



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

FENOLOGÍA DE ILAMA (*Annona diversifolia* Saff.) Y EFECTO DEL ÁCIDO 2-
CLOROETIL FOSFÓNICO EN LA MADURACIÓN DEL FRUTO.

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el título de

BIOLOGO

Presenta:

LEONARDO PIÑA SOTO



ASESOR: M. EN C. ISMAEL AGUILAR AYALA

MEXICO D.F.

2006



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

"Y Dios dijo: produzca la tierra hierba, hierba que de simiente, árbol frutal que dé fruto según su genero, que su simiente este en el, sobre la tierra: y así fue".

GENESIS 1: 11

"Una vez, hace muchísimo tiempo, tal vez dos mil quinientos millones de años, bajo los rayos de un sol abrasador, en un océano saturado de productos amoniacales y cubierto por una atmósfera venenosa, en medio de una masa de moléculas orgánicas, inicio accidentalmente su existencia una molécula de ácido nucleico que, por algún mecanismo que desconocemos, produjo otra semejante a ella".

¡Y ahí tuvo su origen todo lo que vive!

ISAAC ASIMOV
THE WELLSPRING OF LIVE

“No hay garantía de que el universo se conformara a nuestras predisposiciones. Pero no veo como podremos tratar con el universo, tanto el universo interno como el exterior sin estudiarlo. La mejor manera de evitar abusos es que la población en general sea científicamente literata para comprender las implicaciones de tales investigaciones. A cambio de la libertad de investigación los científicos están obligados a explicar sus trabajos, si la ciencia es considerada un sacerdocio cerrado muy difícil y arcano para la comprensión de la persona promedio los peligros de abuso son mayores. Pero si la ciencia es un tópico de interés y preocupación en general, si tanto sus delicias como sus consecuencias sociales se discuten regular y competentemente en las escuelas, la prensa y en la mesa familiar habremos mejorado enormemente nuestras posibilidades para entender como es realmente el mundo y para mejorarlo a el y a nosotros.”

CARL SAGAN

AGRADECIMIENTOS

Transcurrieron casi dos años desde la concepción de este proyecto hasta su terminación. Fue una labor placentera y requirió los esfuerzos conjuntos de muchas personas. Deseo agradecer especialmente a las siguientes:

M. en C. Ismael Aguilar Ayala por invitarme a formar parte de esta investigación y encargarse de coordinar todo el aparentemente interminable trabajo, además de aportarme siempre acertados comentarios para poder llevarlo al mayor estado de excelencia posible. Con gratitud por brindarme su amistad y apoyo.

Biol. Diana Herrera Rojas por su ayuda en gran parte de la investigación de campo y de laboratorio, además de sus consejos y sugerencias para hacer mas leve el desarrollo de este trabajo.

A José Gallegos Rangel, un querido amigo que tuvo a bien brindarme su casa en "El Naranja", además de facilitarme sus frutales para poder realizar este trabajo. Gracias Don José.

M. en C. Antonia Trujillo Hernández, M. en C. Francisco López Galindo y M. en C. Ángel Duran Díaz, por sus valiosos comentarios en la elaboración del reporte del trabajo. Su colaboración fue invaluable.

A la Presidencia Municipal de Caracuáro, Michoacán por el apoyo otorgado en el inicio de este proyecto.

Al personal del laboratorio de Morfofisiología Vegetal de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala por permitirme el uso de las instalaciones y el material para la realización de este proyecto en especial a Magda y Salvador por su apoyo entusiasta.

A mis padres Santos y Adelina:

Quienes con su apoyo y paciencia me han encausado en el camino de la superación, además de haber hecho posible con sus sacrificios mi formación profesional. Gracias sin ustedes no lo hubiera conseguido.

A mi esposa Leticia y mi hijo Diego Gabriel:

Ustedes constantemente están abriendo mi corazón y reanimando mi espíritu. Los quiero mucho.

A Orlando y Fabián:

Quienes han demostrado en todo momento no ser solo mis hermanos, sino también mis amigos.

A Adolfo Vázquez y Juan Valdespino:

Por su amistad y apoyo en innumerables ocasiones.

A mis compañeros de la Carrera de Biología:

Quienes generosamente me brindaron su amistad y compartieron conmigo muchos días hábiles en los que vivimos de cerca la biología. Siempre los llevare en mi memoria.

A la Universidad Autónoma de México:

Por darme la oportunidad de formar parte de ella y a quien brindo todo el éxito que pueda obtener en mi vida profesional.

A México:

Por que a pesar de sus innumerables problemas sigue siendo un paraíso.

INDICE GENERAL

Resumen	1
1 Introducción	2
2 Objetivos	4
2.1. Objetivos generales	
2.2. Objetivos particulares	
3 Antecedentes	5
3.1. Generalidades de la ilama	
3.1.1. Descripción botánica	
3.1.2. Características botánicas de la ilama	
3.1.3. Requerimientos climáticos y edáficos para la planta	6
3.1.4. Producción y comercialización	7
3.2. Fenología	9
3.2.1. Diferenciación e iniciación floral	10
3.2.2. Amarre y crecimiento del fruto	
3.2.3. Patrón de crecimiento del fruto.....	11
3.3. Ácido 2-cloroetil fosfónico y etileno	12
3.4. Calidad del fruto.....	15
3.5. Investigaciones realizadas en ilama	17
4 Metodología	19
4.1. Descripción de la zona de estudio	
4.2. Diseño experimental	20
4.2.1. Material vegetal	
4.3. Diseño estadístico	
4.4. Aplicación de los tratamientos	21
4.5. Variables de respuesta determinadas	
4.5.1. Fenología	
4.5.2. Características morfológicas	
4.5.3. Determinaciones químicas	
4.6. Técnicas para la determinación de variables de respuesta	22
4.6.1. Etapas fenológicas	
4.6.2. Curva de crecimiento del fruto	
4.6.3. Pérdida fisiológica de peso del fruto	
4.6.4. Número de semillas y peso de la pulpa	
4.6.5. Forma del fruto	
4.6.6. Acidez titulable	
4.6.7. Sólidos solubles totales	23
4.6.8. Azúcares totales	

5	Resultados y discusión	24
5.1.	Etapas fenológicas	
5.2.	Curva de crecimiento	25
5.3.	Numero y peso de semillas	26
5.4.	Peso total del fruto	
5.5.	Perdida de peso fisiológico por almacenamiento del fruto	27
5.6.	Acidez titulable	28
5.7.	Sólidos solubles	
5.8.	Relación sólidos solubles / acidez	
5.9.	Azúcares totales.....	30
6	Conclusiones	31
7	Apéndice	32
8	Bibliografía	35

INDICE DE FIGURAS Y CUADROS

Fig.1	Algunos frutos del genero annona: A. scleroderma, A. diversifolia, A. reticulata, A. reticulata, A. cherimola, A. muricata y A. scuamosa	3
Fig. 2	Fruto de Annona diversifolia Saff.	5
Fig. 3	Árboles de ilama establecidos en un predio particular en el municipio de Carácuaro, Michoacán	6
Fig.4	Fruto de ilama inoculado por los huevecillos de Stenoma anonelle spp	7
Fig. 5	Biosíntesis del etileno a partir del aminoácido metionina.	13
Fig. 6	Uno de los principales problemas que afectan la calidad del fruto de ilama es el agrietamiento que sufre al madurar en el árbol.....	15
Fig.7	Ubicación de la zona de estudio en donde se realizo parte de este trabajo de investigación.	19
Fig. 8	Frutos de ilama tratados con ácido 2-cloroetil fosfónico	20
Fig. 9	Curva de crecimiento del fruto de ilama fenotipo blanco	25
Fig. 10	Perdida de masa en el fruto de ilama rosa y blanca a los 5 días de almacenamiento en el laboratorio después de ser sometidos a diferentes concentraciones de ácido 2-cloroetil fosfónico	27

Cuadros 1 y 2 Número promedio de yemas por rama, vegetativas, florales, flores y porcentaje de foliación en los fenotipos rosa y blanco del fruto de ilama	23
Cuadro 3. Número promedio de semillas, masa de las semillas, masa de la pulpa, masa de la cáscara, masa total del fruto y porcentaje de masa en el fruto del fenotipo blanco y rosa del fruto de ilama	26
Cuadros 4 Y 5. Comparación de la determinación de sólidos solubles, acidez titulable, relación sólidos solubles/acidez y azúcares totales en frutos tratados con ácido 2-cloroetil fosfónico (*A-2CF) en los fenotipos rosa y blanco	29

RESUMEN

México es un país con una gran diversidad de climas, los cuales originan la presencia de regiones naturales en las cuales se podrían llegar a producir frutos muy diversos. Entre estos frutos se encuentra la ilama (*Annona diversifolia* Saff.) considerada como una de las mejores frutas del trópico bajo debido a su sabor, aroma y su alto valor alimenticio, además de los precios que llega a alcanzar en el mercado que al comienzo de la producción van desde \$ 7.00 por unidad. Sin embargo, la producción de ilama se ve limitada debido al agrietamiento que presentan los frutos al madurar en el árbol, ya que este proceso favorece la contaminación de la pulpa por organismos patógenos como bacterias y hongos que provocan la pudrición del fruto acelerando la síntesis de etileno afectando la calidad del fruto. Debido a lo anterior se llevo a cabo este proyecto de investigación que consistió en determinar la fenología del árbol y evaluar el efecto del ácido 2-cloroetil fosfónico en la maduración del fruto de ilama. Esta investigación se realizó en la localidad de el naranjo municipio de Caracuaro, Michoacán en un huerto propiedad del señor José Gallegos Rangel y en el laboratorio de morfofisiología vegetal de la FES Iztacala. La fenología se determino al obtener: Total de yemas, yemas florales, yemas vegetales, porcentaje de foliación y curva de crecimiento del fruto. El diseño experimental consistió en 5 tratamientos con 0, 50, 100, 200 y 400 ppm de ácido 2-cloroetil fosfónico en dos fenotipos blanco y rosa con 10 repeticiones cada uno. Las variables de respuesta obtenidas fueron: Número de semillas, forma del fruto, peso del fruto, pérdida de peso fisiológico por almacenamiento del fruto, acidez titulable, sólidos solubles, relación sólidos solubles/ acidez y azúcares totales. Los resultados indican que los árboles poseen de 22 a 26 yemas por rama a partir de la base de la segunda línea de crecimiento, de las cuales aparecen 3 flores en el fenotipo rosa y 5 en el fenotipo blanco. En el fenotipo blanco el amarre del fruto ocurre a finales de agosto alcanzando la madurez fisiológica el 54% de los frutos a principios de octubre, además se determinó que la curva de crecimiento es una doble sigmoide. El fruto es una baya colectiva de forma elipsoidal u ovoide en la que el fenotipo blanco posee en promedio 48 semillas y 508 gramos y en el fenotipo rosa 30 semillas y 339 gramos. La aplicación del ácido 2-cloroetil fosfónico afecto la acidez titulable ya que a 400 ppm el valor obtenido para ambos fenotipos fue el mayor con 0.070 % ac. Málico, mientras que el tratamiento de 200 ppm fue el mas bajo con 0.61 % en el fenotipo blanco y 0.067 % en el fenotipo rosa. El valor mas alto en la cantidad de sólidos solubles se registro en los

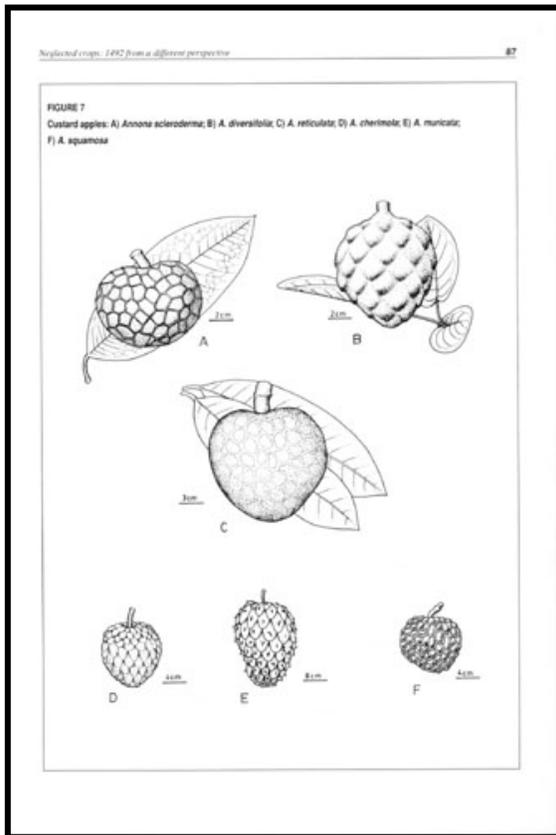
frutos testigo del fenotipo rosa con 26° brix y en el fenotipo blanco a 200 ppm con 21° brix. En la relación sólidos solubles/ acidez el valor mas alto registrado fue en el tratamiento de 200 ppm en ambos fenotipos. No se encontró diferencia significativa en los frutos tratados en la determinación de azucares totales.

México es un país con una gran diversidad de climas, los cuales originan la presencia de regiones naturales muy diversas que se caracterizan por tener una vegetación específica. Por lo tanto estas regiones contienen una gran cantidad de ambientes que permitirían llegar a producir frutos muy diversos, muchos de los cuales no pueden ser cultivados en otros países por la carencia del clima apropiado. Esta privilegiada situación podría ser la base de un fuerte y bien organizado mercado de exportación generador de divisas para el país. Sin embargo, en México solo 32 especies son explotadas comercialmente en una superficie de 1.3 millones de hectáreas, que representa el 9.5% de la superficie agrícola nacional (SAGARPA 2005). Por lo tanto, la cosecha es superior a 12 millones de toneladas que equivalen al 16% del valor de la producción agrícola nacional ocupando el tercer lugar dentro de las exportaciones agrícolas.

A pesar de que entre los frutales más explotados comercialmente en México se encuentran los cítricos con una superficie de 200 000 ha., aguacate (*Persea americana* Mill.) con 125 000 ha. y mango (*Mangifera indica* L.) con 100 000 ha (SAGARPA, 2005), en el ámbito nacional existe un amplio potencial para el cultivo de frutos con sabores y aromas diferentes a los convencionales, los cuales han sido clasificados como "exóticos", entre los que se encuentra la ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.), nanche (*Byrsonima cassifolia* L.), chicozapote (*Achras zapota* L.), capulín (*Serotina capuli* Cav.), pitahaya (*Hylocereus*), pitaya (*Stenocereus spp*) y algunas anonáceas.

El genero *Annona* comprende alrededor de 120 especies de clima caliente, principalmente en América tropical y subtropical, de las que solamente de 8 a 10 especies tienen importancia económica como: Cabeza de negro (*A. purpúrea*), *Annona* colorada (*A. reticulata*), Chirimoya (*A. cherimola*), Guanábana (*A. muricata*) y Saramuyo (*A. squamosa*) (Fig.1). De estos frutales destaca la ilama (*Annona diversifolia* Saff.), originaria de Centroamérica y México, ya que se le considera como una de las mejores frutas del trópico bajo con una amplia aceptación de los consumidores debido a su sabor, aroma y su alto valor alimenticio con abundancia en carbohidratos, proteínas,

calcio, fósforo, hierro, tiamina, niacina, riboflavina, magnesio, ácido ascórbico y carotenos (Cruz, 2002) Este fruto se considera altamente rentable debido a su gran demanda y a los precios atractivos que llega a alcanzar en el mercado, cuando comienza la producción va desde \$ 7.00 por unidad y cuando se encuentra en plena época de cosecha los precios bajan hasta \$ 4.00 por unidad (Gallegos, 2003).



A pesar de todos estos beneficios, la producción de ilama se ve limitada debido al agrietamiento que presentan los frutos al madurar en el árbol, ya que este proceso favorece la contaminación de la pulpa por organismos patógenos como bacterias y hongos que provocan la pudrición del fruto perdiendo su calidad. Debido a este problema la comercialización del fruto de ilama se ha reducido a su venta en mercados y plazas locales en dónde la gente conoce del agrietamiento y otras veces se prefiere industrializarla como sucede en Centroamérica en dónde se elaboran néctares enlatados, jugos, yogurt y helados (Leal y García 1986).

El agrietamiento del fruto de ilama al madurar en el árbol acelera la síntesis de etileno incrementando la formación de azúcares; por lo que estos frutos agrietados, aparentemente tienen mayor calidad que los frutos cosechados antes de madurar en el árbol.

Fig.1 Algunos frutos del genero Annona: *A. scleroderma*, *A. diversifolia*, *A. reticulata*, *A. reticulata*, *A. cherimola*, *A. muricata* y *A. scuamosa*. Tomado de www.centa.gob. (2002)

Sin embargo, la utilización de productos como el ácido 2-cloroetil fosfonico que se descomponen en los tejidos del fruto liberando etileno pueden ser utilizados para provocar el incremento de la calidad sin necesidad de esperar a que el proceso sea inducido por el agrietamiento natural del fruto en el árbol.

En base a lo anterior, debido a la gran importancia económica y cultural de la ilama, se llevo a cabo este proyecto que consistió en determinar la fenología y evaluar el efecto del ácido 2-cloroetil fosfonico en la maduración del fruto de ilama.

El agrietamiento del fruto de ilama al madurar en el árbol acelera la síntesis de etileno incrementando la formación de azúcares; por lo que estos frutos agrietados, aparentemente tienen mayor calidad que los frutos cosechados antes de madurar en el árbol. Sin embargo, la utilización de productos como el ácido 2-cloroetil fosfónico que se descomponen en los tejidos del fruto liberando etileno pueden ser utilizados para provocar el incremento de la calidad sin necesidad de esperar a que el proceso sea inducido por el agrietamiento natural del fruto en el árbol.

En base a lo anterior, debido a la gran importancia económica y cultural de la ilama, se llevó a cabo este proyecto que consistió en determinar la fenología y evaluar el efecto del ácido 2-cloroetil fosfónico en la maduración del fruto de ilama.

En el presente trabajo se consideraron los siguientes objetivos:

2.1. Objetivo general

2.1.1. Determinar la fenología de la ilama (*Annona diversifolia* Saff.) y evaluar el efecto del ácido 2 cloroetil fosfonico en la maduración del fruto.

2.2. Objetivos particulares

2.2.1. Determinar el inicio, plena floración y amarre del fruto.

2.2.2. Determinar la curva de crecimiento del fruto.

2.2.3. Determinar número y peso de semillas, forma del fruto y perdida de peso fisiológico en el fruto en maduración.

2.2.4. Determinar acidez titulable, contenido de sólidos solubles totales y azucares totales como parámetros de maduración en los frutos tratados con ácido 2-cloroetil fosfónico.

3.1. Generalidades de la ilama

3.1.1 Descripción botánica según CENTA (2002)

Reino: vegetal

División: Antofitas

Subdivisión: Angiospermas

Clase: Dicotiledóneas

Subclase: Coripétalas

Familia: Anonáceas

Genero: Annona

Especie: *Annona diversifolia*

Nombre botánico: *Annona diversifolia* Safford.

Nombre común: Debido a su amplia distribución a lo largo de Mesoamerica el fruto de ilama se conoce con diferentes nombres comunes según la región: Annona blanca (Chiapas, Guatemala y El Salvador), Chirimoya de tierra caliente (Tzitzio Michoacán), ilama (Colima, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Veracruz y Estado de México) ilamatzapotl (náhuatl)(Colima y Guerrero), izlama o papausa, (Chiapas y Michoacán) y papauce (Oaxaca, Chiapas y Guatemala).

3.1.2. Características botánicas de la ilama.

El Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y forestal (CENTA 2002) de El Salvador describe que el fruto de ilama procede de un árbol de hoja caducifolia que se distingue de las otras especies de anonas porque tiene dos clases de hojas, las corrientes aovadas, glabras, con pecíolo, y otras en forma de brácteas, redondas, caedizas, sin pecíolo, que crecen en la base de las ramillas. En el lado inferior de las hojas, ramillas y frutos, la superficie tiene un aspecto opaco y de color blanco, que es más notable en las variedades de pulpa blanca. Las flores son solitarias y tienen tres



Fig. 2 Fruto de *Annona diversifolia* Saff.

pétalos externos que son de 2 a 5 cm de longitud, su color es característico de la variedad y varía de blanco a rojo púrpura.

El fruto es una baya colectiva de forma elipsoidal u ovoide de cáscara gruesa y ornamentada de color verde a rojo cenizo (Fig.2), algunas veces llegan a medir cerca de 12 cm de largo, tienen pulpa blanca, roja o rosa con un sabor dulce y ligeramente ácido. Cada fruto posee en promedio 69 semillas que germinan luego de un periodo de latencia que dura entre 6 y 12 meses. Después de la germinación es recomendable mantenerlos en bolsas de polietileno otros tres meses antes de establecerlos en el campo al comienzo de la estación lluviosa.



Fig. 3 Árboles de ilama establecidos en un predio particular en el municipio de Carácuaro, Michoacán..

La mayoría de los árboles son de pie franco es decir propagado por semilla por lo que la raíz principal es de origen embrionario y pivotante lo que determina la fijación de estos árboles en las condiciones que se desarrolla de suelos marginales pese al alto porcentaje de pedregosidad que ellos presentan (Fig.3). Son árboles ramificados desde la base, de crecimiento erecto con un eje central dominante que alcanza hasta 8 metros de altura y ramas de

escaso desarrollo que nacen de este eje.

3.1.3. Requerimientos climáticos y edáficos para el crecimiento de la planta

Se cultiva en zonas que van desde los 0-700 msnm y cuyo clima a sido denominado por Köppen como Aw (Tropical con lluvias en verano) (García, 1973) a lo largo de la vertiente del pacifico en todo Centroamérica y en México se distribuye principalmente en Chiapas, Colima, Guerrero, Oaxaca, Veracruz y Michoacán (Martínez, 1993).

La ilama se encuentra asociada a tierras bajas tropicales y se desarrolla mucho mejor en regiones que presentan algunos meses consecutivos de sequías y abundante lluvia el resto del año (Estrada,

1994), además se considera que temperaturas menores a 7°C provocan la caída de hojas y frutos del árbol y las temperaturas de 0°C dañan la madera (Martínez, 1993). Este frutal no es exigente en cuanto a condiciones de suelo ya que se encuentra en suelos arcillosos poco profundos con pedregosidad hasta de un 60%, fértiles, bien drenados y ligeramente ácidos (pH 5.5-6.5) (Martínez, 1993 y Ayala, 2003).

En Guatemala y el Salvador se recomienda fertilizar este frutal con 20 g de nitrógeno, 20 g de Anhídrido fosforico y 24 g de oxido de potasio por planta, distribuyéndolas en dos aplicaciones cada año al comienzo de las lluvias y la otra a la salida de las mismas (Cruz, 2002). En su crecimiento



Fig.4 Fruto de ilama inoculado por los huevecillos de *Stenoma anonelle spp.*

el fruto es atacado por una mariposa pequeña (*Stenoma anonelle spp*) que ataca a los frutos (Bautista, 2001). La hembra pone los huevos y las larvas penetran en la fruta, alimentándose de la pulpa, por lo tanto si el fruto es pequeño, se pudre y se seca tomando un color casi negro y cae (Fig.4). Entre las enfermedades que más

dañan a los frutos y hojas se cita a la cercosporiosis (*Cercospora annonacea* Henn.) y la antracnosis (*Colletotrichum sp*), sin embargo el

principal daño lo causan los insectos barrenadores (Cruz, 2002).

3.1.4. Producción y comercialización.

Existe una gran diversidad genética del fruto de ilama en todo mesoamerica como son la de pulpa morada, rosa y blanca a partir de las cuales se ha generado una gran variedad de cultivares que se ofrecen para la producción comercial entre los que se encuentran:

- Fairchild y Guillermo que tienen frutos con cáscara gris con carpelos redondos prominentes y pulpa rosada.

- Imery tiene frutos de hasta 700 g y cáscara delgada con pequeñas prominencias, de color verde y rosado con algunas manchas.
- Efraín produce hasta 200 frutos por árbol de pulpa blanca y cáscara ornamentada.
- Pajapita tiene frutos con superficie blanda y rosada y la pulpa es de color rosa encendido.
- Nilito tiene una superficie irregular de color azul-verdoso y la pulpa roja.
- Roman posee frutos pequeños con cáscara dura de color azul-verde con manchitas rosadas, la pulpa es de color púrpura.
- Génova White tiene frutos con cáscara suave, delgada, de color verde claro y pulpa blanca.

Los mayores volúmenes de producción se obtienen entre los meses de julio y septiembre. Existe registro de precios únicamente para esos meses cuando aumenta significativamente la oferta en el mercado y los precios tienden a disminuir. En julio, justo antes de comenzar la cosecha, se reportan los precios más altos (aproximadamente \$ 7.00 por unidad). Es un fruto poco resistente al transporte por lo que exige un manejo cuidadoso y un empaquetado especial. Debido a normas cuarentenarias el fruto no ha podido ser llevado a los Estados Unidos de América debido la prevalencia de la mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*), para otras importaciones requiere certificado fitosanitario donde se indique que el producto ha sido inspeccionado y encontrado libre de plagas, si el fruto proviene de fuera de la región centroamericana pagara un 15% de impuesto. Este producto esta incluido en el TLC entre México y el Salvador por lo que no existe impuesto entre estos países. No se reporta comercio a Europa y Asia para este producto. En Costa Rica diferentes industrias elaboran néctares enlatados, jugos, yogurt y helados con una amplia aceptación de los consumidores debido a su sabor, aroma y su alto valor alimenticio. (Cruz, 2002)

3.2. Fenología

La fenología es el estudio de los eventos periódicos naturales involucrados en la vida de las plantas y que se relacionan con el clima de la localidad en que ocurren (Volpe, 1992; Villalpando y Ruiz, 1993; Schwartz, 1999). Estos eventos observados comúnmente en cultivos agrícolas son: siembra, germinación, floración y cosecha, además de algunos eventos adicionales observados en ciertos cultivos específicos como son: presencia de yemas, aparición de hojas, maduración de frutos y caída de hojas (Azkue, 2000).

Otros aspectos que son considerados como indicadores fenológicos son el patrón del crecimiento y desarrollo del fruto, además de las fechas de floración y maduración de los frutos. En el caso de árboles frutales caducifolios como la ilama, el período entre la floración y la presencia de un fruto incipiente se ha reconocido durante mucho tiempo como uno de los estados de desarrollo importantes. De manera que el conteo aleatorio de flores en pocas ramas seleccionadas y el conteo de frutos constituyen indicadores destacados de rendimientos, además de que la designación de eventos fenológicos significativos varía con el tipo de planta en observación. Por ejemplo los estados fenológicos del mango pueden identificarse como: aparición de hojas nuevas, floración, amarre del fruto, inicio del desarrollo del fruto, término del desarrollo del fruto y madurez del fruto (Villalpando y Ruiz, 1993).

Sobre esta misma línea de trabajo, Marcucci (1948) citado por Solórzano (1994), elaboró una serie de estudios fisio-morfológicos de las fases de pre-aparición de yemas y pre-floración en los árboles. Encontrando que las yemas indiferenciadas no están completamente en "dormancia", llamando a este período "cryptofase", señalando que no todos los estados son visualmente detectables.

Por otra parte, Alcántara (1987) señala que un calendario ideal que señala los cambios estacionales y el desarrollo de las plantas requiere observaciones por tiempo prolongado de eventos fenológicos, junto con una medición concisa microambiental. Además que tales observaciones deben duplicarse para un área geográfica amplia, en consideración a latitud, longitud, altitud y tipo de suelo.

Desde otro punto de vista, Torres (1995) menciona que una etapa fenológica esta delimitada por ciertas etapas que se presentan en periodos críticos, que son el intervalo breve durante el cual la planta presenta una máxima sensibilidad a determinado fenómeno meteorológico y que se reflejan en el rendimiento del cultivo. Estas etapas están delimitadas por fases sucesivas como la aparición, transformación o desaparición rápida de los órganos vegetales que sirven como medio para identificar la fenología de la planta.

Finalmente, Schwartz (1999) indica que las principales variables que controlan la fenología de un cultivo son: fecha de siembra, duración del día, temperatura, suministro de humedad, componente genético, y manejo de la planta. Además de que debido a su naturaleza interdisciplinaria, las investigaciones fenológicas pueden ser dificultosas debido a la necesidad de categorizar bajo disciplinas tradicionalmente científicas. Finaliza indicando que la contribución potencial de la fenología, podría ser el desarrollo de trabajos de observaciones sistemáticas a escala nacional y global en las próximas décadas, constituyendo un conocimiento de la relación atmósfera-biosfera con implicaciones de cambio global.

3.2.1. Diferenciación e iniciación floral

Uno de los elementos mas importantes dentro de la organización apical es el meristemo, este es un tejido formativo que añade nuevas células al cuerpo de la planta (Esau, 1976) que muestran pocos rasgos de diferenciación y que mantienen su capacidad proliferativa de carácter embrionario (Fahn, 1978). Estos meristemos se encuentran ubicados en diferentes partes de la planta como son el ápice, el tallo y las raíces, además de que pueden tener forma plana, cónica o elongada (Cutter, 1980).

Debido a que la cantidad de flores presentes en la planta determinara la cantidad de frutos que se pueden obtener el primer evento de importancia en el desarrollo de la flor se conoce como inducción floral y se define como el conjunto de cambios que ocurren en las células del meristemo vegetativo y que permiten la formación de los órganos florales en lugar de hojas (Hess, 1975). Inmediatamente después de la inducción se lleva a cabo la iniciación de primordios florales o iniciación floral que es

la formación de meristemas apicales a un eje potencialmente reproductivo que incluye la formación de todas las partes de la flor (Rapport y Sanch, 1979).

3.2.2. Amarre y crecimiento del fruto

El primer evento del desarrollo del fruto es la fecundación que inicia con la estimulación hormonal en el tubo polínico seguida de un proceso de división celular y elongación incrementando el tamaño y volumen celular durante el cual se originan los carpelos y tiene lugar el ablandamiento de los tejidos (Roth, 1977). Durante la antesis el fruto empieza a requerir una gran cantidad de reservas o fotosintatos, lo cual favorece a que el fruto crezca y amarre correctamente, sin embargo, cuando en los frutos no ocurren estos eventos se registra una caída del árbol debido a su abscisión (Hulme, 1971).

Después de la antesis los frutos en desarrollo permanecen en el árbol y se registran 2 o 3 caídas mas, hasta que se alcanza el amarre o cuajado definitivo (Westwood, 1982). Se ha observado que los porcentajes de amarre de frutos son menores en los árboles perennes que en caducifolios (Pimienta, 1985), sin embargo influyen otros factores como: especie, cultivar, vigor de la planta, manejo de la plantación y condiciones ambientales (Kester y Griggs, 1959).

3.2.3. Patrón de crecimiento del fruto.

La velocidad de crecimiento de los frutos puede ser determinada por el aumento de volumen, diámetro, longitud o peso seco. Algunos frutos pueden presentar una curva de crecimiento sigmoideal simple como es el caso del manzano, aguacate, plátano y los cítricos. Por otra parte se encuentran los frutos que presentan una doble sigmoideal como es el caso del durazno, ciruelo, higo y frambuesa (Hernández-Unzon y Lakshminarayana, 1982).

Vidal en 1993 evaluó la curva de crecimiento en frutos de guanábana a intervalos de 15 días obteniendo un patrón de crecimiento aproximado al doble sigmoide. Este tipo de curva es el resultado de que en el primer periodo el pericarpio del fruto aumenta rápidamente, mientras que el embrión permanece pequeño y en el segundo periodo el embrión se desarrolla deteniéndose el

crecimiento del fruto, finalmente en el tercer periodo el pericarpio entra otra vez en un periodo activo de alargamiento (Nitsch, 1953). Este proceso indica que existe cierta competencia entre el pericarpio y el desarrollo de la semilla.

3.3. Ácido 2-cloroetil fosfónico y Etileno

Dentro de las técnicas de poscosecha se encuentra el uso de hormonas y algunas sustancias para controlar el proceso de maduración, como el ácido 2-cloroetil fosfónico, el cual ha despertado un gran interés en la agricultura, ya que está considerado como un producto químico que se descompone en los tejidos vegetales liberando etileno (Phillips 1971).

El etileno es producido por los tejidos de todas las plantas y es la hormona natural de la maduración, responsable de la descomposición de los pigmentos clorofílicos, de la caída de las hojas y de la maduración del fruto, probablemente por que induce los sistemas enzimáticos de maduración y es fisiológicamente activo a muy bajas concentraciones alrededor de 1ppm. Se ha determinado que la producción de etileno está "ceñidamente" relacionada con la respiración, pero el aumento de su producción puede aparecer antes o después del climaterio. Las cantidades producidas difieren según la especie, aunque algunos frutos responden también al etileno externo (Zacarías, 1993).

La exposición al etileno induce un incremento en la producción de los RNAm originando una serie de cambios en un periodo relativamente corto, se deriva de los carbonos 3 y 4 del aminoácido metionina a través de los intermediarios s-adenosil metionina (SAM) y ácido 1-amino-ciclo-propano-1-carboxílico (ACC). Todas estas reacciones se llevan a cabo gracias a la intervención de las enzimas ACC sintasa y ACC oxidasa (llamada también enzima formadora del etileno).

La ruta de la biosíntesis del etileno queda establecida mediante la siguiente secuencia:

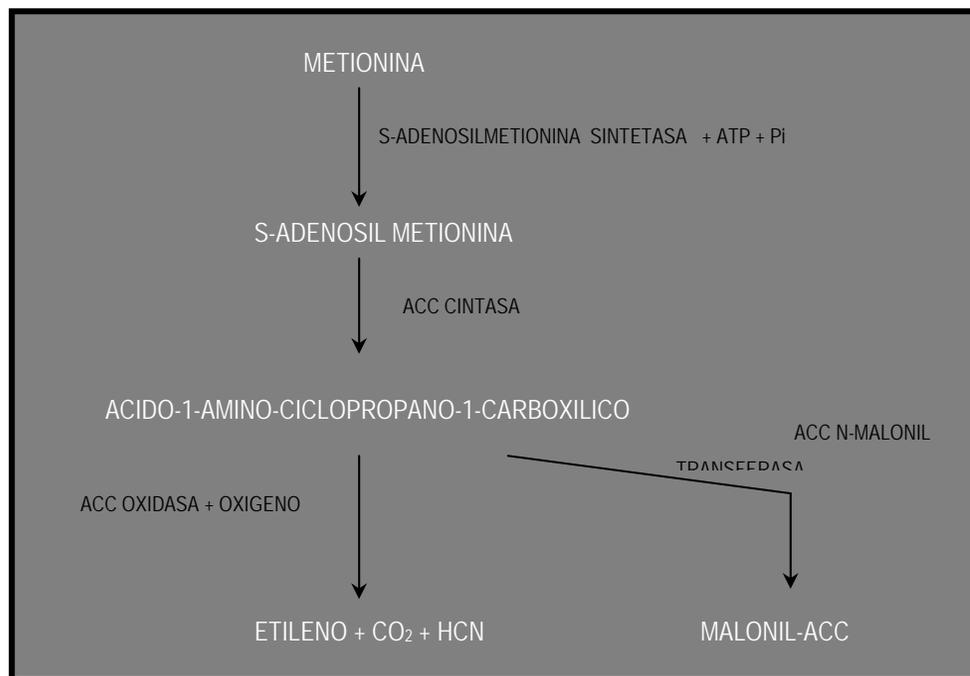


FIG. 5 Biosíntesis del etileno a partir del aminoácido metionina. J. Azcon-Bieto y M. Talon (1993).

La extrema simplicidad de su estructura química y la naturaleza gaseosa del etileno le confieren características especiales, como la capacidad de difusión entre los espacios intercelulares alterando la concentración interna de los tejidos.

Los efectos del etileno fueron identificados por primera vez en 1901 cuando Neljubow demostró que el etileno es la proporción activa de un gas que es el responsable de la coloración de los frutos maduros y que se obtiene al quemar aceite o queroseno.

Sin embargo Burgs en 1960 menciona que el etileno fue aceptado como hormona cuando una gran cantidad de datos reveló que pequeñas cantidades tenían efectos fisiológicos marcados en plantas ya que funciona como intermediario de otros reguladores de crecimiento. También menciona que los frutos en maduración son fuentes especialmente ricas en etileno ya que es posible que este se produzca en los tejidos vegetales.

Algunos años después en 1968 los experimentos realizados por Maxie y Crane con varios frutos cosechados indican que el etileno es un agente de maduración en los higos que se encuentran todavía en el árbol y Weaver en 1990 al estudiar el hongo *Penicillium digitatum* que ataca a los limones propiciando la pudrición del fruto, actúa también como un productor prolífico de etileno provocando la maduración de los frutos adyacentes no infectados.

En otro trabajo realizado en 1994 por Pérez et al, sobre el efecto del ácido 2-cloroetil fosfónico en la composición química de los frutos de níspero (*Manilkara sapotilla* L.), se determinó que este compuesto químico incrementa los sólidos solubles totales y sacarosa, además de que disminuye la formación de azúcares reductores y acidez titulable.

Por otra parte un estudio realizado por Paull en 1998 con guanábana (*Annona muricata* L.) reporta que los frutos inician la producción de etileno aproximadamente 48 horas después de iniciado el pico de respiración y este alcanza su valor máximo alrededor del mismo tiempo que el de respiración, con un tiempo de almacenamiento máximo de 6 a 7 días.

En 1998 Nakasone y Paull clasifican a todas las anonáceas como frutos climatéricos al identificar un pico climatérico en la producción de etileno con valores de 1 a 10 $\mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ para anona y de 10 a 100 $\mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ para chirimoya y guanábana. Además mencionan que la respiración alcanza su máximo valor alrededor de tres días después de cosechado el fruto de anona. Mientras que Visnhu en el 2000 reporta valores de 3.3 $\mu\text{L kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ de producción de etileno para anona blanca, sin embargo indica que existe una gran variabilidad dentro de un mismo fruto observando inconsistencias en los resultados obtenidos.

En trabajos más recientes Moreno-Velásquez y Sucedo-Veloz en 2003 indican que la producción de etileno en frutos de ilama (*Annona diversifolia* Saff.) cosechados a los 71 y 75 días después de la anthesis, registraron una producción de etileno a partir del séptimo día de permanecer bajo condiciones de maduración a 20°C y 60-70% H.R. Identificándose el pico climatérico a los 9 y 10 días.

3.4. Calidad del fruto

El termino calidad incluye a todos aquellos componentes que hacen al fruto atractivo como fuente de alimento, entre los que se incluyen el color, el tamaño, la madurez y la falta de lesiones físicas. Sin embargo el sabor es uno de los principales atributos de la calidad ya que esta altamente correlacionado con los sólidos solubles, el color y la relación azúcar / ácido (Wills y Lee, 1977). Además la acidez titulable en la mayoría de las frutas se relaciona directamente con el sabor debido a la necesidad de tener un balance aceptable entre acidez y dulzura.



Fig. 6 Uno de los principales problemas que afectan la calidad del fruto de ilama es el agrietamiento que sufre al madurar en el árbol..

La madurez de consumo es aquel estado de un órgano vegetal en el que el mercado exige que se encuentre y generalmente esta relacionado con la madurez fisiológica que se refiere al estadio en el desarrollo de la fruta en el que se logra el crecimiento y la maduración máximos. Ya que la transición entre estas dos etapas suele ser lenta y no muy marcada, se puede conocer por medio de la actividad respiratoria, la producción de etileno y varios factores químicos como la relación sólidos solubles / acidez.

Una manera simple de determinar el grado de madurez de los frutos es por medio del contenido de azúcares totales, ya que en el curso de maduración el almidón almacenado en el parénquima del fruto se transforma en azúcar (Sistrunk y Moore, 1988).

Una vez alcanzada la madurez comercial, el atributo de mayor influencia al establecer el precio es el aspecto, ya que el consumidor asocia a la calidad con la forma, el tamaño, el color, la frescura y la presencia de defectos. De esta manera el tamaño y la forma pueden obtenerse objetivamente mediante la circunferencia o el diámetro, la longitud, la anchura, el peso o el volumen (Cruz, 2002)

ya que el consumidor exige con frecuencia productos con ciertas características y rechaza los ejemplares que no las poseen, por ejemplo, en 1975 los intentos de comercializar un tipo de plátano de forma recta fracasaron en Londres al parecer por ser considerados anormales por los consumidores (Arthey, 1975). La forma del fruto puede determinarse por comparación entre el diámetro polar y el diámetro ecuatorial, en el caso del fruto de ilama una condición deseable es la forma ovoide o elipsoidal.

El grado de frescura se aprecia fácilmente debido a que el fruto presenta una pérdida excesiva de agua durante su almacenamiento por lo que pierde peso y es conveniente evaluar esta pérdida por día. Los defectos de la piel como las manchas negras y el agrietamiento que sufre el fruto perjudican la producción disminuyendo su precio en el mercado (Fig. 6) aunque estas lesiones no supongan pérdida alguna en su calidad comestible, en los países en desarrollo estos frutos podrán venderse a precios muy bajos pero no podrán venderse en los países desarrollados ya que esta característica afecta la apariencia del fruto (Wills y Lee, 1977).

El tamaño del fruto tiene un gran impacto en cuanto a la calidad comercial observada por el consumidor, este puede ser medido de acuerdo a su longitud, diámetro, peso y volumen. Esta característica del fruto puede verse afectado por factores climáticos, nutricionales, genéticos, disponibilidad de agua o reguladores de crecimiento.

El aumento de sólidos solubles en el fruto se debe a la degradación de los almidones pudiéndose incrementar en el manejo de los árboles para la producción. Los carbohidratos libres o combinados con otros compuestos son muy importantes para que el fruto adquiera un sabor agradable (Hansen, 1996 y Arthey, 1975).

Otras características que son de gran importancia en la calidad del fruto son: color, firmeza, sabor, pH, acidez titulable, azúcares totales y ácido ascórbico ya que este tipo de análisis contribuyen a una correcta apreciación de la calidad.

3.5. Investigaciones realizadas en ilama

En 1997 Zavala et al, realiza la caracterización de una población nativa de ilama en la cuenca del río balsas, indicando que el ilama no ha tenido el desarrollo que merece ya que básicamente es una especie plantada solamente por los agricultores tradicionales como árboles de traspatio o en pequeños huertos caseros. Además de que otros factores que afectan la producción es la baja productividad de árboles, la dificultad para germinar las semillas y la poca duración de la fruta en anaquel, 2-3 días a temperatura ambiente. Mencionan también que si se dejan madurar en el árbol los frutos se agrietan y se caen. En este mismo estudio observan que la curva de crecimiento del fruto es una doble sigmoide.

En cuanto a la comercialización de las anonáceas en México, Palacios y Cano en 1997 escriben un artículo, donde mencionan que existe un amplio potencial para el consumo de estos frutos clasificados como exóticos. Además indican que el principal inconveniente que presenta el establecimiento de cultivos es que su comportamiento pre y poscosecha es prácticamente desconocido.

Con respecto al conocimiento de plagas que atacan al ilama, Bautista en el 2001 elabora un trabajo de tesis indicando que el ilama es atacado por una mariposa pequeña (*Stenoma anonelle spp*) principalmente en los frutos en crecimiento. La hembra pone los huevos y las larvas penetran en la fruta, alimentándose de la pulpa. Si el fruto es pequeño, se pudre y se seca tomando un color café oscuro y cae.

En cuanto a la calidad del fruto Piña et al, en el 2003 elabora un estudio sobre el efecto del ethrel® en la calidad de los frutos de ilama en donde se observaron un incremento de sólidos solubles y azúcares totales, además de una disminución en la acidez titulable. Reportan también que se logra evitar el agrietamiento del fruto en un 100% al cosecharlos en el momento en que la curva de crecimiento indique la madurez fisiológica.

La fisiología pre y poscosecha es abordada por Saucedo y Arévalo en 2003 al elaborar un trabajo enfocado a algunos frutos exóticos de México con potencial de consumo. En este trabajo reportan que en el caso de ilama, el mejor momento de cosecha para su comercialización es a los 85 días de desarrollo después de la antesis, en cuyo caso la madurez de consumo se obtuvo a los 8 días de almacenamiento a 22°C y sin problemas de agrietamiento en la base peduncular. En este estudio se menciona que la cosecha de los frutos a los 71 días después de la antesis se traduce en un bajo contenido de azúcares, ablandamiento, manchado de la pulpa y elevada pérdida de peso. Se menciona también que en el caso de los frutos que maduran en el árbol, alcanzan el mayor contenido de azúcares, sin embargo su vida poscosecha es muy corta debido al agrietamiento de la base peduncular.

Otro trabajo de esta índole es presentado por Moreno-Velásquez y Saucedo-Veloz en 2003 dirigido a la fisiología poscosecha en frutos de ilama de pulpa blanca y rosa en diferentes etapas fenológicas. Mencionan que al comparar la máxima velocidad de respiración con la máxima producción de etileno en los frutos de 71 días después de la antesis la síntesis de etileno inicia antes que la respiración y en los de 85 días después de la antesis el pico de respiración se manifiesta un día previo al del etileno.

4.1. Descripción de la zona de estudio

La localidad del Naranjo se encuentra ubicada en el municipio de Carácuaro en el Estado de Michoacán, cuyo nombre significa "lugar de cuesta o lugar en la cuesta" y se deriva del vocablo chichimeca "carakua". Se localiza al sureste del Estado, entre las coordenadas 19°01' de latitud norte y en los 101°08' de longitud oeste, a una altura de 540 msnm. Limita al norte con Nocupétaro y Villa Madero, al este con Tiquicheo, al sur con Huetamo y al oeste con Turicato y Nocupétaro.

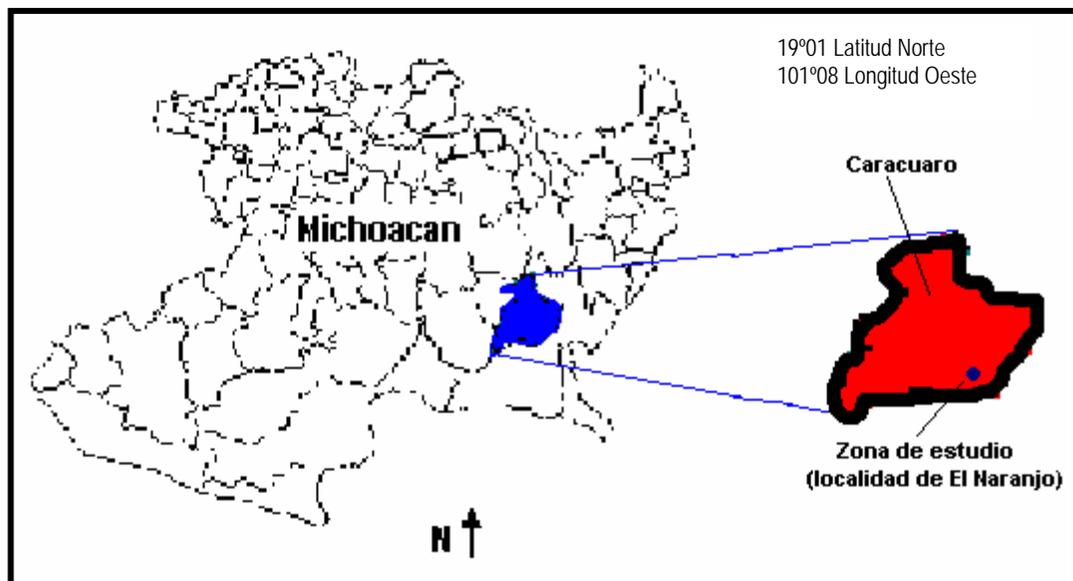


Fig.7 Ubicación de la zona de estudio en donde se realizó parte de este trabajo de investigación.

La distancia a la capital del Estado es de 135 Km. Su superficie es de 981.11 Km² y representa el 1.66 por ciento de la superficie del Estado el relieve los constituyen las estribaciones meridionales del Sistema Volcánico Transversal, y los cerros de Santa Teresa, San Francisco, Pílon y Zacapungamio. En cuanto a la hidrografía esta constituida por el río Carácuaro y los arroyos

Chapacarcuaro y Quino. El clima es tropical con lluvias en verano. Tiene una precipitación pluvial anual de 749.3 milímetros, con temperaturas que oscilan de 19.7 a 33.4 grados centígrados (Gobierno de Michoacán, 2004).

4.2. Diseño experimental

4.2.1. Material vegetal

Se utilizaron 6 árboles de ilama de una población de 12, los cuales fueron seleccionados al azar en un predio particular manejado en condiciones de temporal, sin distribución o arreglo previo, 3 del fenotipo blanco y 3 del fenotipo rosa, de los cuales se marcaron un total de 8 ramas, 2 por cada uno de los puntos cardinales para obtener mas homogeneidad al determinar las etapas fenológicas de los frutos.

Para determinar la curva de crecimiento del fruto, se marcaron diez árboles del fenotipo blanco con 20 frutos por árbol, lo cual dio un total de 200 frutos como unidad experimental.

Para el trabajo en el laboratorio se utilizaron 50 frutos de cada fenotipo (blanco y rosa) seleccionados al azar para formar 5 grupos los cuales fueron sometidos a un factor de interes que en este caso fue la aplicación de ácido 2-cloroetil fosfónico en 5 niveles: 0 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 200 ppm y 400 ppm. Esta combinación de niveles del factor nos dio un total de 5 tratamientos por fenotipo (Fig. 8).



Fig. 8 Frutos de ilama tratados con ácido 2-cloroetil fosfónico.

4.3. Diseño estadístico

El diseño estadístico utilizado fue completamente aleatorio con diez repeticiones. Al finalizar se aplico un análisis de varianza de dos factores (ANOVA) para juzgar los efectos del ácido 2-cloroetil

fosfónico en cada grupo experimental, para comprobar si existía semejanza entre las medias de cada grupo se utilizó la prueba de *Tukey*.

4.4. Aplicación de los tratamientos

Se preparo una solución madre de Ethephon® al 22.5% p/v a 1500 ppm, a partir de la cual se hicieron las siguientes diluciones: 0, 50, 100, 200 y 400 ppm. Se sumergieron los frutos en la solución correspondiente durante 5 minutos y se dejaron secar.

4.5. Variables de respuesta determinadas

4.5.1. Fenología

4.5.1.1. Total de yemas

4.5.1.2. Yemas florales

4.5.1.3. Yemas vegetales

4.5.1.4. Porcentaje de foliación

4.5.1.5. Curva de crecimiento del fruto

4.5.2. Características morfológicas

4.5.2.1. Numero de semillas

4.5.2.2. Forma del fruto

4.5.2.3. Peso del fruto

4.5.2.4. Perdida de peso fisiológico por almacenamiento del fruto

4.5.3. Determinaciones químicas

4.5.3.1. Acidez titulable

4.5.3.2. Sólidos solubles

4.5.3.3. Relación sólidos solubles/ acidez

4.5.3.4. Azucares totales

4.6. Técnicas para la determinación de las variables de respuesta

4.6.1. Etapas fenológicas: se realizaron muestreos cada 20 días, seleccionando dos ramas por cada uno de los puntos cardinales en 3 árboles de cada fenotipo (blanco y rosado) determinando número de yemas a partir de la segunda línea de crecimiento de la base, cuando ya se podían diferenciar a simple vista se obtuvo el número de yemas florales y vegetales, además del porcentaje de brotación vegetativa y floración.

4.6.2. Curva de crecimiento del fruto: se utilizó un vernier tomando como punto de lectura el diámetro del eje ecuatorial y el eje polar del ápice de la base del fruto, cada 20 días por un lapso de 12 semanas.

4.6.3. Pérdida fisiológica de peso del fruto: los frutos colectados fueron almacenados durante 5 días en el laboratorio y se pesaron diariamente en una balanza granataria para después determinar la pérdida de peso diario en el fruto.

4.6.4. Número de semillas y peso de la pulpa: esta variable se determino contando las semillas después de obtener la pulpa y pesando pulpa y semillas en una balanza digital.

4.6.5. Forma del fruto: la forma se estableció por comparación entre el diámetro polar y el diámetro ecuatorial (D.p./D.e.), utilizando un vernier. La diferencia entre estos dos diámetros indica si el fruto es redondo cuando es igual a 1 o elipsoidal cuando es mayor que 1.

4.6.6. Acidez titulable: se pesaron 20 gramos de pulpa, adicionando 100 ml de agua y filtrando con tres capas de gasa. Se tomo una alícuota de 20 ml del filtrado y se titulo con hidróxido de sodio 0.01 N. Se utilizo la siguiente formula para obtener el porcentaje de acidez titulable (AOAC, 1990) :

$$\text{ACIDEZ TITULABLE} = \frac{(G) (N) (0.067) (V)}{(P) (A)}$$

Donde:

G= mililitros gastados de NaOH

N= normalidad del NaOH

0.067= mili equivalentes de ácido málico

V= volumen total de la muestra

P= peso en gramos de pulpa

A= alícuota del filtrado

4.6.7. Sólidos solubles totales: se utilizó un refractómetro de mano Bauch & Lomb con valores límites de 0 – 32 °brix a 20 °C. empleando 3 muestras de pulpa provenientes directamente de cada fruto.

4.6.8. Azúcares totales: se obtuvo esta variable según el método fenol-ácido sulfúrico de Dubois (1965) con algunas modificaciones, de tal manera que se pesó un gramo de pulpa y se homogenizó con 5 ml de agua para luego aforar a 10 ml. La solución se filtró con 3 capas continuas de gasa. Se realizó una dilución de 1:200 en todos los casos, adicionando una alícuota de 800 μ l de fenol y 4 ml de ácido sulfúrico. Se dejó reposar 10 minutos a temperatura ambiente y después de 20 minutos a baño maría a 35°C. Se midió absorbancia a 450 nm.

Se utilizó una curva patrón con 20, 40, 60, 80, y 100 μ l de una solución de Dextran (10 μ g/ μ l).

5.1. Etapas fenológicas

De acuerdo a los datos obtenidos en este estudio acerca de la fenología se observó que las yemas son ligeramente cóncavas en forma de domo cónico, en un número aproximado de 22 a 26 por rama a partir del crecimiento del año anterior. Las primeras yemas vegetativas aparecen a finales de abril en el fenotipo rosa y a mediados de Mayo en el fenotipo blanco marcando el inicio de la formación de órganos florales que en promedio son 3 por rama para el fenotipo rosa y 4 para el fenotipo blanco. El inicio de la foliación ocurre a finales de abril para los árboles de ambos fenotipos y están totalmente cubiertos de hojas a principios de junio (Cuadros 1 y 2).

CUADROS 1 y 2. Número promedio de yemas por rama, vegetativas, florales, flores y porcentaje de foliación en los fenotipos rosa y blanco del fruto de ilama.

1. FENOTIPO ROSA					
Fecha	Yemas p/rama	Yemas vegetativas	Yemas florales	Numero de flores p/rama	Foliación
13-Marzo	21.9	0.0	0.0	0.0	0 %
3-Abril	24.5	0.0	0.0	0.0	0 %
24-Abril	26.1	0.65	0.0	0.0	5 %
15-Mayo	26.1	5.5	2.6	2.5	20%
5-Junio	26.1	5.5	2.6	2.5	100 %

2. FENOTIPO BLANCO					
Fecha	Yemas p/rama	Yemas vegetativas	Yemas florales	Numero de flores p/rama	Foliación
13-Marzo	15.1	0.0	0.0	0.0	0 %
3-Abril	20.0	0.0	0.0	0.0	0 %
24-Abril	26.1	0.0	0.0	0.0	5 %
15-Mayo	26.1	5.2	4.6	4.2	20%

5-Junio	26.1	5.2	4.6	4.0	100 %
---------	------	-----	-----	-----	-------

5.2. Curva de crecimiento

Esta variable se empezó a evaluar a mediados del mes de Julio. En la figura 9 se observa que en la primera fase (I) se incrementa rápidamente el crecimiento del fruto, en la segunda fase (II) el crecimiento se detiene al mismo tiempo que se presenta el amarre en el cual de los 100 frutos marcados como unidad experimental solo permanecieron el 54 %, sin embargo esta perdida puede deberse también a otras causas como el manejo de los árboles o las perdidas causadas por plagas. Finalmente se presenta una tercera fase (III) en la cual los frutos incrementan de nuevo su crecimiento hasta llegar la madurez fisiológica a mediados de octubre. Este tipo de crecimiento corresponde a una curva doble simoide similar a la obtenida por Vidal en 1993 en guanábana y por Zavala, Chávez y Muratalla en 1997 en frutos de ilama.

De los resultados obtenidos en cada una de las determinaciones de tamaño, se puede establecer también la forma por comparación ya que la relación entre el diámetro polar y el diámetro ecuatorial, en ambos casos es mayor que 1 lo que corresponde a forma aovada o elipsoidal (cuadro 3).

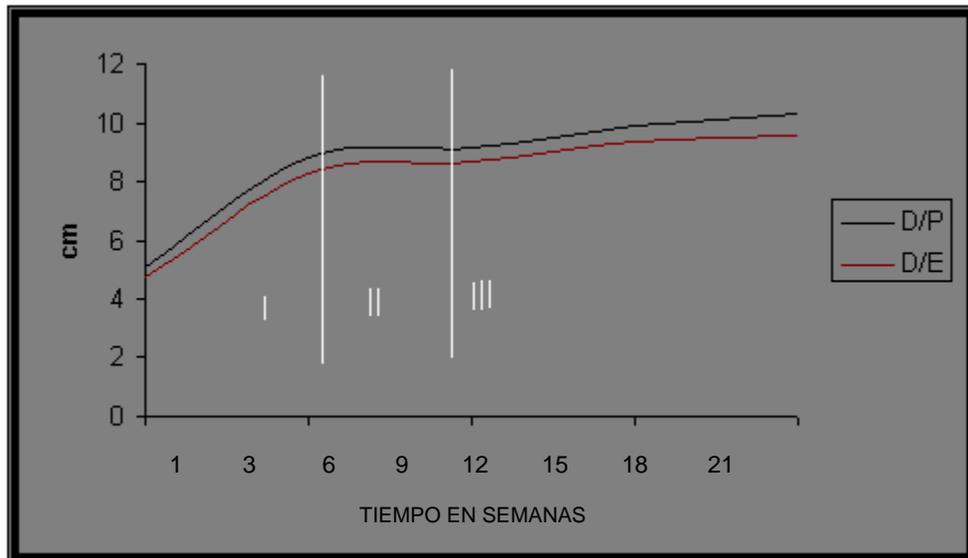


Fig. 9 Curva de crecimiento del fruto de ilama fenotipo blanco . D/P= longitud, D/E= diámetro.

5.3. Número y masa de semillas por fruto

En la determinación de esta variable se obtuvo un promedio de 48 semillas con una masa total de 84.39 g para el fenotipo blanco y 30 semillas con una masa de 51.80 g para el fenotipo rosado. Estos datos son muy aproximados a los reportados por Zavala (1997) con un promedio de 50 semillas para el fenotipo blanco y una masa de 72 g y 49 para el fenotipo rosa con masa de 80 g. Por lo tanto si se calculan las masas promedio de las semillas determinados en este trabajo se obtiene aproximadamente 1.7 g por semilla y 1.5 g para los datos reportados por Zavala. Según el Centro de Tecnología Agropecuaria del Salvador (CENTA) el número promedio de semillas para el fruto de ilama blanca es 70, aunque no se indica el peso de estas.

CUADRO 3. Número promedio de semillas, masa de las semillas, masa de la pulpa, masa de la cáscara , masa total del fruto y porcentaje de masa en el fruto del fenotipo blanco y rosa del fruto de ilama.

Fenotipo	Blanco	Rosa
Numero de semillas	48	30
Masa de las semillas	84.39 g	51.80
Masa de la pulpa	244 g	195 g
Masa de la cáscara	179 g	92.2 g
Masa total del fruto	508 g	339 g
Porcentaje de pulpa en el fruto	48 %	57%

5.4. Masa total del fruto

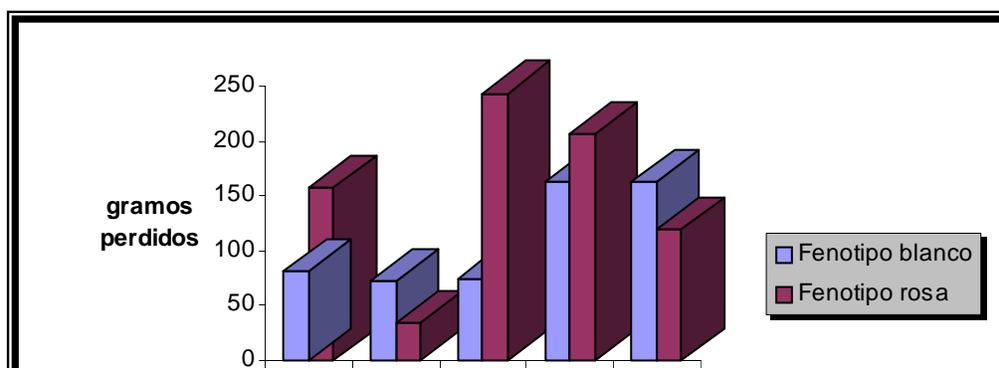
Estos valores pueden compararse también con los reportados por Zavala (1997) con 404 g para el fenotipo blanco y 552 para el fenotipo rosado, por lo que en cuanto a ilama blanca los frutos del fenotipo blanco utilizados en este trabajo son mas grandes y con menor número de semillas, para el fenotipo rosa Zavala reporta valores de 552 g lo cual indica que son frutos mayores a los utilizados en este trabajo. Los datos del CENTA reportan valores de 739 g, es decir son frutos mas grandes y con mayor número de semillas. En el cuadro 4 se puede observar que el 48 por ciento de los frutos de ilama blanco corresponde a la pulpa que es la parte comestible de este siendo de gran importancia esta determinación ya que es un aspecto de la calidad del fruto, además esta cantidad de pulpa es mayor en los frutos del fenotipo rosa con el 57% de la masa total del fruto.

5.5. Pérdida de masa por almacenamiento del fruto

En cuanto a la perdida de masa registrada en el transcurso de 5 días de almacenamiento para ilama blanca se obtuvo que los frutos que menos perdieron masa fueron los de 50 y 100 ppm con 73.06 g y 75.16 g respectivamente (figura 10). Esta perdida equivale al 15% de su masa que es superior a los valores reportados por Moreno-Velásquez y Saucedo-Veloz (2003) de 5.5% de perdida en tan solo 4 días después de ser cosechados. Las mayores perdidas de masa son las reportadas por Nakasone y Paull (1998) en anona blanca de 20 % de su masa total en frutos cosechados a los 71 días después de la antesis.

Por otra parte, el valor mas bajo de perdida de masa obtenido para ilama rosa en este trabajo fue de 34.92 g al ser tratadas con 50 ppm de ácido 2-cloroetil fosfórico, lo cual equivale al 10 % de su masa total. Estos datos están relacionados con pérdida de agua, ya que esta es la causa principal del deterioro de la calidad del fruto ya que no solo daña la textura de la cáscara, si no también su valor nutritivo.

Es importante mencionar que al termino del periodo de almacenamiento, la totalidad de los frutos tuvo un 0% de agrietamiento debido a que fueron cosechados durante su madurez fisiológica antes de empezársete agrietamiento en el árbol, solucionando así uno de los principales problemas de la calidad del fruto.



GRAFICA 1. perdida de masa en el fruto de ilama rosa y blanca a los 5 días de almacenamiento en el laboratorio después de ser sometidos a diferentes concentraciones de ácido 2-cloroetil

5.6. Acidez titulable

En la determinación de esta variable la prueba de ANOVA indico que existe diferencia significativa para los tratamientos ($p < 0.05$), por lo que los valores mas bajos correspondieron a los tratamientos de 50, 100 y 200 ppm en ambos fenotipos (cuadros 4 y 5). Estos resultados indican que a estas concentraciones disminuye la acidez del fruto aumentando su calidad, sin embargo estos datos indican una mayor acidez para estos frutos en comparación con los citados por Saucedo y Arévalo en 2003 que indican una acidez de 0.08 % en frutos de 85 días de desarrollo después de la antesis a los que catalogo en estado de madurez fisiológica. Para complementar el análisis se evaluó también el porcentaje de acidez en algunos de los frutos que se agrietan al madurar en el árbol obteniendo un 0.034 % para el fenotipo blanco y 0.024 % para el fenotipo rosado, que son valores mucho mas bajos que los obtenidos en las dos determinaciones anteriores.

5.7. Sólidos solubles

En esta variable la prueba de ANOVA indico que existe diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0.05$), se registraron los valores mas altos para los frutos del fenotipo blanco (21.4 °Brix) y rosa (24.9 °Brix) tratados con 200 ppm, además de que los frutos testigo del fenotipo rosa obtuvieron valores de 26.1 °Brix (cuadros 5 y 6). Estos datos indican que los frutos tratados con 200 ppm incrementan mas rápidamente la concentración de sólidos solubles. Este incremento ha sido reportado ya por Pérez, Sánchez y Vilorio en *Malinkara sapotilla* (níspero) quienes señalan que el ácido 2-cloroetil fosfónico acelera la formación de azucares. Sin embargo en un trabajo realizado por Fuchs *et al.* (1975) en los frutos de mango tipo Bocado tratados con Ethrel como inductor de la maduración, se aceleró el incremento del contenido de sólidos solubles totales, pero no subieron los niveles finales de estos componentes por encima de los frutos sin tratar. Es importante mencionar que al considerar esta variable también se determinaron el valor promedio de algunos de los frutos que se agrietan al madurar encontrando 15 °Brix para ambos fenotipos, que son valores bajos en comparación con los frutos tratados con ácido 2-cloroetil fosfónico.

5.8. Relación sólidos solubles / acidez

Esta relación permite comparar el contenido de azúcares con respecto al contenido de ácido en la pulpa del fruto, los datos de la tabla 4 y 5 indican que para ambos fenotipos los valores mas altos corresponden a los frutos agrietados de ambos fenotipos con valores de 4.57 para el fenotipo blanco y 5.00 para el fenotipo rosa. En cuanto a los tratamientos los valores mas altos se obtuvieron en el tratamiento de 200 ppm con valores de 3.5 en el fenotipo blanco y 3.7 para el fenotipo rosa (Cuadros 4 y 5).

CUADROS 4 Y 5. Comparación de la determinación de sólidos solubles, acidez titulable, relación sólidos solubles/acidez y azúcares totales en frutos tratados con ácido 2-cloroetil fosónico (*A-2CF) en los fenotipos rosa y blanco.

4. FENOTIPO ROSA				
Tratamientos *A-2CF	Sólidos solubles °brix	Acidez titulable % Ac. Málico	Relación S.S. / Ac.	Azúcares totales mg/100mljugo
0 ppm	26.1 a	0.073 a	3.5 c	830 b
50 ppm	18.9 b	0.067 b	2.8 a	1184 b
100 ppm	22.4 c	0.069 ab	3.2 b	689 a
200 ppm	24.9 d	0.067 ab	3.7 d	642 a
400 ppm	23.4 c	0.074 a	3.1 b	789 b

5. FENOTIPO BLANCO				
Tratamientos *A-2CF	Sólidos solubles °brix	Acidez titulable % Ac. Málico	Relación S.S. / Ac.	Azúcares totales mg/100mljugo
0 ppm	18.9 b	0.070 b	2.7 b	893 a
50 ppm	16.5 a	0.066 ab	2.5 a	665 a
100 ppm	17.4 ab	0.066 ab	2.6 ab	720 a
200 ppm	21.4 c	0.061 a	3.5 c	597 a
400 ppm	18.5 b	0.074 c	2.5 a	592 a

5.9. Azúcares totales

En esta variable la prueba de ANOVA no encontró diferencia significativa entre los tratamientos ($p > 0.05$), sin embargo al igual que en las otras determinaciones se evaluaron algunos frutos que se agrietan en el árbol obteniéndose valores de 405 mg / 100 ml de jugo para el fenotipo blanco y 350 mg / 100 ml de jugo para el fenotipo rosa, que son mas bajos que los de los tratamientos (Cuadros 4 y 5) al igual que en los datos obtenidos en el análisis de sólidos solubles por lo que la concentración de azúcares y sólidos disminuye en los árboles que maduran en el árbol al agrietarse, es decir que el ácido 2-cloroetil fosfónico aumenta significativamente la cantidad de azúcares totales y sólidos solubles en el fruto.

- 5.1. Los árboles poseen un número promedio de 22 a 26 yemas por rama a partir de la segunda línea de crecimiento de la base, de las cuales aparecen 2 flores en el fenotipo rosa y 4 en el fenotipo blanco.
- 5.2. El amarre ocurre a finales de agosto permaneciendo el 54% de los frutos en el fenotipo blanco hasta la madurez fisiológica que ocurre a principios de octubre.
- 5.3. La curva de crecimiento de los frutos del fenotipo blanco es una doble sigmoide.
- 5.4. La forma del fruto de ambos fenotipos corresponde a forma aovada.
- 5.5. La menor pérdida de masa después de 5 días de almacenamiento fue en el fenotipo rosa de 34.92 g al ser tratadas con 50 ppm de ácido 2-cloroetil fosfórico, lo cual equivale al 10 % de su masa total.
- 5.6. Los frutos del fenotipo blanco tienen 48 semillas en promedio y una masa total de 84.39 g, y el fenotipo rosa un promedio de 30 semillas y una masa de 51.80 g.
- 5.7. los frutos del fenotipo blanco contienen el 48 % de pulpa y los frutos en el fenotipo rosa el 57% al compararse con la masa total del fruto.
- 5.8. El ácido 2-cloroetil fosfónico disminuyó la acidez titulable en los frutos de ambos fenotipos a concentraciones de 50, 100 y 200 ppm.
- 5.9. El ácido 2-cloroetil fosfónico acelera la formación de sólidos solubles en una concentración de 200 ppm en ambos fenotipos.
- 5.10. El ácido 2-cloroetil fosfónico no afectó la cantidad de azúcares totales a diferentes concentraciones pero sí al compararse con frutos que se agrietan al madurar en el árbol.
- 5.11. Se logró evitar totalmente el agrietamiento al cosechar los frutos al inicio de la madurez fisiológica.

7.1. Resumen de los parámetros de fenología con respecto a la fecha en que fueron tomados.

Marzo 13 2004	Abril 3 2004	Mayo 8 2004	
90 % Defoliación Número de brotes	100 % Defoliación	Número de yemas	
Número de yemas	Número de yemas		
Fenotipo rosa	Fenotipo rosa	Fenotipo rosa	Fenotipo rosa
N: 37.3 S: 20.3 E: 15.5 O: 24.8	N: 20.0 S: 22.3 E: 18.5 O: 27.1	N: 27.1 S: 25.5 E: 21.6 O: 30.3	N: 0.5 S: 1.1 E: 0.0 O: 0.1
Fenotipo blanco	Fenotipo blanco	Fenotipo blanco	Fenotipo blanco
N: 15.5 S: 16.6 E: 14.5 O: 14.1	N: 17.5 S: 23.3 E: 20.1 O: 19.3	N: 19.8 S: 33.1 E: 26.6 O: 25.1	N: 0.0 S: 0.0 E: 0.0 O: 0.0
Mayo 12 2004		Junio 12 2004	
Número de yemas vegetativas	Número de yemas florales	Número de flores por rama	
Fenotipo rosa	Fenotipo rosa	Fenotipo rosa	
N: 3.1 S: 2.1 E: 2.0 O: 3.3	N: 4.8 S: 6.5 E: 2.8 O: 8.1	N: 4.8 S: 6.5 E: 2.8 O: 8.1	
Fenotipo blanco	Fenotipo blanco	Fenotipo blanco	
N: 8.6 S: 4.8 E: 5.1 O: 2.3	N: 0.3 S: 0.6 E: 1.6 O: 5.3	N: 0.3 S: 0.6 E: 1.6 O: 5.3	

N = norte
S = sur

E = este
O = oeste

7.2. Tabla de significancia de la prueba de ANOVA en los parámetros de acidez titulable, sólidos solubles y azúcares totales.

Prueba de significancia para acidez titulable				
	SS	MS	F	p
tratamientos	0.12504	0.03126	4.130	0.004058
fenotipos	0.01716	0.01716	2.267	0.135628
Interacción (tratamientos-fenotipo)	0.01250	0.00313	0.413	0.798851
error	0.68119	0.00757		

Prueba de significancia para sólidos solubles				
	SS	MS	F	p
tratamientos	372.01	93.00	26.96	0.000000
fenotipos	523.49	523.49	151.73	0.000000
Interaccion (tratamientos-fenotipo)	65.42	16.36	4.74	0.000000
error	310.51	3.45		

Prueba de significancia para azúcares totales				
	SS	MS	F	p
tratamientos	22.794	5.699	1.2656	0.289445
fenotipos	0.945	0.945	0.2098	0.648014
Interaccion (tratamientos-fenotipo)	21.506	5.377	1.1940	0.318930
error	405.257	4.503		

7.4. Resumen de la determinación de relación brix / acidez

Fenotipo blanco

	0 Ppm	50 Ppm	100 Ppm	200 Ppm	400 Ppm
Brix	18.9	16.5	17.4	21.4	18.5
Acidez	0.070	0.066	0.066	0.061	0.074
B / A	2.7	2.5	2.6	3.5	2.5

Fenotipo rosa

	0 Ppm	50 Ppm	100 Ppm	200 Ppm	400 Ppm
Brix	18.9	16.5	17.4	21.4	18.5
Acidez	0.070	0.066	0.066	0.061	0.074
B / A	2.7	2.5	2.6	3.5	2.5

7.5. Determinación de la curva de crecimiento y relación entre los diámetros polar y ecuatorial del fruto de ilama fenotipo blanco.

	19 julio	6 agosto	22 agosto	2 septiembre	18 septiem	14 octubre
Diámetro polar	5.8	8.1	8.4	8.9	10.2	10.9
Diámetro ecuatorial	5.3	7.6	8.0	8.5	10.0	10.3
Relación DP/DE	1.09	1.06	1.05	1.04	1.02	1.05

Alcántara R. A. 1987. Fenología y Cambios Estacionales. Traducción libre de Phenology and Seasonal Changes. Notas de clase para Fenología Agrícola y Agrometeorología, Chapingo, México.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of the Association of official Analytical Chemists. ED. Kenneth Helrich. Quinta edición. USA.

Arthey V. D. 1975. Quality of horticultural products. London, Butterworths.

Ayala R. J. M. 2003. Contribución al conocimiento de las condiciones edafológicas y climáticas de la ilama *Annona diversifolia* Saff., chagungo *Byrsonima crassifolia* L. HBK, bonete *Jacaratia mexicana* D. C. y ciruela mexicana *Spondias purpurea* C. Tesis de licenciatura UNAM FES Iztacala.

Azcon-Bieto J. , Talon M. 1993. Fisiología y Bioquímica Vegetal. McGraw Interamericana. Primera edición. España.

Azkue M. 2000. La fenología como herramienta en la agroclimatología. Boletín No. 7 Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias CENIAP, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIA. Maracay, Venezuela.

Bautista R. A. 2001. Contribución al conocimiento de las plagas que atacan al llama (*Annona diversifolia*), nanche (*Byrsonima crassifolia*), bonete (*Jacaratia mexicana*) y ciruela mexicana (*Spondias purpúrea*). Tesis de licenciatura. U.N.A.M. F.E.S|. Iztacala. México.

Burgs S. P. 1960. Ethylene, plant senescence, and abscission. *Plant physiology* 43:1503-1511.

CENTA 2002.
<http://www.centa.gob.sv/documentos/boletines/anona.pdf#search='annona%20diversifolia'>

Cruz P. E. 2002. El cultivo de Annona. Boletín técnico No.7 Centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal (CENTA). El Salvador.

Cutter E. G. 1980. Experiment and interpretation part II: Organs Contemporary Biology. Ed. Esward Arnolds, London.

Dubois M. 1965. Colometric meted for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*. 28(3): 350-356.

Esau K. 1976. Anatomía vegetal. Ediciones Omega. Barcelona, España.

Estrada C. A. 1994. Caracterización de la ilama *Annona diversifolia* Saff. en Salitre de Palmerillos, Municipio de Amatepec, Estado de México. Tesis de licenciatura UACH Estado de México.

Fahn A. 1978. Anatomía vegetal. Ediciones Blume. España.

Fuchs, Y.; G. Zaubermañ.; U. Yanko y S. Homsky, 1975. Ripening of mango fruits with ethylene. Trop. Sci: 17(4):211-216.

Gallegos R. J. 2003. Comunicación personal Sr. José Gallegos Rangel, productor de ilama en El Naranjo, Municipio de Carácuaro, Michoacán.

García E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México.

Gobierno de Michoacán 2003. www.michoacan.gob.mx.

Hansen N. F. 1996. Quality control for the food industry. Vol. 1. Fundamentals 3a. ed. Westport CT: AVI.

Hernández-Unzon H. Y., Lakshminarayana S. 1982. Developmental physiology of tamarind fruit. Hortscience 17 (6): 938-940.

Hess D. 1975. Plant physiology. Springer-Verlang. New York Inc.

Hulme A. C. 1971. The biochemistry of fruits and their products. Vol. I y II. Academic Press. London.

Kester D. E., Griggs W. H. 1959. Fruit setting in the almond: the effect of cross-pollinating various percentages of flowers. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 74: 206-213.

Leal P. F., García A. M. 1986. La guanábana y otras anonáceas. Manual de practicas de fruticultura. Serie de libros y materiales educativos IICA: No 63. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.

Martínez A. V. 1993. Estudio exploratorio y bromatológico de la papausa *Annona diversifolia* Saff. en la Costa del Pacífico y Depresión Central de Chiapas. Tesis de licenciatura UACH Estado de México.

Maxie E. C., Crane J. C. 1968. Effect of etylene on growt and maturation of the fig (*Ficus carica*). L. Fruit. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 92:255-267.

Moreno-Velásquez D., Saucedo-Veloz C. 2003. Fisiología poscosecha en frutos de ilama *Annona diversifolia* Saff. con diferente etapa fenológica. www.chapingo.mx/agroind/congreso/ponencia/ponencias/Mesa%20V/Fisiologia%20postcosecha%20en%20frutos....pdf

- Nakasone K. H. T.** 1998. Comparison of changes in sugars and ethylene Production of chirimoya fruit grown at different seasons. *Journal of Hort. Sci.* 72 (4): 617-622.
- Neljubow D.** 1901 The biochemistry of fruits and their products. *Nature.* 10:128-139.
- Nitsch J. P.** 1953. The physiology of fruit growth. *Ann. Rev. Plant Physiology.* 4: 199-236.
- Palacios R. M.I., Cano G.M.V.** (1997). La comercialización de las anonáceas en México; una aproximación a su estudio. Memorias I Congreso Nacional de Anonáceas, Chapingo. Méx.
- Paul E. R.** 1998. Postharvest atemoya fruit plitting during ripening. *Postharvest Biology and Technology* 8: 329-334.
- Pérez J. J., Sánchez A., Vilorio Z.** 1995. Effect of 2-cloroetil phosphonic acid on the chemistry composition of fruits of *Manilkara sapotilla* L.(Tiberio variety). *Rev. Fac. Agron. (LUZ),* 12:287-282.
- Phillips I.D.** 1971. Intriduction to the biochemistry and physiology of plant growth hormones. McGraw-Hill Book. NY.
- Pimienta B. E.** 1985. Diferenciación floral en especies frutales perennes. *Fitotecnia* 7: 154-179.
- Piña S. L., Aguilar A. I., Duran D. A.** 2003. Efecto del ethrel en la calidad del fruto de ilama (*Annona diversifolia* Saff.). Memorias X Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, IX Congreso Nacional y II internacional de Horticultura Ornamental. Chapingo. México.
- Rapport L., Sanch R.** 1979. Physiology of cultivated plants. *Plant Science* 102. University of California.
- Roth I.** 1977. Fruits of angiosperms. Grebruder Borntraeger. Berlín, Stuttgart.
- Saucedo V. C., Arévalo G. M. L.** 2003. Fisiología pre y poscosecha de algunos frutos exóticos de México con potencial de comercialización.
www.chapingo.mx/agroind/congreso/ponencia/ponencias/Mesa%20V/Fisiologia%20pre%20y%20pos%20tosecha....pdf
- Schwartz, M. D.** 1999. Advancing to full bloom: planning phonological research for the 21st century. 42:113-118.
- SAGARPA** 2005. <http://www..sagarpa.gob.mx>.
- Sistrunk W. A., Moore J. N.** 1988. Calidad: en Métodos genotécnicos en frutales. AGT Editor S. A. México.
- Solórzano V.**1994. Guías fenológicas para cultivos básicos, oleaginosos, sacaríferos, tubérculos y fibras. Universidad Autónoma de Chapingo, Dpto. de Fitotecnia, Fenología Agrícola.
- Torres R., E.** 1995. Agrometeorología. Editorial Trillas, S.A. de C. V. México, D.F.

Vidal H. L. 1993. La reproducción sexual y multiplicación vegetativa de las anonáceas. Ed. Agrofrut. Xalapa, Veracruz. México.

Villalpando J., **Ruiz** A., 1993. Observaciones Agrometeorológicas y su uso en la agricultura. Editorial Limusa, México.

Volpe C. A. 1992. Citrus Phenology. In: Proceedings of the Second International Seminar on Citrus Physiology.

Weaver H. F. 1990. Experiments in plant physiology. New York.

Westwood M. N. 1982. Fruticultura de zonas templadas. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

Wills R. H. **Lee** T. H. 1977. Fisiología y manipulación de frutas y Hortalizas post-recolección. Acribia S.A. España.

Zacarias L. 1993. Etileno : en Fisiología y Bioquímica Vegetal. Editores: J. Azcon-Bieto, M. Talon. McGraw Interamericana. Primera edición. España.

Zavala H.F., **Chávez** F.S., **Muratalla** L.A. (1997). Caracterización de una población de ilama (*Annona diversifolia* Saff.) Ubicada en la región de tierra caliente, Estado de Guerrero. Memorias I Congreso Nacional de Anonáceas, Chapingo. Méx.