



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

EFEECTO DEL ETILENO Y ACIDO GIBERELICO EN EL
FRUTO DE NOPAL TUNERO (Opuntia amyclaea
Tenore)

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO AGRICOLA
P R E S E N T A :
JOSE LUIS GARCIA VELEZ

ASESOR: ING. FRANCISCO CRUZ PIZARRO

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1993

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

LISTA DE CUADROS, FIGURAS, MAPAS Y GRAFICAS.....	i
OBJETIVOS	
I INTRODUCCION.....	1
II REVISION DE LITERATURA	
2.1 ANTECEDENTES Y CARACTERISTICAS DEL NOPAL.....	5
2.2 CAMBIOS FISICOS EN EL FRUTO DE NOPAL TUNERO DURANTE SU DESARROLLO.....	9
2.3 CAMBIOS QUIMICOS EN EL FRUTO DE NOPAL TUNERO DURANTE SU DESARROLLO.....	10
2.4 ETAPAS DE DESARROLLO DEL FRUTO	
2.4.1 CUAJADO DEL FRUTO.....	10
2.4.2 DIVISION CELULAR.....	13
2.4.3 ELONGACION CELULAR.....	14
2.4.4 MADURACION.....	14
2.4.5 COLOR DEL FRUTO.....	15
2.5. SUSTANCIAS DETERMINANTES DEL SABOR.....	16
2.6. AROMA DEL FRUTO.....	18
2.7. OTRAS SUSTANCIAS ORGANICAS.....	18
2.8. CONSISTENCIA DE LA PULPA.....	19
2.9. REGULADORES DEL CRECIMIENTO	
2.9.1 GENERALIDADES.....	19
2.9.2 GIBERELINAS.....	20
2.9.3 ETILENO.....	24
2.9.4 INTERACCIONES EN LA REGULACION DEL CRECIMIENTO.....	28

2.9.5 REGULADORES DE CRECIMIENTO EN

<u>Opuntia spp.</u>	30
III MATERIALES Y METODOS	
3.1 LOCALIZACION.....	33
3.2 MATERIALES.....	33
3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	34
3.4 DOSIS.....	35
3.5 TOMA DE DATOS.....	35
IV DISCUSION Y RESULTADOS.....	37
V CONCLUSIONES.....	54
VI LITERATURA REVISADA.....	55
ANEXOS.	

OBJETIVOS:

- ANALIZAR EL EFECTO DE VARIAS CONCENTRACIONES DE ETILENO Y AG3 EN ALGUNOS PARAMETROS CUANTITATIVOS DEL FRUTO DEL NOPAL.
- DETERMINAR LAS DOSIS DE LOS REGULADORES, EN LAS CUALES ESTOS PARAMETROS ALCANZAN SUS MAXIMOS VALORES.

LISTA DE CUADROS, FIGURAS, MAPAS Y GRAFICAS

Mapas		Página
1	REGIONES ARIDAS Y SEMIARIDAS DE LA REPUBLICA MEXICANA.	2
2	REGIONES PRODUCTORAS DE TUNA EN EL ESTADO DE MEXICO.	4
Figuras		
1	CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS DE LA FLOR DE TUNA ELANCA (<u>Opuntia amyclaea</u> Tenore).	7
2	CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS DEL FRUTO DE TUNA BLANCA (<u>Opuntia amyclaea</u> Tenore).	8
Cuadros		
1	COMPOSICION QUIMICA (INICIAL) DEL JUGO DE TUNAS COSECHADAS A DIFERENTES GRADOS DE MADUREZ.	11
2	COMPOSICION QUIMICA DEL JUGO DE TUNAS COSECHADAS CON DIFERENTES GRADOS DE MA DUREZ DESPUES DE DOS SEMANAS DE ALMACE NAMIENTO EN CONDICIONES AMBIENTALES (20+22C Y 60-70% H.R.).	12
3	ANALISIS DE VARIANZA Y COMPARACION DE MEDIAS DEL PARAMETRO LONGITUD DE FRUTO.	37

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

4	ANALISIS DE VARIANZA Y COMPARACION DE MEDIAS DEL PARAMETRO DIAMETRO DE FRUTO.	39
5	ANALISIS DE VARIANZA Y COMPARACION DE MEDIAS DEL PARAMETRO PESO CON CAS-CARA.	41
6	ANALISIS DE VARIANZA Y COMPARACION DE MEDIAS DEL PARAMETRO PESO SIN CAS-CARA.	43
7	COMPORTAMIENTO DE LA TUNA EN RELACION CON LA CASCARA.	45
8	ANALISIS DE VARIANZA Y COMPARACION DE MEDIAS DEL PARAMETRO GRADOS BRIX.	46

Gráficas

1	PORCENTAJE DE CASCARA	51
2	GRADOS BRIX	53

TESIS CON
FALLA DE OR.GEN

I. INTRODUCCION

El nopal, por sus características morfológicas es considerado como un vegetal de zonas áridas y semiáridas. En México gran parte del territorio nacional esta comprendido por zonas áridas y semiáridas, las cuales abarcan una extensión de aproximadamente 796'866,036 km² que corresponden al 40.5% de la superficie del territorio nacional. En general se agrupan en 4 regiones: Desierto Chihuahuense, Desierto Sonorense, zonas áridas del centro y península de Yucatán (Mapa 1).

En estas zonas los recursos agua y suelo no son suficientes, la agricultura que se practica es de temporal y se pierde hasta un 50% de las cosechas y además existe un grado de erosión bastante alto; por lo que en estas zonas, el nopal entre otras plantas, juega un papel de protector del suelo, ya que se cultiva principalmente en suelos pedregosos o de laderas, lo que ayuda a la preservación de éste recurso. Su desarrollo radicular contribuye a la retención del agua, evitando que éste arrastre la tierra, con lo que coadyuva a formar suelos por segmentación.

De acuerdo a las cuatro regiones en que se agrupan las zonas áridas y semiáridas, el Estado de México se encuentra ubicado en las zonas áridas del centro, donde la región de San Martín de las Pirámides, Teotihuacan y en general la

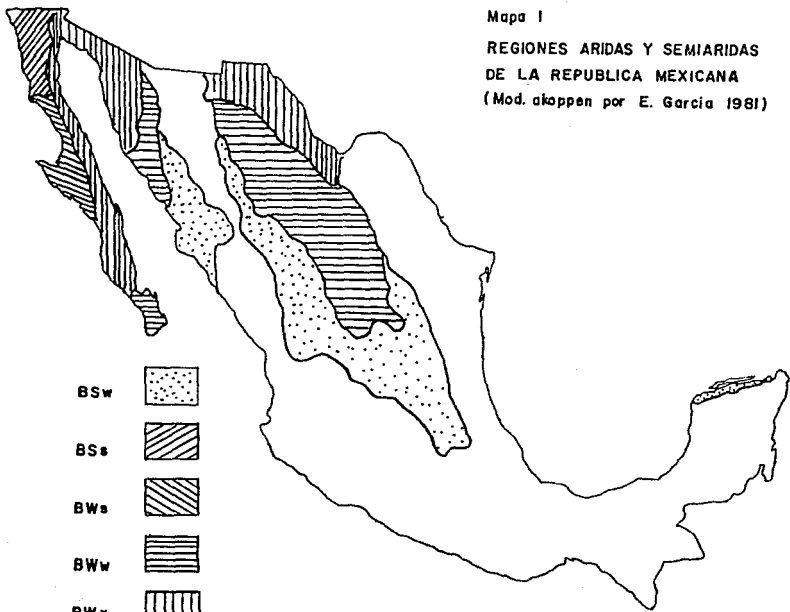
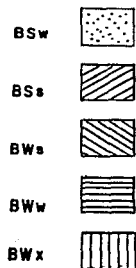
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Mapa 1

REGIONES ARIDAS Y SEMIARIDAS
DE LA REPUBLICA MEXICANA

(Mod. akoppen por E. Garcia 1981)

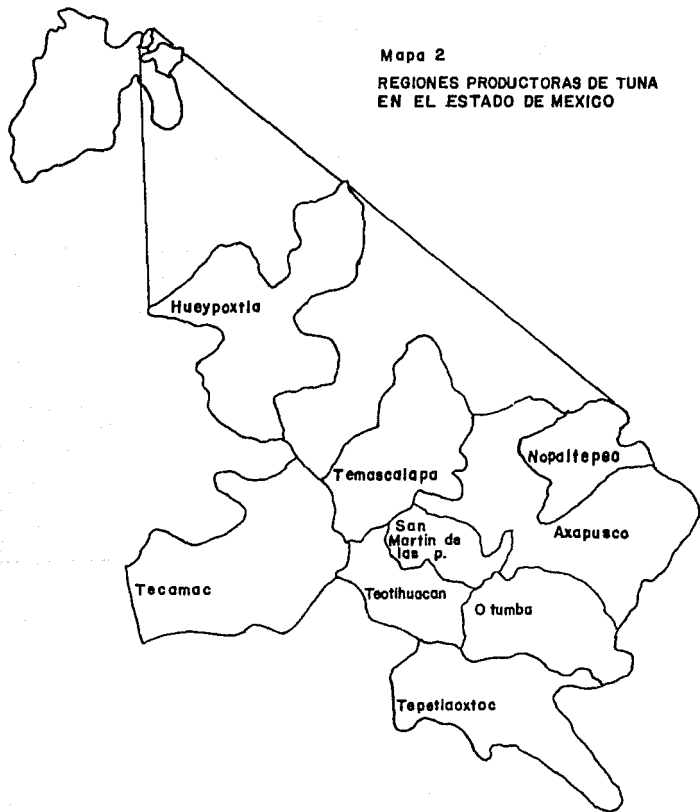
2



parte Noreste del estado (Mapa 2) son productoras de tuna; en esta zona la planta de nopal tiene gran importancia para sus pobladores, ya que es utilizada como planta forrajera en época de sequía, como planta medicinal, como fuente de alimenticia consumiéndose en este caso el fruto del nopal y el nopalito , finalmente como cultivo, genera fuentes de trabajo, teniendo así que la limpia del terreno, la poda, la fertilización y aplicación de pesticidas requieren un promedio de 65 jornales por hectárea y en la época de cosecha se requieren 70 jornales por hectárea (Hort. Frut. y Flor. 1990), por lo que se considera un cultivo de gran beneficio social.

Actualmente se ha encontrado buena aceptación de ésta en los mercados extranjeros, por lo que se ha iniciado la exportación de fruta seleccionada, encerada y desespínada hacia los Estados Unidos y Canadá principalmente, lo que ofrece mayores perspectivas para la producción de tuna además de mejores precios en los mercados debido a que disminuye la saturación de éstos.

Mapa 2
REGIONES PRODUCTORAS DE TUNA
EN EL ESTADO DE MEXICO



II. REVISION DE LITERATURA.

2.1 Antecedentes y características del nopal.

El nopal (Opuntia spp) es una planta nativa de Norteamérica que crece desde Canadá hasta Argentina, de donde ha sido llevada a distintas partes del mundo.

Pertenece a la tribu Opuntia de la familia Cactaceae orden Cactales y está compuesto de 3 subgéneros: Cylindropuntia, Tephrocactus y Platyopuntia, dentro de los cuales se incluyen 250 especies (Britton y Rosse, 1963).

En México es una planta abundantemente distribuida, presenta gran polimorfismo existiendo especies silvestres y cultivadas; están representados dos subgéneros: Cylindropuntia y Platyopuntia; el primero con los cladodios en forma cilíndrica y el segundo en forma aplanada. Al subgénero Platyopuntia pertenecen los verdaderos nopales cuyos frutos se conocen como tunas cuando tienen sabor dulce y xoconostles cuando tienen sabor ácido (Bravo, 1937).

De acuerdo con Barrientos (1965) las especies productoras del fruto son principalmente: Opuntia amyclaea (blanca), Opuntia megacantha (amarilla), Opuntia streptacantha (cardón), Opuntia ficus indica (de castilla), Opuntia robusta (tapon) y Opuntia hypticantha (memelo).

La tuna es un fruto descrito como generalmente jugoso o botánicamente considerado como una baya; sin

TELIS CON

FRULA DE ODICEN

embargo, de acuerdo a sus características particulares realmente se trata de un fruto accesorio ya que se desarrolla de un ovario infero y es formado por lo tanto a partir de los carpelos y del tejido axial adyacente o pericarpelo (Buxbaum, 1953).

En lo concerniente a las características morfológicas de la flor y el fruto de la tuna blanca, las figuras 1 y 2 muestran en diferentes cortes las partes que forman a cada una de estas estructuras.

Sobre las características fisiológicas de pre y postcosecha del fruto de *Opuntia* existen pocos estudios Likshminarayana y Estrella Bolio (1977), estudiaron el comportamiento respiratorio de frutos de nopal, especie *Opuntia robusta* Mill, en condiciones ambientales de 20 grados°C. + - 1 grado°C.; y 60 a 65 % de H.R. y encontraron un comportamiento respiratorio similar al de los frutos cítricos, con esto los autores clasifican al fruto del nopal como no climatérico.

Por otra parte las flores son protandrias y permanecen abiertas únicamente por 24 horas para la polinización cruzada.

La tuna es un fruto de ciclo corto ya que su desarrollo toma aproximadamente 120 días después del amarre (Sosa 1982).

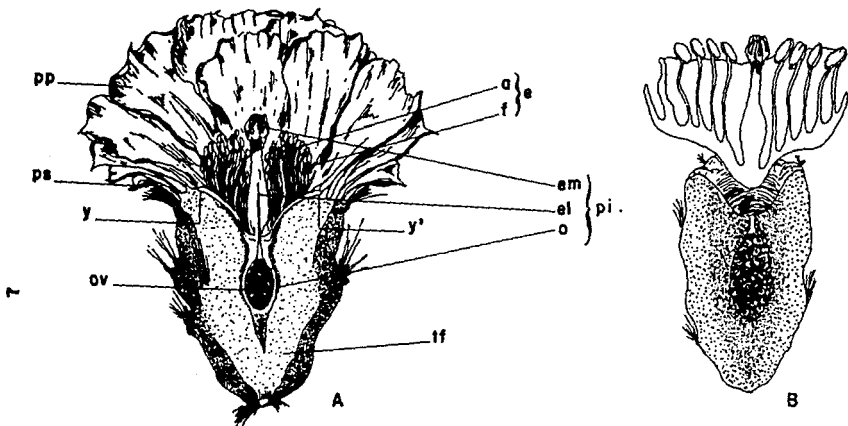


fig. 1

Características morfológicas de la flor de tuna blanca (*Quintia amygdala* Tenore). A: corte esquemático de una flor en el momento de apertura; B: aspecto de la misma con las partes no esenciales separadas. pp: perianto petaloide; ps: perianto sepaloide; a: antera; f: filamento; e: estambre; am: estigma; el: estilo; o: ovario; pi: pistilo; ov: óvulos; tf: tubo floral; y y': puntos de separación de las partes no esenciales. (Soza 1982)

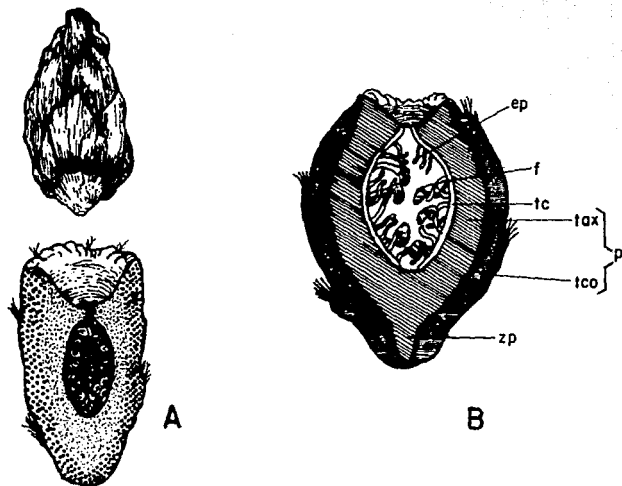


fig. 2

Características morfológicas del fruto de tuna blanca (*Opuntia amyclaea* Tenore) .
 A: Corte de un fruto recién amarrado con las partes del perianto secas separadas .
 B: Corte esquemático de un fruto recién amarrado mostrando sus partes: ep, estructuras papilares; f, funículo; tc, tejido carpelar; tax, tejido axial; tco, tejido cortical; p, peri carpelo; zp, zona pedicelar. (Sosa 1982)

2.2 Cambios físicos en el fruto de nopal tunero durante su desarrollo.

Respecto al diámetro y longitud, en las primeras etapas hay un incremento de longitud hasta llegar a ser proporcionales el incremento de longitud y diámetro, lo que sucede a partir de la cuarta semana después del amarre del fruto. Después de este periodo se dispara el incremento en diámetro por acumulación de reservas y aumento de peso de las semillas.

El aumento en el peso del fruto en una primera etapa es gradual, pero a partir de la décima semana del amarre éste se dispara.

La firmeza de la cáscara pasa por dos etapas y tiene un aumento brusco y después disminuye.

La profundidad del receptáculo disminuye conforme el fruto va creciendo y madurando.

Considerando que el fruto es la combinación de cáscara y corazón, la composición física porcentual de estas partes expresado como rendimiento, mostraron un comportamiento antagónico.

Existe un cambio de color y textura en la cáscara y en las espinas, la cáscara pasa de un color verde oscuro y rugosa a un color amarillo y tersa, por otra parte las espinas pasan de un color amarillo y largas a espinas cortas y oscuras. (Sosa 1982).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.3 Cambios químicos en el fruto de nopal tunero durante su desarrollo.

La humedad de la cáscara varía durante todo su desarrollo aunque esta variación se puede atribuir a las variaciones de humedad del suelo y a las precipitaciones.

La fibra cruda tiene un comportamiento variable, disminuye en las primeras etapas y aumenta progresivamente en las siguiente etapa, manteniéndose finalmente en un rango de 30-50%.

Los cambios químicos del jugo se observan en los cuadros 1 y 2. (Sosa 1982).

2.4 Etapas del desarrollo de un fruto.

2.4.1. Cuajado del fruto.

Una vez realizada la polinización, el tubo polínico atraviesa el estilo, penetra por el micropilo y tiene lugar la fecundación de la oosfera. El estímulo hormonal del joven embrión impide la abscisión del fruto y da lugar a un engrosamiento del ovario y de los tejidos adyacentes dentro del fruto en desarrollo. El cuajado viene acompañado por el marchitamiento de los pétalos y en muchas plantas el desprendimiento de las anteras y el cáliz. No cuajan todas las flores en la mayoría de las plantas, aunque cada flor o florecilla sea polinizada y la planta se encuentre en un buen estado sanitario. La amplitud de esta caída natural varía según la especie. En las especies de fruto grande

CUADRO NO. 1

COMPOSICION QUIMICA (INICIAL) DEL JUGO DE TUNAS COSECHADAS
A DIFERENTES GRADOS DE MADUREZ

Composición química del jugo	Días transcurridos después del amarre del fruto.					
	91	98	105	110	115	120
Sólidos solubles totales (°Brix)	9.70	13.40	14.55	14.80	15.80	15.50
Acidez titulable (% Ac. cítrico anhidro)	0.15	0.11	0.12	0.08	0.05	0.03
Acido ascórbico verdadero (mg/100 ml)	16.34	13.90	21.40	14.10	11.60	22.05
pH						
-	5.70	6.00	6.20	6.25	6.10	6.60
Glucosa (%)	4.36	7.80	4.67	8.40	11.98	8.19
Fructosa (%)	5.74	6.92	10.06	8.05	5.84	6.71
Sacarosa (%)	1.50	1.03	0.80	0.00	0.00	1.10
Azúcares totales (%)	10.85	15.01	15.22	15.85	17.54	16.04

(Sosa 1982)

CUADRO NQ 2

COMPOSICION QUIMICA DEL JUGO DE TUNAS COSECHADAS CON DIFERENTES GRADOS DE MADUREZ DESPUES DE DOS SEMANAS DE ALMACENAMIENTO EN CONDICIONES AMBIENTALES. (20 + 2°C y 60-70 % H. R.)

Composición química del jugo	Días transcurridos después del amarre del fruto.					
	91	98	105	110	115	120
Sólidos solubles totales (°Brix)	9.40	12.00	14.00	14.60	13.80	14.80
Acidez titulable (%Ac. cítrico anhidro)	0.06	0.03	0.05	0.04	0.05	0.04
Acido ascórbico verdadero (mg/100 ml)	17.63	15.60	21.76	21.85	21.86	32.33
pH	6.00	6.00	6.50	6.60	6.00	6.20
Glucosa (%)	5.10	8.26	8.18	10.00	8.55	7.93
Fructosa (%)	4.25	5.51	6.53	5.60	6.21	8.87
Sacarosa (%)	2.48	2.29	1.11	0.00	0.00	0.00
Azúcares totales (%)	11.22	15.39	15.44	14.63	13.97	15.96

(Sosa 1982)

puede caer el 95% o más de sus flores y frutos jóvenes, mientras que en las de fruto pequeño puede caer sólo del 20 a 30 % de ellas. (Westwood 1982).

2.4.2. División celular.

Este periodo varía ampliamente en los diferentes frutos. Aunque algo atenuada, la división celular en todos los frutos continúa mucho más tiempo en la epidermis que en la pulpa.

El incremento de las células comienza en un determinado momento del periodo de la división celular y continúa a un ritmo rápido.

Los espacios de aire intercelulares están ausentes o son muy pequeños en el momento de la floración y aumenta al máximo para la especie en cuestión al mismo tiempo que crecen las células, permaneciendo relativamente constantes durante el resto de la estación. Las vacuolas se forman al principio de la fase de crecimiento de las células y aumentan de tamaño conforme crecen estas, terminando por ocupar la mayoría del espacio en el centro de las mismas. El crecimiento resultante de la acción conjunta de la división celular, del incremento de las células y de la formación de espacios libres da lugar a una curva sigmoidal (en forma de S) al representar el volumen o peso del fruto en función del tiempo.

El primer periodo de crecimiento lento de los frutos coincide con el periodo de endurecimiento del hueso, durante el cual la lignificación del endocarpio (hueso) continúa rápidamente, mientras que se detiene el crecimiento del mesocarpio (pulpa) y de la semilla (almendra). Hacia el final del endurecimiento del hueso, las células de la pulpa crecen rápidamente hasta que el fruto madura, después de lo cual el crecimiento disminuye lentamente hasta que cesa. (Westwood 1982).

2.4.3. Elongación celular.

Esta es una etapa de gran crecimiento del fruto, generalmente más prolongada, con una duración de 5 a 10 semanas en la cual las células ya existentes y que forman al fruto, aumentan de tamaño al elongarse y adquirir grandes proporciones.

En esta etapa que llega hasta la madurez, el aumento en el tamaño del fruto se debe en consecuencia, al aumento en el tamaño de las células, las que ya no se dividen, salvo en casos excepcionales. En esta etapa la cantidad de materia seca del fruto aumenta notablemente. (Calderon 1985).

2.4.4. Maduración.

En realidad no se ha definido cuando empieza y cuando acaba la maduración, pero en general se puede decir que durante la maduración se producen en los frutos ciertos cambios físicos, bioquímicos y fisiológicos. Los cambios

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

físicos incluyen disminución de la consistencia, cambios de textura, disminución de la clorofila e incrementos de xantofilas y carotenos y un incremento de antocianinas. Los cambios bioquímicos y fisiológicos internos incluyen disminución de almidón (en algunos frutos), incremento en azúcares, sólidos solubles y pectinas solubles, disminución de la acidez, y en algunos casos, una disminución de la actividad respiratoria y cambios en sustancias aromáticas.

2.4.5. Color del fruto.

Al ir madurando los frutos van adquiriendo tonos rojos, azules, púrpuras o amarillos, perdiendo su color verde la mayoría de las veces. Estos cambios de pigmentación indican calidad y madurez. Algunos cambios de pigmentación necesitan luz directa en la piel del fruto mientras que otras no. Los colores rojo, azul y púrpura se deben a la síntesis de antocianinas. Esta síntesis no necesita luz directa en el caso de frutos como la uva, cereza, etc. Los pigmentos de color amarillo tampoco necesitan luz directa para su desarrollo y se deben a la síntesis de carotenos y xantomonas.

Una serie de factores son los que influyen en la pigmentación de los frutos, dentro de los cuales se pueden mencionar los factores ambientales y el factores de la técnica de cultivo como son: aclareo, abonado, temperatura y luz.

En general los factores que durante el periodo de recolección ocasionan un alto contenido de carbohidratos en el fruto tienden a incrementar la formación antocianica.

Así pues, cualquier factor que atenúe la radiación (nubes, lluvia, nieblas, humos) puede reducir la producción total de asimilados de los árboles.

2.5. Sustancias determinantes del sabor.

Durante el crecimiento del fruto, los productos de la fotosíntesis son transportados y acumulados en el fruto. La forma normal de transporte de estos fotosintatos es la sacarosa, aunque en determinados frutos son translocadas otras formas como la rafinosa, heptosa y D-glucitol.

Parte de estos azúcares una vez en el fruto son asociados en la síntesis de sustancias pécticas y otras, pero la mayoría se transforman en almidón, que es la forma normal de almacenamiento.

Durante la maduración estos procesos se invierten y se procede la formación de azúcares a partir del almidón e incluso a partir de grasas. Las principales azúcares presentes en el jugo celular de los frutos son fructuosa, sacarosa y glucosa. La fructuosa es más dulce que la sacarosa y esta más dulce que la glucosa. De esta manera, frutos con el mismo contenido en azúcares totales pueden ser más o menos dulces en función de los porcentajes relativos de azúcares que contengan. (Coletto 1989).

Esto es lo que se conoce como contenido de sólidos solubles totales, de los cuales se considera únicamente al azúcar, y se reporta como grados brix, que equivalen al porcentaje de azúcares contenidos en el jugo del fruto. (Calderón 1985).

Los ácidos orgánicos disminuyen durante el proceso de maduración, pero están presentes en la fruta madura. El ácido málico es dominante en frutos de hueso y pepita, mientras que el ácido cítrico también presente en los anteriores domina en los agrios. Existen otros ácidos como el ácido ascórbico, succínico o quínico en pequeñas cantidades.

Los ácidos son importantes en relación con el sabor de los frutos, determinando así la acidez o el amargor y tiene un efecto en la percepción del dulzor.

Por otra parte, el ácido ascórbico (Vitamina C) es causa de la pérdida de calidad nutritiva, en caso de encontrarse en bajas concentraciones.

La temperatura es otro factor que influye en la acidez; parte de los ácidos orgánicos son utilizados en la respiración, proceso que se incrementa con la temperatura. Esta es la causa de la mayor acidez que presentan los frutos en zonas frías. El ácido cítrico necesita mayor temperatura que el málico para ser respirado, por lo que los frutos cítricos presentan mayor acidez en maduración.

Las bajas temperaturas y las lluvias altas incrementan la acidez, al frenar los procesos respiratorios de los frutos. (Coletto 1989).

Entre ambos datos se efectúa una relación que proporciona un indicador llamado Relación de Sólidos Solubles Totales/Acidez Total, con el cual se puede entrar a tablas de normalización que ofrecen en definitiva la información de si la composición del fruto es aceptable o no. (Calderón 1985).

2.6. Aroma del fruto.

Los cambios en el aroma se deben a los compuestos volátiles aromáticos como ésteres, alcoholes, aldehídos y cetonas, que se desarrollan durante la maduración, así como una serie de hidrocarburos saturados e insaturados. La temperatura juega un papel importante en el desarrollo del aroma, aumentado éste su intensidad a temperatura ambiente en relación con las condiciones de conservación. (Coletto 1989).

2.7. Otras sustancias orgánicas.

Entre las demás sustancias orgánicas que se producen en la maduración destacan los lípidos que se acumulan en las membranas más exteriores de la epidermis formando la cutícula (ceras y cutinas). Estos lípidos tienen un papel importante en el control de la respiración y en la protección del fruto contra las adversidades climatológicas

TESIS CON
FALLA LE ORIGEN

y parasitarias. Todas estas sustancias presentan en común un alto peso molecular y aptitud para repeler al agua y a las disoluciones acuosas. (Coletto 1989).

2.8. Consistencia de la pulpa.

Durante la maduración de los frutos la firmeza de éstos va disminuyendo conforme avanza la maduración, por la formación de ácido péctico, ácido pectínico y pectinas, a partir de la protopectina que se encuentra en la laminilla media y en la pared primaria de las paredes celulares que producen gelación; y por la acumulación de agua y debilitamiento de las paredes.

El contenido de almidón tiende a disminuir su concentración al aumentar la madurez, mientras que los azúcares tienden a aumentar, por la transformación de almidones a azúcares, que se realiza del interior del fruto hacia la periferia. (Calderón 1985).

2.9. Reguladores del crecimiento.

2.9.1 Generalidades.

El desarrollo del vegetal, tanto en el aspecto de crecimiento como en el de diferenciación de órganos, se encuentra regulado por la acción de sustancias químicas que activan o deprimen determinados procesos fisiológicos, interactuando entre sí, es decir, poseen un sistema hormonal vegetal.

Las hormonas son factores estimulantes del desarrollo, son también mensajeras cuyo papel sería de un intermediario entre el estímulo y la respuesta de la planta.

La acción fundamental de las hormonas consiste en actuar sobre los ácidos nucleicos para reprimir o desreprimir genes sea al nivel de transcripción (al pasar mensaje del DNA al RNA) o al nivel de traducción (al operar el mensaje de RNA seriando los aminoácidos).

Las fitohormonas se clasifican en 4 grupos: auxinas, giberelinas, citocininas y etileno. Además las plantas presentan inhibidores del desarrollo como son el ácido abscísico o abscisina. (Rojas 1984).

2.9.2 Giberelinas.

En 1898 Konishi describe la llamada bakanae que es una enfermedad del arroz cuyos síntomas son gran altura, alargamiento de hojas, etc. En 1926 Kurosawa descubre que el hongo que causa la enfermedad se llama *Giberella fujikori*. Más tarde es llamado por la USDA Giberelina "X" y por el grupo ICI ácido giberélico con el que es conocido universalmente (AG3). Actualmente el número de giberelinas caracterizadas químicamente son 76.

Las giberelinas generalmente tienen 3 formas o estados químicos, dos de los cuales están definidos y el tercero es hipotético: 1) Giberelinas libres, 2) Giberelinas conjugadas y 3) Otras solubles en agua.

Las Giberelinas están constituidas por 19 a 20 carbonos, mono-di o tricarbóxicos ácidos.

Los términos C20 y C19 AG's denotan compuestos que han retenido o perdido respectivamente el átomo de carbono 20. Otras diferencias son el tipo de configuración y el número y posición de los grupos hidroxilos.

Las sustancias parecidas a las AG's son representativas de angiospermas, gimnospermas, helechos, algas verdes y café, hongos y bacterias. Por lo que hay reportes de éstas en frutas, semillas, tubérculos, bulbos, etc. Las concentraciones de AG's en frutas y semillas, particularmente en semillas inmaduras son más altas, aproximadamente 2 veces más que en otros órganos vegetales, por lo tanto las investigaciones se han enfocado a éstos órganos además de que es aquí donde se realiza la síntesis de las AG's y donde más fluctúa la concentración (durante el desarrollo).

Las semillas aparentemente acumulan giberelinas en formas, libres y potencialmente activas y que pueden ser movilizadas a los brotes de plántulas y extremos durante la germinación. Sin embargo no es evidente que la producción de giberelinas en las semillas contribuya en el crecimiento del fruto, aunque algunos datos sugieren que cada tejido de la pulpa ha sido relativamente independiente del metabolismo del ácido giberélico; mientras que otras evidencias

indican que las semillas en la pulpa de las frutas contribuyen a generar precursores de giberelinas. En general las correlaciones directas han sido establecidas entre el contenido de giberelinas y el crecimiento de todos los frutos con pulpa y los constituyentes de éstos tejidos.

El decremento de las giberelinas endógenas aparentemente va asociado con la maduración de los frutos de pulpa. Es indudable que las semillas en desarrollo son ricas en giberelinas, por lo que es uno de los principales sitios de biosíntesis, ésta ocurre en partes de la semilla anatómicamente diferentes según la especie.

Por otra parte las giberelinas pueden ser consideradas como formas de reserva o almacenamiento, las cuales son libres o inertes, es decir, sin función o de transporte. La función de transporte se apoya en la evidencia del flujo de la savia de algunos árboles. Investigaciones recientes han demostrado que éste transporte es en floema y xilema, así que parece ser un transporte eficiente en el sistema vascular de la planta, procediendo pasivamente con el flujo de asimilados o de sales en el agua y algunos otros compuestos orgánicos. El movimiento parece ser no polar, sin embargo han sido reportados transportes polares y fueron descritos como basipetales en el tallo, coleoptilo y secciones subapicales de las raíces. Realmente se observó un movimiento de un origen a un centro de crecimiento y por lo tanto no es un movimiento polar verdadero.

La función de almacenamiento es indicada por la evidencia de interconversiones entre giberelinas libres y otro tipo de giberelinas durante la maduración de las semillas y la germinación.

Es evidente que las giberelinas pueden estimular división celular y elongación celular dependiendo de la edad o el estado de desarrollo de las células y tejidos. Las células jóvenes pueden responder a la división celular mientras que las células viejas pueden responder sólo al alargamiento.

En el caso de la elongación del tallo, es una respuesta manifestada por todas las plantas tratadas con giberelinas exógenas y esta correlacionada con los efectos hormonales de elongación y división celular. La división celular no solo es resultado del crecimiento y de la estimulación de la división celular, sino que tiene que ir unida con una proporción normal o elevada de elongación celular para que haya una respuesta de crecimiento por giberelinas exógenas.

Respecto al catabolismo de las giberelinas, se puede decir que el ácido giberélico puede ser descompuesto por hidrólisis ácida, particularmente con temperaturas altas para producir compuestos semejantes al ácido giberélico, ácido alogiberélico y ácido giberico, éste último compuesto no tiene ninguna actividad hormonal, pero el ácido

giberelénico y el alogiberélico pueden inmovilizar algunos de los efectos fisiológicos del AG3. (Moore 1989)

2.9.3 Etileno

Es un gas simple conocido que tiene numerosos efectos en el crecimiento y desarrollo vegetal.

Varios trabajos realizados entre 1917 y 1937 reportan estimulación de la maduración de los frutos. Durante 1933 a 1937 algunos investigadores demostraron que el etileno es producido por muchos materiales vegetales, especialmente en la pulpa del fruto.

El etileno es ahora convenido como un producto natural del metabolismo vegetal y es producido por tejidos sanos, senescentes y enfermos, los cuales ejercen control regulador e influyen sobre el crecimiento y desarrollo vegetal.

Dentro de los diversos efectos fisiológicos que han sido reportados están:

- 1.- Estimulación en la maduración de la pulpa de frutas.
- 2.- Estimulación de la abscisión de las hojas.
- 3.- Triple respuesta de etiolación en plántulas de leguminosas, reducción de la elongación del tallo, hinchazón gradual del tallo y gravitropismo o digravitropismo de tallos.
- 4.- Inhibición de la hoja y expansión de la yema terminal en plántulas etioladas.

- 5.- Estiramiento del epicotilo y el gancho del hipocotilo de plántulas dicotiledóneas etioladas.
- 6.- Inhibición del crecimiento de la raíz.
- 7.- Incremento en la permeabilidad de la membrana.
- 8.- Estimulación de formación de raíces adventicias.
- 9.- Estimula floración en pifa.
- 10.- Inhibe el desarrollo de las yemas laterales.
- 11.- Causa varios tipos de coloración en flores.
- 12.- Interfiere con el transporte polar de auxinas.
- 13.- Causa epinastia de las hojas.
- 14.- Participa en el gravitropismo normal de la raíz

Se han desarrollado muchas aplicaciones prácticas sobre almacenamiento y conservación de frutos, utilizando una atmósfera controlada compuesta por dióxido de carbono, oxígeno y etileno. Numerosos cambios asociados con la maduración del fruto como son: ablandamiento, hidrólisis de materiales almacenados, cambios en la pigmentación y sabor y cambios en el porcentaje de respiración, están relacionados con el etileno.

En muchas clases de frutos, hay cambios marcados en el porcentaje de respiración después de la maduración lo que se conoce como respiración climaterica.

Hay dos tipos de frutos: no climatericos, que demuestran un porcentaje de respiración continua durante la maduración; y climatericos que presentan un decremento en el

porcentaje de respiración durante la maduración. En la mayoría de los frutos el impulso de la maduración es precedido por un incremento en la producción de etileno. En pocas especies concentraciones significativas de etileno pueden estar presentes algún tiempo antes de la maduración, pero la respuesta del etileno es inhibida hasta después de cosechado el fruto. En otros grupos, presumiblemente una concentración efectiva de etileno puede estar presente en los frutos inmaduros pero los frutos son insensibles a ciertas concentraciones en alguna etapa de desarrollo.

Los frutos maduros llegan a ser más sensibles y la maduración resulta cuando el contenido de etileno endógeno se combina sensiblemente.

Evidentemente el etileno causa 2 tipos de efectos en el proceso de maduración, que son: cambios en la permeabilidad de la membrana e incremento en el contenido de proteínas.

Los cambios en la permeabilidad ocurren en la membrana celular, y son indicados por un escape de solutos de las células y un incremento de espacios intercelulares libres rellenos con jugo. Hay otros cambios causados por el etileno que no se han investigado, algunos investigadores argumentan que es más probable que sea un efecto específico involucrado solo con ciertos solutos que un incremento en la permeabilidad. Por lo que se considera fruto maduro aunque el incremento en la permeabilidad no sea una causa directa del etileno.

El incremento en el contenido de proteínas es más claro durante el climaterio. El proceso de maduración está correlacionado con la formación de enzimas que catalizan los cambios bioquímicos ocurridos durante el proceso de maduración. Si los tejidos de los frutos son tratados con inhibidores de la síntesis de proteínas, la maduración es evitada por la reducción en dicha síntesis. La síntesis de etileno aparentemente es dependiente de la síntesis de proteínas en un estado temprano de climaterio pero no en uno avanzado.

Otro cambio que se le puede atribuir al etileno, es la alteración del plano normal de la célula en crecimiento, es decir una expansión o hinchazón anormal en tallos y raíces.

El papel del etileno en la abscisión ha sido muy discutido y no es muy claro que sea el principal inductor. La mayoría de los datos disponibles son en base a un esquema hipotético:

- Un gradiente de auxinas de un órgano subtendente al eje de la planta mantiene la zona de abscisión en un estado no sensitivo, lo que retarda o reduce la abscisión.

- La reducción o inverso del gradiente de auxinas causa que la zona sea sensible al etileno lo que apresura la abscisión ya que reduce la síntesis de las auxinas y/o interfiere con el transporte de la hoja. Cuando el ABA estimula la abscisión, puede ser por estimular la producción, transporte o acción de la auxinas.

- Una vez sensibilizado el gradiente las células de las zonas de abscisión responden a bajas concentraciones de etileno, ya sea endógenas o exógenas.

El etileno es sintetizado a partir de metionona via S-adenosilmetionina como un intermediario. (Moore 1989)

2.9.4. Interacciones en la regulación del crecimiento.

Las hormonas no actúan solas ni tienen una función simple; afectan a distintos órganos diferentemente, y al menos algunas operan secuencialmente. La extrema complejidad de la interrelaciones funcionales entre auxinas, AG, citoquininas, ABA y etileno ha impedido su completo entendimiento. Los reguladores deben ser considerados como un todo integrado si se quieren comprender plenamente sus efectos. En general parece que controlan la formación genética de la célula en la que son formadas las enzimas para reacciones bioquímicas específicas, por ejemplo ADN----
--RNAm ----- ENZIMA.

Dentro de algunas funciones que se conocen sobre estas hormonas se tiene que la GA promueve la síntesis de la enzima alfa-amilasa, la cual incrementa la hidrólisis del almidón y estimula la germinación de algunas semillas. También parece mediar la síntesis de triptofano, un precursor de la auxina. Las citoquininas parecen formar parte de algunos RNAt y posiblemente de esta manera influenciar la división celular y otros fenómenos de

crecimiento. El etileno promueve la síntesis de ácidos nucleicos y de enzimas, conduciendo a la abscisión y maduración, el ABA por otra parte parece detener todo proceso.

La promoción del crecimiento por la auxina depende del órgano y la concentración. Las concentraciones promotoras óptimas son bajas para las raíces, intermedias para las yemas y altas para los tallos. Se sabe ahora que el llamado crecimiento inhibido por la auxina procede de la producción de etileno estimulado por la auxina. La concentración crítica de auxina que induce el etileno es diferente para distintos tejidos. En la dominancia apical, las yemas laterales son inhibidas por el etileno inducido por la auxina en los nudos. Las citoquininas no solamente interviene en el efecto inhibitorio de las auxinas, causando el crecimiento de la yema, sino también neutralizan el efecto del etileno aplicado.

La siguiente explicación es una simplificación de la vía en que los factores hormonales probablemente regulan el crecimiento del fruto: AG es dominante más temprano, la citoquinina es dominante durante la fase de la división celular y la auxina llega a ser dominante durante la elongación celular.

Estos cambios secuenciales en los niveles hormonales suceden naturalmente en frutos con semillas procedentes de óvulos fecundados, pero la partenocarpia puede ser inducida

por aplicaciones tempranas de AG que sustituye a la producida por los embriones jóvenes.

Cuando el fruto comienza a madurar, tiene lugar otra secuencia hormonal. Un incremento en auxina natural o aplicada da lugar a un incremento en la síntesis de etileno, que media en la producción de enzimas de <maduración> y estimula la abscisión. Sin embargo auxinas como 2,4-D o 2,4,5-TP aplicadas a frutos en maduración impiden la abscisión estimulada por el etileno mientras que estimulan la maduración inducida así mismo por el etileno.

El frío para promover la salida de reposo de las semillas, parece reducir el ABA e incrementar los niveles de AG, dando lugar a la germinación. Las semillas incompletamente enfriadas germinan a menudo si se aplica AG para contrarrestar la acción del ABA.

Debido a que la síntesis y acción de una hormona puede estar relacionada por la presencia de otra u otras, diferentes tratamientos pueden dar lugar al mismo resultado neto. (Westwood 1982).

2.9.5. Reguladores del crecimiento en Opuntia spp.

Pimienta (1985) señala que el proceso de diferenciación floral es inhibida por la aplicación de AG3 y sombreado artificial de cladodios causando reversión de la fase juvenil, ambos tratamientos son eficaces cuando se aplican

antes o durante el aplanamiento del domo en el meristemo vegetativo; así mismo las aplicaciones de AG3 incrementan la formación de espinas por areola.

Sanderson et al (1986) observaron el efecto del fotoperiodo y de la aspersión de tres reguladores de crecimiento: BA 100 a 200 ppm; etefón 1000 ppm; AG3 50 y 100 ppm; y en forma conjunta BA+AG3, 100+100 y 200+100 respectivamente, sobre las tres cactáceas Chamaecereus silvestri, Mammillaria elongata y Opuntia mycrodasys. Bajo condiciones de fotoperiodo largo y la aplicación de etefón en Opuntia hubo mayor emisión de brotes que empleando el AG3 o BA solos. Una alta concentración de AG3 (100-200 ppm) con fotoperiodos cortos pueden estimular la floración en algunas especies de Mammillaria. El AG3 estimuló el crecimiento de gloquidios en Opuntia, y espinas en las otras dos cactáceas, concordando con este aspecto a lo estudiado por Mauseth (1977).

White et al (1978) al asperjar una citiquinina (PBA) en 100, 200 y 400 ppm y giberelina (AG3) 25, 50 y 100 ppm provocaron un incremento de crecimiento vegetativo secundario en Opuntia basilaris Engelm&Bigel, siendo mayor el efecto cuando se incrementa la concentración de PBA solo o combinado con el AG3.

Hernández y Grajeda (1979) al efectuar aspersiones de AG3 20, 40, 60, 80 y 100 ppm; a 8, 30, 60 y 90 días después

de la caída de los pétalos en Opuntia amygdala T., provocaron un retraso en la maduración hasta 16 días con 60 ppm de AG3 60 días después de la caída de los pétalos, observando que con este tratamiento hay una tendencia a incrementar el tamaño y peso final del fruto.

Aguilar (1980) al aplicar diversas dosis (50,100 y 150 ppm) de AG3, 2,4-D, Promalina (GA+BA) o IBA, sobre flores de tuna, obtuvo menor peso de fruto y menor número de semillas normales con la dosis de 150 ppm de AG3, pero con 150 ppm de promalina el peso del fruto es mayor; además se observó un mayor incremento de días a la maduración.

Ortiz Hernández (1988), observó que al aplicar el ácido giberélico y/o auxinas efectuadas 15 días antes de la antesis, mas otra durante la antesis, incrementan el peso del fruto, peso de la pulpa, peso de semillas y grados brix. También observó que el incremento en el número de aplicaciones de ácido giberélico solo o en forma combinada con las auxinas, propician la dehiscencia total de gloquidios; aumenta el peso de la cáscara, el número de semillas abortivas y los días a la cosecha, además tiende a reducir el contenido de grados brix y pulpa.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización.

El presente trabajo se efectuó en la localidad de Maquico, municipio de Teotihuacan. Ubicado a los 19° 41' latitud Norte y a los 98° 51' de longitud Oeste del Meridiano de Greenwich. La altitud promedio sobre el nivel del mar es de 2294 m.

Esta región presenta un clima de tipo BS Kw(w)(i)g, correspondiente a un clima templado semiseco con lluvias en verano, con una temperatura media anual de 14.8 grados centígrados y una precipitación media anual de 559.6 mm (Mod. a Köppen por E. García 1981).

3.2 Materiales.

Este experimento se realizó bajo condiciones naturales y con una previa abonada con estiércol de vaca, se fumigó con foley a dosis de 1 lt. por hectárea para evitar daños causados por plagas; todo esto con el fin de no alterar los datos por causas de fertilización y daños por plagas, siguiendo el paquete tecnológico de FIRA (Hort. Frut. y Flor. 1990).

En este trabajo se utilizó la variedad Blanca de Alfajayucan; esta variedad en sus dos tipos (redonda y alargada) es de mucha aceptación en el mercado, es de sabor

agradable, cascara delgada, soporta transportes largos, dura de 5 a 8 días sin descomponerse, tiene poca semilla y se cosecha de julio a septiembre.

Los productos que se emplearon fueron: Accigib para el ácido giberélico y Ethrel para el etileno. Una vez preparadas las dosis de los diferentes tratamientos se llevó a cabo la aplicación de éstas dirigiéndola al fruto por medio de bombas de espersión manual.

3.3 Diseño experimental.

Este experimento se establecio para observar el efecto del ácido giberélico y el etileno aplicados en forma individual a cada fruto.

Se probaron una dosis (500 ppm) de ácido giberélico en 3 aplicaciones y 4 dosis (50, 500, 1000 y 5000 ppm) de etileno en 3 aplicaciones, resultando así un total de 5 tratamientos más el testigo. Los tratamientos contaron con 5 repeticiones cada uno y cada repetición se constituyo de 10 tunas, resultando así un total de 50 frutos por tratamiento y por lo tanto un total de 300 tunas.

Los dos experimentos se analizaron en base a un modelo estadístico completamente al azar; donde la unidad experimental se constituyo de 10 tunas y los tratamientos fueron las dosis empleadas.

3.4 Dosis.

Acido giberélico	Etileno	Testigo
T-5 500 ppm	T-1 50 ppm	T
	T-2 500 ppm	
	T-3 1000 ppm	
	T-4 5000 ppm	

Estas dosis son el resultado de un experimento previo, donde se probaron 10 dosis: 3 con acido giberélico y 7 con etileno; es decir, estas dosis que en este trabajo se experimentan son las que obtuvieron los valores más altos en el experimento anterior.

3.5 Toma de datos.

Para llevar un mejor registro, se etiquetaron las 300 tunas en forma individual con los datos básicos para su identificación.

Para los dos experimentos, la primera aplicación fué a los 15 días después de la floración (16 de mayo), la segunda fué a los 30 días después de la floración (30 de mayo) y la tercera aplicación fué a los 45 días después de la floración (13 de junio).

A cada tuna se le tomaron los siguientes parámetros:

- 1.- Longitud
- 2.- Diámetro

3.- Peso con cáscara

4.- Peso sin cáscara

5.- Grados Brix

Los primeros dos parámetros se midieron desde la primera aplicación hasta la cosecha, utilizando un vernier graduado en mm. En el caso de longitud, se midió desde la base hasta la parte superior; y para el diámetro se tomó la parte media de cada tuna y se midió de manera horizontal. Los dos siguientes se midieron con una báscula con capacidad para 10 kg. Los Brix se midieron a cada tuna con un refractómetro marca Carl-Zeiss.

La toma de datos de longitud y diámetro se hizo individual a cada fruto cada 7 días desde la primera aplicación hasta la cosecha; para el caso de peso con cáscara, peso sin cáscara y grados brix las medidas se hicieron al momento de la cosecha.

Para la elaboración de la gráfica de grados brix se utilizaron las medias de los valores obtenidos. Para el porcentaje de cáscara también se utilizaron medias y con esos valores se sacó el porcentaje.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Longitud.

CUADRO No. 3

ANALISIS DE VARIANZA Y COMPARACION DE MEDIAS DEL PARAMETRO
"LONGITUD DE FRUTO".

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA

	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUAD. MED DEL ERROR	F.C.	F.T
ENTRE	5	267.0807	53.42	6.85	2.10
DENTRO	24	187.1544	7.80		
TOTAL	29	454.2351			

Coeficiente de variacion= 3.43%

1	NUMERO	SUMA	FROMEDIO	DS	ES
1	5.00	395.210	79.04	3.57	1.25
2	5.00	418.000	83.60	2.51	1.25
3	5.00	411.860	82.37	2.39	1.25
4	5.00	411.610	82.32	2.77	1.25
5	5.00	381.550	76.31	3.42	1.25
6	5.00	426.600	85.32	1.64	1.25
TOTAL	30.00	2444.830	81.94	3.96	0.72
DENTRO				2.79	

COMPARACION DE MEDIAS

CUADRADO MEDIO DEL ERROR = 7.8

GRADOS DE LIBERTAD DEL ERROR = 24

PRUEBA DE DUNCAN

s = 1.249 a alfa = .05

" "

Valor DMS = 3.645573

Orden original	Orden arreglado
T = 79.04 BC	T-5 = 85.32 A
T-1 = 83.60 A	T-1 = 83.60 A
T-2 = 82.37 AB	T-2 = 82.37 AB
T-3 = 82.32 AB	T-3 = 82.32 AB
T-4 = 76.31 C	T = 79.04 BC
T-5 = 85.32 A	T-4 = 76.31 C

En el cuadro No. 3 se observa que los mejores tratamientos para este parámetro son el T-5 (500 ppm de AG3) y el T-1 (50 ppm de etileno) además de notarse una diferencia significativa con los tratamientos Testigo y T-4 (5000 ppm de etileno).

Diámetro

CUADRO No. 4

ANALISIS DE VARIANZA Y COMPARACION DE MEDIAS PARA EL
PARAMETRO " DIAMETRO DEL FRUTO".

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA

	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUAD. MED. DEL ERROR	F.C	F.T
ENTRE	5	24.8674	4.97	4.97	2.10
DENTRO	24	29.1313	1.21		
TOTAL	29	53.9987			

Coeficiente de variación = 2.18%

1	NUMERO	SUMA	PROMEDIO	DS	ES
1	5.00	245.670	49.13	1.02	0.49
2	5.00	253.090	50.62	1.02	0.49
3	5.00	251.030	50.21	1.18	0.49
4	5.00	259.770	51.95	0.91	0.49
5	5.00	251.040	50.21	1.33	0.49
6	5.00	257.130	51.43	1.10	0.49
TOTAL	30.00	1517.730	50.59	1.36	0.25
DENTRO				1.10	

COMPARACION DE MEDIAS

CUADRADO MEDIO DEL ERROR = 1.21

GRADOS DE LIBERTAD DEL ERROR = 24

PRUEBA DE DUNCAN

s = .491935 a alfa .05

x

Valor DMS = 1.435857

Orden original	Orden arreglado
T = 49.13 C	T-3 = 51.95 A
T-1 = 50.62 ABC	T-5 = 51.43 AB
T-2 = 50.21 BC	T-1 = 50.62 ABC
T-3 = 51.95 A	T-4 = 50.21 BC
T-4 = 50.21 BC	T-2 = 50.21 BC
T-5 = 51.43 AB	T = 49.13 C

En el cuadro No. 4 el mejor tratamiento fue el T-3 (1000 ppm de etileno) el cual tuvo diferencia significativa con los tratamientos T-4 (5000 ppm de etileno), T-2 (500 ppm de etileno) y el Testigo.

Peso con cáscara.

CUADRO No. 5

ANALISIS DE VARIANZA Y COMPARACION DE MEDIAS DEL PARAMETRO
"PESO CON CASCARA"

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA

	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUAD. MED. DEL ERROR	F.C.	F.T.
ENTRE	5	1481.7617	296.35	2.81	2.10.
DENTRO	24	2535.6206	105.65		
TOTAL	29	4017.3823			

Coefficiente de variacion = 7.90%

1	NUMERO	SUMA	PROMEDIO	DS	ES
1	5.00	588.870	117.77	8.79	4.60
2	5.00	659.560	131.91	6.17	4.60
3	5.00	633.820	126.76	8.82	4.60
4	5.00	691.940	138.39	10.84	4.60
5	5.00	639.190	127.84	15.55	4.60
6	5.00	687.990	137.60	9.02	4.60
TOTAL	30.00	3901.370	130.05	11.77	2.15
DENTRO				10.28	

COMPARACION DE MEDIAS

CUADRADO MEDIO DEL ERROR = 105.65

GRADOS DE LIBERTAD DEL ERROR = 24

PRUEBA DE DUNCAN

s = 4.596738 a alfa = .05

Valor DMS = 13.41693

Orden original	Orden arreglado
T = 117.77 B	T-3 = 138.39 A
T-1 = 131.91 AB	T-5 = 137.60 A
T-2 = 126.76 AB	T-1 = 131.91 AB
T-3 = 138.39 A	T-4 = 127.84 AB
T-4 = 127.84 AB	T-2 = 126.76 AB
T-5 = 137.60 A	T = 117.77 B

El cuadro No. 5 nos indica de manera general que la diferencia no es muy marcada entre los tratamientos, ya que se encontro diferencia significativa solo entre los tratamientos T-3(1000 ppm de etileno) y T-5 (500 ppm de AG3) que fueron los que obtuvieron los valores más altos y el testigo el cual obtuvo el valor más bajo.

Peso sin cáscara

CUADRO No. 6

ANALISIS DE VARIANZA Y COMPARACION DE MEDIAS DEL PARAMETRO
" PESO SIN CASCARA"

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA

	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUAD. MED DEL ERROR	F.C	F.T
ENTRE	5	956.8604	191.37	2.45	2.10
DENTRO	24	1875.8675	78.16		
TOTAL	29	2832.7279			

Coefficiente de variación = 11.78%

I	NUMERO	SUMA	PROMEDIO	DS	ES
1	5.00	346.660	69.33	9.01	3.95
2	5.00	352.750	70.55	9.58	3.95
3	5.00	359.870	71.97	9.14	3.95
4	5.00	420.380	84.08	9.89	3.95
5	5.00	407.960	81.59	9.08	3.95
6	5.00	364.410	72.88	5.68	3.95
TOTAL	30.00	2252.030	75.07	9.88	1.80
DENTRO				8.84	

COMPARACION DE MEDIAS

CUADRADO MEDIO DEL ERROR = 78.16

GRADOS DE LIBERTAD DEL ERROR = 24

PRUEBA DE DUNCAN

s = 3.953732 a alfa = .05

"

Valor DMS = 11.54013

Orden original	Orden arreglado
T = 69.33 B	T-3 = 84.08 A
T-1 = 70.55 B	T-4 = 81.59 AB
T-2 = 71.97 AB	T-5 = 72.88 AB
T-3 = 84.08 A	T-2 = 71.97 AB
T-4 = 81.59 AB	T-1 = 70.55 B
T-5 = 72.88 AB	T = 69.33 B

En el cuadro No. 6 la diferencia significativa se encontró entre los tratamientos T-3 (1000 ppm de etileno) que resulto ser el mejor tratamiento y los tratamientos T-1 (50 ppm de etileno) y el Testigo

CUADRO No. 7

COMPORTAMIENTO DE LA TUNA EN RELACION CON LA CASCARA

TRATAMIENTO	PESO C/CASCARA gr.	PESO S/CASCARA gr.	% DE CASCARA
50 ppm de etileno	131.91	70.55	46.5
500 ppm de etileno	126.76	71.97	43.2
1000 ppm de etileno	138.39	84.08	39.2
5000 ppm de etileno	127.84	81.59	36.1
500 ppm de AG3	137.60	72.88	47.0
TESTIGO	117.77	69.33	41.1

Grados brix

CUADRO No. 8

ANALISIS DE VARIANZA Y COMPARACION DE MEDIAS DEL PARAMETRO
"GRADOS BRIX"

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA

	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUAD. MED. DEL ERROR	F.C	F.T.
ENTRE	5	7.7425	1.55	3.40	2.10
DENTRO	24	10.9370	0.46		
TOTAL	29	18.6796			

Coeficiente de variacion = 5.09%

1	NUMERO	SUMA	PROMEDIO	DS	ES
1	5.00	67.010	13.40	0.53	0.30
2	5.00	64.040	12.81	0.38	0.30
3	5.00	64.110	12.82	0.46	0.30
4	5.00	67.470	13.49	1.00	0.30
5	5.00	71.090	14.22	0.85	0.30
6	5.00	64.300	12.86	0.65	0.30
TOTAL	30.00	398.020	13.27	0.80	0.15
DENTRO				0.68	

COMPARACION DE MEDIAS

CUADRADO MEDIO DEL ERROR = .46

GRADOS DE LIBERTAD DEL ERROR = 24

PRUEBA DE DUNCAN

s = .303315 a alfa = .05
x

Valor DMS = .8853142

Orden original	Orden arreglado
T = 13.40 AB	T-4 = 14.22 A
T-1 = 12.81 B	T-3 = 13.49 AB
T-2 = 12.82 B	T = 13.40 AB
T-3 = 13.49 AB	T-5 = 12.86 B
T-4 = 14.22 A	T-2 = 12.82 B
T-5 = 12.86 B	T-1 = 12.81 B

Para este parámetro la diferencia entre los tratamientos fue más marcada, en el cuadro No. 7 la diferencia significativa se encontró entre el T-4(5000 ppm de etileno) que fue el valor más alto y los tratamientos T-5 (500 ppm de AG3), T-2(500 ppm de etileno) y T-1(50 ppm de etileno).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Longitud y diámetro.

Estos dos parámetros en su conjunto dan como resultado el tamaño real del fruto; el anexo correspondiente a las normas oficiales de calidad de la tuna, menciona que el tamaño se mide en base al diámetro y que frutos de 4.8 cm a 5.5 cm se consideran como frutos de calidad México Extra. En este experimento como se observa en el cuadro No. 4, con el tratamiento T-3 (1000 ppm de etileno) se obtuvieron tunas de 5.19 cm como valor máximo y tunas de 5.02 cm como valor mínimo resultado del tratamiento T-2 (500 ppm de etileno), superando los 5 tratamientos al testigo.

Observando y analizando los promedios del cuadro No. 3 se deduce que dosis inferiores o superiores a 1000 ppm de etileno, no tienen incremento significativo en el diámetro. Cabe señalar que probablemente al etileno se le pueda atribuir la característica de alterar las células en un plano horizontal como lo menciona Moore (1989), ya que todos los tratamientos en donde se utilizó etileno incrementaron el diámetro en comparación al testigo.

Para el caso de la longitud, aunque las normas no lo mencionan como parámetro importante para clasificación de las tunas, se midió como complemento al diámetro para valorar el tamaño del fruto, si se observa el Cuadro No. 3 el tratamiento T-5 (500 ppm de AG3) fue el que más incrementó la longitud de la tuna, debido posiblemente a que una de sus

TESIS CON
FALLA LE ORIGEN

principales características del AG3 es la elongación celular, sucediendo lo mismo para el caso del diámetro aunque no fue el valor más alto, no hubo diferencia significativa con el tratamiento 3 (1000 ppm de etileno).

Por otra parte el resultado del tratamiento 4 (5000 ppm de etileno) tuvo una importante respuesta en la longitud, ya que la redujo hasta un 4% en promedio.

En general podemos decir que usando dosis mayores de 1000 ppm de etileno tiende a reducir el tamaño final de la tuna.

Peso con cáscara y sin cáscara.

El cuadro No. 5 nos muestra las diferencias de peso con cáscara de los tratamientos, observándose así que el T-3 (1000 ppm de etileno) tiene el valor más alto y el Testigo el valor más bajo, sin embargo estadísticamente la diferencia entre los tratamientos donde se utilizaron reguladores de crecimiento no es significativa.

Cabe señalar que para este parámetro los 2 reguladores etileno y AG3 tienen una buena respuesta, ya que aumentan el peso con cáscara un 17.5 % y 16.8 % respectivamente coincidiendo de esta manera con Grajeda y Hernández (1979) y con Ortiz (1988), quienes mencionan que la aplicación de AG3 aumenta el peso en la tuna.

**ESTA TESIS NO DEBE,
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Extrapolando estos datos a los rendimientos por hectárea tenemos que al quinto año, en la cosecha de una huerta comercial se obtienen un promedio de 350 cajas por hectárea, cada caja pesa en promedio 25 kgs. haciendo la conversión se obtiene un resultado de 8750 kgs de tuna por hectárea, por lo que deducimos que:

- Si el etileno en dosis de 1000 ppm aumenta 17.5% de peso el incremento por hectárea es de 1531.25 kgs.
- Si el AG3 en dosis de 500 ppm aumenta el 16.8% de peso el incremento por hectárea es de 1470.0 kgs.

Respecto al peso sin cáscara observamos en el cuadro No. 6 que el tratamiento 3(1000 ppm de etileno) tiene mayor peso sin cáscara, por lo que se puede mencionar que el efecto es representativo en la producción de pulpa en la tuna o bien que tiende a reducir la cáscara como se observa en el cuadro No. 7.

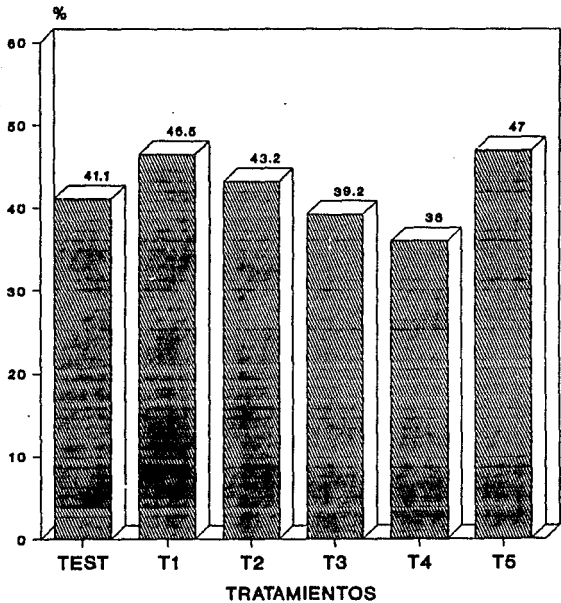
Analizando los valores de cada tratamiento se deduce que el etileno en concentraciones inferiores a las 1000 ppm tienden a disminuir el contenido de la pulpa.

Por otra parte la respuesta del AG3 coincide con lo mencionado por Ortiz (1988), en la Gráfica No. 1 se observa que el porcentaje de cáscara es mayor el tratamiento con AG3 que los demás tratamientos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PORCENTAJE DE CASCARA

GRAFICA 1



T1 50 ppm E T2 500 ppm E T3 ppm 1000 E T4 5000 ppm E

T5 500 ppm AGS

Grados brix.

Este parámetro es uno de los principales factores para medir el grado de madurez de un fruto; cada fruto tiene un valor específico de grados brix para cumplir con lo establecido por las normas. En el anexo se señala que el contenido de grados brix para la tuna no será menor del 119.

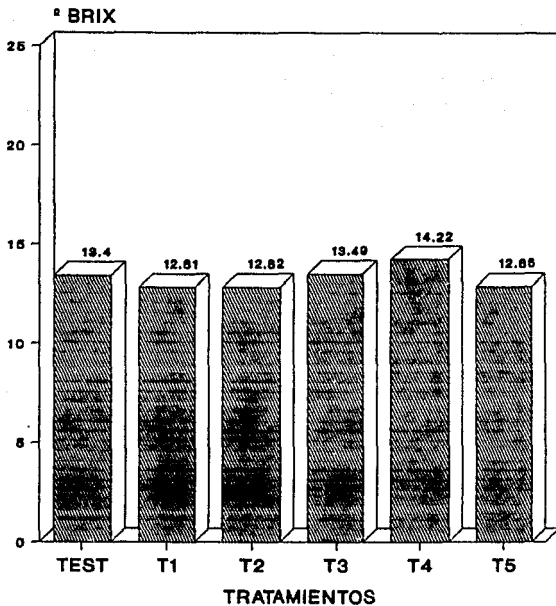
Dado que la tuna tiene un alto contenido de azúcares, los grados brix generalmente no representan problemas importantes. En este caso se midieron los grados de todos los tratamientos (gráfica No. 2 y cuadro No. 8) y se analizaron en base a la Norma Oficial encontrándose que todos los valores son aceptables, pero la respuesta de éstos bajo aplicaciones de reguladores tuvo algunas variantes:

- aplicaciones de etileno con dosis superiores a los 1000 ppm aumentan el contenido de grados brix.
- aplicaciones de etileno con dosis inferiores a 1000 ppm disminuyen el contenido de grados brix.
- el AG3 disminuye el contenido de grados brix coincidiendo con lo reportado por Ortiz (1989).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

GRADOS BRIX

GRAFICA 2



T1 50 ppm E T2 500 ppm E T3 ppm 1000 E T4 5000 ppm E

T5 500 ppm AG3

V. CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos planteados y los datos obtenidos en el presente estudio, se llegó a las siguientes conclusiones.

- 1.- El uso de reguladores de crecimiento en tuna hace que se tenga una respuesta aceptable en los parámetros medidos.
- 2.- Con la aplicación de 500 ppm de AG3 se observa una tendencia a incrementar el tamaño final y el peso del fruto.
- 3.- La aplicación de AG3 aumenta el porcentaje de cáscara.
- 4.- La aplicación de 1000 ppm de etileno es la dosis donde los parámetros diámetro de fruto, peso con cáscara y peso sin cáscara alcanzan los valores máximos.

RECOMENDACIONES

- Es necesario realizar trabajos de tecnología de producción en especies nativas de zonas áridas a partir de interacciones con otros reguladores de crecimiento.
- Se deben considerar otros factores para la aplicación de reguladores de crecimiento como son: hora de aplicación y el empleo de sustancias surfactantes.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VI. LITERATURA REVISADA

- AGUILAR, B. G. Y GRAJEDA, J. E. 1980. EFECTO DE VARIOS REGULADORES DE CRECIMIENTO EN NOPAL (*Opuntia amyclaea*) TESIS DE M. EN C. CENTRO DE FRUTICULTURA, COLEGIO DE POSTGRADUADOS DE CHAPINGO MEX.
- BARRIENTOS, P. F. 1965. EL MEJORAMIENTO DEL NOPAL (*Opuntia* spp) EN MEXICO. SIMPOSIUM INTERNACIONAL SOBRE AUMENTO EN LA PRODUCCION DE ALIMENTOS EN LAS ZONAS ARIDAS, MONTERREY N.L. ED. TEXAS TECHNOLOGICAL COLLEGE. LUDBRACK, TEXAS.
- BRAVO, H. H. 1937. LAS CACTACEAS DE MEXICO, UNAM, MEXICO, D.F 775 p.
- BRITTON, N. L. AND J. N. ROSE, 1963. THE CACTACEAS. DOVER PUBLICATION, INC. NEW YORK. U.S.A.
- BUXBAUM, F. 1953, MORPHOLOGY OF CACTI BURGESS; PUBLISHING COMPANY, MINEAPOLIS MINN.U.S.A.
- CALDERON, A. E. 1985. EL ESFUERZO DEL HOMBRE. FRUTICULTURA GENERAL. TOMO I ED. LIMUSA, MEXICO.
- COLETO, M. J. M. 1989. CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LAS ESPECIES FRUTALES. ED. MUNDI PRENSA, MADRID.
- GARCIA, E. 1989. MODIFICACIONES AL SISTEMA DE CLASIFICACION CLIMATICA DE KOPPEN, UNAM, MEXICO.

- HERNANDEZ, E. Y GRAJEDA, J. E. 1979. EFECTO DEL ACIDO GIBERELICO SOBRE LA MADURACION DEL FRUTO DE NOPAL TUNERO
PROC. TROPICAL REGION AMER. SOC. SCI.
- HORTALIZAS, FRUTAS Y FLORES, JULIO 1990, No. 7 GRUPO
EDITORIAL AND 2000, MEXICO. PP 42-47
- MOORE, T. C. 1989. BIOCHEMISTRY AND PHYSIOLOGY OF PLANTS
HORMONES. SPRINGER. SEGUNDA EDICION, N.Y U.S.A.
- ORTIZ, H. Y. 1988. EFECTO DEL ACIDO GIBERELICO Y AUXINAS EN
EL FRUTO DE NOPAL TUNERO. TESIS DE MAESTRIA, C.P
CHAPINGO
- PIMIENTA, B. E. Y ENGELMAN, M. E. 1985. DIFERENCIACION FLO
RAL EN ESPECIES FRUTALES PERENES. FITOTECNIA.
7:154-159
- ROJAS, G. M. 1984 . FISILOGIA VEGETAL APLICADA, MCGRAW HILL
MEXICO.
- SANDERSON, K. C. HO. Y; MARTIN, W. C. AND REED R. B. 1986
EFFECT OF PHOTOPERIOD AND GROWTH REGULATORS ON
GROWTH OF THREE CACTACEAS. HORT SCIENCE .21(6)
1381-1382.
- SOSA L. A. 1982 MORFOLOGIA Y FISILOGIA DE LA TUNA.
TESIS DE MAESTRIA C.P. DE CHAPINGO, MEXICO
- WESTWOOD, M. N. 1982 FRUTICULTURA DE ZONAS TEMPLADAS, MUNDI
FRENSA, MADRID.

WHITE, J. W.; ALLEN, C.; EASLEY, M EN STROOCK, P. 1978.
EFFECTS OF GROWTH REGULANTS ON *Opuntia basilaris*
HORT SCIENCE. 13 (2); 181-182

ANEXO

NORMA OFICIAL MEXICANA
PRODUCTOS NO INDUSTRIALIZADOS PARA USO HUMANO-FRUTA
FRESCA-TUNA (Opuntia ficus indica) EN ESTADO FRESCO.

1.- OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION.

Esta norma oficial mexicana establece las características de calidad que debe cumplir la tuna (Opuntia ficus indica) en sus distintas variedades destinadas al consumo humano directo.

2.- REFERENCIAS

Esta norma oficial se complementa con las vigentes de las siguientes normas oficiales mexicanas:

- NOM-FF-6 "Productos alimenticios no industrializados para uso humano-Fruta Fresca- Terminología"
- NOM-FF-9 "Productos alimenticios no industrializados para uso humano - Fruta Fresca - Determinación del tamaño en base al diámetro ecuatorial".
- NOM-FF-15 "Productos alimenticios no industrializados para uso humano - Fruta Fresca - determinación de sólidos solubles totales"
- NOM-Z-12 "Muestreo para la Inspección por Atributos"
- PM/NORCOFRUT 1/1976 "Plan de Muestreo e Inspección de Calidad para Fruta Fresca"

3.- DEFINICION DEL PRODUCTO

Para los efectos de esta Norma, se entiende por tuna al fruto cuyo color va del verde claro al amarillo; de pulpa, sabor y olor característicos, correspondientes al género Opuntia y a la especie ficus indica.

4.- TERMINOLOGIA

4.1. Defectos Menores.

Se consideran defectos menores, las ligeras raspaduras, costras, rozaduras, manchas, quemaduras de sol, granizo y cualquier otro superficial que afecte del 0.005% al 0.01% de la cáscara.

4.2. Defectos Mayores

Los anotados en 4.1 además de evidencia de plagas y enfermedades, grietas cicatrizadas, magulladuras y otros daños cuando la superficie afectada sea mayor del 0.01% pero menor del 0.02% y que no sea afectada la pulpa.

4.3 Defectos Críticos.

Los considerados en 4.1. cuando afecten una área mayor de 0.02% además de picaduras, heridas no cicatrizadas, estados avanzados de enfermedades, ataques de plagas o cualquier otro defecto que cause que la tuna sea considerada sin valor comercial.

4.4. Receptáculo.- Cavity en forma de semiesfera que presentan las tunas en la parte de la corona y que va desapareciendo conforme madura.

4.5. Ahuate.- Pequeñas espinas, rígidas y muy delgadas de unos dos milímetros de longitud que se localizan en unos puntos bien definidos de la tuna llamados areolas.

4.6. Para otras definiciones relacionadas con esta Norma de debe consultar la NDM-FF-6.

5.- CLASIFICACION Y DESIGNACION DEL PRODUCTO.

La tuna se clasifica de acuerdo a sus especificaciones en tres grados de calidad en orden descendente.

México Extra

México No. 1

México No. 2

El producto clasificado se designa por su nombre, variedad, color, tamaño y grado de calidad. El producto que no ha sido clasificado de acuerdo con alguno de los grados anteriormente mencionados se designa como "No Clasificado".

El término "No Clasificado" no es un grado dentro del texto de esta Norma, sino una designación que denota que ningún grado de calidad se ha dado al lote.

6.- ESPECIFICACIONES

El producto objeto de esta Norma en sus diferentes grados de calidad debe cumplir con las especificaciones siguientes:

6.1. Especificaciones sensoriales

Las tunas deben:

6.1.1. Estar bien desarrolladas, enteras, sanas, frescas, limpias, de consistencia firme y cascara lisa.

6.1.2. Tener forma, sabor y olor característicos.

6.1.3. Estar exentas de humedad exterior anormal.

6.1.4. Estar practicamente libres de descomposicion o pudrición.

6.1.5. Estar practicamente libres de defectos de origen mecanico, entomologico, microbiologico y genético-fisiologico.

6.1.6. Estar exentos de ahuates (gloquidias)

6.1.7. Color.

La tuna se clasifica del verde al amarillo de acuerdo con el Patron Oficial de Color.

6.1.7.1. Para considerar que un lote es de la calidad México Extra, México No. 1 o México No. 2, su color debe corresponder con una de los colores del Patrón Oficial de Color.

6.2. Especificaciones Físicas.

6.2.1. Tamaño.

El tamaño de las tunas se determina en base a su diámetro ecuatorial

6.2.1.1. El tamaño de las tunas se clasifica de acuerdo a la tabla 1.

TABLA 1

LETRA DE REFERENCIA	TAMANO (DIAMETRO ECUATORIAL) cm
A	5.5 O MAYORES
B	4.8 - 5.5
C	4.0 - 4.7

6.2.1.2. México Extra

Las tunas deben presentar como tamaño mínimo los correspondientes a las letras A y B de la tabla 1.

6.2.1.3. México No. 1 y México No. 2.

Las tunas deben presentar cualquiera de los tamaños anotados en la tabla 1.

6.3. Especificaciones de Madurez

El grado de madurez se determina con el contenido de sólidos solubles totales el cual no será menor de 11%.

6.3.1. Las tunas se consideran maduras, cuando su cáscara presenta un color verde claro a amarillo de acuerdo al Patron Oficial de Color y la cavidad del receptáculo casi ha desaparecido de la fruta.

6.4. Especificaciones de Defectos

6.4.1. México Extra

Están prácticamente libres de un defecto menor y dentro de las tolerancias establecidas para esta calidad (véase 6.6.2.)

6.4.2. México No. 1

Puede presentar como máximo un defecto menor y dentro de las tolerancias establecidas para esta calidad (véase 6.6.2.)

6.4.3. México No. 2

Puede presentar como máximo un defecto mayor y dentro de las tolerancias establecidas para esta calidad (véase 6.6.2)

6.5. Especificaciones de Presentación

6.5.1. México Extra

Las tunas deben ser envasadas siguiendo una rigurosa selección, dejando cada envase perfectamente presentado y su aspecto global debe ser uniforme, en cuanto a color y tamaño, dentro de las tolerancias para color y tamaño para estas calidades (véase 6.6.1.)

6.5.2. México No. 1 y México No. 2

Las tunas envasadas pueden presentar variaciones en cuanto a homogeneidad en lo concerniente a color y tamaño, dentro de las tolerancias establecidas para color y tamaño para esta calidad (véase 6.6.1.)

6.6 Tolerancias.

Para las especificaciones físicas, sensoriales y de defectos, en las distintas calidades se permiten las tolerancias siguientes:

6.6.1. Tolerancias de color y tamaño.

TABLA 2

CALIDAD/ TOLERANCIA	MEXICO EXTRA	MEXICO NO. 1	MEXICO NO. 2
TAMAÑO	5%	10%	15%
COLOR	5%	10%	15%

6.6.2. Tolerancias de Defectos

Para todos los grados de calidad mencionados, se permitirán las siguientes tolerancias de defectos.

TABLA 3

TIPO DE DEFECTOS	TOLERANCIAS EN	
	PUNTO DE EMBARQUE	PUNTO DE ARRIBO
DEFECTOS CRITICOS	4%	5%
DEFECTOS MAYORES	6%	7%
DEFECTOS MENORES	10%	12%
ACUMULATIVO	10%	12%
PUDRICION	0.5%	1%

6.3.3. En las tolerancias de tamaño, color y defectos, el porcentaje permitido se da para el lote. En tuna el porcentaje que no corresponda a la designación declarada, se avalue por conteo.