



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

---

**INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS  
AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**

**FRUTICULTURA**

**COMPORTAMIENTO PRE Y POSTCOSECHA DE FRUTOS DE  
SIETE ACCESIONES DE TEJOCOTE (*Crataegus* spp.)**

**ALMADALIA VELASCO HERNÁNDEZ**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO**

**2012**

---

La presente tesis titulada: **Comportamiento pre y postcosecha de frutos de siete accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.)** realizada por la alumna: **Almadalia Velasco Hernández** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS  
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**

**FRUTICULTURA**

**CONSEJO PARTICULAR**

CONSEJERO



---

DR. CRESCENCIANO SAUCEDO VELOZ

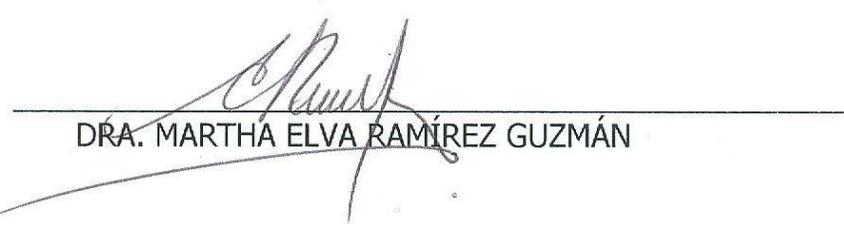
ASESOR



---

DR. RAÚL NIETO ÁNGEL

ASESOR



---

DRA. MARTHA ELVA RAMÍREZ GUZMÁN

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Noviembre de 2012

## COMPORTAMIENTO PRE Y POSTCOSECHA DE FRUTOS DE SIETE ACCESIONES DE TEJOCOTE (*Crataegus* spp.)

Velasco Hernández Almadalia, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2012

El objetivo fue conocer algunos cambios bioquímicos y fisiológicos durante el crecimiento, maduración y senescencia del fruto de siete accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.) con fines de calidad y vida de anaquel. Para el estudio se utilizaron frutos de las accesiones Atex 02, Atex 05, Acc 18, Acc 55, Acc 83, Acc, 86, y Acc 100 del Banco de Germoplasma de Tejocote de la Universidad Autónoma Chapingo, los cuales pertenecen a cinco diferentes grupos establecidos a partir de su caracterización morfológica. En precosecha se utilizó Atex 02 y Atex 05, a partir de la floración se midió periódicamente el aumento en diámetro, peso fresco, y se determinó el patrón de crecimiento, así como los cambios en intensidad respiratoria, pH, contenido de azúcares totales y ácido málico. En postcosecha, se midió la intensidad respiratoria, contenido de azúcares totales y reductores, ácido málico, color externo y pérdidas de peso en frutos almacenados a 18-22 °C y 50-60 % HR durante ocho días. Los resultados definieron para las siete accesiones un patrón de crecimiento doble sigmoide ocurriendo la maduración del fruto al final de la tercera etapa, los frutos de Atex 02, Atex 05, y Acc 55 presentaron mayor concentración de azúcares y menor de ácido málico al momento de cosecha, sugiriendo un mejor sabor. En postcosecha las siete accesiones mostraron un comportamiento no climatérico, presentando cambios en el contenido de azúcares y ácido málico la Acc 55, Acc 18, Acc 86, Acc 83, y Acc 100. Las pérdidas de peso fueron elevadas favoreciendo una apariencia de envejecimiento, sugiriendo una vida de anaquel menor a ocho días, excepto en la accesión 55.

**Palabras clave:** *Crataegus* spp., ácido málico, azúcares totales, intensidad respiratoria, patrón de crecimiento.

# PRE AND POSTHARVEST BEHAVIOR OF FRUIT OF SEVEN ACCESSIONS OF HAWTHORN (*Crataegus* spp.)

Velasco Hernández Almadalia, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2012

The objective was to determine some biochemical and physiological changes during growth, maturation and senescence of the fruit of seven accessions of hawthorn (*Crataegus* spp.) for purposes of quality and shelf-life. In the present research, the accessions Atex 02, Atex 05, Acc 18, Acc 55, Acc 83, Acc, 86, and Acc 100 from the Germplasm Bank of Hawthorn of the Universidad Autónoma Chapingo, were used which belong to five different groups established from its morphological characterization. For the pre-harvest behavior, the accessions Atex 02 and Atex 05 were used; both accessions were measured from flowering by determining the increase in diameter and fresh weight in order to establish the growth pattern, and the respiratory rate, pH, total sugars and malic content. The post-harvest behavior were determined by measurements of the respiratory rate, total and reducing sugars, malic acid content, external color and weight loss in the fruit storage at 18-22 °C and 50-60% HR for eight days. The fruit characterized a growth pattern of double-sigmoid and the fruit maturation happened at the end of the third stage. At this moment, Atex 02, Atex 05, y Acc 55 fruits had a higher sugars content and lower malic acid content, suggesting a better taste. During Post-harvest the seven accessions showed a non-climacteric behavior, changes in sugars and malic acid content in the Acc 55, Acc 18 and Acc 86, Acc 83, And Acc 100 were observed. The weight losses were high, favoring an aging appearance, suggesting a shelf-life of less than eight days, save the Acc 55.

**Key words:** *Crataegus* spp., malic acid, total sugars, respiration rate, growth pattern.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento para realizar mis estudios de maestría (Número de becario: 243568).

Al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT) por el otorgamiento de la beca conforme a las bases de la Convocatoria de Becas Tesis de Posgrado 2012.

Al Colegio de Postgraduados por permitirme obtener una formación académica de excelencia en sus instalaciones.

Al Dr. Crescenciano Saucedo Veloz por guiarme durante mis estudios y por las sugerencias para la investigación y culminación de la tesis.

Al Dr. Raúl Nieto Ángel por su apoyo incondicional, su amistad, pero sobre todo por el ejemplo de trabajo constante y profesional.

A la Dra. Martha Elva Ramírez Guzmán por su atención y sus valiosos comentarios sobre la parte estadística de la presente tesis.

A la Dra. Daniela Saucedo Reyes por sus atinadas observaciones y apoyo profesional para la presentación de los resultados de la tesis.

Al Sr. Arturo López Veloz por su valioso apoyo para desarrollar el trabajo de laboratorio y por sus atenciones hacia mi persona.

A la M.C. Cecilia Osorio, su colaboración en las actividades de laboratorio aunado a su experiencia y capacidad facilitaron la realización de este trabajo.

A mis profesores Drs: Alberto Enrique Becerril Román, Sergio Humberto Chávez Franco, Guillermo Calderón Zavala, Alfredo López Jiménez, Héctor González Rosas, Raquel Cano Medrano, Tito R. Vásquez Rojas, Daniel Nieto Ángel y al M.C. David Jaen, además de los conocimientos transmitidos, nos enseñan más de la vida.

Al personal secretarial del Programa de Fruticultura, por su amistad y apoyo proporcionado durante la realización de mis estudios.

## DEDICATORIA

A Dios por permitirme culminar con este trabajo, pero sobre todo porque me dio fortaleza para iniciarlo a pesar de las dificultades, gracias Señor por lo que soy.

A mis Padres: Lucila y Héctor que con su amor me dieron la vida. Quienes han conseguido darme raíces y alas. Raíces para no olvidar que hay un lugar en el mundo donde nací y aprendí una lengua, y alas que me muestran los horizontes sin fin de la imaginación y me llevan hasta mis sueños.

A mis hermanos: Olga y Diego por el cariño que nos une, me gustaría agradecerles de todo corazón lo que han hecho por mí, pero para ustedes mis queridos hermanos mi corazón no tiene fondo.

A mis queridos sobrinos: María José y Valentín, un sólo instante de sus risas y alegría alimentan mi alma. Y a ti precioso ser que pronto tendré la dicha de tenerte en brazos.

A mis tíos, en especial a mi tía Guadalupe, por sus atenciones y su preocupación que me hacen sentir como su hija, su apoyo facilitó mi desempeño en el Colegio.

A las familias: Hernández Pérez y Ciprián Hernández, saben que les estoy agradecida, pero quería dejar constancia de ello.

A mis primos, especialmente a Miguel, Daniel, Gabriel, César y Miguel Ángel por apoyarme siempre que lo he necesitado.

A mis amigos: Mario Alberto De La Cruz De Aquino, Yessica Abigail Alvarado Cepeda, Araceli Gallardo Sandoval, María Dolores Sánchez Aguirre, Iván Franco Gaytán, Adriana Isabel Pérez Luna y René García Martínez por los momentos compartidos, su confianza, y consejos, los recordaré con cariño.

*Almadalia*

## CONTENIDO

LISTA DE CUADROS .....	ix
LISTA DE FIGURAS .....	xi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1. Origen.....	4
2.2. Taxonomía .....	4
2.3. Distribución.....	5
2.4. Descripción botánica .....	6
2.5. Importancia y usos.....	9
2.6. Crecimiento de frutos.....	10
2.7. Maduración de Frutos.....	12
2.8. Situación actual en México .....	13
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
3.1. Material vegetal .....	15
3.2. Acciones seleccionadas.....	16
3.3. Experimento I: Determinación del patrón de crecimiento de frutos .....	16
3.3.1. Descripción del experimento.....	16
3.3.2. Variables evaluadas .....	17
3.3.3. Análisis estadístico .....	17
3.4. Experimento II: Cambios fisiológicos y bioquímicos durante el crecimiento .....	18
3.4.1. Descripción del experimento.....	18
3.4.2. Variables evaluadas .....	18
3.4.3. Análisis estadístico .....	21

3.5.	Experimento III: Fisiología de la maduración postcosecha.....	22
3.5.1.	Descripción del experimento.....	22
3.5.2.	Variables evaluadas .....	22
3.5.3.	Análisis estadístico .....	26
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	27
4.1.	Experimento I: Determinación del patrón de crecimiento de frutos .....	27
4.1.1.	Diámetro ecuatorial y longitudinal e índice de forma.....	32
4.2.	Experimento II: Cambios fisiológicos y bioquímicos durante el crecimiento .....	36
4.2.1.	Intensidad respiratoria .....	36
4.2.2.	Azúcares totales, pH y acidez titulable .....	38
4.3.	Experimento III: Fisiología de la maduración postcosecha.....	40
4.3.1.	Intensidad respiratoria .....	40
4.3.2.	Azúcares totales, azúcares reductores y acidez titulable .....	41
4.3.3.	Color y pérdida fisiológica de peso .....	44
5.	CONCLUSIONES .....	53
6.	LITERATURA CITADA .....	55
7.	ANEXOS .....	60

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Superficie sembrada (hectáreas) de frutales de clima templado en México.....	13
Cuadro 2. Superficie sembrada (hectáreas) y rendimiento ( $t\ ha^{-1}$ ) de tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.) .....	14
Cuadro 3. Modelos de crecimiento y bondad de ajuste del fruto de siete accesiones de tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.).....	31
Cuadro 4. Diámetro ecuatorial (mm) de frutos de siete accesiones de tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.) durante su crecimiento, procedentes del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo. ....	33
Cuadro 5. Diámetro longitudinal (mm) de frutos de siete accesiones de tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.) durante su crecimiento, procedentes del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo. ....	34
Cuadro 6. Índice de forma de frutos de siete accesiones de tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.) durante su crecimiento, procedentes del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo. ....	35
Cuadro 7. Cambios en ácido málico y pH en frutos de dos accesiones de tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.) durante su crecimiento.....	39
Cuadro 8. Cambios en el contenido de azúcares totales ( $mgg^{-1}$ ) durante postcosecha de frutos de siete accesiones de tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.) almacenados a $20 \pm 2\ ^\circ C$ y 50-60 % de humedad relativa. ....	42
Cuadro 9. Cambios en el contenido de azúcares reductores ( $mgg^{-1}$ ) durante postcosecha de frutos de siete accesiones de tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.) almacenados a $20 \pm 2\ ^\circ C$ y 50-60 % de humedad relativa. ....	43
Cuadro 10. Cambios en la acidez titulable (% de ácido málico) durante postcosecha de frutos de siete accesiones de tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.) almacenados a $20 \pm 2\ ^\circ C$ y 50-60 % de humedad relativa. ....	44
Cuadro 11. Luminosidad durante postcosecha de frutos de siete accesiones de tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.) almacenados a $20 \pm 2\ ^\circ C$ y 50-60 % de humedad relativa.....	45
Cuadro 12. Ángulo de tono (Hue) durante postcosecha de frutos de siete accesiones de tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.) almacenados a $20 \pm 2\ ^\circ C$ y 50-60 % de humedad relativa.....	46

Cuadro 13. Intensidad de color (Croma) durante postcosecha de frutos de siete accesiones de tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.) almacenados a $20 \pm 2$ °C y 50-60 % de humedad relativa.....	46
Cuadro 14. Pérdida de peso acumulada (%) durante postcosecha de frutos de siete accesiones de tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.) almacenados a $20 \pm 2$ °C y 50-60 % de humedad relativa. ....	52
Cuadro 15. Correlación entre variables en la última etapa de crecimiento de frutos de tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.) de la accesión Atex 02. ....	60
Cuadro 16. Correlación entre variables en la última etapa de crecimiento de frutos de tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.) de la accesión Atex 05. ....	61

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Curva estándar para azúcares totales por el método de antrona. ....	20
Figura 2. Curva estándar para azúcares reductores por el método de Nelson–Somogyi. ....	25
Figura 3. Cambios en el peso fresco de los frutos de siete accesiones de tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.). Medias $\pm$ desviación estándar. N=8. ....	28
Figura 4. Incremento de peso fresco en frutos de siete accesiones de tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.). Curvas de crecimiento ajustadas mediante un modelo cúbico. Medias $\pm$ desviación estándar. N=8. ....	31
Figura 5. Relación longitud/diámetro de frutos de siete accesiones de tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.) durante su crecimiento. Medias $\pm$ desviación estándar. N=8. ....	35
Figura 6. Intensidad respiratoria e incremento de peso fresco en frutos de dos accesiones de tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.) durante su crecimiento A) Atex 02 B) Atex 05. Medias $\pm$ desviación estándar. N=3. ....	37
Figura 7. Intensidad respiratoria y contenido de azúcares totales de frutos de dos accesiones de tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.) durante su crecimiento: A) Atex 02 B) Atex 05. Medias $\pm$ desviación estándar. N=3. ....	40
Figura 8. Intensidad respiratoria de frutos de siete accesiones de tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.) después de la cosecha. Medias $\pm$ desviación estándar. N=3. ....	41
Figura 9. Comportamiento de los componentes del color de frutos de siete accesiones de tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.) durante ocho días en postcosecha. Medias $\pm$ desviación estándar N=9. ....	47
Figura 10. Cambios en los componentes del color Lab-Hunter en frutos de siete accesiones de tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.) durante su almacenamiento a $22\pm 2^{\circ}$ C 50-60 % de humedad relativa. por ocho días. Medias $\pm$ desviación estándar N=9. ....	50
Figura 11. Pérdida de peso acumulada ocho días después de la cosecha de frutos de siete accesiones de tejocote ( <i>Crataegus</i> spp.) almacenados a $20 \pm 2^{\circ}$ C y 50-60 % de humedad relativa. ....	52

## 1. INTRODUCCIÓN

El tejocote pertenece a la familia de las Rosáceas, género *Crataegus*, el cual agrupa alrededor de 140 especies. En el continente Americano se localizan 90 de ellas y alrededor de 13 crecen en la república mexicana, de las cuales sólo dos se consumen como fruta fresca (Phipps *et al.*, 2003).

En ciertos Estados de la República mexicana el tejocote toma vital importancia en la alimentación, puesto que a pesar de ser un frutal de recolección tiene usos tan variados como los siguientes: hortícola (como cultivar y portainjerto), ornamental, forrajero, medicinal, como fruta fresca, y es una fuente importante de pectina (Nieto-Ángel y Borys, 1991). Adicional se utiliza para la preparación de licores tradicionales y conservas (Nieto, 2007).

En México, la superficie sembrada de tejocote en el 2010, según el SIACON, fue de 672.6 hectáreas con un rendimiento de 6.32 t ha<sup>-1</sup> y una producción total de 4 229.58 toneladas. Los tres principales Estados productores fueron: Puebla que participó con 558.5 hectáreas, Oaxaca que contó con 52.0 hectáreas y el Estado de Chiapas con 17.0 hectáreas, y un rendimiento promedio de 13.93, 2.08, y 2.5 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

El fruto de tejocote tiene una alta concentración de pectina, llegando a obtener hasta un 27 %, por lo que puede ser una buena alternativa para producirla a partir de este fruto (Pedroza-Islas *et al.*, 1995; Nieto Ángel, 2007). Las sustancias pécticas han sido utilizadas como agentes gelificantes, estabilizantes y emulsificantes de productos alimenticios (Rao y Fu., 2001). Lo que lo convierte en una especie potencial productora de estos ingredientes.

En México, el tejocote se ha estudiado más profundamente desde 1981 iniciando con una colecta de genotipos de tejocote en algunas regiones de México, entre las que se encuentran: El Estado de Chiapas, Estado de México y Puebla, por la gran diversidad existente en estos sitios, y se han establecido en un banco de germoplasma *ex situ* en la Universidad Autónoma Chapingo, teniendo como objetivo el conservar el género y paralelamente realizar estudios para la caracterización y aprovechamiento.

Recientemente se ha determinado el comportamiento viscoelástico y las propiedades de flujo de pectinas de diferentes accesiones de tejocote del Banco de Germoplasma y se relacionaron con la especie de donde provienen los frutos. Sin embargo poco se ha estudiado el comportamiento fisiológico y bioquímico que presentan los frutos de las diversas accesiones de tejocote durante el crecimiento y maduración en el árbol, y en postcosecha, que permita identificar el potencial de los frutos para su consumo.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Conocer algunos de los cambios bioquímicos y fisiológicos durante el crecimiento, maduración y senescencia del fruto de siete accesiones de tejocote

### **Particulares**

Determinar el patrón de crecimiento de los frutos y las características morfológicas en cuanto a tamaño y forma que definen el potencial de los frutos para su consumo.

Evaluar los cambios bioquímicos y fisiológicos durante el crecimiento de los frutos y relacionarlos con el patrón de crecimiento.

Evaluar la fisiología postcosecha con fines de calidad y vida de anaquel.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Origen

Las evidencias muestran que para el género *Crataegus* se desarrollaron dos líneas paralelas de evolución; una en Asia y otra en el Norte de América. Aunque se desconoce el origen del tejocote, el grupo de especies que predominan en México, representado por *C. Pubescens* y *C. mexicana* se originaron de *C. Scabrifolia*, este último tiene su hábitat en el Este del continente Asiático (Phipps, 1983).

En México, el término tejocote es el más utilizado, aunque este puede variar regionalmente, debido a que cada etnia que lo conoce le proporciona un nombre diferente. Sin embargo, dichos nombres no determinan la unidad taxonómica; muchos de estos nombres son consecuencia principalmente de la lengua que se habla en cada zona o región y de las características del fruto. Tejocote es el nombre más extendido, es de origen Náhuatl y viene de las raíces “*Tetl*” piedra y “*Xocotl*” fruto (Nieto-Ángel y Borys, 1993)

### 2.2. Taxonomía

El género *Crataegus* pertenece a la familia Rosaceae subtribu *Pyrinae*, lo que formalmente constituye la subfamilia Maloideae. Está constituido aproximadamente por 14 especies dispersas en todo el mundo, dividido en 40 series, de las cuales dos

terceras partes se encuentran en Norteamérica y el resto en Europa y Asia (Phipps *et al.*, 2003).

Existe controversia sobre la taxonomía del género *Crataegus* debido a que se le han detectado complicaciones reproductivas (Núñez-Colín y Hernández-Martínez, 2011) tales como diferentes niveles de ploidía (2x, 3x, 4x, 5x, y 6x; con x= 17) (Talent y Dickinson, 2005), apomixis, que en el caso del género está controlada genéticamente, ésta es aposporea, o raramente diplosporea (Muniyamma y Phipps, 1979a; Talent y Dickinson, 2007a, 2007b), agamospermia estéril masculina, hibridismo (Grant, 1989, Talent y Dickinson, 2007b), pseudogamia y autoincompatibilidad gametofítica, como en el caso del manzano (*Malus* spp.) (Phipps *et al.*, 2003) y por la poliploidía (Longley, 1924).

### **2.3. Distribución**

El tejocote en México se encuentra distribuido en las zonas montañosas de la Sierra Madre Oriental (Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí e Hidalgo), Sierra Madre Occidental (Durango y Chihuahua), la Sierra Madre del Sur (Oaxaca y los Altos de Chiapas), y en el Eje Neo-Volcánico (Veracruz, Puebla, Estado de México, Morelos, Jalisco y Michoacán (Phipps, 1997; Pérez-Ortega *et al.*, 2004). Los genotipos con mayor grado de domesticación se encuentran en algunas zonas del Eje Neo-Volcánico (Borys, 1989).

## 2.4. Descripción botánica

El tejocote es un árbol o arbusto, que se desarrolla dependiendo de las condiciones en donde se encuentra. Existen árboles muy desarrollados y que tienen un solo tronco, pero también existen árboles en forma de arbustos, ya que en lugar de tener un solo tronco, presentan varias ramas desde el suelo, y estas generalmente desarrollan poco, tanto en altura como en diámetro (Nieto-Ángel, 2007).

En el sistema radical del tejocote predominan las raíces de tipo pivotante, de enraizamiento profundo, aunque también hay tipos de crecimiento horizontal (Nieto-Ángel y Borys, 1992).

El tallo es delgado, sin espinas, ramas con pocas espinas o sin ellas, tallos muy alargados y leñosos, con una activa formación de brotes en la cima (Borys y Vega Cuen, 1984); presenta un tallo modificado conocido como aguijón, el cual inhibe el crecimiento terminal y es diferente a las espinas, las cuáles son hojas modificadas y a las púas que son sólo crecimientos de las superficie de los tallos y hojas (Cronquist, 1971). La sección transversal del tallo es de forma regular, redonda u ovoidal, fuertemente irregular, acanalado, presenta crecimiento vertical recto a espiral. La corteza joven es de coloración gris a rojizo (Cronquist, 1971; Nieto Ángel y Borys, 1992).

El género *Crataegus* presenta una gran diversidad de forma de hojas (Rzedowski, 1979; Tamaro, 1984; Cristensen, 1982). La diversidad se manifiesta en el borde, forma, largo y ancho de la lámina y el tipo de ápice. Las hojas son alternas, pecioladas y simples (Sánchez Sánchez, 1974). Las hojas del tejocote presentan una gran particularidad, y esta es que las hojas de los brotes vegetativos son diferentes a las de los brotes reproductivos. Delgado *et al.* (1984), menciona que la superficie de cada una de las hojas cercanas a los frutos es mucho más grande y que va disminuyendo conforme se distancian de los frutos en el caso de los brotes fructíferos largos.

En el tejocote las flores se producen en racimos terminales de forma corimbosa o cimosa. Hipantio en forma de copa o campanulado, adherido al ovario. Cinco sépalos enteros o dentados. Cinco pétalos, blancos o rosados, expandidos, insertados sobre el margen del disco en el cuello del hipantio. Estambres que varían en número de 5 a 25, en series de una a tres, insertados sobre el margen del hipantio, con los filamentos dilatados en la base y las anteras dorsifijas y acorazonadas, oblongas, subglobosas, blancas, rosas o púrpuras. Ovario ínfero, de uno a cinco carpelos unidos al eje floral, formando un cuerpo algo hundido en el ápice. Presenta cinco cavidades, con dos óvulos ascendentes en cada una y cinco estilos terminados en cabezuela (Sánchez-Sánchez, 1974).

En observaciones realizadas por Borys (1996) menciona que los genotipos que se encuentra en el Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo han florecido de diciembre a abril.

El periodo de floración en la mayoría de las especies de *Crataegus* es corto; típicamente, todas las flores abren en una semana, lo que restringe la polinización (Phipps *et al.*, 2003). Esto ocasiona que muchas de las especies no produzcan semilla aunque exista fruto formado y desarrollo de endocarpio (Nieto-Ángel *et al.*, 2009).

La forma del fruto es redonda, aunque existen otras variantes, periforme, elipsoide, pentagonal y oval (Phipps, 1983; Borys y Vega-Cuen, 1984). Diámetro ecuatorial de 5 a 53 mm y diámetro polar de 5 a 48 mm. La epidermis es homogénea, de color amarillo, anaranjado a rojo oscuro o chapeado con rojo de variable tonalidad e intensidad. La pulpa varía de color entre accesiones de amarillo, anaranjado, blanco verdoso, blanco amarillo, blanco rojizo y difusión de rojo no homogéneo. De textura suave a firme, y compacta a esponjosa (Nieto-Ángel y Borys, 1992). El número promedio de semillas por fruto es de  $3.22 \pm 0.48$ . El valor máximo de semillas por fruto es de 4.40 semillas y el mínimo de 2.10 semillas (Nieto-Ángel *et al.*, 2009).

Los colores más frecuentes en las accesiones del Banco de germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo son el amarillo chapeado naranja y el rojo, y menos

frecuente el color amarillo. El peso promedio del fruto es de  $5.51 \pm 3.96$  g. La longitud del fruto es un carácter poco variable, el valor medio de las accesiones es de 1.753 cm, tan sólo una accesión es larga al carácter longitud del fruto y que presenta mayor peso. En cuanto al diámetro del fruto el valor medio es de  $1.922 \pm 0.508$  cm (Nieto-Ángel, 2007).

## **2.5. Importancia y usos**

La importancia del género *Crataegus* radica en su enorme potencial de aprovechamiento como fruta fresca, porta injerto de otros frutales, forraje, fuente de pectina, ornamental y medicinal (Nieto-Ángel y Borys, 1991).

Su condición de especie semidoméstica en México, junto con la facilidad de presentar apomixis comprobada en algunas especies (Talent y Dickinson, 2005), hace que presente una gran variabilidad morfológica con características muy particulares y contrastantes.

El tejocote ha sido aprovechado desde la época prehispánica en México y está íntimamente ligado a la cultura tradicional mexicana (Leszczyńska-Borys y Borys, 2004); desde el punto de vista cultural y comercial, se utiliza en las celebraciones de “todos santos” y en Navidad para la elaboración de ponches y llenado de piñatas (Borys y Leszczyńska-Borys, 1994; Núñez-Colín, 2009a). Se ha demostrado que el

fruto tiene alto contenido de vitaminas, minerales y pectinas (Núñez-Colín, 2009a). El tejocote de tamaño relativamente grande tiene demanda como fruta fresca y para la elaboración de dulces regionales como los almíbares.

El fruto del tejocote contiene un 82 % de Agua, 10.54 % de Carbohidratos, 2.55 % de Goma, 2.27 % de Celulosa, 1.58 % de Proteínas, 0.09 % de Grasas, así como importantes cantidades de Calcio, Fósforo y Retinol. Del peso seco, el 83.40 corresponde a la pulpa y el 16.90 % a la semilla (Higareda *et al.*, 1995).

Algunas especies de *Crataegus* se emplean como una alternativa para el tratamiento de una variedad de condiciones cardiovasculares, incluyendo angina, hipertensión y arritmias (Rigelsky y Sweet, 2002). Por tanto, puede jugar un papel importante en la prevención y tratamiento de enfermedades cardiovasculares, en particular, la insuficiencia cardíaca congestiva (Chang *et al.*, 2005).

## **2.6. Crecimiento de frutos**

El crecimiento es una aproximación holística, explicativa e integral, para comprender la forma y funciones de los vegetales (Hunt *et al.*, 2002). En general, el patrón de crecimiento de los frutos es sigmoide o doble sigmoide. En el patrón de crecimiento sigmoide el fruto exhibe una fase de rápido crecimiento exponencial durante las primeras etapas de crecimiento hasta que una velocidad máxima es

alcanzada, la cual es seguida por una fase de crecimiento estable sin cambio aparente en dimensión hasta que el fruto está maduro. En el patrón de crecimiento doble sigmoide se presentan dos periodos de rápido incremento del crecimiento separados por un periodo de lento o suspensión del crecimiento (Opara, 2000). Blumenfeld (1980) mostró que el patrón de crecimiento de frutos de níspero (Rosaceae) fue exponencial, el cual es distinto de aquellos miembros de la familia Rosaceae tales como la manzana y pera que siguen un patrón de crecimiento sigmoide. Este patrón de crecimiento peculiar fue atribuido a el crecimiento rápido que ocurre hacia la maduración cuando las temperaturas incrementan en primavera.

La elaboración de curvas de crecimiento permite conocer el modo como crece el fruto en función del tiempo. Su elaboración es indispensable para la aplicación racional de las labores culturales en el momento adecuado, para garantizar una respuesta óptima del vegetal de acuerdo con nuestras necesidades y exigencias (Casierra-Posada *et al.*, 2004).

El durazno tiene un patrón de crecimiento doble sigmoide, la división celular del pericarpio es especialmente activa en la primera etapa, enseguida se presenta el desarrollo de la semilla suceso responsable del lento crecimiento durante la segunda etapa, y en la tercera etapa el crecimiento se debe al alargamiento celular (Chalmers y Van de Ende, 1977).

El crecimiento de berries es caracterizado por una curva de crecimiento doble sigmoide con tres distintas etapas de crecimiento. La etapa uno es marcada por un periodo de rápido crecimiento, la cual comienza con la fertilización y abarca el periodo de división celular. La segunda es caracterizada por un retraso marcado del desarrollo del pericarpio y es asociado con el rápido desarrollo del embrión y del endospermo. Un rápido incremento en el desarrollo del pericarpio marca la aparición de la etapa tres (Monselise, 1986).

## **2.7. Maduración de Frutos.**

Los genotipos de tejocote del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo, producen en un periodo de seis meses, concentrándose la mayor producción en los meses de octubre, noviembre y diciembre. Los genotipos con mayor tamaño de fruto, inician su madurez a finales de Octubre e inicios de Noviembre. Existen genotipos de tejocote donde su periodo de caída de fruto es de 21 días, hasta aquellos que se dan en un intervalo de 100 días. La variabilidad existente en el comportamiento de la caída de frutos de tejocote durante el periodo de cosecha se da en tres etapas: inicio, intermedio y final, la mayoría de los genotipos presentan la caída de frutos al inicio del periodo de cosecha, otros en la etapa intermedia y muy pocos en el periodo final (Nieto-Ángel, 2007).

Kramer *et al.* (1991) mencionan que la pérdida de agua de los frutos disminuye a medida que aumenta la maduración. El comportamiento del peso de frutos de tejocote al momento de la caída, como índice de deshidratación de los frutos durante el periodo de cosecha, la mayoría tiende a disminuir de peso a través del tiempo, otros genotipos se mantienen constantes (Nieto-Ángel, 2007).

## 2.8. Situación actual en México

Comparando al tejocote con otros frutales templados de importancia comercial, este sólo ocupó el 0.4 % del total de la superficie sembrada en el año 2010 (Cuadro 1). Y aunque en la mayoría de las comunidades el tejocote se produce junto con otras especies frutales y ornamentales, y está establecido como cultivo de traspatio para autoconsumo y venta local, es un frutal que en algunas regiones del país ocupa un lugar importante de producción.

Cuadro 1. Superficie sembrada (hectáreas) de frutales de clima templado en México.

Frutal	AÑOS		
	2008	2009	2010
Manzana	61,007.15	60,228.79	61,219.53
Durazno	45,509.54	45,562.39	44,720.86
Guayaba	22,373.59	22,815.55	22,576.11
Ciruela	14,892.45	14,892.55	15,294.65
Pera	3,776.70	3,820.65	4,217.65
Higo	836.45	860.95	1,201.45
Membrillo	735.5	760.5	740.5
Tejocote	680.1	675.6	672.6

Fuente: Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON), 2011.

El Estado de Puebla tiene la mayor superficie sembrada y el mayor rendimiento y aunque el Estado de México cuenta con poca superficie sembrada de este frutal, los rendimientos están por arriba de los que se obtienen en otros Estados con mayor superficie sembrada (Cuadro 2). En Puebla el tejocote se produce a nivel comercial en 26 municipios con una producción estimada de 3 141 toneladas, con una derrama económica de 3 millones 227 mil pesos en beneficio de más de mil productores.

Cuadro 2. Superficie sembrada (hectáreas) y rendimiento (t ha<sup>-1</sup>) de tejocote (*Crataegus* spp.).

Estado	Sup. Sembrada (hectáreas)	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )
Puebla	558.5	6.965
Oaxaca	52	2.08
Chiapas	17	2.5
Jalisco	14	4.05
Distrito Federal	12.1	4.73
Estado de México	10	5.8
Zacatecas	9	5

Fuente: Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON), 2011.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Material vegetal

La presente investigación se realizó con material del Banco de Germoplasma de Tejocote ubicado en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma de Chapingo, localizado a los 19° 29' de Latitud Norte, 98° 53' de Longitud Oeste y a 2240 msnm (García, 1988).

El clima es C(Wo) (w)b (i')g, templado moderado lluvioso y el más seco de los subhúmedos, con lluvias en verano; la temperatura media anual es de 15 °C y la precipitación media anual es de 644.8 mm, con un promedio de 96 días de lluvia, ocurriendo la máxima precipitación en el mes de julio y la mínima en febrero. La evaporación potencial varía de los 990 a los 2,300 mm al año. Los vientos alcanzan una velocidad media de 10 km hr<sup>-1</sup>, dominando las direcciones de NE y NW (García, 1988).

El Banco de germoplasma de tejocote cuenta con una colección de 93 accesiones, de las cuales 50 son provenientes de Chiapas, 18 del Estado de México, y 25 de Puebla. Los árboles están establecidos a una distancia de 2 m entre árboles y 2.5 m entre hileras. Cada accesión está compuesta desde 1 hasta 6 árboles, injertadas de tipo inglés compuesto. La cubierta es orgánica, generalmente se

realizan tres deshierbes (mayo, septiembre y octubre), y se encuentra instalado un sistema de riego presurizado.

### **3.2. Accesiones seleccionadas**

Se evaluaron los frutos de siete accesiones de tejocote, los cuales pertenecen a cinco diferentes grupos establecidos a partir de la caracterización morfológica propuesta por Núñez-Colín (Aguirre, 2010): Acc 18 (*Crataegus tracyi*), y la Acc 83 (*Crataegus tracyi*), originarias del estado de Chiapas; la Acc 55 (*Crataegus mexicana*), Acc 86 (*Crataegus mexicana*), la Acc 100 (*Crataegus mexicana*), Atex 02, y Atex 05 originarias del Estado de Puebla.

### **3.3. Experimento I: Determinación del patrón de crecimiento de frutos**

#### **3.3.1. Descripción del experimento**

Se registró el momento de floración de cada accesión y tras el amarre se realizaron muestreos cada 15 días considerando como tiempo límite el momento en que cambios en peso y diámetro fueron mínimos. En cada muestreo se determinó el diámetro ecuatorial y longitudinal de ocho frutos en un árbol para cada accesión y se cosecharon ocho frutos etiquetados tomados al azar. En un lapso de dos horas los frutos cosechados se trasladaron al Laboratorio de Fisiología Postcosecha del

Colegio de Postgraduados en Montecillo, Texcoco, Estado de México, donde se determinó el peso de los frutos.

### **3.3.2. Variables evaluadas**

**Peso del fruto.** Se midió el peso individual (g) de ocho frutos por accesión y periodo de muestreo, utilizando una balanza electrónica ALSEP modelo EX2200.

**Diámetro longitudinal.** Se midió con un vernier digital Mitutoyo Corp modelo CD-6" CX, los datos se expresan en milímetros (mm).

**Diámetro ecuatorial.** Se midió también con el vernier digital en la zona ecuatorial del fruto de máxima dimensión. Los datos se expresan en milímetros (mm).

**Índice de forma** (diámetro longitudinal / diámetro ecuatorial). Se determinó mediante el cociente de diámetro longitudinal entre diámetro ecuatorial del fruto.

### **3.3.3. Análisis estadístico**

Los datos de índice de forma y de peso se graficaron en función del tiempo, las curvas de peso obtenidas se ajustaron a un polinomio cúbico mediante un análisis de regresión no lineal usando el programa GraphPad Prism<sup>®</sup> (2007 GraphPad Software,

Inc.). La bondad de ajuste fue evaluada mediante los estadísticos  $R^2$  y *CME*. A los resultados de diámetro longitudinal, diámetro ecuatorial e índice de forma se les realizó un análisis multivariado de la varianza (MANOVA), y las medias se compararon con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) (SAS, 2002).

### **3.4. Experimento II: Cambios fisiológicos y bioquímicos durante el crecimiento**

#### **3.4.1. Descripción del experimento**

Para las accesiones Atex 02 y Atex 05 a partir de los 75 días después de la floración se realizaron medidas de la velocidad de respiración y producción de etileno, y a partir de los 90 días de crecimiento se determinaron los cambios en el contenido de azúcares totales, pH y acidez titulable, cortando frutos cada 15 días hasta la madurez.

#### **3.4.2. Variables evaluadas**

**Intensidad respiratoria.** Se determinó por cromatografía de gases de acuerdo con el método estático (Salveit y Sharaf, 1992) utilizando un cromatógrafo de gases (Hewlett Packard 5890, serie II) equipado con un detector de conductividad térmica (TCD) y un detector de ionización de flama (FID). Se colocaron frutos enteros en un recipiente con volumen conocido cerrado herméticamente durante 1 h. La temperatura de la columna fue 150 °C y para el FID y TCD fue 170 °C. Para cada

accesión se realizaron tres repeticiones. Los resultados se expresaron en mL de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>.

**Azúcares totales.** El contenido de azúcares totales (%) se determinó por el método de antrona descrito por Witham *et al.* (1971).

#### Preparación de la curva estándar

Se disolvieron 5 mg de glucosa en 50 mL de agua destilada, de aquí se tomaron alícuotas de 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, y 1 mL, los cuales se colocaron en tubos de ensaye y se aforaron a 3 mL con agua destilada. A los tubos aforados se les agregó 6 mL de una la solución de antrona (obtenida al mezclar 100 mL de ácido sulfúrico concentrado con 4 g de antrona); los tubos fueron colocados en un baño de hielo al ser aforados. Enseguida los tubos se colocaron en baño maría hirviendo durante tres minutos, posteriormente se sumergieron en agua fría y después se registró la absorbancia a 600 nm en el espectrofotómetro Spectronic 20. Cada alícuota se tomó por triplicado. Con los registros de absorbancia se obtuvo la curva estándar y un modelo mediante regresión lineal.

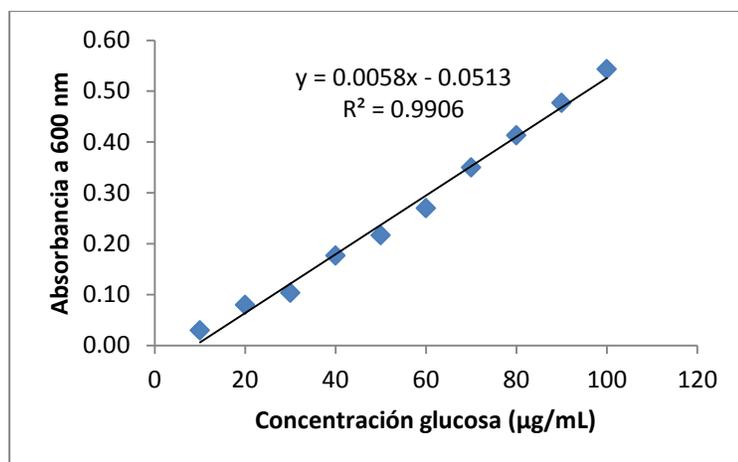


Figura 1. Curva estándar para azúcares totales por el método de antrona.

#### Análisis de las muestras

Se pesó y se picó 1 g (pulpa con la cáscara) de tejocote, se colocó en 60 ml de alcohol etílico al 80 %, se pusieron a hervir durante 10 min, al pasar este tiempo se filtró y se midió un volumen de 20 mL. De la solución de alcohol se tomó 1 mL y se deshidrató en baño maría (60 °C), enseguida se rehidrató agregando 20 – 60 mL de agua destilada y de esta solución se tomó 1 mL y se aforó con agua destilada a 3 mL. Luego se agregó 6 mL de la solución de antrona, en un baño de hielo y se colocó en un baño a ebullición por 3 min. Enseguida se sumergieron en agua fría y finalmente se tomaron las lecturas correspondientes en el espectrofotómetro Spectronic 20, a 600 nm. Como blanco se preparó una solución con tres mL de agua destilada más 6 mL de la solución de antrona a la que se le aplicó el mismo tratamiento. Para cada muestra se realizaron tres repeticiones.

**pH y acidez titulable.** El pH se determinó con 10 g de tejocote finamente picado (pulpa y cáscara) el cual se licuó con 50 mL de agua destilada. Para cada tratamiento se realizaron tres repeticiones. La medición se hizo con un potenciómetro Corning (AOAC, 1990).

La acidez titulable se determinó mediante el método descrito por la AOAC (1990), para lo cual se pesó 10 g de tejocote finamente picado y se licuaron con 50 mL de agua destilada, se filtró el extracto y se tomaron muestras de 5 mL por triplicado para cada tratamiento. Se realizó la titulación volumétrica con Hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N y fenolftaleína al 2.5 % como indicador. Los resultados se expresaron en porcentaje (%) de ácido málico.

### **3.4.3. Análisis estadístico**

Los datos de respiración se graficaron en función del tiempo de muestreo, calculando la media y la desviación estándar. Para las demás variables se realizó un análisis multivariado de la varianza (MANOVA), las medias se compararon con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ), y se realizó una correlación entre variables mediante el análisis de correlación de Pearson (SAS, 2002).

### **3.5. Experimento III: Fisiología de la maduración postcosecha**

#### **3.5.1. Descripción del experimento**

Se evaluaron siete accesiones: Atex 02, Atex 05, Acc 18, Acc 55, Acc 83, Acc 86, y Acc 100. Los frutos se cosecharon considerando los cambios mínimos en peso al final del crecimiento. Las accesiones 18 y 83 se cosecharon en la última semana de Septiembre, las accesiones 55, Atex 02 y Atex 05 en la segunda semana de Octubre y las accesiones 86 y 100 en la última semana de Octubre. Los frutos se almacenaron a una temperatura de  $20 \pm 2$  °C y 50-60 % de humedad relativa.

#### **3.5.2. Variables evaluadas**

**Intensidad respiratoria.** Se determinó siguiendo el mismo procedimiento que en el experimento II. Las mediciones se realizaron los días 0, 2, 4, 6, y 8 después de la cosecha.

**Color.** Se registraron los valores de luminosidad (L) y de los espectros a y b con un colorímetro “Hunter Lab” modelo D25-PC 2 optical sensor serie 15062 en la superficie de los frutos en un punto de la parte ecuatorial. Las mediciones de color externo, se llevaron a cabo utilizando la escala CIE Lab. Para estandarizar las mediciones, se utilizó una placa blanca estándar  $X= 80.12$ ,  $Y= 82.14$ ,  $Z= 94.41$ . Con los valores de L, a, y b se calculó los parámetros de color: Ángulo de tono o Hue ( $\tan^{-1}$

<sup>1</sup> b/a) e índice de saturación  $(a^2 + b^2)^{1/2}$ . Al día 0 y 8 después de la cosecha, tras la exposición a condiciones de  $20 \pm 2$  °C y 50-60% de humedad relativa. Para cada accesión se hicieron nueve repeticiones. Las determinaciones son expresadas como el valor medio  $\pm$  su desviación estándar.

**Pérdida fisiológica de peso.** Se pesaron nueve frutos diariamente con una balanza electrónica ALSEP modelo EX2200, la diferencia a los ocho días (inicial y final) se reporta como % de pérdida de peso respecto al peso inicial, que se obtuvo con la formula siguiente:

$$PP (\%) = (P_i - P_f) * 100 / P_i$$

Donde:

P<sub>i</sub> = Peso inicial; P<sub>f</sub> = Peso final en un tiempo determinado.

**Azúcares totales.** Se siguió el mismo procedimiento que en el experimento II. Las mediciones se realizaron al momento y 8 días después de la cosecha.

**Azúcares reductores.** El contenido de azúcares reductores (%) se determinó al momento y 8 días después de la cosecha por el método de Nelson (1944) y Somogy (1952).

### Preparación de la curva estándar.

Se disolvieron 5 mg de glucosa en 50 mL de agua destilada, de aquí se tomaron alícuotas de 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, y 1 mL, los cuales se colocaron en tubos de ensaye por triplicado. A los tubos se les agregó 1 mL de reactivo (A+B) y se agitaron con un Vortex GENIE, Modelo K-550-0; enseguida se colocaron en un baño maría a ebullición por 20 minutos cubriendo las muestras con papel aluminio; pasado este tiempo, se enfriaron en un baño de hielo y después se agitaron con el vortex. Se agregó 1 mL de reactivo de arseniomolibdato y se agitaron. Finalmente se agregó 7 mL de agua destilada, se agitó nuevamente con el vortex, y después se registró la absorbancia a 540 nm en el Spectronic 20. Con los registros de absorbancia se obtuvo la curva estándar y un modelo mediante regresión lineal.

El Reactivo A se obtuvo disolviendo en 800 mL de agua destilada lentamente y de uno en uno los siguientes reactivos: 25 g de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (carbonato de sodio anhidro), 25 g de tartrato de sodio y potasio, 20 g de  $\text{NaHCO}_3$  (bicarbonato de sodio), 20 g  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (sulfato de sodio anhidro) y se aforó a un litro. Para obtener el Reactivo B se colocaron 7.5 g de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (sulfato de cobre) en 50 mL de agua destilada, y se agregó una gota de ácido sulfúrico concentrado. El Reactivo de Nelson – Somogyi (A+B) se tuvo al mezclar 24 mL del reactivo A con 1 mL del reactivo B. Para obtener El Reactivo de arseniomolibdato se agregó 25 g de molibdato de amonio en 450 mL de agua destilada más 21 mL de ácido sulfúrico. Se disolvió por separado 3 g de arseniato de sodio en 25 mL de agua destilada, y se mezclaron los reactivos en

el orden que se mencionan, la solución se colocó en baño maría a 55° C durante 30 minutos y se dejó enfriar.

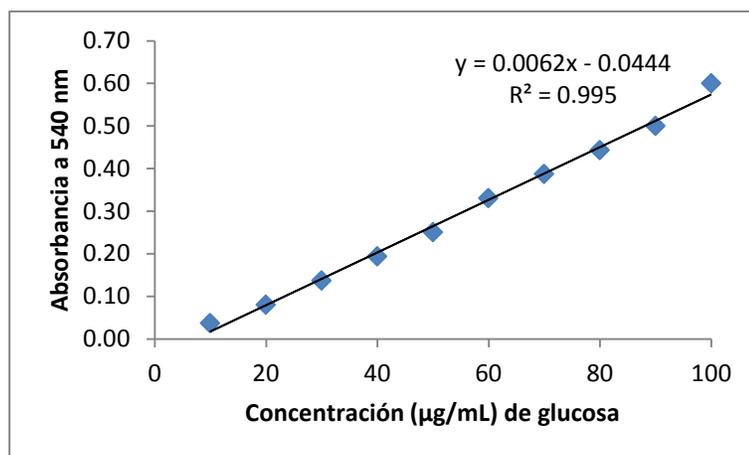


Figura 2. Curva estándar para azúcares reductores por el método de Nelson–Somogyi.

#### Análisis de las muestras

Se pesó y se picó 1 g (pulpa con la cáscara) de tejocote, se colocó en 60 ml de alcohol etílico al 80 %, se pusieron a hervir durante 10 min, al pasar este tiempo se filtró y se midió un volumen de 20 mL. De la solución de alcohol se tomó 1 mL y se deshidrató en baño maría (60 °C), enseguida se rehidrató agregando 15 – 60 mL de agua destilada, de esta solución se tomó 1 mL y se les agregó 1 mL de reactivo (A+B) y se agitaron con un Vortex GENIE, Modelo K-550-0; enseguida se colocaron en un baño maría a ebullición por 20 minutos cubriendo las muestras con papel aluminio; pasado este tiempo, se enfriaron en un baño de hielo y después se agitaron con el vortex. Se agregó 1 mL de reactivo de arseniomolibdato y se

agitaron. Finalmente se agregó 7 mL de agua destilada, se agitó nuevamente con el vortex, y después se registró la absorbancia a 540 nm en el Spectronic 20. Como blanco se preparó una solución con 1 mL de agua destilada más 1 mL de reactivo (A+B) a la que se le aplicó el mismo tratamiento. Para cada muestra se realizaron tres repeticiones.

**pH y Acidez titulable.** Se determinó de la misma forma que en el experimento II. Las mediciones se realizaron al momento y 8 días después de la cosecha.

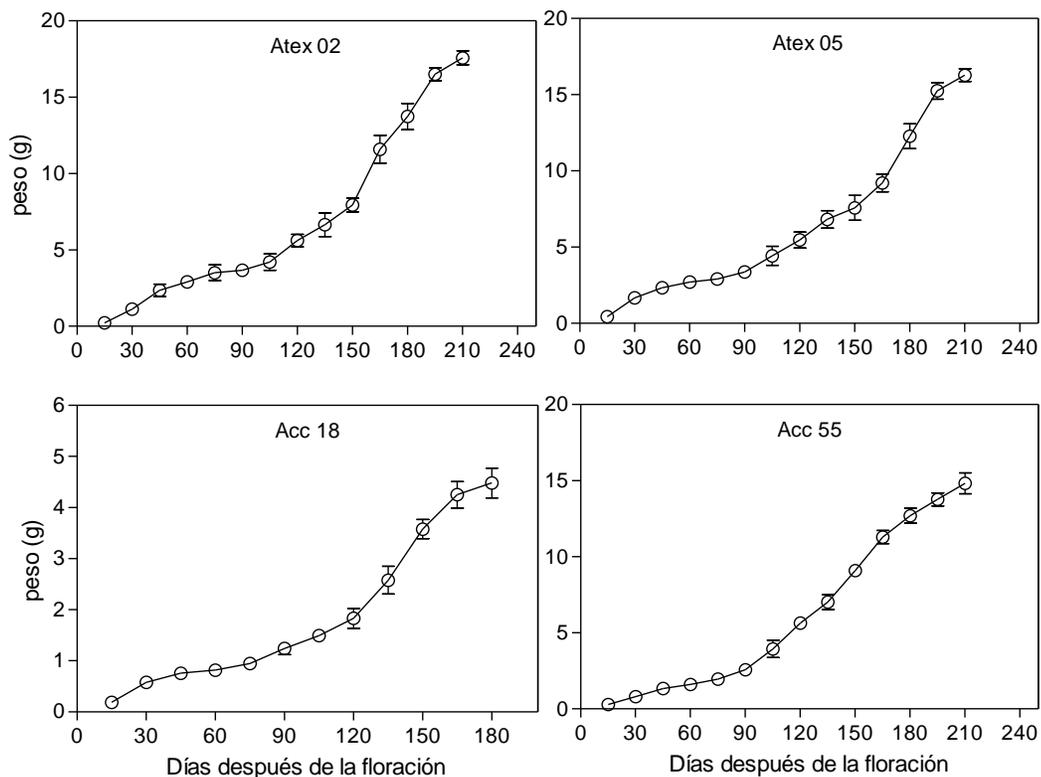
### **3.5.3. Análisis estadístico**

Los datos de respiración se graficaron en función del tiempo de muestreo. El resto de las variables se analizaron mediante el análisis de la varianza multivariado (MANOVA) y se realizó comparación de medias utilizando la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Experimento I: Determinación del patrón de crecimiento de frutos

Las curvas determinadas (Figura 3) sugieren que, de acuerdo con el aumento acumulativo en peso fresco, el peso de los frutos de las siete accesiones de tejocote manifiesta un patrón de crecimiento doble sigmoide similar al que se observa en los frutos de hueso, en los cuales se presentan dos periodos de rápido incremento de crecimiento separados por un periodo de lento crecimiento (Opara, 2000).



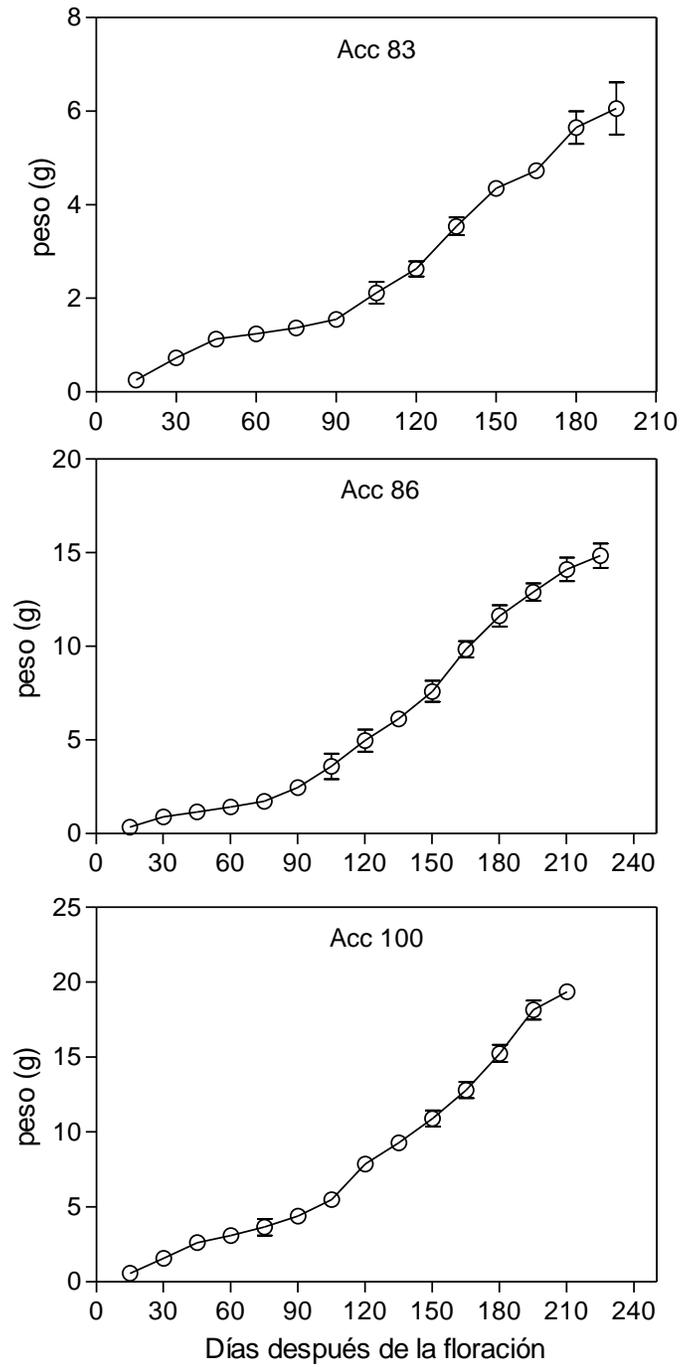


Figura 3. Cambios en el peso fresco de los frutos de siete accesiones de tejojote (*Crataegus* spp.). Medias  $\pm$  desviación estándar. N=8.

De acuerdo a los comportamientos observados en la Figura 3 para los frutos de tejocote de las siete accesiones, los datos experimentales se ajustaron a un comportamiento doble sigmoide. Los modelos de ajuste se describen en el cuadro 3, de acuerdo con estos modelos se distinguió un primer periodo de incremento significativo en peso fresco, que en el caso de la accesión Atex 02 fue de 45 días después de la floración (DDF) alcanzando un peso de 2.3 g, para el caso de la accesión Atex 02 dicho periodo fue de 30 días con un peso de 1.7 g. Posteriormente, se presentó un segundo aumento no significativo que en Atex 02 comprendió el periodo de 45 a 105 DDF en cuyo caso los frutos alcanzaron 4.1 g, en tanto que para Atex 05 fue de 30 a 90 DDF con peso de 3.3 g. Un tercer aumento significativo se presentó entre los 105-210 DDF para Atex 02 y 90-210 DDF para Atex 05 con un peso final de 17.6 y 16.2 g, respectivamente (Figura 4).

En la accesión 83 hay aumento significativo del peso fresco durante los 45 DDF, de los 45 a 90 DDF el aumento no es significativo, presentando diferencias significativas a partir de los 90 DDF, y posteriormente alcanzaron en la cosecha a los 195 DDF un peso promedio de 6.2 g. La accesión 18 tuvo un significativo incremento en peso fresco durante los 30 DDF, enseguida el incremento es lento hasta los 105 DDF con un peso de 1.5 g, después se presenta una diferencia significativa durante los siguientes 60 días alcanzando en la cosecha un peso promedio de 4.5 g a los 180 DDF. En la accesión 100 el incremento de peso fresco fue significativo durante los primeros 15 DDF, en los siguientes 30 días no hubo un incremento significativo,

esta comenzó a incrementar significativamente su peso fresco a partir de los 60 DDF alcanzando un peso promedio de 19.3 g en la cosecha a los 210 DDF (Figura 4).

Para las accesiones 55 y 86 solamente presentaron aumento significativo a partir de los 105 DDF, lo que permite suponer que en toda la etapa de aumento no significativo no ocurre una diferenciación entre el crecimiento en base a división celular y desarrollo del embrión.

De acuerdo con Phipps *et al.* (2003) el género *Crataegus* pertenece a la familia Rosaceae, dentro de la cual varias especies producen frutos con comportamiento doble sigmoide caracterizado por presentar dos etapas de rápido crecimiento, separadas por otra de lento crecimiento. Por otro lado, Monselise (1986) reporta que el tamaño de los frutos esta determinado genéticamente por el género, especie y cultivar, estableciendo con esto una dinámica de reacciones bioquímicas y fisiológicas, así como de formación de estructuras, bien definida; situación que explica las diferencias en tamaño de fruto y periodos de duración de cada una de las etapas en ambas accesiones.

Cuadro 3. Modelos de crecimiento y bondad de ajuste del fruto de siete accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.).

Accesión	Ecuación de regresión*	CME	R <sup>2</sup>
Atex 02	$y = -0.02935 + 0.04676x - 0.0002203x^2 + 2.008E^{-6}x^3$	0.7599	R <sup>2</sup> = 0.99
Atex 05	$y = 0.1569 + 0.04918x - 0.0003002x^2 + 2.141E^{-6}x^3$	0.5508	R <sup>2</sup> = 0.99
Acc 18	$y = 0.3225 + 0.002076x + 6.470E^{-5}x^2 + 3.403E^{-7}x^3$	0.2439	R <sup>2</sup> = 0.98
Acc 55	$y = 1.626 - 0.06791x + 0.001158x^2 - 2.508E^{-6}x^3$	0.4767	R <sup>2</sup> = 0.99
Acc 83	$y = 0.4681 - 0.0006655x + 0.0001925x^2 - 1.891E^{-7}x^3$	0.2399	R <sup>2</sup> = 0.99
Acc 86	$y = 1.251 - 0.04324x + 0.0007751x^2 - 1.281E^{-6}x^3$	0.3625	R <sup>2</sup> = 0.99
Acc 100	$y = 0.7338 + 0.01207x + 0.0003661x^2 - 5.612E^{-8}x^3$	0.3320	R <sup>2</sup> = 0.99

\* En la ecuación, la variable Y corresponde al peso fresco del fruto y la variable X representa los días después de la floración.

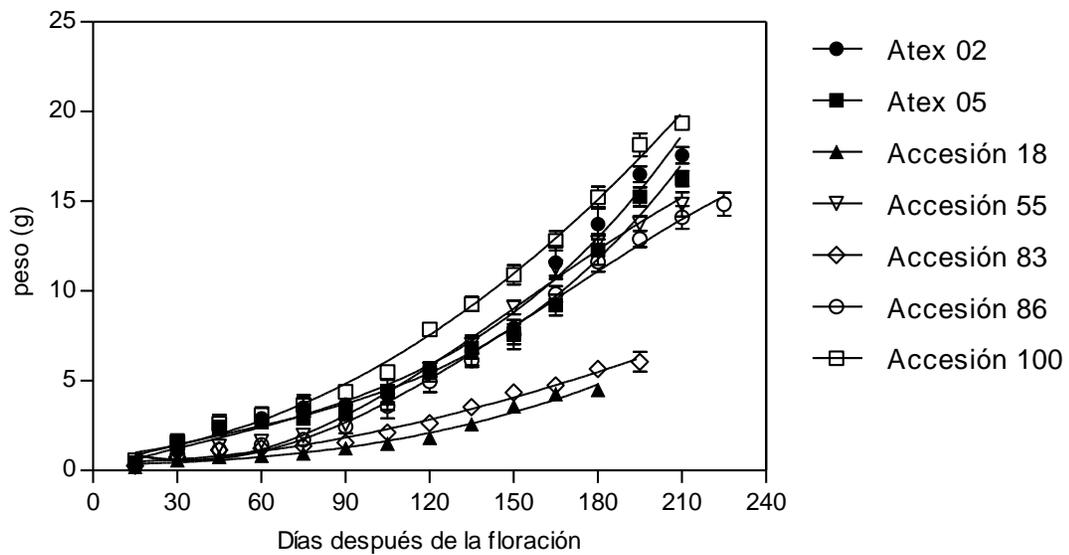


Figura 4. Incremento de peso fresco en frutos de siete accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.). Curvas de crecimiento ajustadas mediante un modelo cúbico. Medias  $\pm$  desviación estándar. N=8.

#### **4.1.1. Diámetro ecuatorial y longitudinal e índice de forma**

Se obtuvo diferencia significativa a nivel de tratamientos y a nivel de etapas (Días después de floración) y hubo interacción altamente significativa de manera conjunta y a nivel univariado.

El diámetro ecuatorial en la accesión Atex 02 el crecimiento es significativo durante los 45 DDF, enseguida el incremento no es significativo sino hasta los 180 DDF. En las accesiones Atex 05 y 100, a los 30 DDF hay una diferencia significativa en el diámetro ecuatorial, después el crecimiento es lento ya que los valores indican que no hay diferencia significativa durante los siguientes días sino hasta los 180 DDF. La accesión 18 tiene un significativo incremento durante los 30 DDF, enseguida se presenta un lento incremento del diámetro ecuatorial y a los 150 DDF comienza a tener un incremento significativo. En las accesiones 55 y 86 a partir de los 30 DDF se va dando un lento incremento del diámetro ecuatorial y hasta los 180 se comienza a dar una diferencia significativa. En la accesión 83 no se presenta diferencia significativa a través del tiempo hasta los 165 DDF, (Cuadro 4).

Cuadro 4. Diámetro ecuatorial (mm) de frutos de siete accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.) durante su crecimiento, procedentes del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo.

DDF	DIÁMETRO ECUATORIAL (mm)													
	Atex 02		Atex 05		Acc 18		Acc 55		Acc 83		Acc 86		Acc 100	
15	5.64	i	7.92	i	5.81	j	6.26	i	6.48	i	6.39	i	8.42	i
30	10.31	h	11.76	h	7.99	i	9.00	h	8.70	hi	9.43	h	11.99	h
45	13.48	g	15.38	g	10.55	h	11.43	gh	10.10	gh	11.21	gh	15.11	g
60	16.89	f	16.53	fg	10.88	gh	12.09	g	10.94	fg	12.36	fg	15.81	fg
75	17.77	f	17.70	ef	11.84	fg	13.24	fg	11.68	fg	13.77	f	16.98	fg
90	18.45	ef	17.88	ef	12.60	ef	14.84	ef	12.30	efg	16.47	e	18.04	ef
105	19.60	e	19.14	de	13.56	e	16.33	de	13.03	ef	17.85	de	20.00	de
120	21.20	d	20.66	d	14.99	d	17.98	cd	14.45	de	19.56	d	21.84	cd
135	22.67	cd	22.49	c	16.05	d	19.58	bc	16.34	cd	21.76	c	23.22	c
150	23.85	bc	23.58	bc	17.35	c	20.64	b	17.41	bc	23.11	bc	24.44	bc
165	25.11	b	24.84	ab	19.04	b	21.83	ab	19.07	b	24.69	ab	26.53	ab
180	26.84	a	26.30	a	20.38	a	23.25	a	21.49	a	26.57	a	27.50	a
CV (%)	5.11		5.56		5.20		9.77		9.82		6.74		8.25	
DMS	1.59		1.75		1.17		2.55		2.23		1.92		2.66	

Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo con una prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). N=8. DDF: Días Después de la Floración. CV: Coeficiente de Variación, DMS: Diferencia Mínima Significativa.

Con respecto al diámetro longitudinal (Cuadro 5) los valores siguen la misma tendencia que el diámetro ecuatorial lo que confirma que el patrón de crecimiento de los frutos es doble sigmoide.

Cuadro 5. Diámetro longitudinal (mm) de frutos de siete accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.) durante su crecimiento, procedentes del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo.

DDF	DIÁMETRO LONGITUDINAL (mm)													
	Atex 02		Atex 05		Acc 18		Acc 55		Acc 83		Acc 86		Acc 100	
15	5.76	h	9.67	j	4.79	h	7.16	i	7.78	h	6.73	i	8.59	i
30	10.01	g	11.73	i	6.84	g	9.32	hi	8.93	h	9.63	h	12.78	h
45	13.56	f	15.10	h	9.38	f	10.37	gh	9.91	gh	11.45	g	16.10	g
60	17.17	e	16.32	gh	9.62	f	11.82	fg	11.46	fg	12.92	fg	17.10	fg
75	17.82	e	17.18	g	10.32	ef	12.21	fg	12.05	efg	13.83	f	17.98	fg
90	18.24	e	17.63	fg	10.96	e	13.52	ef	12.51	ef	16.30	e	18.73	ef
105	19.04	de	19.02	ef	11.41	de	15.09	de	13.14	def	17.15	de	20.45	de
120	20.31	cd	19.96	de	12.44	cd	16.20	cd	13.99	cde	18.42	d	21.90	cd
135	21.66	bc	20.75	cd	12.83	c	17.37	bcd	15.34	bcd	20.47	c	22.69	bc
150	23.29	ab	22.15	bc	14.04	b	18.32	abc	15.91	bc	21.39	bc	24.19	ab
165	24.18	a	23.38	ab	14.72	ab	18.84	ab	16.96	ab	22.21	ab	25.42	a
180	25.15	a	24.53	a	15.67	a	19.88	a	18.80	a	23.41	a	26.13	a
CV (%)	6.53		5.07		6.23		10.45		11.21		5.98		6.05	
DMS	1.98		1.54		1.16		2.49		2.46		1.62		1.97	

Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo con una prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). N=8. DDF: Días Después de la Floración. CV: Coeficiente de Variación, DMS: Diferencia Mínima Significativa.

De acuerdo con los valores de índice de forma, se observa que a través del tiempo la tendencia de los frutos durante el crecimiento es de una forma alargada a una redonda o achatada (Figura 5).

Cuadro 6. Índice de forma de frutos de siete accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.) durante su crecimiento, procedentes del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo.

DDF	ÍNDICE DE FORMA													
	Atex02		Atex 05		Acc 18		Acc 55		Acc 83		Acc 86		Acc 100	
15	1.07	a	1.23	a	0.83	abcde	1.15	a	1.20	a	1.05	a	1.03	abc
30	0.98	a	1.00	b	0.86	abc	1.06	ab	1.05	b	1.04	a	1.07	ab
45	1.00	a	0.98	b	0.89	a	0.90	c	1.04	b	1.03	ab	1.07	ab
60	1.02	a	0.99	b	0.89	a	0.98	bc	1.03	b	1.05	a	1.09	a
75	1.00	a	0.97	b	0.87	ab	0.92	c	1.02	bc	0.99	abc	1.06	abc
90	0.99	a	0.99	b	0.87	abc	0.91	c	1.01	bc	0.99	abc	1.05	abc
105	0.97	a	1.00	b	0.84	abcd	0.92	c	0.98	bcd	0.96	abc	1.03	abc
120	0.96	a	0.97	b	0.83	abcde	0.90	c	0.97	bcde	0.94	bc	1.01	abc
135	0.96	a	0.92	b	0.80	cde	0.89	c	0.94	cdef	0.93	c	0.98	abc
150	0.98	a	0.94	b	0.81	bcde	0.89	c	0.91	def	0.94	bc	0.99	abc
165	0.96	a	0.94	b	0.77	de	0.86	c	0.89	ef	0.91	c	0.96	bc
180	0.94	a	0.93	b	0.77	e	0.85	c	0.87	f	0.90	c	0.95	c
CV (%)	8.95		7.00		4.97		8.29		5.43		5.38		6.82	
DMS	0.15		0.12		0.07		0.13		0.09		0.09		0.12	

Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo con una prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). N=8. DDF: Días Después de la Floración. CV: Coeficiente de Variación, DMS: Diferencia Mínima Significativa.

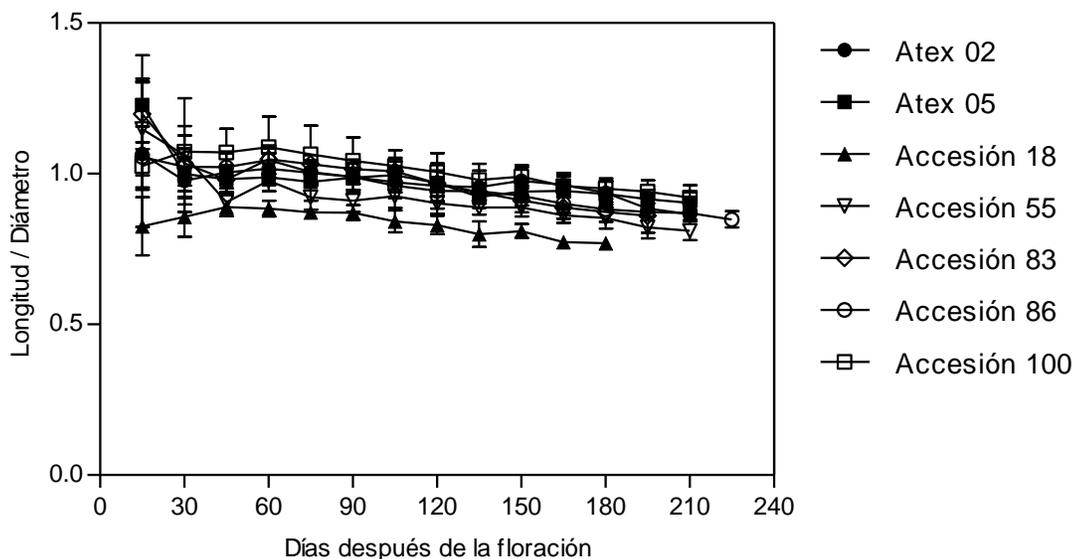


Figura 5. Relación longitud/diámetro de frutos de siete accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.) durante su crecimiento. Medias  $\pm$  desviación estándar. N=8.

## **4.2. Experimento II: Cambios fisiológicos y bioquímicos durante el crecimiento**

### **4.2.1. Intensidad respiratoria**

Los resultados de la intensidad respiratoria durante el crecimiento del fruto, mostraron una mayor actividad durante la primera y segunda etapa del crecimiento, con valores 80.4 y 64.1 mL de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> a los 75 DDF para Atex 02 y Atex 05, respectivamente (Figura 6); siendo al final del periodo de lento crecimiento 49.8 mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> para Atex 02 a los 105 DDF y 52.4 mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> para Atex 05 a los 90 DDF. Se ha reportado (Lavee y Nir, 1986) que en frutos con patrón de crecimiento doble sigmoide la primera etapa está caracterizada por un elevado metabolismo relacionado con una alta multiplicación celular, en tanto que la segunda con el desarrollo del embrión. Un aumento de la intensidad respiratoria se observó, en ambas accesiones, a los 150 DDF, correspondiente al inicio de la tercera etapa con valores de 34.1 y 35.2 mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> para Atex 02 y Atex 05, respectivamente, lo que sugiere un metabolismo relacionado con la lignificación del endocarpio, tal como ocurre en frutos de uva (Lavee y Nir, 1986); asimismo, al final de la tercera etapa se presentó otra importante elevación en la actividad respiratoria, desde 12.7 y 14.7 mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> para Atex 02 y Atex 05, respectivamente, a los 180 DDF, hasta 33.3 mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> a los 195 DDF y 37.1 mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> a los 210 DDF, en el mismo orden (Figura 6).

No se detectó producción de etileno durante el crecimiento de los frutos de tejocote, al respecto Ye y Dilley (1992) no observaron incremento de etileno durante

el periodo precosecha en manzanas. Además, Ruan *et al.* (2000) reportó que la producción de etileno no se detectó en frutas de pera durante el desarrollo y Tuna (2003) al evaluar dos cultivares de membrillo no observó una relación entre producción de etileno y aumento de la tasa de respiración.

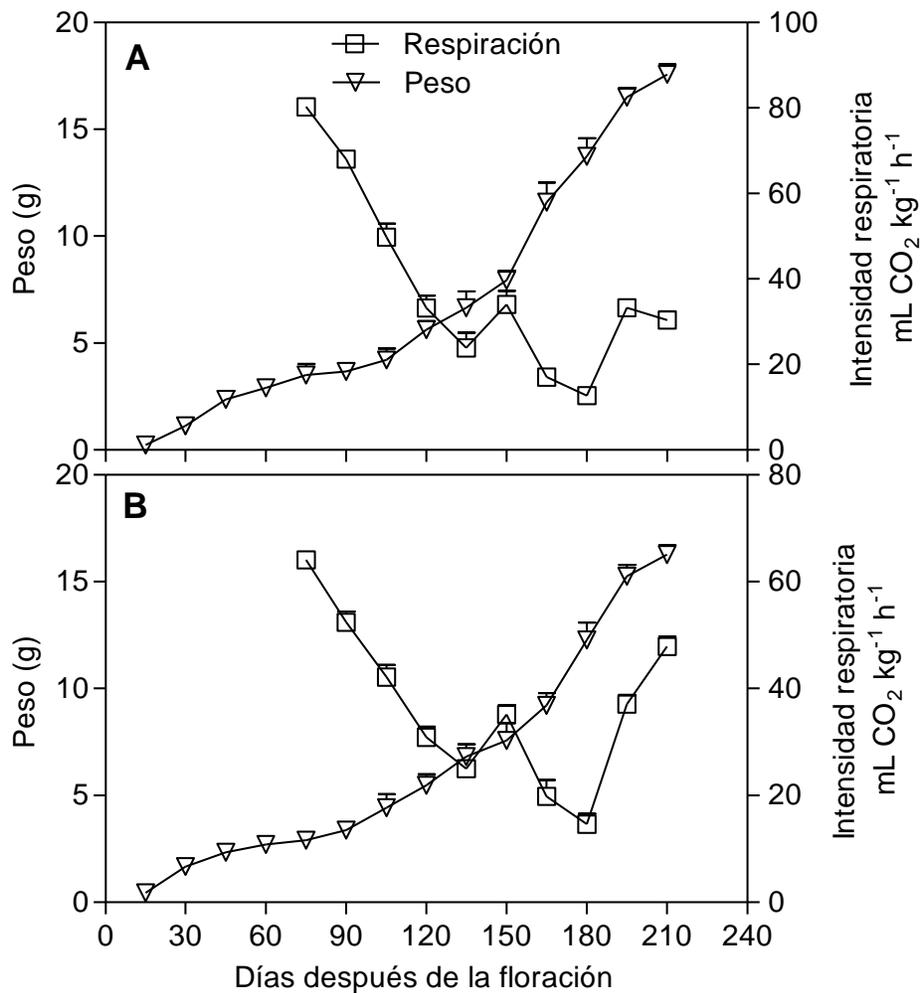


Figura 6. Intensidad respiratoria e incremento de peso fresco en frutos de dos accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.) durante su crecimiento A) Atex 02 B) Atex 05. Medias  $\pm$  desviación estándar. N=3.

#### 4.2.2. Azúcares totales, pH y acidez titulable

Hubo diferencia significativa a nivel de tratamientos y a nivel de días después de floración (DDF) e interacción significativa de manera conjunta y a nivel univariado.

Resulta factible relacionar el aumento en la actividad respiratoria con los cambios inherentes al proceso de maduración del fruto, toda vez que coincide con un significativo aumento en la síntesis de azúcares totales desde  $26 \text{ mgg}^{-1}$  para ambas accesiones a los 180 DDF, hasta  $82 \text{ mgg}^{-1}$  para Atex 02 y  $93 \text{ mgg}^{-1}$  para Atex 05 a los 210 DDF (Figura 7); disminuyendo a su vez el contenido de ácido málico desde 0.81 y 0.71% para Atex 02 y Atex 05, respectivamente a los 180 DDF, hasta 0.66 y 0.64%, en el mismo orden a los 210 DDF, correspondiendo estos últimos niveles de ácido málico a un pH de 3.8 para ambas accesiones (Cuadro 7), y la correlación entre variables (Anexo 1) también pone de manifiesto el comportamiento anterior entre la intensidad respiratoria, azúcares totales, ácido málico y pH en la última etapa de crecimiento del fruto. Similar respuesta metabólica se observa en frutos de uva, clasificados como no climatéricos (Lavee y Nir, 1986), durante la tercera fase de crecimiento y en donde a partir del envero se inicia una significativa acumulación de azúcares, disminución del contenido de ácido tartárico, cambios en el color de la piel y aumento de la velocidad de respiración, lo que continua hasta el momento de cosecha.

El comportamiento obtenido en los frutos de tejocote de las accesiones en estudio, pone de manifiesto su carácter no climatérico, lo que implica que los cambios relacionados con la maduración ocurren en el árbol al final de la tercera etapa.

Cuadro 7. Cambios en ácido málico y pH en frutos de dos accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.) durante su crecimiento.

DDF	Acidez titulable (% de ácido málico)		pH	
	Atex 02	Atex 05	Atex 02	Atex 05
90	1.02 a	0.87 a	3.6 c	3.6 c
105	0.97 a	0.81 ab	3.6 c	3.6 c
120	0.89 ab	0.76 abc	3.7 bc	3.7 cb
135	0.89 ab	0.74 bcd	3.6 bc	3.8 ab
150	0.81 bc	0.74 bcd	3.6 bc	3.8 ab
165	0.81 bc	0.74 bcd	3.6 c	3.7 bc
180	0.81 bc	0.71 bcd	3.6 c	3.7 bc
195	0.74 cd	0.66 cd	4.0 a	4.0 a
210	0.66 d	0.64 d	3.8 ab	3.8 b
CV(%)	5.32	5.63	1.74	2.03
DMS	0.13	0.12	0.18	0.22

Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo con una prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). N=3. DDF=Días Después de la Floración, CV: Coeficiente de Variación, DMS: Diferencia Mínima Significativa.

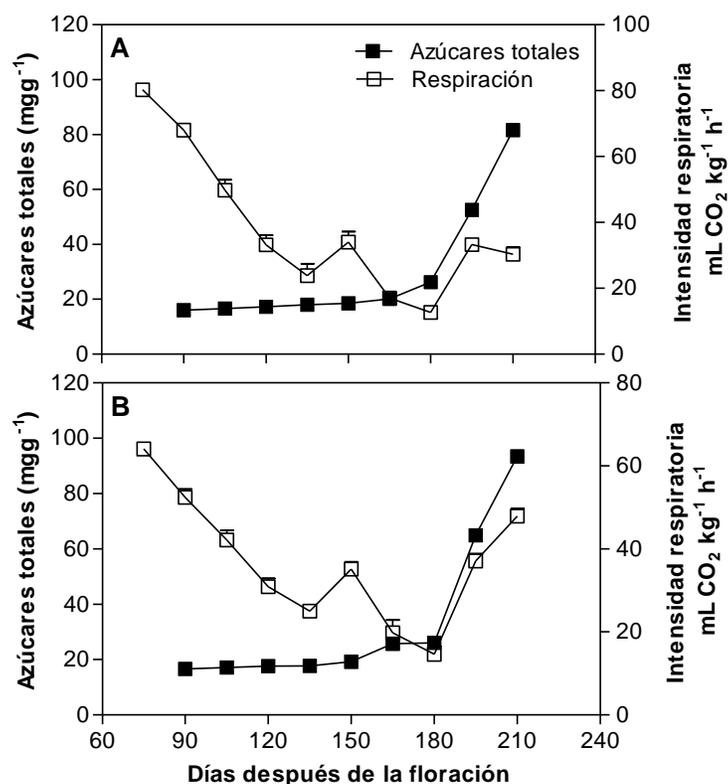


Figura 7. Intensidad respiratoria y contenido de azúcares totales de frutos de dos accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.) durante su crecimiento: A) Atex 02 B) Atex 05. Medias  $\pm$  desviación estándar. N=3.

### 4.3. Experimento III: Fisiología de la maduración postcosecha

#### 4.3.1. Intensidad respiratoria

En potcosecha los frutos de las siete accesiones presentaron el típico patrón no climatérico de respiración disminuyendo, desde 33.3 (Atex 02), 37.1 (Atex 05), 60.34 (Acc 18), 46.12 (Acc 55), 73.90 (Acc 83), 32.91 (Acc 86), y 34.91 (Acc 100) mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> al momento de cosecha, hasta 19.3, 23.3, 48.20, 41.70, 62.56, 16.39, y 18.65 mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>, en el mismo orden, después de 8 d a 20 $\pm$ 2° C; 50-60 % de humedad

relativa (Figura 8). De acuerdo con Kader (2002), los frutos no climatéricos en postcosecha tienden a disminuir su intensidad respiratoria como parte de cambios relacionados con el fenómeno de senescencia; todo lo cual permite asumir que los frutos de tejocote una vez cosechados presentan cambios bioquímicos y fisiológicos relacionados con dicho fenómeno, situación que favorece la pérdida de la calidad al resultar los frutos más susceptibles a diversos factores de deterioro.

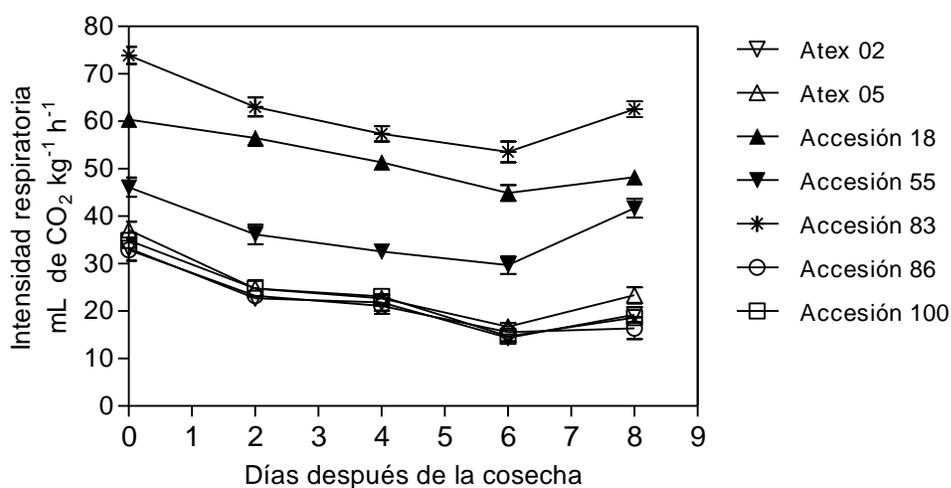


Figura 8. Intensidad respiratoria de frutos de siete accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.) después de la cosecha. Medias  $\pm$  desviación estándar. N=3.

#### 4.3.2. Azúcares totales, azúcares reductores y acidez titulable

Hubo diferencia significativa a nivel de tratamientos y a nivel de etapas (al momento y ocho días después de la cosecha) e interacción altamente significativa de manera conjunta y a nivel univariado.

El contenido de azúcares totales al momento de la cosecha fue diferente entre accesiones con fluctuaciones de 45.3 mgg<sup>-1</sup> a 93 mgg<sup>-1</sup>, presentando las accesiones Atex 05, Acc 55, y Atex 02 el mayor contenido de azúcares totales. Ocho días después de la cosecha el contenido de azúcares totales aumentó significativamente en las accesiones 86, 55, y 18 (Cuadro 8), incrementándose además en estas dos últimas accesiones los azúcares reductores (Cuadro 9), lo que pudo deberse a la conversión de los componentes de la pared celular en azúcares ya que en frutos no climatéricos, grandes incrementos en azúcar no ocurren, debido a la ausencia de grandes reservas de almidón en la cosecha (Kader, 2002)

Cuadro 8. Cambios en el contenido de azúcares totales (mgg<sup>-1</sup>) durante postcosecha de frutos de siete accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.) almacenados a 20 ± 2 °C y 50-60 % de humedad relativa.

Accesión	DÍAS DESPUÉS DE COSECHA					
	0			8		
Atex 05	93.0	a	A	97.3	ab	A
Acc 55	89.7	ab	B	109.7	a	A
Atex 02	81.7	ab	A	87.0	bc	A
Acc 100	71.6	bc	A	71.0	d	A
Acc 86	61.3	cd	B	69.3	d	A
Acc 83	58.0	cd	A	71.0	d	A
Acc 18	45.3	d	B	80.3	cd	A
CV (%)	9.61			6.15		
DMS	1.92			1.43		

Medias con la misma letra minúscula dentro de cada columna y mayúscula en cada fila son iguales de acuerdo con una prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). N=3. CV: Coeficiente de Variación, DMS: Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 9. Cambios en el contenido de azúcares reductores ( $\text{mgg}^{-1}$ ) durante postcosecha de frutos de siete accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.) almacenados a  $20 \pm 2$  °C y 50-60 % de humedad relativa.

Accesión	DÍAS DESPUÉS DE COSECHA					
	0			8		
Acc 83	38.7	a	A	41.3	a	A
Atex 05	27.0	b	A	30.3	b	A
Acc 18	23.7	bc	B	46.7	a	A
Atex 02	23.7	bc	A	27.0	b	A
Acc 55	22.7	bc	B	28.0	b	A
Acc 86	19.7	c	A	22.0	b	A
Acc 100	18.0	c	A	20.7	b	A
CV (%)	9.85			12.75		
DMS	0.68			1.10		

Medias con la misma letra minúscula dentro de cada columna y mayúscula en cada fila son iguales de acuerdo con una prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). N=3. CV: Coeficiente de Variación, DMS: Diferencia Mínima Significativa.

Con respecto a la acidez titulable, al momento de la cosecha las accesiones 18 y 83 presentaron el mayor contenido de ácido málico y las accesiones 55, Atex 02, y Atex 05 mostraron cantidades inferiores. A los ocho días después de la cosecha, la acidez titulable disminuyó significativamente en las accesiones 18, 83, 86, y 100 (Cuadro 10). Al respecto, Kader (2002) menciona que en frutos no climatéricos los ácidos pueden disminuir, resultando un sabor dulce.

Cuadro 10. Cambios en la acidez titulable (% de ácido málico) durante postcosecha de frutos de siete accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.) almacenados a  $20 \pm 2$  °C y 50-60 % de humedad relativa.

Accesión	DÍAS DESPUÉS DE COSECHA					
	0			8		
Acc 18	2.22	a	A	1.42	a	B
Acc 83	2.11	a	A	1.65	a	B
Acc 100	0.99	b	A	0.79	b	B
Acc 86	0.94	b	A	0.61	b	B
Acc 55	0.74	c	A	0.71	b	A
Atex 02	0.69	c	A	0.66	b	A
Atex 05	0.64	c	A	0.53	b	A
CV (%)	6.06			12.52		
DMS	0.20			0.32		

Medias con la misma letra minúscula dentro de cada columna y mayúscula en cada fila son iguales de acuerdo con una prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). N=3. CV: Coeficiente de Variación, DMS: Diferencia Mínima Significativa.

#### 4.3.3. Color y pérdida fisiológica de peso

Se presentó diferencia significativa a nivel de tratamientos y a nivel de etapas (al momento y ocho días después de la cosecha) de manera conjunta y a nivel univariado e interacción altamente significativa de manera conjunta.

Al momento de la cosecha los frutos de las accesiones 83 y 18 presentaron los valores más bajos de luminosidad (Figura 9), y en las accesiones Atex 02, 55, y Atex 05 se observaron cantidades elevadas. A los ocho días, en las siete accesiones excepto en la accesión 100 la luminosidad disminuyó significativamente (Cuadro 11), al respecto, Díaz-Pérez *et al.* (2000), explicaron que los valores de luminosidad en

zapote mamey disminuyen por el oscurecimiento gradual de la pulpa, debido a su estado senescente.

Cuadro 11. Luminosidad durante postcosecha de frutos de siete accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.) almacenados a  $20 \pm 2$  °C y 50-60 % de humedad relativa.

Accesión	DÍAS DESPUÉS DE LA COSECHA					
	0			8		
Atex 02	60.1	a	A	57.4	a	B
Acc 55	59.4	a	A	56.5	ab	B
Atex 05	59.1	a	A	56.3	abc	B
Acc 86	56.0	b	A	53.4	c	B
Acc 100	55.7	b	A	53.8	bc	A
Acc 83	34.8	c	A	32.0	d	B
Acc 18	30.0	d	A	27.1	e	B
CV (%)	4.2			4.3		
DMS	3.1			3.0		

Medias con la misma letra minúscula dentro de cada columna y mayúscula en cada fila son iguales de acuerdo con una prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). N=3. CV: Coeficiente de Variación, DMS: Diferencia Mínima Significativa.

El ángulo de tono (Hue) de los frutos al momento de la cosecha en las accesiones 83 y 18 presentaron valores diferentes debido al color rojo de la epidermis, el resto de las accesiones presentaron valores que corresponde entre verde y amarillo. El ángulo de tono se modifica significativamente a través del tiempo en la Acc 100, Atex 02, Atex 05, y Acc. 55 (Cuadro 12).

Con respecto al índice saturación (croma), al momento de la cosecha la accesión 83 presentó el valor más elevado, y a los ocho días después de la cosecha sólo las accesiones 100 y 86 mostraron una disminución significativa (Cuadro 13), Díaz-

Pérez *et al.* (2000) indicaron que en frutos de zapote mamey existe poca variación de la cromaticidad durante la maduración.

Cuadro 12. Ángulo de tono (Hue) durante postcosecha de frutos de siete accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.) almacenados a  $20 \pm 2$  °C y 50-60 % de humedad relativa.

Accesión	DÍAS DESPUÉS DE LA COSECHA					
	0			8		
Acc 86	115.1	a	A	114.6	a	A
Acc 100	114.7	a	A	112.2	a	B
Atex 02	108.9	b	A	104.0	b	B
Atex 05	107.0	b	A	100.6	bc	B
Acc 55	105.9	b	A	94.9	c	B
Acc 83	21.7	c	A	21.8	d	A
Acc 18	19.4	c	A	19.3	d	A
CV (%)	3.7			6.2		
DMS	4.5			7.3		

Medias con la misma letra minúscula dentro de cada columna y mayúscula en cada fila son iguales de acuerdo con una prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). N=3. CV: Coeficiente de Variación, DMS: Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 13. Intensidad de color (Croma) durante postcosecha de frutos de siete accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.) almacenados a  $20 \pm 2$  °C y 50-60 % de humedad relativa.

Accesión	DÍAS DESPUÉS DE LA COSECHA					
	0			8		
Acc 83	36.8	a	A	35.0	a	A
Acc 18	33.4	b	A	31.8	b	A
Acc 55	31.5	bc	A	31.2	b	A
Atex 02	31.0	cd	A	29.8	bc	A
Atex 05	30.0	cd	A	29.2	bc	A
Acc 100	29.4	cd	A	27.9	c	B
Acc 86	29.1	d	A	27.9	c	B
CV (%)	4.9			6.5		
DMS	2.2			2.8		

Medias con la misma letra minúscula dentro de cada columna y mayúscula en cada fila son iguales de acuerdo con una prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). N=3. CV: Coeficiente de Variación, DMS: Diferencia Mínima Significativa.

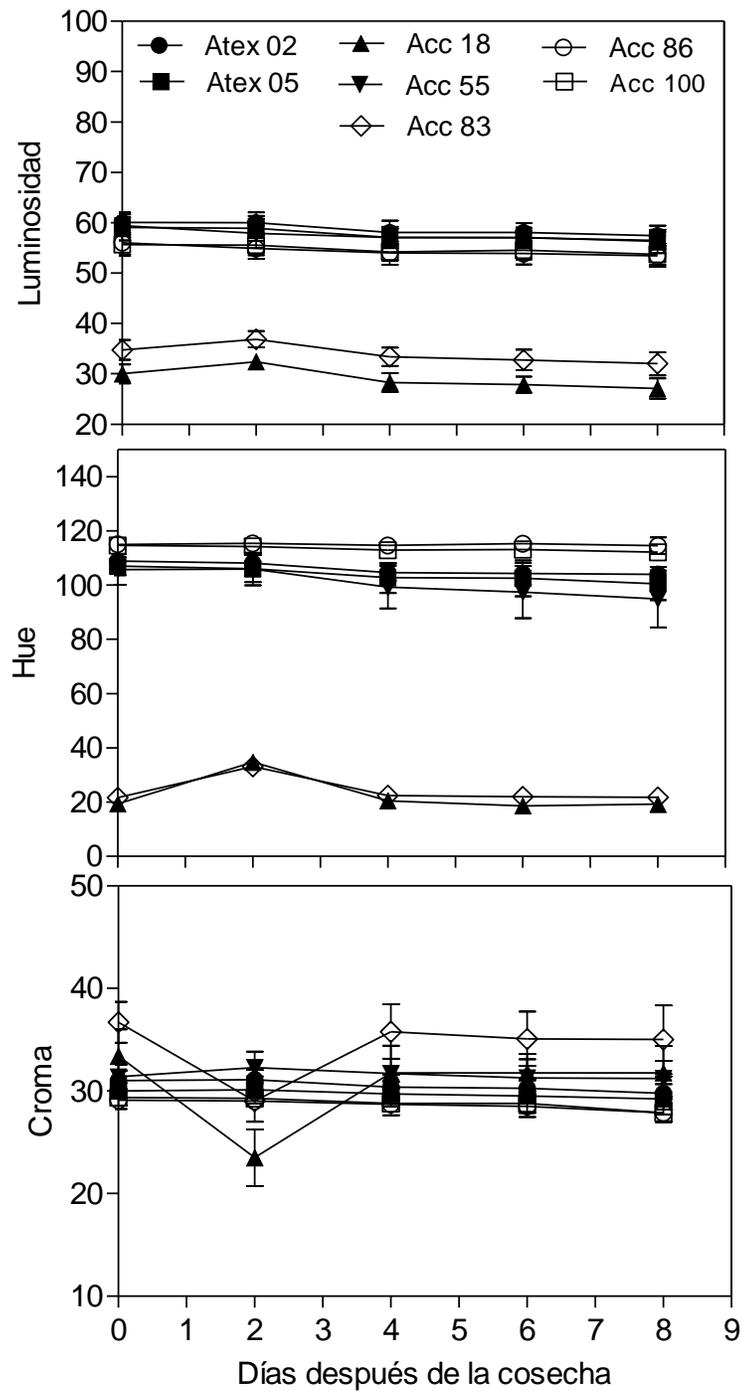


Figura 9. Comportamiento de los componentes del color de frutos de siete accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.) durante ocho días en postcosecha. Medias  $\pm$  desviación estándar N=9.

Durante el almacenamiento el color externo de los frutos de tejocote mostró cambios significativos en el valor a-Hunter, el cual en la accesión Atex 02 varió desde -10.1 hasta -7.1, en tanto que dicho valor cambió desde -8.7 hasta -5.3 para Atex 05, - para la Acc 55 de 8.47 a -2.40, en la Acc 86 de -12.30 a -11.60, y en la Acc 100 de -12.31 hasta -10.51, al día 0 y 8 respectivamente (Figura 10), lo cual sugiere una disminución de tonalidad verde en los frutos, lo que resulta factible toda vez que uno de los cambios metabólicos relacionados con el color en frutos en estado fisiológico de senescencia, es la pérdida de clorofila (Kader, 2002). A diferencia de las demás accesiones en la Acc 18 cambió de 31.52 a 30.02 y en la Acc 83 de 34.13 a 32.49, ambas al día 0 y 8 respectivamente no presentándose cambios significativos en el periodo de almacenamiento; sin embargo, es de señalar los valores a-Hunter positivos que indican la presencia de una tonalidad roja como color de cubrimiento, lo que sugiere la presencia de antocianinas.

Por su parte el valor b-Hunter no experimentó cambios significativos durante el periodo de almacenamiento en ninguna accesión, en Atex 02, Atex 05, Acc 55, Acc 86, y Acc 100 el valor b-Hunter se situó entre 25-30 (Figura 10); este valor permite definir la tonalidad amarilla típica de los frutos de estas accesiones de tejocote, debido principalmente a la presencia de carotenoides. La Acc 18 tampoco mostró cambios significativos ubicándose de 11.10 a 10.54 y la Acc 83 de 13.54 a 13.01, ambas al día 0 y 8, respectivamente; estos valores de b-hunter que constituyen el color de fondo suponen la presencia de carotenoides aunque en menor proporción que en las otras accesiones

En cuanto al valor L-Hunter, este disminuyó significativamente en Atex 02 desde 60.1 hasta 57.4, para Atex 05 desde 59.1 a 56.3, en la Acc 55 desde 59.37 a 56.51, en la Acc 86 de 56.00 a 53.40, en la Acc 18 de 29.96 a 27.11, para la Acc 83 de 34.80 a 32.00, al día 0 y 8, respectivamente, y el cambio en la Acc 100 de 55.70 a 53.80 no fue significativo (Figura 10), lo que implica que durante la senescencia el color de los frutos pierde brillantez, contribuyendo a la apariencia de envejecimiento. Estos cambios permiten asumir que en postcosecha ocurren cambios en el color externo de los frutos de tejocote, caracterizados por la pérdida de tonalidad verde y mantenimiento del color amarillo de fondo, ambos eventos relacionados metabólicamente con el fenómeno de senescencia e indicativos de la pérdida de clorofila y mantenimiento del contenido de carotenoides (Gross, 1991)

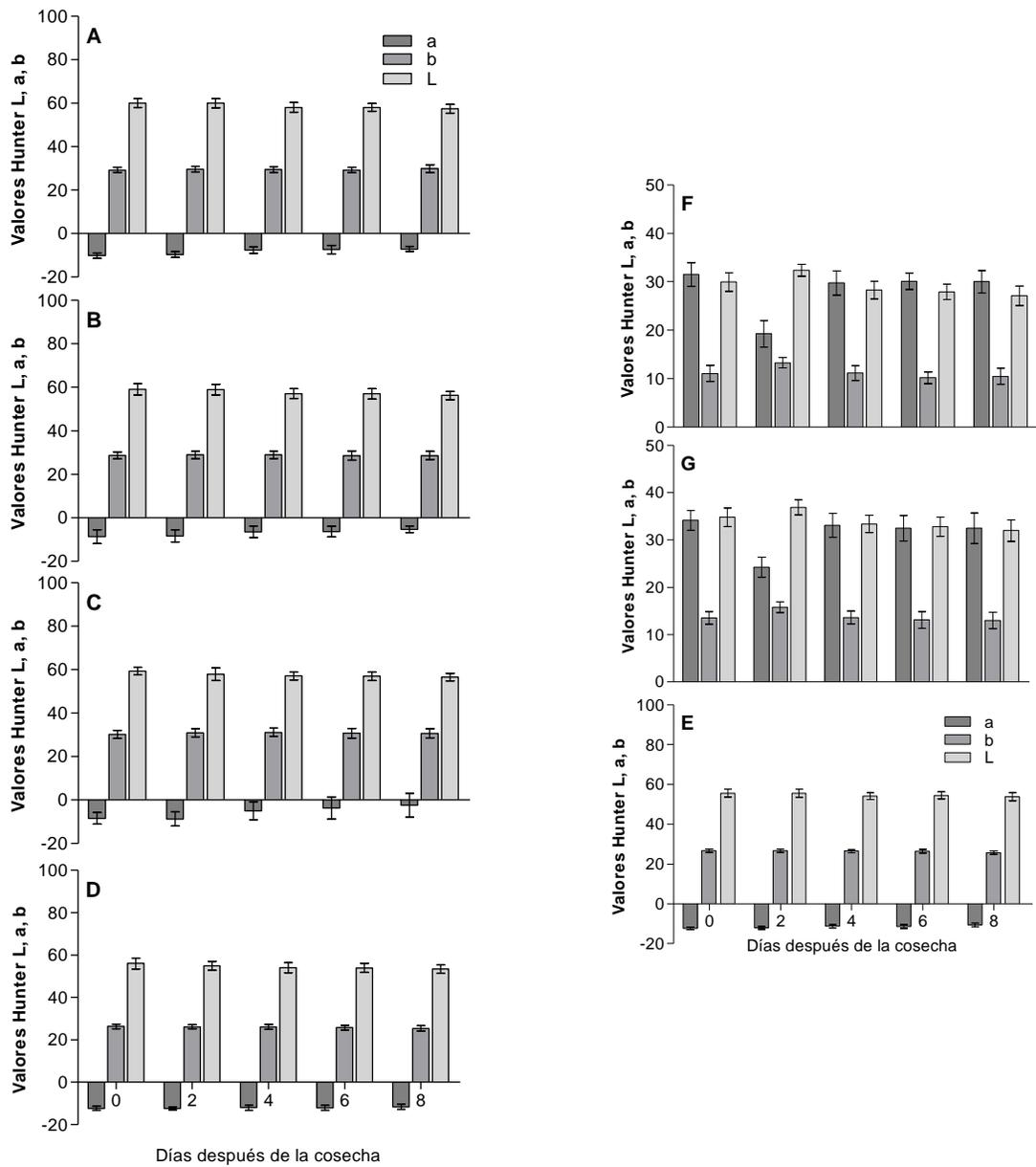


Figura 10. Cambios en los componentes del color Lab-Hunter en frutos de siete accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.) durante su almacenamiento a  $22 \pm 2^\circ$  C 50-60 % de humedad relativa. por ocho días. Medias  $\pm$  desviación estándar N=9.

Al día siguiente después de la cosecha las siete accesiones presentaron de 1.1 a 3.6 %, pérdidas de peso, la accesión 55 presentó menor pérdida de peso. Ocho días después de la cosecha las accesiones 18 y 83 presentaron mayor pérdida de peso acumulado, y nuevamente los frutos con menor pérdida de peso fueron los de la accesión 55 como se observa en la figura 10. El sistema dérmico de los productos (cubiertas protectoras exteriores) gobierna la regulación de pérdida de agua; este sistema incluye la cutícula, células epidérmicas, estomas, lenticelas, y tricomas. El espesor, estructura, y composición química de la cutícula varía grandemente entre productos y entre estados de desarrollo de un determinado producto (Kader, 2002). Lo que permite suponer que la permeabilidad al transporte de agua entre accesiones es distinta.

En las siete accesiones la pérdida de peso a los ocho días después de la cosecha aumentó significativamente con respecto al primer día (Cuadro 14). De acuerdo con Wills *et al.* (1998), una pérdida de peso superior a 5 % puede ser suficiente para disminuir la calidad en diferentes frutos. Otros autores consideran que los síntomas de pérdida de agua en frutas y hortalizas llegan a ser evidentes cuando pierden entre 5 y 10 % de su peso, debido principalmente a la transpiración y a las características estructurales de los tejidos (Ryall y Lipton, 1982).

Cuadro 14. Pérdida de peso acumulada (%) durante postcosecha de frutos de siete accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.) almacenados a  $20 \pm 2$  °C y 50-60 % de humedad relativa.

Accesión	DÍAS DESPUÉS DE LA COSECHA					
	1			8		
A18	3.6	A	B	18.6	a	A
A86	3.0	ab	B	14.6	b	A
A83	2.8	ab	B	18.2	a	A
A100	2.8	ab	B	12.9	b	A
Atex02	2.5	B	B	13.0	b	A
Atex05	2.5	B	B	12.9	b	A
A55	1.1	C	B	9.2	c	A
CV (%)	24.4			10.6		
DMS	0.9			2.2		

Medias con la misma letra minúscula dentro de cada columna y mayúscula en cada fila son iguales de acuerdo con una prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). N=9. CV: Coeficiente de Variación, DMS: Diferencia Mínima Significativa.

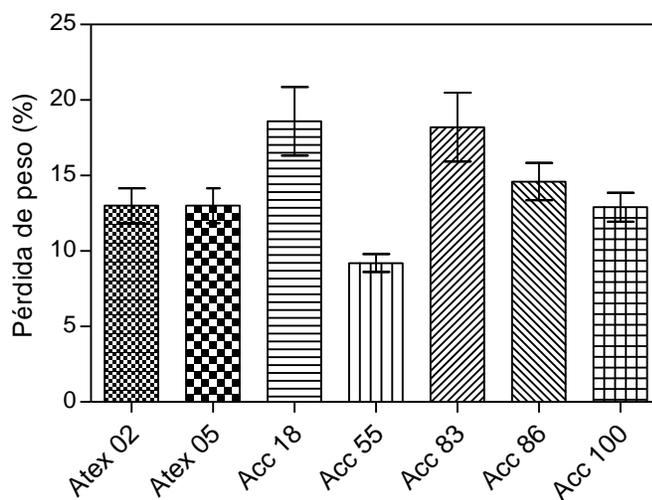


Figura 11. Pérdida de peso acumulada ocho días después de la cosecha de frutos de siete accesiones de tejocote (*Crataegus* spp.) almacenados a  $20 \pm 2$  °C y 50-60 % de humedad relativa.

## 5. CONCLUSIONES

Los frutos de las siete accesiones de tejocote del Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo evaluados presentan un patrón de crecimiento doble sigmoide con un periodo total de desarrollo de aproximadamente 210 días después de la floración (DDF) en la Acc 55, Acc 100, Atex 02 y Atex 05, de 195 DDF en la Acc 83, 180 DDF en la Acc 18, y de 225 DDF en la Acc 86.

El peso promedio final de los frutos varía desde 4.5 a 19.3 g. Las accesiones 55, 86, 100, Atex 02 y Atex 05 están dentro del rango que comprende 14.8 a 19.3 g lo que indica que en cuanto a tamaño son aptos para su consumo en fresco y para la obtención de almíbares, ya que éstos demandan un tamaño grande. Sin embargo, cabe señalar que la accesión 55 tiene menos pérdida de peso en postcosecha, lo que permitirá que su vida de anaquel sea más larga que el de las demás accesiones evaluadas.

Conforme avanza el crecimiento, el metabolismo respiratorio tiende a disminuir, siendo mayor en la primera etapa hasta un mínimo en la tercera etapa, tras de lo cual experimenta un aumento por un corto periodo, siendo esta respuesta indicativa, en la primera etapa, de la formación de estructuras en base a división celular y en la siguiente del proceso de endurecimiento del endocarpio de las semillas. Al final de la tercera etapa de crecimiento la intensidad respiratoria experimenta un aumento

significativo que se relaciona con el proceso de maduración del fruto, presentando un aumento significativo del contenido de azúcares totales y una disminución del contenido de ácido málico hasta el momento de cosecha; siendo Atex 05 el de sabor más dulce al presentar una mayor concentración de azúcares y menor de ácido málico.

En postcosecha la evolución de la intensidad respiratoria de los frutos de las siete accesiones revela un comportamiento no climatérico, La acidez titulable disminuyó, no presentaron variación en el pH, y no hubo diferencia significativa en el contenido de azúcares totales y reductores en la mayoría de las accesiones al día 0 y 8; si bien los frutos de las siete accesiones presentan altas pérdidas de peso y apariencia de envejecimiento, lo que limita su almacenamiento a menos de ocho días a las condiciones establecidas, pero la accesión 55 presentó menos pérdida de peso .

## 6. LITERATURA CITADA

- Aguirre, M. E., L. Hernández R., M. Sánchez G., C. Pérez A., J.C. Cuevas B. 2010. Caracterización de Pectinas de Tejocote (*Crataegus* spp.). Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 61p.
- AOAC. 1990. Association of Official Analytic Chemists. Official Methods of Analysis. K Helrich (ed). 15th Ed. 2200 Wilson Blvd. Arlington, Virginia 22201. USA. Vol. II. 1298 p.
- Atay E., Pirlak L., Atay A. N. 2009. Determination of Fruit Growth in Some Apple Varieties. Journal of Agricultural Sciences 16:1-8.
- Borys, M. W., A. Vega-Cuen. 1984. Selección de tipos de tejocote (*Crataegus pubescens* H.B.K.) en los estados de Chiapas, Puebla y México. Revista Chapingo 9 (45-46): 193-199.
- Borys, M. W. 1989. Valor ecológico de tejocote (*Crataegus* spp.). Congreso La Era Ecológica. Resumen. Puebla, México. pp. 11-24.
- Borys, M. W., H. Leszczyńska-Borys. 1994. Tejocote (*Crataegus* spp.) planta para solares, macetas e interiores. Revista Chapingo. Serie Horticultura 1:95-107.
- Borys, M. W. 1996. Valores del tejocote (*Crataegus* spp.) diversificación de caracteres. Revista Chapingo Serie Horticultura. 5:51-84.
- Blumenfeld, A. 1980. Fruit growth of loquat. J. Am. Soc. Hort. Sci. 105:747-750.
- Casierra-Posada, F., V.E. Barreto y O.L. Fonseca. 2004. Crecimiento de frutos y ramas de duraznero (*Prunus persica* L. Batsch, cv. 'Conservero') en los altiplanos colombianos. Agronomía Colombiana 22(1): 40-45.
- Chalmers, D.J., B. Van Den Ende. 1977. The relation between seed and fruit development in peach (*Prunus persica* L.). Annals Bot. 41:707-714.
- Chang, W. T., Dao, J., Shao, Z. H. 2005. Hawthorn: potential roles in cardiovascular disease. The American Journal of Chinese Medicine. 33:1-10.
- Cronquist, A. 1971. Introducción a la Botánica. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. D.F. México.
- Christensen, K.I. 1982. A biometric study of some hybridizing *Crataegus* population in Denmark. Nord. J. Bot. 2:537-548.

- Delgado Bustamante, P.A., A. Ruiz-Bello, J. Herrera Guadarrama, M. W. Borys. 1984. Estudio nutricional de dos huertos de tejocote (*Crataegus pubescens* H.B.K.). Tamaño de la hoja del brote fructífero y vegetativo. *Revista Chapingo*, 9(45-46):164-167.
- Díaz-Pérez, J. C., S. Bautista, R. Villanueva. 2000. Quality changes in sapote mamey fruit during ripening and storage. *Postharvest Biology and Technology* 18: 67-73.
- García, E. 1988. Modificaciones al Sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Cuarta Edición. UNAM. México D.F. pp. 825-870.
- Grant, V. 1989. Especiación vegetal. Traducido por Crabtree, E. Primera edición. Editorial LIMUSA. Distrito Federal, México. 587 p.
- Gross J. (1991) *Pigments in Vegetables: Chlorophylls and carotenoids*. Van Nostrand Reinhold, New York. 351 p.
- Higareda R., A., J. A. Salazar M., G. E. Ramos R. 1995. Caracterización de la pectina del tejocote. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 1(4):47-52.
- Hirai, M. 1980. Sugar accumulation and development of loquat fruit. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*.49:347-353.
- Hunt, R., D.R. Causton, B. Shipley and A.P. Askew. 2002. A modern tool for classical plant growth analysis. *Ann. Bot.* 90: 485-488.
- Kader, A. A. 2002. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Third Edition. University of California. pp:39-44.
- Kramer S., R. Achuricht, G. Friedrich. 1991. *Fruticultura*. Sexta Impresión. Editorial continental S.A. de C.V. México. pp. 37-62.
- Lavee S. and G. Nir (1986) Grape. In: Monselise S P (ed). *Handbook of Fruit Set and Development*. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida. pp: 521-538.
- Leszczyńska-Borys, H. and M. W. Borys. 2004. Horticulture in the Mexican culture. *Acta Hortic.* 639:309-316.
- Longley, A. E. 1924. Cytological studies in the genus *Crataegus*. *Am. J. Bot.* 11:295-317.
- Monselise, S. P. 1986. *Handbook of Fruit Set and Development*. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida. pp. 75-79, 303-306.

- Muniyamma, M. and Phipps, J. B. 1979. Cytological proof of apomixis in *Crataegus* (Rosaceae). *Am. J. Bot.* 66:149-155.
- Nelson, N. J. 1944. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of the glucose. *J. Biol. Chem.* 153:375-380
- Nieto-Ángel, R., M.W. Borys. 1991. El tejocote (*Crataegus* spp.) en México: Avances en el Estudio de los Recursos fitogenéticos en México. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. (SOMEFI), Chapingo; México. pp. 309-324.
- Nieto-Ángel R., M. W. Borys. 1992. Banco de Germoplasma de tejocote (*Crataegus* spp.) de la República Mexicana. *Revista Chapingo*, 16 (77):126-130.
- Nieto-Ángel, R., M. W. Borys. 1993. El tejocote (*Crataegus* spp.); un potencial frutícola de zonas templadas. *Revista Fruticultura Profesional*, 54:63-71.
- Nieto-Ángel, R. 2007. Colección, conservación y caracterización del tejocote (*Crataegus* spp.). *In*: Nieto-Ángel, R. (ed.), *Frutales Nativos, un recurso fitogenético de México*. Universidad Autónoma Chapingo, México, pp. 25-41.
- Nieto-Ángel, R., S.A. Pérez-Ortega, C. A. Núñez-Colín, J. Martínez-Solís, F. González-Andrés. 2009. Seed and endocarp traits as markers of the biodiversity of regional sources of germplasm of tejocote (*Crataegus* spp.) from Central and Southern Mexico. *Scientia Horticulturae* 121: 166-170.
- Núñez-Colín, C. A. 2009. The tejocote (*Crataegus* species): a Mexican plant genetic resources that is wasted. A review. *Acta Hortic.* 806:339-346.
- Núñez-Colín, C. A., M. A. Hernández-Martínez. 2011. La problemática en la taxonomía de los recursos genéticos de tejocote (*Crataegus* spp.) en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2:141-153.
- Opara, L.U. 2000. Fruit growth measurement and analysis. *Horticultural Reviews*. 24:373-431.
- Paliyath G., D. P. Murr. 2008. Common Fruits, Vegetables, Flowers, and Their Quality Characteristics. *In*: *Postharvest Biology and Technology of Fruits, Vegetables, and Flowers*. G Paliyath, D P Murr, A K Handa, S. Lurie (eds). Wiley-Blackwell, USA. pp:8 -18.
- Pérez-Ortega, S. A., C. A. Núñez-Colín, S. Segura, R. Nieto-Ángel, A.F. Barrientos-Priego. 2004. Los recursos genéticos de *Crataegus* (Rosaceae) en México: Variación eco-climática. *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture* 48: 149-151.

- Phipps, J. B. 1997. Monograph of northern mexican *Crataegus* (Rosaceae, subfam. Maloideae). SIDA Botanical Miscellany 15:1-94.
- Phipps, J. B. 1983. Biogeography, taxonomic and cladistic relationships between East Asiatic and North American *Crataegus*. Ann. Missouri Bot. Gard., 70:677-700.
- Phipps, J. B., R. J. O'Kennon, R.W. Lance. 2003. Hawthorns and medlars. Plant Collector Guide. Royal Horticultural Society. Timber Press. Portland; USA. 139 p.
- Riall L. A., W. J. Lipton. 1982. Refrigerated storage. *In*: Handling transportation and storage of fruits and vegetables. Vol 1. L. Riall, W Lipton (eds). AVI Publishing Company, INC. Westport, Connecticut. pp: 293-306.
- Rigelsky, J. M., B. V. Sweet. 2002. Hawthorn: pharmacology and therapeutic uses. American Journal of Health-System Pharmacy. 59:417-422.
- Ruan, X., Q. Wang, W. Wang, J. Zhou, and W. Zhang. 2000. The changes in contents of ethylene, ACC and MACC of fragrant pear fruits during developing, ripening and senescing. Acta Horticulturae Sinica. 27:205-206.
- Rzedowski, R. J., J. Calderón de Rzedowski. 1979. Flora Fanerogámica del Valle de México. Segunda Edición. Editorial Continental, S.A México. pp 257-259.
- Salveit, M. E., and A.R. Sharaf. 1992. Ethanol inhibits ripening of tomato fruit harvested at various degrees of ripeness without affecting subsequent quality. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117:793-798.
- Sánchez-Sánchez, O. 1974. La flora del Valle de México. Ed. Herrero S.A. México. 152 pp.
- SAS. 2002. Statistical Analysis System. Version 9.0. SAS Institute NC. USA.
- Somogy, M. 1952. Notes on sugar determinations. J. Biol. Chem. 195: 19-23.
- Talent, N., T.A. Dickinson. 2005. Polyploidy in *Crataegus* and *Mespilus* (Rosaceae, Maloideae): evolutionary inference from flow cytometry of nuclear DNA amounts. Canadian Journal of Botany. 83:1268-1304.
- Talent, N., T. A Dickinson,. 2007a. Endosperm formation in aposporous *Crataegus* (Rosaceae, Spiraeoideae, tribe Pyreae): parallels to Ranunculaceae and Poaceae. New Phytol. 173:231-249.

- Talent, N. and Dickinson, T. A. 2007b. Apomixis and hybridization in Rosaceae subtribe Pyrineae Dumort.: a new tool promises new insights. *In*: Hörandl, E.; Grossniklaus, U.; Van Dijk, P. J. and Sharbel, T. (eds). Apomixis: evolution, mechanisms and perspectives. International Association for Plant Taxonomy and Koeltz Scientific Books. Vienna, Austria. 301-316. pp.
- Tamaro, D. 1984. Fruticultura. Décima Edición. Ed. Gustavo Gil, 5 A. Barcelona, España. pp. 520.
- Tuna, G. N. 2003. Changes in ethylene production during preharvest period in quince (*Cydonia vulgaris* L.) and the use of ethylene production to predict harvest maturity. *Europ.J.Hort.Sci.* 68:212–221.
- Ye W. and D.R. Dilley 1992: Development of ACC oxidase activity during maturation and ripening of 'Paulared', 'Empire' and 'Law Rome' apples. *Postharvest Biol.Technol.* 1:195–201.
- Wills R., B. McGlasson, D. Graham, D. Joyce. 1998. Postharvest, An introduction to the Physiology and Handling of Fruit, Vegetables and Ornamentals. University of New South Wales. Press-Cab International. Sidney, Australia. 262 p.

## 7. ANEXOS

### ANEXO 1. Correlación entre variables en la última etapa de crecimiento de frutos de tejocote (*Crataegus* spp.).

Cuadro 15. Correlación entre variables en la última etapa de crecimiento de frutos de tejocote (*Crataegus* spp.) de la accesión Atex 02.

Coeficientes de correlación Pearson, N = 21 Prob >  r  suponiendo H0: Rho=0					
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>
X <sub>1</sub>	1.00000	-0.81402 <.0001	0.67416 0.0008	-0.20369 0.3758	0.81688 <.0001
X <sub>2</sub>		1.00000	-0.48564 0.0256	0.21952 0.3390	-0.82448 <.0001
X <sub>3</sub>			1.00000	-0.32161 0.1551	0.52965 0.0135
X <sub>4</sub>				1.00000	-0.03307 0.8868
X <sub>5</sub>					1.00000

X<sub>1</sub> = Azúcares totales (%), X<sub>2</sub> = Ácido málico (%), X<sub>3</sub> = pH, X<sub>4</sub> = Intensidad respiratoria (mL de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>), X<sub>5</sub> = Peso (g).

Cuadro 16. Correlación entre variables en la última etapa de crecimiento de frutos de tejocote (*Crataegus* spp.) de la accesión Atex 05.

Coeficientes de correlación Pearson, N = 21					
Prob >  r  suponiendo H0: Rho=0					
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>
X <sub>1</sub>	1.00000	-0.77319 <.0001	0.38619 0.0838	-0.08479 0.7148	0.87782 <.0001
X <sub>2</sub>		1.00000	-0.50360 0.0199	0.09484 0.6826	-0.80239 <.0001
X <sub>3</sub>			1.00000	-0.09594 0.6791	0.45379 0.0388
X <sub>4</sub>				1.00000	-0.10100 0.6631
X <sub>5</sub>					1.00000

X<sub>1</sub> = Azúcares totales (%), X<sub>2</sub> = Ácido málico (%), X<sub>3</sub> = pH, X<sub>4</sub> = Intensidad respiratoria (mL de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>), X<sub>5</sub> = Peso (g).