



Evaluación de la vida postcosecha bajo estrés por impacto de los
frutos de *Escontria chiotilla* (F.A.C Weber ex K. Schum) Rose
colectados en Venta Salada Coxcatlan-Puebla en la fase inicial
media y tardía de su ciclo de producción.

TESIS

Que para obtener título de

BIÓLOGA

Presenta

María Monserrat Paredes Negrete

Dr. Manuel Mandujano Piña

Director de tesis

Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla de Baz, Estado de México, 2012.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

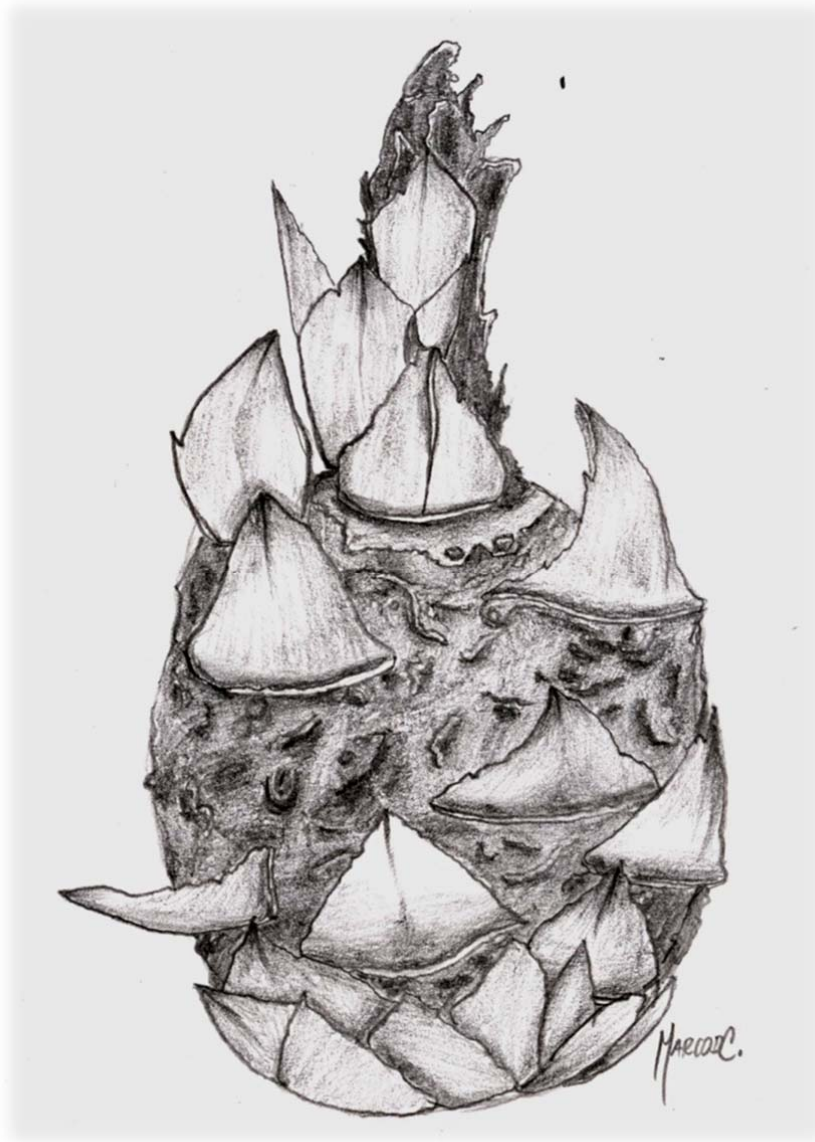
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Fruto de la cactácea *Escotria chiotilla* "jiotilla" Dibujo realizado por Marco Antonio Domínguez Castañeda alumno de la FESI.

Te conocí en Abril del año 2010 bajo un sol abrazador que le da vida a tu especie, y desde ese momento representaste incógnitas que en ocasiones me quitaron el sueño, aun hay tanto que saber de ti, y entender lo poco que me confesaste significo el primer reto realmente importante en mi vida profesional, el intentar escuchar tus sutiles respuestas a mis preguntas. Eres realmente excepcional e indudablemente deliciosa.



DEDICATORIA

- ❖ Especialmente a mi princesa dorada, Sophi, su simple existencia de dio la mejor razón a mi voluntad de seguir adelante.
- ❖ A mi hermana Kateryne Abril por ser mi hermana y mi amiga, por todos los momentos de risas y de adversidad, por darme ánimos, ser mi oído y mi cómplice, gracias, por que nunca dejaste que me venciera.
- ❖ A mi hermano Luis, esperando que mi esfuerzo te inspire de alguna forma para que logres todos los objetivos de tu vida.
- ❖ A mi madre Norma Angélica Negrete Sánchez, por la historia de vida con la que me forme como ser humano, por los errores, los aciertos y la felicidad que ha existido en nuestra tan compleja relación, sin importar nada...gracias.
- ❖ A mi padre Miguel Ángel Paredes Martínez, gracias por llegar tarde pero a tiempo.
- ❖ A José^t, Nanis y Gato^t por su siempre compañía en las noches de desvelo.

*La memoria del corazón elimina los malos recuerdos
y magnifica los buenos y gracias a ese artificio
logramos sobrellevar el pasado.*

*La vida no es la que uno vivió, si no la que uno recuerda
y cómo la recuerda para contarla.*

... es la vida, más que la muerte la que no tiene límites

Gabriel García Márquez.

Ser bueno es el único modo de ser dichoso...



AGRADECIMIENTOS

- ॐ A la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO a la FES IZTACALA por la formación académica y de vida que pude adquirir en sus aulas y en convivencia de todos aquellos que forman parte de esta gran institución.
- ॐ A mi profesor y amigo el Biol. Guillermo Emanuel García Belio el conocerlo marco la primera decisión mas importante en mi formación profesional, decidir dedicar mi vida a la biología.
- ॐ A todo el personal docente que estuvo a cargo de mi formación como Bióloga a todos esos maravillosos docentes, gracias.
- ॐ A los profesores Alberto Arriaga y Salvador Gracián, por mostrarme el maravilloso camino de la fisiología vegetal, por la pasión y el cariño que en cada clase transmiten de esta disciplina de la biología y por el interés mostrado en este proyecto al estar pendientes a lo largo del camino de los pormenores.
- ॐ Al Dr. Manuel Mandujano Piña que con su completa disposición la realización de este trabajo fue posible, por el financiamiento del mismo, por compartir sus conocimientos, por su eterna paciencia, por toda la atención y el interés en el proyecto, por la tutela en la medición de cada fruto y la revisión de cada estadístico, pero sobre todo por la amistad, los consejos brindados, las conversaciones en cualquier momento, por impulsarme a no desertar, por su plena confianza, y la integra dirección de esta tesis. Gracias.
- ॐ A la M. en C. Antonia Trujillo por su compañía y apoyo en las colectas del material vegetal y sus aportaciones al escrito.
- ॐ Al químico Cecilio del laboratorio de Usos Múltiples de la Universidad Autónoma Chapingo, por todo el apoyo, la paciencia y las enseñanzas.
- ॐ A mis sinodales M. en C. Gumercindo de la Cruz Guzmán y Dr. Gerardo Ortiz Montiel.



- ☞ A Doña Antonia y Don Vicente por abrirme las puertas de su casa, por su gran hospitalidad por la deliciosa comida, las amenas conversaciones y por las facilidades brindadas para cosechar en los jiotillales de la cálida Venta Salada.
- ☞ Al banco de Semillas de la FES- IZTACALA a la Dra. Patricia Dávila Aranda y la Dra. Isela Rodríguez Arévalo por el apoyo económico que recibí mientras trabajé con ustedes que significo un impulso importante. Y muy especialmente a la Biol. Lilia García Rojas por ser tan buena amiga y convertirse en el “último jalón” de este proyecto en mi ángel de la guarda, gracias por confiar en mí.
- ☞ De forma especial a ti, Oscar, por escuchar una y otra vez las particularidades de este trabajo, por tu interés, cuestionamientos, comentarios, opiniones y críticas, por darme aliento siempre cuando creía que en vez de avanzar retrocedía, por apoyarme de todas las formas que alguien puede hacerlo. Por confiar enteramente en mí. Pero sobretodo por tu compañía y el tiempo compartido que nunca es suficiente, siendo el increíble ser humano que eres. Gracias por ser mi novio y el complemento de mi vida.
- ☞ A mis amigos que durante la carrera se convirtieron en mi familia, mis compañeros de equipo: Omar González Bárcenas, Montserrat Moreno Rivera, Karla Rivera Zúñiga y Ana Laura Silva Galicia; por compartir los momentos de adversidad, los logros, los desvelos, las anécdotas, los chismes, el hambre, los dulces, las practicas de campo y los atunes; por permitirme, equivocarme, redimirme y crecer a su lado, por ser mi apoyo, mi oído y mi hombro, por su comprensión y su paciencia. A donde vayan, donde estén, donde hagan de su vida biólogos magníficos los quiero!
- ☞ A mis amigos y compañeros de la carrera que seguimos en este camino de la Biología por todos los buenos y divertidos momentos, por las anécdotas y los recuerdos formados.
- ☞ A Alan, Carlos, Ray, Vero y Yigal por ser parte importante de mi vida y mis recuerdos gracias por ser los mejores amigos.
- ☞ Y a Laura por su amistad y su apoyo, por ser la linda persona que es.



INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS.....	IV
INDICE DE CUADROS	V
RESUMEN	VI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS.....	3
3. ANTECEDENTES.....	4
3.1 Frutos de cactáceas explotadas en México	4
3.2 Distribución geográfica de <i>Escontria chiotilla</i>	5
3.3 La Provincia Florística Tehuacán- Cuicatlán.	5
3.4 Planta en estudio <i>Escontria chiotilla</i>	6
3.4.1 Descripción Taxonómica	6
3.4.2 Floración.....	7
3.4.3 El fruto de <i>Escontria chiotilla</i>	8
3.4.4 Propagación	8
3.4.5 La recolección de frutos de <i>Escontria chiotilla</i>	9
3.4.6 Comercialización y consumo de <i>Escontria chiotilla</i>	9
3.4.7 Composición química de <i>Escontria chiotilla</i>	10
3.4.8 Aspectos fisiológicos del fruto de <i>Escontria chiotilla</i>	10
3.5 Frutos climatéricos y no climatéricos.....	11
3.6 Concepto de calidad	12
3.7 Atributos de calidad en frutos.....	12
3.8 Postcosecha	13
3.8.1 Pérdidas postcosecha	14
3.8.1.1 Pérdidas por daño mecánico.....	15
3.8.2 Pérdida de peso	15
3.8.3 Cambios de textura (firmeza) del fruto.	16
3.8.4 Color	16
3.8.5 Actividad respiratoria (CO ₂) y producción de etileno.....	18
3.8.6 Contenido de carbohidratos, azúcares totales y reductores	19
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
4.1 Área de colecta de frutos	20



4.2	Cosecha de los frutos y Material Vegetal.....	20
4.3	Establecimiento del experimento	21
4.3.1	Tratamientos y diseño experimental	21
4.3.3	Variables de respuesta	23
4.3.3.1	Peso.....	23
4.3.3.2	Volumen de los frutos	23
4.3.3.3	Textura (firmeza) de los frutos.....	23
4.3.3.4	Color de los frutos.....	23
4.3.3.5	Actividad respiratoria (CO ₂) y producción de etileno	24
4.3.3.6	Contenido de carbohidratos; concentración de azúcares totales y reductores.....	24
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
5.1	Pérdida de peso de <i>E. chiotilla</i> durante su vida postcosecha.....	26
5.2	Pérdida de volumen de <i>E. chiotilla</i> durante su vida postcosecha	29
5.3	Pérdida de firmeza de <i>E. chiotilla</i> durante la vida postcosecha	30
5.4	Cambio del color de <i>E. chiotilla</i> durante la vida postcosecha.....	33
5.5	Actividad respiratoria (CO ₂)	35
5.6	Producción de etileno en los frutos de <i>E. chiotilla</i>	37
5.7	Azúcares totales en los frutos de <i>E. chiotilla</i>	38
5.8	Azúcares reductores en los frutos de <i>E. chiotilla</i>	40
6.	CONCLUSIONES.....	43
7.	RECOMENDACIONES	45
ANEXO 1	46
REFERENCIAS	50



INDICE DE FIGURAS

Figura 1. *Escontria chiotilla* ubicada en los "jiotillales" de Venta Salada Coxcatlan-Puebla

Figura 2. El fruto de *Escontria chiotilla* "jiotilla"

Figura 3. Pautas de crecimiento, respiración y producción de etileno de órganos vegetales climatéricos y no climatéricos (Wills, 1977)

Figura 4. Área de colecta. (Google earth, 2003).

Figura 5. Peso promedio de los frutos de *E. chiotilla*.

Figura 6. Volumen promedio de los frutos de *E. chiotilla*.

Figura 7. Firmeza promedio de los frutos de *E. chiotilla*.



INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Se compara la composición química de *Escontria chiotilla* reportada por diversos autores.

Cuadro 2. Arreglo de tratamientos

Cuadro 3. Comparación de peso promedio de frutos.

Cuadro 4. Comparación de la variable de respuesta peso en los diferentes niveles de impacto.

Cuadro 5. Comparación de la variable de respuesta volumen en los diferentes niveles de impacto

Cuadro 6. Comparación de la variable de respuesta firmeza en los diferentes niveles de impacto

Cuadro 7. Comparación de los parámetros de la variable de respuesta color (L, C y h°)

Cuadro 8. Comparación de la concentración de CO_2 mL CO_2 kg h promedio de los frutos *E. chiotilla* de la temporada inicial, media y tardía en los diferentes niveles de impacto n=5.

Cuadro 9. Comparación de la concentración de etileno $\mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ promedio de los frutos *E. chiotilla* de la temporada inicial, media y tardía en los diferentes niveles de impacto n=5.

Cuadro 10. Comparación de la concentración de azúcares totales encontrados en 100 g de tejido fresco promedio de los frutos de *E. chiotilla* de la temporada inicial, media y tardía en los diferentes niveles de impacto

Cuadro 11. Comparación de la concentración de azúcares reductores encontrados en 100 g de tejido fresco promedio de los frutos de *E. chiotilla* de la temporada inicial, media y tardía en los diferentes niveles de impacto



RESUMEN

Las causas mas comunes de las pérdidas postcosecha sigue siendo la manipulación poco cuidadosa del producto, si se minimiza el manejo brusco, se realiza una selección para eliminar el producto dañado y/o podrido y existe un manejo efectivo ayudará considerablemente a mantener la calidad del producto y a reducir las pérdidas.

La jiotilla (*Escontria chiotilla*), es un fruto de una cactácea columnar endémica de nuestro país, estos, son importantes en algunas regiones y con un mejor conocimiento sobre su manejo, podrían constituir un recurso importante.

Por lo cual, el objetivo del presente trabajo fue evaluar las variables de vida postcosecha del fruto de la cactácea *E. chiotilla*; peso, volumen, firmeza, color, actividad respiratoria, producción de etileno y concentración de azúcares totales y reductores de los frutos colectados durante la temporada inicial (abril), media (mayo) y tardía (junio), sometidos a estrés por impacto después de la colecta. El experimento se realizó bajo un diseño completamente al azar. Se tomaron como factores, fases de producción: inicial, media y tardía, y altura de impacto (0, 1, 2 y 4 m). Se usaron 5 repeticiones para cada tratamiento, el análisis estadístico de las variables de respuesta fue ANOVA y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de LSD con una $P \leq 0.05$. Para la variable de peso se observó pérdida significativa en todos los tratamientos con respecto a los de 0 m, los frutos con tratamiento a 4 m presentaron el peso más bajo, para la variable de volumen, en la fase inicial se perdió un 18%, en la media 28% y en la tardía 21%, para la variable firmeza en la fase inicial se perdió un 85% en la fase media un 84% y en la fase tardía un 90% de la firmeza de los frutos.

Para la variable de color en el parámetro "L" los frutos de mayor claridad fueron los de la fase inicial en el día tres y cinco con diferencias significativas ($P \leq 0.05$) con los de la fase media, en los tratamientos se observó que los frutos que perdieron más claridad fueron los tratados a 4 m, para el día siete los frutos más oscuros se encontraron en la fase inicial y media, sin diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos. El parámetro "C" no se encontró ninguna diferencia significativa a nivel de tratamientos.

El matiz "h°" en el día tres y cinco hubo diferencias en la fase media en relación a los otros meses. Para la actividad respiratoria se registró el pico máximo de respiración en el día uno en la fase inicial con 696.31 mL CO₂ kg/h, y a 2 m en el mismo día con una concentración de 610.55 mL CO₂ kg/h.



En cuanto a la producción de etileno se encontraron diferencias a partir del día tres donde la fase inicial y media tienen diferencias significativas ($P \leq 0.05$) con respecto a la tardía, en el día cinco la fase inicial y tardía iguales estadísticamente y diferentes con la fase media y en el día siete las tres fases con diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre ellas; y a nivel de tratamientos sin diferencias significativas ($P \leq 0.05$) de ningún tipo.

Para la variable de azúcares totales las concentraciones más altas se registraron en la fase tardía en el día tres con un valor de 13.82mg/100 g de peso fresco y en el día siete en la fase inicial con un valor de 13.18mg/100 g de peso fresco. En relación a los tratamientos no se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) a excepción del día siete donde el tratamiento a 4 m tuvo diferencias significativas con el tratamiento a 0 m, sin encontrar un patrón definido.

Para la variable de azúcares reductores los valores más altos están en la fase media del día uno al siete con un valor de 19.42 mg/100 g y el valor más bajo en la fase inicial con 1.055 mg/100 g de peso fresco, los tratamientos solo mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en el día uno en el tratamiento a 4 m con un valor de 5.99 mg/100 g en relación al tratamiento a 0 m con un valor de 17.60 mg/100 g de peso fresco.

El daño mecánico ocasionado por el impacto afectó de forma importante a los frutos a una caída de 4 m en las variables de peso, volumen y firmeza. El color no tuvo modificaciones relacionadas con estrés por impacto, la concentración de CO_2 y la producción de etileno no mostraron un patrón definido, dado al comportamiento de ambos gases es posible que *E. chiotilla* presente una curva de un fruto no climatérico. Los azúcares totales no se vieron disminuidos debido a los tratamientos a excepción del día siete, en el tratamiento a 4 m y los azúcares reductores solo se encontraron disminuidos en el día uno en el tratamiento a 4 m.



1. INTRODUCCIÓN

La Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA), de SAGARPA trabaja en 19 de los 32 estados del territorio nacional, que corresponde aproximadamente al 57% del total del territorio, esta se clasifica dentro de los climas áridos y semiáridos. Las zonas áridas y semiáridas cubren aproximadamente el 40% de la superficie de la tierra.

En estas regiones, la agricultura tradicional es difícil debido a la escasez de agua y a la pobreza de las condiciones edáficas, sin embargo, la riqueza florística de estas regiones es alta en número de especies por unidad de superficie, presentando un elevado endemismo por lo que las regiones secas del país tienen un significado relevante dentro de la biodiversidad mexicana (Pimienta, 1999)

Dentro de la flora que existe en las zonas áridas y semiáridas se encuentra un grupo vegetal, de gran importancia: que destaca por su fisonomía, la familia **Cactaceae** (Bravo, 1978). Las cactáceas fueron para los indígenas, fuente de alimento, bebida, medicina y materia prima para la construcción de viviendas, para la elaboración de toscas mantas y para la manufactura de sus armas de caza y pesca, incluso algunas de ellas llegaron a ser deificadas (Bravo y Sheinvar, 1999).

Granados, *et al.* (2009) menciona que las cactáceas y la fauna en general de zonas áridas y semiáridas son el recurso principal de los habitantes, así, beneficiados por los frutos en sus huertos familiares. Además representan una opción agrícola para el desarrollo económico de estas regiones (Piña-Lujan, 1997) y así constituir una fuente adicional de ingresos para sus habitantes. El desarrollo de pequeñas industrias para el procesamiento de estos frutos en la elaboración de mermeladas, conservas y productos derivados puede resultar muy beneficioso para elevar el nivel de vida de las comunidades ubicadas en las zonas semiáridas (Reyes, *et al.* 2004).

La jiotilla (*Escontria chiotilla*), el tunillo (*Stenocereus stellatus*), y la pitaya (*Stenocereus griseus*) son tres frutos producidos por cactáceas columnares. Estos frutos son comercialmente importantes en algunas regiones de México y con un óptimo manejo podrían constituir un recurso importante (Pimienta-Barrios y Nobel, 1994; Mizrahi *et al.* 1997; citado por López, *et al.* 2000).

Según el Boletín Bimestral de la Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad CONABIO (2006) el aprovechamiento agroindustrial de los frutos de las cactáceas es escaso, por la falta de estudios biológicos, sobre de la demografía, biología



floral y de la fisiología postcosecha, la aplicación de métodos de almacenamiento y la transferencia de tecnologías para su manejo y conservación podrían constituir fuentes de ingresos importantes en algunas de las zonas áridas y semiáridas pobres de México.

De lo anterior deriva la importancia del manejo y la evaluación postcosecha de *E. chiotilla* considerando este fruto de cactácea como una opción competente en el mercado productivo frutícola; debido a que las causas mas comunes de pérdidas postcosecha de productos hortofrutícolas en países en vías de desarrollo sigue siendo la manipulación poco cuidadosa del producto disminuyendo la calidad y aumentando las pérdidas entre la cosecha y el consumo.



2. OBJETIVOS

- Evaluar los cambios fisiológicos durante la vida postcosecha de frutos de *Escontria chiotilla* (F.A.C. Weber ex K. Schum) mediante el peso, volumen, firmeza, color, respiración, producción de etileno, azúcares totales y reductores colectados durante la fase inicial (abril), media (mayo) y tardía (junio) de su ciclo de producción en la localidad Venta Salada, Coxcatlán, Puebla, sometidos a estrés por impacto.
- Describir los cambios que el estrés originado por el impacto ocasiona a las variables evaluadas durante siete días de la vida postcosecha de los frutos, y si dichos cambios modifican las características de la condición inicial de los frutos de *E. chiotilla*.



3. ANTECEDENTES

3.1 Frutos de cactáceas explotadas en México

El cultivo de nopal tunero *Opuntia* sp. ocupa una superficie de 54,453ha de las cuales se cosecharon 23,745ha, que proporcionan una producción de 178,786ton. Los principales estados productores son Estado de México, San Luis Potosí, Zacatecas, Hidalgo y Guanajuato que produjeron el 54%, 12%, 12% y 7% respectivamente en conjunto esto representa aproximadamente el 90% de la producción nacional (Higuera, 1996).

Opuntia ficus-indica en México cuenta con una gran riqueza varietal ya que se producen tunas blancas, amarillas, anaranjadas y rojas. El avance tecnológico en prácticas como la producción forzada (adelanto o atraso de la cosecha) mediante diversas técnicas (riego, decapitación de yemas, fertilización, etc.) así como el empleo de métodos postcosecha que mantienen su calidad y sus características organolépticas por más tiempo, son la base principal para que el fruto *Opuntia ficus-indica* esté presente en casi todo el país durante al menos diez meses del año, lo que resulta poco común en el caso de otros tipos de frutos (Méndez y García, 2000).

Otro caso importante de producción de frutos de cactáceas es *Stenocereus queratoroensis* el cual es cultivada en la subcuenca de Sayula y el Valle de Autlán en Jalisco y en Santa Rosa Zacatecas consideradas zonas importantes de producción de frutos de pitayo en condición cultivada y de recolección silvestre, Sonora y Sinaloa. Michoacán, Oaxaca y Puebla son representativas de los principales centros de explotación en condición silvestre y cultivada del pitayo en el centro-occidente y sur de México. *Stenocereus thurberi* es cultivada en el desierto de Sonora, Baja California y parte norte de Sinaloa debido a su gran capacidad de adaptación a condiciones climáticas y a su alta resistencia a la sequía y a los suelos salinos estas plantas son muy abundantes en Sonora y se les puede encontrar en la mayor parte de su territorio (Pimienta, 1999)

La jiotilla (*Escontria chiotilla*) no tiene un manejo de producción y se encuentra de forma más común en estado silvestre. Su comercialización es casi exclusiva de la localidad donde es cosechada sin embargo es considerada como un fruto con potencial para ser utilizado como nuevo cultivo para el mercado de exportación (Esquivel, 2004, Yañez, et al; 2004).



3.2 Distribución geográfica de *Escontria chiotilla*

La jiotilla crece en las zonas áridas y semiáridas, en lugares planos o de poca pendiente a elevaciones de 800-1200 msnm (Arias, *et al.* 1997). Generalmente, se encuentra asociada con otras cactáceas de gran tamaño, Esta cactácea columnar se encuentra abundantemente en el sur del Valle de Tehuacán en los alrededores de Coxcatlán, Puebla, extendiéndose hasta Cuicatlán Oaxaca (Bravo-Hollis y Scheinvar, 1999, Sánchez, 2002).

Se encuentra registrada para la cuenca de Balsas, en el área del río Tepaltepec, cuenca alta de Papaloapan; en Oaxaca regiones de Cuicatlán, Teotitlán y Totolapán, se le ha colectado en el cañón del Zopilote, Guerrero; en la presa Infiernillo Michoacán y de manera abundante en el Valle de Tehuacán- Cuicatlán Puebla y Oaxaca, principalmente en los poblados de Calipam y Coxcatlán, así como en el estado de Morelos (Bravo-Hollis, 1978; Nieto, 1980; Reyes,*et al.*2004).

3.3 La Provincia Florística Tehuacán- Cuicatlán.

Ubicada en los estados de Puebla y Oaxaca, es considerada mundialmente una de las áreas de mayor biodiversidad, como ejemplo de ello puede citarse que alberga más de 2700 especies de plantas vasculares, muchas de ellas consideradas como endémicas. Por tal motivo se declaró como Área Natural Protegida (ANP) con carácter de Reserva de la Biosfera una superficie de 490, 186ha, que abarca desde la Sierra de Tecamachalco, Puebla hasta Atatlahuaca en la Cañada Chica, Oaxaca (Reyes,*et al.* 2004).



3.4 Planta en estudio *Escontria chiotilla*

3.4.1 Descripción Taxonómica

Orden: Cactales Britton et Rose

Familia: Cactaceae Lindley

Subfamilia: Ceroidae Schum

Tribu: Pachicereae Buxb

Género: *Escontria* Rose

Especie: *Escontria chiotilla* (F.A.C. Weber ex K. Schum) Rose.

Nombres comunes: "chiotilla" "quiotilla" "chonosele" o "jiotilla"

Escontria chiotilla (Figura 1) es una planta arborescente de 4 metros de alto tronco recto de aproximadamente 40 cm de diámetro, presenta numerosas ramificaciones rígidas de color verde oscuro con un diámetro de hasta 20 cm, dicotómicas con 7 a 8 costillas prominentes poco cernadas, agudas, areólas muy próximas, a menudo confluentes, elípticas de aproximadamente 1 cm de longitud con fieltro grisáceo.

El número de espinas radiales oscila entre 10 a 15 espinas cortas, subuladas, rectas, extendidas, en ocasiones dirigidas hacia abajo, 3 a 5 espinas centrales, rectas subuladas, ligeramente aplanadas, muestran coloraciones café grisáceo y la punta más oscura siendo una de mayor tamaño (7 centímetros de longitud) (Méndez, 1988; Martínez, *et al.* 2006; Reyes, *et al.* 2004; Ruíz, 2005). Recibe el nombre de jiotillal para referirse a zonas de grandes densidades (hasta de 400 ind/ha) de *Escontria chiotilla* (Valiente-Baunet, *et al.* 2009)



3.4.2 Floración

Según Nieto (1980) *Escontria chiotilla* tiene una floración diurna, que ocurre durante los primeros meses del año, en contraste, Reyes y colaboradores (2004) mencionan que esta planta presenta floración dos veces al año de marzo a mayo y de julio a agosto aunque esta última generalmente es una floración incipiente. Arias, *et al.* (1997) mencionan que fructifica de abril a mayo y de julio a septiembre.



Figura 1. *Escontria chiotilla* ubicada en los "jotillales" de Venta Salada Coxcatlán-Puebla.



3.4.3 El fruto de *Escontria chiotilla*

Los frutos de *Escontria chiotilla* denominados de forma común como "jiotilla" son frutos globosos, escamosos de color café rojizo, pulpa dulce comestible (Bravo-Hollis, 1978). Frutos de 2.6-5.0cm de largo, 2.5-3.7 cm de ancho, rojo -púrpura, brácteas 0.8-1.1 cm de largo, 0.6-0.8 cm de ancho, deltoides, amarillas translúcidas; semillas 1.0-1.5 mm de largo. La pulpa del fruto en la madurez es color guinda o morada, granulosa, suave, jugosa y con diminutas semillas negras, de aroma característico ligero y sabor agridulce (Ruiz, 2005).

Huerta (1998) recomienda su colecta a partir del día 72 después de la antesis, en la madurez fisiológica, en el que se obtiene su mayor tamaño y menor porcentaje de cascara, y según su tasa respiratoria evaluada sugiere que este fruto podría ser de tipo climatérico

3.4.4 Propagación

Se realizó un estudio de propagación de tres especies de cactácea: pitaya (*Stenocerus* sp.), tunillo (*Stenocereus* sp.) y jiotilla (*Escontria chiotilla*) donde lograron propagación vegetativa de la pitaya y tunillo con "brazos" de 0.5 m de longitud plantados en posición vertical con la zona apical removida. La jiotilla no respondió a los tratamientos de propagación (López, *et al.* 2000).

Actualmente la jiotilla no se cultiva ya que crece de forma silvestre, llegando a ser dominante en algunas comunidades vegetales generalmente su propagación se realiza por semilla, donde la temperatura óptima es de 30 °C; con porcentajes de germinación de 92 y 97 % dependiendo de la cantidad de años transcurridos después de la cosecha (Peña, *et al.* 2007., Ramírez, *et al.* 2007., Tenango, 2005). El banco de semillas ubicado en la Unidad de Biotecnología y Prototipos (UBIPRO) de la FES-I, reporta en 2009 porcentajes de germinación para frutos de jiotilla colectados en Coxcatlán- Puebla de 95% con 20 semillas y tres repeticiones (comunicación personal)



3.4.5 La recolección de frutos de *Escontria chiotilla*.

La recolección de frutos de jiotilla (Figura 2) y su venta se realiza en las plazas y mercados como fruta de temporada. Su vasta productividad su sabor agradable y facilidad de manipulación debido a la ausencia de espinas; hacen de este fruto un recurso alternativo con el potencial para llenar los requerimientos nutricionales y mejorar la economía de los habitantes de la zona donde se desarrolla (Nieto, 1980; Mandujano, 1988; Armella y Yáñez-López, 1997).



Figura 2. El fruto de *Escontria chiotilla* "jiotilla" tomada en la localidad de estudio

3.4.6 Comercialización y consumo de *Escontria chiotilla*

La recolección de la jiotilla ha sido una actividad importante para los habitantes de esas regiones, y su alta productividad hace de ella un recurso de gran interés. Su colecta se realiza durante los meses de junio y julio, sin embargo, Pérez (2010) reporta que la cosecha de este fruto es de mayo a julio y Mandujano (2002) menciona que la producción de frutos con calidad comercial para Venta Salada, Puebla muestra un pico máximo durante el mes de mayo. La jiotilla tiene gran demanda por sus propiedades organolépticas y por lo tanto un alto consumo de la fruta es en fresco. Además se elaboran mermeladas, conservas, aguas frescas, nieves, paletas o concentrados. (Bravo-Hollis y Scheinvar, 1995; Nieto, 1980, Reyes *et al.*, 2004).



Respecto al consumo per cápita, superficie y producción a nivel nacional no se tienen datos oficiales precisos, destacando entre las principales regiones productoras de jiotilla las ya mencionadas: Puebla, Oaxaca, Michoacán y Guerrero (Nieto, 1980).

3.4.7 Composición química de *Escontria chiotilla*

En diversos trabajos se han evaluado la composición química de *Escontria chiotilla* (Cuadro 1) se ha demostrado que "la jiotilla" es un fruto de sabor agri dulce utilizado como materia prima de mermeladas, nieves, quesos y para comerse en fresco en diversas localidades donde su consumo y venta es de importancia en los sitios donde se cosecha (Méndez, 1988); en otros casos, la importancia radica en encontrar fuentes de explotación de betalainas, betacianinas y betaxantinas utilizados como pigmentos naturales en la industria alimenticia (Soriano, 2007).

Cuadro 1. Se compara la composición química de *Escontria chiotilla* reportada por diversos autores (Pérez, 2010).

	Méndez 1988 Oaxaca	Huerta 1998 Puebla	Yáñez 2004 Oaxaca	Franco 2004 Oaxaca	Soriano 2007 ¹ Oaxaca	Arnaud 1997
Az. Totales						
(%)	7.3± 0.5	7.34-5.46	-----	-----	0.43±0.02	10.14
Az. Red (%)	6.52± 0.1	3.01-3.59	-----	-----	-----	15.16
pH	4.5	4.2	4.2	-----	-----	-----
Acidez (%)	0.3± 0.05	0.06-0.05	-----	-----	0.6±0.01	-----
° Brix	8.5± 1.8	2.6-9.0	10-12	-----	0.0±0.01	-----
Betaxantinas						
(mg/kg)	-----	-----	-----	118.4 ± 2.7	119±3	-----
Betacianinas						
(mg/kg)	-----	-----	-----	89.4 ± 6.5	89±6.5	-----
Humedad%	-----	72.73	-----	84.48	0.4±2	-----

¹ El autor no indica la técnica utilizada para la evaluación de las variables que presenta.

3.4.8 Aspectos fisiológicos del fruto de *Escontria chiotilla*

Se define a la madurez fisiológica como la etapa de desarrollo donde el fruto alcanza su plenitud de crecimiento es decir, que las semillas tienen la capacidad de germinar; la madurez de consumo es el periodo de vida en el cual un fruto fisiológicamente maduro



evoluciona hasta adquirir la máxima calidad comestible y organoléptica, posteriormente inicia el envejecimiento (Kader, 2002).

Según Huerta (1998) concluye que los frutos *Escontria chiotilla* en la etapa de la madurez fisiológica incrementan los sólidos solubles y se mantienen constantes los azúcares totales y reductores así como el pH y los ácidos orgánicos. De esta manera, el fruto conocido como *jiotilla* en su etapa de madurez comercial se le considera un fruto ácido y de acuerdo a su contenido de fibra cruda en semilla de 54.01 % es una buena fuente de esta, su firmeza es de 1.22 kg/cm² y de acuerdo al patrón de respiración presentado posiblemente sea climatérico. Los días en que recomienda su colecta es a partir del día 72 tomando en cuenta que el día 1 es el día en que amarra el fruto; en este día es cuando obtienen este valor de firmeza, su mayor tamaño y menor porcentaje de cascara.

Franco (2004), realizó una caracterización parcial del pigmento rojo del fruto de la jiotilla. Los resultados de este trabajo mostraron que el pigmento rojo del fruto de jiotilla pertenece a la familia química de las betalainas, en el que el componente principal fueron los pigmentos amarillos y no los rojos como se había esperado.

3.5 Frutos climatéricos y no climatéricos

El concepto de fruto climatérico y no climatérico es fundamental en los sistemas de postcosecha, que fueron concebidas como categorías en base a la presencia o ausencia de la respiración durante la maduración. La producción de etileno autocatalítico está invariablemente asociado con el incremento respiratorio en frutos climatéricos, sin embargo, la importancia metabólica del incremento respiratorio que acompaña a esta producción de etileno autocatalítico es incierta (Knee, 2002). Los frutos no climatéricos (Figura 3), alcanzan la madurez fisiológica y después la de consumo yes en ese momento es cuando son cosechados. Los frutos climatéricos (Figura 3) pueden ser cosechados al alcanzar solo la madurez fisiológica sin haber alcanzado la madurez de consumo y a partir de este punto, es decir, al ser cosechados, inicia su proceso de madurez de consumo seguida del envejecimiento (Kader 2002).

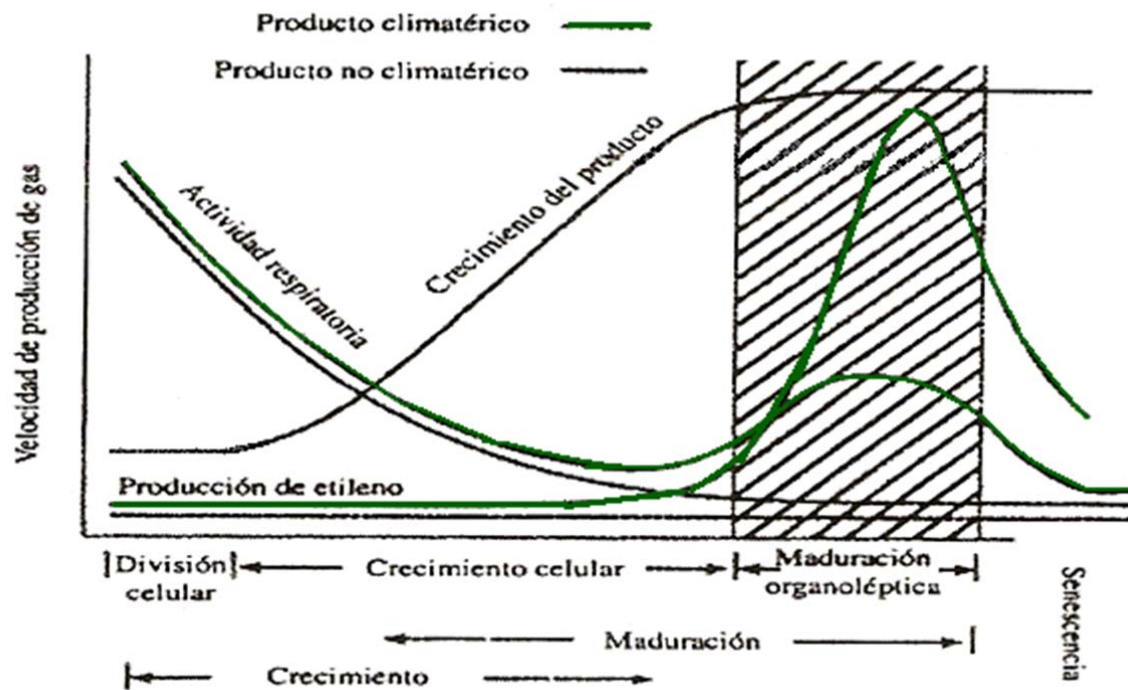


Figura 3. Pautas de crecimiento, respiración y producción de etileno de órganos vegetales climatéricos y no climatéricos (Wills y Lee, 1977).

3.6 Concepto de calidad

La calidad se define en función del uso que el producto tendrá como destino. Las normas de los atributos de calidad de un producto, deben definirse, al momento de la venta en fresco, del almacenamiento, el transporte o la industrialización (Guarioni, 2004).

3.7 Atributos de calidad en frutos.

Algunos atributos de calidad son: color, forma, tamaño, sabor y factores nutricionales (Guarioni, 2004), así como apariencia y defectos. Los defectos pueden originarse después de la cosecha, resultado de daños por insectos, enfermedades, afectaciones por aves o condiciones de clima como el granizo; lesiones químicas, y varias manchas (como cicatrices o costras). Los defectos postcosecha pueden ser físicos o fisiológicos. Los factores de textura incluyen la firmeza, frescura y calidad y contenido del jugo. La calidad en frutos depende del gusto del consumidor, su dulzor (tipo y concentración de azúcares)



acidez (tipos y concentración de ácidos, y capacidad de neutralizarlos) astringencia, (compuestos fenólicos) y aroma (concentración olor y compuestos volátiles activos). Los consumidores consideran frutos de buena calidad aquellos que visiblemente se ven bien, son firmes, ofrecen un sabor agradable, en esto radica la reincidencia de la compra. En contraste, los productores y comerciantes están interesados principalmente en la apariencia, la calidad de la textura y que su vida postcosecha sea larga (Knee, 2002).

3.8 Postcosecha

Inmediatamente cosechado, sea por las altas temperaturas generalmente reinantes o por el estrés propiamente dicho que representa la cosecha, los frutos y también otros productos vegetales toleran una elevadísima actividad metabólica que puede determinar su vida comercial (Guarinoni, 2004).

La cosecha interrumpe la fuente de hidratación y alimentación del fruto. Es posible establecer entonces este evento como un punto crítico donde cesan las entradas metabólicas. De aquí en adelante el fruto debe mantener su metabolismo a expensas de sus propias reservas, por lo que tarde o temprano se produce el deterioro del mismo. En general, los frutos maduros o cosechados precozmente tienen menores calibres, menor consistencia, son más verdes y ácidos. Por el contrario los frutos cosechados tardíamente son de mayor calibre, consistentes, dulces, aromáticos y con el color característico de su estado maduro; entre ambos estados fisiológicos es necesario establecer una madurez de cosecha tal, que permita la manipulación del fruto en las tareas de clasificación, empaque transporte y, muchas veces en, un periodo de conservación donde alcance la máxima expresión organoléptica al momento del consumo. Generalmente no resulta difícil identificar el estado óptimo de consumo, pero esta situación cambia cuando se trata de definir el estado óptimo de cosecha que permita transitar por la fase de postcosecha y llegar a las máximas características del consumidor (Guarinoni, 2004)

Las técnicas postcosecha tiene por objetivos principales, mantener la calidad (textura, sabor, valor nutritivo, etc.) proteger y garantizar la seguridad alimentaria y reducir las pérdidas entre la cosecha y el consumo (Kitinoja y Kader, 2003).



3.8.1 Pérdidas postcosecha

Los frutos en su condición de organismos vivos, continúan luego de la cosecha con una serie de actividades metabólicas, que pueden ser más o menos intensas, dependiendo de sus características intrínsecas y del ambiente físico circundante (Salvador, 2004).

Las causas mas comunes de las pérdidas postcosecha en los países en vías de desarrollo siguen siendo la manipulación poco cuidadosa del producto y la falta de sistemas adecuados para el enfriamiento y el mantenimiento de la temperatura. A estos problemas se suman la falta de selección del producto antes de selección del producto antes de su almacenaje y el uso de materiales inadecuados de empaque. En general, si se minimiza el manejo brusco, se realiza una selección para eliminar el producto dañado y/o podrido y existe un manejo efectivo de la temperatura, esto ayudará considerablemente a mantener la calidad del producto y a reducir las pérdidas en almacenamiento. La vida útil aumentará si la temperatura durante el periodo postcosecha se mantiene lo más cercana posible a la óptima para un producto determinado (Kitinoja y Kader, 2003).

Así mismo en donde existe una gran deficiencia en la infraestructura de mercadeo, las pérdidas postcosecha de productos frescos varían entre 25 a 50 % de la producción. Las mermas de esta magnitud representan una pérdida significativa de alimentos y un considerable daño económico para los comerciantes y especialmente para los productores (FAO, 1989).



3.8.1.1 Pérdidas por daño mecánico.

El daño mecánico representa para la comercialización de frutos en México pérdidas importantes, de un 10% a 40% aproximado de productos vegetales destinados a la exportación, algunos de los que son rechazados se comercializan en el mercado nacional o para la elaboración de productos derivados, esto dependiendo del tipo de fruto u hortaliza (SAGARPA, 2000). El impacto y la compresión, representan una de las fuentes más importantes para la pérdida de calidad durante la postcosecha (Kays y Paull, 2004).

Mohsenin, (1977) menciona que los daños mecánicos en frutas y hortalizas por efecto de compresión, impacto o vibración se pueden manifestar como mallugaduras, roces o abrasión, deformación, cortes, punciones, fisuras o fracturas. Estos daños promueven la incidencia de enfermedades, aumentos en la velocidad de respiración y producción de etileno y en consecuencia, menor calidad y vida postcosecha (Mittal, 1987).

3.8.2 Pérdida de peso

Algunos factores como la pérdida de peso en los frutos en la fase postcosecha están representados por el paso de vapor de agua desde el fruto hacia el ambiente circundante. Este fenómeno ocurre por la transpiración y depende fundamentalmente de la temperatura del fruto, la humedad relativa, y las barreras naturales o artificiales que disponga este para impedir esa pérdida de agua. La relación superficie/volumen del fruto, las características de la epidermis, la presencia y composición de las ceras naturales influyen directamente en este proceso. La tasa transpiratoria es elevada en los primeros estados de madurez del fruto y presenta una evaluación siempre decreciente a medida que avanza la madurez.

En muchos frutos la tasa transpiratoria en poscosecha depende del estado de maduración en el cual fue cosechado (Salvador, 2004).

En frutos de cactáceas es común que gran parte de la "pulpa" este compuesta en su mayoría por mucílago, de esta manera, la pérdida de agua será de forma mas lenta; frecuentemente la epidermis de estos tienden a ser gruesos y la deshidratación y



oxidación del fruto se presenta primeramente en la "cascara" y posteriormente en la "pulpa" (Reyes, *et al.* 2004).

3.8.3 Cambios de textura (firmeza) del fruto.

Los cambios de la textura de los frutos carnosos (mango, plátano, papaya, kiwi, jiotilla) son representados por el ablandamiento de la pulpa. Tal proceso es irreversible y está estrechamente ligado a su estado de madurez. En el periodo de elongación celular comienzan a hidrolizarse las pectinas de las paredes celulares, ocasionando una disminución de su consistencia.

Existe una relación inversa entre el tamaño del fruto y su grado de ablandamiento, los frutos chicos son generalmente más duros, esto puede ser explicado por la mayor proporción de paredes celulares en relación a su volumen que presenta un fruto chico (durazno, que tiene un tamaño muy similar a la jiotilla) en comparación con fruto grande (papaya, melón o sandía). El ablandamiento del fruto continua luego de cosechado con una velocidad más o menos rápida dependiendo de la consistencia inicial (Guarinoni, 2004).

3.8.4 Color

Es el más evidente entre los cambios experimentados por muchos frutos durante la maduración y con frecuencia el más importante de los criterios utilizados por los consumidores para decidir si el fruto esta o no maduro. El aspecto más común de estas modificaciones es la pérdida del color verde, este color se debe a la presencia de clorofila que es un complejo orgánico de magnesio. La degradación de la clorofila va asociada a la síntesis o al desenmascaramiento de pigmentos cuyos colores oscilan entre el amarillo y el rojo (Wills y Lee, 1977; Nieto, 1980; Franco, 2004).

El color se mide a través de una escala en tres valores, Matiz, determinado por la longitud de onda dominante debido principalmente a la presencia de óxidos de hierro con diferente grado de hidratación; el matiz es como se percibe el color de un objeto. El Croma, describe lo llamativo o apagado de un color, expresa la pureza relativa del color, también se le conoce como saturación de color. La luminosidad se llama valor a la



intensidad lumínica, es decir su grado de claridad, los colores pueden ser clasificados como tenues u oscuros (Muñoz, *et al.* 2002)

Ningún instrumento “ve” el color más cercano al ojo humano como lo puede hacer un instrumento 0/45° que representa una geometría de iluminación donde se asegura que todos los componentes del brillo son excluidos. Cualquier observador hace todo lo posible para excluir el “componente especular” (brillo) para evaluar un color. Un instrumento 0/45 elimina de la medición del brillo mas efectivamente que cualquier otro y mide la apariencia de la muestra como lo hace el ojo humano. Esta medición se hace bajo tres mediciones básicas $L^*C^*h^\circ$ que emplea coordenadas polares la L define claridad, la C especifica el croma, y la h° denota el ángulo en una medición polar. Este sistema es fácil de correlacionar con sistemas anteriores basados en muestras físicas como la escala de Munsell (X-RiteIncorporated, 2002).



3.8.5 Actividad respiratoria (CO₂) y producción de etileno.

Los frutos pueden ser clasificados a partir de su velocidad de respiración y tipo de fruto ya sean climatéricos o no climatéricos (Figura 3). Esta es una buena correlación, velocidad de respiración y degradación, la alta velocidad de respiración disminuye la vida postcosecha de los frutos. Los frutos climatéricos pueden madurar en el árbol o después de ser cosechados, los frutos no climatéricos tienen que ser cosechados en estado maduro debido a que estos no maduran después de ser cosechados.

La respiración es un proceso metabólico fundamental tanto en el producto recolectado como en el material vivo. Puede describirse como la degradación oxidativa de los productos más complejos normalmente presentes en las células, como el almidón, azúcares y los ácidos orgánicos a moléculas más simples, como el dióxido de carbono y el agua con la consiguiente liberación de energía y otras moléculas que pueden ser utilizadas para las reacciones de síntesis celulares, esta puede tener lugar en presencia de oxígeno (respiración aeróbica) o en su ausencia (respiración anaeróbica a veces denominada fermentación) (Wills y Lee, 1977., Salvador 2004).

La velocidad a que transcurre la respiración de un producto constituye un índice de la actividad metabólica en sus tejidos y una guía útil de su vida comercial. La actividad respiratoria es más alta en las fases previas a la maduración y declina luego con la edad. A este incremento de la actividad respiratoria se le conoce como climaterio. Esto nos indica que la tasa de respiración de los frutos durante el proceso de maduración determinara si son o no frutos climatéricos. (Wills y Lee, 1977; Knee, 2002).

En cuanto al etileno este tiene la capacidad de estimular la madurez puede incluir un incremento en la respiración de los frutos, en general la respiración se acelera por etileno exógeno, ésta respuesta está condicionada por la especie, el cultivar, el estado de maduración, el hecho de haber sido recolectado o no y por la concentración. Tanto la velocidad de respiración como la concentración interna de etileno varían ampliamente en los frutos climatéricos y no climatéricos la relación de uno sobre otro no esta establecida, sin embargo, el control de los niveles de etileno es la base de determinados sistemas de almacenamiento a bajas temperaturas con el incremento de los niveles de CO₂ (inhibiendo la respiración) o disminuyendo la presión parcial de oxígeno (que inhibe la respiración y la síntesis de etileno) (Azcon-Bieto y Talón; 2008).



3.8.6 Contenido de carbohidratos, azúcares totales y reductores

Los carbohidratos son los compuestos más abundantes y ampliamente distribuidos en los alimentos derivados de las plantas, las frutas frescas varían generalmente en su contenido de carbohidratos con un rango general que oscila entre 10 % y 25 %. Su forma, textura y valor nutritivo de los frutos están relacionados con el contenido de carbohidratos. La sacarosa, glucosa y fructosa encontrados en los frutos y su importancia relativa varía según los productos básicos (Knee, 2002). El almidón se encuentra en pequeños gránulos en las células de las frutas inmaduras, es convertido en azúcares conforme va madurando. Otros polisacáridos presentes en las frutas incluyen celulosa, hemicelulosa y pectinas estas forman los componentes principales de las paredes celulares. Estas largas cadenas de moléculas son rotas en cadenas más simples y componentes más solubles que dan el sabor agradable en los frutos (azúcares reductores). La transformación de pectinas insolubles a pectinas solubles es controlada en gran parte por enzimas especializadas y poligalacturonas (Knee, 2002).



4. MATERIALES Y MÉTODOS

Valle de Tehuacán, localidad de Venta Salada (97°11'48'' y 97°12'13'' longitud oeste 18°16'45'' y 18°17'9'' latitud norte) Pertenece al municipio de Coxcatlán Puebla Ubicado en los paralelos 18°7'54'' y 18°21'06'' del longitud occidental. Colinda al norte con Ajalpan y Zoquitlan, al sur el estado de Oaxaca, al este con Coyomeapan y al oeste con Zinacatepec y San José Miahuatlán

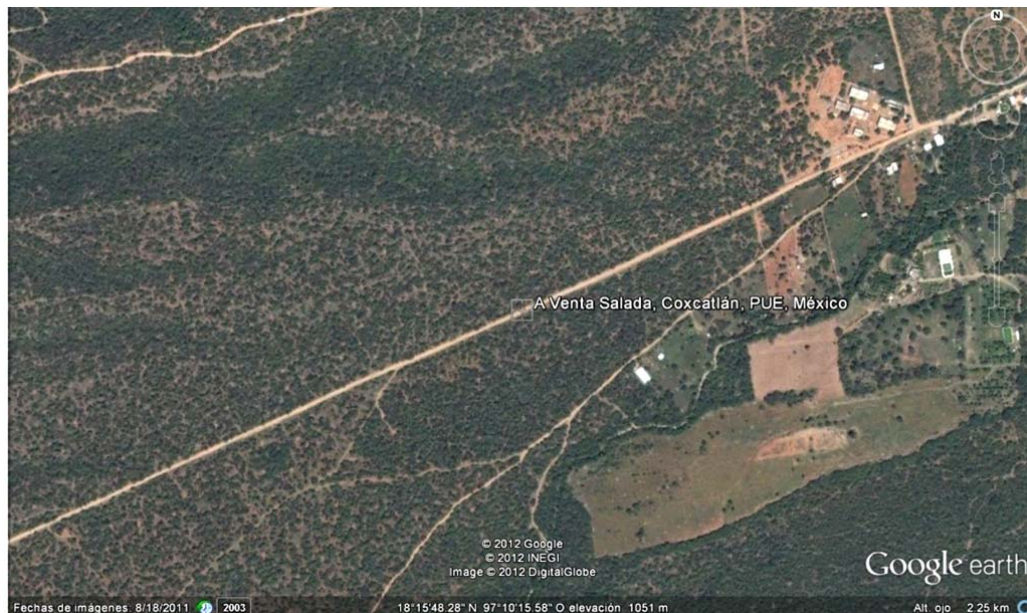


Figura 4. Área de colecta. (Google earth, 2011).

4.2 Cosecha de los frutos y Material Vegetal

Se cosecharon frutos de *Escontria chiotilla* con el mismo estado de madurez, de los cuales se tomaron 20 frutos para medición de etileno y respiración procurando que fueran de tamaño y peso similar y 20 frutos mas para la medición de las variables restantes, esto, para siete días posteriores a la colecta, así, para las tres fases de producción del fruto. En total 160 frutos de cada fase.

Los frutos fueron colectados de forma silvestre en la localidad de Venta Salada Coxcatlán- Puebla durante tres fases de su ciclo de producción inicial-abril, media-mayo y tardía-junio del año 2010.



4.3 Establecimiento del experimento

Se realizó al término de cada colecta durante los meses de abril, mayo y junio del año 2010 en el Laboratorio 8 de Ecofisiología y Control de Plagas de la Unidad de Morfología y Función de la FES-Iztacala UNAM y en el Laboratorio de Usos Múltiples de la UACH.

4.3.1 Tratamientos y diseño experimental

Se establecieron cuatro tratamientos cada uno con 5 repeticiones. Estos consistieron en dejar caer el fruto a diferentes alturas 0, 1, 2 y 4 m para evaluar las variables de respuesta (peso, volumen, firmeza, color, actividad respiratoria, etileno y azúcares totales y reductores) durante siete días posteriores a la colecta. La unidad experimental fue un fruto de *Escontria chiotilla*. Para el análisis de los datos se usó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial: se tomaron como factores: impacto a 0, 1, 2 y 4 m de altura y temporada de cosecha como segundo factor: temporada (abril), inicial; (mayo), media y (junio), tardía (Cuadro 2), bajo un diseño completamente al azar. Cada variable de respuesta se analizó mediante un análisis de varianza con una $P \leq 0.05$, con los datos de los días 1, 3, 5 y 7 posteriores a la colecta, se utilizó el paquete estadístico SAS® (SAS Institute, 1989). Para definir diferencias entre tratamientos se usó la prueba LSD ($P \leq 0.05$) con el mismo nivel de significancia.

Cuadro 2. Arreglo de tratamientos

Factor Temporada, nivel/mes	Factor impacto nivel/m	Variables Respuesta Durante siete días posteriores a la colecta.
Inicial Abril	0	peso, volumen, firmeza, azúcares totales y reductores, color, etileno, CO ₂
	1	
	2	
	4	
Media Mayo	0	peso, volumen, firmeza, azúcares totales y reductores, color, etileno, CO ₂
	1	
	2	
	4	
Tardía Junio	0	peso, volumen, firmeza, azúcares totales y reductores, color, etileno, CO ₂
	1	
	2	
	4	



El modelo estadístico fue:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + e_{ijk}$$

Donde

Y_{ijk} = Respuesta obtenida en la k-ésima repetición del i-ésimo nivel del factor A y el j-ésimo nivel del factor B.

μ = Efecto medio general.

A_i = Efecto atribuido al i-ésimo nivel del factor A.

B_j = Efecto atribuido al j-ésimo nivel del factor B.

$(AB)_{ij}$ = Efecto atribuido a la interacción entre el i-ésimo nivel del factor A y el j-ésimo nivel del factor B.

e_{ijk} = Término de error aleatorio, donde los e_{ijk} tienen una distribución Normal e independientes con media 0 y varianza σ^2 .

$i = 1, 2, \dots, a$ $j = 1, 2, \dots, b$ $k = 1, 2, \dots, r$

a = Número de niveles del factor A.

b = Número de niveles del factor B.

r = Número de repeticiones.



4.3.3 Variables de respuesta

4.3.3.1 Peso

Consistió en registrar los pesos en una balanza con una precisión de 0.1 g marca OHAUS durante siete días consecutivos posteriores a la cosecha.

4.3.3.2 Volumen de los frutos

Este se determinó a través de la medición del diámetro ecuatorial y polar de los frutos de cada cosecha durante siete días consecutivos mediante un vernier electrónico marca Mitotoyo.

La formula usada para calcular el volumen fue:

$$\text{Volumen} = 0.66 \times 3.1416 \times \left(\frac{de}{2}\right) \times dp$$

Donde:

$$\frac{de}{2} = \text{diámetro ecuatorial entre dos.}$$

$$dp = \text{diámetro polar.}$$

4.3.3.3 Textura (firmeza) de los frutos

Se determinó por medio de un texturómetro Chatillo® modelo MT-150. Cada fruto fue perforado por el costado, siete días consecutivos posteriores a la cosecha, con un texturómetro que mide la fuerza requerida para perforar el fruto Kg/cm²

4.3.3.4 Color de los frutos

Se midió el color durante siete días consecutivos posteriores a la cosecha, mediante un equipo espectrofotómetro de esfera Serie SP60 para obtener valores de L*C*h° (Luminosidad, Matiz, Saturación).



4.4.3.5 Actividad respiratoria (CO₂) y producción de etileno

Se colocó el fruto en un recipiente de vidrio transparente con capacidad de 65mL de volumen, se cerró herméticamente, se dejó reposar 1 hora a continuación con una jeringa se extrajeron 6 mL de gas. El gas se colocó en un tubo vacutainer® para posteriormente ser leído en un cromatógrafo de gases.

La identificación y cuantificación de etileno y CO₂, se realizó en un cromatógrafo de gases marca Varian, modelo 3400 con una columna SS, empacada porpak N, 2m x 1/8" OD x 2.0 mm OL. Con 2 detectores TCD (detector de conductividad térmica) y FID (detector de flama ionización). Como estándar se utilizó etileno 103 mg. litro⁻¹ y CO₂ 399 mg. litro⁻¹ como gas de arrastre He con un flujo de 32.3 mL min⁻¹ y la cantidad de muestra para inyección fue 1.0 mL el cual se tomó con una aguja hipodérmica mediante un sistema cerrado.

4.3.3.6 Contenido de carbohidratos; concentración de azúcares totales y reductores.

La determinación de azúcares totales se obtuvo por el método de antrona (Whitam, *et al.* 1971) esto consistió en tomar 1 gramo de material vegetal cortado en trozos pequeños, en seguida, se colocó en un matraz Erlenmayer de 125 mL con 20mL de etanol al 80% se hirvió durante 20 min y se filtró. Posterior a eso el filtrado se situó en frascos de vidrio comunes a baño maría hasta que se vaporizó todo el etanol y solo quedó un concentrado sólido en el frasco.

A ese frasco se agregó 20 mL de agua destilada para disolver; la técnica indica que se deben tomar 100 µL de muestra, sin embargo, hubo muestras que se tomaron entre un rango de 50 a 300µL ya que en algunos casos salían de rango en la curva patrón.

La alícuota se colocó en tubos de fondo plano y estos en baño de hielo, se ajustó a 3 mL con agua destilada y se agregó 6 mL de antrona-ácido sulfúrico concentrado, este debía resbalar despacio por las paredes, sin quitar los tubos del baño para que se enfríen cuidando que no le cayera agua a los tubos. Subsecuentemente se calentaron los tubos (con una tapa de papel aluminio) a baño maría en ebullición durante 3 min, se sacó y colocó en agua fría. Al término, se leyó absorbancia a 600 nm en un espectrofotómetro marca Genesys 10 modelo uv.



El tubo blanco fue 3 mL de agua destilada y 6 mL de antrona- ácido el cual llevó el mismo procedimiento que las muestras.

Con la muestra ya diluida en agua de la técnica para azúcares totales se obtuvieron los azúcares reductores mediante la técnica de Nelson Somogy (1952), la cual consiste en tomar 100 μ L de la muestra ya redisuelta.

La alícuota se colocó en tubos de vidrio de fondo plano y se ajustó a 1 mL con agua destilada (900 μ L de agua destilada) se agregó 1 mL de reactivo A2 + B2 1:1 (véase técnica anexo 1) y se agitó vigorosamente, se calentó en baño maría en ebullición por 20 min cubriendo con una tapa de papel aluminio al término; se colocó en baño de hielo hasta enfriar, después se agregó 1 mL de Arsenomolibdato y 7 mL de agua destilada. Se leyó absorbancia a 540 nm en un espectrofotómetro marca Genesys 10 modelo uv.



5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Pérdida de peso de *E. chiotilla* durante su vida postcosecha

El análisis de varianza mostró diferencias para el factor **fase** en la variable de respuesta peso, como se muestra en el cuadro 3, los mayores pesos se registraron en la fase media y tardía de la cosecha, sin diferencias significativas entre ambos meses ($P \leq 0.05$). Así mismo el cuadro 4 muestra que hay diferencias significativas entre el tratamiento a 0 m con respecto a los otros, hubo pérdida de peso significativa en todos los tratamientos con respecto al de 0 m, el tratamiento de 4 m presentó la media más baja indicando la mayor pérdida de peso disminuyendo en un 23% con respecto al de 0 m ($P \leq 0.05$). Dado que las frutas y hortalizas continúan perdiendo agua aun después de ser cosechados (Muy-Rangel, *et al.*2004.), el manejo de postcosecha brusco puede ocasionar daño a la integridad del fruto al aumentar la velocidad de pérdida de agua hacia el ambiente (Alia-Tejacal, *et al.*2008).

Cuadro 3. Comparación de peso promedio de frutos en fase inicial, media y tardía de producción de la cosecha de *E. chiotilla* con $n=5$.

Fase de producción	Peso (g)
INICIAL	12.55 b ^z
MEDIA	13.63 a
TARDÍA	13.67 a
DMS	1.04
CV %	23.49

^zMedias con letras iguales por columna no difieren según prueba de LSD ($P \leq 0.05$)
DMS (Diferencia mínima significativa) CV (Coeficiente de variación)



Cuadro 4. Comparación de la variable de respuesta peso en los diferentes niveles de impacto a los que fueron sometidos los frutos de *E. chiotilla* n=5.

Altura de impacto (m)	Peso promedio (g)
0	15.13 a
1	13.71 b
2	12.765 bc
4	11.63 c
DMS	1.97
CV%	23.49

²Medias con letras iguales por columna no difieren según prueba de LSD ($P \leq 0.05$)
DMS (Diferencia mínima significativa) CV (Coeficiente de variación)

En la figura 5 se presenta la combinación de las fases de producción con los tratamientos.

En la fase inicial los tratamientos que provocaron la pérdida de peso fue a 2y 4 m, entre ambos no hay diferencias significativas según la prueba estadística de LSD ($P \leq 0.05$). Para la fase media y tardía de igual manera en el tratamiento a 2 y 4 m sin diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre ambos tratamientos ($P \leq 0.05$) solo con respecto a 0 m.

Igualmente podemos apreciar en la figura 5 que en la fase inicial, media y tardía en el tratamiento a 4 m hay diferencias significativas ($P \leq 0.05$) con respecto a 0 m en cada mes.

Sin embargo, entre los tratamientos a 4 m de cada mes no hay diferencias significativas ($P \leq 0.05$) su peso es estadísticamente el mismo pero la pérdida se puede apreciar porcentualmente tomando al tratamiento de 0 m como el cien por ciento de peso, así en la fase inicial hay una pérdida de peso del 26% en la fase media del 30% y en tardía del 20%. En el presente trabajo los frutos de la fase media presentaron mayor sensibilidad considerando que mayo es la temporada en que los frutos se encuentran en su estado de calidad comercial (Mandujano 2002 y Pérez, 2010) en el daño ocasionado por golpeo fue mayor, provocando ruptura celular que permitió liberación de agua al exterior de la célula sobre todo en frutos que cayeron a 2 y 4 m.

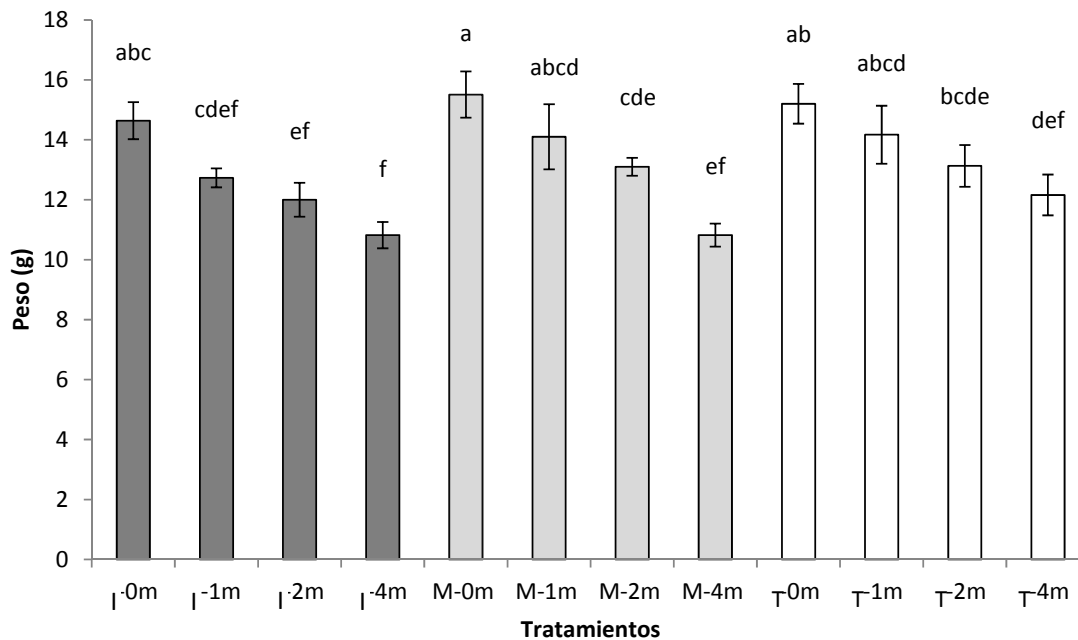


Figura 5. Peso promedio de los frutos de *E. chiotilla*. Cada barra representa el promedio de 5 repeticiones \pm error estándar. Columnas identificadas con la misma letra son iguales de acuerdo a la prueba de LSD a una $P \leq 0.05$. Fase de producción I-inicial, M-media, T-tardía. Niveles de impacto 0, 1, 2, y 4 m.



5.2 Pérdida de volumen de *E. chiotilla* durante su vida postcosecha

El análisis numérico de la pérdida de volumen durante la postcosecha de *E. chiotilla* no mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los meses. En el cuadro 5 se muestra que el tratamiento a 4 m tiene diferencias significativas ($P \leq 0.05$) con relación al tratamiento a 0 m. En la figura 6 se puede apreciar que para la fase inicial el tratamiento que presentó mayor pérdida de volumen fue a 4 m en relación al de 0 m ($P \leq 0.05$), en forma similar en la fase media el tratamiento a 4 m tuvo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) con relación a los tratamientos a 0 y 1 m, por último, para la fase tardía el tratamiento que perdió más volumen fue a 4 m.

Se puede apreciar que hay diferencias significativas entre el tratamiento a 0 m de la fase inicial y 0 m de la fase media esto indica que el volumen se incrementa de fase a fase, así mismo, se observa que en los tres meses de recolección los frutos que perdieron más volumen debido al golpe, fueron a 4 m sin diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre ellos.

Tomando en cuenta que el volumen en el tratamiento a 0 m de cada mes es el cien por ciento y el tratamiento a 4 m son las medias que representan la mayor pérdida de volumen en la fase inicial se perdió un 18% del volumen original, en la fase media un 28% y en la fase tardía un 21%. En el mes de mayo es donde hubo mayor pérdida de volumen; el volumen es una magnitud escalar definida como el espacio ocupado por un cuerpo, está íntimamente relacionado con el peso, así, las pruebas mostraron dentro de este trabajo que si encontramos pérdida de peso ésta se asocia a un cambio en el volumen.



Cuadro 5. Comparación de la variable de respuesta volumen en los diferentes niveles de impacto a los que fueron sometidos los frutos de *E. chiotilla* n=5.

Altura de impacto (m)	Volumen promedio cm ³
0	9.40 a ²
1	8.50 b
2	8.09 b
4	7.22 c
DMS	1.97
CV %	15.61

²Medias con letras iguales por columna no difieren según prueba de LSD ($P \leq 0.05$)
DMS (Diferencia mínima significativa) CV (Coeficiente de variación)

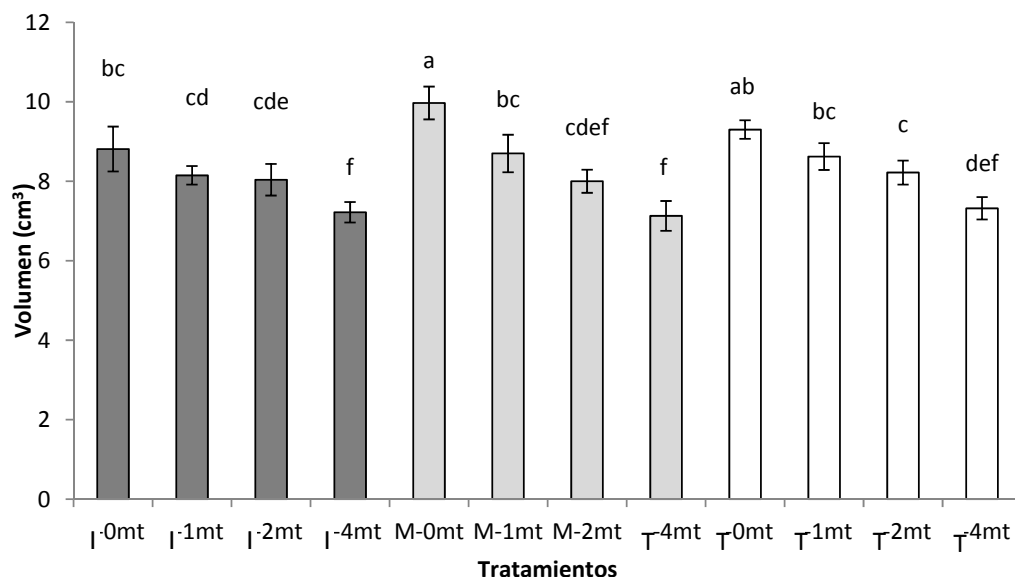


Figura 6. Volumen promedio de los frutos de *E. chiotilla*. Cada columna representa el promedio de 5 repeticiones \pm error estándar. Columnas identificadas con la misma letra son iguales de acuerdo a la prueba de LSD a una $P \leq 0.05$. Fase de producción I-inicial, M-media, J-tardía. Niveles de impacto 0, 1, 2, y 4 m.

5.3 Pérdida de firmeza de *E. chiotilla* durante la vida postcosecha

El análisis estadístico de esta variable de respuesta no evidencio diferencias significativas entre las fases. El efecto de pérdida de agua en frutos puede ocasionar ablandamiento durante la maduración y la vida postcosecha, de esta manera se puede encontrar frutos con menor turgencia y peso (Muy-Rangel, *et al.* 2004, Villaseñor, *et al.* 2006), así se muestra en el cuadro 6 que el tratamiento a 2 y 4 m fueron los de mayor pérdida de firmeza sin



diferencias significativas entre ellos. En la figura 7, para las tres fases los tratamientos, así como la combinación entre ellos, registro mayor pérdida de firmeza a 2 y 4 m en relación a 0 m. En cada fase de colecta, se toma como el cien por ciento el valor a 0 m y a 4 m el valor de la mayor pérdida, en la fase inicial se perdió un 85% de la firmeza en la fase media un 84% y en la fase tardía un 90%. A medida que el fruto avanza en su estado de madurez desciende la firmeza del mismo, no obstante, el impacto, como lo muestran las pruebas estadísticas, fue favorecido por el daño en la estructura y composición de paredes celulares mediante la hidrólisis de pectinas y la oxidación de azúcares y almidones (Laguado, *et al.* 1999).

Cuadro 6. Comparación de la variable de respuesta firmeza en los diferentes niveles de impacto a los que fueron sometidos los frutos de *E. chiotilla* n=5.

Altura de caída (m)	FIRMEZA kg/cm ²
0	5.4683 a ²
1	3.5077b
2	0.8794 c
4	0.9794 c
DMS	0.968
CV%	92.94

²Medias con letras iguales por columna no difieren según prueba de LSD (P≤0.05)
DMS (Diferencia mínima significativa) CV (Coeficiente de variación)

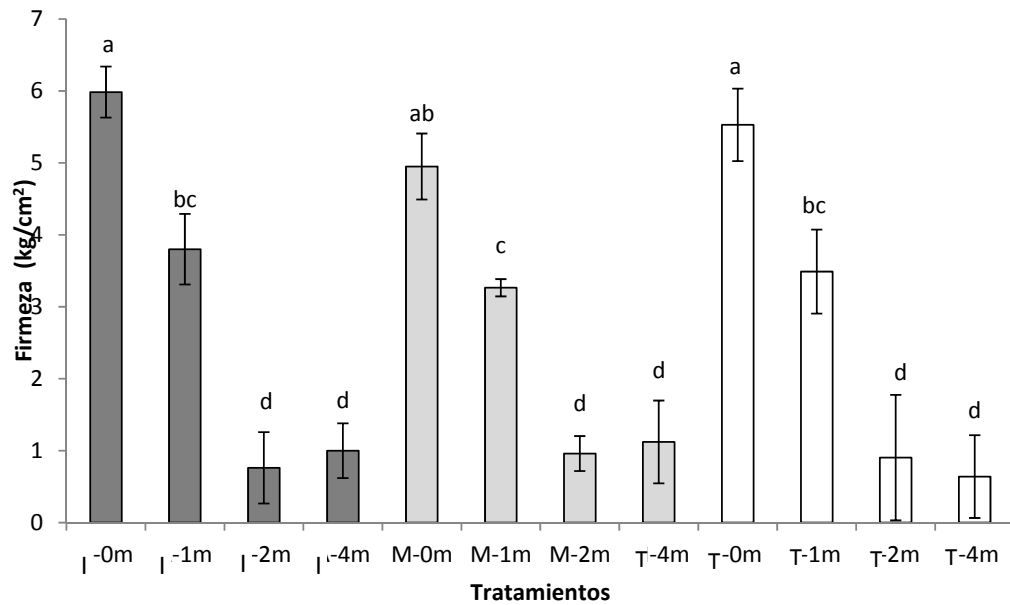


Figura 7. Firmeza promedio de los frutos de *E. chiotilla*. Cada columna representa el promedio de 5 repeticiones \pm error estándar. Columnas identificadas con la misma letra son iguales de acuerdo a la prueba de LSD a una $P \leq 0.05$. Fases de producción I-inicial, M-media, T-tardía. Niveles de impacto 0, 1, 2, y 4 m.



5.4 Cambio del color de *E. chiotilla* durante la vida postcosecha

Dentro de los parámetros del color "L" define el valor de la claridad donde si $L = 100$ es blanco y si $L = 0$ es negro (X-rate Incorporated, 2002). El cuadro 7 muestra el análisis estadístico entre meses y tratamientos en el día 1, 3, 5 y 7 posteriores a la cosecha.

El día uno no tiene diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en las fases de producción ni en los niveles de tratamiento, el día tres solo hay diferencias entre la fase inicial y media donde se muestra que los frutos de la fase inicial presentan mayor claridad y los de las otras dos fases se oscurecen; en los niveles de tratamientos no se encontraron diferencias ($P \leq 0.05$) en el día cinco se muestra que los frutos de mayor claridad son igualmente, los de la fase inicial diferentes significativamente ($P \leq 0.05$) con los de la fase media; por ultimo en el día siete los frutos de la fase tardía son los mas claros en relación a los de la fase inicial y media que no presentan diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre ellos.

A nivel de tratamientos, no se encontraron diferencias significativas en los días uno, tres y siete ($P \leq 0.05$) en el día cinco donde el tratamiento a 1 m presento los frutos mas claros en relación al tratamiento a 4 m del mismo día, sin embargo, los valores que muestran mayor claridad de los frutos fueron los del día uno posterior a la recolecta. Es posible que a pesar del golpe que los frutos sufrieron el daño sea focalizado y que no manifieste deterioro al resto del fruto por lo tanto el oscurecimiento de los frutos solo sea producto de los procesos metabólicos normales.

El croma "C" define si el fruto es más brillante o más opaco, es la saturación del color, los resultados de esta variable del color no tienen un patrón consistente. Se puede apreciar en el cuadro 7 que este parámetro del color en relación a las fases de colecta presento diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para el día uno en la fase inicial en relación a la fase media y tardía, estos estadísticamente iguales. En el día tres la fase media tiene diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en relación a las otras dos fases, para el día cinco los tres meses son estadísticamente iguales y para el día siete, la fase media y tardía son diferentes en forma significativa ($P \leq 0.05$) y la fase inicial no tiene diferencias con ninguno de los dos meses.

En cuanto a los tratamientos el croma ("C") no presentó modificaciones debido a los tratamientos es decir, no se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) que puedan



apuntar a que la variable del color fue modificada debido al impacto al que fueron sometidos los frutos, esto consistente con lo que se observó en relación a la prueba estadística de la claridad de los frutos en relación al daño, se presume que las modificaciones encontradas son principalmente de carácter normal del proceso metabólico que los frutos sobrellevan después de la cosecha.

El matiz "h°" se representa como el continuo de color de un matiz al siguiente en un plano polar como un anillo que va de rojo al amarillo al verde y al azul, en un plano polar el rojo está en un ángulo de 0°, el amarillo en 90°, el verde en 180° y el azul en 270° (X-rate Incorporated, 2002). En el cuadro 7 se puede observar que el análisis indica que no hay diferencias significativas entre tratamientos, que los frutos se mantienen con un color estable en relación a los frutos en 0 m esto nos dice que el impacto no es un factor que modifica el color de los frutos en ningún día posterior a la cosecha.

Por otra parte el análisis muestra las diferencias en el matiz del color de los frutos entre diferentes fases de producción, en el día uno y cinco no hay diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en el día tres hay diferencias en la fase media en relación a las otras fases, igualmente en el día siete donde la fase inicial y media son diferentes estadísticamente y la tardía no tiene diferencias con ninguno de las otras dos fases.

Aunque no se encuentran diferencias significativas muy evidentes, del día uno al día siete posterior a la colecta hay valores de 92.82° a 38.28°, en la fase inicial, de 93.21° a 40.64° de la fase media, y de 93.69° a 45.07° en la fase tardía. Tomando en cuenta que estos valores se pueden relacionar con el anillo de color ya antes mencionado esto nos indica que los valores van adquiriendo una tonalidad de amarilla a roja que es el color organolépticamente aceptado (Emaldi, *et al.* 2006). Así podemos corroborar que sin importar el mes de colecta y el impacto los frutos se oscurecen. Según Franco (2004), los principales pigmentos encontrados en *E. chiotilla* son las betacianinas (pigmentos rojos) que tiene como principal componente a la betanina y betaxantina y estas se ven afectadas por factores como luz, pH, oxígeno y temperatura; y la velocidad de degradación a diferentes temperaturas está influenciada por el pH y la actividad del agua, observando que ambos tienen un efecto potencial en la estabilidad del pigmento.

Por lo tanto, ninguna de estas condiciones están directamente modificadas debido al impacto, es por ello que puede suponerse que el color en ningún parámetro se vio afectado de manera importante.



Ya antes se definió que las respuestas encontradas en los parámetros del color pueden estar más asociadas a factores climáticos; temperatura, pH, oxígeno (Franco 2004, Azcon-Bieto, 1993) que a una respuesta del daño mecánico, en algunos frutos no climatéricos como los cítricos el etileno exógeno antes y después de la recolección promueve la degradación de clorofilas provocando el cambio de color, lo mismo sucede con frutos climatéricos como el plátano solo que el etileno no se aplica por que basta con el biosintetizado (Azcon-Bieto y Talón, 2008, Smin y Banks, 1993), sin embargo, el cambio de color en *E. chiotilla* aunque pueda no estar relacionada a la sensibilidad del fruto al etileno la pérdida de las clorofilas que confieren al fruto un color verde se asocia mas al comportamiento de un fruto de carácter climatérico.



Cuadro 7. Comparación de los parámetros de la variable de respuesta color (L, C y h°) en la fas inicial media y tardía y los diferentes niveles de impacto a los que fueron sometidos los frutos de *E. chitilla* n=5.

Nivel de Factor DDC	Día 1			Día 3			Día 5			Día 7		
Fase (A)	L	C	h°	L	C	h°	L	C	h°	L	C	h°
INICIAL	39.64 a ^z	17.23 b	92.82 a	39.28 a	16.87 a	83.48 a	33.52 a	11.29 a	52.55 a	30.37 b	8.42 ab	38.28 b
MEDIA	40.97 a	22.22 a	93.21 a	34.70 b	12.44 b	51.01 b	30.84 b	9.57 a	40.64 a	30.48 b	7.28 b	54.95 a
TARDÍA	41.09 a	21.07 a	93.69 a	36.94 ab	16.8 a	74.09 a	31.76 ab	10.68 a	46.62 a	32.32 a	9.53 a	45.07 ab
DMS	2.05	2.66	6.23	3.22	2.92	17.56	2.07	2.21	12.12	1.82	2.08	10.68
CV %	7.13	18.26	9.45	12.46	27.37	36.88	9.21	30.16	37.54	8.28	35.02	31.97
Tratamientos (m)												
0	40.22 a	20.86 a	93.58 a	36.39 a	15.49 a	71.46 a	31.95 ab	11.35 a	48.57 a	31.08 a	8.73 a	40.71 a
1	41.44 a	21.71 a	96.44 a	34.49 a	13.28 a	55.71 a	33.53 b	9.28 a	38.65 a	31.41 a	9.05 a	46.73 a
2	41.06 a	20.48 a	91.35 a	37.77 a	16.01 a	70.87 a	31.78 ab	10.11 a	48.77 a	31.07 a	8.18 a	51.64 a
4	40.13 a	19.44 a	91.83 a	37.84 a	15.77 a	71.48 a	30 a	10.85 a	46.72 a	31.06a	7.66 a	50.12 a
DMS	2.3	2.98	6.99	3.61	3.28	19.7	2.32	2.48	13.61	8.28	2.33	11.99
AxB	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^zLetras iguales en cada columna dentro de cada factor indican similitud estadística (LSD, 0.05) DMS= Diferencia menos significativa DDC= Días después de la colecta NS= No significativo (LSD, P≤0.05).



5.5 Actividad respiratoria (CO₂)

El cuadro 8 muestra la comparación de la concentración de CO₂ en las tres fases de producción y los diferentes niveles de impacto. Durante el día uno se puede apreciar que el patrón respiratorio va en descenso encontrando diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en las tres fases, se puede observar que la concentración más alta se reporta en la fase inicial seguida de la media y tardía, así mismo el día uno mostró una respuesta en el patrón respiratorio ligado a los niveles de impacto a los que fueron sometidos los frutos encontrando el pico máximo de respiración a 2 m sin tener diferencias significativas ($P \leq 0.05$) con el tratamiento a 4 m, es importante mencionar que solo en el día uno, se encontraron diferencias estadísticas que puedan relacionar el cambio del patrón respiratorio a los tratamientos; para los días posteriores (tres, cinco y siete) la concentración de CO₂ se mantuvo estable con valores que oscilan entre 417 mL CO₂/kg h y 310 mL CO₂/kg h.

A continuación en el día tres el análisis estadístico mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) encontrando la intensidad respiratoria en la fase media en relación a la fase inicial y tardía, posteriormente en el día cinco estuvo en la fase tardía y finalmente para el día siete no se encontraron diferencias significativas de ningún tipo ($P \leq 0.05$).

Es posible que el daño mecánico solo disparó la respiración en el primer día lo que indicaría que los frutos de *E. chiotilla* mantienen un nivel de respiración estable conforme pasan los días posteriores a la colecta, es decir, el daño que sufren los frutos por el impacto es mínimo y los frutos tienen la capacidad de evadir una respuesta negativa, sin embargo igualmente probable puede ser que el cambio en la concentración de CO₂ no reflejó cambios significativos por que la velocidad de respiración se modificó lo que puede indicar que se encontraron diferencias en el día uno por que los frutos respiraron a una mayor velocidad y que cuando esta velocidad disminuyó en el transcurso de los días subsecuentes no se registraron cambios por que el tiempo de estancia de los frutos en los recipientes donde se tomó la muestra fue el mismo, de una hora.

En el 2008 Alía-Tejacal y colaboradores midieron la respiración y producción de etileno en frutos de zapote (*Pouteria sapota*) con tratamientos de daño mecánico colocando un fruto en un recipiente hermético; no se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los valores máximos de respiración, posteriormente en 2010 midieron la misma variable, usando el mismo método, solo que incrementaron los frutos por de uno a



dos en un mismo recipiente, así encontrando diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en la tasa respiratoria y el nivel máximo de respiración.

Baquero y colaboradores en el 2005 establecieron una curva de respiración de la pitaya amarilla (*Acanthocereus pitajaya*) donde al medir la intensidad respiratoria se encontraron los valores máximos de CO_2 en el día seis, destacando que se localiza una segunda fase donde comienza la etapa de senescencia y disminuye la producción de CO_2 . Al ser la pitaya (*Stenocereus griseus*) un fruto muy similar, producto de una cactácea al igual que la "jiotilla", los datos no muestran ninguna similitud, no presenta una fase conocida como el pico máximo de respiración ni tampoco una fase donde comience la senescencia, lo que nos indica que sería recomendable ampliar los días de colecta y la temporada.

Por otra parte existen factores propios del desarrollo de la planta que pueden generar una influencia directa en los registros de la concentración del CO_2 tales como la edad de la planta o tejido así como factores abióticos como la temperatura, los niveles de oxígeno, o la disponibilidad de agua y nutrientes (Alia- Tejacal, 2000., Azon-Bieto y Talón, 2008). *Escontria chiotilla* podría ser clasificada como un fruto de alta respiración según Nakasone y Paull (1998) debido a que se localiza en el rango de respiración mayor a $35 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

Cuadro 8. Comparación de la concentración de CO_2 promedio de los frutos *E. chiotilla* de la fase inicial, media y tardía en los diferentes niveles de impacto $n=5$.

FACTOR DDC	Día 1	Día 3	Día 5	Día 7
	mL CO_2 /kg h			
Fase (A)				
INICIAL	696.31 a ^z	344.95 b	350.70 b	343.07 a
MEDIA	530.19 b	463.19 a	357.24 b	364.94 a
TARDÍA	245.96 c	337.91 b	456.2 a	377.07 a
DMS	96.72	79.54	91.75	102.26
CV%	30.99	29.03	44.46	32.95
Tratamientos (B)				
0 m	333.34 c	414.49 a	417.35 a	329.30 a
1 m	497.01 b	397.86 a	408.14 a	310.79 a
2 m	610.55 a	366.79 a	362.49 a	391.24 a
4 m	522.38 ab	371.76 a	388.15 a	415.45 a
DMS	111.69	89.24	102.95	118.08
AxB	NS	NS	NS	NS

^zLetras iguales en cada columna dentro de cada factor indican similitud estadística (LSD, $P \leq 0.05$) DMS= Diferencia menos significativa DDC= Días después de la cosecha NS= No significativo (LSD, $P \leq 0.05$).



5.6 Producción de etileno en los frutos de *E. chiotilla*

Para la variable producción etileno se observa en el cuadro 9 en relación a la fases de producción, en el día uno, que no hay diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en la concentración de etileno para ninguno de los fases de producción, para el día tres las concentraciones más altas que se registraron fueron en la fase inicial y media y disminuyen para la fase tardía, en el día cinco la concentración más alta se presentó en la fase tardía seguida de la fase inicial y media, y por último en el día siete el dato más alto de etileno se encuentra en fase inicial seguida de la tardía y la media.

Como es evidente, no hay un patrón definido de la concentración de etileno registrada en fases de producción. Esta condición puede deberse a dos motivos el primero nos permite pensar que *E. chiotilla*, es un fruto que presenta una curva respiratoria de carácter no climatérico como la que se muestra en la figura 3 debido a que no hay un aumento y una disminución ligada a la senescencia como es el caso de los frutos climatéricos, solo hay una disminución que se refleja al transcurrir de los días sin importar el tratamiento al que haya sido sometido el fruto, por otra parte, no se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos en ningún día, por lo que se puede suponer que el daño mecánico infringido a los frutos no fue un factor determinante para encontrar modificaciones en la concentración de etileno.

Ramos y colaboradores en el 2010 realizaron un proyecto de daño mecánico en papa donde en base a la experiencia de trabajo han demostrado que los daños por golpe, debido a la altura de donde se dejen caer las papas sobre superficies duras, varían con el tamaño de estas, así el daño es mayor para las grandes que para las pequeñas; debido a la mayor energía potencial de los tubérculos grandes, como regla general.

El segundo motivo es que los frutos de *E. chiotilla* con los que se trabajaron los ensayos del presente trabajo oscilan entre pesos de 11 a 15 g aproximadamente lo que nos permite suponer, en base a la teoría de energía potencial gravitacional que un cuerpo al ser levantado a una determinada altura adquiere esta energía en base al tamaño y peso es probable que debido a ello los frutos no recibieron un daño que mostrara ser significativo.



Cuadro 9. Comparación de la concentración de etileno $\mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ promedio de los frutos *E. chiotilla* de la fase inicial, media y tardía en los diferentes niveles de impacto $n=5$.

FACTOR	Día 1	Día 3	Día 5	Día 7
DDC	μL kg ⁻¹ h ⁻¹			
Fase (A)				
INICIAL	1.9857 a ^z	4.2847 a	3.7333 a	5.001 a
MEDIA	1.9387 a	4.7858 a	2.3284 b	2.3864 c
TARDÍA	1.8904 a	2.2464 b	4.6896 a	3.8979 b
DMS	0.271	0.7063	0.4749	0.4979
CV%	19.86	27.06	18.87	20.81
Tratamientos (B)				
0 m	2.0239 a	3.3975 a	3.5122 a	3.7146 a
1 m	1.9738 a	3.4753 a	3.7727 a	3.9969 a
2 m	1.8415 a	3.9463 a	3.3175a	3.6442 a
4 m	1.8847 a	3.9550 a	3.6406 a	3.6913 a
DMS	0.304	0.7924	0.5328	0.5749
AxB	NS	NS	NS	NS

^zLetras iguales en cada columna dentro de cada factor indican similitud estadística (LSD, $P \leq 0.05$) DMS= Diferencia menos significativa DDC= Días después de la cosecha NS= No significativo (LSD, $P \leq 0.05$).

5.7 Azúcares totales en los frutos de *E. chiotilla*

El cuadro 10 muestra el análisis estadístico de la concentración de azúcares totales encontrados en 100 g de tejido fresco. En el día uno no se encontró diferencias significativas ($P \leq 0.05$), en las fases de producción ni en relación a los tratamientos.

Para el día tres la concentración de azúcares totales mas baja se registro en la fase media con diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en relación a las otras fases, para el día cinco en la fase inicial y media iguales estadísticamente y con diferencias significativas con relación a la fase tardía, ésta, con el valor mas alto; por último, para el día siete las tres fases con diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre ellas, con el valor mas bajo en la fase media.

A nivel de tratamientos solo el día siete presentó diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en los frutos impactados a 4 m con relación a los frutos de 0 m, los frutos a 2 y 4 m sin diferencias significativas ($P \leq 0.05$) con los dos tratamientos ya mencionados con anterioridad.



En la fase media se registró la concentración más baja de azúcares totales en relación a las fases inicial y tardía, ambas sin diferencias entre ellos, a nivel de tratamientos se encontró que los frutos a 0 y 2 m son estadísticamente iguales y diferentes en relación a los frutos tratados a 1 y 4 m estos dos últimos con diferencias significativas entre ellos ($P \leq 0.05$), la concentración mas alta la reportan los frutos a 4 m.

En el día tres se observa una condición similar a la del día uno en relación a las fases de producción donde la concentración más baja se reporta en la fase media; en cuanto a los tratamientos no hay diferencias significativas entre ellos, es decir, estadísticamente la misma concentración de azúcares totales que se halló en los frutos a 0 m se encontró en los frutos que fueron tratados con daño mecánico.

El incremento de carbohidratos puede estar ligado a que los daños mecánicos aceleran el proceso de maduración (Alia-Tejacal, *et al.*2000) sin embargo, en el presente trabajo a excepción del día siete las pruebas estadísticas muestran que no se encuentran diferencias significativas ($P \leq 0.05$) que relacionen el daño mecánico provocado por el golpe con el incremento de carbohidratos encontrados, no obstante, aunque no se encontraron diferencias numéricas con patrones definidos se puede notar que al transcurrir de los días la concentración aumenta, un aspecto importante es que el coeficiente de variación, es muy alto lo que puede indicar un grado de variación más amplio, esta situación se podría contrarrestar al incrementar el número de repeticiones de la muestra e incrementar la toma de muestra de los días después de la colecta de siete a diez y así tener una visión más amplia de lo que pasa con la degradación de estos azúcares de cadenas largas en azúcares reducidos.



Cuadro 10. Comparación de la concentración de azúcares totales encontrados en 100 g de tejido fresco promedio de los frutos de *E. chiotilla* de la fase inicial, media y tardía en los diferentes niveles de impacto

FACTOR DDC	Día 1	Día 3	Día 5	Día 7
	mg/100g			
Fase (A)				
INICIAL	9.11 a ^z	13.73 a	9.72 b	13.18 b
MEDIA	9.40a	6.74b	6.36b	8.49c
TARDÍA	10.61 a	13.82a	14.87 a	9.26a
DMS	7.09	6.78	4.16	3.39
CV%	52.46	48.62	56.52	34.99
Tratamientos (B)				
0 m	6.75a	11.37a	11.43a	17.33a
1 m	5.67a	11.18a	11.58a	13.62ab
2 m	13.04a	11.12a	10.00a	13.80ab
4 m	13.50a	10.63a	8.74 a	10.11b
DMS	7.98	7.61	4.67	3.80
A*B	NS	NS	NS	NS

^zLetras iguales en cada columna dentro de cada factor indican similitud estadística (LSD, $P \leq 0.05$) DMS= Diferencia menos significativa DDC= Días después de la cosecha NS= No significativo (LSD, $P \leq 0.05$).

5.8 Azúcares reductores en los frutos de *E. chiotilla*

Los frutos respiran absorbiendo oxígeno y liberando dióxido de carbono, durante este proceso la producción de energía proviene de la oxidación de las propias reservas como polisacáridos, principalmente almidón y distintos metabolitos, dando lugar a la síntesis de azúcares de cadenas cortas como glucosa fructosa y sacarosa que son los azúcares principales que dan el sabor dulce a los frutos (Baez, *et al.* 2008, Taz- Zeiger 1997).

En el cuadro 10 se muestran las comparaciones de la concentración de azúcares reductores promedio de los frutos de *E. chiotilla* en la fase inicial, media, y tardía, en los diferentes niveles de impacto.

En el día uno se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre la fase inicial y media, en la fase tardía no tiene diferencias con ambos. A nivel de tratamientos solo se encontraron diferencias significativas en los frutos impactados a 4 m en relación a los frutos



de 0 m los; los frutos impactados a 1 y 2 m no tienen diferencias con los dos anteriores sin embargo, se puede observar que los valores van en descenso.

Para los días posteriores: tres, cinco y siete se observa un comportamiento muy similar al día uno, donde la fase inicial tiene la concentración más baja encontrando diferencias significativas en relación a mayo y junio; estos, sin ser diferentes de forma significativa ($P \leq 0.05$) entre ellos.

A nivel de tratamientos no se encontró ninguna diferencia significativa ($P \leq 0.05$) mas que la ya mencionada en el día uno.

En el caso de *Escontria chiotilla*, no presentó biosíntesis de azúcares reductores de forma significativa ($P \leq 0.05$) y los motivos pueden no estar relacionados a las condiciones propias del estrés por impacto, si no a características propias del fruto, es decir que *E. chiotilla* mantiene un nivel estable de contenido de azúcares reductores que, en relación a otros frutos de cactácea, son similares.

Crivaro y colaboradores (1998), realizaron una caracterización del jugo de tuna (*Opuntia ficus-indica*) donde registraron intervalos promedio de azúcares reductores de entre 8.235 y 9.230 g/100 g en frutos de un peso promedio de 32 g, Baéz y colaboradores (2008), realizaron un estudio de los cambios físicos, químicos y sensoriales en frutos de Pitahaya (*Hylocereus undatu*) registrando intervalos promedio de azúcares reductores de entre 2.4 y 2.6 % en frutos de hasta 469.2 g de peso.

Cifuentes y colaboradores en el 2011 realizaron un estudio del contenido de azúcares reductores y totales en piñas de agave mezcalero (*Agave potatorum*) registrando un promedio de azúcares reductores de 14.3% con pesos promedio de 19.7 kg.

La degradación de carbohidratos como almidones para dar lugar a azúcares de cadenas reducidas está ligada a la demanda energética del fruto para satisfacer las necesidades de dicha estructura cuando ya no esta a expensas de la planta.

En *Escontria chiotilla* el peso del fruto tiene una demanda energética, incluso con el daño provocado, que es capaz de satisfacer, es probable que el daño ocasionado por la caída no sea un factor que modifique la concentración de los azúcares reductores.

No obstante, podemos observar en los análisis estadísticos tanto de azúcares reductores como totales que los coeficientes de variación son muy elevados, como ya



antes se menciono esta característica dentro de un análisis nos puede reflejar un grado de variación más alto, esto podría evitarse al incrementar el número de repeticiones, la razón de ello es que en el día uno se encontró un incremento significativo ($P \leq 0.05$) con los frutos que fueron tratados con daño y sería deseable esperar que esta condición se presentara en los días posteriores ya que el fruto se encuentra en fases donde la integridad del fruto puede verse mas comprometida, así mismo, tampoco se observan señales donde el fruto entre en etapa de senescencia; también puede considerarse el hecho de que la respiración se vio modificada a nivel de tratamientos en este mismo día.

Cuadro 10. Comparación de la concentración de azúcares reductores encontrados en 100 g de tejido fresco promedio de los frutos de *E. chiotilla* de la temporada inicial, media y tardía en los diferentes niveles de impacto

FACTOR DDC	Día 1	Día 3	Día 5	Día 7
	mg/100g			
Fase (A)				
INICIAL	1.34 ^{b^z}	1.16 b	1.055 b	2.47 b
MEDIA	19.42 a	19.38 a	10.40 a	12.85 a
TARDÍA	10.18 ab	12.84 a	15.94 a	17.58 a
DMS	10.06	8.64	7.18	9.26
CV	121.78	96.65	98	106.83
Tratamientos (B)				
0 m	17.60 a	9.69 a	8.95 a	7.14 a
1 m	14.60 ab	13.39 a	11.04 a	15.90 a
2 m	8.8 ab	14.17 a	11.20 a	14.89 a
4 m	5.99 b	13.39 a	10.39 a	11.16 a
DMS	11.29	9.7	8.06	10.39
A*B	NS	NS	NS	NS

^zLetras iguales en cada columna dentro de cada factor indican similitud estadística (LSD, 0.05) DMS= Diferencia menos significativa DDC= Días después de la cosecha NS= No significativo (LSD, 0.05).



6. CONCLUSIONES

- En relación al peso hubo pérdidas desde el tratamiento a 1 m de impacto, sin embargo, el tratamiento que presentó la mayor pérdida fue a 4 m. En el análisis de las combinaciones entre las fases de producción y los niveles de impacto, los tratamientos que más afectaron al peso fue a 2 y 4 m. En la fase inicial perdieron un 26% en la media un 30% y en la tardía un 20% de su peso inicial.
- El volumen al igual que el peso presentó la mayor disminución en los frutos impactados a una altura de 4 m, en la fase inicial perdieron un 18%, en la media un 28% y en la tardía un 21%.
- En relación a la firmeza la mayor pérdida fue en los frutos tratados a 2 y 4 m de impacto, el análisis de la combinación de la fase de producción con los niveles de impacto mostró que en la fase inicial se perdió un 85%, en la media un 84% y en la tardía un 90%.
- En relación al color se observó que sin importar el mes de colecta los frutos oscurecen, ningún parámetro de color se ve afectado de forma importante.
- Los resultados de respiración muestran que el daño mecánico solo presentó diferencias en el primer día posterior a la cosecha, *E. chiotilla* mantuvo un nivel de respiración estable el resultado que sufren a causa del daño es mínimo así, pueden evadir respuestas negativas, aunque no se pudo observar una disminución de dicha variable producto de la fase de senescencia.
- La producción de etileno no mostró un patrón definido en relación a la temporada de colecta de los frutos de *E. chiotilla* tampoco se registro un cambio ligado al impacto, sin detectar un aumento y una disminución ligada a la senescencia.
- En relación a los azúcares totales, las concentraciones más altas se encontraron en la fase tardía a excepción de día siete donde se localizo en la fase inicial, así mismo, solo en el día siete se mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) a nivel de tratamientos.



- En relación a los azúcares reductores, se encontraron las concentraciones más altas en la fase media y tardía, diferentes entre sí solo en el día uno posterior a la colecta; en este mismo día se encontró una disminución en la concentración en los frutos del tratamiento a 4 m.
- El resultado final de la integración del análisis de todas las variables, es que el fruto de la cactácea *Escontria chiotilla* la "jiotilla" mostró ser sensible al daño mecánico en sus atributos perceptibles al tacto, como el peso, volumen y la firmeza, no así, a aquellas características bioquímicas que al ser modificadas se denotan en el sabor y la vista, como el color, las concentraciones de CO₂, etileno y los azúcares; esto en los primeros siete días posteriores a la cosecha.



7. RECOMENDACIONES

- Aumentar el número de repeticiones en los ensayos $n=10$, esto con la finalidad de obtener valores de coeficientes de variación más bajos y poder disminuir el grado de error.
- Debido a la dificultad de interpretar los valores encontrados de las variables CO_2 y concentración de etileno, se recomienda que el tiempo de espera de los frutos dentro de las cámaras para la toma de muestra del gas se extienda de una hora a dos.
- Aumentar un mes de colecta de los frutos con la finalidad de saber si los cambios de las variables principalmente de etileno y CO_2 presentan la misma tendencia o se encuentra un comportamiento distinto.
- Trabajar bajo un modelo de estrés por estiba bajo las mismas variables para conocer el comportamiento de dichas variables en un daño mecánico diferente con la finalidad de saber si el fruto al ser trasladado puede conservar alguna o todas sus características organolépticas.
- Medir antocianinas presentes, esto con la finalidad de ver la relación que puede tener con la variable de color.



ANEXO 1

Azúcares totales por el método de antrona (Whitham, *et al*; 1971)

1. Pesar 1 g de material vegetal cortar en trozos pequeños, colocar en matraz erlenmeyer de 125 mL agregar 40 mL de etanol al 80% hervir 20 minutos filtrar y guardar el material vegetal para almidones.
2. Evaporar el sobrenadante en baño maría cuidando que no se caramelize.
3. Determinación de azúcares totales.
4. Disolver lo evaporado en 20 mL de agua destilada (esto depende del material vegetal con el que trabaje podrían ser 50 mL si son frutos y 20 mL si son hojas).
5. Tomar un mililitro (este volumen depende de su curva de azúcares) colocar en tubos de fondo plano, ajustar a 3 mL con agua destilada.
6. Agregar 6 mL de antrona- ácido sulfúrico teniendo los tubos al agregar en un baño de hielo, dejando que resbale por las paredes poco a poco, dejarlos en dicho baño par que se enfríen (cuidando que no les caiga agua a los tubos de dicho baño).
7. Calentar en baño maría por 3 minutos (el baño maría debe estar en ebullición). Sacar y ponerlos en agua fría.
8. Leer la absorbancia a 600 nm. El blanco es de 3 mL de agua destilada más 6 mL de antrona- ácido el cual debe llevar el mismo procedimiento que las muestras.

Reactivos

- ✓ Agua destilada
- ✓ Ácido sulfúrico concentrado
- ✓ Antrona
- ✓ Antrona 0.400 g para 100 mL de ácido sulfúrico (preparar primero para que se disuelva).



Curva de glucosa

Pesar 14 mg de glucosa y se afora a 100 mL de agua destilada.

Glucosa (mL)	Agua (mL)	Antrona (mL)
0.1	2.9	6
0.2	2.8	6
0.3	2.7	6
0.4	2.6	6
0.5	2.5	6
0.6	2.4	6
0.7	2.3	6
0.8	2.2	6
0.9	2.1	6
1.0	2.0	6
Testigo	3.0	6

La curva se realiza siguiendo el mismo procedimiento anterior.



Azúcares reductores (Nelson Somogy, 1952)

1. Tomar 100 μL de la muestra ya redisuelta que tenemos para azúcares totales (esta cantidad puede variar dependiendo de la muestra + o -).
2. Colocar en tubos de vidrio de fondo plano y ajustar a un mililitro con agua destilada (esto es agregando 900 μL de agua destilada).
3. Agregar 1 mL de reactivo (A2+B3) y agitar vigorosamente, calentar a baño maría en ebullición por un tiempo de 20 minutos cubriendo cada tubo con papel aluminio sacar y poner en baño de hielo hasta enfriar.
4. Agregar 1 mL de arsenomolibdato agitar vigorosamente, y 7 mL de agua.
5. Leer absorbancia a 540 nm en un espectrofotómetro.
6. El blanco para ajustar el instrumento es todo el procedimiento anterior menos la muestra.

Curva glucosa

Pesar 15 mg de glucosa y se afora a 100 mL de agua destilada.

Glucosa mL	Agua destilada mL	Reactivo (A2+B3) mL	Arsenomolibdato	Agua mL
0.1	0.9	1.0	1.0	7.0
0.2	0.8	1.0	1.0	7.0
0.3	0.7	1.0	1.0	7.0
0.4	0.6	1.0	1.0	7.0
0.5	0.5	1.0	1.0	7.0
0.6	0.4	1.0	1.0	7.0
0.7	0.3	1.0	1.0	7.0
0.8	0.2	1.0	1.0	7.0
0.9	0.1	1.0	1.0	7.0
1.0	0.0	1.0	1.0	7.0
Testigo	1.0	1.0	1.0	7.0

La curva se realiza siguiendo el mismo procedimiento anterior.



Reactivos

Reactivo A2: disolver 12.5 g de Carbonato de Sodio anhidrido Na_2CO_3 , 12.5 g de tartrato de sodio potasio $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6\cdot 4\text{H}_2\text{O}$. 10 g de Bicarbonato de Sodio NaHCO_3 , 10 g de sulfato de Sodio anhidrido Na_2SO_4 , disolver en 350 mL de agua y diluir a 500 mL almacenar en frasco ámbar.

Reactivo B2: disolver 7.5 g de Sulfato Cúprico penta hidratado $\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ en 500 mL de agua y agregar 1 gota de ácido sulfúrico H_2SO_4 , almacenar en frasco ámbar.

Reactivo de Arsenomolibdato: disolver 25 g de Molibdato de Amonio tetra hidratado cristal $(\text{NH}_4)_6\text{MO}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ en 450 mL de agua agregar 21 mL de ácido sulfúrico concentrado. Disolver 3 g de Arseniato se Sodio hepta hidratado $\text{Na}_2\text{HAsO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ en 25 mL de agua y agregarlo a la solución anterior. Almacenar en frasco ámbar por 24 horas a 37°

El reactivo debe tener un color amarillo, después de almacenamiento a 37° .



REFERENCIAS

- Alia-Tejacal. I., 2000 Cambios bioquímicos y fisiológicos durante el desarrollo y postcosecha del mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn) Revista Chapingo serie Horticultura 6(1):63-72.
- Alia-Tejacal I., Bautista B. S., Colinas L. M. T., Hernández M. M., Hernández U. L., López M. V., Martínez M. A., Rodolfo O. O., Valle G. S. 2008. Estrés por impacto en frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota*) durante el manejo postcosecha. Rev. Fitotecnia Mexicana. (31):61-66.
- Alia-Tejacal I., Cano V. A., Colinas L. M. T., Pérez L. A., Rangel F. M., Villaseñor-Perea C. A. 2010. Comportamiento mecánico y fisiológico de frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq) H. E. MOORE & STEARN bajo compresión. Ingeniería Agrícola y Biosistemas 1 (2): 119-125.
- Arias M. S., Gama L. S.; Guzmán C. U. L., 1997. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán Instituto de Biología. UNAM. México. 146pp.
- Armella M. A y L., Yáñez-López. 1997. El uso de los Recursos Alternativos. En: Economía Ambiental Experiencias de América Latina. SEMARNAP y UAM. 254 pp.
- Arnaud V. R., García S., Bautista P.B. 1997. Agroindustrias de algunos frutos. IN: Ríos S.A. Suculentas Mexicanas/ Cactáceas Publicaciones. México. 189pp.
- Hobson G. E., 1993 Maduración del fruto. IN Azcon-Bieto J., Talon J. Fisiología y Bioquímica Vegetal. Ed. Mc Graw- Hill. Madrid España. 581pp.
- Azcon-Bieto y Talón M. 2008. Fundamentos de Fisiología Vegetal 2ª ed. McGraw-Hill Interamericana. España. 656pp.
- Baéz S. R., Centurión Y. A. R., Solís P. S., Saucedo V. C., Sauri D. E., 2008. Cambios físicos, químicos y sensoriales en frutos de Pitahaya (*Hylocereus undatu*) durante su desarrollo. Revista de Fitotecnia Mexicana 31(1): 1-5.



- Baquero D. E. L., Castro R. J. A., Narváez C. C. E., 2005. Catalasa, peroxidasa y polifenoloxidasas en Pitaya amarilla (*Anthocereus pitajaya*) maduración y senescencia. Acta Biológica Colombiana 10(2):49-59
- Bravo H. H., Scheinvar L. 1999. El interesante mundo de las cactáceas. 2ª Edición. Fondo de cultura Económica. 2ª Edición 233pp.
- Bravo H.H., 1978. Las cactáceas de México 2ª edición. Vol. I UNAM, México 743pp.
- Cifuentes D de L. A., Gómez O. S., Orea L. G., 2010. Contenido de azúcares reductores y totales en piñas de agave mezcalero cosechadas en tres ejidos del municipio de Suchil, Durango. Congreso Internacional de Ingeniería y Bioquímica. 7 pp.
- CONABIO, 2006. BIODIVERSITAS. Boletín Bimestral. No. 68 SEPTIEMBRE- OCTUBRE.
- Crivaro N., Najera M., Macias S., Orphee C., Rodríguez S., Spegazzini E. 1998. Caracterización de jugo de tuna (*Opuntia fucus-indica*) por análisis regresivo y micrográfico. Acta Farmacéutica Bonaerense. 17(4)244-254.
- Emaldi U., Nassar M. J., Semprum C., 2006. Pulpa del fruto del cardón dato (*Stenocereus griseus*, Cactaceae) como materia prima para la elaboración de mermelada. 83-92pp.
- Esquivel P., 2004. Los frutos de las cactáceas y su potencial como materia prima. Agronomía Mesoamericana, Costa Rica. 15(2):215-219.
- FAO, 1989. Manual para el mejoramiento del manejo postcosecha de frutas y hortalizas (Parte II). Folleto número 8 de la Serie Tecnología Postcosecha.
- Franco Z. M. E., 2004. Caracterización Parcial del Pigmento Rojo del Fruto de Jiotilla (*Escontria chiotilla*); una cactácea Subexplotada. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma-Iztapalapa. México 120pp.
- Google earth., INEGI. 2011. Mapa, Venta Salada Coxcatlán, Puebla. Día de consulta 9 de Mayo de 2012.



- Granados S. D., López R. G.F., Hernández G. M.A., 2009. Valle de Tehuacán y Cañada de Cuicatlán Historia Ecología y Cultura. Universidad Autónoma de Chapingo. 260pp.
- Guarioni A., 2004. Factores de precosecha que afectan a la calidad. Control de fisiopatías en frutas durante el almacenamiento en frío Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. Santa fe de Bogotá. Proyecto XI. 14pp.
- Higuera R. G. L., 1996. El proceso de producción y comercialización de la tuna en dos comunidades del estado de Puebla. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. México. 106 pp.
- Huerta P. C., 1998. Crecimiento y análisis del fruto de *Escontria chiotilla* (Weber) Rose y *Stenocereus prinosus* (Otto) Baxbaum; Venta Salada, Puebla. Tesis de Licenciatura. UNAM. FES Iztacala. Estado de México. 61pp.
- Kader A. A., 2002. Postharvest biology and technology: an overview. *In*: Postharvest Technology of Horticultural Corps. University of California. Agriculture and Natural Resources. 331pp.
- Kays S. J., Paull R. E., 2004. Postharvest Biology. Exon Press. GA, USA. 568 pp. IN
- Knee M., 2002. Fruit Quality and its Biological Basis. Edit. Sheffield. Academic Press. U.S.A 279 pp.
- Laguado N., Pérez. E., Alvarado. C., Marin. M., 1999. Características fisicoquímicas y fisiológicas de frutos de guayaba de los tipos Criollo Roja y San Miguel procedentes de dos plantaciones comerciales. Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad de Zulia. Maracaibo-Venezuela. 16: 382-397.
- López R., Díaz P. J., Martínez F.G. 2000. Propagación vegetativa de tres especies de cactáceas: pitaya (*Stenocereus griseus*), tunillo (*Stenocereus stellatus*) y jiotilla (*Escontria chiotilla*). Agrociencia. 4 (3): 363-367.



- Mandujano P. M. 1988. Respuesta fotosintética (Metabolismo Ácido de las Crasuláceas) en *Escontria chiotilla* (Weber) Rose. En ambiente controlado. Tesis de Licenciatura. UNAM. ENEPI. Estado de México. 51pp.
- Mandujano P. M. 2002. Evaluación de metabolismo ácido de las crasuláceas en ramas jóvenes y maduras de *Escontria chiotilla* (Weber) Rose, con orientación norte y sur en el municipio de Coxcatlan, Puebla. Tesis de Maestría. UNAM. FES Iztacala. Estado de México.
- Martínez C. Ma. de L., Cabrera. J. Ma. del C., Carmona A., Varela H.G. J. 2006. Promoción de la germinación de semillas de *Stenosocereus griseus* (Haworth) Baxbaum y *Escontria chiotilla* (Weber) Rose. Cact. Suc. Mex. 51:4. 111-121.
- Méndez L. H. H., 1988. Conservación de la jiotilla (*Escontria chiotilla*) por métodos combinados basados en la reducción de la actividad de agua. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México. 62 pp.
- Méndez G. S. J., García H. J., 2000. La tuna producción y Biodiversidad. Boletín Bimestral de la Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. No. 82
- Mittal. J. P., 1987. Rheological characterization of apple cortex. J. Text. Stud. 22: 251-263. IN Villaseñor P. C. A., Chávez F. S. H., Saucedo V. C., Salazar Z. A., Landois P. L. L., Hernández G. L. H. 2006. Comportamiento mecánico y fisiológico de frutos de Melón (*Cuculismelo* L.) bajo compresión axial.
- Mohsenin N. N., 1977. Characterization and failure in solid food whit particular reference to fruits and vegetables. J. Text. Stud. 8: 169-173. IN Villaseñor P. C. A., Chávez F. S. H., Saucedo V. C., Salazar Z. A., Landois P. L. L., Hernández G. L. H. 2006. Comportamiento mecánico y fisiológico de frutos de Melón (*Cuculismelo* L.) bajo compresión axial.



- Muñoz I. D. J., Mendoza C., López G.F., Soler A. A., Hernández M. M., 2007.
Edafología Manual de Métodos de análisis de suelo. Universidad Autónoma de México. Campus Iztacala. 82pp.
- Muy-Rangel D., Siller. C. J., Díaz., P. J., Valdés. T. B. 2004. Las condiciones de almacenamiento y el encerado afectan el estado hídrico y calidad del mango. Revista Fitotecnia Mexicana. Chapingo- México. 27(2):201-209.
- Nakasone, H. Y. y Paull, R. E. 1998. Tropical Fruits. CAB Interational. Biddles Ltd, Guildford y King's Lynn. London. 218pp.
- Nelson Somogy M., 1952. Notes on sugar determination. Journal of Biological Chemistry. IN Manual de Técnicas postcosecha. Universidad Autónoma Chapingo. 62 pp.
- Nieto P. C., 1980. La jiotilla. INIREB. Folleto. 41 (1): 1-4.
- Nieto P. C., 1980. La jiotilla. Recursos bióticos potenciales del país. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Comunicado No. 41.
- Peña M. C., Ramírez G. J., Ponce de León G. L., Barbosa M. C., 2007. Germinación de semillas almacenadas y recién cosechadas de *Escontria chiotilla* en distintos años de producción. Memorias del XVII Congreso Mexicano de Botánica. Zacatecas, Zac.
- Pérez D. L., 2010. Efecto del recubrimiento con quitosano en la calidad postcosecha del fruto de *Escontria chiotilla* (F.A.C. Weber ex K. Schum) Rose. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Campus Iztacala. Estado de México. 71pp.
- Pimienta B. E., 1999. El Pitayo en Jalisco y especies afines en México. Universidad de Guadalajara. Fundación Produce Jalisco, A.C. 324pp.



- Piña-Lujan I., 1997 Pitayas y otras cactáceas afines al estado de Oaxaca. Cactáceas y Suculentas Mexicanas. Revista de la Sociedad Mexicana de Cactología. 22(1): 3-14
- Ramírez G. J., Blas A. C., López M. E., Peña M. C., Barbosa M. C., Ponce de León. G. L., 2007. Comportamiento germinativo de *Escontria chiotilla* y *Stenocereus griseus* en función de la temperatura. Memorias del XVII Congreso Mexicano de Botánica. Zacatecas, Zac.
- Ramos E. M., Macías, S. I., Barreiro, E. P., 2010. Daños mecánicos en patata y evaluación mediante productos electrónicos. Revista de Ciencias Técnicas Agropecuarias. 19(1).
- Reyes S. J., Brachet I. C., Pérez C. J., Gutiérrez de la R. A., 2004. Cactáceas y otras plantas nativas de la cañada de Cuicatlán, Oaxaca. Sociedad Mexicana de Cactología. 196pp.
- Ruiz H. E.A., Gómez B. J. M., Barbosa M. C., Márquez G. J., Pelayo Z. C., Ponce de León G. L. 2005. Cambios morfo-histológicos de la bráctea del fruto de *Escontria chiotilla* (Cactaceae) para fundamentar un indicador de cosecha. Memorias del XXIX Congreso Nacional de Histología. Universidad Autónoma de Tlaxcala. 113pp.
- www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/infografias/Paginas/zonasaridas.aspx Día de consulta 17 de Marzo del 2011.
- www.sagarpa.gob.mx 2000 Día de consulta 27 de junio del 2012.
- Salvador E. M., 2004. Factores de precosecha que afectan a la calidad. Control de fisiopatías en frutas durante el almacenamiento en frío. Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. Santa fe de Bogotá. Proyecto XI. 18pp.
- Smin W. N. H., Banks., 1993. Color changes in apple bruises over time. Acta Hort. 334:304-306.



- Sánchez T. J., 2002. Biología floral y éxito reproductivo de *Escontria chiotilla* (Weber) en la región de la Mixteca Oaxaqueña. Reporte final de Servicio social. UAM Unidad Iztapalapa.
- Soriano S. J., Franco Z. M. E., Pelayo Z. C., Armella V. M. A., Yáñez L. M. L., Guerrero L. I., 2007. Caracterización parcial de pigmento rojo del fruto de la "Jiotilla" (*Escontria chiotilla* (Weber) Britton & Rose. Universidad Autónoma Metropolitana. Revista de Mexicana de Ingeniería Química 6 (1):19-25)
- Tenango C. E.; 2005. Germinación de *Escontria chiotilla* (Rose) Cactaceae. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Metropolitana Unidad Iztapalapa. 32pp.
- Valiente-Baunet A., Solís L., Dávila P., Arizmendi M del C., Pereira S. C., Ortega R. J., Treviño C. J., Rangel-Landa S., Casas A. 2009. Guía de la Vegetación del Valle de Tehuacán Cuicatlán. UNAM. 182pp.
- Villaseñor P. C. A., Chávez F.S.H., Saucedo V. C., Salazar Z. A., Landois P. L. L., Hernández G. L. H. 2006. Comportamiento mecánico y fisiológico de frutos de melón (*Citrus melo* L.) bajo compresión axial. Rev. Fitotecnia Mexicana. 29(2):157-162.
- Whitham F.H., Blaydes D. F., Devlin R. M., 1971. Experiments in plant Physiology. Van Nostrand Reinhold Company. New York. IN Manual de Técnicas postcosecha. Universidad Autónoma Chapingo. 62 pp.
- Wills y Lee, 1977 Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post- recolección. Ed. Acriba. España 195pp.
- X-Rite, Incorporated, 2002. Guía para entender la comunicación de color 24 pp. URL www.x-rite.com
- Yáñez L. L., Armella A. M., Pelayo C., Soriano J., Ramírez G., Sánchez M. D., Juárez A., García L., 2004. Jiotilla Plant (*Escontria chiotilla* (Weber) Britt. & Rose) as a New Resource Native to South México. ActaHort 632: 69-74.