuadro 8 se observa que los factores de corte y cepillado no presentaron diferencia significativa entre sus respectivos niveles respecto al porcentaje en peso del lóculo de la tuna en ninguno de los muestreos; por otro lado en los factores de asoleado y almacenado existe diferencia significativa en el muestreo uno, en el que los niveles sin

asoleado y sin refrigeración presentaron un mayor peso, así también el factor encerado presentó diferencia significativa entre sus niveles en el muestreo uno y dos con mayor peso relativo del lóculo para el nivel sin encerado. La Figura 3 muestra el comportamiento del peso relativo del lóculo para los factores encerado y almacenado con sus respectivos niveles durante los cinco muestreos.

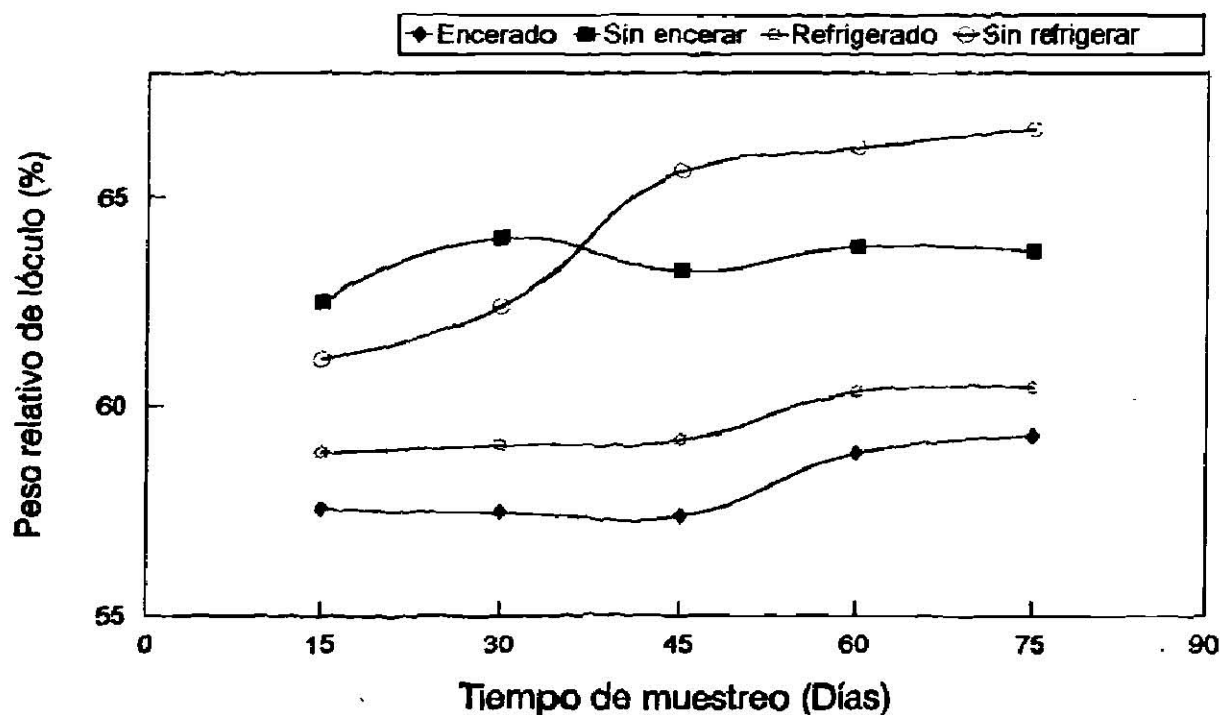


Figura 3. Efecto de los factores de encerado y almacenado sobre el peso relativo del lóculo del fruto.

Como se observa en la Figura 3 el peso relativo del lóculo se incrementó ligeramente esto fué provocado por la pérdida de peso en la cáscara (Figura 4) por lo tanto entre mayor pérdida de peso presente la cáscara mas alto se va a encontrar el valor del peso relativo del lóculo esto se observa en el caso de los frutos sin encerar y sin refrigerar, es lógico que su pérdida de peso en la cáscara haya sido mayor con respecto a los frutos encerados y los refrigerados ya que estuvieron mas expuestos al ambiente.

4.5.3. Peso relativo de la cascara (%)

El porcentaje en peso de la cáscara de la tuna registró una mayor reducción que el peso relativo del lóculo, lo cual se puede explicar en la medida que, durante el almacenado

la cáscara es la parte que está mas expuesta al ambiente. Los valores del Cuadro 9 representan el valor en porcentaje del peso de la cáscara respecto del peso total del fruto durante el almacenado.

Cuadro 9. Efectos de corte, asoleado, cepillado, encerado y almacenado sobre el peso relativo de la cáscara (%)

Tratamiento	Fecha de muestreo				
	20-25 octubre (15 días)	10-15 noviembre (30 días)	28 nov. - 1 dic. (45 días)	15-20 diciembre. (60 días)	4-7 enero. (75 días)
Corte con cuchillo	40.02 a	37.94 a	38.62 a	38.61 a	37.71 a
Corte Manual	39.97 a	40.63 a	38.92 a	37.19 a	38.24 a
Asoleado	39.97 a	39.09 a	39.32 a	38.06 a	37.68 a
Sin asoleado	40.01 b	39.46 a	38.34 a	37.83 b	38.19 a
Cepillado	41.03 a	39.04 a	38.98 a	37.63 a	38.70 a
Sin cepillado	38.98 a	30.01 a	38.33 a	38.35 b	37.21 a
Encerado	42.47 a	42.54 a	42.64 a	41.14 a	40.69 a
No encerado	37.54 b	35.97 b	36.78 a	36.19 a	36.31 a
Alm con Refrigeración	41.11 a	40.94 a	40.31 a	39.68 a	74.80 a
Alm. sin Refrigeración	38.91 a	37.62 b	34.48 b	33.80 b	33.36 b

Nota: Letras diferentes indican que existe diferencia significativa.

En el Cuadro 9 se observa que el factor de almacenado mostró diferencia significativa entre sus niveles en cuatro de los muestreos (muestreos dos, tres, cuatro y cinco), en los cuales el peso relativo de las cáscaras del nivel con refrigeración fue mayor. Otro factor que presentó diferencia significativa entre sus niveles en los muestreos uno y dos fue el encerado, en el que las cáscaras de tunas enceradas presentaron un peso mayor. Para el caso del factor asoleado mostró diferencia en sus niveles en los muestreos uno y cuatro siendo mayor el peso en las cáscaras del nivel sin asoleado; por otro lado el factor cepillado presentó diferencia en el muestreo cuatro en el que fue mayor el peso de la cáscara sin cepillado; a diferencia de los factores anteriores el factor de corte no presentó ninguna diferencia entre sus niveles respecto al peso relativo de la cáscara en ninguno de los muestreos. La Figura 4 muestra el comportamiento en el peso de la cáscara durante el almacenado para los factores que mostraron mayor efecto (encerado y almacenado).

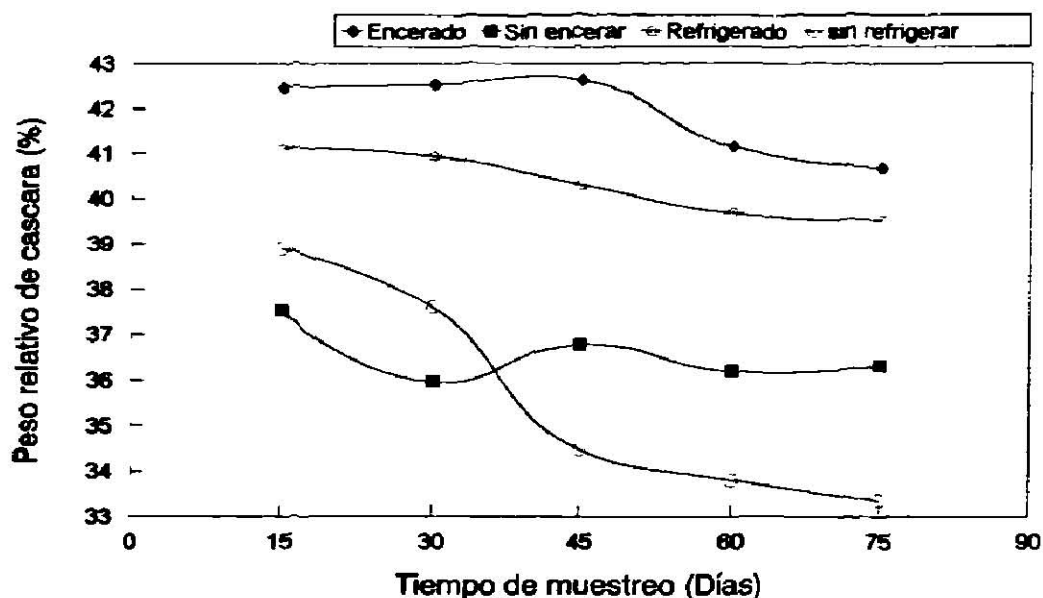


Figura 4 Efecto de los factores de encerado y almacenado sobre el peso relativo de la cáscara del fruto.

En la Figura 4 como se esperaba, el comportamiento del peso relativo de la cáscara debido a los factores de encerado y almacenado es contrario al observado en la Figura 3 para el peso relativo del lóculo, esto debido a que, como ya se mencionó, la cáscara esta mas expuesta al ambiente. Si se observa la Figura 4, la línea de encerado mantiene el peso relativo mas alto ya que la cera evita la transpiración y con ello la pérdida de peso (Baldwin *et al.*, 1997).

Andrade y Bernabé (1996) en un estudio realizado en seis variedades de tuna encontraron que la variedad Burrón fue una de las que menos pérdida de peso presentó en la cáscara.

4.5.4. pH de la tuna

El pH es un parámetro importante para determinar el sabor y estado de la fruta y por eso es conveniente saber como cambia durante el tiempo que es almacenada. Los valores del Cuadro 10 representan el valor del pH de los frutos medido bajo las condiciones mencionadas en la sección de materiales y métodos, mostrándose el comportamiento del mismo durante el almacenado en cada uno de los muestreos.

Cuadro 10. Efectos de corte, asoleado, cepillado, encerado y almacenado sobre el pH de la tuna.

Tratamiento	Fecha de muestreo				
	20-25 octubre (15 días)	10-15 noviembre (30 días)	28 de nov. - 1 de dic. (45 días)	15-20 diciembre. (60 días)	4-7 enero. (75 días)
Corte con cuchillo	6.27 a	6.11 a	5.84 a	6.00 a	5.35 a
Corte Manual	6.17 a	6.07 a	5.74 a	6.05 a	5.01 b
Asoleado	6.21 a	6.13 a	5.82 a	6.04 a	5.21 a
Sin asoleado	6.24 a	6.05 a	5.77 a	6.01 a	5.18 a
Cepillado	6.15 a	6.00 a	5.76 a	5.99 a	5.27 a
Sin cepillado	6.29 a	6.18 b	5.83 a	6.06 a	5.12 a
Encerado	5.95 a	5.68 a	5.57 a	5.65 a	4.49 a
No encerado	6.50 b	6.50 b	5.90 b	6.23 b	5.69 b
Alm. con Refrigeración	6.62 a	6.52 a	5.80 a	5.97 a	5.05 a
Alm. sin Refrigeración	5.83 b	5.66 b	5.77 a	6.14 a	5.59 a

Nota: Letras diferentes indican que existe diferencia significativa.

En el Cuadro 10 se pueden observar los valores del pH de la tuna durante el experimento. El análisis de varianza determinó que el factor de encerado presentó diferencia significativa entre sus niveles durante los cinco muestreos, presentándose en todos un pH mayor en las tunas no enceradas; en lo que respecta al factor de almacenado se presentó diferencia para sus niveles en los muestreos uno y dos, siendo mayor el pH en el nivel de almacenado con refrigeración. Por otro lado en los muestreos dos y cinco hubo diferencia entre sus respectivos niveles para los factores de cepillado y corte. El factor asoleado no presentó diferencia significativa entre sus niveles para el pH en ninguno de los muestreos. La Figura 5 muestra el comportamiento del pH para los

factores de encerado y almacenado con sus respectivos niveles, en donde se observa que para todos los niveles de encerado y almacenado se presentó una disminución en el pH al final del experimento, dicha disminución se observa de manera mas clara en el nivel de encerado, el cual al finalizar el experimento mostró un pH alrededor de cuatro punto cinco, esto pudo ser debido a que los frutos encerados fueron los que se descompusieron mas rápidamente (observar capitulo de apariencia) y como consecuencia de su descomposición, las bacterias convirtieron los azúcares a ácidos provocando una marcada disminución en el pH, en cambio los frutos que duraron mas tiempo sin descomponerse (refrigerados) mostraron un pH mas alto al final del experimento lo que indica que entre mayor descomposición se tenga el pH es menor. Respecto a lo anterior, Alvarado (1978) observó que el pH del jugo de tunas disminuye durante el almacenado.

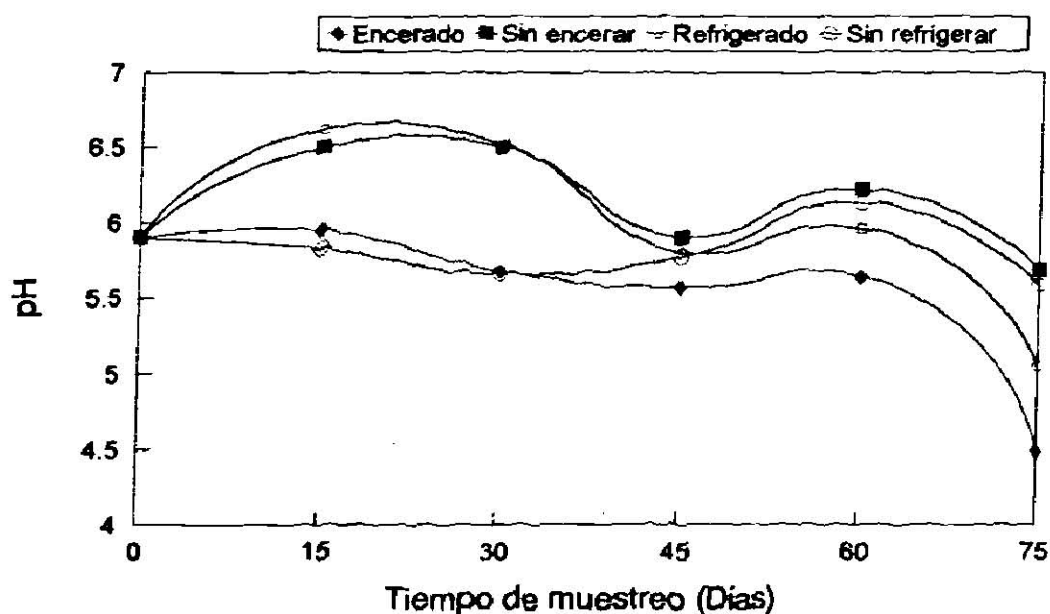


Figura 5 Efecto de los factores de encerado y almacenado sobre el pH de la tuna

4.5.5. Sólidos solubles totales (°BRIX)

Es importante medir los grados Brix por la razón de que este refleja el grado de dulzor y el porcentaje de sólidos solubles que tiene la fruta. Los valores del Cuadro 11 representan el valor de los °Brix de los frutos medido bajo las condiciones mencionadas en la sección de materiales y métodos, además observándose el comportamiento del mismo durante el almacenado en cada uno de los muestreos.

Cuadro 11 .Efectos de corte, asoleado, cepillado, encerado y almacenado sobre los sólidos solubles totales (°Brix).

Tratamiento	Fecha de muestreo				
	20-25 octubre (15 días)	10-15 noviembre (30 días)	28 de nov. - 1 de dic. (45 días)	15-20 de diciembre. (60 días)	4-7 de enero. (75 días)
Corte con cuchillo	10.62 a	10.06 a	10.45 a	10.88 a	9.95 a
Corte Manual	11.29 b	10.26 a	10.68 a	11.05 a	10.47 b
Asoleado	10.88 a	10.05 a	10.69 a	11.06 a	10.25 a
Sin asoleado	11.03 a	10.27 a	10.43 a	10.88 a	10.13 a
Cepillado	10.71 a	10.03 a	10.75 a	11.07 a	10.15 a
Sin cepillado	11.20 b	10.30 a	10.38 a	10.85 a	10.22 a
Encerado	10.52 a	9.64 a	10.20 a	11.26 a	9.76 a
No encerado	11.39 b	10.68 b	10.74 b	10.81 a	10.43 b
Alm. con Refrigeración	12.05 a	10.89 a	10.79 a	11.21 a	10.34 a
Alm. sin Refrigeración	9.86 b	9.43 b	10.56 b	10.40 b	9.65 b

Nota: Letras diferentes indican que existe diferencia significativa.

El análisis de varianza reveló que el factor de almacenado es el que mayor diferencia presentó entre sus niveles (almacenado en refrigeración y almacenado al ambiente) durante los cinco muestreos, dando valores mas altos el almacenado con refrigeración. El factor encerado también resultó con diferencia significativa en sus niveles para los muestreos uno, dos, tres y cuatro, en los cuales los valores de °Brix correspondientes al nivel sin encerado fueron mayores. Por otra parte el corte presentó diferencia significativa en sus niveles para los muestreos uno y cinco en los que el corte manual da un valor mayor. El cepillado presentó diferencia solo en el muestreo uno en el que el nivel sin cepillado es mayor al nivel cepillado a diferencia de los factores anteriores el asoleado no mostró diferencia en sus niveles respecto a los °Brix en ninguno de los muestreos. La Figura 6 muestra el comportamiento de los factores de encerado y almacenado los cuales mostraron diferencia significativa entre sus niveles en los muestreos durante el almacenamiento

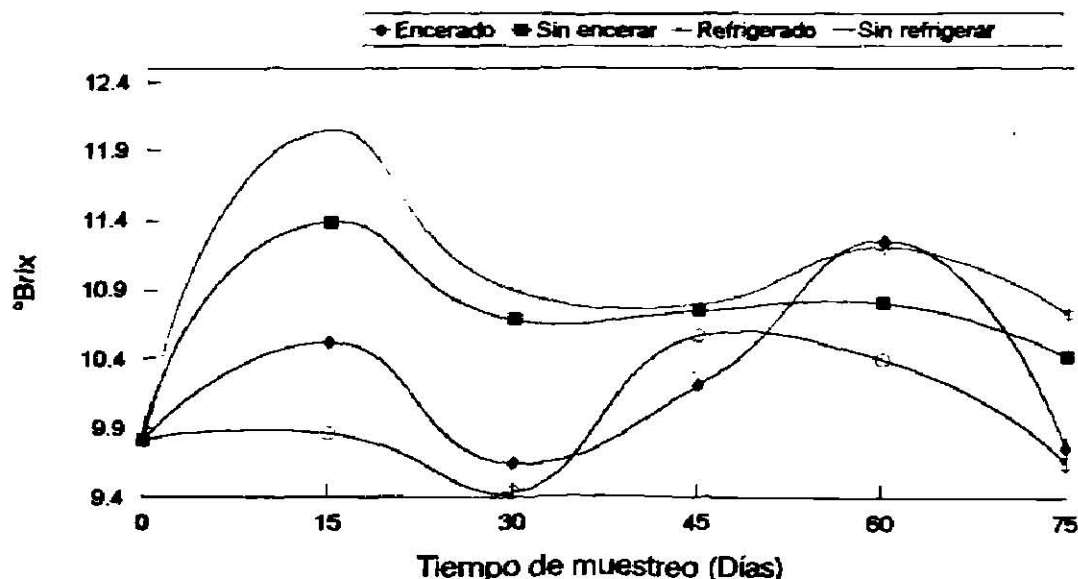


Figura 6. Efecto de los factores de encerado y almacenado sobre los sólidos solubles totales (°Brix).

La Figura 6 muestra que el nivel de refrigeración ayudó a mantener los °Brix en un valor mas alto durante el almacenado, mientras que los frutos encerados y los que se almacenaron sin refrigeración presentan valores mas bajos durante y hasta el final del experimento, estos valores bajos también pueden ser consecuencia de la descomposición de los frutos. Respecto a lo anterior Pantástico (1975) menciona que la pérdida de °Brix se debe principalmente a que sus componentes, entre ellos azúcares y ácidos orgánicos, son utilizados como sustrato del metabolismo que presentan las frutas después de la cosecha.

En un estudio realizado en seis variedades de tuna Andrade y Bernabé (1996) reportaron para la variedad Burróna un valor de 14.1 °Brix en el mes cero y 10.5 °Brix a los tres meses, almacenadas a una temperatura de ocho grados centígrados.

Adicionalmente con la finalidad de encontrar una relación entre los cambios de pH y °Brix se ajustó un modelo de regresión lineal simple que explica la relación funcional entre ambas variables (Figura 7).

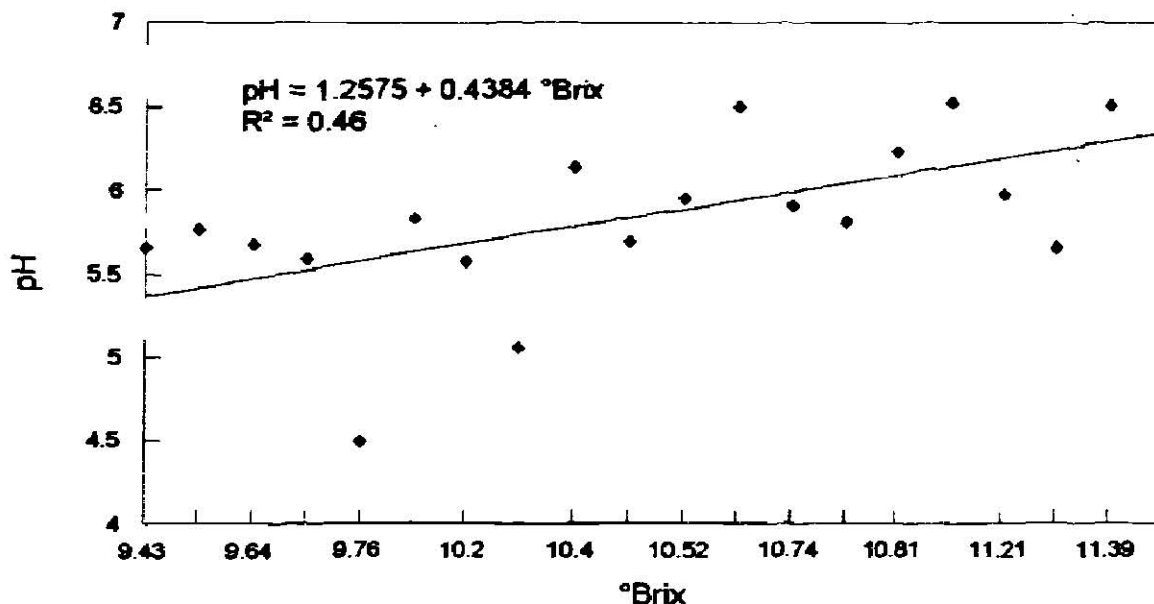


Figura 7 Relación entre el contenido de azúcares y el pH del fruto.

4.5.6. Porcentaje de cenizas

La determinación de cenizas es importante por que refleja el contenido de elementos minerales y es conveniente saber si estos cambian al darle diferentes manejos después de la cosecha a la tuna. Los valores del Cuadro 12 representan el valor del porcentaje de cenizas en los frutos medido bajo las condiciones mencionadas en la sección de materiales y métodos, observándose el comportamiento de la misma durante el almacenado.

Como se observa en el Cuadro 12, existe diferencia significativa para los niveles del factor encerado en los muestreos cuatro y cinco, presentando un porcentaje mayor de cenizas en ambos el nivel de encerado. Por otro lado el factor de almacenado también presentó diferencia significativa para sus niveles en los muestreos dos y tres, en los que presentó un porcentaje de cenizas mayor el almacenado sin refrigeración, en cambio los factores de cepillado, asoleado y corte no presentaron diferencia entre sus niveles en ninguno de los muestreos. En la figura 8 se observa el comportamiento del porcentaje de cenizas durante los muestreos para los niveles de los factores de encerado y almacenado.

Cuadro 12: Efectos de corte, aseado, cepillado, encerado y almacenado sobre el porcentaje de cenizas.

Tratamiento	Fecha de muestreo				
	20-25 octubre (15 días)	10-15 noviembre (30 días)	28 de nov. - 1 de dic. (45 días)	15-20 de diciembre (60 días)	4-7 de enero (75 días)
Corte con cuchillo	0.22 a	0.31 a	0.38 a	0.30 a	0.29 a
Corte Manual	0.25 a	0.29 a	0.35 a	0.32 a	0.31 a
Aseado	0.23 a	0.31 a	0.37 a	0.29 a	0.28 a
Sin aseado	0.24 a	0.29 a	0.36 a	0.33 a	0.31 a
Cepillado	0.24 a	0.32 a	0.38 a	0.32 a	0.31 a
Sin cepillado	0.23 a	0.28 a	0.35 a	0.29 a	0.29 a
Encerado	0.24 a	0.33 a	0.32 a	0.39 a	0.35 a
No encerado	0.23 a	0.27 a	0.39 a	0.26 b	0.26 b
Alm. con Refrigeración	0.27 a	0.21 a	0.30 a	0.32 a	0.30 a
Al. sin Refrigeración	0.20 a	0.39 b	0.50 b	0.28 a	0.28 a

Nota: Letras diferentes indican que existe diferencia significativa.

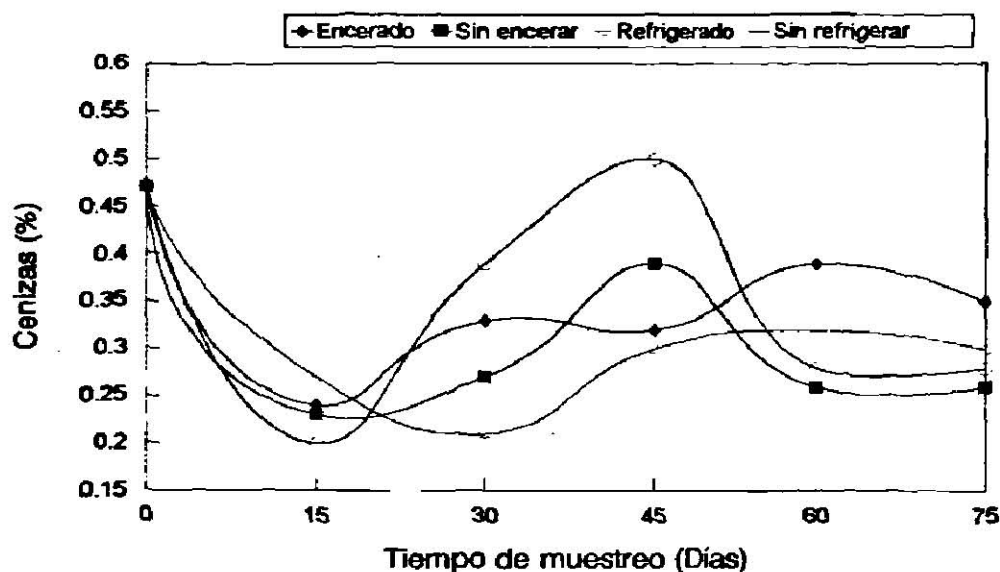


Figura 8. Efectos de los factores de encerado y refrigeración sobre el porcentaje de cenizas.

Como se observa en la Figura 8 el comportamiento del contenido de cenizas durante el almacenado tuvo un comportamiento semejante para los cuatro niveles que se muestran por lo que los efectos provocados por los distintos factores es mínimo.

5. CONCLUSIONES

- 1. Se encontró que para dar un buen recubrimiento al fruto, la parafina se mantiene manejable a una temperatura de 65 °C.**
- 2. Sumergiendo 2 veces el fruto en parafina líquida a 65 °C proporciona una cobertura más estable con grosor de 1 mm.**
- 3. Los microorganismos que contribuyeron a la descomposición de los frutos fueron principalmente levaduras en el lóculo y hongos en la cáscara, estos últimos desarrollándose debido a la alta humedad del refrigerador y la cáscara.**
- 4.- Las tunas que presentaron una buena apariencia por más tiempo fueron las almacenadas en refrigeración y sin cera, ya que hasta el quinto muestreo (2 meses y medio), se había descompuesto un 50% (de diez frutos solo quedaban cinco).**
- 5. Los frutos al almacenar deben estar libres de plagas y enfermedades para alcanzar los objetivos esperados..**
- 6. El recubrimiento de parafina con grosor de 1 mm y el corte manual aceleran la descomposición de la tuna.**
- 7. El almacenado en refrigeración ayuda a disminuir la pérdida de humedad en la cáscara, además disminuye la reducción del pH y °Brix.**
- 8. La presencia o no de espinas y el asoleado o no asoleado en las tunas, no generó diferencia en los niveles de densidad, peso relativo del lóculo, peso relativo de la cáscara, pH, °Brix y cenizas.**

9. De acuerdo con el presente trabajo el manejo postcosecha que da mayor tiempo de vida en anaquel a la tuna es el siguiente: corte con cuchillo, con o sin asoleado, con o sin espinas, sin recubrimiento de parafina y almacenado en refrigeración (10 °C).

10. Como última conclusión se puede asegurar que el manejo adecuado de frutos ayuda a reducir las pérdidas durante el almacenamiento así como conservar sus cualidades lo que garantiza que el fruto pueda ser adquirido con mayor facilidad por el consumidor.

6. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar una capa mas delgada de parafina (sumergir una sola vez el to) para evitar condiciones anaeróbicas.

2. Cortar el fruto y darle el recubrimiento de cera cuando esté en optimas ndiciones de madurez (pH, °Brix, peso).

3. Se debe realizar el corte con cuchillo ya que este evita el desgarramiento del fruto la parte basal y entrada de microorganismos y larvas de mosca alargándose así la vida del to.

4. Cuando se utilice almacenamiento en refrigeración se debe controlar la humedad aire dentro del refrigerador para evitar la proliferación de hongos.

5. Al recolectar la tuna para un estudio se debe tener la seguridad de que no tiene gas.

6. Cuando se trabaje con frutos almacenados se recomienda hacer los muestreos en diodos cortos (cada tercer día) para determinar de una manera mas clara los cambios ante el almacenado.

7. En investigaciones posteriores en tunas se propone evaluar el efecto de diferentes os de ceras.

7. RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo sobre la variedad de tuna "Burrona" en dos fases: campo y laboratorio. La primer fase se desarrolló en el rancho Las Papas, Lagos de Moreno, Jalisco, y consistió en aplicar de dos formas (niveles) tres factores que son el corte, la exposición o su protección al sol y el desespinado mecánico. La segunda fase se realizó en el Laboratorio de Biotecnología Microbiana de la Facultad de Agronomía de la UANL, localizada en Marín, N. L. en donde se aplicaron los otros dos factores los cuales son el encerado y el almacenado con sus respectivos niveles. El periodo del estudio fué de octubre de 1997 a enero de 1998. Los objetivos específicos del trabajo fueron los siguientes:

a) Evaluar el tipo de corte (con cuchillo y manual), manejo post-corte (asoleado y sin asoleado) y el desespinado mecánico (desespinado y sin desespinado) sobre la vida en fresco y los cambios fisicoquímicos del fruto (densidad, peso relativo de cáscara, peso relativo del lóculo, pH, °Brix y % cenizas) durante el almacenado.

b) Evaluar el encerado (tunas enceradas y no enceradas) y el almacenamiento bajo temperatura ambiente y controlada sobre los cambios fisicoquímicos.

c) Determinar el efecto conjunto de las operaciones mencionadas en la incidencia de microorganismos.

d) Determinar los cambios en apariencia y descomposición de los diferentes tratamientos durante el almacenado.

e) Determinar la cantidad y tipo de semillas promedio por fruto.

f) Determinar la mínima temperatura a la que la parafina se mantiene manejable para dar el recubrimiento al fruto.

Al realizar el encerado se utilizó parafina comercial para lo cual se requirió hacer pruebas preliminares en las que se determinó la temperatura a la que se manejaría la parafina para recubrir las tunas (65 °C), y el número de veces que se requería sumergir el fruto en dicha cera (2 inmersiones).

Con base en los objetivos postulados, el experimento se diseñó para evaluar cinco factores con dos niveles (factorial 2^5) con un diseño completamente al azar, derivándose 32 tratamientos. Durante el almacenado se hicieron cinco muestreos cada 15 días tomando dos tunas (repeticiones) de cada tratamiento para realizar las mediciones fisicoquímicas correspondientes. La apariencia se determinó observando y registrando los cambios que presentaban los frutos durante el transcurso del tiempo en los diferentes tratamientos.

En cuanto a la incidencia de microorganismos se observó la presencia principalmente de levaduras y hongos al inicio y al final del experimento, hubo además presencia de hongos en la superficie.

Con respecto a la apariencia de los frutos durante el almacenado se observó que los frutos que fueron encerados independientemente de que hayan estado en refrigeración o no se descompusieron más rápido que los que no fueron encerados. Por otro lado la principal causa de descomposición de los frutos almacenados a temperatura ambiente, fue la presencia de la mosca de la fruta principalmente en los frutos que fueron encerados y de los cortados manualmente. Los frutos que se mantuvieron con buena apariencia por más tiempo fueron los almacenados en refrigeración y sin cera.

El análisis estadístico reveló que los factores que presentaron diferencias significativas entre sus respectivos niveles en los diferentes muestreos y variables analizadas fueron los factores de almacenado y encerado.

El encerado aunque ayuda a mantener el peso del fruto promovió la descomposición de la fruta por lo que sería recomendable realizar nuevas investigaciones en las que se use una capa más delgada de parafina o mezclarla con algún compuesto que la ayude a ser más permeable evitando se formen condiciones anaerobias. Por otra parte el manejo cosecha y postcosecha más adecuado de acuerdo al presente estudio sería realizar un corte con cuchillo, con o sin asoleado, desespinado, sin recubrimiento de parafina y almacenado en refrigeración (10°C).

8. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado y Sosa, L. 1978. Fisiología y bioquímica del desarrollo del fruto del nopal tunero (*Opuntia amyclaea tenore*). Tesis presentada para obtener el título de Maestro en Ciencias Sección: Fruticultura. Colegio de Postgraduados, Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México. Pg.4 a 10.
- Andrade R., J. y E. Bernabé C 1996. Frigoconservación de 6 variedades de tuna, *Opuntia* spp. (amarilla montesa, burrona, copena, cristalina, picochulo y torryoja). Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Autónoma Chapingo. Pg 60, 70 y 71.
- Bravo-Hollis, H. 1978. Las cactáceas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, México, D. F. 743 p.
- Baldwin E.; M.O. Nisperos, R.D. Hagenmaier, y R.A. Miembros del IFT,. Baker. 1997. Artículo Uso de lípidos como recubrimientos en alimentos, junio, (Food Technology) Vol 51, num. 6. Pg 56 y 62.
- Cantwell, M. I. 1991. Quality and Postharvest Physiology of "nopalitos and tunas". Proc. 2nd. Ann. Texas Prickly Pear Council. pp 50-66.
- Corrales G., Joel. 1997. Postcosecha de la tuna y del nopal verdura. En Vasquez- Alvarado, R. E., C. Gallegos Vázquez, N. Treviño- Hernandez y Y. Díaz - Torres (Comp.). Conocimiento y aprovechamiento del nopal. Memorias del 7º congreso nacional y 5º internacional. Facultad de agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey Nuevo León, México. Pg 88-94.
- Coronado H, M. y S. V. y León. 1993. Conservación de alimentos, un texto de métodos y técnicas. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Primera edición, Publicaciones Académicos CBS. Pg. 21,59,77-82, 91 y 117.
- Delgado A., A. 1985. Caracterización de la variación de algunos componentes del fruto (tuna) del nopal (*Opuntia* spp) tunero en el Altiplano Potosino-Zacatecano. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Veracruzana. México. 141 p.

- Duckworth, R. B. 1968. Frutas y Verduras. Editorial Acribia. Zaragoza, España. Pg 74 - 78.
- Flores V., C. A. y J. R. Aguirre R. 1977. El nopal como forraje. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo Edo. de México. Pg 77.
- Flores V., C.A. y C. Gallegos V. 1993. Situación y perspectivas de la producción de tuna en la Región Centro-Norte de México. CIESTAAM-CRUCEN, Universidad Autónoma Chapingo Chapingo, Edo. de Méx. 44 p.
- Flores V., C. A. y C. Gallegos V. 1994. Sistema-Producto tuna. Subsecretaría de Agricultura, SARH - Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y de la Agricultura Mundial, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 91 p.
- Gallegos V., C y S. de J. Méndez G. 1997. Establecimiento y Manejo de huertos de nopal tunero. FAO-Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N. L. 48 p.
- Kirk R. E. 1962. Enciclopedia de tecnología química. Tomo II. Unión tipográfica editorial Hispano- Americana. México D.F. Pg. 717.
- Luna J.M., C. Flores y C. Gallegos V. 1995. La comercialización de la tuna en México. En: Pimienta-Barrios, E., C. Neri Luna, A. Muñoz-Urias y F. M. Huerta- Martínez (comp.). Conocimiento y aprovechamiento del nopal. Memorias del 6to congreso nacional y 4to congreso internacional. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México.
- Morales C., M. y R. S. López V. 1995. Efecto de ethrel en el desahuatado de la tuna (*Opuntia sp*) y almacenamiento en atmósfera controlada. Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Autónoma Chapingo. Pg. 45-53.
- Pantástico ER. B. 1979. Fisiología de la postrecolección manejo y utilización de frutas y Hortalizas tropicales y subtropicales. Editorial continental. México. Pg. 41,77,99,100,106,111-117,125,129,179,293 y 531.
- Pimienta B., E. 1990. El nopal tunero. Universidad Autónoma de Guadalajara. Guadalajara Jalisco, Mex. 235 p.
- Pimienta B., E. y M. Castillo C. 1995. Comercialización del nopal tunero en la zona Centro-norte de México S.L.P. En: Pimienta-Barrios, E., C. Neri Luna, A. Muñoz-Urias y F.

M. Huerta- Martínez (comp.). Conocimiento y aprovechamiento del nopal.

Memorias del 6to congreso nacional y 4to congreso internacional. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México.

Ísis C., G. 1981. Elaboración de frutas y hortalizas. Manuales para Educación

Agropecuaria. SEP. Editorial trillas. Pg. 51

Ísis R. H., W.B. McGlasson, E.G. Hall, D. Graham y Lee T.H. 1977. Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas Post- recolección. Editorial Acribia. Zaragoza, España. Pg.75.

9. APENDICE

9.1. Resumen de los analisis de varianza para los diferentes muestreos

Cuadro 13. ANVA del primer muestreo

F.V.	Ql.	Densidad		Peso relativo del localo.		Peso relativo de la cascará		Pll		Plix		Cantizas	
		C.M:	P	CM	P	CM	P	CM	P	CM	P	CM	P
Cap(A).	1	.019	.029	395,090	.154	174,105	.104	.293	.092	3,783	.006	.000	.948
Cor.(B)	1	.044	.001	236,749	.249	98,781	.217	.159	.211	7,317	.000	.016	.521
Amu(C)	1	.001	.629	1748,776	.004	812,813	.001	.015	.701	.326	.395	.005	.724
Alm(D)	1	.000	.721	810,434	.044	92,609	.232	9,915	.000	76,388	.000	.076	.164
Enc(E)	1	.046	.001	1873,126	.003	1185,227	.000	4,901	.000	12,320	.000	.004	.741
AXB	1	.000	.917	1044,461	.023	47,867	.388	.034	.561	.003	.941	.013	.567
ANC	1	.009	.132	29,565	.693	98,898	.214	.120	.276	.469	.316	.001	.875
AXD	1	.004	.329	59,763	.575	.483	.930	.111	.294	1,809	.053	.000	.982
AXE	1	.006	.216	3,914	.886	109,592	.194	.086	.355	.286	.432	.115	.089
BXC	1	.000	.917	263,839	.243	251,377	.052	.025	.616	.429	.337	.001	.851
BXD	1	.046	.001	270,960	.236	95,925	.224	.043	.515	1,677	.062	.007	.669
BXE	1	.027	.011	237,588	.267	12,556	.657	.014	.707	.009	.889	.078	.160
CXD	1	.001	.657	321,274	.198	21,859	.558	.000	.984	.384	.363	.010	.609
CXE	1	.002	.502	156,872	.366	2,834	.833	.023	.632	1,323	.096	.000	.917
DXE	1	.037	.003	.268	.970	875,428	.001	2,710	.000	1,232	.108	.001	.872
AXBXC	1	.001	.674	2342,959	.001	631,687	.003	.052	.470	.348	.387	.025	.418
AXBXD	1	.017	.040	209,254	.297	46,157	.396	.013	.719	.723	.215	.159	.047
AXBXE	1	.021	.023	35,699	.665	19,170	.583	.018	.672	.578	.267	.016	.524
AXCXD	1	.009	.136	8,822	.829	330,048	.030	.003	.859	.970	.152	.000	.959
AXCXE	1	.008	.144	7,725	.840	5,915	.760	.051	.475	.648	.240	.023	.441
AXDXE	1	.000	.738	.044	.988	7,326	.734	.451	.039	5,929	.001	.008	.650
IBXCND	1	.012	.003	386,294	.159	20,294	.573	.007	.797	.570	.270	.005	.722
IBXCNE	1	.003	.339	272,015	.235	132,377	.127	.003	.865	1,311	.098	.162	.045
IBDXE	1	.018	.032	28,424	.699	4,035	.801	.527	.026	.164	.552	.106	.102
CXDXE	1	.000	.776	731,033	.055	348,079	.024	.402	.050	.122	.607	.005	.727
Residual	1	.004		187,193		62,668		.098		.454		.038	
Total		.008		293,370		124,092		.376		2,165		.036	

Nota. Ver materiales y metodos para claves de abreviaturas y códigos.

Cuadro 14. ANVA del segundo muestreo

FV	GL	Densidad		Peso relativo del licuado		Peso relativo de la cascara		PH		°Brix		Carizos	
		C.M.	P	C.M.	P	C.M.	P	C.M.	P	C.M.	P	C.M.	P
Cqr(A)	1	.001	.573	916,349	.078	351,281	.074	.490	.016	1,183	.240	.038	.280
Cor(B)	1	.008	1.82	830,953	.093	209,092	.164	.029	.544	.660	.378	.005	.683
Asoc(C)	1	.001	.573	4,649	.898	3,312	.859	.084	.303	.788	.336	.005	.685
Alm(D)	1	.000	.894	877,122	.084	1201,31	.002	11.9	.000	34,369	.000	.487	.000
Eng(E)	1	.050	.001	2112,20	.009	1421,85	.001	10.6	.000	17,119	.000	.062	.170
AXB	1	.038	.004	182,351	.424	40,037	.538	.240	.086	.000	.989	.000	.991
AXC	1	.007	1.94	273,034	.329	248	.961	.774	.003	.004	.946	.032	.323
AXD	1	.006	.237	4,045	.905	61,662	.446	.463	.019	.406	.489	.005	.684
AXE	1	.000	.952	154,723	.461	234,549	.141	1.88	.000	7,631	.004	.023	.336
INC	1	.006	.241	115,092	.525	43,626	.521	.130	.203	3,019	.064	.012	.517
BXD	1	.001	.603	2,580	.924	266,669	.117	.096	.272	2,441	.095	.017	.470
BXE	1	.003	.367	78,433	.599	21,275	.653	.693	.005	.069	.775	.006	.654
CND	1	.004	.409	90,702	.572	25,452	.623	.014	.668	.131	.693	.000	1.00
CXE	1	.014	.077	196,245	.407	209,888	.163	.012	.701	.019	.881	.020	.433
DXE	1	.039	.004	2050,84	.010	.043	.984	3.61	.000	6,188	.010	.020	.432
AXBXC	1	.020	.033	.102	.985	.072	.979	.065	.364	.473	.455	.018	.451
AXBXD	1	.018	.041	497,457	.190	317,998	.088	.112	.235	3,019	.064	.119	.059
AXBXE	1	.019	.038	.002	.998	.960	.924	.001	.921	.026	.859	.013	.524
AXCXD	1	.011	1.02	111,172	.532	3,213	.861	.000	.986	.045	.817	.000	.931
AXCXE	1	.000	.732	7,875	.868	25,705	.622	.006	.782	.263	.577	.038	.280
AXDXE	1	.05	.289	180,197	.427	216,09	.157	.735	.004	4,463	.026	.018	.452
BXCXD	1	.007	.202	30,650	.742	31,36	.586	.133	.196	1,183	.240	.005	.703
BXCXE	1	.005	.285	.011	.995	322,831	.086	.072	.341	.013	.902	.006	.665
HNDXE	1	.000	.966	148,627	.470	.620	.939	.056	.398	.008	.924	.026	.367
CXDXE	1	.031	.009	89,799	.574	245,627	.132	.158	.161	.045	.817	.039	.275
Residual	18	.004	.279,198			103,891		.077		.831		.012	
Total	63	.007	310,551			146,074		.561		1,827		.035	

Nota. Ver materiales y metodos para claves de abreviaturas y códigos.

Cuadro 15. ANVA del tercer muestreo

FV	GL	Densidad		Peso relativo del licuado		Peso relativo de la cascara		PH		°Brix		Carizos	
		C.M.	P	C.M.	P	C.M.	P	C.M.	P	C.M.	P	C.M.	P
Cqr(A)	1	.001	.612	.528	.965	1507,005	.000	.535	.057	5,281	.009	.389	.000
Cor(B)	1	.001	.502	65,497	.630	49,593	.489	.030	.648	.801	.291	.003	.672
Asoc(C)	1	.002	.318	324,116	.287	40,609	.531	.057	.528	1,687	.128	.009	.500
Alm(D)	1	.169	.000	732,031	.112	186,480	.183	.119	.362	6,08	.357	.012	.424
Eng(E)	1	.002	.325	623,486	.142	283,637	.103	1.697	.001	7,220	.003	.018	.332
Residual	42	.002	278,505			101,928		.140		.700		.019	
Total	47	.007	289,929			166,317		.166		.871		.026	

Nota. Ver materiales y metodos para claves de abreviaturas y códigos.

Cuadro 16. ANVA del cuarto muestreo

FV	QI	Densidad		Peso relativo del localio		Peso relativo de la cascarita		PH	PH	9Brix		Cenizas	
		CM	P	CM	P	CM	P			CM	P	CM	P
Cep(A)	1	.002	.318	98.136	.601	895.057	.012	.145	.211	4.293	.004	.007	.543
Cor(B)	1	.008	.071	38.826	.742	27.385	.646	.024	.604	.202	.516	.021	.287
Aro(C)	1	.001	.467	1017.622	.097	521.500	.050	.086	.331	.711	.226	.014	.389
Alm(D)	1	.011	.035	.553	.969	314.285	.125	.056	.431	.155	.569	.001	.863
Fruct(E)	1	.022	.004	188.326	.469	262.262	.160	3.374	.000	.080	.682	.173	.004
Residual	40	.001		352.940		127.975		.089		.470		.018	
Total	45	.003		348.660		181.463		.164		.587		.021	

Nota. Ver materiales y metodos para claves de abreviaturas y códigos.

Cuadro 17. ANVA del quinto muestreo

FV	QI	Densidad		Peso relativo del localio		Peso relativo de la cascarita		PH	PH	9Brix		Cenizas	
		CM	P	CM	P	CM	P			CM	P	CM	P
Cep(A)	1	.002	.339	70.125	.633	879.621	.019	.013	.700	10.740	.000	.002	.571
Cor(B)	1	.001	.544	508.698	.203	944	.936	.062	.403	.057	.763	.011	.224
Aro(C)	1	.001	.484	117.230	.537	29.865	.654	.240	.104	.045	.790	.006	.385
Alm(D)	1	.004	.218	561.399	.181	182.448	.271	.771	.005	2.037	.077	.002	.644
Fruct(E)	1	.002	.413	17.985	.809	310.752	.153	9.979	.000	12.500	.000	.079	.002
Residual	1	.002		302.533		145.985		.086		.618		.007	
Total		.002		293.166		188.951		.395		.996		.009	

Nota. Ver materiales y metodos para claves de abreviaturas y códigos.

