



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**Efecto del ácido 2-cloroetil fosfónico (ethephon) y
ácido giberélico en el desfasamiento de la
producción y la calidad de la Ciruela Mexicana
(*Spondias purpurea* L).**

**TESIS QUE PARA
OBTENER EL TITULO
DE B I O L O G A**

P R E S E N T A:

LIZETH LOZANO TRENADO

**Director de Tesis:
M. en C. Ismael Aguilar Ayala.**



Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla de Baz, Estado de México, febrero 2008.



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.

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación esta dedicado

a mis padres J. Alfredo Lozano Tapia

y Victoria Trenado Cid del Prado,

*a quienes agradezco su guía, su apoyo y
confianza en la realización de mis sueños.*

Soy afortunada por contar siempre con

Su amor, comprensión y ejemplo.

Ustedes son la base de mi vida

Y siempre les estaré agradecida.

Esta tesis es suya...

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi hermano Alfredo quien también fue el motivo que me impulsó para la terminación de esta tesis y de quien tengo una enorme admiración y respeto... eres la mejor compañía para compartir el mismo techo.

Agradezco a mi hermana Erika, y mis sobrinos Paco 'moco' y Lalo 'moco' que siempre están, estuvieron y estoy segura, seguirán estando brindándome cariño, soporte y un montón de buenos momentos.

Gracias a mi asesor y director de tesis M. en C. Ismael Aguilar, por su apoyo, paciencia y por compartir sus conocimientos conmigo e inspirara en mí mucha admiración.

Agradezco a los profesores M. en C. Ernesto Aguirre, Biol. Diana Herrera y M. en C. Tony Trujillo, por su disposición y ayuda brindadas.

Gracias a mis amigos los que han permanecido y los que se han marchado, pero especialmente a (sin ningún orden) Adriana, Jessica, Lupita, Mary, Nayelli, Julieta, Ivonne, Norma, Ale, Diana, Isis, Lucila, Lucero, Nayo, David, Dante, Gil, Cristian, Darío, Omar y Julio; con quienes compartí mañanas tardes y noches de estudio, momentos de nerviosismo y grandes anécdotas.

Agradezco a mi amigo Erik, por permitirme conocerlo y ser parte de su vida. Por confiar en mí y estar presente a lo largo de la carrera y aún después.

Gracias a mi muy mejor amigo George, por tus comentarios, sugerencias y opiniones... gracias por estar conmigo y recuerda que eres muy importante para mí.

Finalmente la agradezco al mió amor Elbereth Ramse, por ser mi fortaleza, darme mucho de lo que tengo, por no dejarme caer nunca y sobre todo por el amor que me permite sentir que puedo lograr lo que me proponga. Gracias por escucharme, aconsejarme y por robarme una sonrisa todos los días... te amo mió Bam.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	3
2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CIRUELA MEXICANA.....	3
(Spondias purpurea L).....	3
2.1.1. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA CIRUELA MEXICANA.....	3
2.1.2. DISTRIBUCIÓN Y REQUERIMIENTOS AMBIENTALES DE LA CIRUELA MEXICANA.....	6
2.1.3. MANEJO DE LA CIRUELA MEXICANA.....	7
2.1.4. IMPORTANCIA Y USOS DE LA CIRUELA MEXICANA.....	8
2.2. EL ETILENO: LA HORMONA MADURADORA DEL FRUTO.....	9
2.2.1. ¿QUÉ ES EL ETILENO?.....	9
2.2.2. SÍNTESIS DEL ETILENO.....	10
2.2.3. PROCESO DE ACCIÓN DEL ETILENO.....	11
2.2.4. ANTAGONISTAS DE LA ACCIÓN DEL ETILENO.....	12
2.2.5. EFECTOS FISIOLÓGICOS DEL ETILENO EN PLANTAS.....	12
2.2.5.1. Brotación de yemas y floración.....	13
2.2.5.2. El etileno y la maduración del fruto.....	15
2.3. LAS GIBERELINAS.....	17
2.3.1. ¿QUÉ SON LAS GIBERELINAS?.....	17
2.3.2. SÍNTESIS DE LAS GIBERELINAS.....	18
2.3.3. ANTAGONISTAS DE LA ACCIÓN DE LAS GIBERELINAS.....	19
2.3.4. EFECTOS FISIOLÓGICOS DE LAS GIBERELINAS EN PLANTAS.....	21
2.3.4.1. Brotación de yemas y floración.....	22
2.4. LA CALIDAD DEL FRUTO.....	24
2.4.1. EL ETILENO Y EL ÁCIDO GIBERÉLICO EN LA CALIDAD DEL FRUTO.....	26
3. OBJETIVOS.....	29
4. PROCEDIMIENTO.....	30
4.1. SITIO EXPERIMENTAL.....	30
4.1.1. OROGRAFÍA Y FISIOGRAFÍA.....	30
4.1.2. GEOLOGÍA.....	30
4.1.3. HIDROGRAFÍA.....	31
4.1.4. CLIMA.....	31
4.2. MATERIAL DE INVESTIGACIÓN.....	31

4.3. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	31
4.3.1. TIPO DE DISEÑO EXPERIMENTAL.....	31
4.3.2. UNIDAD EXPERIMENTAL.....	32
4.3.3. TRATAMIENTOS EVALUADOS.....	32
4.3.4. APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	32
4.4. VARIABLES DE RESPUESTA.....	33
4.5.1. YEMAS Y FLORES.....	34
4.5.2. FRUTOS.....	34
4.5.2.1. Curvas de crecimiento y desarrollo del fruto.....	34
4.5.2.2. Tamaño.....	35
4.5.2.3. Masa del fruto.....	35
4.5.2.4. Masa de las semillas.....	35
4.5.2.5. Almidón.....	35
4.5.2.6. Sólidos Solubles Totales (SST).....	36
4.5.2.7. Azúcares totales	36
4.5.2.8. Ácido ascórbico.....	36
4.5.2.9. Acidez titulable (AT).....	36
4.5.2.10. Relación ácido / °Brix (Índice de madurez).....	37
4.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	37
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
5.1. PORCENTAJE DE YEMAS BROTADAS Y YEMAS REPRODUCTIVAS.....	38
5.2. PORCENTAJE DE AMARRE DE FRUTO.....	43
5.3. CURVAS DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL FRUTO.....	46
5.4. TAMAÑO DEL FRUTO.....	49
5.5. MASA FINAL DEL FRUTO Y DE LA SEMILLA	52
5.6. ALMIDÓN.....	55
5.7. SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES.....	57
5.8. AZÚCARES TOTALES.....	59
5.9. ÁCIDO ASCÓRBICO.....	61
5.10. ACIDEZ TITULABLE.....	62
5.11. RELACIÓN ÁCIDO / °BRIX.....	64
6. CONCLUSIONES.....	65
7. LITERATURA CITADA.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICAS

Figura 1. A) Árboles de Ciruela Mexicana. B) Apertura floral de yemas de Ciruela Mexicana. C) Frutos de Ciruela Mexicana (<i>Spondias purpurea</i> L.)....	4
Figura 2. Frutos de Ciruela Mexicana (<i>Spondias purpurea</i> L.); pertenecientes al municipio de Jungapeo de Juárez, Edo. de Michoacán.....	5
Figura 3. Biosíntesis del etileno.....	10
Figura 4. Relación entre la producción de etileno y la respiración durante el aumento climatérico en el plátano.....	16
Figura 5. Anillo ent- giberelano.....	17
Figura 6. Estructura del ácido giberélico.....	17
Figura 7. Biosíntesis de las Giberelinas.....	19
Figura 8. Estructura química de los tres retardantes de crecimiento AMO-1618, fosfón D y CCC.	20
Figura 9. Puntos en donde actúa la acción inhibitoria de AMO, CCC y fosfón D.....	21
Figura 10. Ubicación del sitio experimental en la Comunidad Las Anonas, Municipio de Jungapeo de Juárez, Edo de Michoacán, México.....	30
Gráfica 1. Porcentaje de brotación de yemas en Ciruela Mexicana	41
Gráfica 2. Porcentaje de yemas que presentan apertura de flor en Ciruela Mexicana	42
Gráfica 3. Porcentaje de amarre de fruto en Ciruela Mexicana	44
Gráfica 4. Curva de crecimiento diametral del fruto de Ciruela Mexicana en 2005.....	47
Gráfica 5. Curva de crecimiento longitudinal del fruto de Ciruela Mexicana en 2005	48
Gráfica 6. Diámetro del fruto de Ciruela Mexicana	50
Gráfica 7. Longitud del fruto de Ciruela Mexicana	51
Gráfica 8. Peso final del fruto de Ciruela Mexicana.	53
Gráfica 9. Peso Final de Semilla de Ciruela Mexicana	53
Gráfica 10. Almidón del fruto de Ciruela Mexicana	56
Gráfica 11. Sólidos solubles totales del fruto de Ciruela Mexicana	58
Gráfica 12. Azúcares Totales del fruto de Ciruela Mexicana	59
Gráfica 13. Vitamina "C" del fruto de Ciruela Mexicana	61
Gráfica 14. Acidez titulable (AT) del fruto de Ciruela Mexicana	62

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Efecto de Ethrel y Activol sobre el porcentaje de yemas brotadas y yemas florales de árboles de Ciruela Mexicana, en la comunidad de las Anonas, Jungapeo, Michoacán.....	40
Cuadro 2. Efecto de Ethrel y Activol sobre el porcentaje de amarre de fruto en los árboles de Ciruela Mexicana, en la comunidad de las Anonas, Jungapeo, Michoacán.....	45
Cuadro 3. Efecto de Ethrel y Activol en la variable tamaño del fruto de Ciruela Mexicana, en la comunidad de las Anonas, Jungapeo, Michoacán.....	49
Cuadro 4. Efecto de Ethrel y Activol en el peso final del fruto y en el peso final de las semillas de Ciruela Mexicana, en la comunidad de las Anonas, Jungapeo, Michoacán.....	54
Cuadro 5. Efecto de Ethrel y Activol sobre el contenido de almidón y sólidos solubles de frutos de Ciruela Mexicana, en la comunidad de las Anonas, Jungapeo, Michoacán.....	55
Cuadro 6. Efecto de Ethrel y Activol sobre el contenido de azúcares totales y ácido ascórbico en frutos de Ciruela Mexicana, en la comunidad de las Anonas, Jungapeo, Michoacán.....	60
Cuadro 7. Efecto de Ethrel y Activol sobre el contenido de acidez titulable y relación ácido/°Brix en frutos de Ciruela Mexicana, en la comunidad de las Anonas, Jungapeo, Michoacán.....	63

RESUMEN

La Ciruela Mexicana (*Spondias purpurea* L.) es una especie nativa de México, que tiene gran importancia económica, no obstante presenta el inconveniente de la alta concentración de la producción en las zonas productoras localizadas en los estados de Michoacán, Puebla, Veracruz, entre otros estados de menor importancia, lo que provoca la saturación del mercado y por lo tanto bajos precios al comercializar los frutos. Para resolver el problema se han empleado diversas técnicas y propuesto investigaciones con el uso de fitohormonas, manejo de cultivo, aplicación de productos químicos, para inducir la brotación de yemas para desfasar la cosecha. En el presente trabajo, se pretendió adelantar la cosecha de Ciruela Mexicana empleando etileno y ácido giberélico. La investigación se realizó en un huerto de ciruelas mexicanas establecida en la Comunidad de Las Anonas en el Municipio de Jungapeo en el Estado de Michoacán. La investigación se estableció bajo el diseño experimental en bloques al azar con 4 repeticiones por tratamiento, los tratamientos aplicados fueron: 0.1mM, 0.2mM y 0.4mM de Activol, 0.1mM, 0.2mM y 0.4mM de Ethrel además del testigo. Las variables evaluadas fueron: Porcentaje de yemas brotadas, florales y amarre de fruto; curvas de crecimiento y desarrollo de fruto; tamaño, masa del fruto y semilla; almidón, sólidos solubles totales, azúcares totales, ácido ascórbico, acidez titulable y relación ácido/^aBrix. Los resultados obtenidos indican que en las variables % de yemas florales, concentración de almidón, sólidos solubles totales, acidez titulable y azúcares totales, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos; mientras que en las variables restantes se encontraron diferencias significativas, en % de yemas brotadas el tratamiento 0.1mM de Ethrel con 32.07%; para amarre del fruto el tratamiento 0.4mM de Activol con 51.92%; en cuanto a tamaño del fruto el tratamiento 0.2mM de Activol con 4.32cm de largo y 3.44cm de ancho, asimismo la masa del fruto y la semilla, el tratamiento 0.2mM de Activol con 29.37g del peso final del fruto y 5.26g de la semilla; el ácido ascórbico se incremento con el tratamiento 0.2mM de Ethrel obteniendo una concentración de 84.36mg/100ml. La curva de crecimiento y desarrollo del fruto, resultó ser una curva del tipo doble sigmoide. En lo que se refiere a la relación ácido/^aBrix, el tratamiento 0.1mM de Ethrel produjo frutos considerados como muy dulces con un valor de 2.08 y los tratamientos restantes produjeron frutos considerados únicamente dulces.

1. INTRODUCCIÓN

Los frutales son cultivos de gran importancia a nivel mundial por proporcionar alimentos de un alto valor vitamínico y ser una agradable variación dentro de la dieta diaria, además la fruticultura es una actividad generadora de grandes beneficios económicos y sociales ya que puede ser susceptible de contribuir notablemente al desarrollo del medio rural (Calderón, 1985). Así mismo en las regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo, se estima que crecen y se desarrollan más de 600 especies de frutales comestibles, sin embargo muchas de ellas no son comercializadas. En general, a las frutas producidas en las zonas tropicales y subtropicales se les suele conocer como frutas tropicales, también llamadas exóticas, por ser extrañas y poco comunes, y que por lo tanto no ha sido usual encontrarlas en los mercados de los países desarrollados del mundo (Sauri, 2001).

Por otra parte México es uno de los principales productores de frutos tropicales de mayor importancia comercial en el mundo. Sin embargo, existen otras muchas especies frutales cuyo comercio es relativamente pequeño y que por este hecho se les conoce como "frutas menores". Dentro de estas frutas se encuentra la Ciruela Mexicana (*Spondias purpurea* L.) que es un frutal nativo de los trópicos secos de América, son árboles caducifolios de 15 a 20m de altura, los cuales tienen una proporción en cuanto a la altura y la producción. La especie posee fases de floración-fructificación bien definidas en el tiempo, la floración se produce en invierno siendo los meses de febrero y abril, ocasionalmente hasta los primeros diez días de mayo. Los frutos se encuentran maduros y listos para ser cosechados en los meses de septiembre y octubre para algunos fenotipos (Sauri, 2001 y Fuentes, 2001).

En México a la Ciruela Mexicana se le considera como un frutal de gran importancia ya que tiene propiedades fisiológicas para resistir en óptimas condiciones de crecimiento y desarrollo a las épocas de estiaje, por lo que se asegura un alto potencial económico para quienes de alguna manera aprovechen este cultivo (González, 1991). A partir de los 80's el cultivo comercial se ha intensificado, par: la superficie total sembrada fue de

5,126 ha, en 1995 incrementó a 11,476 ha y para el 2005 la mayor parte de la República Mexicana, con 21 estados se ha logrado establecer un total de 12,407 ha, con 56.535 miles de toneladas al año (SAGARPA, 2005). Esta cantidad de producción es baja comparada con el cultivo de otros productos frutales tales como: mango, melón, naranja, plátano, etc. Sin embargo en los últimos años su importancia ha crecido debido a las características cualitativas de la planta como la calidad del fruto, por lo que este va conquistando gradualmente mercados desde el local, regional, nacional hasta el internacional. Se han encontrado ciruelas del género *Spondias* en 21 estados, destacando Puebla, Chiapas, Veracruz, Jalisco y Michoacán. Este último estado presentó en 1996 una superficie sembrada de 818 ha de las cuales 795 ha son de riego y 23 ha de temporal obteniéndose una producción de 5,512 ton (Cuandón, 2001).

En el Estado de Michoacán, destacan como productores de Ciruela Mexicana los municipios de: Aguililla, Apatzingán, Huetamo, Parácuaro, Tacámbaro, Tzitzio, Jungapeo, entre otros (Aguilar, 2007). Para el caso del municipio de Jungapeo, Michoacán, la Ciruela Mexicana es cosechada únicamente en los meses de octubre y noviembre por lo que año con año, los productores de este municipio y de los estados de Puebla y Sinaloa, se enfrentan a grandes problemas al momento de comercializar la fruta, debido a la alta concentración de la producción, lo que provoca una saturación en el mercado y por lo tanto bajos precios al momento de comercializar los productos; es por ello que en el presente trabajo se pretende aplicar ácido giberélico y ácido 2-cloroetil fosfónico, con la finalidad de lograr desfasar la producción de Ciruela Mexicana, a la época en la que la cantidad de fruto producido es bajo. Esto con el propósito de alcanzar mejores precios en el mercado y con ello incrementar el ingreso de los productores.

2. ANTECEDENTES

2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CIRUELA MEXICANA

(Spondias purpurea L).

2.1.1. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA CIRUELA MEXICANA

Taxonómicamente la Ciruela Mexicana se ubica en la familia Anacardiaceae, del género *Spondias*; las especies principales son: *S. purpurea*, *S. mombin*, *S. cytherea*, *S. pinnata*, *S. tuberosa* y otras (González, 1991).

Son árboles caducifolios (Fig. 1-A) que presentan una proporción en cuanto a la altura (de 15 a 20 m dependiendo del fenotipo) y la producción; son de tronco con corteza gruesa, liso coriácea y resinosa, de color gris verdoso de tipo erecto, el patrón de ramificaciones es dicotómico. Las hojas son compuestas imparipinadas, con patrón de nervación pinado con una nervadura principal y nervaciones secundarias poco visibles, estas hojas son delgadas en textura, ápice acuminado y de color verde, las inflorescencias (Fig. 1-B) son de tipo compuesta, denominado como panícula, axilares, se encuentran lateralmente a lo largo de las ramas, inflorescencias de color rojo, rosa y amarillo según el fenotipo. Las flores son de simetría radial, cáliz dialisépalo, corola dialipétala, tipo de estambres dialistémono, dehiscencia longitudinal, tipo de gineceo sincárpico y ovario súpero con un promedio de cuatro lóculos. Los frutos (Fig. 2) son drupas, presentan exocarpio delgado, mesocarpio grueso, carnoso y de color amarillo y endocarpios ovoides, duros cubiertos por una matriz fuerte, tosca y fibrosa, los frutos se encuentran de uno a seis por racimo, la epidermis es poco resistente y lisa; el color de los frutos son: amarillo limón, naranja, rojo oxido, naranja oscuro y rojo bermellón (Cuandon, 2001).

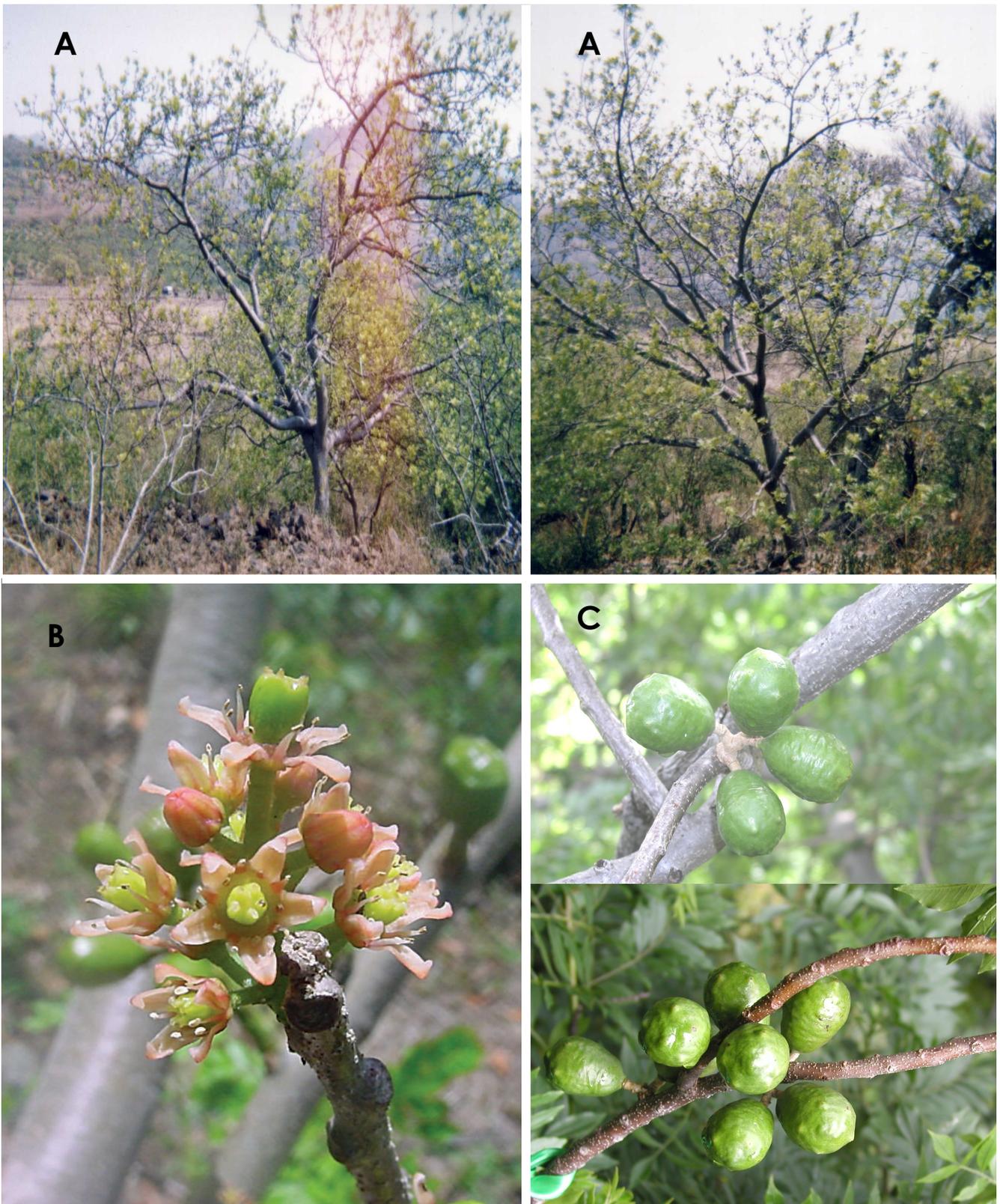


Figura 1. A) Árboles de Ciruela Mexicana. B) Apertura floral de yemas de Ciruela Mexicana. C) Frutos de Ciruela Mexicana (*Spondias purpurea* L.).



Figura 2. Frutos de Ciruela Mexicana (*Spondias purpurea* L.); pertenecientes al municipio de Jungapeo de Juárez, Edo. de Michoacán.

2.1.2. DISTRIBUCIÓN Y REQUERIMIENTOS AMBIENTALES DE LA CIRUELA MEXICANA.

La Ciruela Mexicana es nativa de los trópicos calientes secos de América Central; las poblaciones silvestres crecen en áreas subtropicales desde Sinaloa México, hasta Colombia y en alturas hasta los 2000 m.s.n.m; es una especie común de la vegetación secundaria de muchos tipos de selvas altas, medianas subcaducifolias, con una amplia distribución en toda la zona cálida-húmeda en México (Pennington y Sarukhan, 1968).

La distribución de este frutal en el país es prácticamente todo el territorio, va desde la vertiente del Golfo de Tamaulipas a Yucatán y Quintana Roo y en la vertiente del Pacífico de Sinaloa a Chiapas, formando parte del bosque tropical perennifolio y tropical subcaducifolio (Bautista, 2000). En el estado de Michoacán, destacan como productores de Ciruela Mexicana, los municipios de Aguililla, Apatzingan, Huetamo, Parácuaro, Tacámbaro, Tzitzio, Jungapeo, entre otros (Aguilar, 2007).

Es una planta rústica que crece en climas cálidos y se adapta bien a las peores condiciones de suelo; debido a que es un frutal al que se le ha dado una mínima importancia, hasta hace algunos años no existían suficientes estudios sobre sus requerimientos edáficos, nutricionales y climáticos; sin embargo Ayala (2003) evaluó condiciones edafológicas y climáticas de la Ciruela Mexicana; encontró que se desarrollan en un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, con sequía intraestival, el mes más lluvioso se encuentra en el mes de verano (régimen de lluvias en verano o verano otoño), mes más caliente antes de junio, sin presencia de nevadas y tormentas. Con respecto a las condiciones edafológicas, el mismo autor señala que prospera bien sobre suelos arenos francosos, capacidad de intercambio catiónico alta, contenido de materia orgánica moderadamente pobre y de nitrógeno extremadamente pobre, concentración de fósforo rica, pH neutro de 7.06 a 6.86, cantidades de calcio baja a medio y en magnesio cantidades medias. Esto coincide con Morton, (1987, citado por Cuandón 2001) el cual considera que puede desarrollarse sobre suelos arenosos, pedregosos, calcáreos y hasta salinos,

también presenta muy buena respuesta en suelos ricos y bien drenados, con pH ligeramente ácidos.

Este mismo autor señala que los árboles de Ciruela Mexicana se desarrollan en climas calientes húmedos o secos semiáridos y en alturas por debajo de los 2000 m.s.n.m. Además considera que la temperatura óptima de desarrollo es de 24.5 °C, aunque prospera bien en el rango de 19 a 29 °C de temperatura media anual. Puede soportar temperaturas bajas por cortos periodos y extremos de 0 a 40 °C. En lo referente a la necesidad de agua, señala que la ciruela se encuentra en lugares con una precipitación de 500 a 1600 mm y de cinco a ocho meses de estiaje. Se observa que una humedad relativa alta, estimula la etapa vegetativa, pero soporta muy bien, y hasta parece requerirlo, una temporada de ambiente seco en la fase reproductiva.

2.1.3. MANEJO DE LA CIRUELA MEXICANA

La floración se da en los árboles de ciruelo mexicano cuando estos se defolían, lo cual está asociado a la época de sequía. El lapso preciso de floración varía de un lugar a otro y depende de varios factores como la insolación, los vientos, la temperatura, la altitud, la nutrición y el riego. En el municipio de Jungapeo de Juárez la floración está comprendida entre los meses de febrero a marzo, coincidiendo perfectamente con la época de secas, por lo que se presume que la escasez de agua favorece la diferenciación floral (González, 1991). La cosecha se inicia cuando los frutos se ponen brillantes y se empiezan a colorear, se realiza manualmente y dura de 2 a 3 semanas. El periodo de maduración y cosecha de los frutos comprende los meses de septiembre y octubre para el caso del municipio de Jungapeo (Fuentes, 2001).

2.1.4. IMPORTANCIA Y USOS DE LA CIRUELA MEXICANA

La Ciruela Mexicana, es una de las frutas tropicales que en los últimos años ha incrementado su mercado paulatinamente y aunque no ha alcanzado gran importancia comercial, tiene grandes perspectivas en México. Si se considera que su fruto es de agradable sabor y la planta presenta características fisiológicas para resistir en óptimas condiciones la época de estiaje, que la permiten competir con cualquier otro cultivo en las condiciones de sequía que afectan a aproximadamente el 80% del territorio continental del país (González, 1991 y Aguilar 2007).

La Ciruela Mexicana es importante económica y culturalmente en el territorio nacional ya que juega un papel en la conservación de la agricultura, cultivo, manejo de la tierra y la estabilidad del suelo. En algunos lugares es frecuente ver a este género como cerca viva para delimitar terrenos (Niembro, 1990).

Por otro lado la comercialización de esta especie es principalmente la fruta fresca en el mercado regional, pues es muy poca aún la que se destina a los grandes mercados nacionales; aún así en los últimos años la superficie sembrada fue de 9,053 has y para el año 2004 aumentó a 12,183.5 has con una producción total de 62,600.2 toneladas, de las cuales Michoacán alcanzó un producción de 2,449 toneladas con una superficie cosechada de 260.5 has.

Dentro de los usos que le han dado son los brotes nuevos y las hojas se consumen crudas o cocinadas como verdura. Los frutos se consumen frescos, en dulces, salsas, secos, en conserva, o bien en bebidas. La madera se utiliza como leña e implementos agrícolas, componentes de muebles, acabados interiores y carpintería en general. Se recomienda en la fabricación de palillos para dientes, abatelenguas, cabos para cerillos, palos de paletas y cucharas para nieves, así como para fabricar pulpa para papel. Asimismo las hojas son consumidas fácilmente por las cabras y con los frutos se alimentan los cerdos y el ganado (Cuandón, 2001).

En el estado de Morelos, específicamente el municipio de Huautla, se ha reportado el uso de la Ciruela Mexicana como medicinal, usando la corteza para la inflamación de encías, fuegos en la boca y contra la diarrea (Maldonado, 1997).

También se ha reportado en el municipio de Nuevo Urecho, Michoacán, el uso de la ciruela para tratar el dolor de estómago y como cerco vivo para delimitar terrenos (Gómez, 2000).

2.2. EL ETILENO: LA HORMONA MADURADORA DEL FRUTO

2.2.1. ¿QUÉ ES EL ETILENO?

El etileno es una fitohormona que tiene un papel muy importante en el proceso de crecimiento y desarrollo de las plantas. A temperaturas de 22°C, el etileno es un gas y comparado con otras hormonas vegetales como las giberelinas, auxinas, citocininas y ácido abscísico, su estructura molecular es muy sencilla (es el hidrocarburo insaturado más sencillo). A pesar de ello, tiene funciones similares a otras hormonas por el hecho de que pequeñas cantidades de etileno pueden inducir intensos cambios en las actividades fisiológicas de las plantas (Devlin, 1980). La producción de etileno en los distintos tejidos vegetales es a una velocidad normalmente muy baja, pero durante determinadas etapas del crecimiento y desarrollo como emergencia de las semillas, maduración de ciertos frutos, marchitamiento de flores, senescencia y abscisión de hojas, etc., o frente a distintas condiciones ambientales adversas como por ejemplo, infección de patógenos, lesiones, deficiencia o exceso de agua o bajas temperaturas, se induce un importante incremento del etileno, que actúa como señal reguladora de las distintas respuestas fisiológicas (Azcón-Bieto, 1996).

2.2.2. SÍNTESIS DEL ETILENO

El etileno se deriva de los carbonos 3 y 4 de la metionina, un aminoácido que contiene azufre (Salisbury, 1994). La primera etapa de la síntesis del etileno consiste en la formación de la estructura activa de la metionina, **S-adenosil-metionina (SAM)** por una reacción dependiente de ATP. (Fig. 3). La enzima asociada a esta etapa es la s-adenosilmetionina sintetasa (Azcón-Bieto, 1996).

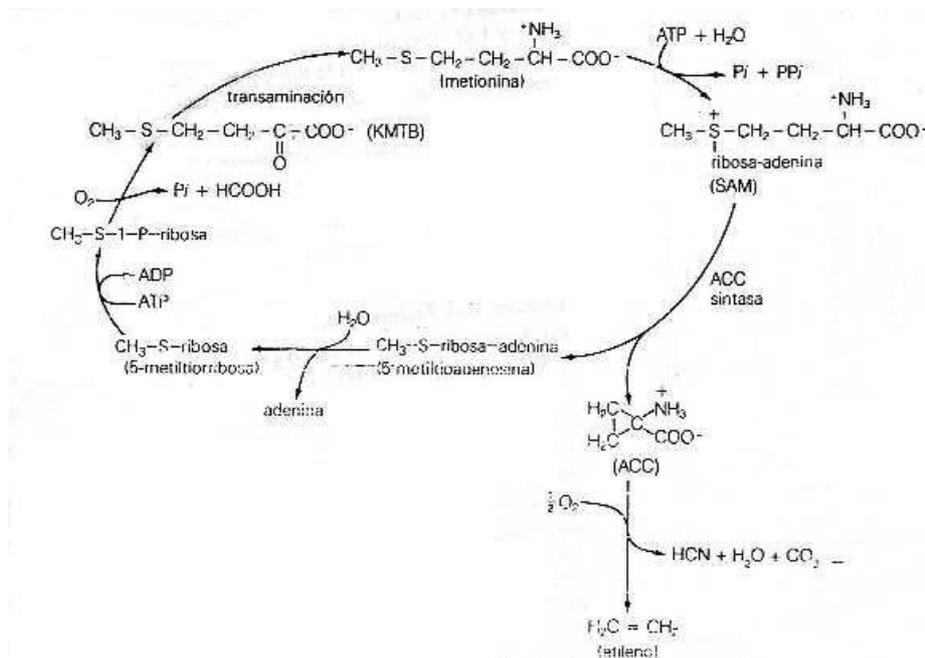


Figura 3. Biosíntesis del etileno. (Tomado de Salisbury, 1994).

La segunda etapa de la ruta, es la formación de **ácido 1 aminociclopropano carboxílico (ACC)** y constituye la primera reacción específica de la síntesis de etileno; de tal forma que se ha demostrado que en la mayoría de las situaciones el ACC es precursor biológico del etileno. Esta reacción es catalizada por la enzima ACC sintasa. Aquí se constituye la etapa limitante en la regulación de la biosíntesis del etileno. La reacción final de la ruta, es la conversión de ACC en etileno por la acción de la enzima ACC oxidasa, denominada clásicamente como "enzima formadora de etileno" (EFE), liberando al mismo tiempo CO_2 y HCN . Esta reacción es dependiente de oxígeno (Azcon-Bieto, 1996 y Salisbury, 1994). Por otro lado se ha encontrado

que a una concentración por debajo del 2% de O₂, se detiene la biosíntesis de etileno. Razón por la cual las frutas se conservan más cuando han sido puestas bajo condiciones hipóxicas (sin oxígeno), como cuando se guardan en bolsas de plástico (Raven, 1975 y Preece, 1993).

Para regular la síntesis de etileno, el ACC puede reaccionar con **malonil-CoA**, formando **malonil-ACC (MACC)**. Cabe mencionar que el etileno es capaz de modular su propia biosíntesis, tanto estimulándola como inhibiéndola. Para la primera basta con un aumento en los niveles basales de etileno, esto induce una estimulación de su propia síntesis, lo que genera un incremento en la producción de etileno. La acción del etileno estimula también la actividad de las enzimas ACC sintasa y la ACC oxidasa. Para inhibir la síntesis de etileno, este mismo promueve la actividad ACC maloniltransferasa que incrementa los niveles de MACC. (Azcón-Bieto, 1996).

2.2.3. PROCESO DE ACCIÓN DEL ETILENO

El etileno se une con una o más proteínas receptoras, estas se hayan ubicadas en las membranas. Hay evidencia que indica que los receptores podrían ser una metaloproteína que contiene Cu⁺ o Zn⁺ en su sitio activo (Nooden, *et al.* 1988). La interacción del etileno con esta metaloproteína se llevaría a cabo por una transferencia de electrones que originaría un cambio en la carga del metal. El hecho de que otros compuestos con diferente estructura química (análogos) que realizan este tipo de interacción tengan, así mismo, actividad biológica como la del etileno, aunque a mayores concentraciones, parece corroborar esta hipótesis (Sisler 1991, citado por Azcón-Bieto, 1996).

2.2.4. ANTAGONISTAS DE LA ACCIÓN DEL ETILENO

A altas concentraciones (5 a 10%), el CO₂ inhibe muchos de los efectos del etileno, quizá actuando como inhibidor competitivo de la acción del etileno. En la maduración de frutos interfiere en la capacidad del etileno en catalizar su propia formulación. Esa interferencia se debe quizá al retardo en la conversión de ACC en etileno (Cheverry *et al.* 1988, citado por Salisbury, 1994). Por lo tanto en este caso la capacidad del CO₂ de inhibir la acción del etileno provoca menor producción de este. Debido a esa inhibición con frecuencia se emplea CO₂ para evitar la sobremaduración, ya que constituye uno de los principios de las "atmósferas controladas" en el almacenamiento de los frutos (Burg y Burg, 1967 citado por Azcón- Bieto, 1996). Una atmósfera ideal para muchos frutos contiene 5 a 10% de CO₂, 1 a 3% de O₂ y nada de etileno (Salisbury, 1994).

Un inhibidor mucho más eficaz de la acción de etileno es el ión Ag⁺. Su aplicación en forma de tiosulfato de plata, retrasa la senescencia en aquellas flores cortadas, sensibles a la acción del etileno (Beger, 1976, citado por Azcón-Bieto, 1996).

2.2.5. EFECTOS FISIOLÓGICOS DEL ETILENO EN PLANTAS

Uno de los primeros efectos observados del etileno fue el de estimular la germinación y el crecimiento de brotes. Los tubérculos de papa en reposo, se ven estimulados a germinar cuando se les ha aplicado etileno, a intervalos breves; sin embargo los tratamientos largos suprimen la germinación. También se estimula el crecimiento de varios granos, bulbos, estacas de madera y raíces. Otros tratamientos hechos después de brotación o germinación, inhiben el crecimiento de los brotes y las hojas (Weaver, 1990). También Morgan (1972), menciona que algunos de los efectos del etileno son el inhibir el crecimiento, promover el crecimiento, propiciar la iniciación de raíces, promover la floración en piña, efectuar cambios sexuales en la flor; influir en la calidad del fruto, estimular el crecimiento de los frutos, modificar sabor, promover e inhibir la síntesis de pigmentos, hidrolizar productos almacenados,

promover la secreción de látex, participa en la expresión de los síntomas de plantas enfermas, promover la abscisión de hojas y flores, promover la liberación de semillas y la latencia de yemas, promover la dominancia apical y promover cambios respiratorios en frutos.

2.2.5.1. Brotación de yemas y floración.

Diversas sustancias liberan etileno, una de ellas es el ethephon (ácido 2 cloroetil-fosfónico), conocido comercialmente como Ethrel, el cual es capaz de liberar etileno y provocar diversos efectos tales como, la inducción floral.

Al respecto Wilde (1971) afirma que concentraciones de Ethrel de 250 a 2000 ppm aplicados en otoño y primavera a árboles de manzana y pera, dio como resultado la detención del crecimiento vegetativo y como consecuencia estimula la floración; los tratamientos con Ethrel que inducen la formación de yemas florales pueden provocar la brotación temprana y controlar la alternancia de producción. Este mismo autor señala que aplicaciones foliares de 1000 ppm de Ethrel pueden promover floración más temprana en mango y pistache.

De igual forma Gamalier *et al.* (2003) aplicaron ethephon al follaje de cerezos 'Brooks'. Los tratamientos correspondieron a: 4 aplicaciones, 1 vez por semana en el mes de octubre; 3 aplicaciones comenzando la segunda semana de octubre; 2 aplicaciones durante la segunda quincena; 1 aplicación la última semana de octubre y un testigo sin aplicación. Los resultados demostraron que la floración se adelantó alrededor de 7 días en el tratamiento con mayor número de aplicaciones respecto a plantas no tratadas. Así mismo Buban *et al.* (1977) utilizaron Ethrel como raleador de fruto en dosis de 100 y 150 ppm aplicadas 5 semanas después de la floración completa en árboles de manzana cv. Jonathan, dando muy buenos resultados, aumentado la floración y amarre de fruto al año siguiente. Para esta misma especie, Paiva y Robitaille (1978) encontraron que quitando las hojas, lacerando el tallo y con la aplicación de Ethrel se incrementa la brotación de yemas de manzano.

Sin embargo en un estudio más reciente, Méndez (1981) aplicó Ethrel a la salida del reposo de manzano, encontró que el Ethrel por si solo incrementa notoriamente la respiración de las yemas, pero esto no aumenta la brotación de las mismas; al respecto Lin y Powel (1981, citado por Zegbe 1994)) concluyen que el etileno no esta relacionado con el rompimiento del letargo, ya que el nivel de este no se incrementó en yemas de manzano que fueron inducidas a brotar por remoción de escamas. En otro fruto como lo es la piña García (1996) aplicó ethephón y ANA; encontró la misma respuesta que autores anteriores; una baja respuesta a la inducción de floración por ethephón; aún así el mejor tratamiento resultó 300 ppm con dos aplicaciones de ethephón.

De tal forma que el etileno no es aplicado únicamente para promover floración sino que también se utiliza para retrasar floración. Este fenómeno se ve muy marcado en frutales pertenecientes al género *Prunus* como el durazno.

Ebel *et al.* (1999), aplicó Ethrel a 200 ppm en duraznero 'Empress' en 3 años distintos, encontró que para el año 1994 se retrasó la floración por 4 días; para 1997 se retrasó 7 días y para 1995 no se encontró retraso alguno. Esta misma respuesta la encontraron Crisosto *et al.* (1990, citado por Zegbe 1994) quienes lograron un retraso de 9 a 10 días en durazno 'Red Haven Sucrest' y ciruelo europeo 'Halian' con 200 y 300 ppm de Ethrel respectivamente. Este mismo autor concluyó que la aplicación de Ethrel en otoño aumenta los niveles de ácido ascórbico y etileno, esto a la vez coincide con el retraso en el desarrollo del primordio floral en durazno. En años anteriores, Dennis (1976) observó que aplicaciones de Ethrel en otoño han retrasado la floración de durazno, esto ocurrió por el incremento en los niveles de ABA, por lo que hay un retraso significativo en la floración.

Coston *et al.* (1985) han demostrado que el Ethrel aplicado de 125 a 250 ppm retrasó la floración de duraznero entre 3 y 5 días; mientras que aplicaciones de 500 ppm resultaron perjudiciales para los árboles aplicando a fines de verano. Por su parte Blanpied (1972), reporta que acumulaciones

altas de etileno trae como consecuencia la abscisión de flores en manzana (*Malus sylvestris*) y cerezo (*Prunus avium* y *Prunus cerasus*).

Aplicando cantidades pequeñas de Ethrel también se encuentran respuestas como Zegbe (1991), quien aplicó Ethrel a 50 ppm en durazno 'Flordaking' a fines de verano y observó un incremento significativo y sostenido en la concentración de ABA en yemas florales produciendo un retraso significativo en promedio de 7 días en la floración. En contraste Tepale *et al.* (2002) emplearon Ethrel a 50 ppm en dos fechas, con el fin de retrasar la apertura floral; encontraron que no tuvo efecto estadísticamente significativo para retrasar la floración en las dos fechas aplicadas.

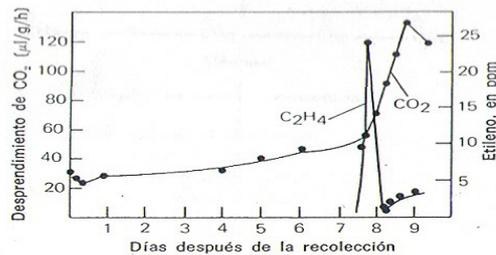
2.2.5.2. El etileno y la maduración del fruto

La maduración se define como el conjunto de cambios externos de sabor y de textura que un fruto experimenta cuando completa su crecimiento. Este proceso varía con los frutos aunque es posible agruparlos en dos grandes grupos, según su comportamiento fisiológico (Agusti, 2004).

Unos acumulan almidón durante su crecimiento y en la maduración lo hidrolizan hasta monosacáridos, como este y otros procesos ligados a la maduración exigen una gran cantidad de energía, en estos frutos la maduración se caracteriza por un aumento de la respiración y por la autocatálisis de la producción de etileno. A este primer grupo se les denomina frutos climatéricos. Otros acumulan directamente monosacáridos durante su crecimiento y por tanto, durante la maduración no experimentan incrementos significativos de su tasa respiratoria y tampoco se incrementa la producción de etileno; a estos frutos se les llama no climatéricos (Agusti, 2004).

De tal forma que al incremento en la respiración manifestado por un mayor consumo de oxígeno (O₂), se le nombra climaterio y da nombre a los frutos que lo presentan (Agusti, 2004 y Azcón-Bieto 1996).

El climaterio actúa como un mecanismo disparador que pone en marcha los cambios que transforman con rapidez el fruto de inmaduro en maduro (y comestible). Existe un aumento de casi 100 veces inmediatamente antes del climaterio o durante el mismo. En frutos no climatéricos, la producción de etileno, corre paralela al aumento de la respiración durante el climaterio, mientras que en frutos climatéricos se produce al aumentarse el climaterio y en realidad disminuye en medida que la intensidad de respiración se acerca al máximo (Fig. 4). (Devlin, 1980).



434 FISILOGIA VEGETAL

Figura 4. Relación entre la producción de etileno y la respiración durante el aumento climatérico en el plátano. (Tomado de Devlin, 1980.)

Finalmente la aplicación de etileno exógeno a frutos inmaduros provocará un climaterio prematuro y acelerará la maduración y la senescencia. En frutos maduros solo se acelera la senescencia. En frutos no climatéricos como los cítricos, promueve la degradación de clorofilas (desverdización). Por tanto todos los frutos climatéricos y no climatéricos responden a la presencia endógena o a la aplicación exógena de etileno. Se puede afirmar entonces que este gas es la hormona de la maduración de los frutos (Devlin, 1980).

2.3. LAS GIBERELINAS.

2.3.1. ¿QUÉ SON LAS GIBERELINAS?

Las giberelinas (GAs) conforman un gran grupo de fitohormonas. Se sintetizan en los pequeños frutos y semillas, en los ápices vegetativos y radicales. Se transportan por el floema y xilema, y actúan incrementando la elongación de los tallos al promover primero la división y luego la elongación celular. Inhibe floración y en algunos frutales atrasa la maduración (Sánchez, s/a).

Atendiendo exclusivamente a su estructura química, las 90 GAs caracterizadas hasta el momento, se definen como una amplia familia de diterpenos ácidos cuyo esqueleto básico está constituido por un anillo ent-giberelano (Fig. 5) (Azcón-Bieto, 1996). Todas las GAs tienen 19 o 20 átomos de carbono, agrupados en sistemas de 4 o 5 anillos, y un grupo carboxilo unido al carbono 7, y algunas poseen un carboxilo adicional unido al carbono 4, por lo que todas podrían denominarse ácidos giberélicos. Sin embargo GA₃ (Fig. 6) es la primera giberelina disponible comercialmente por lo que, históricamente se le conoce como ácido giberélico (Salisbury, 1994).

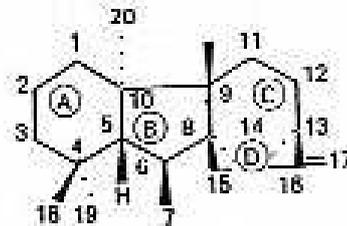


Figura 5. Anillo ent- giberelano, (Tomado de Azcón-Bieto, 1996).

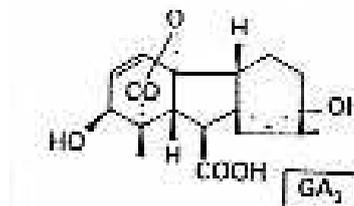


Figura 6. Estructura del ácido giberélico. (Tomado de Azcón-Bieto, 1996).

Las características físico-químicas del ácido giberélico (GA_3) son que tiene la apariencia de un sólido cristalino; su punto de fusión es de 223 a 235 °C; es soluble en agua hasta una concentración de 5 gramos por litro y es muy soluble en etanol. El pH de la solución acuosa es de 3 a 4. Es estable cuando está seco, pero inestable en solución acuosa. Es lentamente hidrolizado por el agua y rápidamente descompuesto por el calor. La vida media de las soluciones acuosas es cercana a 14 días a 20 °C (Almaguer, 1982).

2.3.2. SÍNTESIS DE LAS GIBERELINAS.

La síntesis de las GAs se ha demostrado principalmente en frutos y semillas en desarrollo, y en menor medida en las regiones ápicales de los brotes en crecimiento (Azcón-Bieto, 1996).

Los primeros pasos de la biosíntesis de giberelina comprenden la formación de tres moléculas de acetil-CoA y su condensación final para formar **ácido mevalónico** (Fig. 7). En presencia de dos moléculas de ATP y de la enzima quinasa el mevalonato es fosforilado en dos pasos para formar **ácido mevalónico-pirofosfato**. La descarboxilación de este último compuesto en presencia de ATP y de una enzima descarboxilante produce **isopentenil-pirofosfato (IPP)**, un isoprenoide de 5 átomos de carbono del que derivan todos los carotenoides y todas las giberelinas.

La isomerización del IPP para formar **dimetil-alil-pirofosfato** constituye el primer paso hacia la síntesis de terpenoides más complejos. La reacción viene catalizada por la enzima IPP-isomerasa. El dimetil-alil-pirofosfato actúa entonces como receptor de una molécula de IPP, de forma que la reacción de condensación produce un compuesto de 10 átomos de carbono, el **geraniol-pirofosfato**. Dos adiciones sucesivas de unidades de IPP al geraniol-pirofosfato conducen primero a la formación de **farnesol-pirofosfato** (C-15) y después a la del diterpeno (**geranil-geraniol-pirofosfato**) (C-20). El geranil-geraniol-pirofosfato es convertido al principio en el alcohol diterpénico copalil-pirofosfato y a continuación en **kaureno**. El kaureno puede ser fácilmente convertido en giberelina en la planta (Devlin, 1980).

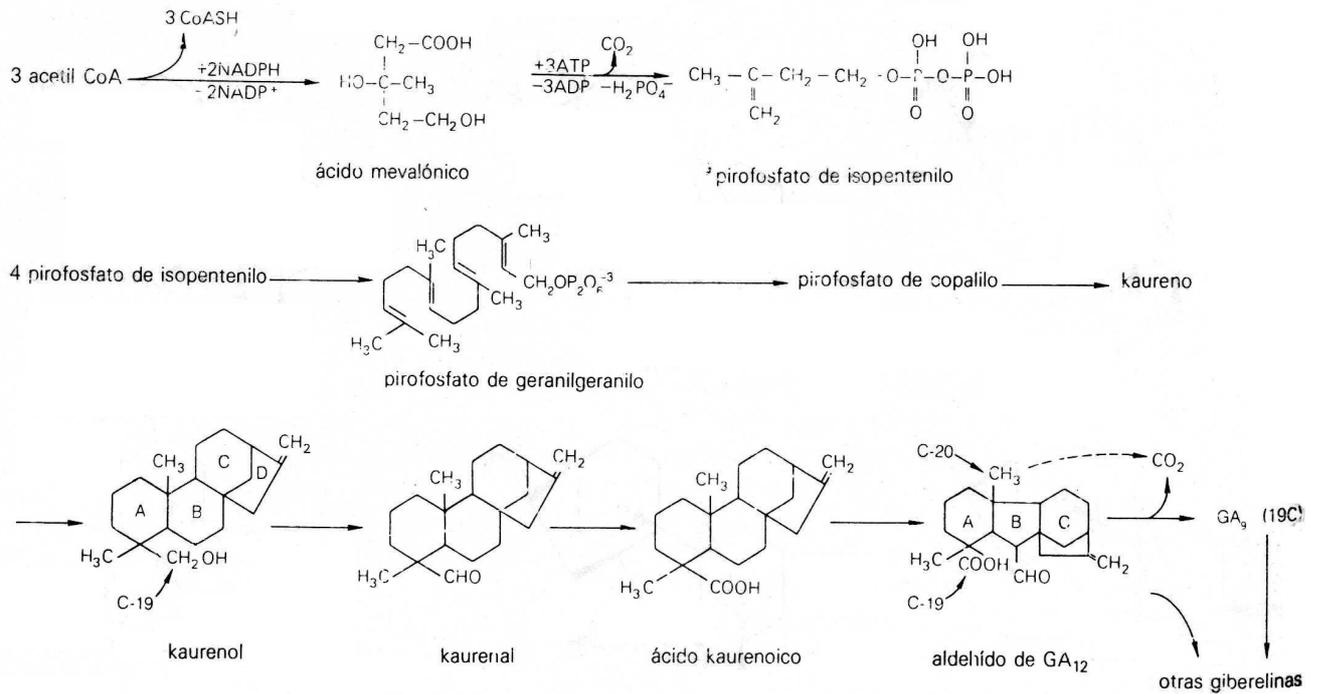


Figura 7. Biosíntesis de las Giberelinas. (Tomado de Salisbury, 1994).

2.3.3. ANTAGONISTAS DE LA ACCIÓN DE LAS GIBERELINAS.

Los compuestos antigiberelínicos, debido a su efecto enanizante sobre el crecimiento de la planta, suelen denominarse retardantes del crecimiento. El más notable de estos compuestos es el 2'-isopropenil-4' (cloruro de trimetilamonio) - 5'-metilfenil-piperidina-carboxilato (AMO-1618); el cloruro de β-cloroetil-trimetil-amonio (CCC); y el cloruro de tributil-2,4-diclorobencilfosfonio (fonfón D) (Fig. 8) (Devlin, 1980).

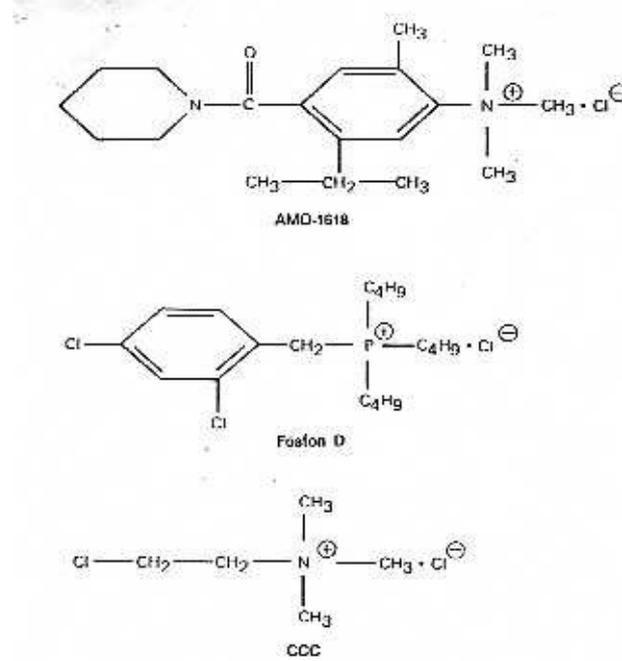


Figura 8. Estructura química de los tres retardantes de crecimiento, AMO-1618, fosfón D y CCC. (Tomado de Devlin, 1980).

Los tres retardantes bloquean la conversión del geranil-geraniol-pirofosfato, al hacerlo inhiben la síntesis de kaureno y a su vez la síntesis de giberelinas que derivan del mismo compuesto intermediario. El fosfón D tiene una acción inhibidora menos específica que el AMO y el CCC porque, al parecer, también bloquea la conversión de copalil-pirofosfato en kaureno (Fig. 9). Estos retardantes del crecimiento, inhiben la división celular subapical y desencadenan la expansión lateral del ápice (Devlin, 1980).

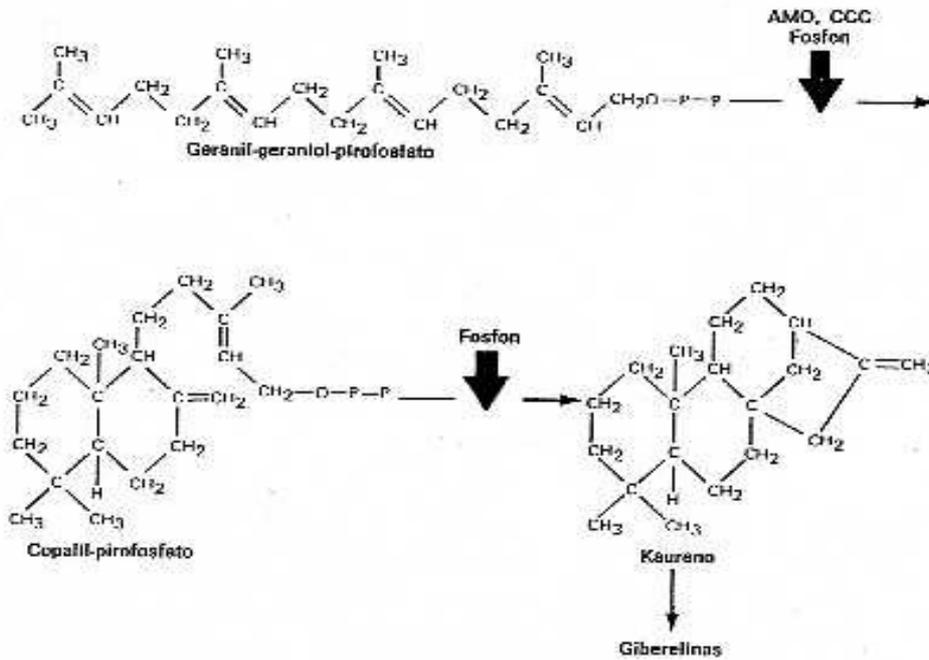


Figura 9. Puntos en donde actúa la acción inhibitoria de AMO, CCC y fosfón D. (Tomado de Devlin, 1980).

2.3.4. EFECTOS FISIOLÓGICOS DE LAS GIBERELINAS EN PLANTAS.

La aplicación exógena de giberelinas produce una amplia variedad de respuestas en plantas. La mayoría de estos estudios se han realizado con ácido giberélico, éste es un compuesto extremadamente activo, y en general unos pocos microgramos (μg) o incluso nanogramos (ng) son suficientes para inducir distintos efectos fisiológicos. Las GAs inducen elongación del tallo y floración en variedades genéticamente enanas y en las plantas de día largo. En general la aplicación de giberelinas inhibe la floración en las angiospermas leñosas y en los frutales. El cuajado y desarrollo del fruto es un proceso que puede influenciarse mediante GAs exógenas (Azcón-Bieto, 1996).

Morín (1985) señala que entre los efectos hormonales más importantes que se atribuyen a las giberelinas figuran; 1) promover el crecimiento de entrenudos en mutantes enanos; 2) romper la latencia en algunas yemas y semillas; 3) reemplazar, en algunos casos, el requerimiento de frío o de días

largos que tienen algunas plantas para florecer, y 4) estimular la formación de algunas enzimas hidrolíticas.

2.3.4.1. Brotación de yemas y floración.

Las yemas de muchos árboles y arbustos, suelen entrar en latencia hacia finales del verano o principios del otoño. Las yemas en latencia son resistentes a las bajas temperaturas y a la sequía, sin embargo la latencia con frecuencia es superada (rota) por periodos largos de frío en invierno, permitiendo el crecimiento en la primavera, cuando las condiciones son favorables. Para algunas especies, la latencia de yemas también puede ser superada por el aumento en la duración de día que se presenta hacia finales del invierno. Las giberelinas superan ambos tipos de latencia de brotes en muchas especies, actuando como sustituto de bajas temperaturas o días largos. Dicho de otra manera las GAs estimulan a las yemas de algunas especies a florecer de forma más pronta (Salisbury, 1994).

Vegis (1964), menciona que parece ser cierto que el ácido giberélico (GA_3), al igual que las condiciones de día largo, es capaz de hacer brotar yemas en endolatenencia superficial y en la salida de la latencia.

En especies del género *Prunus* diversos autores señalan que la aplicación de ácido giberélico rompe reposo, como menciona El-Wakeel *et al.* (1975) encontraron que aplicaciones de GA_3 a $400\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ incrementaron la apertura de yemas vegetativas de ciruelo y aumento el número de vástagos producidos. Los árboles tratados con GA_3 florecieron notablemente más temprano que los testigos. Al respecto Ortega (1975) explica que antes de entrar en reposo, existe un contenido alto de giberelinas y que al entrar en reposo se observa una disminución en su cantidad; se ha encontrado que la aplicación del ácido giberélico rompe el reposo de las yemas vegetativas en durazno, pero que la concentración debe ser proporcional a la intensidad del reposo. Menciona también que la aplicación de giberelinas solo tiene efecto de romper el reposo de las yemas florales cuando se aplica al final del reposo y no tendrá efecto favorable si se realiza al inicio del letargo o antes. No

obstante Erez *et al.* (1979) menciona que el GA₃ no incrementa el porcentaje de brotación en durazno, pero si lo acelera.

En otro frutal como lo es el manzano, Shaltout y Unrath (1983) observaron que aplicaciones de GA₃ resultaron sin ningún efecto eficiente sobre la brotación de manzano.

Cabe resaltar por los trabajos que se han realizado, que en frutos no climatéricos como los cítricos el resultado es distinto, en estos frutos la aplicación exógena de ácido giberélico provoca una inhibición de la floración, como es el caso del Limón 'Persa' al cual Davenport (1983) aplicó GA₃ a 0.1 mM obteniendo una inhibición muy marcada de la floración, produciendo un crecimiento morfológicamente típico. Años más tarde Molina y Contreras (1991) repitieron el experimento con el mismo frutal usaron aplicaciones de 40 ppm de GA₃, en limón 'Persa' en la región de Martínez de la Torre, Veracruz; encontraron que se inhibe floración por espacio de 18 días. Estos mismos resultados se encontraron en Lima 'Persa', Pérez y Setién (1986) afirman que hay una notable inhibición de la diferenciación floral al aplicarse ácido giberélico a 20 ppm en el pico de la floración. Con esta técnica se produjo la inhibición de la diferenciación de las yemas florales aproximadamente de 10 a 15 días. Así mismo Guardiola *et al.* (1977), mencionan que las aspersiones de GA₃ reducen la floración de naranja 'Navel' y 'Navalete' y que el grado de reducción depende del tiempo aplicación y la concentración, aunque el mayor efecto del ácido giberélico fue obtenido cuando las aplicaciones fueron hechas durante el periodo de la inducción floral. Concluyen que el principal efecto del ácido giberélico es en la inhibición del desarrollo de la yema.

2.4. LA CALIDAD DEL FRUTO

No existe posibilidad de definir objetivamente el término calidad, ya que para el consumidor un fruto de buena calidad es el resultado de un juicio meramente subjetivo. Por lo tanto la venta de frutos frescos exige que estos despierten la atracción del consumidor cuyas preferencias por un determinado tipo, se ven fuertemente condicionadas por la tradición. Sin embargo se emplean criterios o atributos de calidad que tienen influencia en la determinación del valor comercial, como lo son, el aspecto, incluyéndose aquí el tamaño el color y la forma; la condición y defectos; la textura; el aroma, en el cual se engloba el sabor y el olor; y el valor nutritivo (Wills *et al.* s/a).

En general todos estos atributos o criterios de calidad son observables cuando los frutos están en etapa de madurez.

ASPECTO

La experiencia le ha enseñado al consumidor asociar una determinada calidad con un cierto aspecto. La forma, el color, la condición (como frescura) y la presencia de defectos pueden apreciarse a simple vista.

El **tamaño** puede apreciarse objetivamente mediante la determinación de la circunferencia o el diámetro, la longitud, la anchura, el peso o el volumen.

La **forma** permite distinguir entre diversos cultivares de una misma especie. El consumidor exige con frecuencia un producto con determinada forma y rechaza los ejemplares que no la poseen.

El **color**; en numerosas frutas, la desaparición de color verde (color de fondo) acompañado de la aparición gradual de pigmentos amarillos o rojos, señalan al consumidor que frutas se encuentran maduras y por lo tanto aptas para ser consumidas.

CONDICIÓN Y DEFECTOS

La **condición** se refiere al grado de frescura o al grado de envejecimiento o madurez de un fruto.

Los **defectos** de la piel como excoriaciones, cortes, etc. perjudican al aspecto y llevan consigo un descenso del valor comercial, aunque las lesiones no supongan pérdida alguna en su calidad comestible.

TEXTURA

La **textura** hace referencia a la sensación global que un alimento despierta en la boca, y la percepción de los sonidos producidos durante la masticación, cuyo atributo importante lo constituye la intensidad con que crujen.

AROMA

El **sabor** de las frutas es generalmente una mezcla o el resultado de un determinado equilibrio de sensaciones dulces y agrias, frecuentemente con un fondo ligeramente amargo, debido a los taninos.

El **olor** es consecuencia del estímulo de los receptores olfativos por componentes orgánicos volátiles.

VALOR NUTRITIVO

El principal nutriente de las frutas es la vitamina "C" cuyo aporte en la dieta de la mayoría de los seres humanos depende exclusivamente de esta fuente.

El resultado que arrojen estos criterios de calidad proviene como se dijo anteriormente de cada consumidor y son el resultado de un juicio meramente subjetivo. No obstante es posible por medio de análisis químicos valorar el estado de madurez apropiado (Pantástico, 1979).

Durante la maduración de los frutos se produce la acumulación masiva de azúcares (glucosa y fructosa), estos azúcares reciben el nombre genérico

de Sólidos Solubles; en la práctica se determinan por refractometría y se expresan en °Brix: en contraposición, la concentración de ácidos acumulados durante el desarrollo desciende con el avance de la maduración. Ello es consecuencia de su dilución, provocada por la acumulación de agua, y de su metabolización (respiración). Los ácidos más frecuentes de los frutos son el ácido málico y el ácido cítrico. La relación entre el contenido en sólidos solubles y la concentración de ácidos libres recibe el nombre de índice de madurez, en donde los valores por debajo de 1 son considerados frutos poco dulces, por arriba de 1 son frutos dulces y los que presentan valores por arriba de 2 son frutos muy dulces (Agusti, 2004).

A medida que va alcanzando su madurez fisiológica y ganando en comestibilidad, la fruta se va ablandando por disolución de la lámina media de sus paredes celulares. Este ablandamiento puede valorarse subjetivamente obteniendo una expresión numérica de su firmeza, mediante un penetómetro o un medidor de presión.

La medición del pH depende de la concentración de iones de hidrógeno libres y la capacidad de buffer del jugo extraído. Sin embargo, el pH es una medición conveniente, fácil de realizar con un potenciómetro no costoso y es muy ampliamente usado.

2.4.1. EL ETILENO Y EL ÁCIDO GIBERÉLICO EN LA CALIDAD DEL FRUTO

Los tejidos y órganos de las plantas se desarrollan mediante procesos de crecimiento y desarrollo. El crecimiento se refleja en el tamaño del órgano, mientras que el desarrollo o diferenciación se refleja en su morfología. De esta forma se da lugar a las diferencias entre hojas, fruto, flor, raíz, entre otros órganos. Por otra parte las fitohormonas son compuestos químicos de las plantas que influyen en la relación del crecimiento y la diferenciación celular de tejidos y órganos, por lo que la aplicación de sustancias químicas provocan los mismos efectos que las hormonas vegetales es decir, cambios en las estructuras en las que fue aplicado el producto (Díaz, 2002).

Blanpied *et al.* (1975) señalan que aplicaciones de Ethrel de 75 a 150 ppm incrementan la coloración roja de los frutos de manzana 'Mc Intosh' sin estimular la maduración; no existiendo diferencias de sabor, textura y apariencia en los tratamientos después de 7 días almacenados a temperatura ambiente. Señalando que pueden utilizarse baja concentraciones de Ethrel sin tener daños en el fruto durante el almacenamiento.

Ketchie y Williams (1970) hicieron aplicaciones de 250 ppm de Ethrel, la cual redujo el tamaño del fruto en 1/6. También al defoliar manualmente y aplicando Ethrel a 250 y 500 ppm, el tamaño del fruto se redujo significativamente. En árboles 'Golden delicious' aplicaron 500 y 1000 ppm, el tamaño del fruto se redujo notablemente en los siguientes años. La abscisión de flores en 'Golden delicious' se efectúa aplicando Ethrel a 250 y 500 ppm.

Holm y Edgerton (1976) señalan que aspersiones de Ethrel en ciruelo del género *Prunus*, aumentan el desarrollo del color e incrementan el por ciento de sólidos solubles; pero producen ablandamiento o pérdida de firmeza además una fuerte abscisión de frutos.

Por otra parte la influencia de las giberelinas también es evidente en muchos estudios en donde se muestra que el tratamiento exógeno antes o durante la antesis de la flor induce el crecimiento partenocárpico del fruto. En frutos con semillas, por tanto, las GAs producidas en las mismas parecen regular el crecimiento del fruto. (Azcón-Bieto, 1996).

El ácido giberélico puede ser usado para retrasar la maduración de frutos de limón, Coggins y Hield (1968 citado por Molina y Contreras, 1991) mencionan que altas concentraciones de GA₃ aplicadas a árboles de limón 'Lisboa' en primavera causaron un significativo retraso en la maduración del fruto.

Zerecero (1974), aplicó ácido giberélico a una dosis de 50 ppm en tangerina 'Dancy' en la región de Tlapacoyan, Veracruz; con lo que consiguió un retraso efectivo de seis semanas en la maduración del fruto.

3. OBJETIVOS

Los objetivos que se pretendieron lograr para el cumplimiento del presente trabajo son los siguientes.

3.1. Objetivo general:

- Evaluar el efecto de la aplicación del ácido giberélico y el ácido 2-cloroetil fosfónico, en el desfasamiento de la producción y la calidad de Ciruela Mexicana (*Spondias purpurea* L).

3.2. Objetivos particulares:

- Aplicar ácido 2-cloroetil fosfónico y ácido giberélico en árboles de Ciruela Mexicana.
- Registrar el porcentaje de yemas brotadas y yemas florales.
- Determinar el tiempo de apertura de flor de la Ciruela Mexicana.
- Determinar el porcentaje de amarre de fruto en árboles de Ciruela Mexicana.
- Establecer el tipo de crecimiento y desarrollo del fruto.
- Determinar la calidad del fruto.

4. PROCEDIMIENTO

4.1. SITIO EXPERIMENTAL

El experimento se desarrolló en una huerta establecida en la comunidad de Las Anonas en el Municipio de Jungapeo de Juárez, al Noreste del Estado de Michoacán, México; con las siguientes coordenadas: 19° 28' 50" Latitud Norte y 100° 29' 47" Longitud Oeste; a una altitud de 1572 m.s.n.m.. (Fig. 10)

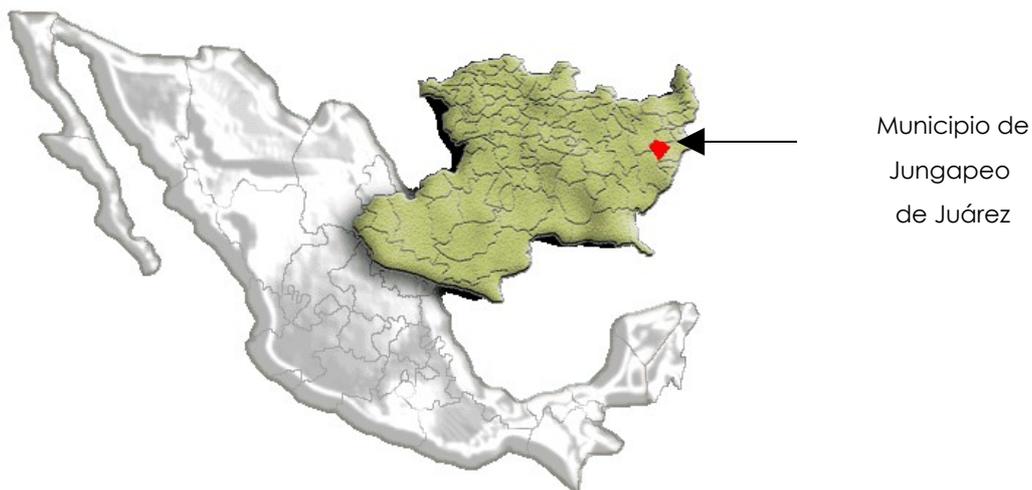


Figura 10. Ubicación del sitio experimental en la Comunidad de Las Anonas, Municipio de Jungapeo de Juárez, Edo de Michoacán, México.

4.1.1. OROGRAFÍA Y FISIOGRAFÍA

Se ubica en una cañada dentro de la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico entre las subprovincias Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo y la Depresión del Balsas.

4.1.2. GEOLOGÍA

Su suelo data del período Cenozoico, período Cuaternario, del tipo ígnea extrusiva andesita.

4.1.3. HIDROGRAFÍA

Existe en la Comunidad una gran cantidad de arroyos así como manantiales de agua termal; la principal fuente de irrigación es el Río Tuxpan, que pertenece a la cuenca del Río Cutzamala.

4.1.4. CLIMA

El clima preponderante en las partes altas de la cañada es del tipo C(w)(i')g, que corresponde al templado subhúmedo, con lluvias en verano y en las partes bajas se presenta el tipo Ac(w)(i')g semicálido subhúmedo con lluvias en verano; el intervalo de temperatura media mensual es de 16°C – 24°C y la temperatura media anual es de 21.1 °C con una precipitación media mensual de 8.8 – 269mm., y anual de 830.5mm.

4.2. MATERIAL DE INVESTIGACIÓN

Para el experimento se utilizaron 28 árboles de Ciruela Mexicana (*Spondias purpurea* L.) con una altura promedio de 4 metros y una edad establecida de 15 años; los árboles se encontraban plantados a una distancia de aproximadamente 3 metros entre cada árbol.

4.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

4.3.1. TIPO DE DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento se condujo bajo un diseño en bloques completamente al azar de seis tratamientos y un testigo, con cuatro repeticiones cada uno.

4.3.2. UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental (UE) consistió en un árbol, del cual se seleccionó al azar una rama correspondiente a los dos últimos periodos de crecimiento en cada uno de los puntos cardinales, dando un total de cuatro ramas marcadas de cada árbol, para la toma de muestras.

4.3.3. TRATAMIENTOS EVALUADOS

Los tratamientos se aplicaron en una sola ocasión a inicios del mes de febrero, cuando comenzó la brotación de yemas. Fueron los siguientes:

- I.- 0.1 mM de Activol
- II.- 0.2 mM de Activol
- III.- 0.4 mM de Activol
- IV.- 0.1 mM de Ethrel
- V.- 0.2 mM de Ethrel
- VI.- 0.4 mM de Ethrel
- VII.- testigo

4.3.4. APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Para lograr desfasar la cosecha en frutales de Ciruela Mexicana, se utilizó el producto comercial del ácido giberélico (Activol) y del ácido 2-cloroetil fosfónico (Ethephon) en su presentación comercial Ethrel.

Cada concentración se calculó en términos de ingredientes activos, las soluciones se prepararon por la mañana, el mismo día que se aplicaron.

Para la aplicación de las soluciones, se empleó una bomba manual tipo mochila, con capacidad de 15 litros; las sustancias fueron asperjadas a punto de goteo solo en las cuatro ramas marcadas de cada árbol.

Las aplicaciones se hicieron muy temprano por la mañana, para evitar que se evaporara parte de la solución aplicada, además, previniendo que no lloviera durante el resto del día.

El manejo de la plantación durante el tiempo en que se llevó a cabo el trabajo, solo se observaron principalmente deshierbes constantes.

4.4. VARIABLES DE RESPUESTA

- Porcentaje de yemas brotadas.
- Porcentaje de yemas reproductivas (o florales).
- Porcentaje de amarre de fruto.
- Curvas de crecimiento y desarrollo de fruto.
- Calidad del fruto:
 - Tamaño final del fruto.
 - Masa final del fruto.
 - Masa de las semillas.
 - Almidón.
 - Sólidos solubles totales.
 - Azúcares totales.
 - Ácido ascórbico.
 - Acidez titulable.
 - Relación °Brix/ácido.

4.5. EVALUACIÓN DE VARIABLES DE RESPUESTA

La toma de datos implicó trabajo de campo como de laboratorio; ya que los frutos en madurez fisiológica fueron trasladados al laboratorio de Morfofisiología Vegetal en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala.

4.5.1. YEMAS Y FLORES

Los porcentajes de yemas, flores y frutos fueron determinados quincenalmente, desde la aparición de los órganos respectivos hasta la etapa de maduración de frutos, momento en que concluyó la toma de datos.

El porcentaje de yemas brotadas, se calculó en relación al total de yemas existentes en cada UE; por otra parte el porcentaje de yemas reproductivas (florales) de las cuales únicamente se contabilizaron las flores abiertas o próximas a abrir, se calculó en base el número de yemas brotadas.

4.5.2. FRUTOS

El porcentaje de amarre de fruto se obtuvo en relación al total de yemas que presentaron apertura de flor y fue definido desde su aparición hasta la etapa de maduración de los mismos. Los frutos se cosecharon 8 días después de alcanzar madurez fisiológica de forma aleatoria, considerando la uniformidad en cuanto a tamaño y peso. La fruta se cosechó a mano y se almacenó a una temperatura de $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

4.5.2.1. Curvas de crecimiento y desarrollo del fruto

Se determinó el ritmo de crecimiento del fruto. Este indicador se evaluó desde el momento en que se estableció amarre de fruto, es decir, cuando se percibió la presencia de un fruto en las yemas, hasta la época de cosecha,

que se realizó tomando en cuenta que los frutos se encontraban en madurez fisiológica. Se hicieron mediciones en 12 fechas cada 15 días aproximadamente, utilizando un vernier, con una muestra de 10 frutos / árbol, mismos que se marcaron con la etiqueta correspondiente para llevar a cabo su seguimiento.

4.5.2.2. Tamaño

Con el objeto de ver un posible efecto diferencial en el tamaño de los frutos, se tomo la medida del diámetro y del largo de los frutos cuando se encontraban en madurez fisiológica, con un vernier.

4.5.2.3. Masa del fruto

Se utilizaron 40 frutos por tratamiento, cuando se encontraban en madurez fisiológica. La masa del fruto se obtuvo con una balanza vernier.

4.5.2.4. Masa de las semillas

Se obtuvo el peso promedio de semillas de 40 frutos por tratamiento, cuando estos se encontraban en madurez fisiológica; las semillas fueron limpiadas de los restos de pulpa que pudieran haberse adherido, para después obtener la masa con una balanza vernier.

4.5.2.5. Almidón

Se determinó bajo la técnica de "Cuantificación de carbohidratos por la técnica de Antrona" que reacciona con los carbohidratos dando un color azul verdoso; esta solución muestra una absorción máxima a 620 nm, según técnicas descritos por Peñalosa y González, (1981). La técnica se realizó por triplicado.

4.5.2.6. Sólidos Solubles Totales (SST)

Los SST se determinaron por la técnica refractométrica (refractómetro manual Bausch and Lomb). Se empleo de 1 a 3 gotas de 40 frutos para cada tratamiento, obteniéndose el contenido en °Brix, según técnicas utilizados por la A.O.A.C. 1992.

4.5.2.7. Azúcares totales

Se utilizó la técnica de "Cuantificación de carbohidratos con reactivo de fenol-ácido sulfúrico". La técnica se realizó por triplicado. Con este técnica se cuantifican azúcares simples, oligosacáridos, polisacáridos y sus derivados; esta técnica muestra una absorbancia máxima a 490 nm según técnicas descritos por Dubois, *et al.* (1956) y Keleti, *et al.* (1974).

4.5.2.8. Ácido ascórbico

Se empleo la técnica "Cuantificación de vitamina 'C' con reactivo de Folin-Ciocalteu en extractos animales y vegetales". Aquí el ácido ascórbico reacciona con el reactivo de folin-ciocalteu produciendo color con una absorbancia máxima a 760 nm, según técnicas descritos por Jagota, *et al.* 1982. La técnica se realizó por triplicado.

4.5.2.9. Acidez titulable (AT)

La AT se determinó por la técnica de titulación (según técnicas de la A.O.A.C. 1992). Se realizó la extracción del sumo del fruto, para obtener el estudio se tomaron 20 ml del mismo. Tras medir el pH de la muestra, se tituló con hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N. hasta alcanzar un pH= 8.1 a 8.3. Para obtener los resultados se empleo la siguiente formula:

AT= mL de NaOH gastados X Normalidad de NaOH / Peso de la muestra = miliequivalentes del ácido de mayor presencia (ácido cítrico según Sausa, 1998)/volumen de jugo o gramos de tejido vegetal fresco.

4.5.2.10. Relación ácido / °Brix (Índice de madurez)

Esta relación es un indicador bastante confiable del grado de madurez en algunos frutos, siendo también muy utilizado como índice de calidad se determinó por medio de la relación que se establece entre los sólidos solubles totales (SST) y la acidez titulable (AT). Los índices de madurez se obtuvieron de acuerdo a la ecuación:

$$\text{Índice de madurez} = \frac{\text{°Brix}}{\text{Acidez titulable}}$$

4.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados obtenidos fueron procesados en el programa Sigma Stat 5.0 con el que se realizaron análisis de varianza unifactorial y en los casos en que hubo diferencias significativas, se hizo la prueba de Tukey con un $\alpha = 0.05$.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Considerando que el etileno y el ácido giberélico modifican los órganos, estructuras, procesos fisiológicos de las plantas cuando son aplicados de forma exógena. Los resultados obtenidos en la presente investigación fueron los siguientes.

5.1. PORCENTAJE DE YEMAS BROTADAS Y YEMAS REPRODUCTIVAS

Los árboles caducifolios tienen como característica el hecho de que tiran sus hojas; para los árboles de clima frío corresponde a los meses de otoño-invierno, mientras que los frutales caducifolios del trópico seco tiran sus hojas en la época de sequía. Además como una estrategia adaptación de la especie, sus yemas entran en estado de latencia promovida por el descenso de la temperatura, la falta de agua y el acortamiento de los días, estos factores corresponden con los meses de la temporada de invierno.

Los frutales de Ciruela Mexicana son caducifolios al perder todas sus hojas en los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero; así que cuando comienza la brotación de las yemas (febrero y marzo) no se observan hojas y estas no se presentaran hasta después de que el árbol se encuentre en plena floración.

Con esta evidencia se puede deducir que las primeras yemas brotadas, todas tendrán como fin el ser reproductivas o florales, lo que significa que factores como el ambiente, nutrientes y hormonas, son agentes que han tenido influencia en la promoción de la inducción floral.

Se sabe muy poco acerca de las hormonas que provocan el cambio morfológico. No obstante en diversas especies se ha empleado el uso de etileno en forma de ethephon para inducir la brotación de la yema, aunque los efectos producidos por esta hormona son variados. Tal como se observa en el Cuadro 1, los tratamientos que contienen etileno presentan diferencias significativas. Se observa que la dosis más baja de Ethrel 0.1 mM es la que más

yemas brotadas tiene seguido de 0.2mM de Ethrel (Gráfica 1). Esto concuerda con Borroto, *et al.* (1986), quienes asperjaron ethephon a finales de enero y principios de febrero con concentraciones de $500\mu\text{L.L}^{-1}$ con lo que lograron incrementar el número de yemas brotadas en naranjo 'Valencia Late' y Limón 'Persa'. Así mismo Espinoza y Almaguer (1997) encontraron que el ethephon a $500\mu\text{L.L}^{-1}$ promueve la brotación en Limón 'Persa' 40 días después de la brotación.

Por otra parte en la gráfica 2 se observa que los tratamientos con etileno son los que presentan menor porcentaje de yemas con apertura de flor, esto puede deberse a que el etileno también provoca abscisión, por lo que obtenemos un menor porcentaje de yemas que llegan a abrir completamente. Esta respuesta es explicada por Zegbe, (1991) quien señala que la aplicación de Ethrel provoca que se incremente el ácido abscísico (ABA) y el nivel de etileno en las yemas, produciéndose baja floración. El ABA provoca la formación de la capa de abscisión que desencadena la caída de órganos y estructuras como frutos, flores, hojas, tejidos jóvenes, etcétera, como lo menciona Hulme, 1980.

De la misma manera el ácido giberélico empleado en la fruticultura para superar la latencia, también presenta diversos resultados. El efecto que más se reconoce de las giberelinas sobre las yemas es el de inhibir la formación de yemas reproductivas; este efecto se puede apreciar en la gráfica 1, en donde el porcentaje de brotación de yemas en Ciruela Mexicana es menor en los tratamientos que contienen dicha hormona, esto puede deberse a que las giberelinas inhiben la formación de yemas florales, las cuales son las primeras en brotar.

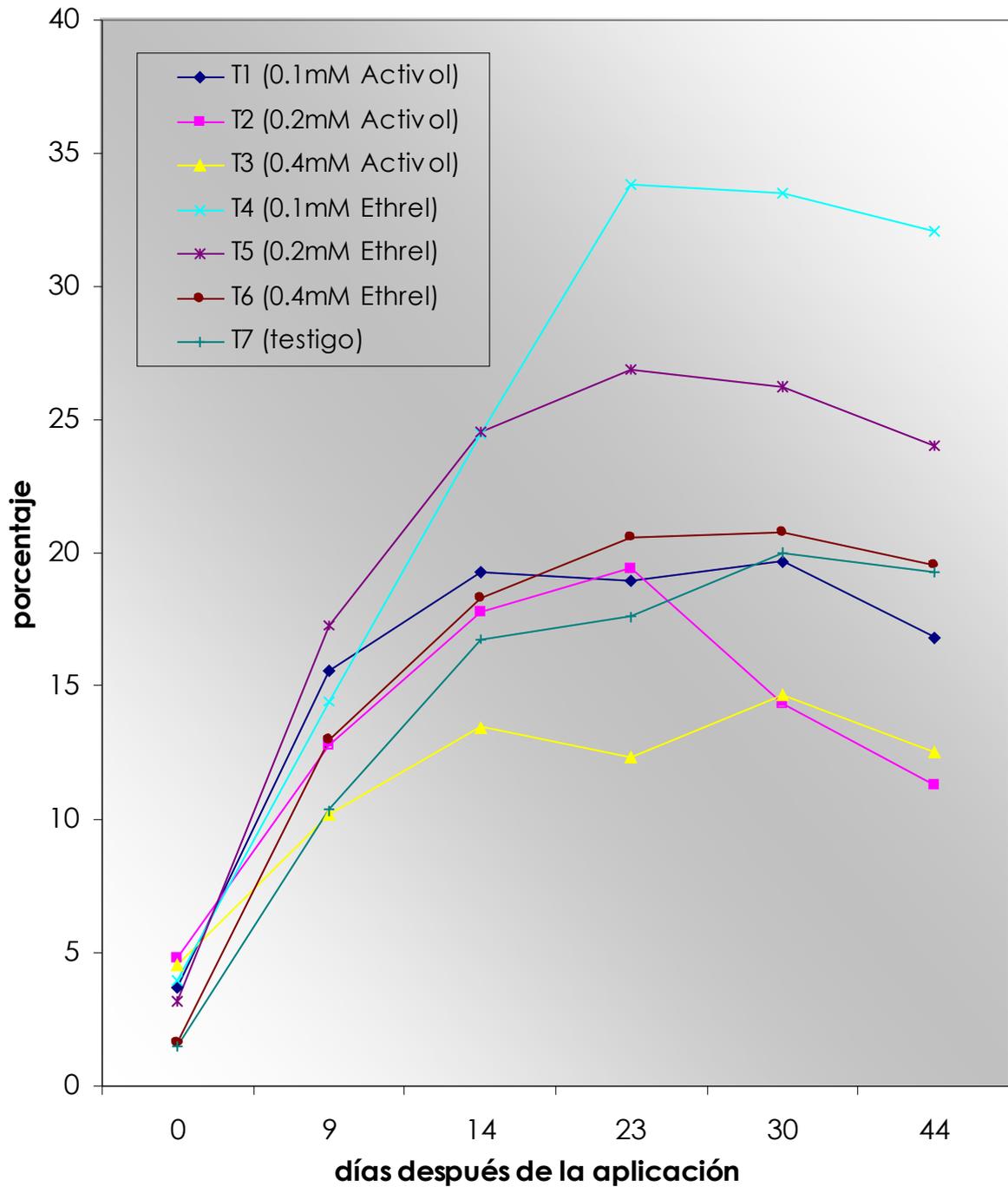
Sin embargo en la gráfica 2, se muestra el porcentaje de yemas que presentan apertura de flor, aquí se nota que los tratamientos con giberelinas son los que tienen el mayor porcentaje, siendo 0.2 mM de Activol el mejor tratamiento, seguido por 0.1 mM y 0.3 mM de Activol, aunque esta observación no tiene significancia estadística, el comportamiento puede deberse a que las giberelinas aplicadas exógenamente no provocaron

abscisión de yemas, por lo que aunque fueron pocas las yemas brotadas, estas se preservaron, con lo que el porcentaje de yemas con apertura de flor fue mayor.

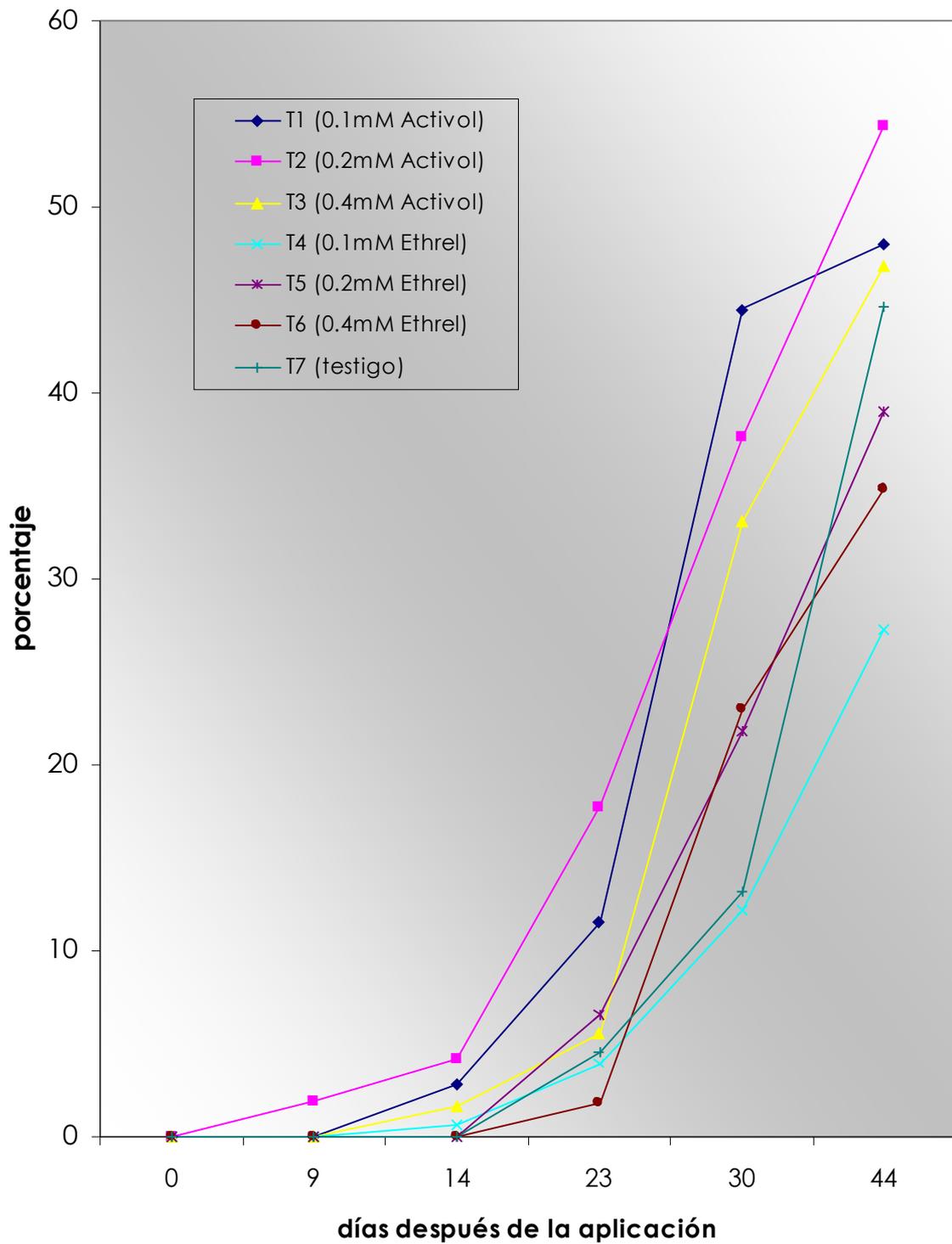
Cuadro 1. Efecto de Ethrel y Activol sobre el porcentaje de yemas brotadas y yemas florales de árboles de Ciruela Mexicana, en la comunidad de las Anonas, Jungapeo, Michoacán.

Tratamiento	% yemas brotadas	% yemas florales
T ₁ (0.1mM Activol)	16.80 b ^z	47.97 a
T ₂ (0.2mM Activol)	11.29 b	54.35 a
T ₃ (0.4mM Activol)	12.54 b	46.85 a
T ₄ (0.1mM Ethrel)	32.07 a	27.27 a
T ₅ (0.2mM Ethrel)	24.01 ab	38.99 a
T ₆ (0.4mM Ethrel)	19.55 ab	34.84 a
T ₇ (testigo)	19.31 ab	44.64 a

^z Medias con la misma letra dentro de columnas, son significativamente iguales, según prueba de Tukey $\alpha=0.05$



Gráfica 1. Porcentaje de brotación de yemas en Ciruela Mexicana por efecto de la aplicación de Ethrel y Activol en distintas dosis.



Gráfica 2. Porcentaje de yemas que presentan apertura de flor o reproductivas en Ciruela Mexicana por efecto de la aplicación de Ethrel y Activol en distintas dosis.

5.2. PORCENTAJE DE AMARRE DE FRUTO

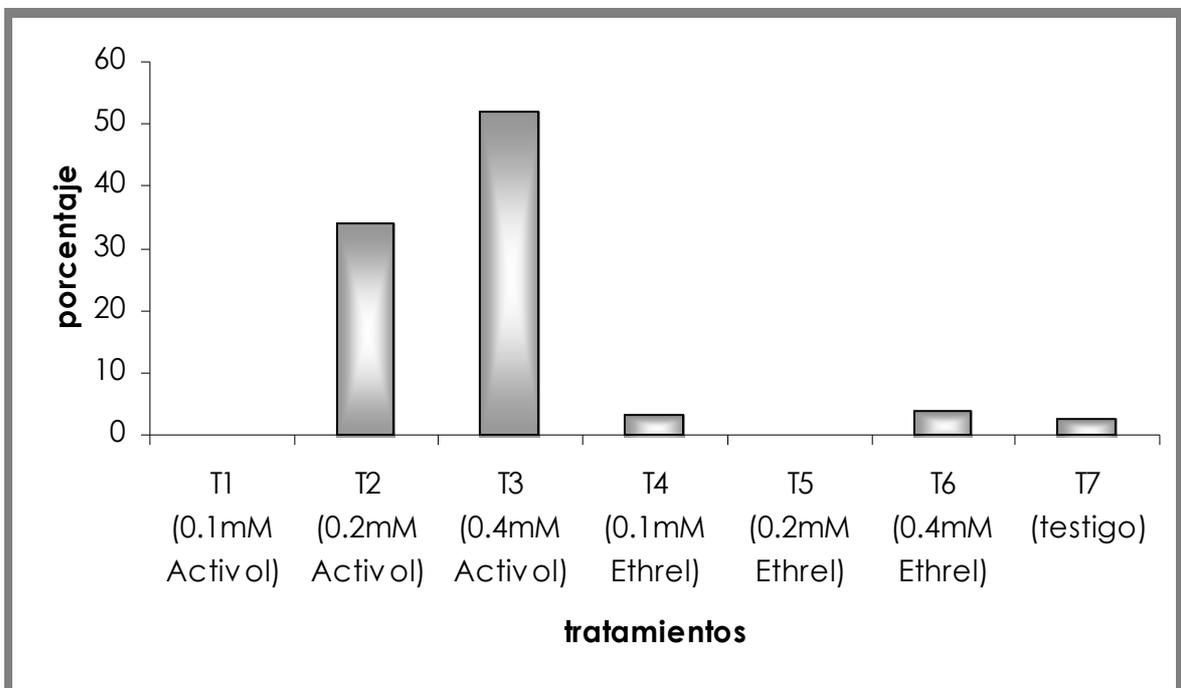
En los frutos de Ciruela Mexicana se observa en general, un bajo porcentaje de frutos amarrados con respecto al número de flores producidas. Esto se debe a que es un proceso de autorregulación en donde el árbol excede el número de flores por lo que se elimina una gran cantidad de las mismas para que haya un balance en el crecimiento vegetativo (hojas y ramas) y número de frutos. La razón por la que hay un exceso de flores producidas es porque muchas de ellas no llegan a ser polinizadas ni fertilizadas, entonces son cortadas de la línea de nutrientes para finalmente caer; la abscisión de los tejidos frutales no esta restringida únicamente a las flores sin polinizar, esto también puede ocurrir en los frutos pequeños después de la polinización ya que los nutrientes necesarios para su desarrollo, provenientes de otros órganos del árbol, llegan por el pedúnculo, cuando este no tuvo un buen desarrollo vascular, los nutrientes no llegan al fruto y este cae. Por otra parte frutos más desarrollados son capaces de inhibir el crecimiento de frutos menos desarrollados provocando su abscisión. Bajo estas circunstancias el porcentaje de frutos amarrados es bajo.

Como se observa en el cuadro 2, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las medias de los tratamientos. Es posible observar (Gráfica 3) que aquellos tratamientos que contienen giberelinas, presentan un mayor porcentaje de frutos amarrados en relación al testigo, siendo el mejor aquel que tiene la dosis más alta, 0.4 mM de Activol en donde más del 50% de las flores producidas evolucionó hasta fruto, le sigue el tratamiento 0.2 mM de Activol con un 34%, mientras que el resto de los tratamientos mostraron un comportamiento similar al testigo. Es posible observar que aquellos tratamientos que contienen etileno junto con el testigo, presentan en general un bajo porcentaje de amarre de fruto, esto también puede deberse a que en el momento de plena floración cayó una tormenta de agua y granizo, que provoco la caída de yemas y de flores y por lo tanto afectó el amarre de frutos. Sin embargo, como es sabido, el ácido giberélico induce crecimiento del pedúnculo del fruto haciéndolo más resistente a este tipo de fenómenos.

Al respecto Coggins, *et al.* (1956) indicó que el ácido giberélico puede ser efectivo para incrementar amarre de fruto en limones y limas. De la misma forma Morín (1985) afirma que la aplicación de giberelinas a flores individuales o ramas con flores ha incrementado el amarre de frutos.

El incremento en el amarre de fruto puede ser debido a que la aplicación exógena de giberelinas provoca un aumento en la concentración interna de auxinas en la formación de los frutos. Las auxinas, junto con las giberelinas regulan el desarrollo de los elementos del floema y el xilema, es decir, el sistema vascular, las hebras vasculares se alargan y nuevas son diferenciadas en el pedúnculo del nuevo fruto, esto ocurre inmediatamente después de la polinización y fertilización.

Las giberelinas junto con las auxinas endógenas ayudan a permitir que los frutos pequeños se desarrollen por la promoción de un buen sistema vascular, conectándolo al este sistema en la planta, por lo que las posibilidades de que el fruto pueda ser recolectado al final de la temporada son mayores al aplicar giberelinas.



Gráfica 3. Porcentaje de amarre de fruto en Ciruela Mexicana por efecto de la aplicación de Ethrel y Activol en distintas dosis.

Cuadro 2. Efecto de Ethrel y Activol sobre el porcentaje de amarre de fruto en los árboles de Ciruela Mexicana, en la comunidad de las Anonas, Jungapeo, Michoacán.

Tratamiento	% amarre de fruto
T ₁ (0.1mM Activol)	0.00 b ^z
T ₂ (0.2 mM Activol)	34.00 a
T ₃ (0.4 mM Activol)	51.92 a
T ₄ (0.1mM Ethrel)	3.33 b
T ₅ (0.2 mM Ethrel)	0.00 b
T ₆ (0.4 mM Ethrel)	3.70 b
T ₇ (testigo)	2.67 b

^z Medias con la misma letra dentro de columnas, son significativamente iguales, según prueba de Tukey $\alpha=0.05$

5.3. CURVAS DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL FRUTO

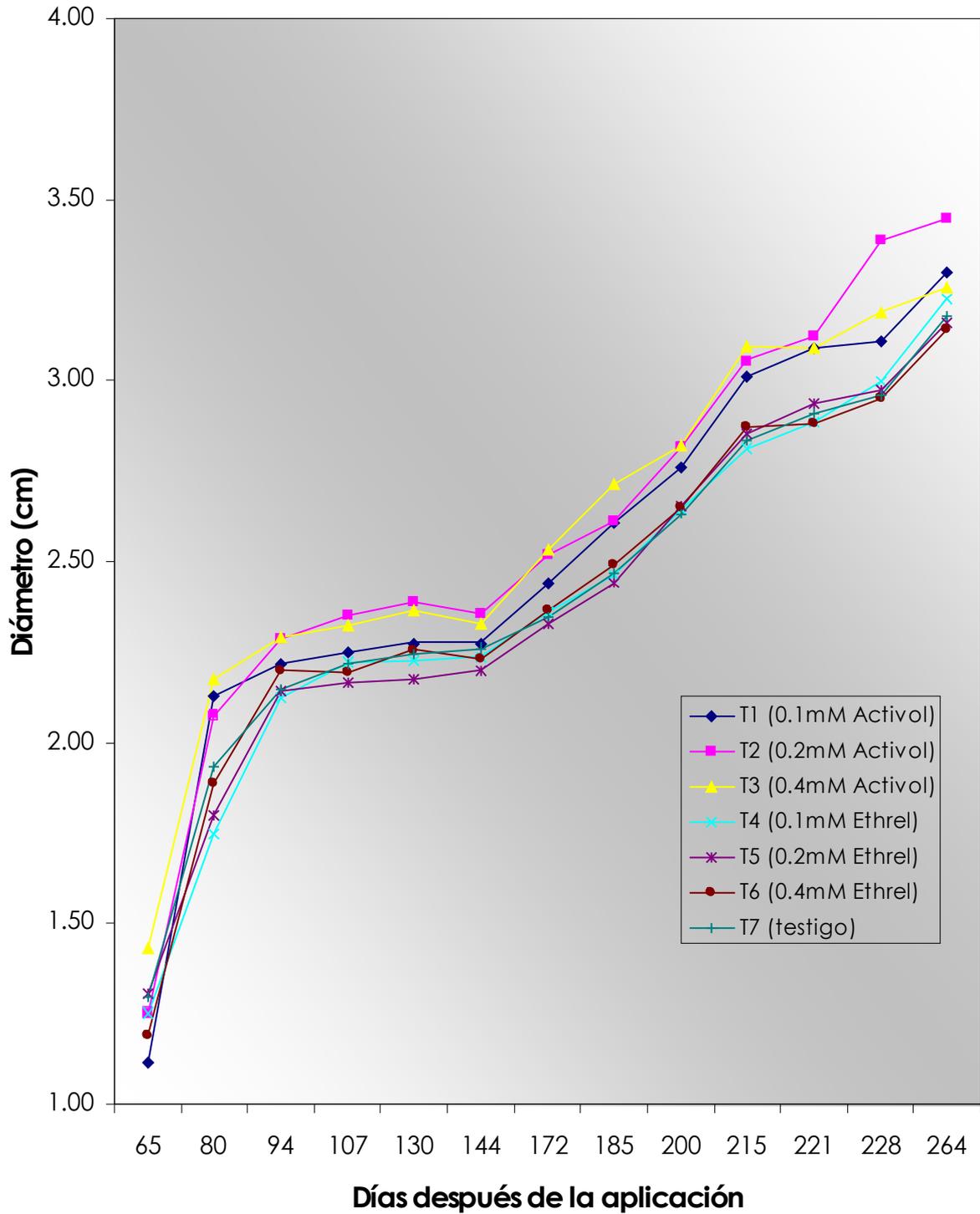
En las Gráficas 4 y 5, se muestra el crecimiento y desarrollo del fruto, considerando la longitud y diámetro de los frutos de Ciruela Mexicana; el resultado es una curva del modelo doble sigmoide, de la cual se obtienen 3 periodos, con las siguientes características.

Período I durante este periodo, se inicia un crecimiento rápido que dura aproximadamente 30 días, en el cual existe desarrollo del mesocarpo. **Período II** durante este periodo se inicia un crecimiento lento a partir de los 30 hasta los 70 días, durante el cual el crecimiento general es lento, en este periodo se observó la lignificación del endocarpo y la formación completa de los embriones. **Período III.** Este periodo dura 120 días, hay un crecimiento lento pero sostenido, usualmente hay un incremento tanto en la división y elongación celular así como en la cantidad de espacios intercelulares en el mesocarpo.

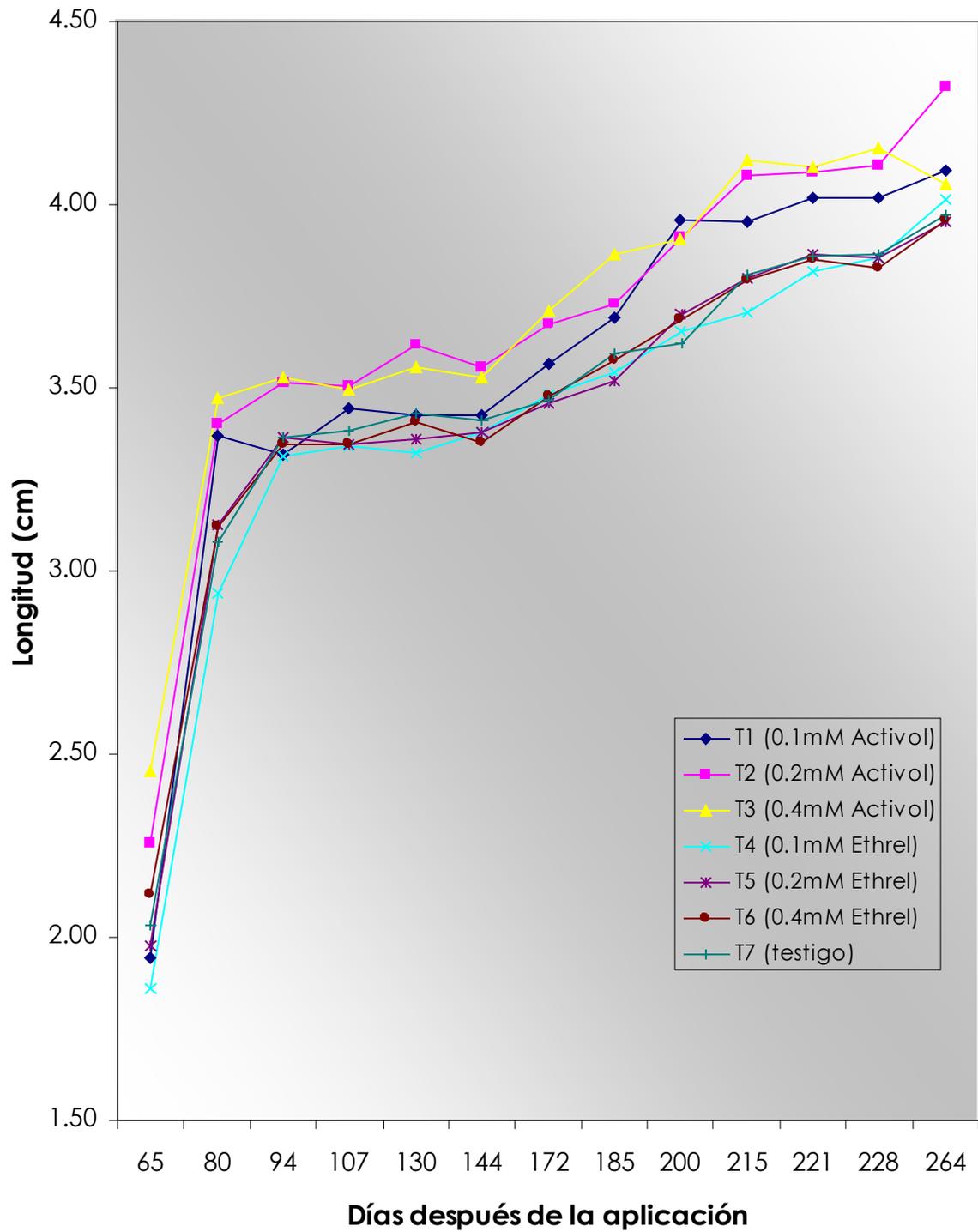
Este tipo de crecimiento y desarrollo del fruto concuerda con Hulme, (1980), quien asegura que el crecimiento de un fruto climatérico de hueso sigue una curva doble sigmoide en donde se distinguen 3 periodos o fases; una fase inicial caracterizada por la proliferación celular, seguido de un periodo en donde el crecimiento se detiene, al mismo tiempo que se lignifica el endocarpo, esta fase sin crecimiento da lugar a una curva doble sigmoide, y por último se presenta una fase final en la que el fruto cesa prácticamente en su crecimiento y madura.

Con estos datos se puede obtener los días de plena floración a madurez fisiología de frutos de Ciruela Mexicana que en este caso fue de 190 días en promedio. Sin embargo, estas curvas de crecimiento y desarrollo fueron afectados por la aplicación de los tratamientos, específicamente el tratamiento 0.4 mM de Activol que aceleró la entrada de la madurez fisiológica por alrededor de 36 días, con respecto a los demás tratamientos. Por otra parte el tratamiento 0.2 mM de Activol, muestra un crecimiento

sostenido por alrededor de 10 días, más en promedio (datos no mostrados, ver gráficas 4 y 5).



Gráfica 4. Curva de crecimiento diametral del fruto de Ciruela Mexicana (*Spondias purpurea* L.) en Jungapeo, Edo. de Michoacán. 2005.



Gráfica 5. Curva de crecimiento longitudinal del fruto de Ciruela Mexicana (*Spondias purpurea* L.) en Jungapeo, Edo. de Michoacán. 2005.

5.4. TAMAÑO DEL FRUTO

Cuadro 3. Efecto de Ethrel y Activol en la variable tamaño del fruto de Ciruela Mexicana, en la comunidad de las Anonas, Jungapeo, Michoacán.

Tratamiento	Longitud (cm)	Diámetro (cm)
T ₁ (0.1mM Activol)	4.09 b ^z	3.30 ac
T ₂ (0.2mM Activol)	4.32 a	3.44 a
T ₃ (0.4mM Activol)	4.05 b	3.25 ab
T ₄ (0.1mM Ethrel)	4.01 b	3.22 bc
T ₅ (0.2 mM Ethrel)	3.95 b	3.15 bc
T ₆ (0.4 mM Ethrel)	3.95 b	3.14b
T ₇ (testigo)	3.97 b	3.17 bc

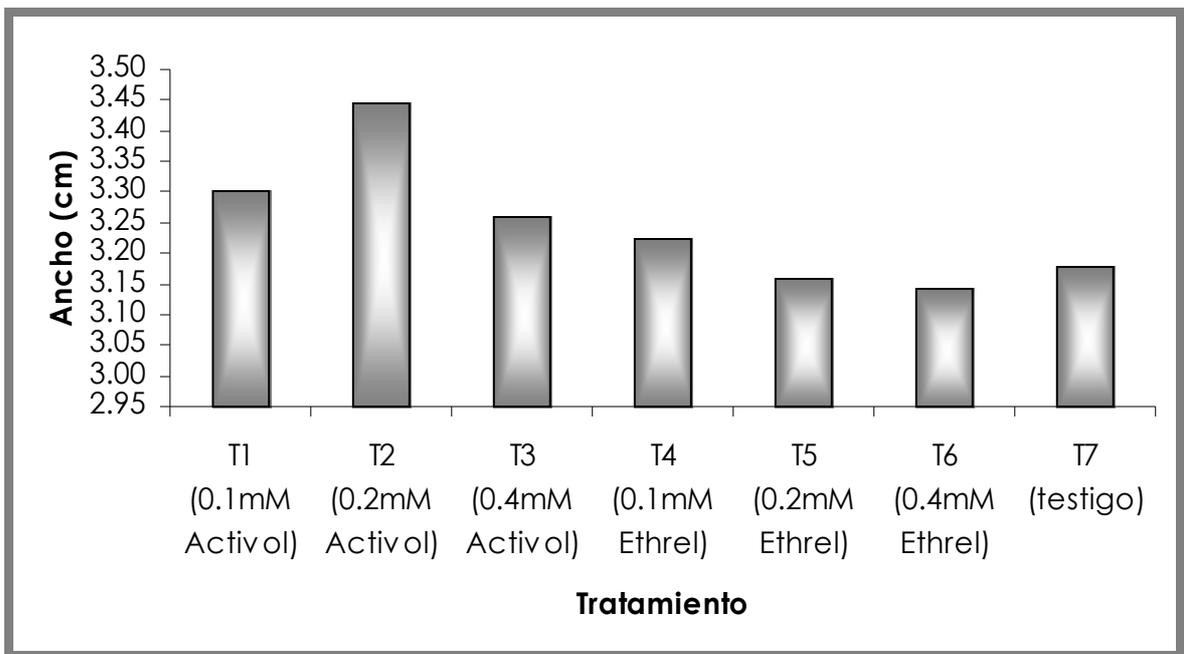
^z Medias con la misma letra dentro de columnas, son significativamente iguales, según prueba de Tukey $\alpha=0.05$

Tal como lo indican las cifras del cuadro anterior, existen diferencias significativas entre tratamientos, tanto en la variable longitud como en diámetro del fruto. A los 264 días después de la aplicación se observa en las gráficas 6 y 7 que los tratamientos que contienen giberelinas, tendieron a aumentar el diámetro y la longitud del fruto, siendo 0.2mM de Activol el tratamiento que mayor tamaño presentó, seguido de 0.1 mM de Activol y 0.4 mM de Activol. Por lo que respecta a los tratamientos de Ethrel, no se encontraron diferencias significativas con respecto al testigo y al tratamiento 0.4 mM de Activol.

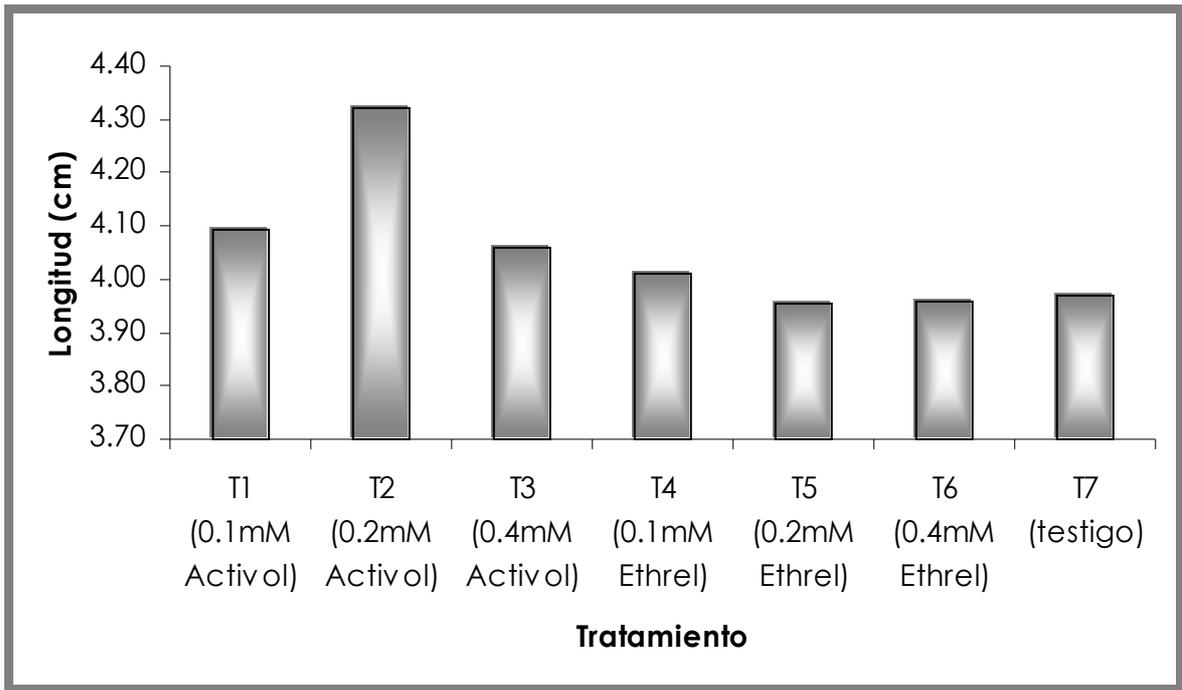
La variación del tamaño final del fruto de una misma especie proviene de las diferencias en el número de células del ovario antes de la floración (Azcon -Bieto, 1996). Lai *et al.* (1990), encontraron que las primeras flores en abrirse presentan ovarios más grandes y producen frutos de mayor tamaño. Los mecanismos que causan estas diferencias en el número de células se deben en parte a la acción hormonal. Existe un gran número de estudios que indican que las condiciones fisiológicas al inicio del crecimiento del fruto antes de que los procesos de polinización y formación del fruto ejerzan sus efectos.

En general la producción de células nuevas ocurre antes de la antesis para la mayoría de los frutos.

La aplicación exógena de giberelinas antes de la floración pudo promover la división y elongación celular y con ello incrementar el número de células en el ovario, dando por consecuencia, frutos con un tamaño significativamente mayor en comparación con aquellos frutos no tratados y con los tratados con etileno. Por otra parte, también es notable que las flores del tratamiento 0.2 mM de Activol abrieron de forma más temprana que el resto de los tratamientos (Gráfica 2) lo que concuerda con Lai, *et al.* (1990) quienes demostraron que las primeras flores en abrir serán los frutos mas grandes.



Gráfica 6. Diámetro del fruto de Ciruela Mexicana (*Spondias purpurea* L.). en Jungapeo, Edo. de Michoacán. 2005.



Gráfica 7. Longitud del fruto de Ciruela Mexicana (*Spondias purpurea* L.). en Jungapeo, Edo. de Michoacán. 2005.

5.5. MASA FINAL DEL FRUTO Y DE LA SEMILLA

Estas dos variables, masa final del fruto y masa final de la semilla presentan estrecha relación, en ambas variables se observan diferencias estadísticamente significativas.

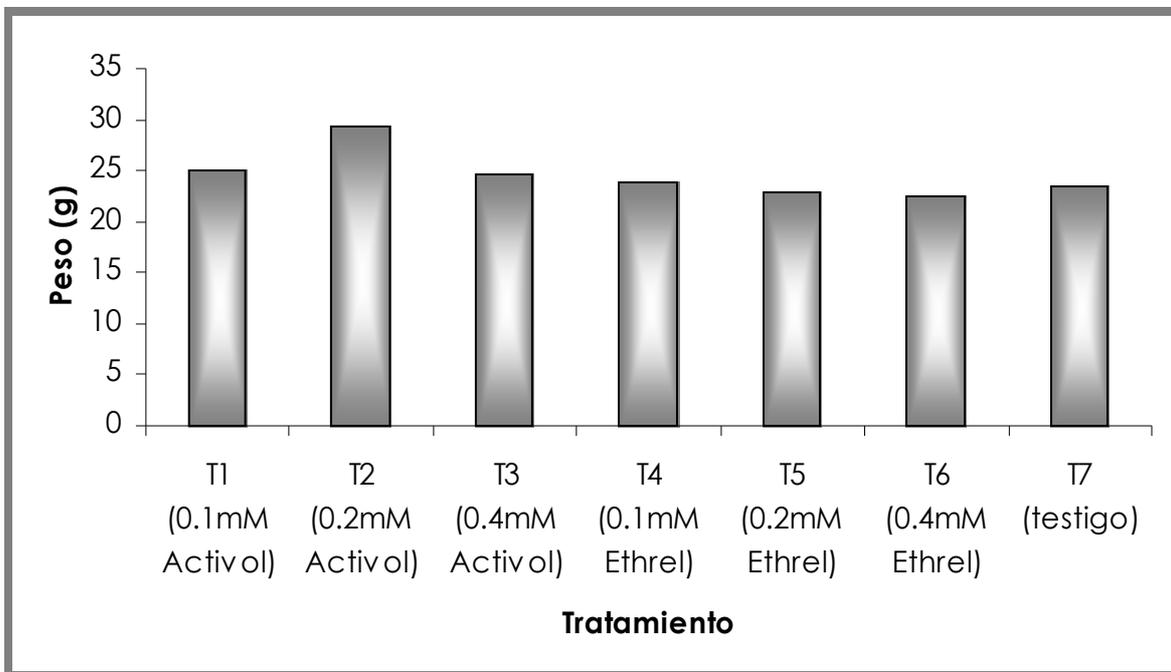
En peso final del fruto (Cuadro 4) se observa que el tratamiento que mayor peso consiguió fue 0.2 mM de Activol (Gráfica 8). Estos valores concuerdan con los resultados obtenidos en tamaño del fruto, por lo que se infiere que existe una correlación entre estas variables; por otra parte en el peso final de las semillas (Gráfica 9) el tratamiento 0.2 mM de Activol obtuvo un mayor peso, seguido por 0.4 mM y 0.1 mM de Activol.

Es bien sabido que el control del crecimiento del fruto y por lo tanto su peso final esta influenciado por las semillas, ya que sin ellas el desarrollo del fruto se detiene provocando su abscisión. Las semillas contienen una alta concentración de giberelinas, las cuales promueven división celular, como este proceso requiere de mucha energía, los fotoasimilados generados por el mismo no son suficientes, así el fruto los adquiere desde otros órganos de la planta.

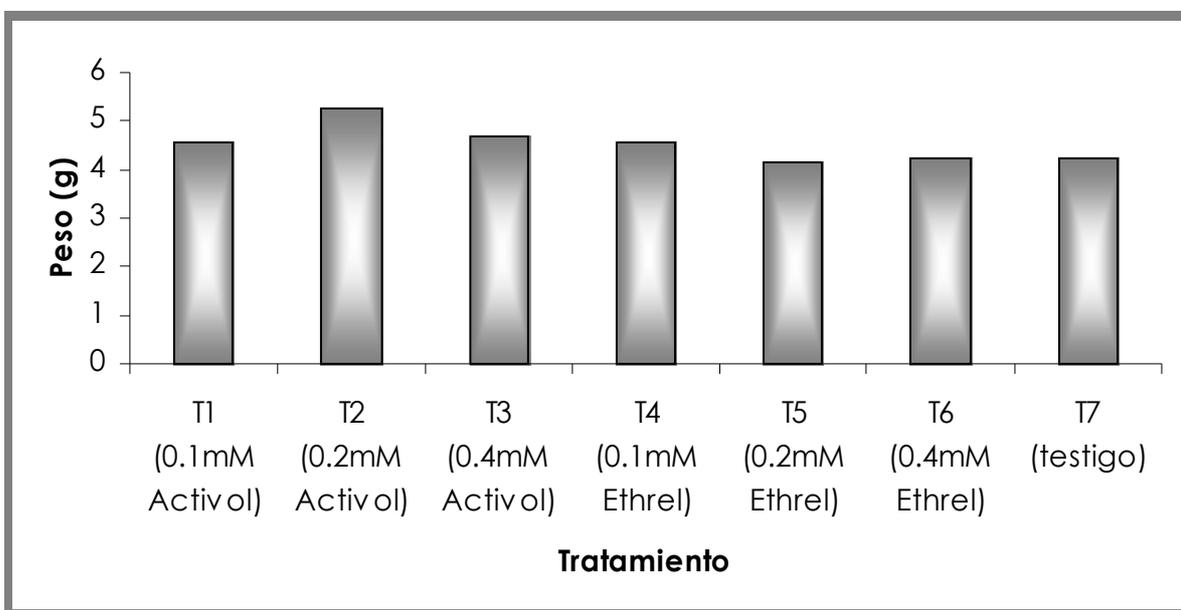
La aplicación exógena de giberelinas a ovarios provoca un incremento en la división y elongación celular con lo que se inicia una movilización de asimilados y compuestos fotosintetizados que son esenciales para el crecimiento de los frutos, estos estarán más desarrollados en tamaño y peso que aquellos a los que no se les aplicó la hormona. El desarrollo más avanzado de un fruto en un mismo árbol, provocará que los frutos sean más demandantes de nutrientes e inhibirá el crecimiento de aquellos frutos que se desarrollaron más tarde.

Es importante destacar que los frutos estudiados en este trabajo, provenientes del estado de Michoacán, presentan un mayor tamaño y peso con respecto a los frutos que mayormente se comercializan los cuales provienen del estado del Puebla. Cruz (2006), realizó una investigación con

frutos del estado de Puebla, encontró que los valores promedio de frutos de Ciruela Mexicana (*Spondias purpurea* L.) fenotipo "morada", "roja" y "china" corresponden a 17.00g, 15.57g y 15.80g respectivamente, al momento de la cosecha.



Gráfica 8. Efecto de Ethrel y Activol sobre la variable Peso final del fruto de Ciruela Mexicana.



Gráfica 9. Efecto de Ethrel y Activol sobre la variable Peso Final de Semilla de Ciruela Mexicana.

Cuadro 4. Efecto de Ethrel y Activol en el peso final del fruto y en el peso final de las semillas de Ciruela Mexicana, en la comunidad de las Anonas, Jungapeo, Michoacán.

Tratamiento	Peso fruto (g)	Peso Semilla (g)
T ₁ (0.1mM Activol)	25.01 b ^z	4.57 ab
T ₂ (0.2mM Activol)	29.37 a	5.26 a
T ₃ (0.4mM Activol)	24.70 b	4.67 ac
T ₄ (0.1mM Ethrel)	23.78 b	4.56 bc
T ₅ (0.2mM Ethrel)	22.81 b	4.15 b
T ₆ (0.4mM Ethrel)	22.52 b	4.21 bc
T ₇ (testigo)	23.39 b	4.22 bc

^z Medias con la misma letra dentro de columnas, son significativamente iguales, según prueba de Tukey $\alpha=0.05$

5.6. ALMIDÓN

El proceso de maduración varia con los frutos, la mayoría de los climatéricos como es el caso de la Ciruela Mexicana, acumulan durante su crecimiento reservas de carbohidratos en forma de almidón, el cual es hidrolizado hasta llegar a monosacáridos en la maduración, esto ocurre porque el almidón actúa como sustrato de la respiración, dando como resultado azúcares que imparten dulzura al fruto maduro.

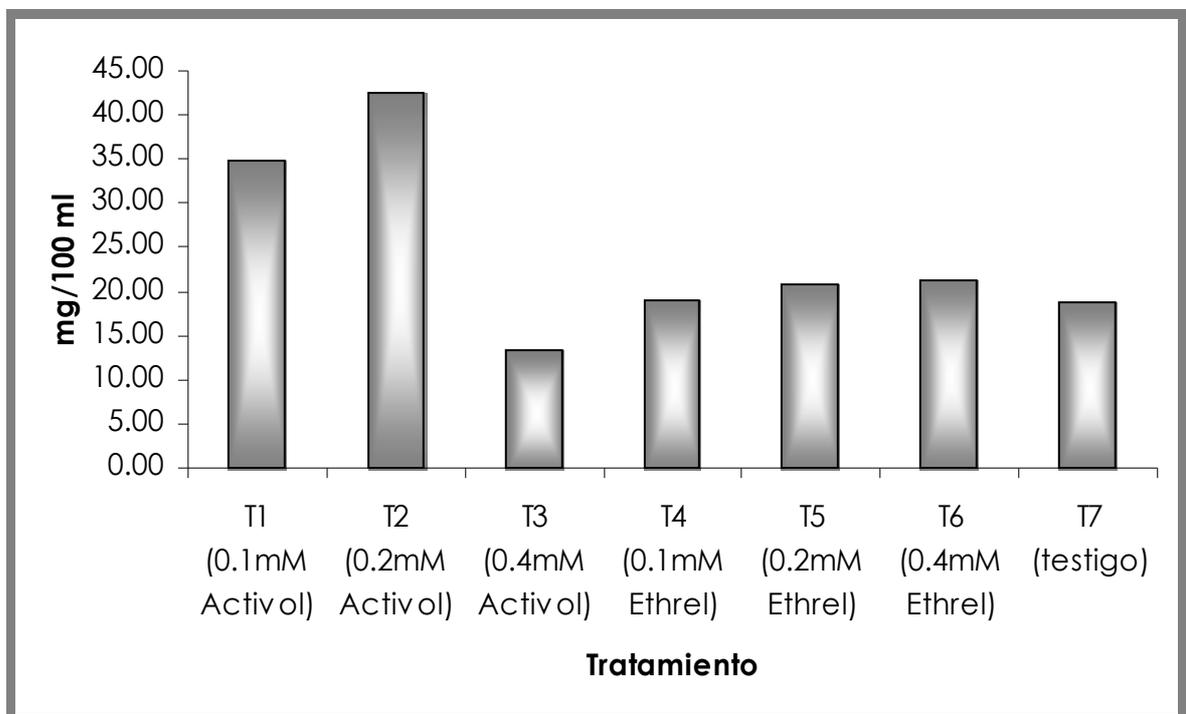
Cuadro 5. Efecto de Ethrel y Activol sobre el contenido de almidón y sólidos solubles de frutos de Ciruela Mexicana, en la comunidad de las Anonas, Jungapeo, Michoacán.

Tratamiento	Almidón (mg/100 ml)	Sólidos solubles totales (°Bx)
T ₁ (0.1mM Activol)	34.84 a	22.344 a
T ₂ (0.2mM Activol)	42.57 a	21.896 a
T ₃ (0.4mM Activol)	13.39 a	21.387 a
T ₄ (0.1mM Ethrel)	18.98 a	22.642 a
T ₅ (0.2mM Ethrel)	20.83 a	22.175 a
T ₆ (0.4mM Ethrel)	21.29 a	22.721 a
T ₇ (testigo)	18.83 a	22.583 a

^z Medias con la misma letra dentro de columnas, son significativamente iguales, según prueba de Tukey $\alpha=0.05$

En el cuadro 5 se muestran las medias de la variable almidón en donde no se hallaron diferencias significativas. Sin embargo es posible observar en la gráfica 10 que aquellos tratamientos que contienen giberelinas almacenan una concentración más alta de almidón que aquellos tratamientos que contienen etileno. Esto puede deberse a que frutos tratados con Activol como es el caso de los tratamientos 0.2 y 0.1 mM de Activol, tienen una mayor

importación de azúcares debido al buen sistema vascular que se desarrollo al aplicar giberelinas. De tal forma que la aplicación exógena de giberelinas antes de la floración promueve un buen desarrollo vascular, el cual contribuye a que halla una mayor importación de azúcares que se almacenarán en forma de almidón. Aunado a esto, la presencia de una alta concentración almidón es un buen indicador de que esto frutos tardaran más tiempo en llegar a la senescencia, el proceso de la maduración y la entrada de la senescencia de los frutos está directamente relacionada con la concentración y tipo de sustrato (Salisbury y Ross, 1994).



Gráfica 10. Efecto de Ethrel y Activol sobre la variable cuantificación Almidón del fruto de Ciruela Mexicana

5.7. SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES

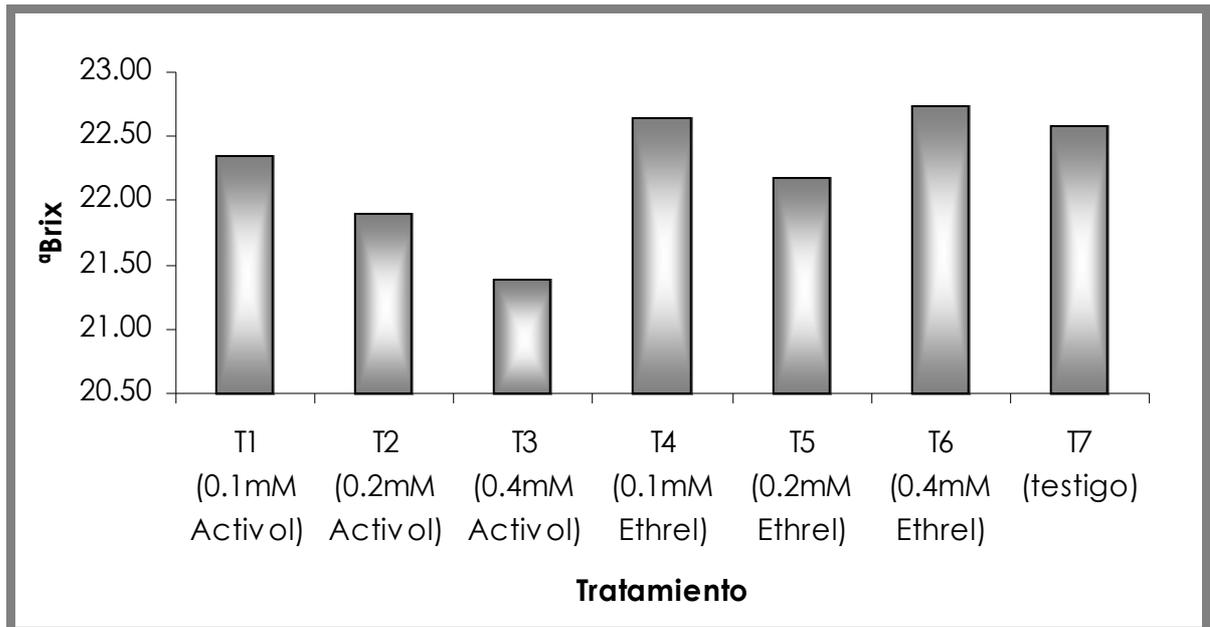
Cuando se acerca la madurez del fruto, los azúcares reductores que son glucosa y fructosa, se incrementan rápidamente debido a la degradación del almidón almacenado por lo que el fruto se vuelve más dulce. En la práctica a los azúcares reductores más ácidos orgánicos se les conoce como sólidos solubles y se expresan en °Brix.

En el cuadro 5 se muestran las medias de la variable sólidos solubles totales. En la prueba se muestran que no se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. En la Gráfica 11 se observa el promedio de °Brix, este indicador nos muestra que los tratamientos de giberelinas tienden a disminuir la concentración de los sólidos solubles conforme aumenta la concentración de esta hormona. Este suceso coincide con García (1986) quien demostró que el ácido giberélico retardo la pérdida de azúcares en mandarina 'Satsuma'. Así mismo se observa en la gráfica 10 que los tratamientos a base de Activol tienen un mayor contenido de almidón, lo que significa que los sólidos solubles no aumentaron ya que no se hidrolizó el almidón almacenado.

Por otra parte es posible relacionar la variable porcentaje de amarre de fruto con el contenido de sólidos solubles totales, ya que aquellos frutos que aparecen con un menor contenido de °Brix son aquellos tratamientos que contienen un mayor porcentaje de amarre de fruto. Esto puede deberse a que cuando hay muchos frutos en el árbol o bien en la rama, obtienen un menor suministro de nutrientes que provienen de las hojas cercanas. De la misma forma el crecimiento vegetativo, es decir, el desarrollo de hojas se inhibe cuando hay muchos frutos. Por lo tanto, si hay muchos frutos y pocas hojas el resultado es que los frutos tendrán menos azúcares que le brinden dulzura al fruto.

Es importante señalar que los valores encontrados que van de 21.387 a 22.642 en la presente investigación se encuentran por arriba de los reportados para Ciruela Mexicana, como es el caso de Pereira *et al.* (2000), el cual

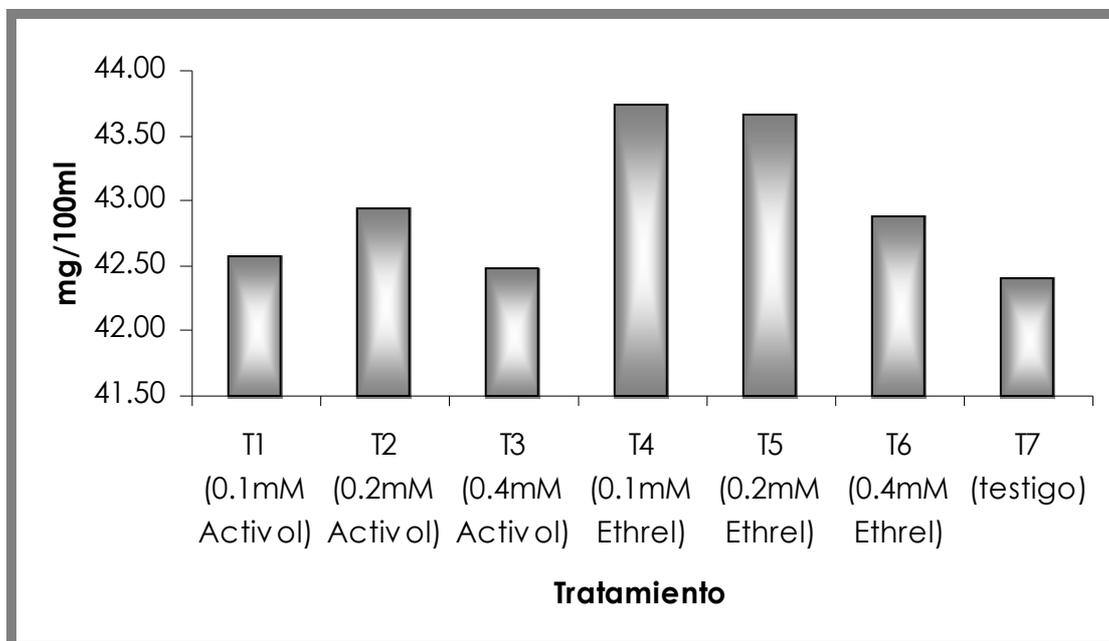
asegura que *Spondias purpurea* presenta al momento de la cosecha un contenido de 18.6 °Brix para aquellas ciruelas que se encuentran en estado de madurez rojo. De igual manera Koziol y Macia (1998) obtuvieron un contenido en SST igual a 18 °Brix. Por otra parte Cruz (2006) encontró que los SST en Ciruela Mexicana oscilan entre los valores 10.33 y 7.67, para fenotipos que se encuentran mayormente comercializados provenientes del estado de Puebla.



Gráfica 11. Efecto de Ethrel y Activol sobre la variable sólidos solubles totales del fruto de Ciruela Mexicana.

5.8. AZÚCARES TOTALES

Como se observa en la gráfica 12, aquellos tratamientos que contienen etileno presentan un mayor contenido de carbohidratos en relación a los que contienen giberelinas. Estos resultados concuerdan con la variable Sólidos Solubles Totales, y de la misma manera que esta variable, no se encontraron diferencias con significancia estadística (Cuadro 6). Los tratamientos que presentaron mayor concentración de azúcares totales son 0.1 mM y 0.2 mM de Ethrel, en comparación con 0.4 mM de Activol y el testigo.



Gráfica 12. Efecto de Ethrel y Activol sobre la variable Azúcares Totales del fruto de Ciruela Mexicana.

Cuadro 6. Efecto de Ethrel y Activol sobre el contenido de azúcares totales y ácido ascórbico en frutos de Ciruela Mexicana, en la comunidad de las Anonas, Jungapeo, Michoacán.

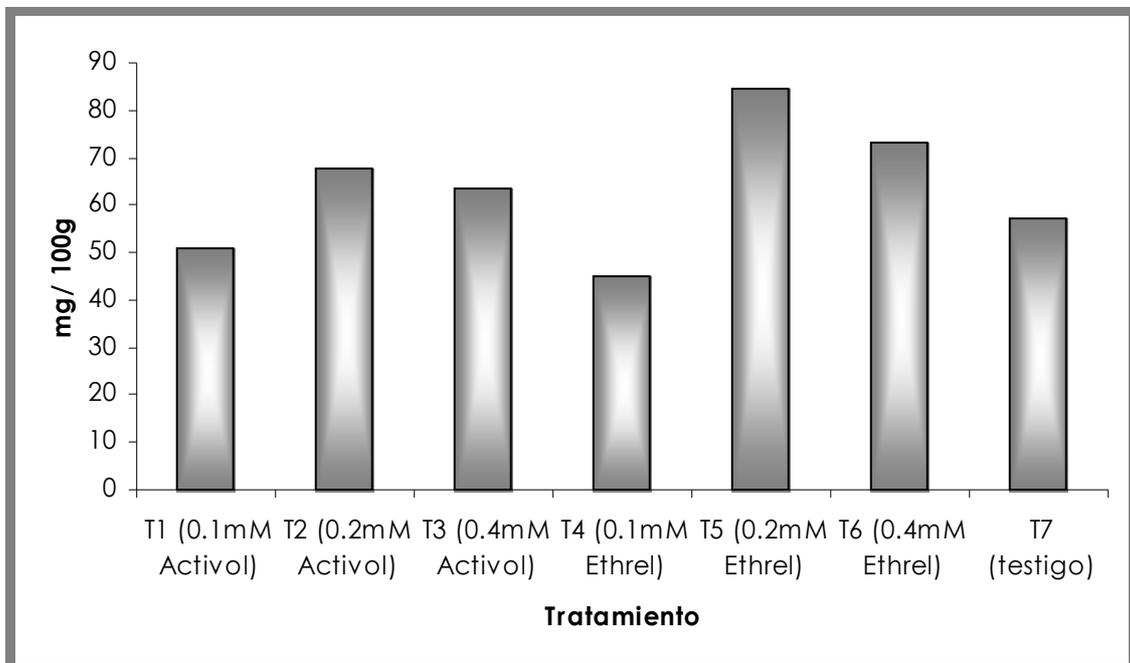
Tratamiento	Azúcares totales (mg/100 ml)	Ácido ascórbico (mg/100ml)
T ₁ (0.1mM Activol)	42.570 a	51.02 bc
T ₂ (0.2mM Activol)	42.943 a	67.69 abc
T ₃ (0.4mM Activol)	42.480 a	63.70 abc
T ₄ (0.1mM Ethrel)	43.742 a	45.18 c
T ₅ (0.2mM Ethrel)	43.671 a	84.36 a
T ₆ (0.4mM Ethrel)	42.884 a	73.38 ab
T ₇ (testigo)	42.815 a	57.07 abc

^z Medias con la misma letra dentro de columnas, son significativamente iguales, según prueba de Tukey, $\alpha=0.05$

5.9. ÁCIDO ASCÓRBICO

El contenido de ácido ascórbico, presentó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, siendo 0.2mM de Ethrel la concentración que mayor Vitamina 'C' exhibió con 84.36 mg/100ml, seguido de 0.4mM de Ethrel con 73.38 mg/100ml (Cuadro 6). Los datos obtenidos para esta variable resultaron ser divergentes, tal vez por el tiempo transcurrido en la realización de la técnica que se llevo a cabo tiempo después de la cosecha, además la pulpa fue refrigerada; esta diversidad en los resultados, concuerda con Cruz (2006), el cual evalúa la concentración de ácido ascórbico en diferentes tiempos, y observa que a medida que transcurre el tiempo, la concentración de ácido ascórbico disminuye.

La alta cantidad de ácido ascórbico en los tratamientos con Ethrel, (Gráfica 13) probablemente se debe a que no se empleó este ácido como sustrato respiratorio vía ciclo de los ácidos tricarboxílicos o a su conversión en azúcares (Burton, 1982).

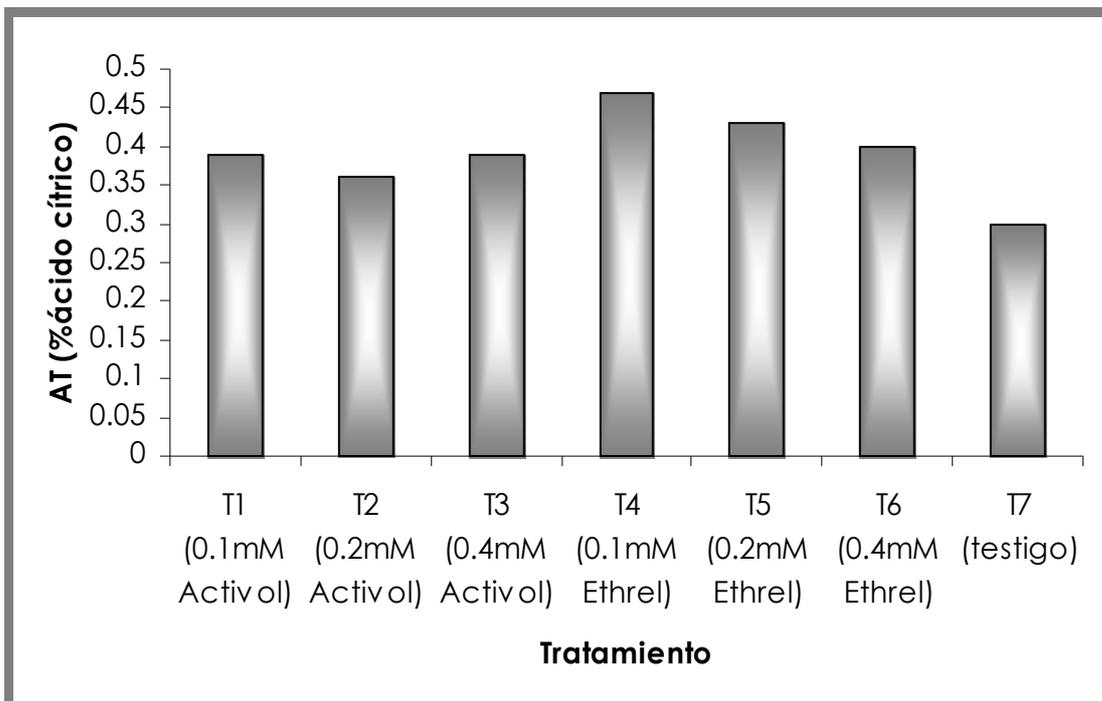


Gráfica 13. Efecto de Ethrel y Activol sobre la variable vitamina "C" del fruto de Ciruela Mexicana.

5.10. ACIDEZ TITULABLE

En los frutales climatéricos como es el caso de la Ciruela Mexicana, los niveles de ácidos orgánicos son bajos, se incrementan constantemente con el crecimiento alcanzando un máximo a la mitad de la temporada y después declina con el avance de la maduración del fruto (Agusti, 2004). Esto ocurre porque los ácidos orgánicos presentes están relacionados con el ciclo de los ácidos tricarbóxicos, por lo que se degradan en el proceso de la respiración que se acentúa en el climaterio.

Como se observa en la gráfica 14, el contenido de acidez titulable en el momento de la cosecha no fue significativamente diferente entre los tratamientos estudiados, que va de 0.30 hasta 0.47% (Cuadro 7). Estos valores coinciden con Sausa *et al.* (1998) quienes mencionan que el contenido de ácido cítrico al momento de la cosecha va de 0.51 a 0.41%.



Gráfica 14. Efecto de Ethrel y Activol sobre acidez titulable (AT) del fruto de Ciruela Mexicana

Cuadro 7. Efecto de Ethrel y Activol sobre el contenido de acidez titulable y relación ácido/°Brix en frutos de Ciruela Mexicana, en la comunidad de las Anonas, Jungapeo, Michoacán.

Tratamiento	Acidez titulable (% de ácido cítrico)	Relación ácido/°Brix
T ₁ (0.1mM Activol)	0.39 α^z	1.75
T ₂ (0.2mM Activol)	0.36 α	1.64
T ₃ (0.4mM Activol)	0.39 α	1.82
T ₄ (0.1mM Ethrel)	0.47 α	2.08
T ₅ (0.2mM Ethrel)	0.43 α	1.94
T ₆ (0.4mM Ethrel)	0.40 α	1.76
T ₇ (testigo)	0.30 α	1.33

^z Medias con la misma letra dentro de columnas, son significativamente iguales, según prueba de Tukey $\alpha=0.05$

5.11. RELACIÓN ÁCIDO / °BRIX

La relación de contenido de sólidos solubles totales (SST) y la concentración de ácidos libres (AT), recibe el nombre de índice de madurez o también considerado componente de la calidad del fruto y se utiliza como referencia de la maduración. De igual forma la interacción de azúcares reductores y ácidos orgánicos determinan las características de sabor. En general los valores que los frutos arrojaron es una disminución en acidez y un incremento en dulzura durante la maduración. Sin embargo, en base a lo anterior, se puede deducir que el tratamiento 0.1 mM de Ethrel fue el que indujo un mejor sabor y por lo tanto mayor calidad al ser clasificados como muy dulces. Como se aprecia en el cuadro 7, los demás tratamientos incluyendo al testigo tienen valores mayores a 1, por lo que se consideran frutos solamente dulces.

6. CONCLUSIONES

1. El tratamiento que indujo el mayor porcentaje de yemas brotadas fue el de 0.1 mM de Ethrel con 32.07%, y el tratamiento menos efectivo fue 0.2 mM de Activol con 11.29%. En cuanto a yemas florales no se encontraron diferencias significativas.
2. Los tratamientos que estimularon un mayor porcentaje de amarre de fruto, fueron 0.4 mM de Activol con 5.92%, y 0.1mM de Activol con 34%. Los tratamientos con 0.1 de Activol y 0.2 de Ethrel no presentaron frutos amarrados.
3. La curva de crecimiento y desarrollo que presentan los frutos de Ciruela Mexicana es de tipo doble sigmoide. El tiempo de plena floración a madurez fisiológica del fruto ocurre en 190 días aproximadamente.
4. El tratamiento 0.4 mM de Activol acelera la entrada a la madurez fisiológica del fruto por alrededor de 36 días; mientras que 0.2 mM de Activol, prolonga la entrada del fruto a madurez fisiológica por alrededor de 10 días.
5. En cuanto al tamaño del fruto, se obtuvo un mayor crecimiento a 0.2mM de Activol con 4.32cm de largo y 3.44 de diámetro, De igual forma 0.2mM de Activol produjo una masa del fruto total de 29.39g y una masa de la semilla de 5.26g.
6. El almidón, sólidos solubles totales y azúcares totales no presentaron diferencias significativas en su contenido para los diferentes tratamientos, lo que significa que las distintas dosis el Ethrel y Activol no afectaron estas variables, es decir, la calidad del fruto no se vio afectada.

7. Para ácido ascórbico, la mayor concentración se encontró en el tratamiento 0.2mM de Ethrel con 84.36mg/100ml, y la menor concentración se dio en 0.1mM de Ethrel con 45.18mg/100ml, siendo significativamente diferentes.
8. En la concentración de acidez titulable no se encontraron diferencias significativas.
9. Con respecto a la relación acidez / °Brix, se encontró que los tratamientos con 0.1 mM de Ethrel presentan frutos muy dulces con 2.08 y los tratamientos restantes produjeron frutos considerados dulces.

7. LITERATURA CITADA

- Aguilar, A. I. Maestro en Ciencias. 2007. Comunicación personal. Laboratorio de Morfofisiología Vegetal. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM.
- Agusti, M. 2004. "Fruticultura". Ed. Mundi Persa. España. P 493.
- Almaguer, V. G. 1982. "Principios de fruticultura". Ed. Mundi Prensa. Textos agronómicos. UACH. Pp 30-43, 143-148.
- Ayala, R. J. M. 2003. "Contribución al conocimiento de las condiciones edafológicas y climáticas de ilama (*Annona diversifolia* Saff), changungo (*Byrsonima crassifolia* (L) HBK), bonete (*Jacaratia mexicana* D.C.) y Ciruela Mexicana (*Spondias purpurea* L)". Tesis de Licenciatura, Biólogo. UNAM. FES Iztacala. P 54.
- Azcon-Bieto, J. y Talon M. 1996. "Fisiología y bioquímica vegetal" Interamericana Mc Graw-Hill. España. P 581.
- Bautista, R. A. 2000. "Contribución al conocimiento de las plagas que atacan a la ilama (*Annona diversifolia* Saff), nanche (*Brysonima crassifolia*(L) HBK), bonete (*Jacaratia mexicana* D.C.) y Ciruela Mexicana (*Spondias purpurea* L)". Tesis de Licenciatura, Biólogo. UNAM. ENEP Iztacala. P 68.
- Blanpied, G. D. 1972. "A study of ethylene in apple, red raspberry, and cherry". *Plant. Physiol.* 49:627-630.
- Blanpied, G. D., Forshey, C. G., Styles, W. C., Green, D. W., Lord, W. J. and Branlage, W. J. J. 1975. " Use to stimulate red color without hastening ripening of 'Mac Intosh' apple". *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 100(4): 379-381.
- Borroto, C. G., Escalona, M., Setien, P., González, J., Nieves, N. y Blanco, M. 1986. "Efecto del padobutrazol (PP-333) sobre la floración de la lima 'Persa'. *Memorias Simposio Internacional de Citricultura Tropical I.* La Habana, Cuba. 313 -332.
- Buban, T., Schmidt, S. and Katsfuss, M. 1977. "Chemical treatment for increasing apple yield". *Horticultural Abstract.* 47(8): 31.

- Burton, W. G. 1982. "post – Harvest Physiolog of Food Crops". Longman. London and New York. P 339.
- Calderón, A. E. 1985. El esfuerzo del hombre "Fruticultura general" 3ª edición. Editorial Limusa. México 763p.
- Coggins, C. W. and Lewis, N. I. 1965. "Some physical properties of the navel orange rind as related to tipening and gibberallic acid tretments". Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 86 :272 – 279.
- Coston, D. C., Krewer, G. W., Elkner, T. E., Williamson, T. G. and Sims, E. T. 1985. "Chemical treatment to delay blom in peach". J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110:874-877.
- Cruz, G. E. 2006. "Caracterización de fenotipos sobresalientes de Ciruela Mexicana (Spondias purpurea L.)". Tesis Ingeniero Agroindustrial. UACH. P 38.
- Cuandón, A. N. P., 2001. "Caracterización del género Spondias, de importancia económica en el Municipio de Tzitzio, Michoacán". Tesis de Licenciatura, Bióloga. UNAM. ENEP Iztacala. P 140.
- Davenport, T. L. 1983. "Daminozide and gibberellin effects on floral inducción of Citrus latifolia". Hort. Sci. 18(6):947-949.
- Dennis, F. G. 1976. "Effects of gibberellins and ripening upon apple fruit davelopment and flower bud formation". Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 88:14-24.
- Devlin, R. M. 1980. "Fisiología Vegetal". Ediciones Omega. Barcelona España. Pp 517.
- Días, M. D. H. 2002. "Fisiología de árboles frutales". AGT Editor S.A. México. P 390.
- Dubois, M., Pilles, K., Hamilton, J. and Roberts, P. 1956. Colomitrec method for determination of sugars and related substances. Analyt. Chim. 28:350 - 356
- Ebel, C. R., Caylor, A., Pitts, J. p. and Boozer. 1999. " Effect of Ethrel on bloom delay, harvest date, and fruit weing of 'Empress' peach". Hort. Technology. 9:65-67.

- El-Wakeel, A. T., Tawfik, M., Zaki, M. M., Abdel-Fattah, M. and Makarem, M. M. 1975. "Effect of gibberellic acid on growth and bloom of 3 plum varieties". Agric. Res. Rev. 53(3):1-5.
- Erez. A., Couvillon, G. A., Hendershott, C. H. 1979. "Quantitative chilling enhancement and negation in peach buds by high temperatures in a daily cycle". J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104:536-540.
- Espinoza, E. J. R. y Almaguer, G. 1997. "Promoción de floración fuera de época en limón 'Persa' (Citrus latifolia Ta), en Martínez de la Torre Ver. México. En resúmenes Agrícolas. No 1. UACH, PII SCI: 1997. Chapingo, Mex.
- Fuentes, F. V. R., Granda, M. M., Lemes, H. L. M. y Rodríguez, F. C. A. 2001. "Estudios fenológicos en plantas medicinales XII". Rev Cubana Plant Med. (3):87-92.
- Gamalier, L. S. y Brian, R. O. 2003. "Efectos del ethephon en el crecimiento vegetativo y la floración del cerezo en la IV región". 54 Congreso agronomico de Chile. Abstract.
- Garcia, B. J. N. 1996. "Aplicación de ethephon y ANA en laboratorio y campo, y sus efectos sobre la inducción floral y calidad del fruto de piña (Anana cumosas) Cayena lisa en la región del Bajo Papaloapan". Tesis Ingeniero Agroindustrial. UACH. P. 73.
- Garcia, L. A., Almeda, V., Monerri, C., Agustí, M. and Guardiola, L. 1986. "Inhibition of flowering in vivo by existing fruits and applied growth regulators in *Citrus unshiu*". Physiol Plant. 66 : 515 – 520.
- Gómez, M. S. 2000. "Estudio etnobotánico de la flora útil del Municipio de Nuevo Urecho Michoacán". Tesis de Licenciatura, Biólogo. UNAM. ENEP Iztacala.
- González, I. A. 1991. "El ciruelo mexicano". Tecnología agrícola sección de fruticultura. Departamento de fitotecnia. UACH.. Pp 1-22.
- Guardiola, J. L., Agustí, M. and Garcia-Mari, F. 1977, "Gibberellic acid and flower bud development in sweet orange". Proc. Int. Soc. Citriculture. (2) : 696-699.

- Holm, R. E. and Edgerton, L. J. 1976. "Enhancement of ethephon induced fruit maturity with chlorothalonil". J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101 (6) : 733-738.
- Hulme, A. C. 1980. "The biochemistry of fruits and their products" Academic Press. London and New York. New York. P 788.
- Jagota, S. and Dani, H. 1982. "A new colorimetric technique for estimation of vitamin 'C' using Folin Phenol Reagent". Anal Biochem. 127:178 – 182.
- Keleti, G. and Leaderer, W. 1974. "Handbook of Micromethods for the Biological Sciences". Van Nostrand Reinhold Company. New York. P 166.
- Ketchie, D. O. and Williams, M. W. 1970. " Effect of fall application of 2-chloroethyl phosphonic acid apple on trees". Hort. Sci. 5 (3) : 167-168.
- Koziol, M. J. and Macia, M. J. 1998. "Chemical composition, nutritional evaluation, and economic prospects of *Spondias purpurea* (Anacardiaceae)". J. Econ. Botany. 52 (4) pp 373 – 380.
- Lai, R., Woolley, D. J. and Lawes, G. S. 1990. "The effect of inter-fruit competition, type of fruiting lateral and time of anthesis on the fruit growth of kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*)". J. Hort. Sci. 65:87 – 96.
- Maldonado, A. B. 1997. "Aprovechamiento de los recursos florísticos de la sierra de Huautla, Morelos, México". Tesis profesional, Biólogo. UNAM. Facultad de Ciencias.
- Mendez, L. D. 1981. "Aplicación de etrel, citrolina y dinitro a la salida del reposo en manzano". Tesis Ingeniero Agrónomo. UACH. P 51.
- Molina, R. F. y Contreras, M. E. 1991. "Efecto del ácido giberelico en el retraso de la madurez del limón Persa (*Citrus latifolia* Tan.) en la región de Martínez de la Torre, Veracruz, México." Tesis Ingeniero Agrónomo. Especialista en Fitotecnia. UACH. P 151.
- Morgan, P. W. 1972. "Regulation of ethylene an agricultural practice". Acta Horticulturae 34: Symposium on growth regulator in fruit production: 48-51.

- Morín, L. C. H. 1985. "Cultivo de cítricos" 2a Reimpresión. Edit. IICA. San José, Costa Rica. P 598.
- Niembro, A. 1990. "Árboles y arbustos útiles de México". Ed. Limusa. México. P 170.
- Nooden, L. D. and Leopold A. C. 1988. "Senescence and Aging in Plants". Academic Press Inc. United States of America. Pp 526.
- Ortega, L. A. 1975. "Evaluación de selecciones de durazno criollo (*Prunus persica* L.) del valle de Aguascalientes". Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. P 75.
- Paiva, E. and Robataille, A. H. 1978. "Breaking bud rest on detached apple shoots: effects of wounding and ethylene". *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103 (1) : 101-104.
- Pantástico, B. E. 1979. "Fisiología de la post recolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales". Ed Continental. México. P 413.
- Pennington, D. y Sarukhan, J. 1968. "Manual para la identificación de campo de los principales árboles tropicales de México". Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Secretaría de Agricultura y Ganadería, México. Pp.413.
- Peñalosa, I. y Gonzalez, S. "Biomoléculas". Técnicas de Análisis. UNAM. Campus Iztacala. México. P 256.
- Pereira, M. E., Filgueiras, C. H. A., Alves, A. R. E., Costa, J. T. y Oliveira, A. C. 2000. "Actividad Respiratoria y producción de etileno y postcosecha de Ciruela Mexicana y jobo". *Rev. Iberoam. Tecnología Postcosecha.* Vol 2(2) : 155 160.
- Perez, S. y Setien, P. 1986. "Determinación del momento de diferenciación de yemas florales en plantas del género *Citrus*, tratadas con reguladores de crecimiento". *Memorias. I Simposium Internacional de Citricultura Tropical.* La Habana, Cuba. 1 : 321-326.

- Raven, P. H. y Curtis, H. 1975. "Biología Vegetal". Ediciones Omega S. A. Barcelona, España. Pp 176-177.
- Salisbury, F.B. y Ross, C. W. 1994. "Fisiología Vegetal". Iberoamericana. México. P 682.
- Sánchez, C. S., Rubí, A. M. y Saavedra, C. 1992. "El potencial frutícola en México". XXXV. Aniversario del Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Primera reunión internacional y segunda reunión nacional. "Frutales nativos e introducidos con demanda nacional e internacional". Fundación Salvador Sánchez Colín. CICTAMEX. S.C. Coatepec Harinas, México Pp 1-10.
- Saurí, D. E. 2001. "Frutas exóticas de la península de Yucatan. Consejo Nacional del Sistema de Educación Tecnológica (COSNET). Instituto Tecnológico de Mérida. México.
- Scorza, R., May, L. G., Purneil, B. y Upchrch, B. 1991. Diferencias in number and area of mesocarp cells between small- and lage-fruit peach cultivars". J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116 : 861 – 864.
- Secreteraria de Agricultura, Ganaderia, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Sistema Agropecuario de Consulta (SIACON), <http://www.sagarpa.gob.mx>. (Cons. Marzo del 2007).
- Shaltout, A. D. and Unrath, C. R. 1983. "Effect of some growth regulators and nutritional compounds as substitutes for chilling of 'Delicious'apple leaf and flower buds". J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108 (6) : 898-901.
- Sousa, R. P., Filgueiras, C. H. A., Alves, A. R. E., Costa, J. T. y Oliveira, A. C.1998. "Identification of the optimum Harvest Stage for Red Mombin (Spondias purpurea L.)". Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort. 42 : 319 – 324.
- Tepale, R. H. 2002. "Efecto del etrel y aceite de soya sobre la floración de durazno (Prunus persica (L) Batsch) en la comunidada de San Lorenzo Chiautzingo, Puebla". Tesis Ingeniero Agrónomo. Especialista en Fitotecnia. UACH. P 68.
- Vegis, A. 1964. "Dormancy in higher plants". Ann. Rev. Plant Physiol. 15 : 185-224.

- Weaver, R. J. 1976. "Reguladores de crecimiento de las plantas en la agricultura". Ed Trillas. México. Pp 38-39
- Wilde, R. C. 1971. "Practical applications of (2-chloroethyl) phosphonic acid in agricultura production". Hort. Sci. 6 (4) : 364-370.
- Wills, R. H. H., Lee, T. H., Mc Glasson, W. B., Hall, E. G. y Graham, D. Sin año. "Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post-recolección". Ed. Acribia S. A. Zaragoza, España. P 68.
- Zegbe, D. J. A. 1991. "Retrazo de la floración en durazno 'Flordaking' bajo un sistema intensivo de producción con aplicaciones de ethephon al follaje en otoño". Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Pp 13-18.
- Zerecero, L. O. A. 1974. "Efecto del ácido giberelico en el retraso de la maduración de la tangerina 'Dancy' en la región de Tlapacoyan, Veracruz". Tesis Ingeniero Agrónomo. UACH. P 111.