

UNIVERSIDAD DE SONORA

ESCUELA DE AGRICULTURA Y GANADERIA

APLICACION DE ACIDO GIBERELICO Y ACIDO NAFTALENACETICO
SOBRE EL CRECIMIENTO DEL FRUTO, ABORTO DE SEMILLAS Y %
DE PULPA EN FRUTOS DE TUNA BLANCA (Opuntia amyclaea Tenore)

T E S I S

Enrique Quintero Palomera

DICIEMBRE DE 1987

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

APLICACION DE ACIDO GIBERELICO Y ACIDO NAFTALENACETICO
SOBRE EL CRECIMIENTO DEL FRUTO, ABORTO DE SEMILLAS Y % DE
PULPA EN FRUTOS DE TUNA BLANCA (Opuntia amyclaea Tenore)

TESIS

SOMETIDA A LA CONSIDERACION DE LA
ESCUELA DE AGRICULTURA Y GANADERIA

DE LA

UNIVERSIDAD DE SONORA

ENRIQUE QUINTERO PALOMERA

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL TITULO DE INGENIERO AGRONOMO
CON ESPECIALIDAD EN HORTICULTURA

DICIEMBRE DE 1987

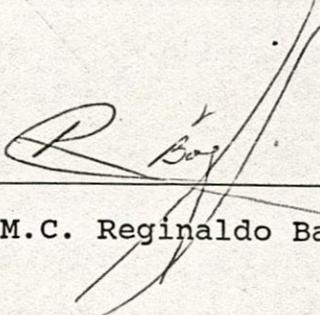
PAGINA DEL CONSEJO TITULAR

Esta Tesis fue realizada bajo la dirección del Consejo Particular y aprobada y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

Ingeniero Agronomo en:
Horticultura

Consejo Particular

Asesor



M.C. Reginaldo Baez Sañudo

Consejero

M.C. Marco Antonio Teran Rivera

Consejero

Ing. Alfonso Alvarez Avilez

AGRADECIMIENTOS

Quiero hacer presente mi agradecimiento, a la Escuela de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, por permitirme realizar este trabajo en su campo experimental.

Agradezco al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (C.I.A.D.) por haberme facilitado el uso de sus instalaciones, de la misma forma quiero agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por su apoyo económico durante todo el período de desarrollo del proyecto. Así mismo, al personal que labora dentro de esta institución, especialmente a (Faly), por su ayuda tan valiosa.

De una manera muy especial mi más sincero agradecimiento al M.C. Reginaldo Báez Sañudo por su guía y tutela en cada una de las etapas del trabajo experimental procurando siempre que estas se llevaran a cabo en forma oportuna, correcta y con el menor grado de equivocación posible.

Agradezco también al M.S. Marco A. Terán y al Ing. Alfonso Alvarez A. por formar parte de mi grupo de co-asesores y por las atinadas correcciones que efectuaron al trabajo durante el proceso de elaboración del mismo.

DEDICATORIA

A mi Padre, a ese gran señor
dondequiera que su espíritu
se encuentre.

A mi Madre, que supo guiar
a cada momento mis pasos
apoyandome incondicionalmente

A mis Hermanos, por brindarme
su confianza y respaldo para
seguir adelante.

A mi Primo Pablo, por su apoyo
moral y económico.

A mis Compañeros Universitarios:
Carlos, Felipe, Fernando, Francisco
y Pedro: que compartieron conmigo
momentos inolvidables.

E.Q.P.

Verano de 1987.

CONTENIDO

	Pag.
Indice de cuadros	i
Resumén	iii
Introducción	1
Revisión Bibliográfica	4
Materiales y Métodos	20
Resultados y Discusión	27
Conclusiones	36
Bibliografía	38
Apéndice	41

INDICE DE CUADROS

	Pag.
Cuadro 1.- Listado de los diferentes tratamientos utilizados en base a: Producto, dosis y época de aplicación.	25
Cuadro 2.- Efecto de los diferentes tratamientos sobre la longitud del fruto de tuna blanca (<u>Opuntia amyclaea</u> Tenore).....	28
Cuadro 3.- Efecto de los diferentes tratamientos sobre los sólidos solubles (°Brix) de la pulpa del fruto de tuna blanca (<u>Opuntia amyclaea</u> Tenore).....	30
Cuadro 4.- Efecto de los diferentes tratamientos sobre el peso de semilla seca de frutos de tuna blanca (<u>Opuntia amyclaea</u> Tenore).....	32
Cuadro 5.- Clasificación de la semilla de tuna por soplador de aire.....	33
Cuadro 6.- Efecto de los diferentes tratamientos sobre la relación semilla-pulpa en frutos de tuna blanca (<u>Opuntia amyclaea</u> Tenore).....	35
Cuadro 7.- Análisis de varianza para la variable longitud del fruto (mm) de frutas partenocárpicas maduras de (<u>Opuntia amyclaea</u> Tenore).....	42
Cuadro 8.- Análisis de varianza para la variable Diámetro del fruto (mm) de frutas partenocárpicas maduras de (<u>Opuntia amyclaea</u> Tenore).....	43
Cuadro 9.- Análisis de varianza para la variable peso del fruto (gr) de frutas partenocárpicas maduras de (<u>Opuntia amyclaea</u> Tenore).....	44
Cuadro 10.- Análisis de varianza para la variable peso de la cáscara (gr) de frutas partenocárpicas maduras de (<u>Opuntia amyclaea</u> Tenore).....	45
Cuadro 11.- Análisis de varianza para la variable peso de la pulpa (gr) de frutas partenocárpicas maduras de (<u>Opuntia amyclaea</u> Tenore).....	46

Cuadro 12.-	Análisis de varianza para la variable relación Cáscara/pulpa (gr) de frutas partenocárpicas maduras de (<u>Opuntia amyclaea</u> Tenore).....	47
Cuadro 13.-	Análisis de varianza para la variable sólidos solubles (°Brix) de la pulpa de frutas partenocárpicas maduras de (<u>Opuntia amyclaea</u> Tenore).....	48
Cuadro 14.-	Análisis de varianza para la variable pH de la pulpa de frutas partenocárpicas maduras de (<u>Opuntia amyclaea</u> Tenore).....	49
Cuadro 15.-	Análisis de varianza para la variable % de acidéz titulable de la pulpa de frutas partenocárpicas maduras de (<u>Opuntia amyclaea</u> Tenore).....	50
Cuadro 16.-	Análisis de varianza para la variable sólidos solubles (°Brix) de la cáscara de frutas partenocárpicas maduras de (<u>Opuntia amyclaea</u> Tenore).....	51
Cuadro 17.-	Análisis de varianza para la variable pH de la cáscara de frutas partenocárpicas maduras de (<u>Opuntia amyclaea</u> Tenore).....	52
Cuadro 18.-	Análisis de varianza para la variable % de acidez titulable de la cáscara de frutas partenocárpicas maduras de (<u>Opuntia amyclaea</u> Tenore).....	53
Cuadro 19.-	Análisis de varianza para la variable peso de semilla (gr) de frutas partenocárpicas maduras de (<u>Opuntia amyclaea</u> Tenore).....	54
Cuadro 20.-	Análisis de varianza para la variable relación semilla/pulpa de frutas partenocárpicas maduras de (<u>Opuntia amyclaea</u> Tenore).....	55

RESUMEN

Las plantas del género Opuntias han sido consideradas durante algunos años un recurso alternante en aquellas areas que por su clima y posición geográfica presentan limitado el recurso agua. Es por ésta razón, que su superficie se ha ido incrementando en los últimos años en el noroeste de México principalmente en los estados de Sonora, Durango y Baja California Sur, en donde el Nopal Tunero ha presentado una exelente adaptación, desconociéndose el hectareaaje plantado y la diversidad de variedades.

La fruta de tuna, es consumida en gran escala en los estados del centro del país; sin embargo, en el Noroeste de México su aceptación se ve reducida, por la costumbre regional, para presentar un amplio mercado en el sur de los Estados Unidos de Norteamerica.

El gran contenido de semillas que ésta fruta presenta en su pulpa limita su aceptación por algunos consumidores. Es por ésta razón que el objetivo principal de la presente investigación fué el de llegar a producir un fruto de tuna con poca cantidad de semillas (partenocárpico) mediante el uso de fito-hormonas; al mismo tiempo incrementar el amarre y desarrollo del fruto, obteniendo un fruto de buena calidad y que por consiguiente incrementará su aceptación en el mercado.

Para lograr éste objetivo, se trabajó con tuna blanca copenas 1 y 15 de la Escuela de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora. Se probaron los efectos de los productos hormonales: Acido Giberelico (AG_3) y Acido Naftalenacético (ANA) en dosis de 100 y 200 ppm y de 50 y 100 ppm respectivamente, aplicadas a yemas florales previamente emasculadas (aproximadamente 3 días antes de antesis), realizando un total de 4 aplicaciones a intervalos de 20 días entre aplicación. Comparando así mismo los resultados con los testigos que no recibieron aplicación alguna.

Los frutos obtenidos de aplicaciones de AG_3 presentaron una mayor longitud de hasta 77.7 mm en comparación con los testigos los cuales presentaron una longitud de 67.2 mm siendo diferentes estadísticamente.

Las aplicaciones de AG_3 efectuadas durante las primeras etapas del crecimiento del fruto son las que proporcionan los mejores resultados siendo totalmente independiente el realizar 2 ó 4 aplicaciones ya que los frutos resultantes de efectuar 2 aplicaciones fueron estadísticamente iguales en longitud a los que recibieron 4 aplicaciones como es el caso del tratamiento 10 que recibió dos aplicaciones de AG_3 y una de ANA, en 100, 200 y 100 ppm respectivamente con 50 mm de longitud y el tratamiento 19 con cuatro aplicaciones de AG_3 y dos de ANA en 200, 100, 200, 200, 50 y 50 ppm respectivamente, con 63 mm de longitud.

El contenido de sólidos solubles de la pulpa del fruto se vió afectado con aplicaciones de 200 ppm de AG₃, el cual resultó ser de 9.00 comparando con el testigo que presentó un valor de 14.08 ° Brix.

Todos los frutos que recibieron aplicación de AG₃, resultaron con un reducido número de semillas y de menor peso, el cual osciló entre 0.1 y 1 g comparados con los testigos que presentaron valores de 3.49 g.

La clasificación de las semillas en base a su peso por soplador de aire determinó que los frutos sin aplicación siempre presentaron mayor peso en sus semillas de hasta 15.81 mg para la categoría "semillas normales en peso y forma"; en comparación con los tratados los cuales presentaron un valor máximo de 3.02 mg para la misma categoría.

Las aplicaciones combinatorias de Giberelinas y Auxinas dieron lugar a la formación de frutos con poca cantidad de semillas y una buena proporción de pulpa, como en el caso de los tratamientos 18 y 20 que presentaron valores de 0.69 y 0.77 de relación semilla pulpa en donde se aplicó dos o cuatro aplicaciones de AG₃ con dos aplicaciones de ANA, no ocurriendo lo mismo con los que no fueron tratados que presentaron valores de hasta 6.31 de relación semilla pulpa.

Es recomendable seguir trabajando las dosis de 100 y 200 ppm pero aplicadas únicamente durante las primeras etapas del desarrollo del fruto, considerándose las etapas óptimas para la aplicación; así mismo seguir probando los tratamientos 18 y 20 para obtener frutos con una buena proporción semilla/pulpa.

INTRODUCCION

El nopal tunero es considerado originario de norteamérica, donde se encuentra ampliamente distribuido desde los 50° latitud norte has los 50° latitud sur. Puede desarrollar eficientemente en casi todos los climas, suelo y tipos de vegetación, pudiendo aclimatarse en muchas partes del mundo por las buenas condiciones ecológicas que presenta.

El territorio nacional cuenta aproximadamente con medio millón de Km de altas mesetas desérticas, donde habita esta planta. La gran diversidad de especies de tuna que se conocen se encuentran establecidas en nuestra región y produce una fruta con un sabor exquisito ligeramente diferente.

Se considera que el nopal tunero, junto con el maíz y el Maguey constituyeron la base de una agricultura estable entre los antiguos mexicanos; aunque algunos autores consideran que la mayoría de los nopaleros existentes ó son espontáneos ó como un resultado de un método de cultivo desordenado. Durante muchos años esta fruta ha jugado un papel muy importante en la dieta alimenticia de los mexicanos.

En años recientes las plantaciones de éste cultivo se han venido incrementando, principalmente en el noroeste de México, debido a las buenas características de este frutal para desarrollar en regiones semi desérticas; como es el caso particular de la Costa de Hermosillo en donde predominan suelos con pH alcalinos y en verano se llegan a tener temperaturas superiores a los 40 ° C con una prodominante escacéz de agua.

Estas características hacen a éste frutal un cultivo de extraordinaria utilidad para el país, ya que debido a sus cualidades lo hacen propicio para establecer una explotación agrícola en regiones de condiciones climáticas aridas, ó semiáridas, pues sus costos de producción son muy bajos, no necesita de fuertes inversiones para su establecimiento y el consumo de agua requerido es escasa.

La fruta de tuna es consumida en México a gran escala, principalmente en los estados del Centro del país donde ésta fruta adquiere una gran demanda, tanto para su consumo en fresco como para su industrialización; recientemente se han iniciado exportaciones de tuna a los E.U. de Norte América, Canadá y Japón no teniéndose una estimación aproximada de la cantidad, aunque se cree que esta fruta puede competir fácilmente en el mercado extranjero con Sicilia, Italia que es uno de los principales exportadores. Sin embargo, en el noroeste de México, debido a que es un cultivo de reciente establecimiento su consumo es relativamente poco.

Una de las razones por la que su aceptación se ve limitada por algunos consumidores es debido al exceso de semillas que presenta en su pulpa. Esta aceptación podría incrementarse mediante la obtención de frutos partenocárpicos, con características de calidad similares a las requeridas por un fruto normal en el mercado.

Por consiguiente el objetivo principal de este trabajo es el evaluar la aplicación de diferentes productos hormonales que no proporcionen frutos partenocárpicos y que induzcan amarre y crecimiento del fruto con características aceptables para el mercado.

REVISION BIBLIOGRAFICA

1. Tipos de Portenocarpia.

El término partenocarpia proviene del griego Parthenos, virgen y Carpos, fruto. Fué introducido por Noll (1902); ha sido definido como el fenómeno en el cual la formación del fruto se lleva a cabo sin que se desarrolle en él las semillas y en ausencia de polinización y fertilización (7, 9, 10, 24).

La parterocarpia puede ser considerada como una etapa final de una secuencia en la que el desarrollo de los frutos se vuelve progresivamente independiente del desarrollo de las semillas (24).

Sin fertilización no se producen semillas; por consiguiente las frutas portenocárpicas son sin semilla. Sin embargo; no todos los frutos sin semilla son partenocárpicas, algunos casos como en ciertas uvas sin semilla, la polinización y fertelización ocurren y se forma el fruto pero el embrión es abortado, de esta forma no son producidas semillas (15). En 1890 Lewrs Sturtevant enlistó cerca de 60 especies de plantas que pueden producir frutas sin semilla ó casi sin semilla. Félix Gustafson (1942) redujo el número de especies a 50^o de importancia hortícola; Sturtevant adicionó a la lista cerca de 30 plantas en que los cultivos fueron inducidos a ser partenocárpicos por sustancias de crecimiento sintéticas (18).

1.1 Partenocarpia Natural.

La partenocarpia es en muchas variedades y especies un carácter genético que puede ser total o parcial, con numerosos grados de presentación, mismos que dependen de la sensibilidad receptora y del poder hormonal que vienen a ser la consecuencia de la calidad genética en este aspecto (3, 21).

La partenocarpia Natural (genética) puede ser obligatoria cuando resulta de una esterilidad genética y requiere de un método vegetativo de propagación (10). En el caso de los cítricos existen variedades partenocárpicas en las cuales las semillas no se forman por esterilidad total ó parcial del polen ó de las óvulos, pero obteniéndose el fruto de manera regular como si presentara semillas. Como es el caso de las naranja Washington Navel, esta variedad partenocárpica produce sus frutos sin semilla por un carácter genética que determina esterilidad del polen y de los óvulos en casi 100%, pero susceptible a que se desarrolle el ovario. También, en la variedad de mandarina Satsuma Owari, conocida como "sin semilla", esta característica está determinado por esterilidad casi total del polen siendo, en cambio, normales y fértiles los óvulos (3).

Alternativamente la partenocarpia puede ser facultativa cuando se producen los frutos en respuesta al estímulo del medio ambiente y en los cuales el proceso de polinización y fertilización dependen de estrechos límites ambientales, como en el caso del tomate (10). Las condiciones ambientales influyen de manera notable sobre la capacidad partenocárpica de los árboles frutales, por lo cual los porcentajes que de la misma se

presenten, en un mismo árbol varían año con año en relación con la presentación de aquellas (3). En base a este criterio se puede resumir que: Cuando la partenocarpia natural surge sin ningún estímulo externo como polinización, es considerada como "partenocarpia vegetativa" como lo que se presenta en frutales tales como: el plátano cultivado y el níspero oriental, algunas variedades de higo y pera. En cambio, cuando se requiere para la formación de estas frutas de un estímulo como polinización, aunque no ocurra en ellos una fertilización posterior la partenocarpia es considerada como "estimulativas", como la que se presenta en la vid Black Corinth. (10, 18, 24).

1.2 Partenocarpia Artificial

Este tipo de partenocarpia es conocida también como inducida, ya que en ella la producción de frutas sin semilla es llevada a cabo por medios artificiales o químicos, como es el caso de la aplicación de reguladores de crecimiento como auxinas, Giberelinas, citocininas, etileno, etc. Las frutas son producidas como una respuesta final de la flor y del fruto a los estímulos causados por este tipo de sustancias de crecimiento (10).

Desde el trabajo inicial de Gustafson (1983) en inducir el desarrollo de fruto en tomate, petunia y salpiglossus, con regulador de crecimiento en pasta de lanolina. La lista de plantas inducidas exitosamente han sido incrementada grandemente (6). Como es el caso de la cereza Lawbush (Vaccinium angustifaliun ait) que a concentraciones de 20 ppm de A \bar{G} 3 puede

amarrar el fruto partenocárpicamente. Los frutos formados en el campo resultaron de apariencia normal en todos los aspectos visibles (2).

Debido a sus relativamente bajos costos, las concentraciones requeridas bajas y la completa carencia de efectos dañinos sobre el fruto y el follaje el ácido para-clorofenoxiacético (PCPA) fué encontrado en 1948 ofrecer una promesa considerable como un material para inducir la partenocarpia y además sustituir la polinización de los higos calimyrna (4).

Cuando el ácido giberélico (AG_3) fué aplicado a botones emasculados de manzana variedad Mc Intosh, a una concentración de 500 y 1000 ppm en solución acuosa, fué necesaria para una respuesta partenocárpica apreciable. Así mismo, fué probado el efecto de varias auxinas de las cuales el 2,4-D resultó ser la más efectiva solo cuando se aplicó en combinación con el AG_3 (6).

En cultivares de pera variedad Winter nelis, que normalmente requieren de polinización y fertilización cruzada, repetidas aplicaciones de AG_3 resultaron en alto porcentaje de frutas partenocárpicas, obteniéndose frutas de un tamaño considerable a la cosecha (12).

Gil (1974) agregó la fruta de tuna a la lista de especies que fructifican partenocárpicamente con giberelinas. Concluyendo que el ácido Giberélico (AG_3) puede inducir la producción de frutos partenocárpicos cuando se llevan a cabo aplicaciones de AG_3 a yemas florales previamente emasculadas, requiriéndose de varias aplicaciones (13).

2. Reguladores de crecimiento utilizados en la inducción de frutos partenocárpicos.

Existe una gran variedad de cultivos de importancia hortícola en que los frutos han sido amarrados por reguladores de crecimiento sintéticos. En un estudio realizado por Félix Gustafson (1942) enlista cerca de 50 especies hortícolas, en que han sido producidos frutos partenocárpicos mediante el uso de hormonas sintéticas (10).

Gil et, al (1972) encontraron que los tratamientos con giberelinas en floración indujeron el amarre de frutas partenocárpicamente en peras del cultivar Minter Nelis; pero son necesarias aspersiones adicionales durante el primer mes después de floración completa para sostener el crecimiento y madurez. Las concentraciones relativamente altas de compuestos como las auxinas y el ácido giberélico cerca de la caída de junio y hasta un mes para pera Bartlett con semilla o 2 meses en Winter nelis antes de la cosecha pueden indicar su involucramiento en el desarrollo y la retención de las frutas de pera. El pico de actividad de la giberelina ocurrió de 24 a 26 días después de floración completa, cerca de 10 días antes de la caída de junio y en un tiempo cuando la división celular y los cambios morfológicos rápidos se llevaron a cabo (11).

Griggs e Iwakiri (1961) establecieron que las aspersiones del AG_3 durante el período de floración retrasa la abscisión de los pétalos, e incrementa el desarrollo de los frutos; de las peras Bartlett. Addicott (1970) concluyó que el ácido giberélico (AG_3) inhibe la abscisión indirectamente promoviendo el

desarrollo del pericarpio. La adición de la auxina 2,4,5, TP o Fenoprop a los frutos tratados con AG₃ redujo la caída temprana de la fruta en precosecha (12).

El PCPA resultó ser efectivo en concentraciones de 60 ppm en promover la partenocarpia en los higos Calymirna. Los cyconios partenocárpicos tuvieron considerablemente más nervaduras que los cyconios polinizados y el cuello de los frutos fué algunas veces aplanados. Los frutos maduros partenocárpicos tuvieron un color amarillo limón y los polinizados amarillo dorado (4).

La uva es solamente otro fruto que ha sido producido partenocárpicamente por la aplicación de una citocinina. Los racimos de uva de ciertos cultivares sumergidos en una solución de citocininas en el momento de floración produjeron bayas que fueron más grandes que las no tratadas. El arandano fué adicionado en 1965 a la lista de los frutales que pueden ser producidos partenocárpicamente. El AG₃ proporcionó ser más efectivo para éste propósito que varias auxinas probadas (5).

Gil et al (1977) agregaron la fruta de tuna a ésta lista de frutales mediante el uso de AG₃. Aunque las frutas partenocárpicas obtenidas por ellos contenían pocas semillas chicas carentes de embriones, no lograron desarrollar totalmente el endocarpio comestible (13). No fué sino hasta 1980 cuando Gil y Espinoza probando las dosis de 100 y 500 ppm de AG₃ realizando la primera aplicación un tiempo antes de floración (15 días antes de anthesis) a yemas previamente emasculadas; para estimular el ovario a desarrollar, realizando dos aplicaciones posteriores a los 5 y 43 días después de floración. Logrando de ésta manera el

completo desarrollo de la pulpa del fruto. Así mismo, ellos probaron el uso de las auxinas para inducir el desarrollo partenocárpico, obteniendo resultados satisfactorios con las dosis de 50 a 500 ppm de Fenoprop (ácido 2,4,5-tricloro-fenoxipropiónico) solo cuando se aplicó en combinación con giberelinas. Obteniendo resultados menos provechosos cuando las auxinas se usaron solas (14).

Mejía (1985) en la Costa de Hermosillo logró desarrollar frutas de opuntia partenocárpicas usando varias dosis de AG_3 aplicadas a yemas florales previamente emasculadas en varios estados de desarrollo. Concluyendo que la dosis de 100 ppm de AG_3 aplicada a yemas florales en estado de desarrollo 2 (bien desarrollada y redondeada) previamente emasculadas; parece ser más prometedora para éste propósito. No encontrando diferencias significativas entre asperjar el producto o inyectarlo al ovario. Ni con el número de aplicaciones que fueron a intervalos de 21 días, sin embargo, en éste caso tampoco se logró desarrollar completamente la porción del endocarpio, se recomendó para futuros estudios seguir probando las mismas dosis y combinarlas con aplicaciones de auxinas para estimular mejor el desarrollo de ésta parte del fruto y obtener de ésta forma mejores resultados (19).

3. Amarre de frutos partenocárpicos.

El estímulo hormonal causado por el embrión en desarrollo (ó el de la partenocarpia) impide la abscisión del fruto, dando lugar a un engrosamiento del ovario y de los tejidos adyacentes dentro del fruto en desarrollo. Esta fase es comunmente llamada

"Amarre del fruto". El amarre ó cuajado es acompañado a menudo por el marchitamiento de los pétalos y en muchas plantas, el desprendimiento de otras partes de la flor como son las anteras y el cáliz (23, 25).

Ya sea que el proceso de polización esté o no seguidos por la fertilización, es aparentemente una causa suficiente para iniciar la estimulación del crecimiento del ovario y otras partes del futuro fruto (23).

El efecto estimulador del polen sobre el crecimiento aparente del ovario es debido a las auxinas que éste contiene (7,23).

En 1909, Fitting observó que el líquido extracto del polen de orquídea fué capaz de inducir el aumento del ovario de orquídeas no fertilizadas y el marchitamiento de los pétalos (7, 23) demostrando después que el polen de Hibiscus pueden producir el amarre en los ovarios de orquídea (24).

Gustapson (1936) identificó a las auxinas como uno de los ingredientes esenciales del polen. Demostrando que las auxinas son responsables de estimular la polinización; así mismo demostró que las auxinas sintéticas pueden inducir a los ovarios no polinizados a desarrollarse en frutos de tamaño normal (22, 24).

En un estudio realizado por Muir (1947); el mostró que las auxinas difusibles no se presentan en el ovario de Tabaco en la antesis, pero después de la polinización las auxinas difusibles aparecen en el estilo y más tarde en el ovario. Esta auxina difusible ó activador está correlacionado con el crecimiento del ovario dentro del fruto. Este activador proporcionando por el

polen da como resultado una liberación enzimática de auxinas en los tejidos del ovario, incitándolos a su crecimiento (17,24).

La aplicación de auxinas sintéticas pueden en forma similar a la polización estimular la producción de auxinas en ciertos tejidos del fruto y en ese mismo momento pueda ocurrir la producción de auxinas endógenas, que podrían satisfacer los requerimientos para fomentar el desarrollo del fruto (23).

Es probable que en muchos casos los efectos alcanzados por las auxinas, sean debido a la inhibición de la fecundación de los frutos y al mismo tiempo iniciar un estado crítico, en que los auxinas del embrión y/o del endospermo sean requeridas para poder continuar el proceso de crecimiento (22).

Muchas auxinas han sido utilizadas para regular el amarre de los frutos, en forma satisfactoria, resultando ser más eficientes en aquellas frutas que presentan gran cantidad de semillas como en el caso del tomate y el higo (24).

El ácido para-clorofenoxiacético (PCPA), como una fuente de auxina utilizada en higos variedad calimyna fué probado ser efectivo para incrementar el amarre partenocarpico en dosis de 80 ppm; con el propósito de eliminar la polinización (caprificación) de los higos y los problemas asociados con ésta práctica (4).

Con el descubrimiento de las Giberlinas, reportadas como agentes para la estimulación del desarrollo de frutas partenocarpicas; se han hecho un gran número de experimentos que prueban la utilidad de este grupo de hormonas en regular el amarre del fruto (22).

En forma similar a las auxinas el ácido Giberélico (AG_3) puede reemplazar el papel del polen y en parte el de la semilla en la producción de frutas partenocárpicas (13).

En la variedad de pera Winter nelis que normalmente requieren de polinización y fertilización cruzada, las Giberelinas GA_3 en dosis de 200 ppm y GA_{4+7} en dosis de 50 y 200 ppm en mezcla se estimuló el crecimiento partenocárpico del fruto por alrededor de un mes; requiriéndose de aspersiones adicionales para retener los frutos hasta la madurez (12).

Los Giberelinas han resultado ser tan eficaces como las auxinas para controlar el amarre del fruto, pero presentan ventaja sobre estas últimas cuando se trata de pomáceas ó Drupas, en que las auxinas tienen un reducido efecto (24). Como se demuestra en el caso de aplicaciones de auxinas a variedades de manzana, en las que ninguna auxina demostró empleo satisfactorio sobre el control de la abscisión; mientras que fueron obtenidos resultados alentadores mediante el uso de ácido Giberélico (6).

La tuna es una especie frutícola que requiere de polinización y fecundación para producir y madurar sus frutas; pero el ácido Giberélico (AG_3) exógeno es capaz de reemplazar el efecto causado por la polinización y en cierta forma el de la semilla en su efecto estimulante sobre el tejido frutal, de esta forma ha sido posible la inducción de partenocarpia mediante estas hormonas, en forma especial las Giberelinas (8, 13).

En las opuntias para inducir el amarre de frutos partenocárpicos con giberelinas es necesario hacer las aplicaciones de AG a flores previamente emasculadas, escogiendo

para ellos botones florales cerradas, estado de desarrollo que se alcanza aproximadamente 15 días antes de antesis (13). Aunque bajo las condiciones de la Costa de Hermosillo la etapa de crecimiento (clasificado por Mejía, 1985), aproximadamente 3 días antes de antesis es la más adecuada (19).

El proceso de emasclación de la yema floral consiste en eliminar de la flor los sépalos, pétalos, estambres y parte del estilo, eliminándose el estigma por medio del uso de tijeras para poda o una navaja común (8). Sin embargo se ha observado que con eliminar únicamente las anteras y el estigma se dá un efecto suficiente (13).

Existen varios métodos de aplicación del ácido Giberelico como son: aspersión, inyección al ovario y pasta de lanolina, considerándose la inyección al ovario como el método más eficiente porque basta con 1 cc de AG_3 a 50 ppm para obtener frutos partenocarpicos normales (8). Sin embargo Mejía (1985) no encontró diferencias significativas entre usar este método y el de aspersión (19).

Existen casos de especies que requieren la aplicación de más de una hormona y es donde dos hormonas como auxinas y Giberelinas es combinación pueden satisfacer los requerimientos para un mejor desarrollo del fruto (22).

Luckwill (1960) reporta que cuando se aplicó AG_3 a 6 variedades de manzana se logró inducir el amarre partenocárpico, sin embargo algunos frutos presentaron abscisión un tiempo después; el amarre de las frutas se vió reforzado cuando se aplicó Acido-2-naftoxipropiónico) como fuente de auxina;

reduciéndose así su caída; encontrando que cuando esta auxina se usó sola, fué parcialmente efectiva (6).

Los tratamientos que combinan auxinas y giberelinas, han impedido el proceso normal de fecundación y promovido el crecimiento de frutas como la vid (14).

En la tuna podríamos lograr un mejor amarre y crecimiento de frutos partenocárpicos con aplicaciones combinatorios de Giberelinas y Auxinas (19).

4. Desarrollo de Frutos Partenocarpicos

Una vez que fué amarrado el fruto positivamente, al mismo tiempo varios tejidos asociados empiezan el crecimiento. Las sustancias nutritivas de otras partes de la planta se mueven hacia esos tejidos en desarrollo. Sustancias hormonales como las auxinas, Giberelinas y Citocininas esta involucrados con algunas fases del crecimiento del fruto, de la misma forma que estas están en el amarre del fruto (15, 18).

El incremento en tamaño de un fruto durante las primeras fases de su desarrollo involucra el proceso de división celular. En muchas especies frutícolas la división celular cesa al momento de la antesis (apertura de la flor) como en el caso del tomate. El incremento en tamaño de las células ó expansión celular es el paso siguiente en el desarrollo de un fruto. Tanto en la división como en la expansión celular se encuentran involucrados los giberelinas. Considerandose a las giberilinas y citocininas parte indispensable para el proceso de división celular. De la misma forma que para el fenómeno de expansión celular se requiere de Giberelinas y auxinas en forma combinatoria (19,23).

4.1 Patrones básicos de crecimiento:

4.1.1 La curva de crecimiento sigmoide simple.

Este patrón es típico de frutas como la naranja, manzana y pera entre otras. En que hay un inicio de crecimiento lenta, seguido después por un período de rápido incremento de tamaño; cuando existe un descenso en el rango de crecimiento, el fruto casi ha madurado (15). Las frutas de Opuntia han sido clasificadas dentro de este patrón de crecimiento (1, 19 y 20).

4.1.2 Curva de crecimiento sigmoide doble.

Este patrón de crecimiento ha sido considerado como una curva sigmoide simple, repetida. En este patrón dos períodos de crecimiento rápido quedan divididas por un período intermedio en el que se produce menos crecimiento. Presenta 3 etapas claramente diferenciadas en la que la primera y tercera etapa son de crecimiento del ovario en su forma inicial seguido por el de desarrollo del mesocarpio cuando el fruto se encuentra más desarrollado. La segunda etapa corresponde al desarrollo del embrión, endospermo, lignificación del endocarpio (hueso del fruto) cuando se trata de frutales de hueso, y poco crecimiento de las paredes del ovario (15, 24).

4.2. El papel de las semillas en el desarrollo de los frutos.

En los frutos de tuna en desarrollo las semillas juegan un papel muy importante por ser un fruto multise millado. Cuando un fruto con gran cantidad de semillas presenta menor cantidad de ellas su desarrollo se ve reducido (13). Esto se debe a que las

semillas en desarrollo son una rica fuente productora principalmente de auxinas; pero también de giberelinas y citocininas (5).

Luckwill (1948) estableció que hay una estrecha relación entre el período de caída del fruto de manzana y un descenso en los niveles auxínicos de las semillas (12). La biosíntesis de las giberelinas en las semillas es vista como un papel específico de la semilla en el amarre del fruto aparte de que las semillas pueden participar en la biosíntesis de las mismas (5, 16). Otros asumen que el ácido giberélico es translocado al fruto, subsecuentemente a la síntesis en otros tejidos de la planta (16). Por otra parte las hormonas que emanan de las semillas, estimulan el crecimiento del tejido del fruto y también su distribución y la forma del fruto. Las frutas que caen prematuramente son con muy poco contenido de semillas que la normal o son frutos con pocas semillas en las cuales las semillas se abortan. Crane (1964) propuso que el desarrollo de semillas con sus altos niveles de hormonas actúan como centro de movilización de los nutrientes requeridos para su crecimiento y el de los tejidos que rodean al fruto (5).

4.3 El AG_3 como un sustituto de las semillas de los frutos en desarrollo.

La aplicación de Giberelina exógena durante el crecimiento de los frutos puede sustituir el efecto de la producción de giberelinas que ocasiona la presencia de semillas en los frutos normales y proporcionar así un crecimiento normal de los frutos partenocárpicos (8).

Inmediatamente después de la antesis, las giberelinas están como las sustancias detectables principales de promover el crecimiento. Cuando los niveles de giberelinas disminuyen las auxinas también. Conforme los frutos se aproximan a la madurez, las auxinas y giberelinas desaparecen, siendo los inhibidores los únicos reguladores de crecimiento detectables (11, 21).

El efecto del AG sobre la partenocarpía se encuentra en el estudio realizado por Sastry y Muir (1963). Aquí se muestra que la formación de auxinas en el ovario de tomate es incrementada directamente por los tratamientos de giberelinas. Una muy pequeña cantidad de AG₃ transportado al ovario de la planta madre puede tener casi suficiente formación de auxinas para producir el desarrollo de frutas partenocárpicas (17).

Por consiguiente, cuando se producen frutas de *Opuntia* partenocárpicas es necesaria sustituir el efecto de las semillas con aplicaciones de AG₃ posteriores al amarre del fruto para que no falten las giberelinas durante su desarrollo y que sustituya el efecto que las semillas en un fruto normal ocasionaría de esta manera se estimula el desarrollo del fruto hasta la madurez (13).

En la obtención de frutos partenocárpicas de tuna mediante el empleo de AG₃, se han presentado problemas para desarrollar completamente el endocarpio comestible. Creyéndose en un principio que podría ser debido a una mala translocación de la hormona hacia el interior del fruto a causa de la cáscara tan gruesa que éste fruto presenta o bien debido a una dosis insuficiente de AG₃ en la aplicación (8). Estudios posteriores en que se usaron diferentes dosis de AG y métodos

de aplicación demostraron que es posible obtener frutos partenocárpicos con desarrollo de la parte comestible en forma similar a las frutas normales ya sea asperjando el producto ó inyectando al ovario la dosis adecuada, lo que favorece a la segunda hipótesis ya que de cualquier forma que se aplique el producto es translocado eficientemente (8).

En un estudio realizado por Gil y Espinoza (1980), llegaron a la conclusión de que cuando no existen semillas (partenocarpia) el AG_3 exogeno debe estimular el tejido ovarico un tiempo antes de la antesis para que ese tejido desarrolle totalmente caso que no se hizo con los dos ensayos anteriores por eso no se obtuvieron buenos resultados. Concluyendo que podemos producir frutas postenocárpicas en tamaño y proporción comestible mediante varias aspersiones de Giberelinas (14).

Por otra parte debido al déficit natural de semillas que presentan los frutos de tuna que le resta tamaño potencial. Es posible mediante el uso de AG_3 obtener un fruto de mayor peso debido a que la aplicación de AG_3 se compensaría la falta de giberelinas que ocasiona el menor número de semillas dentro del fruto; obteniéndose de esta manera un fruto de mayor peso y lógicamente un mayor rendimiento del huerto en Ton/ha. Pudiendo sugerirse para utilizarse como una práctica común en el manejo del huerto (19).

MATERIALES Y METODOS

El trabajo experimental se llevó a cabo en la ESAG utilizando para su realización 2 variedades de tuna blanca (Copena 1 y 15). Según un diseño experimental "completamente aleatorio"; analizándose 23 tratamientos con 3 repeticiones. Se utilizó como productos hormonales ácido Giberelico (GA_3) y ácido Naftalenacético (ANA) en dos dosis de 100 y 200 ppm y de 50 y 100 ppm respectivamente.

En base al diseño experimental se procedió a marcar los cladodios buscando aquellos que tuvieron yemas florales en estado de desarrollo 2 (clasificados por Nuñez, A) aproximadamente 3 días antes de antesis, realizando posteriormente un proceso de emasculación, consistió en realizar un corte horizontal a la altura del receptáculo de la yema floral procurando eliminar completamente los órganos reproductores. Una vez emasculadas las yemas, se procedió a hacer la primera aplicación con una aspersora manual procurando bañar completamente las yemas florales. Se efectuaron un total de 4 aspersiones. Comenzando el 14 de Abril de 1986 y las otras 3 a intervalos de 20 días.

La dinámica de cosecha se realizó usando como índice de corte un 70-90% de amarillamiento del fruto y en algunos casos "la prueba del receptáculo" el cual se encontraba plano, cuando el color del fruto no era muy convincente.

El análisis de las variables estudiadas se hizo de la siguiente manera:

1.- Longitud y Diámetro del Fruto

Se midió con un Vernier anotando la medida correspondiente en mm.

2.- Peso (Fruto, Cáscara, Pulpa)

Primero se tomó el peso del fruto con una balanza analítica procediendo después a quitar cuidadosamente la cáscara y tomar luego el peso de la cáscara en la misma balanza.

El peso de la pulpa se obtuvo por diferencia de ambos pesos.

3.- Relación Cáscara/Pulpa

La relación se obtuvo como un resultado de dividir el peso de la cáscara entre el peso de la pulpa.

4.- Análisis de Pulpa

4.1 Grados Brix.

La pulpa de la fruta se depositó en una licuadora para obtener una mezcla homogenizada procurando no dar muchas revoluciones que pudieran destruir las semillas de la pulpa. La mezcla se filtró a través de una tela nylon a un vaso de precipitado de 100 ml. hasta obtener aproximadamente 20 ml. de filtrado. La pasta con semilla que quedó del filtrado en la tela se guardó para utilizarse posteriormente; del filtrado resultante se tomaron de 1-3 gotas para analizar los sólidos solubles en un refractómetro tomando así la lectura correspondiente

4.2 pH

En un vaso de precipitado de 100 ml. se depositó una alícuota de 5 ml. de mezcla filtrada y se le agregaron 5 ml. de agua destilada para obtener una mezcla total de 10 ml. y se le tomó el pH usando para su medición un potenciómetro.

4.3 Acidez Titulable

Con una solución de NaOH 0.0094 N. Se tituló la mezcla de 10 ml, utilizando el potenciómetro, registrándose los ml de NaOH gastadas hasta obtener un pH de (6.10 ± 0.10) . Tomando en ese momento los ml gastados. La acidez titulable se registra como % ácido málico através de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ ácido málico} = \frac{T \times V \times N \times 0.067 \times 100}{m \times P}$$

Donde: T = ml. de NaOH gastados
 V = Volumen total de la mezcla
 N = Normalidad del NaOH
 m = alícuota de la muestra
 p = peso de la muestra
 0.0067 = peso meq. del ac. málico
 100 = para expresar en porcentaje

5.- Análisis de Cáscara

5.1 Grados Brix

Se pesaron 20 gr de cáscara y se pasaron junto con 40 ml de agua destilada al vaso de la licuadora para posteriormente mezclarlos. El resto del procedimiento fué en forma similar al realizado con pulpa con la diferencia de que se desechó la pasta.

5.2 pH y Acidez Titulable

Se analizó similarmente a la pulpa

6.- Análisis de Semilla

6.1 Peso de semilla seca

El residuo de pasta con semilla que quedó al mezclarse la pulpa se depositó en un tamiz de mayor apertura y se lavó a chorro de agua procurando que se filtrara toda la pulpa y quedaron únicamente las semillas limpias. Estas semillas se pusieron a secar a una temperatura de 20° C; una vez secas se procedió a pesarlas en una balanza analítica.

6.2 Relación Semilla/pulpa en porciento

Fué el resultado de dividir el peso de semilla seca entre el peso de la pulpa por 100.

6.3 Peso de Semilla/gramo

La semilla seca se pasó a un soplador de aire donde se hizo una separación en 4 diferentes categorías en base a peso y se sacó un peso promedio de 10 semillas en cada una de las 4 categorías que determinaría finalmente el peso de semillas por gramo.

6.4 Prueba de Germinación de Tetrazólium.

La viabilidad de las semillas se confirmó mediante el empleo de la prueba del tetrazol que consistió en depositar 40 semillas limpias y secas de las 4 categorías en vasos de precipitado de 50 ml agregandole 20 ml de una solución de terazol al 1% dejandolas reposar por un lapso de 48 horas aproximadamente. Para facilitar la penetración del tetrazol se hizo una pequeña perforación a las semillas haciendo uso de una aguja de disección. Después del tiempo destinado para la penetración de la solución se procedió a realizar un corte a las semillas para observar el embrión al microscopio. Considerandose viable cuando esté tomaba una coloración rojo-wino.

Cuadro 1. Listado de los diferentes tratamientos utilizados en base a: producto, dosis y épocas de aplicación.

-
1. AG₁₀₀ (I)
 2. AG₂₀₀ (I)
 3. AG₁₀₀ (I) + AG₁₀₀ (II)
 4. AG₁₀₀ (I) + AG₂₀₀ (II)
 5. AG₂₀₀ (I) + AG₁₀₀ (II)
 6. AG₂₀₀ (I) + AG₂₀₀ (II)
 7. AG₁₀₀ (I) + AG₁₀₀ (II) + (AG₁₀₀ + ANA₅₀ (III))
 8. AG₁₀₀ (I) + AG₂₀₀ (II) + (AG₁₀₀ + ANA₁₀₀ (III))
 9. AG₁₀₀ (I) + AG₁₀₀ (II) + ANA₅₀ (III)
 10. AG₁₀₀ (I) + AG₂₀₀ (II) + ANA₁₀₀ (III)
 11. AG₂₀₀ (I) + AG₁₀₀ (II) + (AG₂₀₀ + ANA₅₀ (III))
 12. AG₂₀₀ (I) + AG₂₀₀ (II) + (AG₂₀₀ + ANA₂₀₀ (III))
 13. AG₂₀₀ (I) + AG₁₀₀ (II) + ANA₅₀ (III)
 14. AG₂₀₀ (I) + AG₂₀₀ (II) + ANA₁₀₀ (III)
 15. AG₁₀₀ (I) + AG₁₀₀ (II) + (AG₁₀₀ + ANA₅₀ (III)) + (AG₁₀₀ + ANA₅₀ (IV))
 16. AG₁₀₀ (I) + AG₂₀₀ (II) + (AG₁₀₀ + ANA₁₀₀ (III)) + (AG₁₀₀ + ANA₁₀₀ (IV))
 17. AG₁₀₀ (I) + AG₁₀₀ (II) + ANA₅₀ (III) + ANA₅₀ (IV)
 18. AG₁₀₀ (I) + AG₂₀₀ (II) + ANA₁₀₀ (III) + ANA₅₀ (IV)
 19. AG₂₀₀ (I) + AG₁₀₀ (II) + (AG₂₀₀ + ANA₅₀ (III)) + (AG₂₀₀ + ANA₅₀ (IV))
 20. AG₂₀₀ (I) + AG₂₀₀ (II) + (AG₂₀₀ + ANA₁₀₀ (III)) + (AG₂₀₀ + ANA₁₀₀ (IV))
 21. AG₂₀₀ (I) + AG₁₀₀ (II) + ANA₅₀ (III) + ANA₅₀ (IV)
 22. AG₂₀₀ (I) + AG₂₀₀ (II) + ANA₁₀₀ (III) + ANA₁₀₀ (IV)
 23. TESTIGO.
-

SIMBOLOGIA

$AG_{100,200}$ = Acido giberelico a 100 ó 200 ppm

$ANA_{50,100}$ = Acido naftalenacético a 50 ppm ó 100 ppm

- I = Primera aplicación el día 14 de abril de 1986.
- II = Segunda aplicación el día 4 de mayo de 1986.
- III = Tercera aplicación el día 24 de mayo de 1986.
- IV = Cuarta aplicación el día 13 de junio de 1986.

RESULTADOS Y DISCUSION

Después de realizados los análisis estadísticos correspondientes para cada una de las variables dependientes, se encontró que para longitud del fruto, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (cuadro 7 del apéndice) y al realizar la comparación de medias se encontró que los frutos que recibían la aplicación de Acido Giberelico (AG_3) presentaron mayor longitud, de hasta 77.7 mm (Cuadro 2), independientemente si se aplicaba o no ácido naftalenacetico (ANA), en combinación con el acido giberelico (AG_3) la longitud del fruto en general, podría ser atribuida al efecto del Acido Giberelico (Cuadro 2) pues al realizar correlaciones de los diferentes tratamientos, se encontró que siempre que se aplicaba AG se presentaba la mayor longitud, como es el caso del Tratamiento 1 y 4, presentando una correlación de 1.00011, y en ambos casos, solo se aplicó AG_3 , así mismo se obtuvo que el aplicar en las primeras etapas del crecimiento es suficiente para tener un fruto de buena longitud, ya sea en la primera o segunda fecha de aplicación y se obtuvo al observar las correlaciones de los tratamientos 18 y 19 con un valor de 0.9961 y 20 y 21 con valor de 0.9908, en donde es independiente realizar 2 ó 4 aplicaciones de AG_3 , siendo lo que comunmente se ha observado para la mayoría de los frutales (6); sin embargo, no se encontraron diferencias significativas con respecto al diámetro del fruto (cuadro 8 del apéndice); peso del

Cuadro 2. Efecto de los diferentes tratamientos sobre la longitud del fruto de tuna blanca (*Opuntia amyclaea* Tenore).

Producto	Longitud del fruto		
AG ₃ (ppm)	ANA (ppm)	(mm)	
200	0	77.733	¹ a
100+200	0	76.55	ab
100	0	76.225	ab
100+100	0	74.291	ab
200+100	50+50	73.466	ab
100+200+100	100	70.0	ab
Testigo		67.277	ab
200+200	100+100	67.10	ab
200+200	100	66.60	ab
200+100	0	66.450	ab
200+100	50	66.394	ab
100+100	50	65.166	ab
200+200+200	100	64.75	ab
200+100+200	50	64.727	ab
200+100+200+200	50+50	63.666	ab
100+100+100	50	62.25	ab
100+200+100+100	100+100	60.405	ab
100+200	100+50	60.0	ab
100+100+100+100	50+50	57.438	ab
200+200+200+200	100+100	56.25	ab
100+100	50+50	55.916	ab
100+200	100	50.40	ab
200+200	0	48.677	b

DSH: 28.6092

¹Medias con la misma letra son iguales estadísticamente según prueba de comparación múltiple de Tukey en un rango de $P > 0.95$.

fruto (cuadro 9 del apéndice); peso de la cáscara (cuadro 10 del apéndice), peso de la pulpa (Cuadro 11 del apéndice) y la relación cáscara/pulpa (cuadro 12 del apéndice).

Así mismo, al analizar los efectos de los tratamientos sobre los grados Brix de la pulpa del fruto se encontraron diferencias significativas (cuadro 13 del apéndice), obteniendo el más alto valor de 14.08 para el Testigo y el más bajo valor, de 9.00 para aquellos frutos que recibieron aplicaciones de AG_3 en alta concentración (200 ppm) durante las primeras etapas del crecimiento del fruto a pesar de que también recibieron aplicaciones de ANA, no existiendo muchas diferencias entre los tratamientos (cuadro 3) y esto fué atribuído a que AG_3 y ANA se podrían encontrarse relacionados a un retraso fisiológico en la meduréz del fruto, tal y como lo consideran algunos autores (4,13).

Con respecto al pH y acidéz titulable de la pulpa del fruto, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, (cuadro 14 y 15 del apéndice) respectivamente.

Al realizar los análisis correspondientes para la cáscara del fruto y que ellò nos indicara la respuesta obtenida en la pulpa, no se encontraron diferencias significativas, tanto para Brix, pH ó Acidez titulable (Cuadros 16, 17 y 18 del apéndice).

Sin embargo, al analizar el peso de las semillas, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (cuadro 19 del apéndice) obteniéndose que todos aquellos tratamientos que recibieron aplicación de AG_3 , presentaron menor peso de la semilla que el testigo, el cual tuvo un peso de

Cuadro 3: Efecto de los diferentes tratamientos sobre los sólidos solubles (°Brix) de la pulpa del fruto de tuna blanca (*Opuntia amyclaea* Tenore).

Producto	Sólidos solubles de la pulpa	
AGs (ppm)	ANA (ppm)	(° Brix)
Testigo		14.083 a ¹
200+200	100+100	13.616 ab
100	0	12.975 ab
200+200	100	12.783 ab
200+100+200+200	50+50	12.333 ab
200+100	50+50	12.033 ab
200+100	0	11.616 ab
100+200	0	11.483 ab
100+200+100+100	100+100	11.433 ab
200	0	11.35 ab
200+100	50	11.316 ab
100+100+100	50	11.25 ab
100+100	0	11.233 ab
100+100+100+100	50+50	11.116 ab
200+200+200+200	100+100	11.025 ab
100+100	50	10.666 ab
100+200	100+50	10.666 ab
100+200	100	10.2 ab
100+100	50+50	9.583 ab
100+200+100	100	9.344 ab
200+200	0	9.000 b
200+100+200	50	8.683 b
200+200+200	100	8.166 b

DSH: 5.04679

¹ Medias con la misma letra son iguales estadísticamente según prueba de comparación múltiple de Tukey en un rango de $P > 0.95$.

3.49 gr. y los tratamientos variaron entre 0.1 y 1 g. dependiendo del tratamiento; (cuadro 4), coincidiendo con la mayoría de los autores que consideraron el efecto del AG_3 sobre la producción de semilla (5,11,12), haciendo notar que en el presente trabajo, todos los tratamientos recibieron la aplicación de AG_3 durante la primera etapa del crecimiento del fruto, para inducir a la no formación o aborto de las semillas y las subsecuentes aplicaciones para inducir el crecimiento del fruto, así, al realizar la separación de las semillas, conforme al tamaño y clasificación en 4 categorías con respecto a peso y al compararlas con las del Testigo se encontró que conforme la semilla se consideraba normal por su peso se incrementaba en los frutos sin tratamiento, esto es, los pesos de las semillas del testigo, siempre fueron mayores siendo para semillas con estructura ovular no endurecida de 0.81 mgr. y para semillas normales de 15.81; en comparación con los pesos promedios de las semillas de los tratamientos se variaron de 0.74 a 3.02 mgr. respectivamente (cuadro 5), coincidiendo con Mejía (1985).

Así mismo, al realizar la prueba de viabilidad de las semillas en cada una de las categorías para determinar si realmente el AG_3 provocaba el aborto ó no la formación del embrión, se encontró, que solo las semillas de la categoría c y d (cuadro 5) presentaron porcentajes de viabilidad, con 75 y 72.51% respectivamente.

Así mismo, buscando tener la mejor relación posible de semilla/pulpa, en base a los tratamientos, se encontraron diferencias significativas (cuadro 20 del apéndice) y al realizar

Cuadro 4: Efecto de los diferentes tratamientos sobre el peso de semilla seca de frutos de tuna blanca (Opuntia amyclaea Tenore).

Producto	ANA	Peso de semilla seca	
(p̄m)	(ppm)	(g)	
Testigo		3.498	a ¹
200+100	50+50	1.010	b
200+200	100+100	0.931	b
200+200	100	0.796	b
100+200+100	100	0.784	b
100+200	0	0.779	b
100	0	0.720	b
200+100+200+200	50+50	0.669	b
200+100+200	50	0.665	b
200	0	0.460	b
100+100	50	0.427	b
200+100	0	0.372	b
200+200	0	0.361	b
200+100	50	0.313	b
100+100	50+50	0.291	b
100+200+100+100	100+100	0.244	b
100+100+100+100	50+50	0.242	b
100+100+100	50	0.196	b
200+200+200	100	0.155	b
100+200	100	0.153	b
100+100	0	0.113	b
100+200	100+50	0.095	b
200+200+200+200	100+100	0.085	b

DSH: 1.45218

¹ Medias con la misma letra son iguales estadísticamente según prueba de comparación múltiple de Tukey en un rango de $P > 0.995$

Cuadro 5: Clasificación de la semilla de tuna por soplador de aire.

Categoría	Descripción	Peso/semilla (mg)	
		Testigo	Promedio de Tratamientos
a	Estructura ovular no-endurecida.	0.81	0.74 ± 0.32
b	Semilla sin embrión, presenta tegumentos endurecidos.	5.15	3.34 ± 1.54
c	Semilla normal pero - con menor peso que la categoría d.	15.29	5.44 ± 2.67
d	Semilla normal en peso y forma.	15.81	3.02 ± 5.53

la comparación de medias sse encontró que el más alto valor, fué para el testigo con 6.31 significando que el fruto poseía muchas semillas y poca pulpa, en comparación con aquellos tratamientos que recibieron AG₃ tanto al inicio como durante el transcurso del crecimiento del fruto y además la aplicación de ANA; como es el caso de los tratamientos 18 y 20 que obtuvieron valores de 0.69 y 0.77 respectivamente (cuadro 6) en donde, tal como consideran algunos autores (8,13,14) el AG₃ crea la condición del fruto sin semilla y el ANA promueve el crecimiento del fruto, obtuviéndose un fruto con buena cantidad de pulpa y nula o poca cantidad de semillas; aunque caba hacer la observación de que los tratamientos anteriormente mencionados, presentaron muy poca longitud del fruto.

El efecto de los tratamientos, al considerar un retraso en la madurez fisiológica se obtuvo al analizar la dinámica de la cosecha de los tratamientos con respecto al tiempo, observándose que el testigo se concentraba en las tres últimas semanas de julio, no así para algunos tratamientos que se cosecharon a finales de septiembre o principios de octubre, en donde las condiciones ambientales, han cambiado y ésto trae un efecto sobre el mismo crecimiento del fruto o su composición con respecto a grados °Brix o acidéz titulable, coincidiendo con (13) que considera el AG₃ tiene un efecto retardante de la maduración, expresada como color de piel.

Cuadro 6: Efecto de los diferentes tratamientos sobre la relación semilla/pulpa en frutos de tuna blanca (*Opuntia amyclaea* Tenore).

Producto		Relación semilla/pulpa	
AG ₃ (ppm)	ANA (ppm)	(g)	
Testigo		6.310	a ¹
100+200+100	100	3.225	ab
200+100	50+50	2.726	b
200+200	100	2.612	b
100+200	0	2.252	b
200+200	100+100	2.198	b
200+100+200	50	2.024	b
200+100+200+200	50+50	2.015	b
200+200	0	1.876	b
100	0	1.847	b
100+200	100	1.737	b
100+100+100+100	50+50	1.729	b
100+100	50+50	1.667	b
100+100	50	1.533	b
200+100	0	1.406	b
200	0	1.352	b
200+100	50	1.285	b
100+100+100	50	1.163	b
200+200+200	100	0.965	b
100+200+100+100	100+100	0.903	b
100+100	0	0.823	b
200+200+200+200	100+100	0.772	b
100+200	100+50	0.699	b

DSH: 3.21945

¹ Medias con la misma letra son iguales estadísticamente, según prueba de comparación múltiple de Tukey en un rango de $P > 0.95$

CONCLUSIONES

El objetivo fundamental de la presente Investigación fué el de evaluar la aplicación de los productos Hormonales: Acido Giberélico y Acido Naftalenacetico, aplicando este último como un complemento en la obtención de frutas partenocarpicas cuyas características físicas resulten aceptables para su comercialización. Los resultados obtenidos nos permiten indicar que:

1). Las aplicaciones de AG_3 , a yemas de Tuna previamente emasculadas, nos proporcionan la formación de frutos con una mayor longitud que los frutos normales. (No-tratados).

2). Las asperciones de AG_3 , durante las dos primeras etapas del crecimiento del fruto son las etapas óptimas para obtener un fruto con una buenas características.

3). El AG_3 y el ANA ocasionan un ligero retraso fisiológico en la madurez del fruto (Sólidos solubles de la pulpa), manifestándose lo anterior al momento de la cosecha la cual se retrazó hasta septiembre y octubre en los frutos tratados.

4). Las asperciones combinatorias de Giberelinas y Auxienas no ocasionaron ninguna alteración en la composición química (pH, sólidos totales y acidéz titulable) de la cáscara de los frutos que recibieron aplicación (únicamente físico o color de la piel).

5). El AG_3 provoca la formación de frutos con menor peso en sus semillas (semillas vanas), las cuales se incrementaron en todos los frutos tratados, considerándoles frutos partenocarpicos.

7). La combinación de Giberelina y Auxiena aplicada a yemas emasculadas proporcionan la formación de frutos con una apreciable relación semilla/pulpa (buena cantidad de pulpa y poca cantidad de semillas).

Se recomienda para futuros estudios seguir provando las dosis de AG_3 a 100 y 200 ppm aplicadas solo durante la primera y segunda etapa del crecimiento del fruto ya que es donde se observan los mejores resultados; de la misma manera seguir estudiando las aplicaciones combinatorias de Giberelinas, Auxinas y otros compuestos hormonales sobre todo de los tratamientos (18 y 20 del cuadro 1) que resultaron los más prometedores con respecto a la variable relación semilla/pulpa.

BIBLIOGRAFIA

1. Alvarado, S.L. 1983. Fisiología y Bioquímica del desarrollo del fruto del Nopal Tunero (Opuntia amyclaea Tenore). Chapingo, México. Colegio de Postgraduados. Escuela de Agricultura 73 pp. (tesis, M.C.)
2. Barker, W.G. and W.G. Collins. 1965. Parthenocarpic fruit set in the Lowbush blueberry. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. Vol. 87: 229-233.
3. Calderon, A.E. 1985. Fruticultura General "El esfuerzo del Hombre". 3 ed. México, D.F. Ed. Limusa. P. 124-128; 763pp
4. Crane, J.C. and R. Blondeau. 1951. Hormane induced parthenocarpy in the Calimyrna fig. and a comparison of parthenocarpic and caprifigged syconia. Plant Physiology. No. 26: 136-145.
5. Crane, J.C. 1969. The role of Hormones in fruit set and development. Hort. Sci. 4 (2): 108-111.
6. Dennis, F.G. Jr. and Edgerton. Induction of parthenocarpy in the apple with gibberellin, and the effect of supplementary auxin application. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. No. 80: 58-63
7. Devlin, R.M. 1970. Fisiología Vegetal. Trad. por X. Llimana P. Barcelona. Ed. Omega. p. 456-462. 614 pp.
8. Díaz, Z.F. y G. Gil S. 1978. Efectividad de diversas dosis y métodos de aplicación del ácido Giberélico en la inducción de partenocarpia y en el crecimiento del fruto de Tuna (Opuntia ficus indica Mill). Ciencia e Investigación Agraria (Chile). 5(3): 109-117.
9. Esau, K. 1976. Anatomía Vegetal. Trad. por Dr. J. Pons. R. 3ed. Barcelona. Ed. Omega. p. 620-621; 779 pp.
10. George, Jr. W.L. 1984. Parthenocarpy in Tomato. Horticultura Reviews. Vol. 6: 66-67.
11. Gil, G.T., G.C. Martín, and W.H. Griggs. 1972. Fruit set and development in the pear: Extractable Endogenous Hormones in Parthenocarpic and seeded Fruits. J. Amer Soc. Hort. Sci. 97(6): 731-735.
12. Gil, G.F. W.H. Griggs, and G.C. Martín. 1972. Gibberellin-induced Parthenocarpy in "Winter Neils" pear. Hort. Sci. 7(6):559-561.

13. Gil, G.F. M. Morales y A. Momberg. 1977. Cuaja y desarrollo del fruto de Tuna (Opuntia Ficus indica, Mill) y su relación con polinización y con los ácidos giberelico y Cloro etil fosfónico. Ciencia e Investigación agraria (Chile). 4(3):163-169.
14. Gil, S.G. y A. Espinoza R. 1980. Desarrollo de frutos de Tuna (Opuntia ficus indica, Mill) con aplicación preforal de Giberelina y auxina. Ciencia e Investigación Agraria. (Chile). 7(2): 141-147.
15. Hartmann, H.T. W.J. Flocker; A.M. Kafrabek. 1981. Plant Science Growth, Development and Utilization of Cultured plants. United States of América. Inc. Prentice-Hall Englewood cliffs. p. 130-137; 676pp.
16. Hayashi, F.R. Naito, M.J. Bukavac, and H.M. Seil. 1968. Occurrence of Giberellin A3 in Parthenocarpic Apple Fruit. Plant Physiology No. 43: 448-450.
17. Homan, D.N. 1964. Auxin Transport in the Physiology of Fruit development. Plant Physiology. No. 39: 982-986.
18. Mann, L.K. 1948. Morphological development of parthenocarpic Fruits. Proc. Amer. Soc. hort. Sci. No. 52: 226-230.
19. Mejía, N.A. 1986. Desarrollo y Calidad de Frutas partenocarpicas de Tuna Blanca (Opuntia amyclaea Tenore). Hermosillo, Sonora. Universidad de Sonora. Escuela de Agricultura y Ganadería. 52 pp. (Tesis).
20. Montiel, R.S.M. 1986. Producción y Calidad de frutas maduras de 9 selecciones de Tuna Blanca (Opuntia amyclaea Tenore) en la Costa de Hermosillo. Hermosillo Sonora. Universidad de Sonora. Escuela de Agricultura y Ganadería. 48 pp. (Tesis).
21. Rojas, G.M. y M. Rovalo M. 1982. Fisiología Vegetal Aplicada. México, D. F. Ed. Mc Graw-Hill. p. 206-216. 262 pp.
22. Schwabe, W.W. y J.J. Mills. 1981. Hormones and parthenocarpic fruit set. Horticultural Abstracts. London. 51(10):661.
23. Wareing, P.F. and I.D.J. Phillips. 1981. Growth and differentiation in plants. Great Britain. Inc. Pergamon press. p.128-133;343pp.

24. Weaver, R.J. 1984. Reguladores del crecimiento de las plantas en la Agricultura. Trad. de la Ied. publicada en ingles por A. Contin. 3ed. México, D.F. Ed. Trillas. P. 256-266; 622 pp.
25. Westwodd, M.N. 1982. Fruticultura de Zonas Templadas. Trad, por: L.Rallo R., F. Pérez C., J.M. Caballero R, R. Fernández E., D. Barraneo-N. Madrid Ed. Mundi prensa. p. 203-204; 460 pp.

APENDICE

Cuadro 7: Análisis de Varianza para la Variable Longitud del Fruto (mm) de Frutas Partenocárpicas Maduras de Opuntia amyclaea T.

FV	GL	SC	CM	F	F0.05	F0.01
Tratamientos	22	4115.188	187.054*	2.263521	1.797	2.296
Error	44	3636.094	82.638			
Total	66	7751.282				

Cuadro 8: Análisis de Varianza para la Variable Diámetro del Fruto (mm) de Frutas Partenocárpicas Maduras de Opuntia amyclaea T.

FV	GL	SC	CM	F	F0.05	F0.01
Tratamientos	22	802.977	36.499	N.S 1.101831	1.797	2.296
Error	44	1457.531	33.126			
Total	66	2260.508				

Cuadro 9: Análisis de Varianza para la Variable Peso del Fruto (gr) de Frutas Partenocárpicas Maduras de Opuntia amyclaea T.

FV	GL	SC	CM	F	F0.05	F0.01	
Tratamientos	22	11007.13	500.324	N.S	1.0929	1.797	2.296
Error	44	20143.19	457.800				
Total	66	31150.31					

Cuadro 10: Análisis de Varianza para la Variable Peso de la Cáscara (gr) de Frutas Partenocárpicas Maduras de Opuntia amyclaea T.

FV	GL	SC	CM	F	F0.05	F0.01	
Tratamientos	22	2956.266	134.376	N.S	0.9503	1.797	2.296
Error	44	6221.852	141.406				
Total	66	9178.118					

Cuadro 11: Análisis de Varianza para la Variable Peso de la Pulpa (gr) de Frutas Partenocárpicas Maduras de Opuntia amyclaea T.

FV	GL	SC	CM	F	F0.05	F0.01
Tratamientos	22	4745.42	215.701	N.S	1.703985	1.797 2.296
Error	44	5569.791	126.586			
Total	66	10315.21				

Cuadro 12: Análisis de Varianza para la Variable Relación
Cáscara/Pulpa (gr) de Frutas Partenocárpicas Maduras
de Opuntia amyclaea T.

FV	GL	SC	CM		F	F0.05	F0.01
Tratamientos	22	279.972	12.726	N.S	1.5512	1.797	2.296
Error	44	360.9772	8.204				
Total	66	640.949					

Cuadro 13: Análisis de Varianza para la Variable Sólidos Solubles (°Brix) de la pulpa de las Frutas Partenocárpicas Maduras de Opuntia amyclaea T.

FV	GL	SC	CM	F	F0.05	F0.01
Tratamientos	22	150.180	6.826 **	2.6545	1.797	2.296
Error	44	113.149	2.571			
Total	66	263.329				

Cuadro 14: Análisis de Varianza para la Variable pH de la pulpa de Frutas Partenocárpicas Maduras de Opuntia amyclaea T.

FV	GL	SC	CM	F	F0.05	F0.01	
Tratamientos	22	13.981	0.6355	N.S	1.7136	1.797	2.296
Error	44	16.318	0.3708				
Total	66	30.299					

Cuadro 15: Análisis de Varianza para la Variable % de Acidez Titulable de la Pulpa de Frutas Partenocárpicas Maduras de Opuntia amyclaea T.

FV	GL	SC	CM	F	F0.05	F0.01
Tratamientos	22	0.51374	0.0233 N.S	1.1802	1.797	2.296
Error	44	0.87057	0.0198			
Total	66	1.38431				

Cuadro 16: Análisis de Varianza para la Variable Sólidos Solubles (° Brix) de la cáscara de Frutas Partenocárpicas Maduras de Opuntia amyclaea T.

FV	GL	SC	CM	F	F0.05	F0.01	
Tratamientos	22	13.900	0.6318	N.S	1.5988	1.797	2.296
Error	44	17.389	0.3952				
Total	66	31.290					

Cuadro 17: Análisis de Varianza para la Variable pH de la cáscara de Frutas Partenocárpicas Maduras de Opuntia amyclaea T.

FV	GL	SC	CM	F	F0.05	F0.01
Tratamientos	22	4.839	0.2199	N.S	0.9131	1.797 2.296
Error	44	10.598	0.2408			
Total	66	15.436				

Cuadro 18: Análisis de Varianza para la Variable % de Acidez Titulable de la Cáscara de Frutas Partenocárpicas Maduras de Opuntia amyclaea T.

FV	GL	SC	CM	F	F0.05	F0.01
Tratamientos	22	0.00414	0.00019 N.S	1.30485	1.797	2.296
Error	44	0.00635	0.00014			
Total	66	0.01049				

Cuadro 19: Análisis de Varianza para la Variable Peso de Semilla (gr) de Frutas Partenocárpicas Maduras de Opuntia amyclaea T.

FV	GL	SC	CM	F	F0.05	F0.01
Tratamientos	22	32.118	1.4599 **	6.8566	1.797	2.296
Error	44	9.368	0.2129			
Total	66	41.486				

Cuadro 20: Análisis de Varianza para la Variable Relación Semilla/Pulpa de Frutas Partenocárpicas Maduras de Opuntia amyclaea T.

FV	GL	SC	CM	F	F0.05	F0.01
Tratamientos	22	90.229	4.1013 **	3.9191	1.797	2.296
Error	44	46.045	1.0465			
Total	66	136.274				