

# ETILENO EN LA ABSCISIÓN DEL FRUTO DE TRES ESPECIES DEL GÉNERO *Opuntia*

A. Ávalos-Andrade<sup>1</sup>; Y. Ramírez-Córdova<sup>1</sup>; Ma. A. Goytia-Jiménez<sup>1¶</sup>;  
A. F. Barrientos-Priego<sup>2</sup>; C. Saucedo-Veloz<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO. (¶Autor responsable).

<sup>2</sup>Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

<sup>3</sup>Programa de Fruticultura. IREGEP. Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Estado de México. C. P. 56239. MÉXICO.

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la participación del etileno en el proceso de abscisión de los frutos en tres especies de *Opuntia*, y su relación con la producción de CO<sub>2</sub> durante el crecimiento y maduración del fruto. Se midió la concentración de etileno y de CO<sub>2</sub>, pH y acidez titulable en cuatro fases de maduración (inicial: M1; intermedia: M2; máxima: M3; y final: M4) de los frutos de *O. matudae*, *O. oligacantha* y *O. amyclaea*. La mayor concentración de etileno y de CO<sub>2</sub> en *O. amyclaea* se obtuvieron en la fase M3, coincidiendo con la plena madurez y máxima caída de frutos, lo que sugiere que la producción de estos gases está relacionada con el proceso de abscisión de frutos. Para *O. matudae* y *O. oligacantha* la mayor concentración de etileno se registró en la fase M1, éste podría estar funcionando como disparador del desarrollo y maduración del fruto, pero no ser suficiente para estimular la abscisión de éstos. La máxima producción de CO<sub>2</sub> en estas dos especies ocurrió en la fase de máxima madurez (M3), y puede estar relacionada con el cambio en coloración y transformación de ácidos en azúcares en los frutos.

**PALABRAS CLAVE ADICIONALES:** *Opuntia amyclaea*, *O. matudae*, *O. oligacantha*, maduración, respiración, tuna, xoconostle

## ETHYLENE IN THE FRUIT ABSCISSION OF THREE SPECIES OF THE GENUS *Opuntia*

## SUMMARY

The purpose of the present study was to determine the participation of ethylene in the abscission process of the fruits of three species of *Opuntia*, and their relationship with the production of CO<sub>2</sub> during the growth and maturation of the fruit. The concentration of ethylene CO<sub>2</sub>, pH and titratable acidity in four phases of maturation (initial: M1; intermediate: M2; maximum: M3; and final: M4) of the fruits of *O. matudae*, *O. oligacantha* and *O. amyclaea* was measured. The greatest concentration of ethylene and of CO<sub>2</sub> in *O. amyclaea* was obtained in the M3 phase, coinciding with full maturity and the maximum dropping of fruit which suggests that the production of these gases is related to the abscission process of the fruit. With *O. matudae* and *O. oligacantha* the greatest concentration of ethylene was found in the M1 phase, indicating that this might be functioning as a developmental and maturation trigger for the fruit, but not sufficiently to stimulate abscission in them. The maximum production of CO<sub>2</sub> in these two species occurred in the maximum maturation phase (M3), and could be related the coloration change and to the transformation of acids into sugar in the fruit.

**ADDITIONAL KEY WORDS:** *Opuntia amyclaea*, *O. matudae*, *O. oligacantha*, maturation, respiration, cactus pear, xoconostle

## INTRODUCCIÓN

La madurez se considera como el primer estadio de senescencia de los frutos, en el que ocurren cambios en el color, la textura y sabor del fruto (Reyna, 1998). Normalmente durante este proceso ocurre un incremento en la biosíntesis de etileno y en la tasa respiratoria, así

como en la tasa de degradación de la clorofila, síntesis de pigmentos carotenoides, hidrólisis de la pared celular, liberación de compuestos volátiles, en la expresión genética y actividad enzimática, así como la abscisión del fruto (Gómez, 1991). Además ocurre una acumulación de azúcares, desaparición de ácidos orgánicos y compuestos fenólicos, incluyendo los taninos (Lincoln y Zeiger, 2002).

El etileno, de manera general, es un promotor de la abscisión y activa múltiples mecanismos fisiológicos relacionados con este proceso (Aneja *et al.*, 1999). Para Han y Nobel (1995) el fitorregulador responsable de la abscisión de los frutos en algunas cactáceas es el etileno, y el tiempo para que se realice tal proceso depende de su concentración, el estadio de desarrollo de los frutos y el tiempo de exposición de éstos al etileno.

Por otra parte, se sabe que en la madurez de los frutos climatéricos existe una importante relación entre el CO<sub>2</sub> y el etileno. La máxima respiración (máximo climaterio) coincide con la madurez plena y adquisición de sabor del fruto, precedida por un incremento en las concentraciones de etileno, por lo que se ha sugerido que este último es la fitohormona que dispara el proceso de maduración (Gómez, 1991; Salisbury y Ross, 1994; Lincoln y Zeiger, 2002).

Los frutos no climatéricos, no muestran aumento en la tasa de respiración durante la maduración. De hecho, en muchos casos ocurre una disminución de ésta, y tampoco presentan un incremento en la síntesis de etileno. Se ha postulado que existen dos sistemas de producción del etileno: el sistema I, en donde se produce etileno basal y por heridas, y el sistema II, responsable del autocatálisis. De acuerdo con esta definición los frutos climatéricos poseen los dos sistemas, mientras que los no climatéricos poseen sólo el sistema I (Gómez, 1991).

Las tunas se han caracterizado como frutos no climatéricos porque su tasa de respiración en poscosecha es relativamente baja en comparación con la de otros frutos y, además, ésta tiende a disminuir con el paso del tiempo. La producción de etileno también es baja (0.1 a 0.26 µl·g<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>). Con respecto a los cambios químicos que se dan en la tuna durante su desarrollo, se ha informado que el comportamiento de la acidez titulable es errática, variando de 0.04 a 0.06 %, y al momento de la cosecha puede llegar a ser hasta del 0.02 a 0.03 %, y está acompañada por cambios consistentes en el contenido de ácido ascórbico (Corrales, 1994).

La tuna dulce (*O. amyclaea* T.) tiene importancia en el Estado de México porque se destinan a su cultivo 15,594 ha, y su producción equivale aproximadamente al 40 % del total nacional (INEGI, 2000); sin embargo, tiene un periodo

de cosecha de junio a septiembre, meses en que se satura el mercado y provoca una depreciación del producto lo que ocasiona pérdidas a los productores; esto se debe principalmente a que el fruto cae (abscisión) debido a maduración. Otras especies del género *Opuntia* llamadas xoconostle producen tunas agrias, y sus frutos permanecen en la planta por más tiempo con relación a las tunas dulces (hasta dos años); tal es el caso de *O. oligacantha* S. y *O. matudae* S.

Por lo antes expuesto esta investigación tuvo como objetivo determinar la relación del etileno con el proceso de maduración y abscisión del fruto *O. amyclaea*, *O. oligacantha* y *O. matudae*, información que puede ser base para investigaciones que tengan como objetivo modificar el periodo de cosecha de la tuna dulce y que los productores puedan determinar el momento óptimo para su venta en función del precio en el mercado y obtener mayores ingresos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó con muestras de frutos de tres especies de *Opuntia* (Figura 1) procedentes de un huerto familiar de la comunidad de Belén, municipio de Otumba, Estado de México. La época de muestreo para las especies de xoconostles fue del 15 de febrero al 15 de mayo de 2002 y para la tuna dulce fue del 30 de Mayo al 27 de septiembre del mismo año. Para las tres especies se utilizaron frutos en cuatro fases de madurez (inicial M1, intermedia: M2; máxima: M3; y final: M4).

Para medir la concentración de etileno y de CO<sub>2</sub> se utilizó el método estático. Se tomaron dos frutos de peso conocido con la zona de abscisión adherida (Figura 2), éstos se colocaron en recipientes de volumen previamente determinado y se cerraron herméticamente permaneciendo así durante cuatro horas. Posteriormente se tomó 1 ml del gas presente en el espacio de cabeza y se inyectó en el cromatógrafo de gases Hewlett Packard Serie II con columna empacada tipo abierta de capa porosa de sílica, conectada simultáneamente a un detector de ionización de flama (FID) y otro de conductividad térmica (TCD). Como testigo se inyectaron muestras estándar de etileno (10 mg·litro<sup>-1</sup>) y CO<sub>2</sub> (500 mg·litro<sup>-1</sup>). La respiración se informó en mL CO<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup> y la producción de etileno en µl·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>.

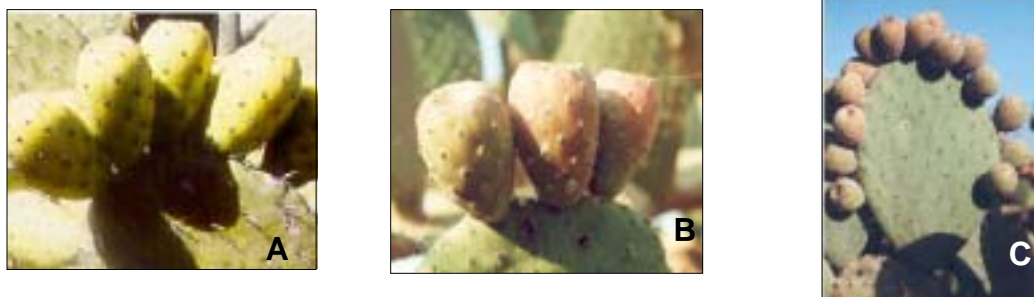


FIGURA 1. Especies de *Opuntia* estudiadas. A) *O. amyclaea* T.; B) *O. oligacantha* S.; C) *O. matudae* S.

En una muestra de 10 ml tomada del filtrado de la mezcla de 20 g de fruto con 50 ml de agua destilada, se determinó el pH, que se midió con un potenciómetro CORNING mod. 12, y la acidez titulable se determinó con la metodología propuesta por la AOAC (1984).

El diseño experimental utilizado fue bloques completamente al azar con un arreglo factorial, en donde el primer factor fue la fase de maduración con cuatro niveles y las especies con tres niveles (4x3) como se indica en el Cuadro 1, con cuatro repeticiones; la unidad experimental estuvo constituida por dos frutos con la zona de abscisión adherida. Se realizó un análisis de varianza y cuando existió significancia se hizo una prueba de comparación de medias de Tukey con una  $P \leq 0.05$ , y se establecieron correlaciones de medias entre las variables estudiadas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hubo diferencias altamente significativas entre las fases de maduración del fruto para la concentración de etileno y  $\text{CO}_2$ , y pH; no así para la concentración de ácido cítrico (Cuadro 1). Se detectaron diferencias altamente significativas para todas las variables entre las especies evaluadas; sin embargo, la interacción maduración x especie sólo fue significativa para la concentración de  $\text{CO}_2$  y el pH (Cuadro 1).



FIGURA 2. Fruto de *Opuntia* con la zona de abscisión adherida.

## Etileno

Las concentraciones de etileno más altas se presentaron en la fase inicial, intermedia y máxima de maduración de los frutos, mientras que en la fase final se encontró la más baja (Cuadro 2). En general la concentración de etileno tendió a disminuir conforme avanzó la maduración de los frutos, lo cual coincide con lo informado por Lincoln y Zeiger (2002), quienes sugieren que el etileno es la hormona que dispara el proceso de maduración en los frutos.

Para esta variable se observaron diferencias altamente significativas entre la tuna dulce (*O. amyclaea*) y las especies de xoconostle; sin embargo, entre *O. oligacantha* y *O. matudae* no hubo diferencias significativas, aún cuando la diferencia entre éstas fue de  $0.59 \mu\text{l}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ , el menor valor lo presentó *O. matudae* (Cuadro 2). Durante las fases M2, M3 y M4, *O. amyclaea* superó en concentración de etileno a las especies de xoconostle, y en la fase M1 fue *O. oligacantha* la que tuvo la concentración más alta (Figura 3). El valor más alto en *O. amyclaea* coincide con la maduración máxima (M3), en la que se observó el mayor número de frutos caídos, lo cual coincide con los resultados de Aneja *et al.* (1999).

No obstante que las especies de xoconostle no mostraron diferencias estadísticamente significativas para la concentración de etileno, fisiológicamente la diferencia observada fue suficiente para que *O. oligacantha* desarrollara color más intenso y alcanzara un sabor agridulce, en contraste con *O. matudae* que mantuvo el sabor agrio y color del fruto menos intenso. Los frutos para ambas especies quedaron adheridos a la planta.

## Concentración de $\text{CO}_2$

El mayor valor se obtuvo durante la fase M2 y M3 ( $24.19$  y  $29.8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ , respectivamente) y el menor en la fase M4 ( $13.3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ). Las máximas concentraciones de  $\text{CO}_2$  se dieron en el periodo en que los frutos maduraron completamente, coincidiendo con lo propuesto por Lincoln y Zeiger (2002). La concentración de  $\text{CO}_2$  en la fase M4 disminuyó en más del 50 % del máximo valor registrado en la fase M3 y fue inferior al observado en la M1; este valor podría corresponder al inicio de la senescencia (Reyna, 1998).

CUADRO 1. Cuadrados medios y significancia estadística para la concentración de  $\text{CO}_2$ , etileno, ácido cítrico y pH en tres especies del género *Opuntia*.

F de V	gl	Etileno	$\text{CO}_2$	Acido cítrico	pH
Maduración	3	6.94**z	631.75**	0.005 <sup>NS</sup>	2.84**
Repetición	3	2.33 <sup>NS</sup>	75.06 <sup>NS</sup>	0.003 <sup>NS</sup>	0.03*
Especie	2	13.73**	3,259.44**	0.77**	37.66**
Maduración x Especie	6	3.35 <sup>NS</sup>	178.15*	0.004 <sup>NS</sup>	0.46**
		61.91	38.54	26.20	2.43

z\*: \*\*, Significativo al 5 y 10% ( $P \leq 0.01$ ); NS: No significativo.

CUADRO 2. Valores promedios de etileno ( $\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ),  $\text{CO}_2$  ( $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ), pH y ácido cítrico (%) para las fases de maduración del fruto en tres especies de *Opuntia*.

Variable	Fase de maduración				Especies		
	Inicial	intermedia	máxima	final	<i>O. amyclaea</i>	<i>O. oligacantha</i>	<i>O. matudae</i>
Etileno	2.63 a <sup>2</sup>	2.51 a	2.39 a	1.00 b	3.14 a	1.92 b	1.33 b
$\text{CO}_2$	17.70 b	24.19 a	29.86 a	13.32 b	36.88 a	18.08 b	8.88 c
pH	4.20 b	4.90 a	5.00 a	4.10 b	6.30 a	3.70 b	3.60 b
Ác. cítrico	0.34 a	0.29 a	0.33 a	0.34 a	0.07 b	0.43 a	0.47 a

<sup>2</sup>Valores con letras iguales en hileras dentro de fases de maduración y especies, son similares, de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P\leq 0.05$ .

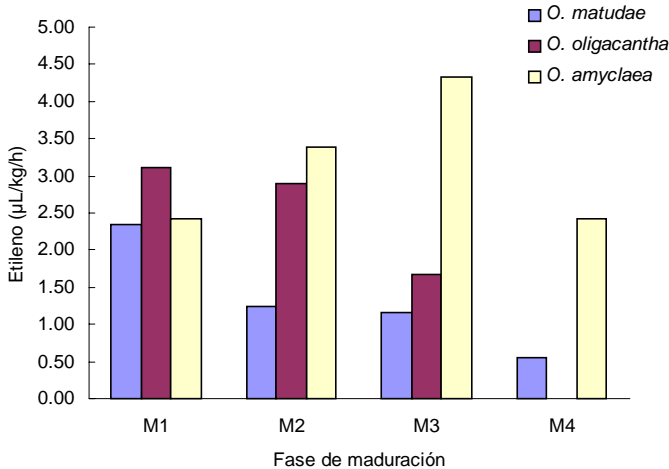


FIGURA 3. Concentraciones de etileno ( $\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ) registradas en cuatro fases de maduración de fruto en tres especies de *Opuntia*.

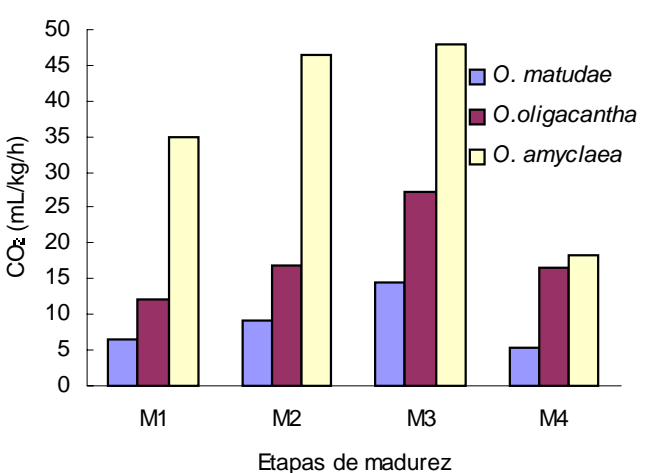


FIGURA 4. Concentraciones de  $\text{CO}_2$  ( $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ) registradas en cuatro fases de maduración de fruto en tres especies de *Opuntia*.

En promedio, la tuna dulce (*O. amyclaea*) registró la concentración de  $\text{CO}_2$  más alta ( $36.88 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ), lo que significa que tuvo mayor tasa de respiración, debido posiblemente a la mayor transformación de azúcares, ya que sus frutos son muy dulces ( $12^\circ\text{Brix}$ ); eso también podría ser producto del desgaste de energía durante la abscisión de los frutos en la fase M3 (Figura 4). La mayor concentración de  $\text{CO}_2$  alcanzada por los xoconostles, se observó en la fase M3, que corresponde al punto máximo de maduración para ambas especies (Lincoln y Zeiger, 2002) y que pudiera estar relacionada con los cambios en color y sabor de sus frutos.

pH y ácido cítrico

El máximo pH se observó en las fases M2 y M3 periodo en que la maduración de los frutos tendió a su máxima expresión y el menor valor se tuvo en M1 y M4, lo que indica que conforme avanzó la maduración de los frutos también aumentó su acidez (pH) y al empezar la fase de senescencia decayó. Entre *O. amyclaea* y las especies de xoconostle hubo diferencias significativas en el pH del fruto, no así entre estas últimas. Sánchez (1996), indica que *O. matudae* y *O. oligacantha* son especies ácidas porque su pH es de 3.6 y 3.7, y se planteó que el límite crítico para los alimentos no ácidos es de 4.5, mientras que la tuna dulce tiene un pH de 6.3; en este estudio el pH en los frutos, de

las tres especies incluidas, aumentó conforme avanzó su grado de maduración (Figura 5), en cuyo caso *O. amyclaea* registró los valores más altos.

Durante la maduración del fruto no hubo diferencias significativas en el contenido de ácido cítrico. De manera general la tuna dulce (*O. amyclaea*) registró los porcentajes más bajos a lo largo de la maduración del fruto (Figura 6); estos valores son muy similares a los indicados por Corrales (1994). El contenido de ácido cítrico fue significativamente diferente entre *O. amyclaea* y las dos especies de xoconostles y al igual que para el pH, estas dos especies no fueron estadísticamente diferentes; sin embargo, se puede apreciar que al final de la maduración, la especie *O. oligacantha* tiende a disminuir su contenido de ácido cítrico mientras que en *O. matudae* tiende a incrementarse (Figura 6). Estos datos indican que valores altos de pH en *O. amyclaea* son el resultado del proceso de maduración, en donde existe una mayor transformación de ácidos en azúcares (Bosques, 1992), lo que da el sabor dulce y bajos niveles de ácido cítrico (Figura 5 y 6).

Análisis de correlación

Se estableció una asociación positiva y altamente significativa entre las concentraciones de etileno y de  $\text{CO}_2$



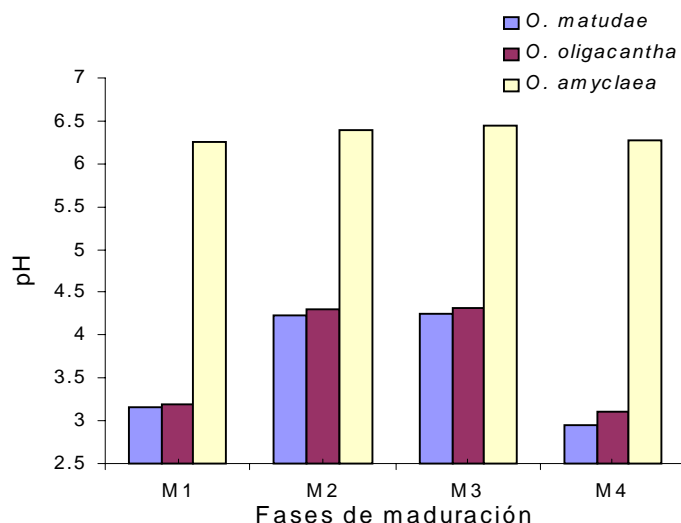


FIGURA 5. Comportamiento de los valores de pH de fruto en tres especies de *Opuntia* y cuatro fases de maduración del fruto.

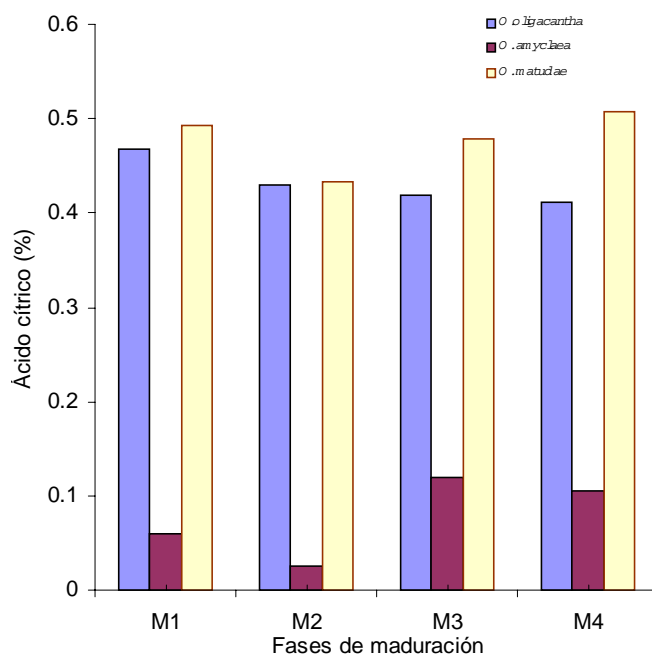


FIGURA 6. Porcentaje de ácido cítrico registrado en tres especies de *Opuntia* y cuatro fases de maduración del fruto.

(Cuadro 3), lo cual significa que un incremento en los niveles de etileno conlleva a un incremento en los niveles de  $\text{CO}_2$ , y sugiere que el proceso de maduración de los frutos sobre la planta de estas especies, está condicionado por la producción de etileno y la acumulación de  $\text{CO}_2$ . En este sentido Lincoln y Zeiger, (2002) indicaron que es necesario un incremento en la concentración de etileno para que inicie la maduración, desencadenándose diversos procesos químicos que se traducen en incrementos de la respiración, que se manifiesta por la liberación de  $\text{CO}_2$ . Los resultados del estudio indican que en las especies *O. oligacantha* y *O. matudae* las concentraciones de etileno y de  $\text{CO}_2$  al parecer

promovieron el inicio de la maduración en los frutos, pero no fueron suficientes para que éstos iniciaran el proceso de senescencia y abscisión de manera rápida como sucedió en *O. amyclaea*.

CUADRO 3. Coeficientes de correlación y significancia estadística entre concentración de etileno ( $\mu\text{l}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ), y concentración de  $\text{CO}_2$  ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ), pH y ácido cítrico (%) de frutos en tres especies de *Opuntia*.

Variable	Etileno	$\text{CO}_2$	Ácido cítrico
$\text{CO}_2$	0.3362*		
Ácido cítrico	-0.3862**	-0.668**	
pH	0.4523**	0.7472**	-0.87800**

\*, \*\*: significativo a una  $P \leq 0.05$  y a una 0.01.

En la fase M4, *O. amyclaea* mostró concentraciones bajas de etileno y  $\text{CO}_2$ , ya que los datos en esta fase fueron tomados de los últimos frutos que quedaron en la planta después del máximo periodo de cosecha. La eliminación de la mayoría de los frutos maduros tal vez provocó un desequilibrio hormonal en la planta y los pocos frutos que mantuvo no promovieron suficiente estímulo para que ésta continuara con su proceso de maduración, pasando a una fase de recuperación de fotoasimilados y preparación para el siguiente ciclo de producción.

La correlación entre la concentración de etileno y el porcentaje de ácido cítrico fue negativa, por lo que se espera que un incremento en la concentración de etileno durante el proceso de maduración repercuta en una disminución del contenido de este ácido. Al respecto, Davis y Chase (1969) plantean que como efecto de la maduración se incrementan los niveles de azúcares y disminuye el contenido de ácidos. El etileno y el pH correlacionaron positivamente, ya que conforme ocurre el proceso de maduración se incrementan los niveles de pH como consecuencia del desdoblamiento de azúcares y desaparición de ácidos orgánicos, incluyendo fenoles, y el etileno se menciona como la hormona responsable de la maduración del fruto (Lincoln y Zeiger, 2002).

Por otro lado, Sánchez y Ortega (1996) identificaron 12 carbohidratos solubles y cuatro ácidos carboxílicos en el fruto de xoconostle 'Cuaremero' y de acuerdo con las correlaciones anteriores (Cuadro 3), se puede sugerir que las especies de xoconostle cuentan con los sustratos necesarios para el proceso de respiración y generar la energía que permita la maduración de los frutos.

El pH y el porcentaje de ácido cítrico son indicadores del grado de maduración de los frutos de cada especie; conforme éstos son más ácidos, su maduración ocurre de manera más lenta, como pudiera estar sucediendo en *O. matudae* que tarda más de siete meses para alcanzar la madurez fisiológica y durante ese proceso no hay cambios

significativos en los valores de pH que fueron de 3.2 al inicio del desarrollo del fruto y de 3.0 en la madurez fisiológica, lo que coincide con los resultados que obtuvo Sánchez y Ortega (1996). Para *O. oligacantha* la etapa que transcurre desde la polinización hasta la madurez, tarda aproximadamente seis meses (Cuadro 4) y su pH es de 3.2 a 3.1, siendo muy similar a la de *O. matudae*; sin embargo, alcanza mayor coloración que esta última y su sabor es agri dulce. La tuna dulce (*O. amyclaea*) que se encuentra en plena floración en el mes de marzo y alcanza la madurez fisiológica en el mes de junio, tiene pH que fluctúa de 6.3 hasta 6.5.

Se obtuvieron correlaciones negativas y altamente significativas entre la concentración de CO<sub>2</sub> y el ácido cítrico y una correlación positiva y altamente significativa con el pH, lo que indica que cuando se incrementa la concentración de CO<sub>2</sub> también se incrementa el pH, lo que resulta en una disminución en el porcentaje de ácido cítrico. De igual manera existió una correlación negativa y altamente significativa entre el pH y el porcentaje de ácido cítrico, por lo que un incremento en los niveles de pH conllevan a una disminución en los porcentajes de ácido cítrico, ambos son indicadores del contenido de ácidos orgánicos durante el proceso de maduración. Al inicio de la maduración el contenido de ácidos fue muy alto, pero tendió a disminuir conforme avanzó ésta y los frutos cambiaron de sabor agrio a dulce.

CONCLUSIONES

La cantidad media de etileno que existe en la tuna dulce (*O. amyclaea*) (3.14 µl·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>) superó significativamente a las concentraciones registradas en las especies de xoconostle *O. oligacantha* y *O. matudae* (1.3-1.9 µl·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>).

Las concentraciones de etileno que se encontraron en *O. amyclaea* promovieron el desarrollo del proceso de abscisión.

Las concentraciones de etileno encontradas en *O. matudae* y *O. oligacantha* fueron suficientes para promover la maduración de los frutos, pero no para iniciar el proceso de senescencia y abscisión, lo cual prolonga la permanencia del fruto en la planta.

La máxima producción de CO<sub>2</sub> registrada por los xoconostles en la fase de plena maduración puede deberse a procesos metabólicos en los frutos como el cambio en coloración y transformación de ácidos en azúcares.

LITERATURA CONSULTADA

ANEJA, M.; GIANFAGMA, T.; EDWARD, N. 1999. The role of abscisic acid and ethylene in the abscission and senescence of co-coa flowers. *Plant Growth Reg.* 27: 85-100.

AOAC. 1984. Official Methods of Analysis of the Association Official Analytical Chemists. Fourteenth edition. Edited by Sidney Williams. Arlington Virginia USA. pp. 918-922.

BEYER, M. E. 1975. Abscission: The initial effect of ethylene is in the leaf blade. *Plant Physiol.* 55: 322-327.

BONGHI, C.; TONUTTI, P.; RAMINA, A. 2000. Biochemical and molecular aspects of fruitlet abscission. *Plant Growth Reg.* 31: 35-42.

CORRALES G., J. 2000. Fisiología y tecnología poscosecha del fruto de tuna y del nopal verdura. Universidad Autónoma Chapingo. Informe de Investigación 54. CIESTAAM. Chapingo, México. pp. 7-19

DAVIS, P. P.; CHASE, W. G. 1969. Determination of alcohol in citrus juice by gas chromatographic analysis of head space. *Hortscience* 4: 117-119.

GÓMEZ L., M. A. 1991. Introducción a la Biología Molecular e Ingeniería Genética de Plantas. Capítulo 7. Primera edición. Celaya, Guanajuato, México. pp. 119-130.

HAN, S. S.; NOBEL, J. 1995. Ethylene-induced abscission of *Easter cactus* phylloclades for vegetative propagation. *HortScience* 30(5): 1070-1073.

INEGI 1999. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos; por cultivo. Aguascalientes, México. pp. 754-755.

INEGI, 2000. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos; por estado. Aguascalientes, México. pp. 192-193.

LINCOLN, T.; Zeiger, E. 2002. Ethylene: The Gaseous Hormone, pp. 519-538. *In: Plant physiology*. 3ª Edición. Sinaver Associates. Massachusetts, USA.

OKUDA, H. 1999. An increase in citrus fruit (Kiyomi tangor) abscission induced by ABA is accompanied by an IAA increase in the abscission zone and ethylene production. *Journal Hort. Sci.*

CUADRO 4. Registro fenológico de la floración y desarrollo de fruto en *Opuntia matudae*, *O. oligacantha* y *O. amyclaea*. Belen, municipio de Otumba, Estado de México, 2002.

Especie	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<i>O. matudae</i>			oooo ****	oooo ****	oooo **//	oooo /////	oooo /////	oooo /////	oooo /////	oooo /////	////ooo	oooo oooo
<i>O. oligacantha</i>			**	****	**//	/////	/////	////////	////ooo	oooooo	oooooo	oooo
<i>O. amyclaea</i>		*	*****	**//	////////	/////	oooo	oooooo	oooo			

\*\*\*: Floración; ////: Crecimiento de fruto; oooo: Maduración de Frutos. Observación en campo durante 2000, 2001 y 2002.

Biotech. 74(4): 422-425.

PÉREZ F.; L. J., PONCE DE L., G.; BOSQUES M., E. PELAYO Z., C. 1993. La vía alternativa en el metabolismo respiratorio de plantas superiores. *Ciencia* 44: 41-52.

ROJAS G., M. 1984. Fisiología Vegetal Aplicada. Tercera edición. Editorial McGRAW-HILL. D. F., México. pp. 204-226, 251-262.

SALISBURY, B. F.; ROSS C. W. 1994. Fisiología Vegetal. Ed Iberoamérica. D. F., México. pp. 306-450.

SÁNCHEZ, V. G.; ORTEGA D. M. L. 1996. Componentes químicos durante la maduración del fruto de *Opuntia joconostle* W. forma Cuaresmero. *Agrociencia* 30: 541-548.

SÁNCHEZ V., G. 1994. Distribución y variación de *Opuntia joconostle* Weber en el estado de Zacatecas. *Geografía Agrícola* 20: 69-78.

WEAVER, R. J. 1976. Reguladores del Crecimiento de las Plantas en la Agricultura. Ed. Trillas. D. F., México. pp. 45-96.