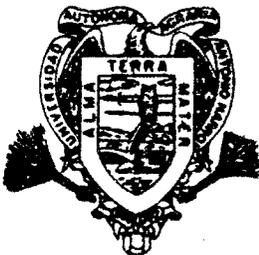


GERMINACION Y CRECIMIENTO DE PLANTULA EN CHINCUYA
Annona purpurea Moc y Sessé) Y SU RELACION CON
GIBERELINAS Y ACIDO ABSCISICO

JULIO CESAR GOMEZ CASTAÑEDA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN HORTICULTURA



Universidad Autónoma Agraria
"Antonio Narro"

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenvista. Saltillo. Coah.

OCTUBRE DE 2002



13770

BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONATO
BANCO DE TESIS
U.A.A. S.S.

**GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DE PLÁNTULA EN CHINCUYA
(*Annona purpurea* Moc y Sessé) Y SU RELACIÓN CON
GIBERELINAS Y ÁCIDO ABSCÍSICO**

JULIO CÉSAR GÓMEZ CASTAÑEDA

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS**

EN HORTICULTURA



**Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro**

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Octubre de 2002



13770

**BIBLIOTECA
EGIDIO G. REJONATO
BANCO DE TESIS
U.A.A.A.N.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DE PLÁNTULA EN CHINCUYA
(*Annona purpurea* Moc y Sessé) Y SU RELACIÓN CON
GIBERELINAS Y ÁCIDO ABSCÍSIKO

TESIS POR

JULIO CESAR GOMEZ CASTAÑEDA

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y
aprobada como requisito parcial, para optar al grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN HORTICULTURA**

COMITÉ PARTICULAR

Asesor Principal



Dr. Homero Ramírez Rodríguez

Asesor

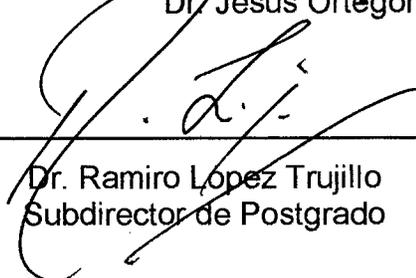


Dr. Adalberto Benavides Mendoza

Asesor



Dr. Jesús Ortégón Pérez



Dr. Ramiro López Trujillo
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Octubre de 2002

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por darme la gran oportunidad de superarme profesionalmente.

A la Universidad Autónoma de Chiapas, por la preocupación en mi superación; así como el PROMEP por la facilidades otorgadas para la realización de mis estudios de Postgrado.

Expreso mi respeto y sincero agradecimiento al DR. HOMERO RAMÍREZ RODRÍGUEZ, por la confianza que depositó en mi al fungir como asesor principal de esta investigación y por su incansable disposición al trabajo.

Al DR. ADALBERTO BENAVIDES MENDOZA por sus valiosas observaciones y sugerencias para la estructuración del trabajo.

Al DR. JESÚS ORTEGÓN PÉREZ por su disponibilidad en la culminación de este trabajo.

A la TQL. DORA ELIA GUEVARA BANDA por todos los apoyos brindados en los análisis de laboratorio.

Al LIC. VICTOR LÓPEZ por su disponibilidad en la revisión y corrección del escrito.

A CARLOS, LUCY Y HUMBERTO, compañeros de maestría y parte fundamental de nuestro equipo de trabajo.

DEDICATORIA

A mi esposa: María Elodia Martínez Ruíz y a mis hijos César Mauricio, Juan Manuel y Luis Gerardo quienes con gran esfuerzo pero con mucho amor, compartieron conmigo este tiempo tan importante para mi.

A la memoria de mis Abuelos: Guadalupe Gómez Velázquez y Juana Vázquez Santiago, por el amor que me brindaron en las etapas más difíciles de mi vida.

A mi Padre: Plácido Gómez Vázquez, ejemplo de un gran hombre.

A mis tíos: Hermilo, Serafín y Ernesto Gómez Vázquez quienes siempre han estado presente en el transcurso de mi vida.

A mis suegros: Sabel Martínez Ochoa y Lilia Ruíz Grajales donde quiera que su espíritu se encuentre siempre estarán presentes en el seno de mi familia.

A Maricela y Arturo, Margarita y Yolanda por el apoyo que siempre me han brindado.

A mis tíos: Carlos Solís Jiménez, Adelina Toledo Grajales y familia por considerarme como parte de ellos.

A la familia Grajales González por el cariño que siempre me han manifestado.

A mis sobrinos que son parte de la alegría de la familia.

A Carlos y Ernesto por su apoyo incondicional siempre.

Ing. Julio César Gómez Castañeda

COMPENDIO

Germinación y Crecimiento de Plántula en Chincuya (*Annona purpurea* Moc y Sessé) y su Relación con Giberelinas y Ácido Abscísico

POR

JULIO CÉSAR GÓMEZ CASTAÑEDA

MAESTRÍA

HORTICULTURA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. OCTUBRE DE 2002

DR. HOMERO RAMÍREZ RODRÍGUEZ – Asesor-

Palabras Clave: Fisiología, hormonas, frutal tropical.

Con el propósito de analizar algunos factores que contribuyen a la deficiencia en germinación en semillas de *Annona purpurea* se realizó la presente investigación. Semillas maduras de esta especie frutal fueron conservadas durante 5 días en inmersión de ácido giberélico a concentraciones de 0, 100, 500 y 1000 ppm y su germinación y desarrollo de plántula posteriormente evaluadas en invernadero.

El contenido de giberelinas y ácido abscísico en las estructuras anteriores fue medido con la prueba del hipocotilo de la lechuga, mientras que con la técnica de espectrometría de masas y cromatografía de gases se identificaron giberelinas endógenas.

Los resultados indican que el ácido giberélico, en cualquier concentración estudiada estimula sustancialmente la germinación. Mientras el testigo alcanzó solamente un 8 por ciento de germinación total, los niveles de AG₃ produjeron 53.33, 62 y 68 por ciento a 100, 500 y 1000 ppm respectivamente. El desarrollo de la plántula reflejó los efectos observados en la semilla al mostrar el testigo un máximo de 0.32 mm de altura en comparación con 44.44, 65.3 y 71.2 mm con 100, 500 y 1000 ppm de AG₃ respectivamente. Se encontró actividad biológica de giberelinas y ácido abscísico en las semillas analizadas, sin embargo, esta actividad fue siempre superior en las primeras aunque insuficientes para causar germinación. Se identificaron las giberelinas A₁, A₂₀ y A₅₃. Se concluye que la deficiencia en germinación de *Annona purpurea* está relacionada con bajos niveles de giberelinas en las semillas.

ABSTRACT

Germination and Seedling Development on Chincuya (*Annona purpurea* Moc y Seesé) Related to Gibberellins and Abscisic Acid

BY

JULIO CÉSAR GÓMEZ CASTAÑEDA

MAESTRÍA

HORTICULTURA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. OCTOBER DE 2002

DR. HOMERO RAMÍREZ RODRÍGUEZ – Adviser-

Keywords: Physiology, hormones, tropical fruit.

With the purpose to study the lack of seed germination in *Annona purpurea*, mature seed were immersed during 5 days in a solutions of GA₃ (0, 100, 500 and 1000 ppm). Seed germination and seedling development was evaluated under greenhouse conditions. Gibberellins and ABA in seeds were measured using the lettuce hypocotyl bioassay whereas identification of endogenous

gibberellins was conducted using the gas chromatography mass spectrometry technique.

It was found that any concentration of GA₃ promotes seed germination. Control seed showed 8 percent of total germination whilst GA₃ treatments showed 55.33, 62 and 68 percent at 100, 500 and 1000 ppm respectively. Seedling development showed the same pattern as in seeds. Control plants reached a final height of 0.32 mm in comparison with 44.44, 65.3 and 71.2 mm with 100, 500 and 1000 ppm of GA₃ respectively. More gibberellin activity than ABA was found in seeds however, not enough to provoke germination. Gibberellins A₁, A₂₀, and A₅₃ were identified.

It is concluded that the lack of seed germination in *Annona purpurea* is related to low levels of endogenous gibberellins in seed.

ÍNDICE

	PAG.
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos.....	3
Hipótesis	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Importancia de las anonáceas	4
Descripción botánica y clasificación taxonómica	5
Germinación	8
Condiciones ambientales que afectan la germinación	9
Agua.....	9
Temperatura	10
Oxígeno	11
Luz	11
Los reguladores del crecimiento.....	12
Giberelinas.....	13
Naturaleza de las giberelinas	13
Biosíntesis y metabolismo de giberelinas.....	14
Funciones de las giberelinas	15
Ácido abscísico.....	16
Naturaleza del ácido abscísico	16
Biosíntesis y metabolismo del ácido abscísico.....	17
Funciones del ácido abscísico	18
Latencia	19
ARTÍCULO	20
CONCLUSIONES	35
LITERATURA CITADA	36

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	DESCRIPCIÓN	PAG.
1	Efecto del ácido giberélico sobre la germinación de <i>Annona purpurea</i>	33
2	Tasa de crecimiento de plántulas de <i>Annona purpurea</i> generadas de semillas tratadas con ácido giberélico	33
3	Actividad giberélica en extractos de semillas de <i>Annona purpurea</i> según la prueba del hipocotilo de la lechuga.....	34
4	Niveles endógenos de giberelinas y ácido abscísico en semillas de <i>Annona purpurea</i>	34
5	Giberelinas endógenas A ₁ , A ₂₀ y A ₅₃ identificadas en semillas de <i>Annona purpurea</i> con la técnica de cromatografía de gases y espectrometría de masas.....	34

INTRODUCCIÓN

La germinación de las semillas es lo que determina el establecimiento de cultivos y propagación de especies, sin embargo, ésta puede verse afectada por diversos factores. Algunas semillas son capaces de germinar poco tiempo después de la fecundación, y mucho antes de su tiempo normal de recolección; otras presentan letargo y requieren de un período de reposo o desarrollo adicional, antes de que la germinación pueda ocurrir. Dependiendo de la especie, este periodo puede durar pocos días o extenderse a varios años.

Especies de importancia económica, tanto de regiones tropicales como templadas, han presentado problemas de germinación en mayor o menor proporción, que se asocian a la presencia de sus semillas y pudiera decirse que en semillas recién colectadas. Estos problemas pueden encontrarse prácticamente en todos los grupos o clases de plantas, sean cultivadas o nativas, en especies de pastos, cereales, leguminosas de semilla pequeña y grande, hortalizas, flores, árboles y malezas.

La Chincuya (*Annona purpurea* Moc & Sessé) es una especie que se encuentra en los estados de Chiapas, Oaxaca, Tabasco, Veracruz y Campeche; sin embargo, en la zona centro de Chiapas solo se cultiva en huertos familiares,

los cuales carecen de manejo; sin embargo, su fruto forma parte del complemento alimenticio y apoya a la economía familiar, ya que la época de su maduración y recolección coincide con la menor actividad de los agricultores en las parcelas de maíz, base fundamental de la economía de la zona.

El problema esencial al cual se enfrenta la propagación de esta especie, es la escasa germinación de las semillas recién cosechadas, ya que presenta problemas de latencia. Aunque estén aparentemente maduras y las condiciones ambientales sean óptimas, solo germina hasta haber recibido un estímulo externo específico o haber transcurrido un tiempo determinado. Esta deficiencia puede atribuirse a condiciones fisiológicas adversas reflejadas en una testa dura o desniveles endógenos hormonales o de orden morfológico.

Diversos son los factores que intervienen en esta adversidad. Los reguladores del crecimiento son sustancias que ocurren en forma natural en las plantas, que pueden estimular o inhibir el crecimiento o regular algún programa de desarrollo (Arteca, 1998). Las giberelinas son sustancias reguladoras del crecimiento con implicaciones más directas en el control y promoción de la germinación. El ácido abscísico, sin embargo, ha sido señalado como un inhibidor de la germinación de la semilla, que actúa como un antagonista natural de giberelinas (Fosket, 1994).

La presente investigación se planteó bajo los siguientes objetivos e hipótesis:

Objetivos

Evaluar el comportamiento de la germinación con tratamientos de ácido giberélico.

Analizar la concentración de giberelinas y ácido abscísico, durante el proceso de germinación, en semillas de *Annona purpurea*.

Identificar cualitativamente las giberelinas en las semillas de *Annona purpurea*.

Hipótesis

La deficiencia en germinación de *Annona purpurea* se debe a bajos niveles de giberelinas endógenas.

Las aplicaciones de ácido giberélico influyen directamente en el proceso de germinación.

REVISION DE LITERATURA

Importancia de las Anonáceas

La familia Annonaceae está integrada por 140 géneros y registra más de 2500 especies (Chatrow, 1999). Los frutales de la familia Annonaceae están catalogados dentro de las frutas más deliciosas de América, tienen gran aceptación en el mercado, y son ricas en vitaminas y minerales, necesarios en una dieta bien balanceada (Cervantes, 1983).

Los frutales de la familia Anonaceae que se desarrollan en México pertenecen al género *Annona* a excepción de *Rollinia jimenezii* Schlecht. Algunas especies como la guanábana (*A. muricata* L.), la chirimoya (*A. cherimola* Mill.) y la anona (*A. reticulata* L.) son conocidas en varias partes de México; pero de otros como el saramuyo (*A. squamosa* L.), la chincuya (*A. purpurea* Moc. & Sessé ex Dunal), se tiene poco conocimiento (op. cit.).

Descripción botánica y clasificación taxonómica

Descripción botánica

Originaria de México y Centroamérica, es escasamente cultivada. Es un árbol bajo de follaje espaciado; con un tronco corto de 45 cm de diámetro (Morton, 1987). Las hojas son grandes y delgadas, pubescentes por el envés cuando son jóvenes, elípticas a obovadas, miden de 15 a 30 cm de largo por 10 a 15 cm de ancho. Las láminas son muy onduladas y los nervios están marcadamente hundidos en el haz. Por lo común los tallos jóvenes, pecíolos y nervios de la hoja muestran una pubescencia rojiza (León, 1987). Las flores son grandes, con los pétalos externos de cuatro a cinco centímetros de largo, flexibles y amarillentos con manchas violeta en el lado interno; los pétalos internos son más cortos, de tres a cuatro centímetros de largo. El receptáculo cónico mide alrededor de dos centímetros de largo por 1.5 cm de ancho; en su parte inferior está cubierto de estambres y el ápice por un anillo de carpelos (León, 1987; Ochse *et al.*, 1985).

Las flores son grandes, con pétalos externos de 4 a 5 cm de largo, flexibles y amarillentos con manchas violetas en el lado interno; los pétalos internos son más cortos, de 3 a 4 cm de largo. El receptáculo cónico mide alrededor de 2 cm de largo por 1.5 cm de ancho y en su parte interior está cubierto de estambres y el ápice por un anillo de carpelos (León, 1987). La

época de floración en México es de enero a marzo. Con respecto a la biología floral de las Anonáceas, las flores de todas las especies del género *Annona*, son anatómicamente hermafroditas y fisiológicamente autoestériles y protogínicas, esto implica que maduran primero los órganos femeninos y después los masculinos, con el gravísimo inconveniente de que el tiempo que pasa entre una y otra madurez es tan largo, que hace totalmente imposible la autopolinización de las flores. Esta razón fisiológica aunada a la constitución anatómica de las flores en extremo cerradas, no admite que el tiempo favorezca el transporte de una flor a otra ni tampoco permite que las abejas u otros insectos más o menos grandes puedan penetrarlas, lo que obstaculiza su polinización. Esto, bajo condiciones naturales, sólo es posible por la presencia de ciertos insectos que pueden penetrar por las estrechas separaciones de los pétalos, llegar hasta el fondo de las flores y recoger el polen de las anteras maduras en su cuerpo para transportarlo a los estigmas receptivos de otras especies y polinizarlas (Morton, 1987; Vidal, 1993).

El fruto es de ovoide a esférico, mide de 10 a 14 cm de ancho y 15 a 20 cm de largo y está cubierto de un tomento amarillo o rojizo, de velloso que sirve de fieltro y de tubérculos angulosos dispuestos densamente. Los carpelos tienen prominencias piramidales muy desarrolladas, hasta de 2 cm de largo, con los ápices curvos hacia la base de la fruta (León, 1987; Ochse *et al.*, 1985). La pulpa es abundante, dura y va de un color anaranjado brillante a un anaranjado rojizo, muy perfumada, agradable al olfato, algo insípida y fibrosa. Además, la pulpa está protegida por una cáscara gruesa (Morton, 1987).

Las semillas elípticas, de color café claro, miden de 2.5 a tres centímetros de largo y es común encontrar un número de 80 por fruto (Morton, 1987; Vidal, 1993; León, 1987; Ochse, *et al.*, 1985).

Clasificación taxonómica

La clasificación botánica de la chincuya (*A. purpurea* Moc & Sessé ex Dunal) es la siguiente (Ochse *et al.*, 1985; Ibar, 1983):

Reino:	Vegetal
Subreino:	Embriophyta
División:	Espermatophyta
Subdivisión:	Angiospermae
clase:	Dicotyledoneae
Orden:	Ranales
Suborden:	Magnoliales
Familia:	Annonaceae
Género:	Annona
Especie:	<i>A. purpurea</i> Moc. & Sessé ex Dunal.

Germinación

La propagación por semillas es el mejor método de reproducción de la naturaleza, y se aprovecha en la agricultura con una alta eficiencia. Una semilla cuando se desprende de la planta madre es un óvulo maduro; es un embrión con un almacén de reservas que se encuentra dentro de una cubierta. La germinación se puede definir como una serie de eventos que toman lugar cuando semillas secas quiescentes imbiben agua, la cual provoca un incremento en la actividad metabólica que causa alargamiento del eje embrionario, de las estructuras que rodean al embrión y propicia la penetración de la radícula (Bewley, 1997; Arteca 1998).

Garcidueñas y Ramírez (1999) y Riley (1997) señalaron que el proceso de germinación puede dividirse en los siguientes pasos: a) El agua del medio entra a la semilla, y tanto las células del embrión como del endospermo se hidratan y entran en actividad, por lo que la semilla se hincha. b) El embrión empieza a producir GA que actúa sobre la capa de aleurona que rodea al endospermo y la induce a secretar amilasa. c) Por acción de la amilasa y maltasa el almidón pasa a glucosa, con lo cual el embrión adquiere energía para su desarrollo. d) El embrión empieza a producir citocininas, hormonas que, junto con el GA, inducen síntesis de enzimas y la aleurona pasa a proteína soluble. e) Por acción de las citocininas y gracias a la energía de la glucosa y a las proteínas solubles, las células del embrión se dividen activamente; en este momento se inicia la germinación al romper la testa el primordio de la raíz

principal. f) Las células del endospermo y, posteriormente, las del embrión, sintetizan auxinas que inducen primero el alargamiento de los meristemas de la radícula y después del talluelo con un rápido crecimiento; las auxinas determinan también el inicio de la diferenciación de los tejidos, así como el crecimiento direccional del talluelo hacia arriba, y el de la raíz hacia abajo.

Para que el proceso de germinación se lleve a cabo con éxito, se requiere que la semilla sea viable, o sea, que tenga un embrión vivo, capaz de crecer, que exista humedad, oxígeno y una temperatura adecuada. No obstante, es frecuente que aun las semillas no germinen, aun cuando se encuentren bajo esas condiciones. Esto se debe a que existe un impedimento o bloqueo en alguna parte del proceso de germinación que evita que se desarrollen los cambios necesarios en la semilla (Moreno, 1996; Hartman y Kester, 1999).

Condiciones ambientales que afectan a la germinación.

Agua

Es el factor más importante en la iniciación de la germinación y la sobrevivencia de la plántula una vez que ha emergido (Arteca, 1998). Los factores más importantes que afectan la absorción de agua por la semillas son: la naturaleza de las semillas y sus cubiertas, y la cantidad de agua disponible en el medio circundante. Las semillas tienen gran poder de absorción de agua debido

a la naturaleza coloidal de sus componentes. La tasa de absorción de agua está influenciada también por la temperatura, principalmente por las más elevadas. Las cubiertas de la semillas también desempeñan un papel importante en la absorción de agua. Algunas semillas son tan impermeables al agua, que la germinación no puede ocurrir hasta que las cubiertas hayan sido alteradas de alguna forma. La humedad proporcionada a la semilla en germinación puede afectar tanto al porcentaje como a la tasa de germinación. La tasa de emergencia en un semillero está influenciada, en particular, por la provisión de agua disponible. Cuando el contenido de humedad en el suelo se encuentra aproximadamente a la mitad de capacidad de campo y el punto de marchitez permanente, hay un descenso en la tasa (Hatmann y Kester, 1999).

Temperatura

El segundo requisito par la germinación es una temperatura favorable. Se clasifican de acuerdo a sus exigencias de temperaturas de la siguiente manera: aquéllas que germinan con temperaturas relativamente bajas; las que germinan con temperaturas altas, y las que germinan en una gama de temperatura frescas y calientes. Las semillas de la mayor parte de las plantas tropicales requieren temperaturas elevadas. La exigencia de temperatura para la germinación de las semillas generalmente se considera con relación a tres puntos: mínima, máxima y óptima (Trujillo, 1994).

La temperatura afecta tanto el porcentaje como la velocidad de germinación, como lo demostró Salomao y Mundim (2000) en semillas de papaya y Steinmaus *et al.* (2000), en semillas de nueve especies de malezas.

Oxígeno

Los gases que en el medio de germinación pueden afectar a la germinación de las semillas son el oxígeno, el CO₂ y posiblemente el etileno. El oxígeno es esencial para los procesos respiratorios que se efectúan en las semillas en germinación, y puede medirse poco después que principia la imbibición. La tasa de absorción de oxígeno es un indicador del avance de la germinación y se ha sugerido como una indicación del vigor de las semillas. La mayoría de las semillas germinan en una atmósfera que contenga 20% de oxígeno y un bajo porcentaje de bióxido de carbono (0.03 por ciento) (Moreno, 1996).

Luz.

La luz es uno de los factores principales que controlan la latencia en las semillas (Pons 1993). Cuando una semilla embebida es expuesta a la luz roja (660-760 nm), el fitocromo (P) cambia a Pfr, lo que promueve la germinación, considerando que la exposición a rojo lejano (760-800 nm) promueve el cambio al formulario alternado Pr e inhibe la germinación. Estos cambios ocurren muy rápidamente y pueden repetirse muchas veces con el último tratamiento eficaz.

Las membranas de las testas de la semilla y/o el endospermo actúan como sensores ligeros; el mando ligero, una vez quitado, desaparece (Arteca, 1998; Pekrun *et al.*, 1997).

Los reguladores del crecimiento

Las hormonas son sustancias que aparecen en forma natural, muy eficaces en pequeñas cantidades, que estimulan o inhiben el crecimiento, o regulan algunos programas de desarrollo. En muchos casos las hormonas son activadas en un tejido específico diferente a los tejidos donde se producen. Las auxinas, giberelinas, citocininas, ácido abscísico y el etileno son las hormonas que ejercen un efecto poderoso en algún aspecto de crecimiento y desarrollo de la planta (Salisbury y Ross, 1994; Fosket, 1994; Black and Bucovac, 1996). Es decir, las auxinas controlan la formación y el crecimiento de la raíz; las giberelinas regulan la síntesis de proteínas y alargamiento del tallo; las citocininas, la diferenciación de órganos; el etileno la maduración de los frutos y el ácido abscísico el bloqueo de la germinación (Riley, 1997).

Los reguladores del crecimiento son una herramienta importante en la producción de una gran variedad de hortalizas y cosechas agronómicas. Sus efectos, particularmente en una situación de dosis excesiva, pueden ser bastante profundos, sin embargo, estos productos pueden usarse sutilmente en un proceso dado del crecimiento de la planta (por ejemplo: floración, crecimiento vegetativo, abscisión de frutos). El valor que representa,

particularmente en la producción de hortalizas puede ser bastante significativo y multidimensional. En el mercado actual, las tendencias respecto a la demanda de calidad de cosechas está creciendo, lo que incrementa los costos y provoca el desarrollo de nuevos productos reguladores del crecimiento, que puedan ayudar a un equilibrio eficaz en el mercado (Reilly, *et al.*, 2002).

Giberelinas

Hay muchas sustancias químicas estrechamente relacionadas en la "familia" de las hormonas de planta llamadas giberelinas (GA). Muchas especies de la planta contienen GA diferente. Por otro lado sólo unas GA poseen la actividad biológica significativa. El ácido giberélico (GA_3) es la GA ampliamente usado en la horticultura, pero no se encuentra naturalmente en la mayoría de las plantas superiores. GA_1 se cree que es la giberelina de "crecimiento" primario en plantas superiores, pero otras giberelinas tienen la función de controlar la floración, el sistema de elongación y germinación de semillas (Tudzynski, 1999; Looney, 1996; Yamaguchi y Kimaya, 2000).

Naturaleza de Giberelinas

Al contrario de la clasificación de auxinas que se hace en base a la función, las giberelinas son clasificadas a partir de la estructura, así como de la función. Todas las giberelinas se derivan del esqueleto gibane y son los compuestos ácidos, por consiguiente se denominan también ácidos giberélicos

(GA), con un subíndice diferente para distinguir entre ellos. GA₃ se ha llamado el ácido giberélico históricamente, pero el término también se usa a menudo para describir todas las giberelinas. GA está extendido hasta en plantas con flores (angiospermas) y no floreciente (gimnospermas), así como en los helechos. Se han aislado giberelinas en plantas inferiores como los musgos y algas, en dos especies funginas, y más recientemente en dos especies bacterianas. Se han identificado más de 90 GA de las cuales no es muy probable su importancia en la planta (Arteca, 1998; Mauseth, 1991; Salisbury y Ross, 1994).

Biosíntesis y metabolismo de giberelinas

Giberelinas son diterpenos sintetizados del acetyl CoA vía el ácido mevalónico; todos ellos tienen 19 o 20 unidades del carbono, agrupados en cuatro o cinco sistemas del anillo. Se cree que las giberelinas son sintetizadas en los tejidos jóvenes del brote, y también en semillas en vías de desarrollo. Es incierto si los tejidos jóvenes de la raíz también producen giberelinas. Hay también alguna evidencia que las hojas pueden ser la fuente de alguna biosíntesis (Sponsel, 1995; Salisbury y Ross, 1994).

Tres moléculas de acetyl CoA son oxidadas por dos moléculas de NADPH para producir tres moléculas de CoA como un producto lateral del ácido mevalónico. El ácido de Mevalónico es, entonces, fosforilado por ATP y decarboxilado para formar el pirofosfato isopentil. Cuatro de estas moléculas

forman pirofosfato de geranilgeranil que sirve como el donador de átomos para todas las giberelinas. Este compuesto se convierte entonces a copalilpirofosfato, que tiene dos sistemas de anillos. El copalilpirofosfato se convierte a kaureno, que tiene cuatro sistemas del anillo.

Las oxidaciones subsecuentes revelan el kaurenol, kaurenol y ácido kaurenico, respectivamente. El ácido de Kaurenico se convierte al precursor del aldehído de GA₁₂ por descarboxilación.

Ciertos químicos comerciales se usan para impedir el crecimiento al bloquear la síntesis de las giberelinas. Algunos de estos químicos son Phosphon D, Amo-1618, Cycocel (CCC), ancymidol y paclobutrazol. La planta metabolizará la mayoría del giberelinas por hidroxilación a inactivo durante el crecimiento activo, conjugado rápidamente con la excepción de GA₃ (Arteca, 1998,; Sponsel, 1995).

Funciones de giberelinas

Las giberelinas activas muestran muchos efectos fisiológicos; cada efecto depende del tipo de giberelina presente así como de la especie. Algunos de los procesos fisiológicos estimulados por las giberelinas se indican debajo (Davies, 1995; Mauseth, 1991; Riley, 1997; Salisbury y Ross, 1994).

- El tratamiento con concentraciones altas de giberelinas es eficaz para romper la latencia, al provocar una germinación rápida.

- Estimula el alargamiento del tallo, induciendo división y alargamiento celular.
- Induce a la floración temprana en plantas jóvenes.
- Estimula la producción de la enzima (α -amilasa) para la movilización de reservas de la semilla en la germinación de granos del cereales.
- Induce la masculinidad en flores deciduas (la expresión del sexo).
- Puede causar el partenocarpia en frutos.
- Puede retardar el senescencia en las hojas y frutas del cítrico.

Ácido abscísico

Naturaleza de Ácido de Abscísico

El ácido de abscísico es un compuesto contrario a las auxinas, giberelinas y citocininas. Se lo llamó le "abscisin originalmente, porque se pensaba que jugaba un papel mayor en la abscisión de frutas. al mismo tiempo otro grupo lo denominaba el "dormin" porque pensaban que tenía un papel mayor en la inactividad del brote. El ácido de abscísico de nombre (ABA) se acuñó por un compromiso entre los dos grupos, aunque generalmente se piensa que ABA juega los papeles principalmente inhibitorios (Arteca, 1998,; Mauseth, 1991,; Salisbury y Ross, 1994).

Biosíntesis y Metabolismo de ácido abscísico (ABA)

El ABA es un compuesto que ocurre naturalmente en las plantas. Es un sesquiterpenoide (15-carbono) que se produce parcialmente vía la senda del ácido mevalónico en los cloroplastos y otros plastidios donde se sintetiza parcialmente. Se considera que la biosíntesis ocurre principalmente en las hojas. La producción de ABA se acentúa por las tensiones como la pérdida de agua y las bajas temperaturas. Se cree que la biosíntesis ocurre indirectamente a través de la producción de carotenoides que son pigmentos de 40 carbonos producidos por los cloroplastos. La interrupción de estos carotenoides ocurre por el mecanismo siguiente:

- Violaxanthin es un carotenoide que tiene cuarenta carbonos.
- Es isomerizado y entonces se divide vía una reacción de la isomerasa, seguida por una reacción de oxidación.
- Una molécula de xanthonin produce de una molécula violaxanthonin y es incierto lo que pasa con el biproducto restante.
- La molécula de xanthonin producida es inestable y espontáneamente cambia al aldehído de ABA.
- Los resultados de la oxidación son extensos en ABA.

La activación de la molécula puede ocurrir por dos métodos. En el primer método, puede formarse un ester de ABA-glucosa por la atadura de

glucosa a ABA. En el segundo método, la oxidación de ABA puede ocurrir para formar ácido del fáséico y ácido del dihidrofaseico.

El transporte de ABA puede ocurrir en xilema y tejidos del floema. También puede ser translocado a través de las células del parenquima. El movimiento del ácido abscísico en las plantas no exhibe la polaridad como las auxinas. ABA es de arriba abajo pero puede ser ascendente y descendente en el tallo (Walton y Li, 1995; Salisbury y Ross, 1994).

Funciones del Ácido Abscísico

Lo siguiente son algunas de las respuestas fisiológicas conocidos que son asociadas (Davies, 1995,; Mauseth, 1991,; Salisbury y Ross, 1994).

- Estimula el cierre estomatal (la tensión hídrica provoca un aumento en la síntesis de ABA).
- Inhibe el crecimiento de brotes pero no tiende a afectar tanto las raíces e incluso puede promover su crecimiento.
- Induce las semillas para sintetizar las proteínas de reserva.
- Inhibe el efecto de giberelinas al estimular de la síntesis del novo de α -amilasa.
- Puede inhibir la acción de las giberelinas y, por consiguiente, la germinación en algunas especies vegetales.

Latencia

Es el estado en que se encuentra una semilla viable que no germina aun cuando dispone de condiciones propicias como suficiente humedad para embeberse, aireación y una temperaturas que permitan el crecimiento vegetal. (Lang, 1996). Las semillas con latencia presentan mecanismos morfológicos, fisiológicos, mecánicos, químicos y hormonales inhibitorios que impiden la germinación en condiciones favorables al crecimiento de los vegetales, por lo que resulta necesario aplicar un tratamiento para que la germinación pueda llevarse a cabo (Baskin and Baskin, 1998).

El ácido abscísico y las giberelinas juegan un papel importante en el proceso de germinación de semillas latentes, el primero como inhibidor y el segundo como promotor (Bewley, 1997). Esto ha sido demostrado por Karma and Al Salem (2001), Debeaujon and Koornneef (2000) y Baskin *et al.* (2000), quienes indican que la aplicación exógena de giberelinas indujo el proceso de germinación, y el ácido abscísico indujo el de latencia. Resultados similares también se han obtenido con semillas de la misma especie (Hernández, *et al.* 1999) y otras anonáceas, Marroquín *et al.* (1997) y De Smet *et al.* (1999).

GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DE PLÁNTULA EN CHINCUYA (*Annona purpurea* Moc y Sessé) Y SU RELACION CON GIBERELINAS Y ÁCIDO ABSCISICO.

Julio César Gómez–Castañeda¹; Homero Ramírez–Rodríguez¹; Adalberto Benavides–Mendoza¹.

¹Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista Saltillo, Coahuila, México.

RESUMEN.

Con el propósito de analizar algunos factores que contribuyen a la deficiencia en germinación en semillas de *Annona purpurea* se realizó la presente investigación. Semillas maduras de esta especie frutal fueron conservadas durante 5 días en inmersión de ácido giberélico a concentraciones de 0, 100, 500 y 1000 ppm y su germinación y desarrollo de plántula posteriormente evaluadas en invernadero.

El contenido de giberelinas y ácido abscísico en las estructuras anteriores fue medido con la prueba del hipocotilo de la lechuga, mientras que con la técnica de espectrometría de masas y cromatografía de gases se identificaron giberelinas endógenas.

Los resultados indican que el ácido giberélico, en cualquier concentración estudiada estimula sustancialmente la germinación. Mientras el testigo alcanzó solamente un 8% de germinación total, los niveles de AG₃ produjeron 53.33, 62 y 68% a 100, 500 y 1000 ppm respectivamente. El desarrollo de la plántula reflejó los efectos observados en la semilla al mostrar el testigo un máximo de 0.32 mm de altura en comparación con 44.44, 65.3 y 71.2 mm con 100, 500 y 1000 ppm de AG₃ respectivamente. Se encontró actividad biológica de

giberelinas y ácido abscísico en las semillas analizadas, sin embargo, esta actividad fue siempre superior en las primeras aunque insuficientes para causar germinación. Se identificaron las giberelinas A_1 , A_{20} y A_{53} . Se concluye que la deficiencia en germinación de *Annona purpurea* está relacionada con bajos niveles de giberelinas en las semillas.

PALABRAS CLAVE: Fisiología, hormonas, frutal tropical

GERMINATION AND SEEDLING DEVELOPMENT ON CHINCUYA (*Annona purpurea* Moc y Seesé) RELATED TO GIBBERELLINS AND ABA

SUMMARY.

With the purpose to study the lack of seed germination in *Annona purpurea*, mature seed were immersed during 5 days in a solutions of GA_3 (0, 100, 500 and 1000 ppm). Seed germination and seedling development was evaluated under greenhouse conditions. Gibberellins and ABA in seeds were measured using the lettuce hypocotyl bioassay whereas identification of endogenous gibberellins was conducted using the gas chromatography mass spectrometry technique.

It was found that any concentration of GA_3 promotes seed germination. Control seed showed 8% of total germination whilst GA_3 treatments showed 55.33, 62 and 68% at 100, 500 and 1000 ppm respectively. Seedling development showed the same pattern as in seeds. Control plants reached a final height of 0.32 mm in comparison with 44.44, 65.3 and 71.2 mm with 100, 500 and 1000 ppm of GA_3 respectively. More gibberellin activity than ABA was found in seeds

although not enough to provoke germination. Gibberellins A₁, A₂₀, and A₅₃ were identified.

It is concluded that the lack of seed germination in *Annona purpurea* is related to low levels of endogenous gibberellins in seed.

KEYWORDS: Physiology, hormones, tropical fruit

INTRODUCCIÓN

La germinación de semillas es un proceso fisiológico que integra armónicamente factores internos y externos, los cuales permiten la expresión genética de una especie vegetal (Ramírez *et al.*, 2001). La modificación adversa de alguno de esos factores como temperatura, luz, oxígeno, nutrientes u hormonas endógenas influenciarán sustancialmente de manera negativa en el proceso germinativo (Heins *et al.*, 2000; Marroquin *et al.*, 1997).

La semilla de la especie tropical *Annona purpurea* se caracteriza por tener un embrión rudimentario que refleja, aparentemente, una diferenciación incompleta de los órganos que la forman (Garwood, 1995). Con frecuencia esta condición de deficiencia fisiológica la relaciona el fruticultor mexicano con el bajo porcentaje de germinación que presentan los diversos lotes de semilla utilizados en los viveros del estado de Chiapas, México. Sin embargo, observaciones de campo demuestran inconsistencia en lo anterior, ya que experiencias del 2001 indican que semillas totalmente desarrolladas también presentan un bajo porcentaje de germinación.

Las hormonas vegetales y, en particular, las giberelinas y el ácido abscísico han sido relacionados directamente con el proceso de germinación en

diferentes especies vegetales (Looney, 1996); las primeras como estimulantes y las segundas como inhibidores (Garcarrubio, 1997; Debeaujon y Koornneet, 2000). Por lo tanto, en base a lo anterior, la presente investigación fue diseñada con el objetivo de estudiar la deficiencia de germinación de semillas de *Annona purpurea*, y su relación con giberelinas y ácido abscísico.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el invernadero de alta tecnología del Departamento Forestal y laboratorio de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coahuila, México.

En el periodo septiembre-octubre del 2000 se colectaron frutos de chincuya para la obtención de semillas, en el municipio de Villaflores, Chiapas, México (16° 14' N). Las semillas fueron extraídas del fruto, lavadas, secadas y seleccionadas para su posterior uso experimental.

Germinación y crecimiento de plántula.

Un lote de semillas de *Annona purpurea* fueron conservadas durante cinco días en inmersión de ácido giberélico a concentraciones de 0, 100, 500 y 1000 ppm. Posteriormente, el 23 de abril del 2001 se sembraron 10 semillas de cada tratamiento en charolas de unisel de 60 orificios, con peat moss como sustrato. El diseño experimental que se empleó fue completamente al azar con cinco repeticiones, en arreglo factorial. Los efectos de los tratamientos fueron evaluados diariamente durante 57 días. Las variables evaluadas fueron: a) porcentaje de germinación y b) altura de plántula.

Los datos obtenidos de las variables fueron transformados mediante la fórmula:

$$\sqrt{x+2} \quad \text{Donde:}$$

x = Dato original

2 = constante

Análisis hormonal

Se hicieron siete lotes de 40 semillas que se colocaron en sustrato de peat moss; luego fueron retiradas, también a intervalos de siete días desde el momento de la siembra, para ponerse de inmediato en congelación. Una vez colectadas todas las muestras, se les eliminó la testa, y se liofilizó y pulverizó la almendra para su análisis en el laboratorio de Horticultura.

Giberelinas

Al extraer las giberelinas y el ácido abscísico, en cada ocasión se utilizó una muestra consistente en un gramo de peso seco; se colocó en un matraz Erlen Meller al cual se agregaron 50 ml de metanol (80%). Las muestras se conservaron durante 24 horas en congelación. Posteriormente, se filtró en papel Wathman 1 a temperatura de 24⁰ C. Esta actividad se repitió con el filtrado en dos ocasiones con igual cantidad de metanol (100%) cada cuatro horas y a la misma temperatura. Los tres filtrados integrados en un matraz bola de 250 ml fueron evaporados a temperatura de 50⁰ C, en evaporador rotatorio con baño maría. En seguida se procedió a la purificación de giberelinas a través de la

separación de impurezas, empleando una cápsula para separación rápida de hormonas a base de sílica gel. Lo anterior se realizó utilizando la técnica reportada por Ramírez *et al.* (2001). En seguida, las muestras fueron sometidas a cromatografía de capa fina (CCF) utilizando sílica gel GF254, y como solvente una solución de alcohol isopropílico (97%) – amoniaco (98%) – agua en una proporción de 10:1:1 (v:v:v) durante cuatro horas, a temperatura de 20⁰ C. Al terminar este tiempo las giberelinas en los Rf de cada muestra, fueron separadas y acondicionadas para la prueba biológica del hipocotilo de la lechuga, de acuerdo a la técnica reportada por Ramírez (2001).

La evaluación estadística de las muestras se realizó empleando la siguiente fórmula:

$$DMS = \frac{FcX\Sigma}{No.de\ Re\ petitions}$$

Donde:

DMS = Diferencia mínima al 5%

Fc = factor crítico (0.47)

Σ = suma de límites entre repeticiones.

Ácido Abscísico

Para la cuantificación del ácido abscísico (AAB), se realizó el mismo procedimiento utilizado en giberelinas, excepto en el proceso de cromatografía, donde se empleó una solución de acetato de etilo (97%)–cloroformo (98%)–ácido acético (99%), en una proporción de 15:5:1 (v:v:v).

Identificación de giberelinas.

Un lote de 480 semillas de cada tratamiento con AG₃ fueron preparadas para identificar en ellas la presencia de giberelinas, mediante la técnica de cromatografía de gases y espectrometría de masas. Después de purificados los extractos de semillas, fueron disueltos en 0.1 ml y metilados con diazometano. Una porción del extracto metilado fue disuelto en 0.1 ml de piridina y tratado con 0.1ml de trimetil clorosilano y exametildisilazano. Alícuotas fueron examinadas con un separador de membrana de silicón Pye 104 CLC acoplado a un espectrómetro de masas AEI MS30. En este equipo se instalaron columnas de vidrio salinizadas (213 x 0.2 cm) con 2% de Se-33, en 80–100 de gas Chrom Q. La proporción de flujo fue de 25 ml.min⁻¹ y la temperatura de la columna fue programada entre 180⁰ a 280⁰ C a 2⁰.min⁻¹. La espectrometría de masas fue determinada a 24eV en una fuente de temperatura de 190⁰ C y una velocidad de búsqueda de 6.5 s por década de masa. El espectro fue registrado por una computadora Dec Lin 8. La identificación fue conducida por comparación del Índice de Retención Kovats (KRI) y el espectro de espectrometría de masas de sus metil ester trimetilsilil eter con sus derivados de las muestras originales (Ramírez *et al.*, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSION

Porcentaje de germinación

La germinación de la semillas de *Annona purpurea* se inició 23 días después de la siembra. Los resultados del análisis de varianza en este parámetro indican diferencia altamente significativa para los tratamientos con ácido giberélico. La prueba de medias (DMS $P \leq 0.01$) muestra que el ácido giberélico, utilizado en cualquier concentración, estimuló sustancialmente la germinación. El testigo alcanzó solamente un 8% de germinación total, mientras que los niveles de AG₃ produjeron 53.33, 62 y 68% a 100, 500 y 1000 ppm respectivamente (Figura 1). Los resultados demuestran que el ácido giberélico estimula la germinación en semillas de *Annona purpurea*. Este efecto también fue observado en la misma especie por Hernández *et al.* (1999). Resultados similares han sido también obtenidos con AG₃ a concentraciones que se encuentran dentro del rango estudiado en la presente investigación en *Annona diversifolia* Saff (Marroquín *et al.*, 1997) y *Annona cherimola* Mill (De Smet *et al.*, 1999).

Crecimiento de plántula

El análisis de varianza aplicado en las cinco fechas de muestreo al crecimiento de plántula de semillas tratadas con ácido giberélico, indica que existe diferencia altamente significativa con respecto a las tratadas con la hormona. La prueba de medias (DMS $P \leq 0.01$) refleja los mismos efectos

observados en la semilla, al mostrar el testigo un máximo de 0.32 mm de altura, en comparación con 44.44, 65.3 y 71.2 mm con 100, 500 y 1000 ppm de AG₃, respectivamente (Figura 2). Este efecto pudiera deberse a que el ácido giberélico, además de estimular la germinación, promueve un proceso más rápido de crecimiento de la plántula. Lo anterior se puede relacionar con el aumento que origina esta hormona en la división celular, en el ápice del tallo, en especial en células meristemáticas basales que conducen a un crecimiento más rápido (Looney, 1996; Bangerth, 1997).

Análisis hormonal

Giberelinas

Actividad biológica giberélica. En las semillas de *Annona purpurea* se localizó actividad biológica de giberelinas con el bioensayo del hipocotilo de la lechuga en las fechas 7, 14, 21, 28 y 42 días después de la siembra, se observó que esta actividad fue mayor en las fechas 7, 21 y 28 (Figura 3). Esta actividad biológica fue evidente en la región 0.1 – 0.9 de los R_f evaluados. En base a lo anterior y considerando el solvente utilizado en el desarrollo de los platos de cromatografía de capa fina, es posible que esta actividad biológica refleje la presencia de diferentes giberelinas de acuerdo a su polaridad (Mander *et al.*, 1995).

Concentración de giberelinas y ácido abscísico. La figura 4 muestra el contenido de giberelinas y ácido abscísico. Se observa que el nivel de giberelinas fue superior al del ácido abscísico durante las fechas de muestreo.

La mayor concentración (5.33 μg) se localizó a los 28 días después de la siembra, mientras que la menor ocurrió en el día 35 (0.33 μg). El ácido abscísico mostró su máximo nivel a los 35 días de siembra (0.01 μg) y su mínimo a los 42 días (0.0052 μg). La deficiencia de germinación que posee *Annona purpurea* en forma natural en base a los resultados de este estudio, no parece depender de un efecto de AAB como ha sido demostrado en otras especies (Le Page *et al.*, 1996). Es posible que esta adversidad pudiera tener una relación más directa con el sistema de giberelinas, que son conocidas por su capacidad para estimular la germinación cuando se encuentran en los niveles adecuados (Ramírez, 1994). Ciertamente su efecto en la germinación no ocurre cuando la concentración es inadecuada (Khan, 1996). Es posible que a pesar de la presencia de estas hormonas en las semillas de *Annona purpurea* (Figura 3 y 4), su contenido no sea suficiente para el estímulo de la germinación, o bien, que este efecto también dependa del factor cualitativo de esas sustancias (Ramírez *et al.*, 2001).

Identificación de giberelinas. En las semillas previamente tratadas con AG₃ fueron identificadas las giberelinas A₁, A₂₀ y A₅₃ con la técnica de cromatografía de gases y espectrometría de masas (Figura 5). La presencia de estas hormonas pudiera estar relacionada en el proceso de germinación de *Annona purpurea*. Lo anterior indica que su efecto estimulante en la germinación de semilla es el resultado de una acción cualitativa y cuantitativa como ha sido evidenciado en otras especies (Ramírez 1993, 1995, 1997, 2001;

Ramírez *et al.*, 2001). Es posible que en esta especie investigada, las cantidades de giberelinas encontradas no sean lo suficientemente altas para el estímulo de la germinación. Esto ya ha sido demostrado en semillas de manzano (Ramírez *et al.*, 2001). Además, la presencia de hidroxilos en la mayoría de giberelinas, caracteriza su movilidad y efecto fisiológico (Ramírez *et al.*, 2001). En base a lo anterior, es posible que de las giberelinas encontradas la GA₁ pudiera tener más influencia en el proceso que la AG₂₀ y la AG₅₃ (García, 1997), sin embargo, esta situación no ocurrió probablemente por la baja concentración observada en este trabajo.

CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos y bajos las condiciones en que se realizó el estudio, se concluye lo siguiente:

El ácido giberélico en cualquier concentración estudiada, estimula sustancialmente la germinación de semillas de *Annona purpúrea* y promueve un mejor desarrollo de la plántula.

La deficiencia de germinación de *Annona purpurea* está relacionada presumiblemente con los niveles bajos de giberelinas.

Las semillas de *Annona purpurea* producen giberelinas A₁, A₂₀ y A₅₃.

LITERATURA CITADA

BANGERTH, F. K. 1997. Can regulatory mechanism in fruit growth and development be elucidate the study of endogenous hormone concentration. Acta Horticulturae 463: 77 – 87.

- DE SMET, S.; VAN D., P.; SCHELDEMAN, X.; ROMERO, J. 1999. Germinación y estructura de la semilla de Chirimoya (*Annona cherimola* Mill). *Acta Horticulturae* 497: 279 – 289.
- DEBEAUJON, I.; KOORNNEEF M. 2000. Gibberellin requirement for Arabidopsis seed germination determined both by testa characteristics and embryonic Abscisic acid. *Plant Physiology* 122: 415 – 424.
- GARCÍA M., J. L. 1997. Gibberellin metabolism and control of fruit growth. *Acta Horticulturae* 463: 39 – 52.
- GARCIARRUBIO, A.; LEGARIA, J. P.; COBARRUBIAS, A. A. 1997. Abscisic acid inhibits germination of mature Arabidopsis seed by limiting the availability of energy and nutrients. *Planta* 203(2): 182 – 197.
- GARWOOD, N. C. 1995. Studies in Annonaceae. XX. Morphology and ecology of seedlings, fruit and sees of selected Panamain species. *Botanischer Jahrbucher fur Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzegeographie*, 117(1-2): 1-152.
- HERNANDEZ D., C. M.; RIOS M., J. A.; VIDAL L., E.; MARROQUIN A., L. M. 1999. Efecto de giberelinas y sustrato sobre la germinación de semillas de Chincuya (*Annona purpurea* Moc & Sesse). *Memoria del II congreso Internacional de Anonáceas*. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Pag. 81-82.
- KHAN, A. A. 1996. Control and manipulation of seed dormancy pag. 29-45. *In: Plant dormancy: Physiology, biochemistry and molecular biology*. Lang G. A. (ed) Cab. International. Great Britain.
- LE PAGE D., M. T.; BIANCO, J.; BARTHE, P.; GARELLO, G. 1996. Changes in hormone sensitivity in relation to onset and breaking of sunflower embrion dormancy. *In: Plant dormancy: Physiology, biochemistry and molecular biology*. Lang, G. A. (ed) Cab. International. Great Britain.
- LOONEY, N. E. 1996. Role of endogenous plant growth substances in regulation fruit tree growth and development, pp. 31 – 40. *In: Tree Fruit Physiology: Growth and Development*. P. K. Andrews; G. A. Lang; K. Millinix (eds). Ed. Good fruit Grower. Washington State, USA.
- MANDER, L. N.; CAMP, D.; EVANS, L. T.; KING, R. W.; PHARIS, R. P.; SHERBURN, M.; TWITCHIN, B. 1995. designer gibberellins: The quest for specific activity. *Acta Horticulturae* 394: 45 – 55.
- MARROQUÍN A., L.; HERNÁNDEZ R., R; MARTÍNEZ S., J.; VERGARA S., M. A. 1997. Tratamientos pregerminativos en semillas de Ilama (*Annona diversifolia* Saff). *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 3(1): 61-64.

- RAMÍREZ R., H. 1993. Identification of gibberellins in Golden Delicious apple seeds. *Acta Horticulturae* 329: 95 – 97.
- RAMÍREZ R., H. 1995. Estimation and identification of apple seed gibberellins in the early stages of fruit development. *Acta Horticulturae* 394: 101 – 103.
- RAMÍREZ R., H. 1997. Identification of endogenous gibberellins in Red Delicious apple seeds. *Acta Horticulturae* 463: 231 – 234.
- RAMÍREZ R., H.; BENAVIDES M., A.; GALVÁN E., M.; RANGEL L., E. A. 2001. giberelinas biológicamente activas en tejido floral de manzano (*Malus domestica* Borkh.) *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 3(2): 197 – 201.
- RAMÍREZ, H.; GORDON V., H.; BENAVIDES, A.; RANGEL, E. 2001. Gibberellins in apple seeds and the transport of [³H]GA₄. *Revista de la Sociedad Química de México*. 45 (2): 47 - 50.

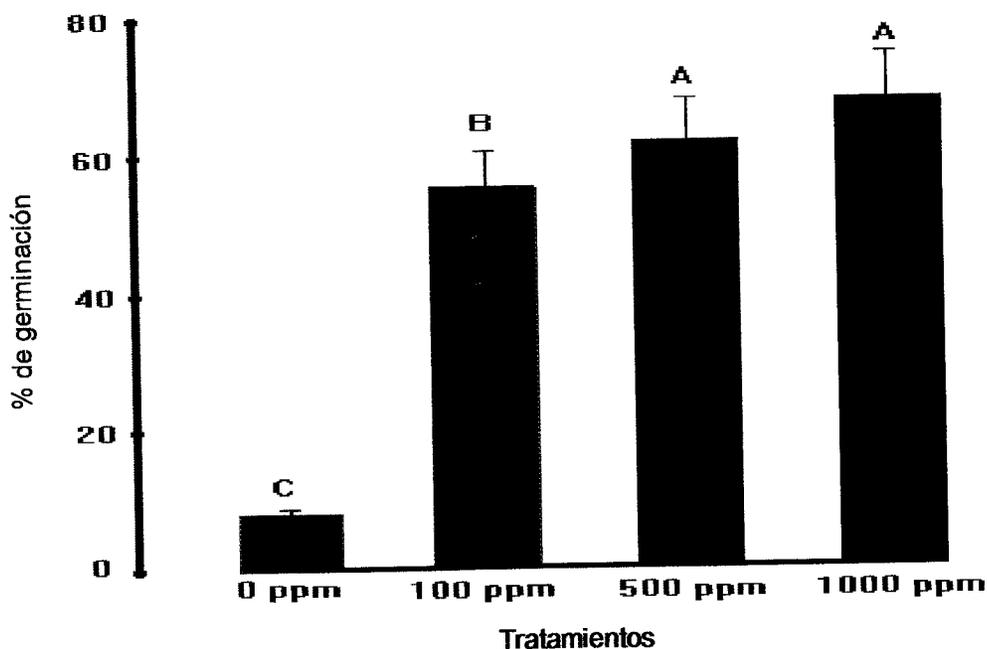


Figura 1. Efecto del ácido giberélico sobre la germinación de *Annona purpurea*. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de DMS $P \leq 0.01$.

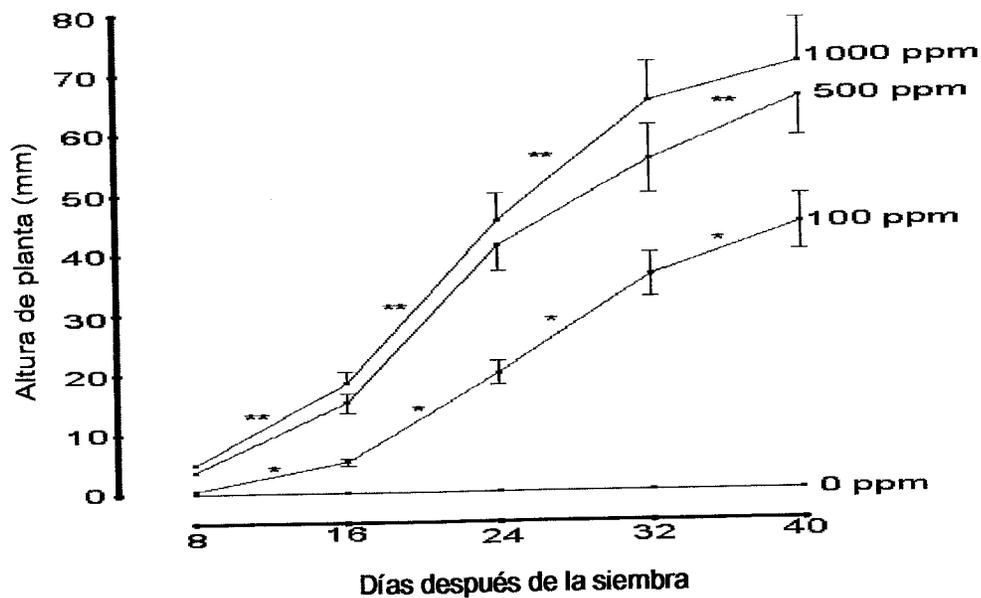


Figura 2. Tasa de crecimiento de plántulas de *Annona Purpurea* generadas de semillas tratadas con ácido giberélico. ** Diferencia estadística ($DMSP \leq 0.01$).

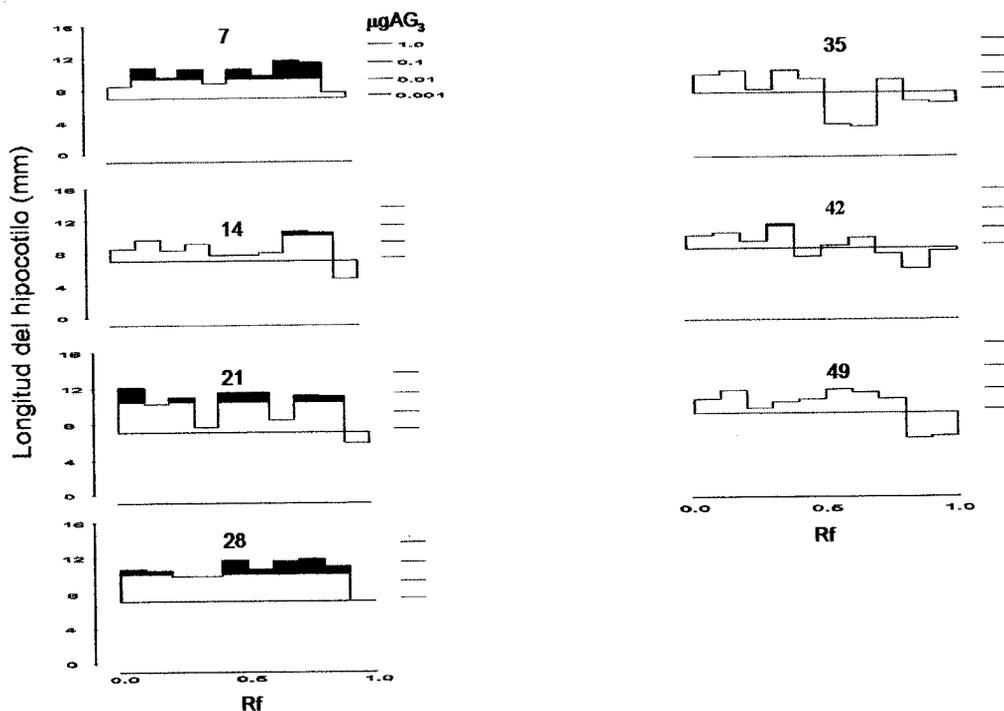


Figura 3. Actividad giberélica en extractos de semillas de *Annona purpurea* según la prueba del hipocotilo de la lechuga. Los días posteriores a la siembra son indicados. Las áreas sombreadas indican significancia ($P \leq 0.05$).

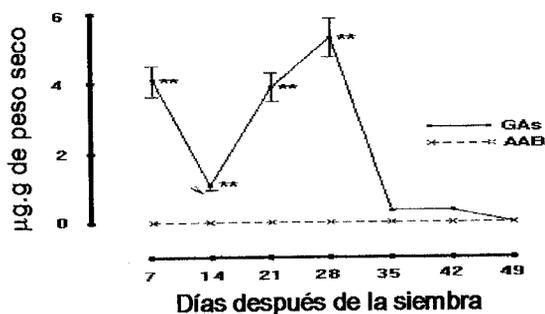
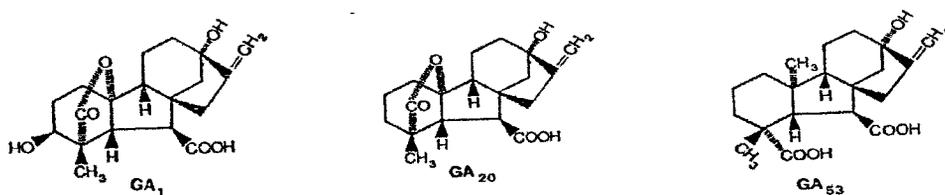


Figura 4. Niveles endógenos de giberelinas y ácido abscísico en semillas de *Annona purpurea*. ** Diferencia estadística (DMS $P \leq 0.05$).



[506(100), 448(14), 375(18), 207((30)]

[418(100), 375(49), 238(11), 207(38)]

[448(45), 251(29), 208(92), 193(22)]

Figura 5. Giberelinas endógenas A_1 , A_{20} y A_{53} identificadas en semillas de *Annona purpurea* con la técnica de cromatografía de gases y espectrometría de masas. Los principales iones con su intensidad relativa (% base) son indicados.

CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos y bajos las condiciones en que se realizó el estudio se concluye lo siguiente:

El ácido giberélico en cualquier concentración estudiada, estimula sustancialmente la germinación de semillas de *Annona purpúrea* y promueve un mejor desarrollo de la plántula.

La deficiencia de germinación de *Annona purpúrea* está relacionada presumiblemente con los niveles bajos de giberelinas.

Las semillas de *Annona purpurea* producen giberelinas A₁, A₂₀, y A₅₃.

LITERATURA CITADA

- Arteca R. N. 1998. Plant growth substances: Principles and applications. CHAPMAN & HALL USA. 332 p.
- Baskin, C. C. and Baskin, J. M. 1998. Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Academic Press. USA. 666 p.
- _____, Milberg, P., Andersson, L. and Baskin, J. M. 2000. Deep complex morphophysiological in seed of *Anthiscus silvestris* (Apiaceae). *Flora*. 195(3): 245 – 251.
- Black, B. and Bukovac, M. J. 1996. Plant growth regulator application technology, uptake and action pp. 40 – 50. *In*: Tree Fruit Physiology: Growth and Development. P. K. Andrews; G. A. Lang; K. Millinix (eds). Ed. Good fruit Grower. Washington State, USA.
- Bewley, J.D. 1997. Seed germination and dormancy. *Plant Cell* 9(7): 1055–1066.
- Camacho M., F. 1994. Dormición de semillas: Causas y tratamientos. Ed. Trillas. México, D. F. 112 p.
- Cervantes G., M. 1983. The cherimoya. California rare fruit growers yearbook. pp. 5 – 29.
- Chatrow, L. W. 1999. The Annonaceae and the Annonaceae projet: a brief overview of the state of affairs. *Acta Horticulturae* 497: 43 – 49.
- Davies, P. J. 1995. Plant Hormones: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology. Dordrecht: Kluwer. pp 10 – 25.

- De Smet, S., Van D., P., Scheldeman, X J. and Romero, J. 1999. Seed structure and germination (*Annona cherimola* Mill). *Acta Horticulturae* 497: 269 – 278.
- Debeaujon, I. and Koornneef M. 2000. Gibberellin requirement for *Arabidopsis* seed germination determined both by testa characteristics and embryonic Abscisic acid. *Plant Physiology* 122: 415 – 424.
- Fosket D. E. 1994. *Plant growth and development: A molecular approach*. Academic Press. USA. 580 p.
- Hartmann, H. T. y D. E. Kester. 1999. *Propagación de plantas: Principios y práctica*. Ed. Limisa. México, D. F. 760 p.
- Hernandez D., C. M., Ríos M., J. A., Vidal L., E. y Marroquín A., L. M. 1999. Efecto de giberelinas y sustrato sobre la germinación de semillas de Chincuya (*Annona purpurea* Moc & Sesse). Memoria del II congreso Internacional de Anonáceas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Pag. 81 – 82.
- Ibar, L. 1983. *Cultivo del aguacate, chirimoyo, mango y papaya*. Ed. Editia mexicana, México, D. F. 173 p.
- Karam, N. S. And Al Salem, M. M. 2001. Breaking dormancy in *Arbustus andrachne* L.. seed by stratification and gibberellic acid. *Seed science and technology*. 29: 51 – 56.
- Lang., G. A. 1996. *Plant dormancy: Physiology, biochemistry and molecular biology*. Ed. Cab International. Great Britain. pp 1.
- León, J. 1987. *botánica de los cultivos tropicales*. Instituto de cooperación para la agricultura. San José, Costa Rica. pp. 430.
- Looney, N. E. 1996. Role of endogenous plant growth substances in regulation fruit tree growth and development, pp. 31 – 40. *In: Tree Fruit Physiology: Growth and Development*. P. K. Andrews; G. A. Lang; K. Millinix (eds). Ed. Good fruit Grower. Washington State, USA.

- Marroquín A., L., Hernández R., R., Martínez S., J. y Vergara S., M. A. 1997. Tratamientos pregerminativos en semillas de llama (*Annona diversifolia* Saff). *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 3(1): 61-64.
- Mauseth, J. D. 1991. *Botany: An Introduction to plant biology*. Philadelphia: Saunders. Pp. 348 – 415.
- Moreno, C. P. 1996. *Vida y obra de grano y semillas*. Ed. Fondo de Cultura económica. México, D. F. 129 p.
- Morton, J. 1987. *Soncoya*. In *Fruits of warm climates*. Ed. Media Incorporated. States United of America. Pp. 85.
- Ochse, J. J., M. J. Soule Jr., M. J. Dijkman y C. Wehlburg. 1985. *Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales*. Vol 2. Ed. Limusa. México, D. F. 828 p.
- Pekrun, C., López G., F. and Lutman, P. J. W. 1997. Studies on the persistence of rape (*Brassica napus* L.), emphasizing their response light. *Kluwer academic publishers* . pp 339 – 347.
- Pons, T. L. 1993. Seed response to light. Pp 259 – 284. *In: Seed: The ecology of regeneration in plant communities*. Fenner, M. (ed). UK.
- Reilly, K., Leslie K. Lake, Warren E., Shafer, W. E. and Rusell S. Jones. 2002. Regulation of biochemical plant growth regulator at the U. S. Environmental protection Agency. *Hot. Technology* 2(1) 55 – 58.
- Riley, J. M. 1997. Gibberellic acid for fruit set and seed germination. *CRFG Journal* 19: 10 – 12.
- Rojas G., M. y Ramírez R., H. 1999. *Control hormonal del desarrollo de las plantas*. Ed. Limusa. México D. F. 239 p.
- Salgado, C. A. y Rodríguez T., D. 1996. Análisis de la semilla de *Garrya laurifolia* Hartw.; especies opción para plantaciones protectoras en el

- Desierto de los Leones. Revista Chapingo (Ciencias Forestales) 2(1): 89 – 95.
- Salisbury, F. B. y Ross, C. W. 1994. Fisiología vegetal. Ed. Grupo Editorial Iberoamérica S. A. de C. V. México D. F. 789 p.
- Salomao A. N. and Rosangela C. Mundim. 2000. Germination of papaya seed in response to desiccation, exposure to subzero temperatures, and gibberellic acid. *HotScience* 35(5): 904 – 906.
- Sponsel, V. M. 1995. Gibberellin biosynthesis and metabolism. *Plant Hormones: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology*. Dordrecht: Kluwer. pp. 66-97.
- Steinmaus S. J., Prather T. S. and Holt, J. S. 2000. Estimation of base temperatures for nine weed species. *Exp Bot.* 51(343): 275 – 286.
- Trujillo, N. E. 1994. Manejo de semillas, viveros y plantación inicial. CATIE. Costa Rica. 151p.
- Tudzynski, B. 1999. Biosynthesis of gibberellins in *Gibberella fujikuroi*: biomolecular aspects. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 52(3):298-310.
- Vidal H., L. 1993. la reproducción sexual y multiplicación vegetativa de las anonáceas. *Agrofut.* Xalapa, Veracruz, México. pp 4- 29.
- Walton, D. C. and Li, Y. 1995. Abscisic acid biosynthesis and metabolism. *Plant Hormones: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology*. Dordrecht: Kluwer. pp. 140-157.
- Yamaguchi, S. and Kimaya, Y. 2000. gibberellins biosintesis: Its regulation by endogenous and environmental signal. (Review). *Plant Cell Physiology.* 41 (3): 251 – 257.