



**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Facultad de Estudios Superiores Iztacala**  
**Carrera de Biología**

**EFFECTO DEL ETHREL Y ÁCIDO GIBERÉLICO EN EL  
DEFASAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL FRUTO DE  
LA GRANADA ROJA 'Apaseo tardía'.**

**Tesis que para obtener el título de Biólogo**

**PRESENTA**

**Sánchez Ramírez Paula Julieta**

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

**Los Reyes Iztacala, Edo. De Méx. A 9 de Diciembre del 2019**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## AGRADECIMIENTOS

En algún punto en la carrera se piensa que jamás llegara este día. Rezamos para que llegue lo más rápido posible, marcamos los días en el calendario y contamos las horas, los minutos y hasta los segundos.

Pero ahora que estoy aquí, solo me queda decir gracias... A los amigos que me inspiraron, los profesores que fueron mis mentores, tanta gente que dio forma a mi vida y la de mis compañeros, irremediabilmente y para siempre.

Quiero agradecer a mis abuelas de quienes recibí mis nombres y quienes formaron gran parte de mi persona, a través de su amabilidad, su dulzura y aunque ya no están aquí, siempre recordare su generosidad y su amor. Son grandes pilares sin los cuales mucho de mi vida no estaría en pie, estoy orgullosa de ser su nieta.

Pero mi inspiración fundamental viene de mis padres, quienes jamás me dejaron pensar que no podía hacer exactamente lo que quisiera ser. Llenaron mi casa de amor y de comprensión, fueron mi guía en todo y me apoyaron incondicionalmente.

Gracias a la universidad Nacional Autónoma de México por darme un lugar para seguir formándome desde la educación media superior hasta la culminación de mi carrera, aquí incluyo a muchos de los profesores que tuve a lo largo de los años y cuya dedicación a la labor de la enseñanza no habría logrado culminar esta etapa de mi vida.

También quisiera resaltar que esta tesis necesito de muchos componentes para poder ser realizada. En primer lugar gracias a los señores Francisco y Antonio Pérez García por darme permiso de trabajar libremente en su huerta, la cual fue el sitio experimental de mi trabajo de investigación. Gracias a los revisores de este trabajo, la Dra. Elvia Lucia Pavón Meza, la Mtra. Diana Herrera Rojas, la Mtra. Antonia Trujillo Hernández y la Dra. María Graciela Molina González quienes se tomaron el tiempo de orientarme y contribuir no solo en el enriquecimiento durante la redacción del trabajo sino también en las áreas del laboratorio al brindarme espacio para trabajar y sobre todo el material y al M. en C. Ismael Aguilar Ayala, quien dirigió el proyecto desde el inicio. Gracias por toda su ayuda y apoyo.

# Índice

1. Introducción .....	7
2. Antecedentes.....	10
2.1 Origen y generalidades de la granada roja.....	10
2.1.1 Descripción botánica.....	10
2.1.2 Requerimientos ambientales.....	12
2.1.3 Variedades cultivadas.....	12
2.1.4 Comercio y producción.....	13
2.1.5 Composición y valoración nutricional.....	14
2.1.6 Propiedades de la Granada Roja.....	16
2.2 Etileno.....	17
2.2.1 Importancia del Etileno en plantas.....	17
2.2.2 Producción y síntesis de Etileno.....	17
2.2.3 Señalización.....	19
2.3 Giberelinas.....	21
2.3.1 Importancia de las Giberelinas.....	21
2.3.2 Síntesis de Giberelinas.....	22
2.3.3 Efecto fisiológico de Giberelinas en frutales.....	24
3. Objetivos.....	25
3.1 Objetivos generales.....	25
3.2 Objetivos particulares.....	25
4. Material y Métodos.....	26
4.1 Sitio experimental.....	26
4.3. Variables de Respuesta.....	29
4.4 Análisis estadístico.....	29
5. Resultados y discusión.....	30
5.1 Efecto del Ethrel y ácido giberélico.....	30

5.2	Yemas brotadas.....	30
5.3	Botones florales.....	32
5.3.1	PORCENTAJE ESTIMADO DE BOTONES FLORALES.....	32
5.3.2	NÚMERO DE BOTONES FLORALES.....	33
5.4	Flores abiertas.....	34
5.4.1	PORCENTAJE ESTIMADO DE FLORES ABIERTAS.....	34
5.4.2	NÚMERO DE FLORES ABIERTAS .....	35
5.5	Amarre de fruto.....	36
5.5.1	PORCENTAJE ESTIMADO DE AMARRE DE FRUTOS.....	36
5.5.2	NÚMERO DE FRUTOS AMARRADOS.....	37
5.6	Desarrollo del fruto.....	38
5.6.1	TAMAÑO DEL FRUTO (DIÁMETRO Y LONGITUD).....	38
5.6.2	MASA.....	40
5.6.3	Sólidos Solubles Totales (SST).....	41
5.6.4	pH.....	42
5.6.5	ACIDEZ TITULABLE.....	43
5.5.6	RELACIÓN °BRIX/Acidez titulable .....	44
5.5.7	ÁCIDO ASCÓRBICO .....	45
5.5.8	ANTOCIANINAS .....	46
6.	Conclusiones.....	47
7.	Bibliografía.....	48
8.	Anexo .....	58
8.1	Modelos y formulas .....	59

## Índice de Figuras.

Figura 1. Clasificación taxonómica ( <i>P. granatum</i> ) obtenido de Melgarejo y Salazar, 2000. ....	10
Figura 2. Biosíntesis del etileno y ciclo del yang. Obtenido de Jordan y Casaretto, 2006. 18	
Figura 3. Mecanismo de acción de etileno tomado de Schaller y Kieber, 2002. ....	19
Figura 4. Ruta de Biosíntesis a partir del Ácido Mevalónico tomado de Jordan y Casaretto, 2006. ....	22
Figura 5. Vía de biosíntesis de las principales giberelinas a partir de GGPP en tres etapas y diferentes sitios celulares. Se indican algunas enzimas que catalizan reacciones importantes como también algunos genes identificados en <i>Arabidopsis</i> . Las flechas rojas muestran el lugar de síntesis en la célula. Aquellas giberelinas con alta actividad biológica en plantas están enmarcadas en color verde. Obtenido de Jordan y Casaretto, 2006. ....	23
Figura 6. Fotografía que muestra la entrada a la huerta de la granada roja 'Apaseo tardía' en Ixmiquilpan, Hidalgo. ....	26
Figura 7. Ubicación del sitio experimental en el municipio de Ixmiquilpan, Estado de Hidalgo, México. ....	27
Figura 8. Selección y marcaje de árboles (A). Selección y verificación de ramas en buen estado (B). Marcaje de ramas y conteo de yemas sin brotar (C). Aplicación dirigida de los tratamientos de Ac. Giberélico y Ethrel a punto de goteo a yemas sin brotar de árboles de granada roja ( <i>P.granatum</i> ) Cv. Apaseo tardía (D). ....	28
Figura 9. Efecto de la aplicación de Ethrel y Ácido giberélico en el número de yemas brotadas en árboles de granada roja 'Apaseo tardía'. ....	30
Figura 10. Efecto del Ácido giberélico y del Ethrel sobre el tamaño final del fruto de granada roja 'Apaseo tardía' en diámetro y longitud. ....	38
Figura 11. Efecto del Ácido giberélico y del Ethrel sobre la masa final del fruto de granada roja 'Apaseo tardía'. ....	40
Figura 12. Efecto del Ácido giberélico y del Ethrel sobre el contenido de Sólidos Solubles Totales del fruto de granada roja 'Apaseo tardía'. ....	41
Figura 13. Efecto del Ácido giberélico y del Ethrel sobre el pH del jugo de granada roja 'Apaseo tardía'. ....	42
Figura 14. Efecto del Ácido giberélico y del Ethrel sobre el porcentaje de acidez del jugo de granada roja 'Apaseo tardía'. ....	43
Figura 15. Efecto del Ácido giberélico y del Ethrel sobre la relación °Brix/acidez titulable en el fruto de granada roja 'Apaseo tardía'. ....	44

Figura 16. Efecto del Ácido giberélico y del Ethrel sobre el contenido de ácido ascórbico en jugo de granada roja 'Apaseo tardía' . . . . .	45
Figura 17. Efecto del Ácido giberélico y del Ethrel sobre el contenido de antiocianinas en jugo de granada roja 'Apaseo tardía' . . . . .	46
Figura 18. Criterios e interpretación de resultados (botón floral, flores abiertas y frutos amarrados) en granada roja 'Apaseo tardía' por efecto de la aplicación de tratamientos de ethrel y ácido giberélico. . . . .	58
Figura 19. Frutos cosechados llevados al anexo del laboratorio de Morfofisiología vegetal L-204 y al laboratorio de frutos y semillas L-5 para la evaluación de calidad. . . . .	58

## Índice de Tablas y Cuadros.

Tabla 1. Composición nutrimental de granada roja tomada de Moreiros y colaboradores en 2013.Consenso de la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (2011). . . . .	15
Cuadro 1. Efecto de la aplicación de Ethrel y Ácido giberélico en el número de yemas brotadas en árboles de granada roja 'Apaseo tardía' por fecha de muestreo. . . . .	31
Cuadro 2. Efecto del Ethrel y Ácido giberélico en el porcentaje estimado de botones florales de 4 muestreos en la granada roja 'Apaseo tardía' . . . . .	32
Cuadro 3. Efecto del Ethrel y Acido giberélico en el número de botones florales de cuatro muestreos en la granada roja 'Apaseo tardía' . . . . .	33
Cuadro 4. Efecto del Ethrel y Ácido giberélico en el porcentaje estimado de flores abiertas en 4 muestreos en la granada roja 'Apaseo tardía' . . . . .	34
Cuadro 5. Efecto del Ethrel y Ácido giberélico en el número de flores abiertas en 4 muestreos de la granada roja 'Apaseo Tardía' . . . . .	35
Cuadro 6. Efecto del Ethrel y Ácido giberélico en el amarre de frutos de tres muestreos en la granada roja 'Apaseo tardía' . . . . .	36
Cuadro 7. Efecto del Ethrel y ácido giberélico sobre el promedio de amarre de frutos en 3 muestreos de la granada roja 'Apaseo Tardía' . . . . .	37

# 1.Introducción

En numerosos países en desarrollo, de acuerdo con la Organización Mundial de Comercio, el sector agrícola es importante para el empleo, la producción y el consumo de alimentos (OMC, 2014a), por lo que la fruticultura es un agronegocio creciente a nivel mundial y constituye una alternativa interesante para el aumento de ingresos y empleo de miles de personas. Visto por región, la base de datos sobre estadísticas que ofrece la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAOSTAT por sus siglas en inglés) señala que actualmente el 58% de la producción mundial de frutas tiene su origen en Asia, el 25% en América Latina y el 16% en África (FAO-FAOSTAT, 2013). En América Latina destacan México, Ecuador, Chile y Brasil como los principales productores de fruta debido a sus grandes extensiones de terreno cultivable (Lepiz y Rodríguez, 2006). Por su parte, el territorio mexicano cuenta con aproximadamente 197 millones de hectáreas, de las cuales, apenas el 16% (31 millones 974.8 mil hectáreas) se destina a producción agrícola (INEGI, 2018). Del total de superficie cultivada en México, el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera señala que, el 10.18% es dedicado a la fruticultura donde 1.29% corresponde a frutales de clima templado y 8.89% a frutales tropicales y subtropicales (SIAP, 2010).

De acuerdo a la Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación y el Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta en la República Mexicana, la fruticultura mexicana es una de las actividades agropecuarias más rentable del sector agropecuario, cada hectárea cultivada con frutales es tres veces más rentable que el promedio del resto de los cultivos (SAGARPA-SIACON, 2013). Además de ello las estadísticas de la FAO en 2013, reportaron que México mantiene una balanza comercial positiva dentro del sector rural, ya que el volumen de frutas exportado fue 4.7 veces mayor que el importado desde 1961 a 2010, particularmente por la ventaja comparativa que brinda el clima para la producción de frutales tropicales, en relación a otros países. Sin embargo, la fruticultura enfrenta diversos problemas en México, actualmente del total de frutales establecidos que reportan las estadísticas nacionales sólo 16 especies son las que presentan mayor importancia económica, por ejemplo el aguacate (*Persea americana*) con 205 250 ha, el mango (*Mangifera indica*) con 172 284 ha, la manzana (*Malus domestica*) con 55 000 ha, la tuna (*Opuntia spp*) con 45 974 ha, y la uva (*Vitis vinifera*) con 26 547 ha. Dichas especies representan más del 95% de la superficie plantada con frutales en el país, lo que limita la competitividad del mercado nacional e internacional debido a que estas especies generalmente son consideradas como monocultivos lo que impide aprovechar la



gran diversidad de frutales endémicos del país [Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), 2010]. Es importante señalar que dentro del grupo antes mencionado de especies cultivadas, no se considera a una gran cantidad de especies de frutales de interés local o con algún valor en las comunidades rurales. El aprovechamiento de frutas nativas ha sido parte importante de la cultura de los habitantes del país ya que forma parte de la gran diversidad que se posee, un ejemplo de ello es en la región mesoamericana, que es una de las cunas de la agricultura en el mundo, donde existen comunidades importantes de árboles con frutos comestibles entre las que se encuentran: Sapotaceas, Anonaceas, Moraceas, Palmaceas y arbustos y herbáceas con retoños comestibles, que se conservan y desarrollan gracias a la considerable persistencia de la agricultura tradicional (Ramírez *et al.*, 1991).

Por otra parte en el país también se cultivan árboles frutales a los que se les denominan exóticos o marginales, de los cuales se conocen muy pocos ya que su comercialización no ocurre en todo el territorio nacional ni durante todo el año pero que poseen potencial en el mercado nacional e internacional [Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), 2008]. Un ejemplo de ellos, es la granada roja (*Punica granatum L.*), que ha cobrado importancia a nivel mundial debido a sus propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antidiarreicas y su reciente uso en el control de enfermedades renales (Celik *et al.*, 2009). Hasta antes de 1990, en México la principal zona productora de granada se localizaba en Tehuacán, Puebla (Morton, 1987). Desafortunadamente los cultivos de granada roja han ido desapareciendo por obras de urbanización lo que lo convirtió en un frutal marginal teniendo como principales productores a sólo seis entidades: Michoacán, Oaxaca, Hidalgo, Durango, Guanajuato y Sonora. La baja producción nacional de granada roja, posiblemente está asociada a la baja demanda, pues su consumo es en forma esporádica y estacional usualmente como fruta fresca y en platillos durante fiestas patrias, concentrándose la producción en un periodo de 30 días al año, de tal forma que al haber una abundancia de granada roja en el mercado, los productores se ven obligados a vender su fruta a precios más bajos con el propósito de evitar pérdidas económicas aún mayores (Conesa *et al.*, 2004). Una vía probable para la solución de la concentración de la producción, podría ser la implementación del “desfasamiento de la producción”. Dicha técnica hace referencia a la obtención de cosechas fuera de la época o hábitat natural al cual la especie está adaptada (Becerril y Rodríguez, 1989).

Becerril y Rodríguez (1989) mencionan algunas de las técnicas utilizadas en el desfasamiento de la cosecha, como la poda, anillado, defoliación, el manejo del agua, la

fertilización y la aplicación de reguladores de crecimiento. Existen varios reguladores del crecimiento vegetal que se pueden emplear para estimular la diferenciación floral e inducir la brotación de yemas en árboles frutales, tal es el caso del Ethrel que al aplicarse al limón 'persa' provocó diferenciación floral y brotación vegetativa (Letham *et al.*, 1978) coincidiendo con otros trabajos realizados que indican que la aplicación de Ethephon a una concentración 150 mg/L obtuvo un incremento en la inducción de botones florales en mango (*Mangifera indica*) y a 100 mg/L en la formación de flores de mango (García *et al.*, 2008). Por otra parte Borroto *et al.*, (1986), Pérez y Setién(1986) demostraron mediante la aplicación de Ethrel en árboles de cítricos, que es posible modificar el ciclo de producción alargando los períodos de cosecha al retrasar la floración y fructificación así como un regreso a floración al siguiente año en la variedad Valencia Tardía.

Caso similar presenta el Ácido giberélico que de acuerdo a Weaver (1982) puede llegar a inducir o inhibir la iniciación floral experimentalmente en cualquier época del año. Morín (1980), argumenta que las giberelinas (GAs) activan los mecanismos fisiológicos de las plantas que conducen a la activación de yemas florales, por ello el Ácido giberélico tiene muchos usos en la citricultura, principalmente en el desarrollo reproductivo (Agusti, 2000). Es ampliamente utilizado en el control de la floración, siendo demostrado su efecto en plantaciones de mango (*Mangifera indica L.*) 'keitt', donde se encontró que la cantidad de brotes nuevos depende de la concentración que se aplique (Sánchez, 2004). Halevy en 1964 demostró, que la aplicación de Ácido giberélico en concentración de 200 ppm, a intervalos de dos semanas, donde los tratamientos consistieron de 3, 4, 5 o 6 aspersiones, desde noviembre hasta finales de enero. Inhibe la inducción floral en los naranjos de la variedad "Shamouti". Tomando en cuenta la información anterior, se puede decir que la manera en que los frutales y su producción son afectados por este tipo de prácticas, no ha sido comprendida o investigada en su totalidad. Por lo que se considera sumamente importante que una vez obtenida la producción desfasada se evalúe los efectos de la misma sobre la producción (Weigel, 1995).

Tomando en cuenta que la problemática que presenta la producción de granada roja en México es su concentración en un periodo de solo 30 días al año, esta investigación tuvo como objetivo principal evaluar efecto del Ethrel y Ácido giberélico en el desfasamiento de la producción y calidad del fruto de granada roja (*Punica granatum L.*) 'Apaseo tardía', con el propósito de proporcionar información que sirvan como base para obtener granada roja fuera de su época de producción en la región de Ixmiquilpan, Hidalgo donde esta ocurre a finales del mes de Agosto y durante el mes de Septiembre, de esta forma los productores podrán obtener mejores precios por su producto y reducir las pérdidas económicas.

## 2. Antecedentes.

### 2.1 Origen y generalidades de la granada roja.

El granado es un frutal cuyo cultivo se conoce desde la antigüedad, es uno de los frutales bíblicos, como la vid, el olivo o la palmera (también citado en el Corán). El científico ruso Vavilov sitúa su origen en el Centro IV, Centro de Oriente Próximo, que incluye el interior de Asia Menor, Irán y las tierras altas de Turkmenistán, centro al que también pertenecen otros frutales como la higuera, manzano, peral, membrillero, cerezo, almendro, avellano, castaño, etc., entre otras especies vegetales (Sánchez-Monge, 1974).

Desde aquí se difundió a diferentes zonas donde se cultiva y en las que existe gran diversidad genética como consecuencia de su propagación por semillas, que germinan con gran facilidad o son difundidas por aves y otros animales. La gran diversidad que presenta la especie queda patente por el gran número de variedades descritas en los diferentes países de Oriente, área mediterránea y Occidente (Sánchez-Monge, 1974). Los españoles lo llevaron a América, y aquí está adquiriendo gran importancia, especialmente durante los últimos 15 años, con crecimientos continuos de la superficie cultivada (Sheets *et al.*, 2009).

#### 2.1.1 Descripción botánica.

El granado, *Punica granatum* L. pertenece a la familia *Punicaceae*, que sólo posee el género *Punica* L. (Font Quer, 1959). De este género las dos especies más conocidas son: *Punica granatum* L.: granado cultivado por sus frutos y *Punica nana* L.: granado enano, de uso ornamental y frutos no comestibles.

Clasificación Taxonómica	
<b>Reino:</b>	Plantae
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
<b>Orden:</b>	Myrtales
<b>Familia:</b>	Punicaceae
<b>Género:</b>	<i>Punica</i>
<b>Especie:</b>	<i>Punica granatum</i> L.



**Figura 1. Clasificación taxonómica (*P. granatum*) obtenido de Melgarejo y Salazar, 2000.**

*Punica granatum L.* es una especie diploide cuyo número somático es  $2n = 16$  y su número haploide de cromosomas es  $n=8$  (Westwood, 1982) ó  $2n = 16$  ó  $18$  (Mars, 1998).

Esta especie presenta hoja caduca bajo las condiciones subtropicales y hoja persistente en condiciones tropicales (Mohan Kumar, 1990; Sudzuki, 1988). Las raíces de las plantas propagadas vegetativamente son superficiales, fusiformes, muy ramificadas y capaces de cubrir grandes distancias horizontales (Scortichini, 1990). Los granados presentan hábito arbustivo con ramificación basitónica (ramifica desde la base) y una fuerte tendencia a emitir brotes nuevos o tallos que crecen en el pie del tronco principal del árbol. La altura de las plantas varía entre 0,5 a 5 m (Scortichini, 1990), siendo 2 a 3 m la altura típica de las variedades cultivadas.

Su madera es muy flexible y cubierta de abundantes espinas. Sus hojas miden 1 a 2 cm x 3 a 9 cm, son enteras y glabras, oblanceoladas con un pecíolo muy corto, presentándose de a 2 ó 3 por nudo (Scortichini, 1990). Las flores son muy vistosas y aparecen en el ápice de la ramilla del año (Ryugo, 1988), o sobre las ramillas de 2 ó más años, presentándose solitarias o en grupos de 3 ó 4 (Scortichini, 1990). Generalmente se presentan 2 a 3 floraciones durante la temporada, la primera proveniente de brotes cortos, la segunda de brotes largos y la tercera de brotes anticipados; cada una de ellas es capaz de formar frutos. Los primeros frutos en cuajar son los que logran los mayores diámetros (Sandoval *et al.*, 2009). El cáliz es carnoso, ceroso, tubular, muy vistoso, de color naranja a rojo y con 5 a 7 sépalos. La corola está compuesta por pétalos que van de color blanco a rojo brillante, lanceolados, y que se igualan en número a los sépalos. Los estambres son numerosos, más de 300 por flor, más cortos que los pétalos y están insertos en la pared interior del tubo calicinar. El ovario está compuesto por 7 a 15 carpelos. Las flores se clasifican en hermafroditas, en que el estigma se encuentra sobre los estambres o masculinas, de estilo corto.

La polinización es cruzada, por medio de insectos polinizadores o bien las flores pueden autopolinizarse. En un ensayo realizado en Chile se observó que la polinización con abejas no aumentó el cuajado ni el tamaño de los frutos (Alfaro y Franck, 2009). Al fruto, botánicamente, se le denomina balaústra. Éste es esférico y epicarpio grueso, de 7 a 15 cm de diámetro, de color rojo o rosado externamente y con numerosas micro-fisuras epidermales. Corresponde a un tipo de fruto que se desarrolla a partir de un ovario ínfero, es de consistencia carnosa y está coronado en el ápice por el cáliz, que es persistente. El interior del fruto está separado por paredes membranosas (tabiques), formadas por un tejido blando, esponjoso y amargo, que encierran los compartimentos donde se encuentran las semillas. Las semillas están compuestas de un tegumento externo o arilo, que

corresponde a la porción jugosa y comestible del fruto y un tegumento interno o endopleura, denominado piñón. Los cotiledones son de consistencia dura y se enrollan en forma de espiral (de Palma y Novello, 1995; Hogdson; 1917; Melgarejo y Martínez, 1992; Mohan Kumar, 1990; Scortichini, 1990; Sudzuki, 1988).

### 2.1.2 Requerimientos ambientales.

Los climas más favorables para el desarrollo del cultivo del granado son los climas tropicales, subtropicales y de tipo Mediterráneo; también puede desarrollarse en climas de tipo templado pero, en estos climas, el fruto no llega a madurar de manera satisfactoria, por lo que se utiliza como ornamental. El cultivo precisa de veranos cálidos y secos, coincidiendo con la época de maduración del fruto, ya que son necesarias altas temperaturas durante la época de maduración para producir un fruto de buena calidad. Sin embargo, los frutos de mejor calidad se producen en las regiones con inviernos frescos y veranos cálidos y secos. La granada presenta un alto requerimiento de agua y humedad en sus raíces y bajo estas condiciones los frutos presentan mayor calidad. Esto no quiere decir que la granada no soporte bien la sequía y que bajo condiciones de estrés no llegue a vegetar a costa de producir poco (Melgarejo y Salazar, 2003).

En cuanto al tipo de suelo, las granadas producen mejor en los suelos profundos y ricos en materia orgánica, pero están adaptadas a muchos tipos de suelos que van desde los arenosos hasta los arcillosos. Los rendimientos son usualmente bajos en los suelos arenosos y los frutos tienen un color pobre en los arcillosos. Crecen óptimamente en suelos profundos, húmedos y con un pH que varía entre 5.5 y 7.0. Pero, por lo general la granada no es exigente en suelo. Los terrenos alcalinos le son favorables; incluso los excesos de humedad favorecen su desarrollo. El suelo ideal debe ser ligero, permeable, profundo y fresco. Le es indiferente la alcalinidad o acidez del suelo. Es tolerante a la sequía, a la salinidad, a la clorosis férrica y a caliza activa (INIFAP, 2008).

### 2.1.3 Variedades cultivadas.

De acuerdo a varios autores el término “cultivar” se refiere a las diferencias entre plantas de una misma especie obtenidas por medio de técnicas agrícolas como la hibridación, mientras que el término “variedad” según Linneo, quien fue el primero en publicarlo en su libro *Philosophia Botánica*, se refiere a una adaptación de la especie provocada por cambios en su hábitat (Arévalo *et al.*, 2006). Es decir que los cultivares, son elaborados por el hombre seleccionando características para su propio beneficio, mientras que las variedades se entienden como diferencias que existen entre dos o más individuos de la misma especie de manera natural, pero no alcanzan para llegar a ser una especie diferente.

Si bien se conocen más de 500 variedades de granado en el mundo, tan solo 50 son comúnmente cultivadas (Still, 2006). Entre estas 50 variedades, aquellas de epidermis y arilos rojos son las que actualmente demanda el mercado. El comercio de granada roja se basa de la variedad Wonderful y en cultivares similares, los cuales se caracterizan por tener frutos grandes de color rojo intenso con sabor agridulce (INIFAP, 2008). De acuerdo a la Secretaría de Desarrollo Rural algunas variedades que tienen aceptación comercial además de la Wonderful son la Ferdos, la cual tiene cáscara amarilla, la Baji y Saveh, las cuales al igual que la Wonderful, tienen cáscara roja y sabor agridulce y las variedades Shirin y español con cáscara rosada y sabor dulce (SEDER, 2012). Los principales cultivares comerciales en México son el 'Apaseo' cuyos fruto son grandes de color amarillo-anaranjado y de sabor agridulce, el 'Apaseo tardía' que se diferencia por tener frutos de color verde-amarillento, de cáscara delgada, grano rojo oscuro y dulce, la semilla es semidura y de tamaño aceptable, fue identificada por el Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias en huertas de productores de Apaseo el Alto, Gto. (INIFAP, 2008).

#### 2.1.4 Comercio y producción.

Actualmente la producción del granado se extiende por países como España, Irán, Turquía, India, Israel, China y países de la costa norte de África, entre otros. España se sitúa como el productor más importante de Europa. De acuerdo al Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino su producción se centra en la Comunidad Valenciana, Andalucía y Región de Murcia (MMARM, 2010). En cuanto a América, Estados Unidos se postula como el país con mayor producción de granada roja, con más de tres mil hectáreas destinadas para su cultivo, seguido de Chile con dos mil hectáreas y finalmente Perú con mil hectáreas, al igual que México (Mondragon y Juárez, 2008).

En territorio mexicano, la producción de granada roja es aún incipiente, limitada a pequeños huertos familiares y jardines, comercialmente este frutal se cultiva en los estados de Hidalgo, Durango, Guanajuato, Puebla y Oaxaca (SIAP, 2014). Así mismo, su producción es escasa, pues tan solo en 2010 alcanzó un volumen de 4,371.37 ton obtenidas en una superficie de 685 hectáreas, donde los estados de Oaxaca, Hidalgo y Guanajuato fueron los que aportaron el 77% de la producción [Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (OEIDRUS), 2010]. Actualmente en México no se ha desarrollado la industrialización de este tipo de fruto. En el sur de Jalisco la producción de granada inició hace décadas a nivel de traspatio; no obstante, en la actualidad existe gran interés de establecer este cultivo por la demanda del fruto y por el potencial que tiene la zona; específicamente los municipios de Zapotlán el Grande y Gómez (Castañeda *et al.*, 2010).

### 2.1.5 Composición y valoración nutricional.

La granada tiene valiosos compuestos en diferentes partes de la fruta. La composición química de los frutos varía en función de la variedad, zona de cultivo, el clima, la madurez, el cultivo la práctica, y las condiciones de almacenamiento. Existen estudios donde se muestran variaciones significativas en el contenido de los ácidos orgánicos, compuestos fenólicos, azúcares solubles, vitaminas y minerales de granadas dependiendo de las condiciones de cultivo (Mirdehghan y Rahemi, 2007; Tezcan *et al.*, 2009).

La granada se puede dividir en cuatro partes:

- Cáscara
- Membranas carpelares
- Semillas
- Arilos.

Generalmente la cascara contiene 8 carpelos en los que se encuentran los arilos (porción comestible), representado éstas un porcentaje comprendido entre el 40 y el 75 %, dependiendo de las variedades; las membranas carpelares y la corteza representan el 25-60 % del peso del fruto, siendo esta una importante fuente de compuestos bio-activos tales como los compuestos fenólicos, flavonoides, elagitaninos y proantocianidinas (Li *et al.*, 2006), además de minerales como sodio, potasio, nitrógeno, calcio, fósforo y magnesio. La porción leñosa de los arilos (semillas) varía entre el 5 y el 15 %.

El fruto completo posee aproximadamente un 80 % de agua. Los arilos contienen 85 % de agua, 10 % de azúcares totales, principalmente fructosa y glucosa, y el 1,5 % de pectina, ácidos orgánicos, como ácido ascórbico, ácido cítrico y ácido málico, y compuestos bio-activos tales como compuestos fenólicos y flavonoides, principalmente antocianinas.

Las semillas son una rica fuente de lípidos totales, entre el 12-20 % del peso total de la semilla. El aceite se caracteriza por un alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados como el linolénico, linoleico, y otros lípidos, tales como el ácido púnicico, el ácido oleico, ácido esteárico, y ácido palmítico (Fadavi *et al.*, 2006). Las semillas también contienen proteínas, fibra, vitaminas, minerales (principalmente potasio, nitrógeno, calcio, fósforo, magnesio y sodio), pectina, azúcares, polifenoles, isoflavonas (genisteína, principalmente) y coumestrol (Midehghan y Rahemi, 2007).

**Tabla 1. Composición nutrimental de granada roja tomada de Moreiras y colaboradores en 2013. Consenso de la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (2011).**

## Composición nutrimental

	Por 100 g de porción comestible	Por ración (275 g)	Recomendaciones día-hombres	Recomendaciones día-mujeres
<b>Energía (Kcal)</b>	34	33	3.000	2.300
<b>Proteínas (g)</b>	0,7	0,7	54	41
<b>Lípidos totales (g)</b>	0,1	0,1	100-117	77-89
AG saturados (g)	—	—	23-27	18-20
AG monoinsaturados (g)	—	—	67	51
AG poliinsaturados (g)	—	—	17	13
$\omega$ -3 (g)*	—	—	3,3-6,6	2,6-5,1
C18:2 Linoleico ( $\omega$ -6) (g)	—	—	10	8
Colesterol (mg/1000 kcal)	0	0	<300	<230
<b>Hidratos de carbono (g)</b>	7,5	7,2	375-413	288-316
<b>Fibra (g)</b>	0,2	0,2	>35	>25
<b>Agua (g)</b>	91,5	88,1	2.500	2.000
<b>Calcio (mg)</b>	8	7,7	1.000	1.000
<b>Hierro (mg)</b>	0,6	0,6	10	18
<b>Yodo (<math>\mu</math>g)</b>	—	—	140	110
<b>Magnesio (mg)</b>	3	2,9	350	330
<b>Zinc (mg)</b>	0,3	0,3	15	15
<b>Sodio (mg)</b>	5	4,8	<2.000	<2.000
<b>Potasio (mg)</b>	275	265	3.500	3.500
<b>Fósforo (mg)</b>	15	14,4	700	700
<b>Selenio (<math>\mu</math>g)</b>	0,6	0,6	70	55
<b>Tiamina (mg)</b>	0,02	0,02	1,2	0,9
<b>Riboflavina (mg)</b>	0,02	0,02	1,8	1,4
<b>Equivalentes niacina (mg)</b>	0,3	0,3	20	15
<b>Vitamina B<sub>6</sub> (mg)</b>	0,11	0,11	1,8	1,6
<b>Folatos (<math>\mu</math>g)</b>	0	0	400	400
<b>Vitamina B<sub>12</sub> (<math>\mu</math>g)</b>	0	0	2	2
<b>Vitamina C (mg)</b>	5,7	5,5	60	60
<b>Vitamina A: Eq. Retinol (<math>\mu</math>g)</b>	3,5	3,4	1.000	800
<b>Vitamina D (<math>\mu</math>g)</b>	0	0	15	15
<b>Vitamina E (mg)</b>	—	—	12	12



### 2.1.6 Propiedades de la Granada Roja.

La granada puede ser considerada como un alimento funcional porque tiene compuestos valiosos (polifenoles) en diferentes partes de la fruta que muestran efectos funcionales y medicinales. El contenido en polifenoles solubles en el zumo de granada depende del cultivo, variedad de granada utilizada, el clima, la madurez, de la misma manera que las condiciones de procesado y pasteurización juegan un papel importante en el color, sabor, textura, así como en su capacidad antioxidante y la actividad antibacteriana (Negi y Jayaprakasha, 2003). Estos efectos beneficiosos de los zumos de granada han sido atribuidos a propiedades antioxidantes de los polifenoles, derivados del ácido eláxico, isómeros de la punicalagina, otros taninos hidrolizables y flavanoles como los antocianos (Gil *et al.*, 1995). En cuanto a la actividad antioxidante, los compuestos presentes en el zumo y en otras partes de la granada han sido estudiados *in vitro* e *in vivo* (Çam *et al.*, 2009; Mousavinejad *et al.*, 2009; Singh *et al.*, 2002), obteniéndose como conclusión que la presencia de polifenoles como punicalagina, ácido eláxico y antocianos está relacionada con un aumento de la actividad antioxidante, siendo además las punicalaginas las mayores responsables.

Estos compuestos también pueden mejorar la salud cardiovascular como se ha demostrado en diversos estudios (Davidson *et al.*, 2009; De Nigris *et al.*, 2007; Faria *et al.*, 2007; Koyama *et al.*, 2010; Larrosa *et al.*, 2006; Sartippour *et al.*, 2008), en los cuales se han encontrado evidencias del efecto de los mismos en la atenuación de arterosclerosis, disminución de la presencia de marcadores de inflamación en sangre, reducción del óxido nítrico y disminuyendo la disfunción endotelial (Vaskonen *et al.*, 2007).

La granada y sus componentes también poseen efectos antimicrobianos inactivando o inhibiendo el crecimiento de bacterias como *Escherichia coli* O157:H7, *Staphylococcus aureus*, *Proteus vulgaris*, *Klebsiella pneumoniae*, *Bacillus subtilis* y *Salmonella* (Parashar *et al.*, 2009; Puupponen-Pimia *et al.*, 2001) y antivirales frente a HIV-1 (Neurath *et al.*, 2005) e Influenza virus (Song *et al.*, 2005), siendo los elagitaninos los compuestos con mayor actividad.

## 2.2 Etileno.

### 2.2.1 Importancia del Etileno en plantas.

El etileno es la única hormona vegetal gaseosa, que regula la maduración y senescencia de los frutos, a nivel molecular, bioquímico y fisiológico (Kesari *et al.*, 2007), debido a que estimula la expresión de genes que codifican para las enzimas relacionadas con los cambios durante la maduración y/o senescencia de los frutos (Jiang y Fu, 2000). Se encuentra presente en angiospermas y gimnospermas aunque también en bacterias y hongos además de musgos, hepáticas, helechos y otros organismos. Siendo un gas puede moverse rápidamente por los tejidos, no tanto por transporte sino por difusión.

Las señales ambientales tales como inundación, sequía, bajas temperaturas, heridas y el ataque de patógenos pueden inducir la biosíntesis de la hormona en la planta. La biosíntesis del etileno se puede inducir por el etileno endógeno o exógeno, un ejemplo de la inducción exógena es la aplicación de ethrel que ha despertado mucho interés en la agricultura, ya que puede aplicarse mediante técnicas agrícolas y una vez aplicado se descompone en los tejidos vegetales, liberando etileno cerca del sitio de acción (Weaver, 1982).

Es importante destacar que además del uso mencionado anteriormente el etileno tiene un papel doble en la post cosecha, por un lado ocasiona que los frutos adquieran características organolépticas óptimas para su consumo, pero también es responsable de la senescencia de los tejidos, generando efectos desfavorables en la calidad (Bapat *et al.*, 2010).

### 2.2.2 Producción y síntesis de Etileno.

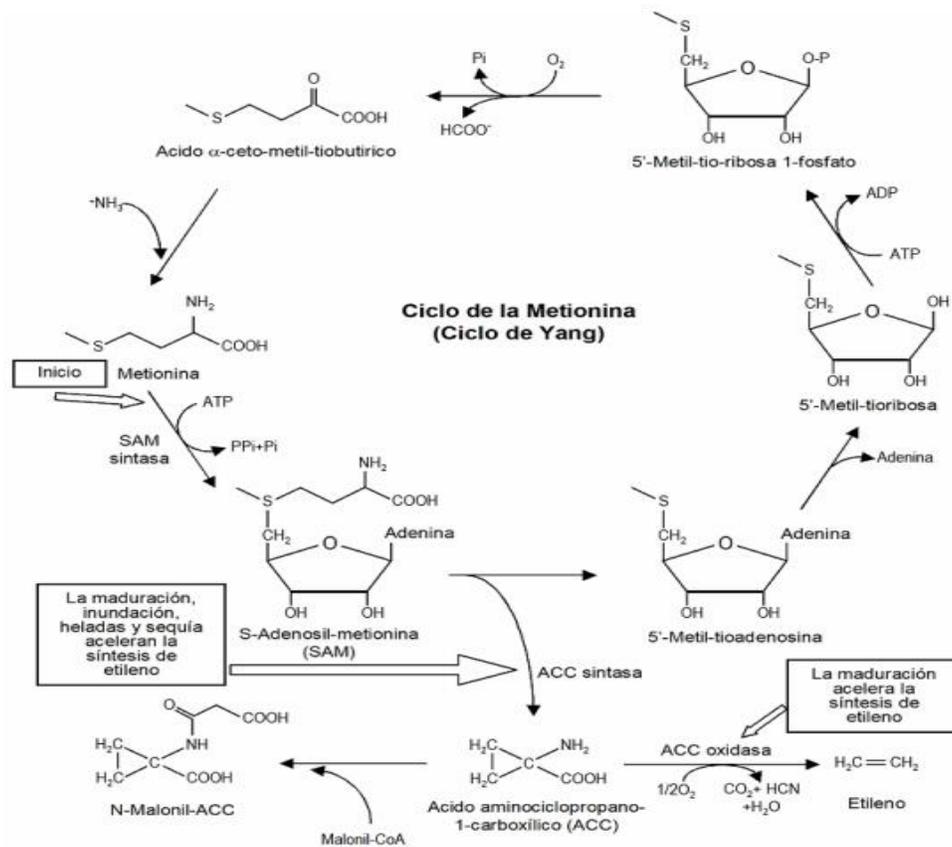
La biosíntesis de etileno fue dilucidada por S. F. Yang, quien en 1979 describió lo que se conoce como el ciclo de la metionina o de Yang. Este ciclo metabólico es importante pues como su nombre lo indica recicla la metionina, un aminoácido no abundante, como fuente de azufre.

El ciclo se inicia justamente en la metionina (Figura 2), que se asocia a la adenosina conformando la S-adenosilmetionina (AdoMet). El paso siguiente es la conversión de este intermediario en ACC (ácido 1-aminociclopropano-1carboxílico) el cual se desdobra en etileno con liberación de CO<sub>2</sub> (Fig. 2). De la conversión de AdoMet a ACC se libera 5 metil-tio-adenosina la cual se disocia en adenina y ribosa (metil-tio-ribosa) pasando por varias reacciones a constituir nuevamente metionina, para continuar el ciclo.

Las reacciones pueden estar separadas espacialmente; en condiciones de inundación (condiciones anaeróbicas) el ACC se genera en la raíz y se transporta vía xilema, a través

de la corriente transpiratoria hacia la parte aérea, donde se transforma en etileno y donde manifiesta su acción (Bradford & Yang 1980). Las tres reacciones principales están obviamente gobernadas por las enzimas AdoMet-sintetasa para la síntesis de AdoMet; la ACC-sintasa para el ACC y la ACC-oxidasa para el etileno, siendo esta última una reacción aeróbica. Varios factores sin embargo pueden acelerar o frenar estas interconversiones.

Se ha determinado que la síntesis y actividad de esta enzima es estimulada por factores abióticos como inundación, sequía y daño mecánico por heladas o heridas (por ejemplo granizo) o durante algunas etapas de desarrollo como cierto grado de madurez de frutos. En el caso de la ACC-oxidasa, la condición aeróbica y el fenómeno de maduración, pero no temperaturas superiores a 35°C, estimulan la conversión a etileno. Aumentos de ACC, ACC-oxidasa y etileno se han observado en varios frutos un par de días después de su cosecha, sin embargo las reacciones de síntesis también pueden ser incrementadas bajo algunas situaciones de estrés.

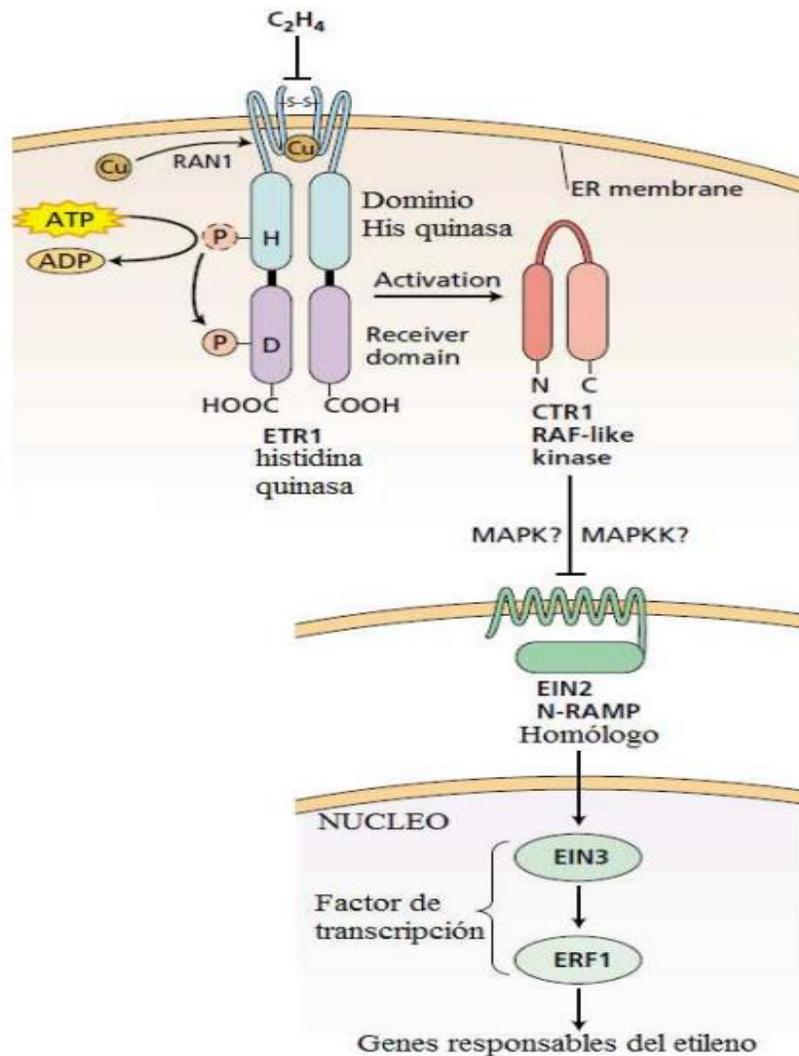


**Figura 2. Biosíntesis del etileno y ciclo del yang. Obtenido de Jordan y Casaretto, 2006.**

### 2.2.3 Señalización.

La señalización inicia con la unión del etileno a un grupo de receptores proteicos presentes en la membrana del retículo endoplasmático (Chen *et al.*, 2005), los cuales son codificados por una familia multigénica que produce proteínas estructuralmente diferentes pero con una función redundante (Chen *et al.*, 2005; Bouzayen *et al.*, 2010).

La unión etileno-receptor ocurre en el dominio N-terminal del receptor y requiere iones de Cu para formar un dímero de receptor (Binder, 2008). Los genes que codifican para los receptores se expresan diferencialmente dependiendo del órgano, tejido, etapa de desarrollo, observar Figura 3 (Klee y Giovannoni, 2011).



**Figura 3. Mecanismo de acción de etileno tomado de Schaller y Kieber, 2002.**

El siguiente componente en la vía de señalización es CTR1 (CONSTITUTIVE-TRIPLERESPONSE1), la cual es una proteína quinasa Raf-like. Ésta proteína interactúa con el dominio quinasa de los receptores y en presencia de etileno desencadena una cascada de fosforilaciones MAP-quinasa (Adams-Phillips *et al.*, 2004). Corriente abajo de CTR1, se encuentra EIN2 (ETHYLENE INSENSITIVE2), la cual es una proteína de membrana transportadora de metales, con similitud a transportadores tipo NRAMP (NATURAL-RESISTANCE ASSOCIATED-MACROPHAGE-PROTEIN) (Czarny *et al.*, 2006). La función de EIN2 es regular la disponibilidad del factor de transcripción EIN3 mediante un mecanismo hasta el momento desconocido (Sang-Dong *et al.*, 2009). En respuesta al etileno, EIN3 se unen a un elemento primario de respuesta al etileno (PERE), que está presente en los promotores de ERF1 (ETHYLENE-RESPONSE-FACTOR1), EBF2 (EIN3-BINDING-SITES) y varios genes relacionados con la senescencia y maduración de frutos (Barry y Giovannoni, 2007).

#### 2.2.4 Efectos fisiológicos del etileno.

Dentro de las funciones fisiológicas más investigadas para el etileno, se encuentran principalmente procesos relacionados con el envejecimiento, pues se plantea su participación en la degradación de clorofila y peroxidación de lípidos de membranas (Santner y Estelle, 2009). Sin embargo las respuestas al etileno dependen de diferentes factores, un ejemplo de ello es el tejido afectado o las condiciones ambientales así como las cantidades presentes de dicha hormona. (Weaver, 1982). Se ha informado, por ejemplo, que la aplicación de etileno actúa positivamente en la formación de yemas florales en pera japonesa y manzana, además de que favorece la apertura de las mismas (Izumi *et al.*, 1988). Sin embargo, en otros estudios se ha encontrado que con aplicaciones de ethrel de 2000 a 3000 ppm inhibe la apertura de la flor y disminuye el contenido de jugo en los fruto (Rojas y Ramírez, 1987).

El etileno interviene en la interrupción de la latencia en semillas y dormancia en yemas. Se ha visto que el etileno tiene efectos sobre la germinación en varias especies. Por ejemplo, al interrumpir la dormancia en maní, o la dormancia impuesta por altas temperaturas (termodormancia) en semillas de lechuga, se observa gran liberación de etileno. En el caso de tubérculos de papa o de otras especies, el etileno es capaz de inducir la brotación de material en receso vegetativo (Jordan y Casaretto, 2006). También se ha comprobado que el uso de ethrel antes de la poda induce a la caída de las hojas en árboles frutales y promueve una brotación uniforme de yemas (Corzo, 1982).

Comercialmente el etileno es un producto usado en la inducción de la floración en frutales y puede presentarse como Ethrel 48, que es un concentrado soluble (48%, p/v) de Estefon (ácido 2-(cloroetil) fosfónico), que se descompone con el aumento del pH y temperatura en ácido fosfórico, cloruro y etileno. Se ha comprobado que promueve la brotación vegetativa y floral del limón 'Persa' 40 días después de la aplicación y también promueve la diferenciación floral (Espinoza *et al.*, 1992). Especialmente en Ananas (ananás o piña) se usa etileno a nivel comercial para inducir no sólo la floración sino también para sincronizarla, de manera que posteriormente el tamaño y grado de madurez de la fruta resulta más homogéneo, facilitando la cosecha que queda reducida a una sola recolección (Jordan y Casaretto, 2006).

Los efectos más conocidos del etileno, como ya se mencionó antes, son a nivel de la maduración de frutos donde se presenta un incremento de los SST (Giovannoni, 2001). Con el avance de la madurez ocurre la transformación del almidón en azúcares, ablandamiento y degradación de paredes celulares junto a desarrollo de aromas, sabores y colores. En breve también se denota un aumento global de la respiración con alta producción de CO<sub>2</sub>. Aunque este efecto es inicialmente lento, la producción de etileno se "retroalimenta", es decir, los niveles endógenos auto generan un mayor incremento de su síntesis rápidamente y en forma exponencial (Giovannoni 2001). En cuanto a la aplicación exógena, su uso se ha dado principalmente en plantaciones de gran superficie, las aplicaciones de etileno secuenciadas por sitio permiten la maduración y cosecha diferida de la fruta por sitios con mejor aprovechamiento de la mano de obra sin afectar la calidad del fruto (Jordan y Casaretto, 2006).

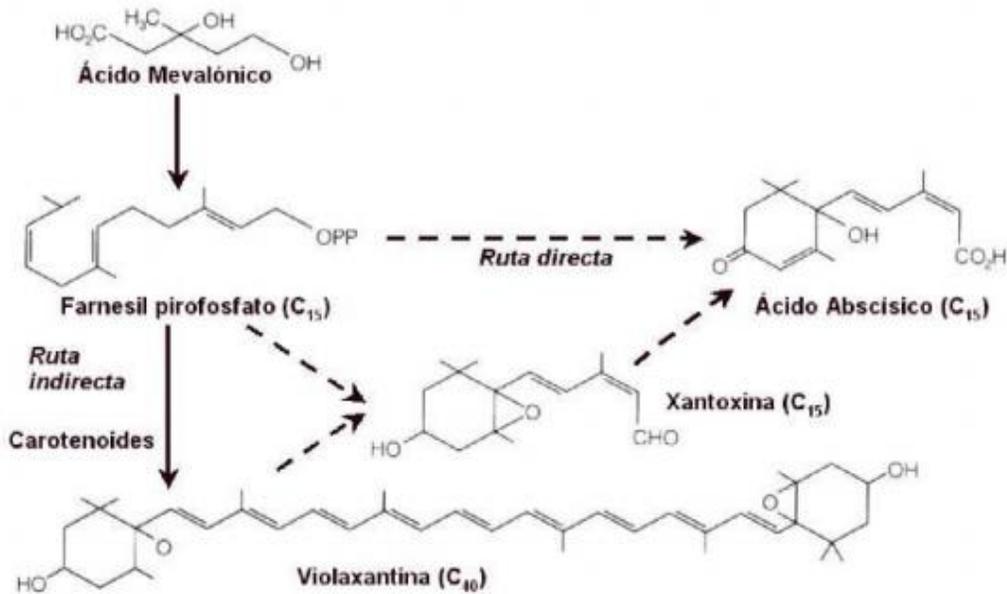
## 2.3 Giberelinas.

### 2.3.1 Importancia de las Giberelinas.

Las giberelinas (GAs) son hormonas de crecimiento diterpenoides tetracíclicas involucradas en varios procesos de desarrollo en vegetales. A pesar de ser más de 100 las que se han hallado en plantas, sólo son unas pocas las que muestran actividad biológica. Su descubrimiento en plantas se remonta a la época de los años 30, cuando científicos japoneses aislaron una sustancia promotora del crecimiento a partir de cultivos de hongos que parasitan plantas de arroz causando la enfermedad del "bakanae" o "subida de las plantas". El compuesto activo se aisló del hongo *Gibberella fujikuroi* por Eichi Kurosawa en 1926 por lo que se denominó "giberelina". El efecto del hongo sobre las plantas afectadas consistía en un notable incremento en altura (Malonek *et al.*, 2005; Tamura, 1990).

### 2.3.2 Síntesis de Giberelinas.

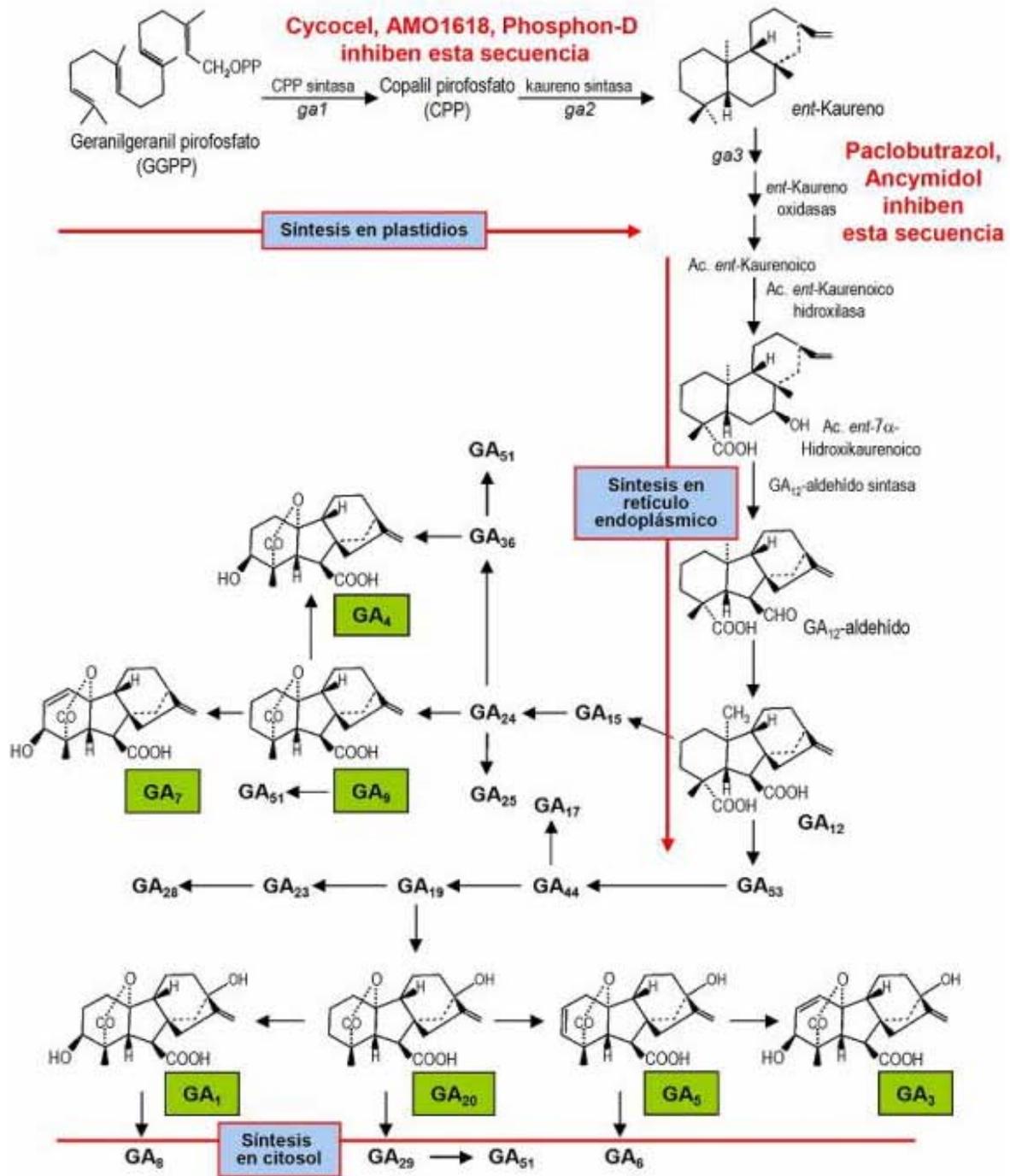
Todas las giberelinas conocidas derivan del anillo del gibano. En su biosíntesis se sigue la ruta del ácido mevalónico (Figura 4). En todas las plantas esta ruta es común hasta llegar al GA12-aldehído. A partir de este punto, las diferentes especies siguen rutas distintas para formar las más de 100 giberelinas conocidas hoy día (Figura 5) (Azcón-Bieto *et al.*, 2008).



**Figura 4. Ruta de Biosíntesis a partir del Ácido Mevalónico tomado de Jordan y Casaretto, 2006.**

Una vez sintetizadas pueden darse un gran número de interconversiones entre ellas. Las hojas jóvenes son los principales lugares de producción de giberelinas. Posteriormente son translocadas vía floema al resto de la planta. Las raíces también las producen exportándolas al tallo vía xilema. Se han encontrado también altos niveles de giberelinas en semillas inmaduras.

El largo del fotoperiodo y condiciones de bajas temperaturas son determinantes en la conversión de intermediarios o GAs de formas inactivas a moléculas activas.



**Figura 5. Vía de biosíntesis de las principales giberelinas a partir de GGPP en tres etapas y diferentes sitios celulares. Se indican algunas enzimas que catalizan reacciones importantes como también algunos genes identificados en Arabidopsis. Las flechas rojas muestran el lugar de síntesis en la célula. Aquellas giberelinas con alta actividad biológica en plantas están enmarcadas en color verde. Obtenido de Jordan y Casaretto, 2006.**



### 2.3.3 Efecto fisiológico de Giberelinas en frutales.

El efecto más notable de las GA's es inducir el crecimiento con respecto a la altura en plantas, en muchos casos se le atribuye este efecto a la GA1 endógena. Se ha comprobado también, que las GA's promueven el desarrollo súbito de inflorescencias y floración en muchas plantas, en asociación con fitocromos, iniciando señales a genes meristemáticos del tipo AGAMOUS vinculados a la diferenciación de estructuras florales tales como pétalos, estambres, carpelos, etc. (Yu *et al.*, 2004).

Witter y Bukovac (1984) encontraron en varios géneros y especies de plantas, que la aplicación de giberelinas indujo la producción de flores y semillas en plantas de día largo, en fotoperiodos no inductivos. Así mismo en otro estudio realizado por Blázquez *et al.* (1998) se menciona que en *Arabidopsis*, la reducción severa de giberelinas endógenas retrasa la floración en días largos y evita la floración en días cortos.

Otro efecto fisiológico importante de las giberelinas es la capacidad de promover el desarrollo del fruto después de ocurrida la polinización en varias especies. El tamaño del fruto incide sobre su calidad y precio. Con aplicaciones de GA4 y GA7 se estimula el desarrollo de manzanos y, en algunos casos como en cítricos, es posible demorar la senescencia para poder así mantener los frutos más tiempo en el árbol o si están cosechados, extender el periodo de su comercialización (GarcíaMartínez y Hedden, 1997).

De manera comercial, la giberelina más utilizada ha sido el ácido giberélico, que se ha visto más frecuentemente empleado para aumentar el tamaño de los frutos (Facteau *et al.*, 1992). Chang y Lin (2006) reportan que la aplicación de ácido giberélico en concentraciones de 5 y 10 mg/L generaron aumento del diámetro longitudinal, transversal y peso de los frutos de litchi y de acuerdo con Taiz y Zeiger (2006), el ácido giberélico puede favorecer el desarrollo y crecimiento de algunos frutos como por ejemplo manzanas, además promueven el crecimiento celular debido a que incrementan la hidrólisis de almidón, fructosa y sacarosa, que contribuyen a la formación de la pared celular. Además, está implicado en el adelgazamiento de frutas y la diferenciación de yemas florales. Investigaciones han demostrado que la influencia de esta hormona se presenta principalmente en etapas tempranas de los frutos (Kondo y Mizuno, 1989).

Otro aspecto importante a considerar es que se ha encontrado que esta hormona no solo retrasa la maduración y aumenta la firmeza de la pulpa de los frutos, sino también incrementa del contenido de sólidos solubles (Facteau *et al.*, 1992). Pérez de Camacaro *et al.* (2013) señalan que la aplicación de ácido giberélico en dosis de 10 a 40 mg/L afectó la

concentración de sólidos solubles totales (SST) aunque no se presentó un patrón determinado en la respuesta.

Se desconoce aún mucha información acerca del efecto del ácido giberélico sobre las características organolépticas de los frutos. Un ejemplo de ello es el caso de Casierra-Posada y Salamanca (2008) quienes hallaron una mayor vida útil en post cosecha de la fresa con aplicaciones de ácido giberélico, aunque sin diferencias estadísticas en la ATT, y en pera (*Pyrus communis*). Todos estos resultados sugieren que no existe una relación directa entre la dosis de aplicación del factor regulador de crecimiento y la ATT, tal como lo señalan también Canli *et al.* (2009).

## 3. Objetivos

### 3.1 Objetivos generales

Evaluar el efecto del Ethrel y Ácido giberélico en el desfasamiento de la producción y calidad del fruto de granada roja (*Punica granatum L.*) 'Apaseo tardía'.

### 3.2 Objetivos particulares

Analizar el efecto de ethrel y ácido giberélico en el número de yemas brotadas, botones florales, flores abiertas y frutos amarrados de gradada roja (*Punica granatum L.*) 'Apaseo tardía'.

Comparar el efecto de ethrel y ácido giberélico en los componentes de la calidad del fruto: Concentración de antocianinas totales, ácido ascórbico, acidez titulable, pH, sólidos solubles totales, Masa (g), tamaño (longitud y diámetro) del fruto y la relación de Acidez titulable/°Brix.

## 4. Material y Métodos.

### 4.1 Sitio experimental.

El presente trabajo de investigación, se llevó a cabo en primera instancia en un huerto comercial de granada roja, en donde se realizó tanto la aplicación de Ethrel como la aplicación de ácido giberélico. Dicho huerto fue establecido desde el año 2003 con el 'Apaseo tardía' y se encuentra ubicado en el municipio Ixmiquilpan del estado de Hidalgo (Figura 2.6) a una altura de 1700 m.s.n.m. y en las siguientes coordenadas 20° 26' 11.8" Latitud Norte y 99° 10' 21.5" Longitud Oeste (Figura 7).



***Figura 6. Fotografía que muestra la entrada a la huerta de la granada roja 'Apaseo tardía' en Ixmiquilpan, Hidalgo.***

El estado de Hidalgo cuenta con una superficie de 20,813 km<sup>2</sup> y se localiza en el centro-orientado del país. Su territorio está constituido por cadenas montañosas, lomeríos y llanuras, aunque también hay algunos valles, mesetas y cañones.

La Sierra Madre Oriental comprende toda la porción boreal de la entidad, surcada por los profundos cañones y los ríos Moctezuma y Amajac. La zona austral forma parte del Eje Neovolcánico y está integrada por llanuras y lomeríos de condición semiárida, entre los que se encuentran diseminadas algunas sierras.

El municipio de Ixmiquilpan cuenta con una superficie de 486.84 kilómetros cuadrados, lo cual representa el 2.3% de la superficie del estado de Hidalgo, localizado en el eje neovolcánico en un 70%, formado por llanuras y en menor proporción por lomeríos, y el otro 30% se localiza en la Sierra Madre Oriental(INEGI,2010).

En lo que respecta a la hidrología, el municipio se encuentra posicionado en la región del Pánuco, en la cuenca del río Moctezuma, de la cual se derivan las subcuencas; del río Moctezuma, en la cual, el río Tula, río Actopan y el río Amajac, cubren 2.90%, 55.25%, 29.43% y 12.42% respectivamente. Ixmiquilpan presenta un clima semiseco templado en



**Figura 7. Ubicación del sitio experimental en el municipio de Ixmiquilpan, Estado de Hidalgo, México.**

**(Tomado de <http://inafed.gob.mx> en 2018)**

la mayor parte de la superficie municipal, que representa un 51.22%, además existe un clima seco semicálido en un 23.67% y templado subhúmedo con lluvias en verano de 21.58%. La estación meteorológica de la ciudad de Ixmiquilpan tras 53 años de observación ha estimado que la temperatura anual promedio en el municipio es de aproximadamente 18.5°C. Sin embargo se registró una temperatura promedio para los meses de diciembre y enero, que son los más fríos del año, de 14.5°C y durante los meses de mayo y junio, que son las temperaturas más altas, se registra un promedio de 21.4°C. Con respecto a la precipitación anual en el municipio, según la estación meteorológica, el nivel promedio observado es de alrededor de 363.8 mm. Siendo los meses de junio y septiembre los de mayor precipitación y los de febrero y diciembre los de menor. Finalmente, de acuerdo con el Anuario Estadístico Hidalgo, se registra que dentro de sus recursos naturales, el municipio posee pino, encino, pirul, mezquite, y oyamel, así como árboles exóticos; aguacate, durazno, granada e higo, en su zona de bosque existe encino prieto, encino manzanilla y como matorral el garambullo, palma y nopal (INEGI,2010).

Durante el estudio en el trabajo en campo se seleccionaron árboles de granada roja (*P.granatum*) del cultivar Apaseo tardía que no tuvieran yemas brotadas, con tamaño y ramificaciones similares, que no presentarán ramas muertas o secas, y que no estuvieran dañadas por plagas o algún tipo de enfermedad.



**Figura 8. Selección y marcaje de árboles (A). Selección y verificación de ramas en buen estado (B). Marcaje de ramas y conteo de yemas sin brotar (C). Aplicación dirigida de los tratamientos de Ac. Giberelico y Ethrel a punto de goteo a yemas sin brotar de árboles de granada roja (*P.granatum*) Cv. Apaseo tardía (D).**

Así mismo se evaluaron los siguientes tratamientos los siguientes tratamientos: 1. Ethrel a 75 mg/L, 2. Ethrel a 150 mg/L ,3. Ácido giberélico a 75 mg/L, 4. Ácido giberélico a 150 mg/L y el tratamiento testigo, fueron establecidos bajo un diseño completamente al azar en donde la unidad experimental consistió de un árbol tomando 4 repeticiones para cada tratamiento, se obtuvo un total de 20 árboles. De cada árbol se seleccionaron al azar 4 ramas de acuerdo a los puntos cardinales, marcando 100 yemas en cada rama, dando un total de 400 yemas evaluadas por repetición.

La aplicación de los tratamientos hasta punto de goteo se realizó entre las nueve y once de la mañana con una bomba aspersor tipo mochila con capacidad de 15 litros de solución y de agua para el testigo, como se observa en la Figura 8 D.

### 4.3. Variables de Respuesta.

Las variables evaluadas (Figura 18 del Anexo) fueron: número de yemas brotadas, número de botones florales, número de flores abiertas, número de frutos amarrados y porcentaje estimado de las variables antes mencionadas. Todas las variables fueron evaluadas a partir de un conteo directo excepto el porcentaje estimado, el cual fue obtenido a partir de la división imaginaria del árbol en 4 cuadrantes y la suma de sus valores. Dichas evaluaciones se realizaron cada 15 días siendo el día 8 de enero del 2018 el primero y el 14 de Mayo del 2018 el último.

Una vez cosechados los frutos, (Figura 19 del Anexo) se escogieron 5 por tratamiento al azar y posteriormente fueron llevados para la evaluación de calidad a la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Los primeros componentes de calidad que se evaluaron fueron el tamaño de los frutos, con un vernier digital con el que se midió la longitud y el diámetro del fruto y la masa, que fue obtenida mediante el uso de una balanza granataria digital. Posteriormente, se obtuvo el jugo de los frutos utilizando un extractor turmix eléctrico, se procedió a la determinación de ácido ascórbico mediante la técnica de Jagota y Dani (1982), para ello se calculó la concentración de ácido ascórbico en mg/ml, el cual se obtuvo mediante una curva patrón, los resultados fueron en mg en 100 ml de jugo de ácido ascórbico. Para la cuantificación de antocianinas totales se utilizó la técnica propuesta por Kannagara y Hansson (1998). En cuanto a la acidez titulable, se obtuvo mediante la técnica descrita por la Asociación Oficial de Análisis Químicos (1995). El pH del jugo fue determinado con un potenciómetro, mientras que los sólidos solubles totales se determinaron con un refractómetro manual Bausch & Lomb, para expresar los datos en grados Brix y a su vez calcular la relación ácido/°Brix.

### 4.4 Análisis estadístico.

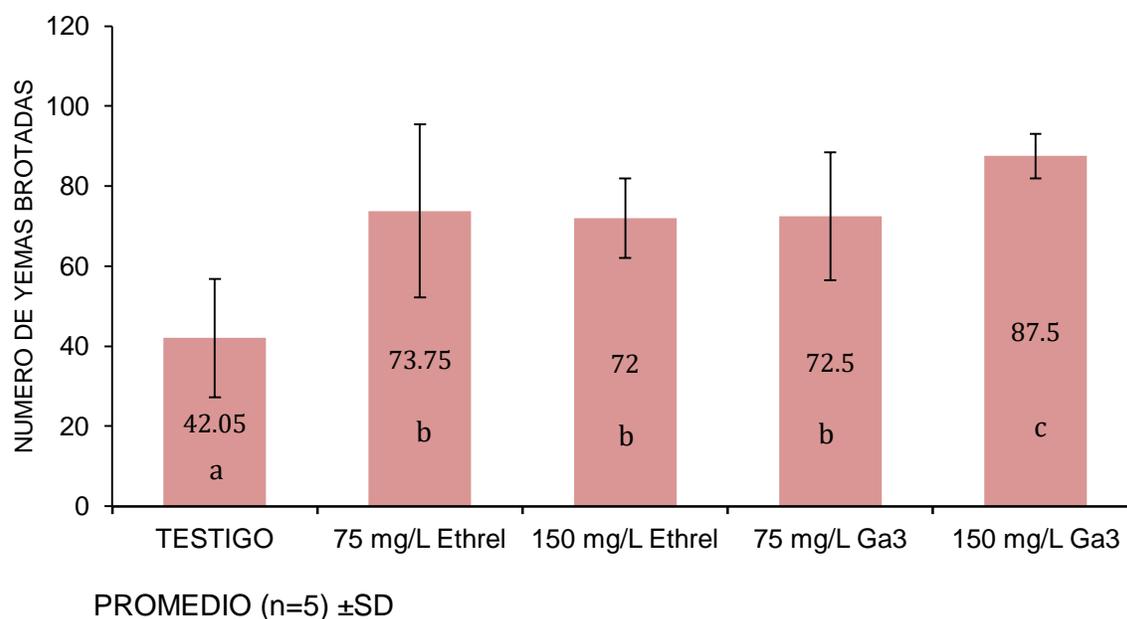
El análisis estadístico de los datos se realizó mediante una prueba de ANOVA de un factor y la comparación de medias estadísticas con la prueba de Tukey al 95%.

## 5. Resultados y discusión.

### 5.1 Efecto del Ethrel y ácido giberélico.

### 5.2 Yemas brotadas.

Los resultados obtenidos en el número de yemas brotadas mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, donde el testigo presentó el menor promedio de yemas brotadas (42.05) mientras que los tratamientos de ethrel y de ácido giberélico presentaron un promedio de entre 72 y 87.5, ver figura 9.



**Figura 9. Efecto de la aplicación de Ethrel y Ácido giberélico en el número de yemas brotadas en árboles de granada roja 'Apaseo tardía'.**

**\*Promedios con las mismas letras son iguales entre sí estadísticamente**

Por otra parte, los tratamientos de ethrel a 75 y 150 mg/L y el tratamiento de ácido giberélico a 75 mg/L no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre sí, pero si presentaron diferencias con el tratamiento de ácido giberélico a 150 mg/L el cual obtuvo más yemas brotadas que el resto de los tratamientos, presentando un promedio de 87.5.

Estos resultados concuerdan con lo indicado por Tomer (1984) quien aplicó 200 mg/L de ácido giberélico a yemas en reposo, provocando brotación y posteriormente un crecimiento vegetativo en brotes de mango. También reportó que una aplicación de ácido giberélico a

una concentración de 50 mg/L provocó una brotación temprana de la yema y crecimiento reproductivo. Por su parte Pérez-Barraza y colaboradores en 2006 presentaron resultados similares en la aplicación de ácido giberélico en mango 'Tommy Atkins' a concentraciones de 50 mg/L y 200 mg/L donde establecieron que la variación de la respuesta en la planta está en relación a la cantidad aplicada, ya que este afecta el balance hormonal y las concentraciones de ABA disminuyen considerablemente.

Dichos resultados concuerdan con lo obtenido entre los tratamientos durante las fechas de muestreo, en la Cuadro 1 se observa que el promedio de yemas brotadas osciló entre los 50 y 100 brotes a los 35 días después de la aplicación de los tratamientos. Mostrando claramente que el tratamiento que obtuvo el menor número de brotes fue el tratamiento de Testigo desde el principio de las evaluaciones.

**Cuadro 1. Efecto de la aplicación de Ethrel y Ácido giberélico en el número de yemas brotadas en árboles de granada roja 'Apaseo tardía' por fecha de muestreo.**

<i>Fechas de muestreo</i>	<b>14/03/2018</b>	<b>27/03/2018</b>	<b>13/04/2018</b>	<b>27/04/2018</b>
<b>Tratamientos</b>				
<b>Testigo</b>	57 a	47 a	38 a	26 a
<b>Ethrel 75mg/L</b>	100 b	82 b	74 b	39 b
<b>Ethrel 150 mg/L</b>	80 c	78 b	75 b	55 b
<b>Ga3 75 mg/L</b>	95 d	75 b	70 b	50 b
<b>Ga3 150 mg/L</b>	95 d	90 c	85 c	80 c

\* Promedios con las mismas letras son iguales entre sí estadísticamente

Así mismo, se observa que el tratamiento que mostró un mayor número de brotes fue en un principio el tratamiento de ethrel a 75 mg/L con un promedio de 100 yemas brotadas, siguiéndole los tratamientos de ácido giberélico a 75 y 150 mg/L con un promedio de 95 yemas brotadas y finalmente el tratamiento de ethrel a 150 mg/L con un promedio de 80 yemas brotadas.

El registro del promedio de los brotes en todos los tratamientos presentó variaciones desde el 27 de Marzo hasta el 27 de abril, posicionando al tratamiento de ácido giberélico a 150 mg/L como el tratamiento con el mayor número de yemas brotadas, con un promedio de 90 brotes, siguiéndole los tratamientos de ethrel a 75 y 150 mg/L y el tratamiento de ácido giberélico a 75 mg/L respectivamente.

Es importante mencionar que durante el 27 de marzo los tratamientos que no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre sí fueron los tratamientos de ethrel de 75 y 150 mg/L y el tratamiento de ácido giberélico a 75 mg/L, mientras que los resultados



obtenidos para el tratamiento testigo y el tratamiento de ácido giberélico a 150 mg/L presentaron diferencias estadísticamente significativas entre ellos y con respecto a los demás tratamientos. Estas mismas diferencias estadísticas son observables en la figura 9 y concuerdan con lo indicado por Tomer (1984).

### 5.3 Botones florales.

#### 5.3.1 PORCENTAJE ESTIMADO DE BOTONES FLORALES.

En los resultados obtenidos en el porcentaje estimado de número de botones florales (Cuadro 2), se encontró que durante el primer (27/03/2018) no existieron diferencias estadísticamente significativas entre el testigo y los demás tratamientos, caso similar se presentó durante el tercer muestreo (27/04/2018) Sin embargo, durante la segunda fecha de muestreo (12/02/2018) se obtuvo que el tratamiento testigo tuvo diferencias estadísticas con el tratamiento de ácido giberélico a 75 mg/L, el cual mostró una cantidad menor en el porcentaje estimado de botones florales con respecto al testigo y los demás tratamientos.

Finalmente, en la última fecha de muestreo, como se puede observar en el cuadro 2, los tratamientos de ethrel a 75 mg/L y el tratamiento Testigo presentaron diferencias estadísticas significativas con respecto a los demás tratamientos, al reportar un mayor porcentaje estimado de botones florales que los tratamientos de ácido giberélico a 75 y 150 mg/L y el tratamiento de 150 mg/L de ethrel. Esto es comparable con lo obtenido por Rengifo en 2013, quien reportó que al aplicar bajas dosis de Etefón en *Ananas comosus*, podría presentarse una fase de diferenciación celular más amplia en un lapso de tiempo más prolongado, resultando en brotaciones de yemas, formación de botones florales y floraciones más dispersas.

**Cuadro 2. Efecto del Ethrel y Ácido giberélico en el porcentaje estimado de botones florales de 4 muestreos en la granada roja 'Apaseo tardía'.**

<b>Fechas de muestreo</b>	<b>27/03/2018</b>	<b>13/04/2018</b>	<b>27/04/2018</b>	<b>14/05/2018</b>
<b>Tratamientos</b>				
<b>Testigo</b>	17.5 a	55.75 a	17.5 a	11a
<b>Ethrel 75mg/L</b>	45 a	42.25 a	15 a	7.75 a
<b>Ethrel 150 mg/L</b>	45 a	65.5 a	14.5 a	3.75 b
<b>Ga3 75 mg/L</b>	62.5 a	15.75 b	15 a	2.25 b
<b>Ga3 150 mg/L</b>	71.75 a	40 a	21.25 a	4.25 b

\* Promedios con las mismas letras son iguales entre sí estadísticamente

\*Datos referidos a porcentaje

Este efecto es similar con lo obtenido por Saidha *et al.* (1983) quienes reportaron que un aumento interno en la producción de etileno foliar conlleva a una etapa cercana a la iniciación floral. Por lo tanto, permite explicar la translocación eficiente del etileno desde las hojas hacia las yemas reproductivas lo que posteriormente genera la diferenciación de botones florales.

### 5.3.2 NÚMERO DE BOTONES FLORALES.

En cuanto a los resultados en el número de botones florales obtenidos por conteo directo (Cuadro 3), se observa que las diferencias comenzaron hasta al menos 2 meses después de la aplicación de los tratamientos, en la tercera fecha de muestreo, donde se observó que el tratamiento testigo fue solo estadísticamente igual a los tratamientos de ethrel a 75 mg/L y 150 mg/L y al tratamiento de ácido giberélico a 150 mg/L. Por su parte, el tratamiento de ácido giberélico a 75mg/L reportó la cantidad de botones florales más alta con respecto a los demás tratamientos.

**Cuadro 3. Efecto del Ethrel y Acido giberélico en el número de botones florales de cuatro muestreos en la granada roja 'Apaseo tardia'.**

Tratamientos	Fechas de muestreo			
	27/03/2018	13/04/2018	27/04/2018	14/05/2018
<b>Testigo</b>	16.5 a	8.5 a	5.875 a	4.1875 a
<b>Ethrel 75mg/L</b>	24.25 a	11.75 a	5.18 a	0.1375 b
<b>Ethrel 150 mg/L</b>	15.25 a	9.5 a	3.75 a	0.6875 b
<b>Ga3 75 mg/L</b>	23.5 a	10.75 a	11.3125 b	0.3125 b
<b>Ga3 150 mg/L</b>	21.5 a	5.25 a	3.9375 a	0.4375 b

\* Promedios con las mismas letras son iguales entre sí estadísticamente

Durante la última fecha de muestreo el tratamiento testigo obtuvo diferencias estadísticamente significativas con respecto a los demás tratamientos, presentando más botones florales que el resto de los tratamientos, sin embargo la reducción en el número de botones florales en los tratamientos se debe principalmente a la apertura en los mismos (Observar Figura.18 en Anexos).

## 5.4 Flores abiertas.

### 5.4.1 PORCENTAJE ESTIMADO DE FLORES ABIERTAS.

En la tabla 5 se observa que el tratamiento Testigo no presentó diferencias estadísticas significativas en el porcentaje estimado de flores abiertas con los tratamientos de ethrel a 75 y 150 mg/L. En la segunda fecha de muestreo (13/04/2018) el tratamiento testigo no presentó diferencias estadísticas significativas con el tratamiento de ethrel a 75 mg/L, por su parte el tratamiento de ethrel a 150 mg/L y los tratamientos de ácido giberélico a 75 y 150 mg/L obtuvieron resultados estadísticamente iguales entre sí, obteniendo un porcentaje estimado significativamente más alto que el tratamiento testigo y el tratamiento de ethrel a 75 mg/L. Durante la tercera fecha (27/04/2018) de muestreo no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Los resultados obtenidos durante la última fecha de muestreo (14/05/2018) mostraron que el tratamiento testigo y el tratamiento de ethrel a 75 mg/L obtuvieron porcentajes estimados más altos con respecto a los tratamientos de ácido giberélico de 75 y 150 mg/L y de ethrel a 150 mg/L que se encontraron nuevamente estadísticamente iguales entre sí. Los bajos resultados obtenidos en cuanto al porcentaje estimado de flores abiertas en el tratamiento testigo y el tratamiento de 75 mg/l de ethrel durante la primera fecha de muestreo son similares a los obtenidos en el trabajo de Abutiati 1978, y Silva Iedo *et al.* en 2004 en el cv. Cayena lisa, quienes sostienen que la dosis para una floración efectiva, esta entre 150 a 200 mg/L de Etefón. Por lo que se puede inferir que dosis menores no obtendrían resultados significativos, similares a los obtenidos en el testigo. Es importante señalar que tanto los tratamientos de ethrel y de ácido giberélico no incrementan el porcentaje de flores abiertas, ya que en el cuarto muestreo se puede observar que el testigo presenta valores semejantes a los alcanzados en el tercer muestreo por el resto de los tratamientos, es más preciso decir que los tratamientos adelantan el proceso de apertura de flor.

**Cuadro 4. Efecto del Ethrel y Ácido giberélico en el porcentaje estimado de flores abiertas en 4 muestreos en la granada roja 'Apaseo tardía'.**

<i>Fechas de muestreo</i>	<i>27/03/2018</i>	<i>13/04/2018</i>	<i>27/04/2018</i>	<i>14/05/2018</i>
<i>Tratamientos</i>				
<b>Testigo</b>	3.25 a	22.5 a	62.75 a	67.75 a
<b>Ethrel 75mg/L</b>	6.5 a	33.75 a	68.75 a	62.75 a
<b>Ethrel 150 mg/L</b>	8.25 a	39.75 c	64.75 a	50.25 c
<b>Ga3 75 mg/L</b>	10.5 b	57.5 c	67.5 a	50.25 c
<b>Ga3 150 mg/L</b>	11.25 b	54.75 c	64.25 a	42.75 c

\*Promedios con las mismas letras son iguales entre sí estadísticamente.

\*Datos referidos a porcentaje

## 5.4.2 NÚMERO DE FLORES ABIERTAS

De acuerdo al análisis de varianza del número de flores abiertas, durante la primera fecha de muestreo el tratamiento testigo no presentó diferencias estadísticamente significativas con solo uno de los tratamientos, el tratamiento de ácido giberélico a 150 mg/L, pero si con los tratamientos de ethrel a 75 y 150 mg/L y con el tratamiento de ácido giberélico a 75 mg/L, los cuales mostraron un número menor de flores abiertas (Cuadro 5). Sin embargo, en la segunda fecha de muestreo los tratamientos de ethrel a 150 mg/L y ácido giberélico a 150 mg/L, obtuvieron los resultados más altos en cuanto al número de flores abiertas.

Dichos resultados concuerdan con lo reportado por Davenport y Nuñez-Elisea (1990), quienes argumentan que el etileno endógeno está involucrado en el proceso de floración por su fácil absorción aumenta la cantidad de flores. Mientras que en el caso del ácido giberélico, de acuerdo a Azcón-Bieto y Talón, en el 2000 después de la inducción de brotes, las giberelinas promueven diversos aspectos del desarrollo floral como la identidad de los órganos del meristemo floral, el crecimiento de anteras, y la pigmentación de la corola, lo que explica que su proceso de apertura sea más corto en comparación con los demás tratamientos.

Durante la tercera fecha de muestreo, el tratamiento testigo no presentó diferencias estadísticamente significativas con respecto a los demás tratamientos, a excepción del tratamiento de ácido giberélico a 75 mg/L el cual tuvo el número de flores abiertas más alto con respecto a los demás tratamientos. Los resultados obtenidos en la última fecha de muestreo indicaron que el tratamiento testigo obtuvo el número de flores abiertas más alto. Por su parte el tratamiento de ácido giberélico a 75 mg/L y de ethrel a 150 mg/L no mostraron diferencias estadísticas entre sí, reportando valores mayores con respecto al tratamiento de ácido giberélico a 150 mg/L y de ethrel a 75 mg/L los cuales resultaron estadísticamente iguales entre sí.

**Cuadro 5. Efecto del Ethrel y Ácido giberélico en el número de flores abiertas en 4 muestreos de la granada roja 'Apaseo Tardía'.**

Fechas de muestreo				
Tratamientos	<b>27/03/2018</b>	<b>13/04/2018</b>	<b>27/04/2018</b>	<b>14/05/2018</b>
<b>Testigo</b>	2.75 a	3a	3.75 a	2a
<b>Ethrel 75mg/L</b>	0.25 b	3a	3.75a	0.25 c
<b>Ethrel 150 mg/L</b>	0.25 b	16 b	3.25 a	0.75 b
<b>Ga3 75 mg/L</b>	0.25 b	3.25 a	5.75 b	0.75 b
<b>Ga3 150 mg/L</b>	2a	7 b	3.5 a	0.25 c

\* Promedios con las mismas letras son iguales entre sí estadísticamente

\*Datos referidos a porcentaje

## 5.5 Amarre de fruto.

### 5.5.1 PORCENTAJE ESTIMADO DE AMARRE DE FRUTOS.

En la Cuadro 6 se observa que los tratamientos con ethrel 150 mg/L ; Ga3 75 y 150 mg/L presentaron diferencias estadísticas significativas al presentar mayor porcentaje estimado de amarre de fruto que los tratamientos testigo y de ethrel a 75 mg/L durante la primera fecha de muestreo. Posteriormente en la segunda fecha de muestreo sólo los resultados del tratamiento de ethrel a 150 mg/L y de ácido giberélico a 75 mg/L mostraron no poseer diferencias estadísticamente significativas entre sí mostrando el porcentaje más alto comparado con los demás tratamientos. Durante la última fecha de muestreo, nuevamente los porcentajes más altos fueron de los tratamientos de ácido giberélico a 75 y 150 mg/L junto con el tratamiento de ethrel a 150 mg/L con respecto a los demás tratamientos. Aunque en valores estadísticos, el tratamiento de ácido giberélico a 150 mg/L indujo más brotes de yema que el resto de tratamientos, al final no arrojó resultados tan favorables en amarre de fruto. Sin embargo los resultados obtenidos concuerdan con los encontrados para el porcentaje estimado de botones florales, Cuadro 3, donde se observó que el tratamiento que indujo mayor número de botones florales fue el tratamiento de ácido giberélico a 75 mg/L.

**Cuadro 6. Efecto del Ethrel y Ácido giberélico en el amarre de frutos de tres muestreos en la granada roja 'Apaseo tardía'**

Tratamientos	Fechas de muestreo		
	13/04/2018	27/04/2018	14/05/2018
<b>Testigo</b>	1.875 a	11.25 a	15.25 a
<b>Ethrel 75mg/L</b>	7.25 a	13.75 a	23.25 a
<b>Ethrel 150 mg/L</b>	10.75 b	20.75 b	35.25 b
<b>Ga3 75 mg/L</b>	12.25 b	21.25 b	38 b
<b>Ga3 150 mg/L</b>	11.75 b	20 a	35.5 b

\* Promedios con las mismas letras son iguales entre sí estadísticamente

Esto es comparable con lo reportado por Salazar-García y Lovatt, (1998) y Salazar-García *et al.* (1998), donde se encontró que la aplicación de ácido giberélico influye en la iniciación y desarrollo floral, pero su efecto depende del estado de desarrollo en el momento de la aplicación, además, un exceso de brotes por rama puede provocar un porcentaje más alto en la caída de flor. Dicha situación puede ser aplicada de igual manera para el tratamiento 3 de ácido giberélico a 75 mg/L, que al ser una concentración menor produjo menor cantidad de brotes y por ende menor caída de flor por lo que el resultado de amarre de fruto fue

mayor y más favorable. Estos resultados concuerdan con Coggins Hield y Garber (1960), los cuales en la aplicación de concentraciones similares de ácido giberélico en naranja, después de la fase de floración se incrementó el número de frutos por árbol

### 5.5.2 NÚMERO DE FRUTOS AMARRADOS.

En la Cuadro 7 se observa que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos hasta la segunda fecha de muestreo. Sin embargo, los resultados mostraron que durante la primera fecha, el tratamiento de ácido giberélico a 150 mg/L presentó el mayor número de frutos amarrados. Posteriormente durante la segunda fecha de muestreo, el tratamiento con el mayor número de frutos amarrados fue el tratamiento de ácido giberélico a 75 mg/L, el cual mantuvo constante la cantidad de frutos amarrados que obtuvo con anterioridad, al contrario que los demás tratamientos y fue el único que presentó diferencias estadísticamente significativas.

Durante la tercera fecha de muestreo el tratamiento de ethrel a 150 mg/L obtuvo resultados estadísticamente iguales con respecto al tratamiento de ácido giberélico a 75 mg/L. Lo que indica que al aplicar Ethrel en concentración de 150 mg/L, también se incrementa el promedio de frutos amarrados, pero el GA3 a 75 mg/L tiene un efecto más favorecedor. Esto último concuerda con lo reportado por Chacko y colaboradores en 1974, donde aplicaron ethephon en mango, en una concentración de 200 mg/L, induciendo floración y fructificación en un “off year” en la variedad alternante ‘Langra’.

**Cuadro 7. Efecto del Ethrel y ácido giberélico sobre el promedio de amarre de frutos en 3 muestreos de la granada roja ‘Apaseo Tardía’.**

<i>Fechas de muestreo</i>	<b>13/04/2018</b>	<b>27/04/2018</b>	<b>14/05/2018</b>
<i>Tratamientos</i>			
<b>Testigo</b>	1 a	1.75 a	0.5 a
<b>Ethrel 75mg/L</b>	0.25 a	1.25 a	1.25 a
<b>Ethrel 150 mg/L</b>	2 a	2.5 a	1.75 b
<b>Ga3 75 mg/L</b>	5 a	5b	3b
<b>Ga3 150 mg/L</b>	7.5 a	1.5 a	1.5 a

\* Promedios con las mismas letras son iguales entre sí estadísticamente

## 5.6 Desarrollo del fruto.

### 5.6.1 TAMAÑO DEL FRUTO (DIÁMETRO Y LONGITUD).

En los resultados obtenidos para esta variable, no se observaron diferencias estadísticamente significativas del testigo con respecto a los demás tratamientos sobre el tamaño expresado en diámetro de los frutos de granada roja 'Apaseo tardía', (figura 10).

Sin embargo, existe un incremento estadísticamente significativo en respecto al tamaño expresado en longitud en el tratamiento de ácido giberélico a 75 mg/L, lo que puede dar una ventaja en la comercialización del fruto, ya que representa casi un 11% mayor al testigo.

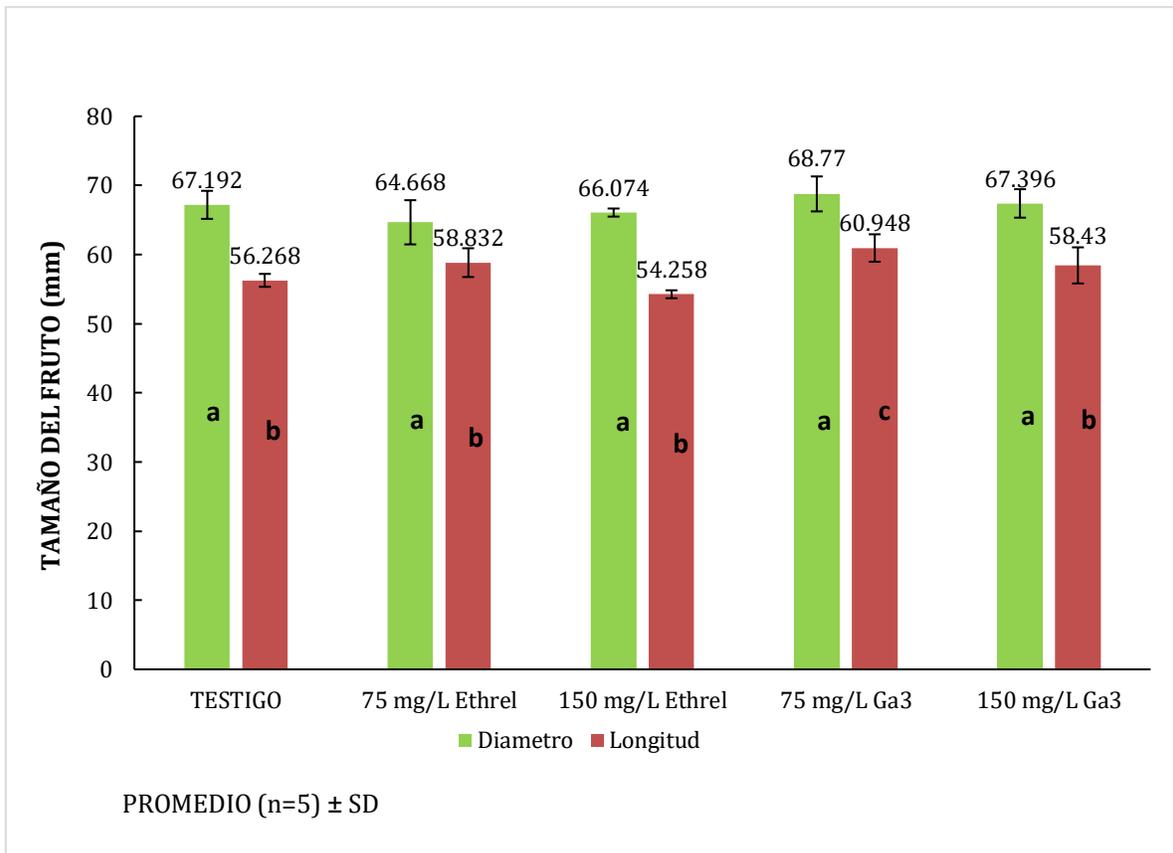


Figura 10. Efecto del Ácido giberélico y del Ethrel sobre el tamaño final del fruto de granada roja 'Apaseo tardía' en diámetro y longitud.

*\*Promedios con las mismas letras son iguales entre sí estadísticamente*

Es importante señalar que los frutos obtenidos del tratamiento de ácido giberélico a 75 mg/L, presentaron un grosor en el pericarpio mayor al resto de los frutos. Lo que indica que estos resultados pueden explicarse con lo reportado por Dawood en 1986, quien encontró que la aplicación de ácido giberélico aumenta el grosor de la cutícula y las capas del pericarpio del fruto y por ende el tamaño. Hallazgo similar fue reportado por Agustí y colaboradores en 1999.

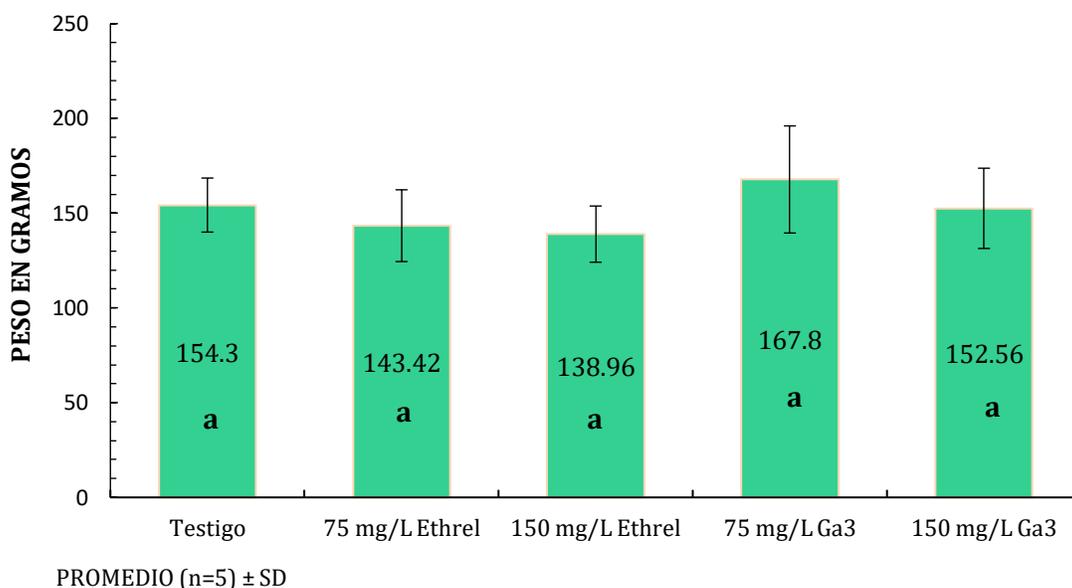
Sin embargo, la diferencia presentada en el tratamiento de ácido giberélico a 75 mg/L en cuanto al tamaño expresado en longitud, concuerda junto a los demás resultados obtenidos en todos los tratamientos y el testigo con los parámetros registrados para el tamaño del fruto de granada roja realizados por Escudero en 2016 quien trabajo en el mismo cultivar y reportó que el tamaño de este fruto se encontraba entre 7.1 cm de diámetro y 6.03 cm en longitud.

Los resultados obtenidos para este cultivar, concuerdan con otros estudios realizados en diferentes cultivares de granada roja, un ejemplo de ellos fue lo reportado por Karimi y Mirdehgham en 2015 donde obtuvieron para granada roja 'Zagh-e-yazdi' el diámetro es de 7.5 cm y la longitud de 6.6 cm, y para la granada roja 'Posst ghermez-e-ali aghaei' el diámetro fue de 7.0 cm y su longitud de 6.7.



### 5.6.2 MASA.

Los resultados obtenidos en la medición de masa de los frutos no presentaron diferencias estadísticamente significativas tanto entre los tratamientos de ácido giberélico y de ethrel como con respecto al testigo, ver figura 11. Lo cual indica que la aplicación de ácido giberélico y de ethrel no tuvo efecto sobre la masa de los frutos de granada roja 'Apaseo tardía'. Sin embargo, es importante resaltar que el tratamiento que presentó frutos con mayor masa fue el tratamiento de ácido giberélico a 75 mg/L, con un promedio de 167.8g, seguido del tratamiento testigo con 154.3g, el tratamiento de ácido giberélico a 150 mg/L con 152.26 g, el tratamiento de 75mg/L de ethrel con 143.42g y del tratamiento de 150mg/L de ethrel con un promedio de 138.96g.



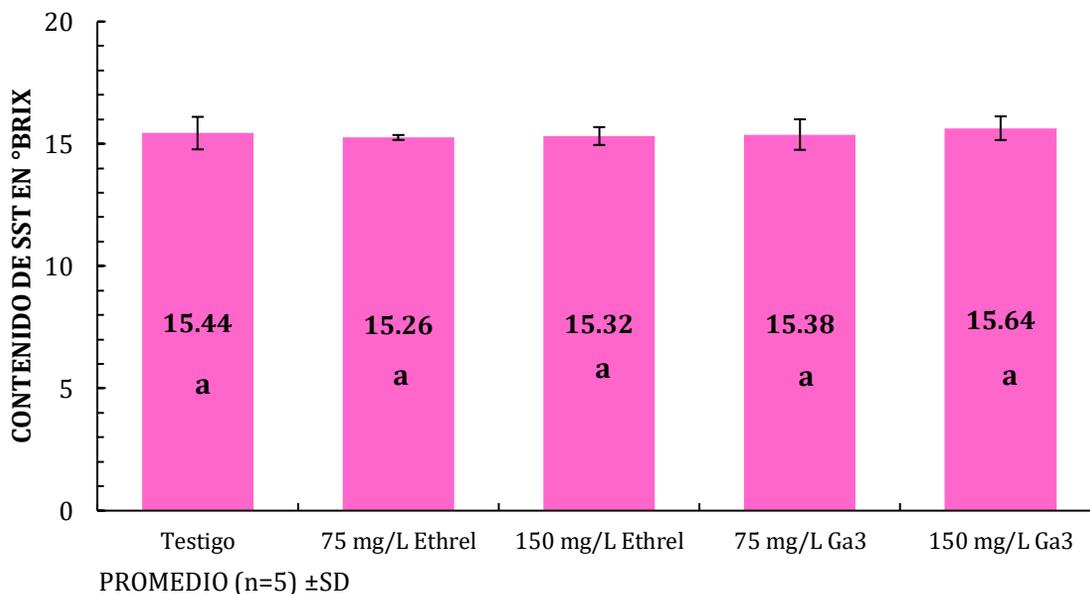
**Figura 11. Efecto del Ácido giberélico y del Ethrel sobre la masa final del fruto de granada roja 'Apaseo tardía'.**

***\*Promedios con las mismas letras son iguales entre sí estadísticamente***

Los valores de masa obtenidos variaron entre 138.96g y 167.8 g que son más bajos a los reportados por Escudero en 2016 para el mismo cultivar de *P. granatum* ya que en sus mediciones encontró que el peso de los frutos era de entre 202 y 222g. Esto puede atribuirse al manejo de los productores de la huerta o a la variación en el periodo de medición, ya que los frutos de este estudio fueron cosechados antes de alcanzar la madurez total.

### 5.6.3 Sólidos Solubles Totales (SST).

Los resultados del contenido de SST en el jugo de *P. granatum* 'Apaseo tardía' mostraron valores estadísticamente iguales entre los tratamientos de ácido giberélico y de ethrel con el grupo testigo, ver figura 12. Lo cual sugiere que dichos tratamientos no afectan la concentración de SST en el fruto. Estos datos también concuerdan con los parámetros registrados con lo reportado por Escudero en 2016 quien reportó en su estudio de granada roja 'Apaseo Tardía' que el contenido de SST se encontraba dentro del rango 15 a 16 grados Brix.



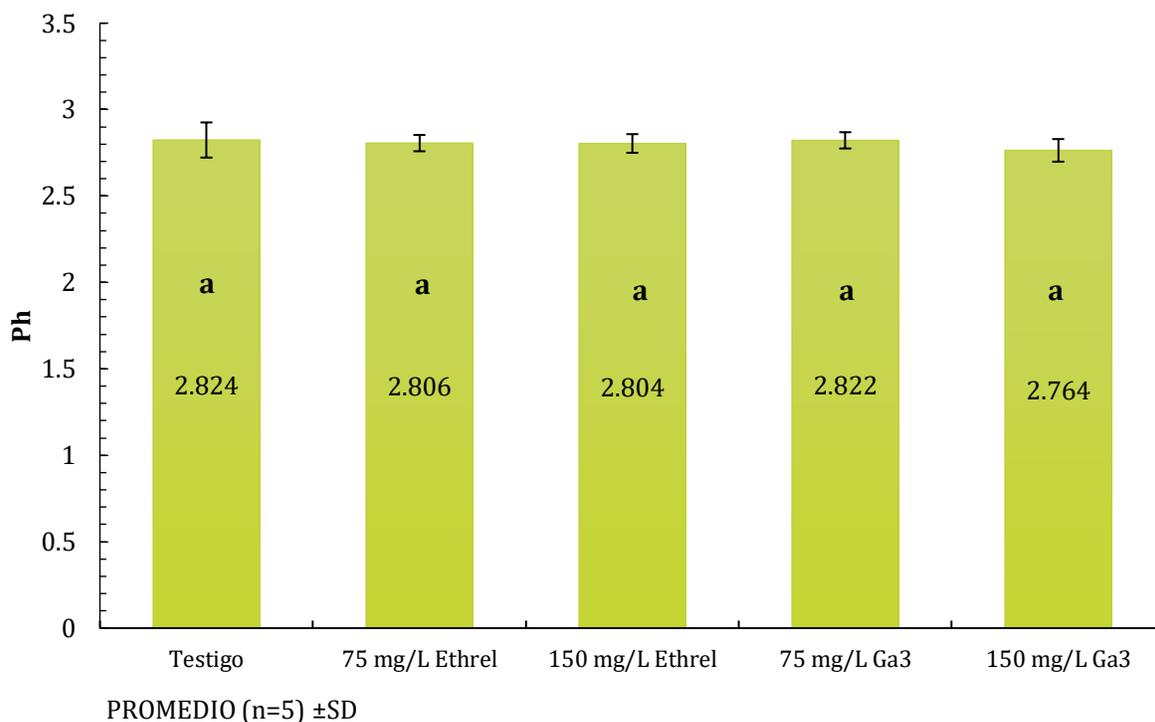
**Figura 12. Efecto del Ácido giberélico y del Ethrel sobre el contenido de Solidos Solubles Totales del fruto de granada roja 'Apaseo tardía'.**

*\*Promedios con las mismas letras son iguales entre sí estadísticamente*

Estos valores encajan con el intervalo indicado por Salunkhe (1984) de sólidos solubles totales para jugos de granada roja de buena calidad, dicho intervalo señala que la concentración se encuentra entre 15.6 y 17.2 °Brix, debido a que la cantidad de sólidos solubles totales representan el contenido de azúcares que contiene el fruto, los cuales aumentan durante el proceso de maduración y dan los caracteres físicos del dulzor a la fruta.

#### 5.6.4 pH

Los resultados obtenidos de pH en los jugos de granada roja (figura 13) fueron estadísticamente iguales, lo cual indica que las aplicaciones de los tratamientos de ácido giberélico y de ethrel no afectan el pH de los frutos de granada roja 'Apaseo tardía'.



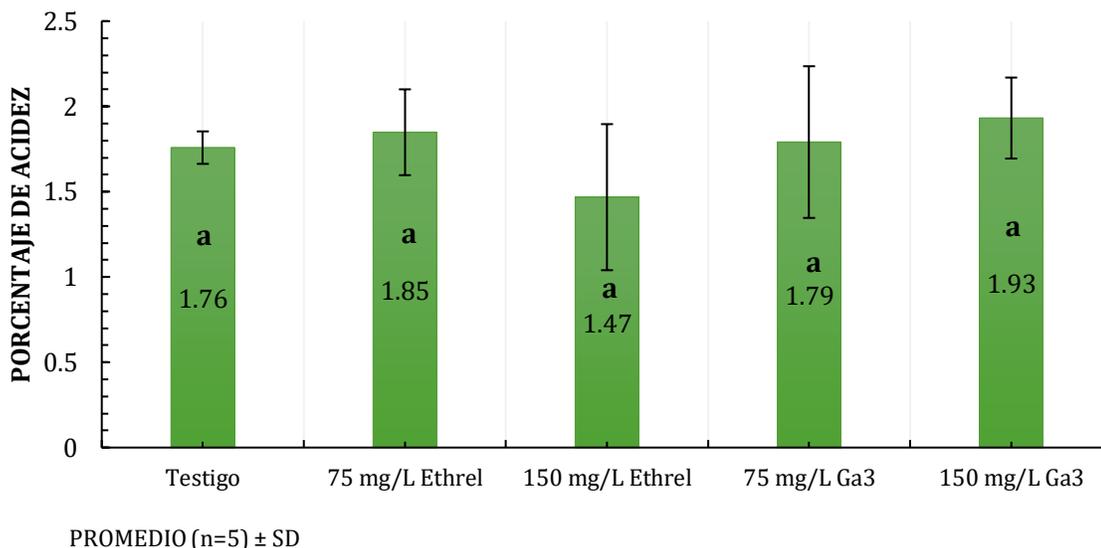
**Figura 13. Efecto del Ácido giberélico y del Ethrel sobre el pH del jugo de granada roja 'Apaseo tardía'.**

***\*Promedios con las mismas letras son iguales entre sí estadísticamente***

Los valores de pH obtenidos dieron un intervalo de 2.76 a 2.82 que se encuentra dentro del rango de 2.75-4.14 reportado por Akbarpour y colaboradores en 2009. Este valor de pH corresponde al sabor ácido de la fruta. Sin embargo, los resultados obtenidos en esta variable son más bajos que los resultados reportados por Escudero en 2016 quien obtuvo un intervalo de pH de 3.43 a 4.43 para el mismo cultivar, lo que catalogaría a esta fruta como muy ácida. No obstante, llama la atención la acidez de la fruta dado que los sólidos solubles no mostraron cambios por debajo de lo normal que pudieran señalar una interacción importante del metabolismo de carbohidratos con la acumulación de ácidos en las muestras, por lo que se debería investigar a profundidad en futuros trabajos.

### 5.6.5 ACIDEZ TITULABLE.

El porcentaje de acidez titulable de ácido málico obtenido para el jugo de granada roja en el tratamiento testigo no presentó diferencias estadísticamente significativas con los demás tratamientos, ver figura 14. Dichos resultados coinciden con lo reportado por Escudero en 2016 quien trabajó con granada roja 'Apaseo tardía y observo que las aplicaciones de ácido giberélico no causaron cambios en la acidez titulable.



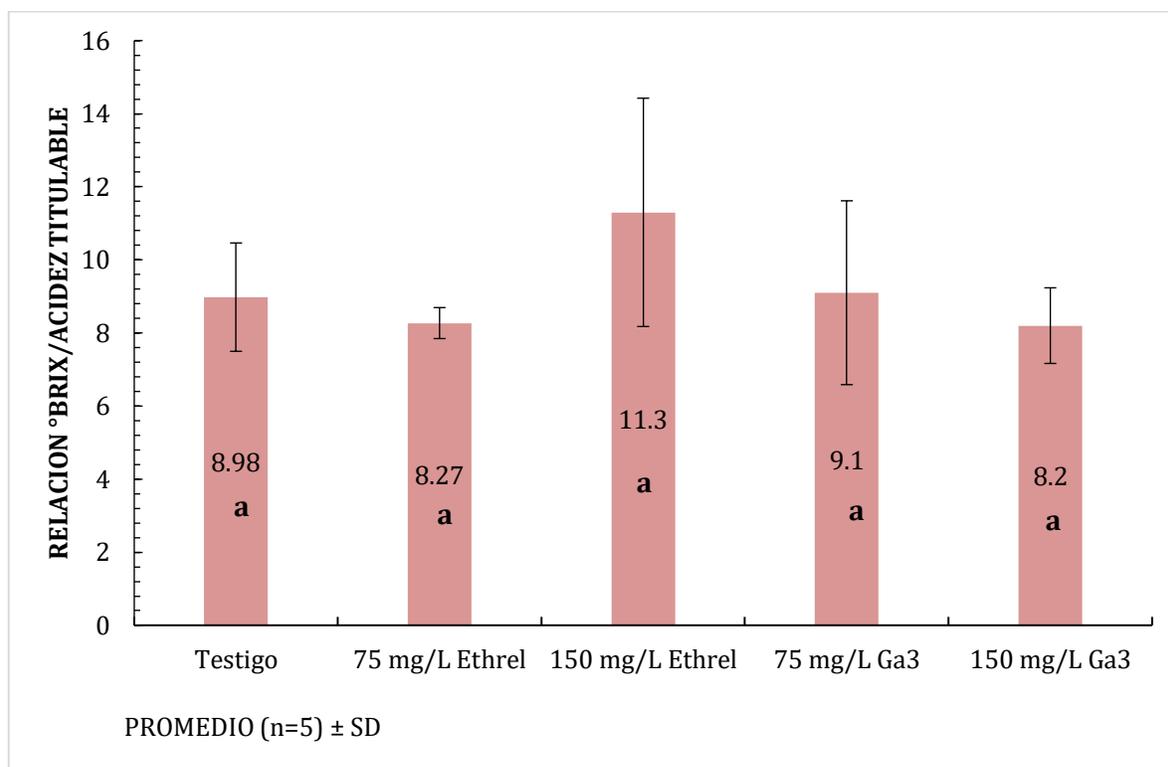
**Figura 14. Efecto del Ácido giberélico y del Ethrel sobre el porcentaje de acidez del jugo de granada roja 'Apaseo tardía'.**

***\*Promedios con las mismas letras son iguales entre sí estadísticamente***

Entre los constituyentes mayoritarios en los zumos se encuentran los ácidos orgánicos y determinados compuestos fenólicos que contribuyen a la calidad nutricional. La cantidad de ácido málico está relacionado con la percepción sensorial de aspereza y acidez (Esti *et al.*, 1997). Un factor que podría afectar los valores obtenidos en esta variable podría ser el manejo de la fruta después de su cosecha, ya que cabe destacar que la fruta no fue analizada en cuanto fue cosechada. De acuerdo con lo publicado Mirdehghan y colaboradores en 2007 durante la conservación se producen cambios que afectan al sabor, ya que disminuye significativamente el contenido de acidez debido fundamentalmente a disminución en los ácidos mayoritarios, como los ácidos málico y cítrico, ya que normalmente, durante la maduración, los ácidos orgánicos son metabolizados y convertidos en azúcares.

### 5.5.6 RELACIÓN °BRIX/Acidez titulable

El índice de acidez o madurez del jugo osciló entre 8.21 y 11.30, sin encontrarse diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ni con respecto al testigo, ver figura 15. Los resultados obtenidos coinciden con el intervalo encontrado por Díaz en 2014 para la granada roja de las selecciones 36-1 y 36-3 el cual va de 4.8 a 30.3.



**Figura 15. Efecto del Ácido giberélico y del Ethrel sobre la relación °Brix/acidez titulable en el fruto de granada roja 'Apaseo tardía'.**

***\*Promedios con las mismas letras son iguales entre sí estadísticamente***

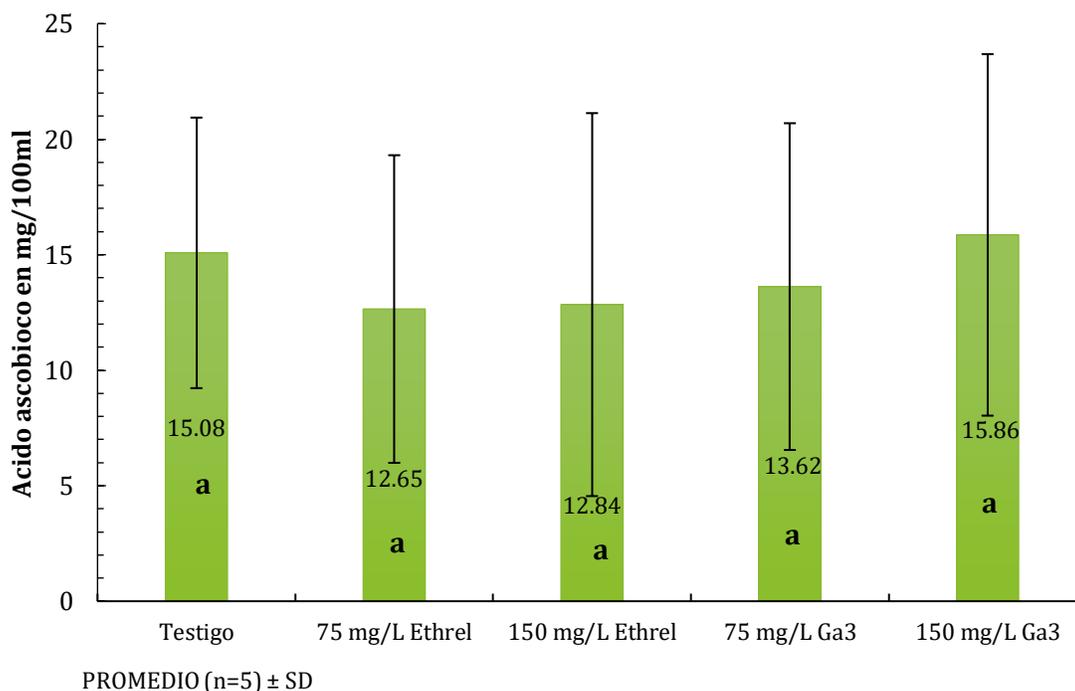
De acuerdo a la relación °Brix/A.T. se han clasificado a las granadas en 3 categorías:

- 1) "Dulces", si su índice oscila entre 31 a 93
- 2) "Agridulces", si es de 17 a 24
- 3) "Ácidas", si sus valores son de 5 a 7

En base a esto, las granadas del cultivar Apaseo Tardía se clasifican en la categoría de ácida con tendencia a agridulce clasificación obtenida por Martínez *et al.* (2006) y Rajasekar *et al.* (2012).

### 5.5.7 ÁCIDO ASCÓRBICO

El contenido de ácido ascórbico no mostró diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento testigo y los demás tratamientos (Figura 16), debido a que la variación entre tus datos encontrados fue muy grande, sin embargo sus valores se encontraron dentro de un rango de 12.65 a 15.86 mg/100ml, cuya concentración concuerda con lo reportado por Kulkarni y Aradhya en 2005, donde se muestra que los valores de ácido ascórbico se mantiene en valores más o menos estables en las últimas fases de la maduración, con unos valores entre 10 y 36 mg/100 ml, dependiendo de la variedad. Sin embargo los resultados obtenidos en esta variable son considerablemente menores a lo reportado por Velázquez en 2017, quien obtuvo un contenido de ácido ascórbico de entre 23.1 y 27.6 mg/ml para el mismo cultivar. Dichas diferencias podrían deberse a la diferente aplicación de tratamientos, ya que el ácido giberélico se aplicó sobre los frutos y no sobre las yemas.



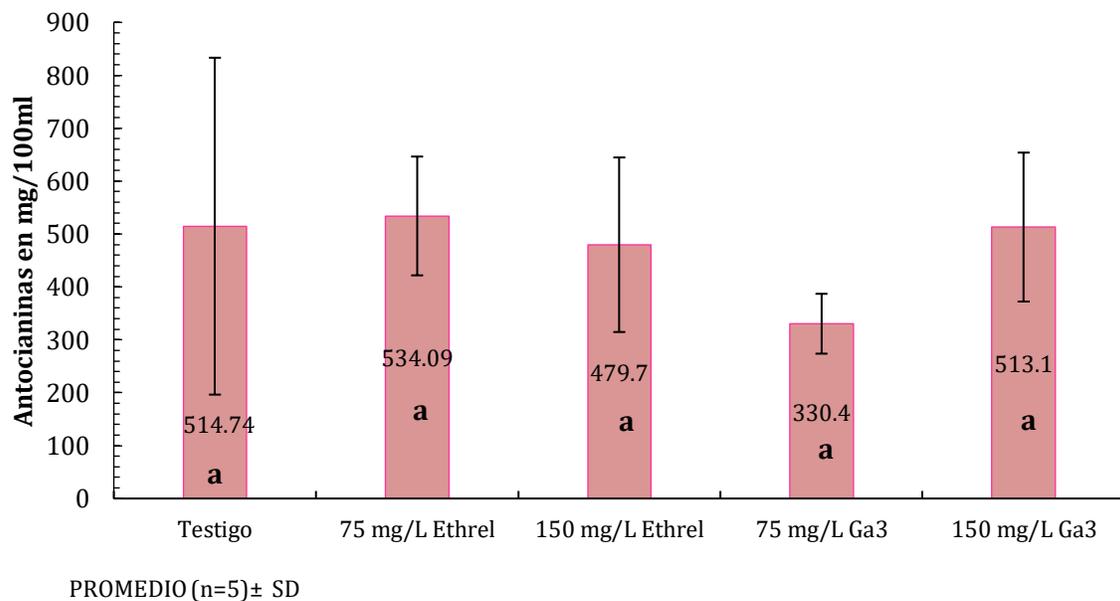
**Figura 16. Efecto del Ácido giberélico y del Ethrel sobre el contenido de ácido ascórbico en jugo de granada roja 'Apaseo tardía'.**

*\*Promedios con las mismas letras son iguales entre sí estadísticamente*

### 5.5.8 ANTOCIANINAS

La concentración de antocianinas en el jugo de granada roja no mostró diferencias estadísticamente significativas entre el grupo Testigo y los tratamientos de ethrel y ácido giberélico (Figura 17).

Sin embargo se muestra una tendencia notablemente menor en el contenido de antocianinas totales en el tratamiento de 75 mg/L de ácido giberélico, el cual, es importante señalar fue el tratamiento que presentó mayor tamaño en frutos. Dicho lo anterior, esta baja concentración de antocianinas podría atribuirse, de acuerdo a Garzón y Wrolstad (2001), a la capacidad de elongación celular que otorga la aplicación de ácido giberélico que a su vez aumenta la capacidad de agua almacenada en las vacuolas de las células donde se encuentran las antocianinas, provocando un incremento en la actividad de agua del medio causando la degradación de las antocianinas, probablemente debido a una mayor interacción entre el agua y el catión flavilio para formar la pseudobase inestable, dicha interacción fue reportada también por Olaya y colaboradores en 2008. Sin embargo dicho caso debería presentarse en el tratamiento de ácido giberélico a 150 mg/L y debido a que no fue así, otra posible opción podría ser a la degradación de antocianinas por la luz, ya que estas muestras fueron analizadas al final del estudio.



**Figura 17. Efecto del Ácido giberélico y del Ethrel sobre el contenido de antocianinas en jugo de granada roja 'Apaseo tardía'.**

***\*Promedios con las mismas letras son iguales entre sí estadísticamente***

## 6. Conclusiones.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la variable número de yemas brotadas el tratamiento de 150 mg/L de ácido giberélico resultó estadísticamente diferente con respecto a los tratamientos de 75 mg/L de ácido giberélico y de ethrel a 75 y 150 mg/L. El promedio de yemas brotadas fue de 42.05 para el testigo, 72.5 para el tratamiento de ácido giberélico a 75mg/L, 87.5 para el tratamiento de ácido giberélico a 150 mg/L, 73.75 para el tratamiento de ethrel a 75 mg/L y 72 para el tratamiento de ethrel a 150 mg/L respectivamente.

En el número de botones florales por conteo directo, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Sin embargo, la aplicación de los tratamientos de ethrel a 75 mg/L y de ácido giberélico a 75 y 150 mg/L se obtuvo el mayor porcentaje estimado de botones florales.

En cuanto al porcentaje estimado de flores abiertas, los tratamientos que mostraron diferencias estadísticamente significativas con respecto al testigo fueron el tratamiento de ácido giberélico a 75 y 150 mg/L y el tratamiento de ethrel a 150 mg/L. Por otro lado, los resultados obtenidos para la variable de flores abiertas por conteo directo, mostraron que el tratamiento de ácido giberélico a 75 mg/L y de ethrel a 150 mg/L fueron los que obtuvieron presentaron diferencias estadísticas significativas, obteniendo el número más alto de flores abiertas.

Los resultados obtenidos para amarre de frutos en porcentaje estimado y los resultados obtenidos para el número de frutos por conteo directo, mostraron que los tratamientos ethrel a 150 mg/L; Ga3 75 y 150 mg/L presentaron el mayor porcentaje con resultados más favorables.

El efecto de la aplicación de ethrel y ácido giberélico en granada roja (*P.granatum*) 'Apaseo tardía' no afectó la calidad del fruto al no encontrarse diferencias estadísticas en ningún tratamiento en las variables de: concentración de antocianinas totales, ácido ascórbico, acidez titulable, pH, sólidos solubles totales, masa (g) y la relación de °Brix/acidez titulable. La aplicación del tratamiento de ácido giberélico a 75 mg/L incrementa significativamente la longitud del fruto por lo que se sugiere investigar más el efecto de este tratamiento en futuras investigaciones.

Los resultados obtenidos en la brotación de yemas, botones florales, flores abiertas y amarre de fruto indican que si existió desfasamiento de la producción de la granada roja 'Apaseo tardía' no obstante no fue posible dar seguimiento completo al experimento dado que el productor no realizó la aplicación de ácido giberélico para evitar el agrietamiento del



fruto y se tomó la decisión de cortar los frutos para evaluar las variables de calidad antes de que ocurriera el 100% de agrietamiento del fruto.

Considerando lo anterior de manera general se puede indicar que la aplicación de ácido giberélico y de ethrel pueden desfasar la producción de la granada roja 'Apaseo Tardía'

## 7. Bibliografía.

Abutiate W.S. (1978) Effects of ethrel on the flowering of Smooth Cayenne pineapple in Ghana. Journal Title Ghana journal of agricultural science ISSN 0855-0042 Volume/Issue v. 11 (1.2.3).

Adams-Phillips, L., C. Barry y J. Giovannoni. (2004) Signal transduction systems regulating fruit ripening. Trends Plant Sci. 9(7), 331-338.

Agusti J., Mechouachi, F., Tadeo, E., Primo-Millo, M. (2000) El uso del ácido giberélico en citricultura. Madrid, España. Universitat Politècnica de València. 10 p.

Agusti, M., Almela, V., Andreu, I., Juan M., Zacarias, L. (1999) Synthetic auxin 3,5,6-TPA promotes fruit development and climacteric in (*Prunus persica L.*).

Akbarpour, V., Hemmati, K., y Sharifani M. (2009) Physical and chemical properties of pomegranate (*Punica granatum L.*) fruit in maturation stage. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., Vol. 6, Nº. 4, 411-416.

Alfaro, F. y Franck, N. (2009) Efecto de diferentes manejos agronómicos sobre la floración y el cuajado del granado (*Punica granatum L.*) var. Wonderful. Actas del 60° Congreso Agronómico de Chile, Talca, 27-31 de octubre.

Anuario Estadístico Hidalgo Edición 2010 [Gobierno del Estado de Hidalgo (Secretaría de Desarrollo Social) - INEGI].

Arévalo, A., Bertoncini, I., Guirado, N. y Chaila S. (2006) Los términos cultivar y variedad de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) Revista Chapingo Serie Horticultura, 12(1),5-9.

Asociation Oficial Analisis Chemycal (1995) Official methods of analysis of the association of official agricultura chemists. 13a. edition. Publish for association of official agricultural chemist. PO Box 540, Benjamin Franklin Station. Washintong, DC. AOAC. Pp: 412:420.

Avita-Garcia, E.; Castillo-Gonzalez, A. M. (2007) Desarrollo Floral en Frutales. Universidad Autónoma Chapingo. Primera edición. Chapingo, Estado de México, Mexico, 142 p.

Azcón- Bieto, J. y Manuel Talón M. (2000) Fundamentos de la fisiología vegetal, mcGraw Hill, 2ªedición.

Azcón-Bieto Joaquín y Talón Manuel. (2008) Fundamentos de la Fisiología Vegetal. Mc Graw Hill, 3ª edición. ISBN: 978-84-481-9293-8.

Azcón-Bieto, J. y M. Talón. (1993) Fisiología y bioquímica de plantas. McGraw-Hill Interamericana, Madrid 581 p

Bagwell, K. y Staiger, R. W. (2002), The Economics of the World Trading System, Cambridge, MA: The MIT Press.

- Bapat, V.A., Trivedi, P.K., Ghosh, V.A., Sane, T.R., Ganapathi y P. Nath. (2010). Ripening of fleshy fruit: Molecular insight and the role of ethylene. *Biotechnol. Adv.* 28, 94-107.
- Barry, C. y J. Giovannoni. (2007) Ethylene and fruit ripening. *J. Plant. Growth. Regul.* 26, 143-159.
- Bazquez, M. A.; Green, R.; Nilsson, O.; Sussman, M. R. y Detlef Weigela, D. (1998) Gibberellins promote flowering of *Arabidopsis* by activating the LEAFY promoter. *Plant Cell* 10: 791-800.
- Becerril-Román, A. E y J. Rodríguez-Alcazar. (1989) Producción forzada en frutales de clima templado. En: Simposium de producción forzada en frutales. Centro de Fruticultura. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. Pp. 5-8
- Bernier, G.; Havelange, A.; Houssa, C.; Petitjean, A. y Lejeune, P. (1993) Physiological Signals that Induce flowering. *The Plant Cell* 5: 1147- 1155.
- Binder B. (2008). The ethylene receptors: complex perception for a simple gas. *Plant Sci.* 175, 8-17.
- Blazquez, M. A.; Green, R.; Nilsson, O.; Sussman, M. R. y Detlef Weigela, D. (1998) Gibberellins promote flowering of *Arabidopsis* by activating the LEAFY promoter. *Plant Cell* 10: 791-800.
- Borroto C., Blanco, M., González J., Escalona, M. y Medina, N. (1986) Control de la floración en cítricos. Relación con los contenidos de ácido giberélico y ácido abscísico. Memorias del simposium Internacional de Citricultura Tropical. La Habana, Cuba. UACH 1991. Primer curso internacional de citricultura pp. 3-5
- Bouzayen M., Latché A., Nath P. y Pech J. (2010) Mechanism of fruit ripening. En: Pua, E. y M. Davey (eds.). *Plant developmental biology—biotechnological perspectives*. Springer Verlag, Berlín. 319-339 pp.
- Bradford KJ y SF Yang. (1980) Xylem transport of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid, an ethylene precursor, in water-logged tomato plants. *Plant Physiology* 65:322-326.
- Çam, M., Hisli, Y. y Durmaz, G., (2009) Classification of eight pomegranate juices based on antioxidant capacity measured by four methods. *Food Chemistry* 112(3), 721-726.
- Canli, F., M. Pektaş y M. Kelen. (2009) Effects of pre-harvest plant growth regulator sprays on fruit quality of 'Deveci' pear (*Pyrus communis* L.). *Journal of Applied Biological Sciences* 3(1): 75-78
- Casierra-Posada, F. y R. Salamanca. (2008) Influencia del ácido giberélico y el nitrato de calcio sobre la duración post cosecha de frutos de fresa (*Fragaria* sp.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 2(1): 33-42.
- Castañeda, S. M. C., Tapia, C. E., Soria, R. J., Gómez G. C., Núñez, M. O., Moreno S. E., Rujano S. L., y Blanco D. R. (septiembre, 2010). Diagnóstico del potencial de cultivos alternativos en la cuenca de Zapotlán, Jal, bajo temporal. Cartel presentado en el XXIII Congreso Nacional y III Internacional de Fitogenética, llevado a cabo por la SOMEFI, Nuevo Vallarta, Nayarit, México
- Celik, I., A. Temur y I. Isik. (2009). Hepatoprotective role and antioxidant capacity of pomegranate (*Punica granatum*) flowers infusion against trichloroacetic acid-exposed in rats. *Food and Chemical Toxicology.* 47:145-149.

- Chacko, E.K.; Kohli, R.R. y Randhawa, G.S. (1974) Investigations on the use of 2-chloroethyl phosphonic acid (Ethephon, CEPA) for the control of biennial bearing in mango. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v.2, p.389-398.
- Chang, J.C. y T.S. Lin. (2006) GA3 increases fruit weight in 'Yu Her Pau' litchi. *Sci. Hortic.* 108, 442-443.
- Chen, Y., L. Chen y J. Shaw. (2008) Senescence-associated genes in harvest broccoli florets. *Plant Sci.* 175, 137-144.
- Coggins CW Jr., Hield HZ. Y Garber MJ. (1960) La influencia del gibberellato de potasio en los naranjos y frutos de Valencia. *Proc. Amer Soc. Hort Sci.* 76: 193-8.
- CONABIO. (2000) Estrategia nacional sobre biodiversidad de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Conesa, A.; López-Rubira, V.; Allende, A. y Artés, F. (2004) Conservación de granada entera y mínimamente procesada tratada con radiación UV-C. III Congreso Español Ingeniería de Alimentos. Pamplona, España. Memoria. 168 p
- Corzo, P. (1982) Improving budburst in tropical vineyards. *Univ. Calif. Dave Grape and Wine Contn. Symp.* 1980. pp. 154-155.
- Czarny, J., V. Grichko y B. Glick (2006) Genetic modulation of ethylene biosynthesis and signaling in plants. *Biotechnol. Adv.* 24, 410-419.
- Davenport, T. y Nunez-Elisea, R.(1990) Ethylene and other endogenous factors possibly involved in mango flowering. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v.275, p.441-447.
- Davidson, M.H., Maki, K.C., Dicklin, M.R., Feinstein, S.B., Witchger, M.S., Bell, M., McGuire, D.K., Provos, J.C., Liker, H. y Aviram, M., (2009) Effects of consumption of pomegranate juice on carotid intima-media thickness in men and women at moderate risk for coronary heart disease. *American Journal of Cardiology* 104(7), 936-942.
- Dawood, ZA. (1986) Studies into fruit splitting and quality of sweet cherry (*Prunus avium L.*), Tomato (*Lycopersicon esculentum L.*), and grape (*Vitis vinifera L.*), Ph.D thesis. Department of Horticulture, Wye College, University of London, Wye, UK; 256.
- De Nigris, F., Balestrieri, M.L., Williams-Ignarro, S., D'Armiento, F.P., Fiorito, C., Ignarro, L., Napoli, C. (2007) The influence of pomegranate fruit extract in comparison to regular pomegranate juice and seed oil on nitric oxide and arterial function in obese Zucker rats. *Nitric Oxide- Biology and Chemistry* 17, 50-54.
- De Palma, L. e Novello, V.(1995). Il melograno: attualità di una coltura antica. *Rivista di Frutticoltura*, 11: 45 - 49.
- Díaz, A.(2014). Calidad nutraceutica de extractos de granada dulce y acida y bioaccesibilidad de sus compuestos fenólicos en un modelo in vivo. Tesis de maestría. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Escudero, Y,. (2016) Efecto del acigigib sobre el agrietamiento y la calidad del fruto de la granada roja cv. Apaseo tardía (*Punica granatum*).Tesis de licenciatura. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

- Espinoza E., J. R. y V. G. Almaguer. (1992) Promoción de la floración fuera de época en limón "Persa" (*Citrus latifolia* Tan) en Martínez de la Torre Ver. México. Revista Chapingo. Año XV Núm, 78:133-135
- Esti M., Messia M.C., Sinesio F., Nicotra A., Conte L., La Notte L. y Palleschi G. (1997). Quality evaluation of peaches and nectarines by electrochemical and multivariate analysis: relationship between analytical measurements and sensory attributes. Food Chemistry, 60: 659-666.
- Facteau T.J.; N.E. Chestnut; K.E. Rowe y C.Payne. (1992) Brine quality of gibberellic acid-treated <<Napoleon>> sweet cherries. HortScience 27(2), 118-122.
- Fadavi, A., Barzegar, M., Hossein y Azizi, M., (2006). Determination of fatty acids and total lipid content in oilseed of 25 pomegranates varieties grown in Iran. Journal of Food Composition and Analysis 19(6-7), 676-680.
- Faria, A., Monteiro, R., Mateus, N., Azevedo, I. y Calhau, C. (2007) Effect of pomegranate (*Punica granatum*) juice intake on hepatic oxidative stress. European Journal of Nutrition 46(5), 271-278.
- Food and Agriculture Organization (SENASICA)- FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2013) Trade. <http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx>.
- García, O., E. Dueñez, G. Fischer, B. Chaves y O. Quintero. (2008). Efecto del nitrato de potasio, fosfato de potasio y ethephon en la inducción floral de la feijoa o goiabeira serrana (*Acca sellowiana* [O. Berg] Burret). Bogotá, Colombia. Rev. Bras. Frutic. Vol. 30. 14p.
- García-Martínez J.L. y P. Hedden. (1997) Gibberellins and fruit development. En: Phytochemistry of Fruit and Vegetables. FA Tomás-Barberán & RJ Robins Eds, Clarendon Press, Oxford, UK. pp 263-285
- Garzon, GA., Wrolstad RE. (2001) The Stability of Pelargonidin-based Anthocyanins at Varying Water Activity. Food Chem.75:185-96.
- Gil, M.I., García-Viguera, C., Artés, F. y Tomás-Barberán, F.A.,(1995) Changes in pomegranate juice pigmentation during ripening. Journal of the Science of Food and Agriculture 68(1), 77-81.
- Giovannobi J. (2001) Molecular biology of fruit maturation and ripening. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 52:725-749.
- Halevy S. y H. Monselise. (1964) Chemical inhibition and promotion of citrus flower - bud induction. Rehovot, Israel. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 146 p.
- Hernández Bermejo, J.E., J. Leon. Cultivos marginados. Otra perspectiva de 1492. Colección FAO: Producción y protección vegetal, Roma, n.26, p.3-44, 1992.
- Hodgson, R. (1917) The Pomegranate. College of Agriculture. Agricultural Experiment Station, Berkeley, California. Boletín N°276. 102 p
- INEGI (2018) Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Disponible en: <<https://www.contralinea.com.mx/archivo-revista/2018/07/30/inegi-solo-16-de-hectareas-del-pais-se-destinan-a-produccion-agricola> /> [Consulta: 21 de Febrero 2019]

- INIFAP (2008) Guía para la producción de granada roja en Guanajuato. Ed. A cargo de Mondragón Jacobo C. y Juárez Colunga Sheila. Guanajuato: Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Izumi, K.; Nakagawa, S.; Kobayashi, M.; Oshio, H.; Sakurai, A. y Takahashi, N. (1988) Levels of IAA, Cytokinins, ABA and ethylene in rice plants as affected by a gibberellin biosynthesis inhibitor, uniconazole P. *Plant Cell Physiol.* 29(1): 97-104.
- Jagota, S. y H. Dani. (1982) A new colorimetric technique for the estimation of vitamina C using Folin Phenol Reagent. *Anal Biochem.* 127:178-182
- Jiang, Y. y J. Fu. (2000) Ethylene regulation of fruit ripening: Molecular aspects. *Plant. Growth Regul.* 30, 193-200. Doi: 10.1023/A:1006348627110
- Jones, C. M. (1965) Effects of benzyladenine on fruit set in muskmelon. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 87: 335-340.
- Jordán M. y J. Casaretto. (2006) Capítulo XVI. Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Etileno, Ácido Abscísico, Brasinoesteroides, Poliaminas, Ácido Salicílico y Ácido Jasmónico. En *Fisiología Vegetativa* (NF. A&. SCqAueSoA &R LE.T CTaOrd e mil, eds.). Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile.
- Kannangara C. y M. Hansson. (1998) Arrest of chlorophyll accumulation prior to anthocyanin formation in *Euphorbia pulcherrima*. *Plant Physiol. Biochem* 36:843-848.
- Karimi, H y Mirdehghan, S. (2015) Effects of self open and supplementary pollination on growth patten and characteristics of pomegranate fruit. *International Journal of Fruit Science*, 15(4), 382-391.
- Kato K.H., Ohara, E. Takahashi, H. Matsui y M. Nakayama (2000). Endogenous gibberellin-induced parthenocarp in grape berries. *Acta Horticulturae* 514: 69-74.
- Kesari, R., P. Trivedi y P. Nath. (2007) Ethylene-induced ripening in banana evokes expression of defense and stress related genes in fruit tissue. *Postharv. Biol. Technol.* 46, 136-143.
- Kinet, J. M. (1993) Environmental, chemical and genetic control of flowering. *Horticultural Reviews* 15: 279-334
- Klee, H. y J. Giovannoni. (2011) Genetics and control of tomato fruit ripening and quality attributes. *Annu. Rev. Genet.* 45, 41-59.
- Kondo, S. y N. Mizuno. (1989) Relation between early drop of apple fruit and endogenous growth regulators, and effects of MCPB, GA3 plus GA4 and BA sprays on fruit abscission. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 58, 9-16.
- Koyama, S., Cobb, L.J., Mehta, H.H., Seeram, N.P., Heber, D., Pantuck, A.J. y Cohen, P., (2010) Pomegranate extract induces apoptosis in human prostate cancer cells by modulation of the IGF-IGFBP axis. *Growth Hormone & IGF Research* 20(1), 55-62.
- Kulkarni, A. P. y Aradhya, S. M. (2005) Chemical changes and antioxidant activity in pomegranate arils during fruit development. *Food Chemistry*, 93, 319-324.
- Larrosa, M., Tomás-Barberán, F.A., Espín, J.C. (2006) The dietary hydrolysable tannin punicalagin releases ellagic acid that induces apoptosis in human colon adenocarcinoma

Caco-2 cells by using the mitochondrial pathway. The Journal of Nutritional Biochemistry 17(9), 611-625.

Lepiz I., y E. Rodríguez G. (2006) Los recursos fitogenéticos de México. In: MOLINA M. J.C. Y L; CÓRDOVA T. Recursos fitogenéticos en México para la Agricultura y la Ganadería. Chapingo: Secretaria de Agricultura y Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y Sociedad Mexicana de Fitogenética. p.1-17. 20.

Letham, D. S. M.t P. B., Goodwin, T. J., V. Higgins (eds.). (1978). Phytohormones and related compounds. A comprehensive treatise. De. Elsevier North Holland. Vol. I, II. Vol. XVI. Núm. 78. 1992. Revista Chapingo UACH. pp. 133-135.

Malonek S., C. Bomke, E. Bornberg-Bauer, M.C. Rojas, P. Hedden, P. Hopkins y B. Tudzynski. (2005) Distribution of gibberellin biosynthetic genes and gibberellin production in the *Gibberella fujikuroi* species complex. Phytochemistry 66: 1296-1311.

MARM. (2010) Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Anuario de Estadística Madrid 2010, <http://www.mapa.es/es/estadistica/pags/anuario/introduccion.htm>.

Mars, M. (1998) Pomegranate plant material: genetic resources and breeding (review). I Symposium Internacional sobre el granado. MV-0. Orihuela (Alicante)

Martínez JJ, Melgarejo P, Hernández F, Salazar DM. y Martínez R. (2006) Seed characterisation of five new pomegranate (*Punica granatum* L.) varieties. Scientia Horticulturae.110:241-246

Melgarejo y Salazar. (2003) Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas Vol. II. Mundi-Prensa y AMV, Ediciones. Madrid

Melgarejo, P. y Martínez, R. (1992) El Granado. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 163 p.

Melgarejo, P., Salazar, D. M. y Artés, F. (2000) Organic acids and sugars composition of harvested pomegranate fruits. European Food Research and Technology, 211: 185- 190.

Mercado Silva E., Mondragón Jacobo C., Rocha Peralta L. y Álvarez Mayorga B. (2011) Efectos de condición del fruto y temperatura de almacenamiento en la calidad de granada roja. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Vol. 2, N°. 3, 449-459.

Mirdehghan, S. H., Rahemi, M., Castillo, S., Martínez-Romero, D., Serrano, M. y Valero, D. (2007<sup>a</sup>). Pre-storage application of polyamines by pressure or immersion improves shelf life of pomegranate stored at chilling temperature by increasing endogenous polyamine levels. Postharvest Biology and Technology, 44: 26-33.

Mirdehghan, S.H., Rahemi, M. (2007) Seasonal changes of mineral nutrients and phenolics in pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit. Scientia Horticulturae 111(2), 120-127.

MMARM.(2009). Anuario de estadística agroalimentaria. Madrid Ministerio de Medio Ambiente Y Medio Rural y Marino, Anuario de Estadística 2010.

Mohan Kumar, G.N. (1990) Pomegranate. pp. 329-347. En: Fruit of tropical and subtropical origin. Composition, properties and uses. Nagy, S., Shaw, P. y Wardowski, W. (Eds). Florida Science Source. Inc. Lake Alfred, Florida. USA. 391p.

Molina M., J. C y L. Córdova T. (eds.). (2006) Recursos Fitogenéticos de México para la Alimentación y la Agricultura: Informe Nacional 2006. Secretaría de Agricultura, Ganadería,

Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México. 172p.

Mondragón C. y Juárez S. (2008) Guía para la producción de granada roja en Guanajuato. Instituto Nacional de Investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias. México

Moreiras O, Carbajal Á, Cabrera L. y Cuadrado C. (2013) Tablas de composición de alimentos. Guía de prácticas. 16ª Edición. Madrid: Ediciones Pirámide.

Morin Ch., L. (1980) Cultivo de Cítricos en México, pp. 421-423.

Morton, J. (1987) Pomegranate. Morton, J.F. (Ed.) Em: Fruits of warm climates. [En línea] Miami, FL. Pp. 352-255. Disponible en <<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/pomegranate>> [Consulta: 5 de Noviembre del 2018].

Mousavinejad, G., Emam-Djomeh, Z., Rezaei, K. y Khodaparast, M.H.H. (2009) Identification and quantification of phenolic compounds and their effects on antioxidant activity of pomegranate juice of eight iranian cultivars. Food Chemistry 115(4), 1274-1278

Negi, P.S. y Jayaprakasha, G.K. (2003) Antioxidant and Antibacterial Activities of Punica granatum Peel Extracts. Journal of Food Science 68(4), 1473-1477.

Neurath, A.R., Strick, N., Li, Y.-Y., Debnath, A.K. (2005) *Punica granatum* (Pomegranate) Juice Provides an HIV-1 Entry Inhibitor and Candidate Topical Microbicide. Annals of the New York Academy of Sciences 1056(1), 311-327.

Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (OEIDRUS), (2010). Anuario estadístico de la producción agrícola. Recuperado en abril de 2011 de <http://www.oeidrus-jalisco.gob.mx:8040/oeidrus-jalisco/index.php>.

Olaya CM., Castano MP. y Garzón GA. Effect of Temperature and Water Activity on the Stability of Microencapsulated Anthocyanins Extracted From Andes Berry (*Rubus glaucus*) and Tamarillo (*Solanum betaceum*). 2008; Observations not published

Organización Mundial del Comercio (OMC) (2014a), "Comercio y desarrollo: tendencias recientes y función de la OMC", Ginebra, Texto de la Secretaría de la OMC distribuido con la signatura WT/COMTD/LDC/W/58.

Osorio C., Franco MS., Castaño MP, Gonzalez.- Miret ML, Heredia FJ. y Morales AL. (2007) Colour and flavor changes during osmotic dehydration of fruits. Innov Food Sci Emerg Technol.;8:353-59.

Ozgen M., Durgaç C., Serçe S. y Kaya C. 2008. Chemical and antioxidant properties of pomegranate cultivars grown in the Mediterranean region of Turkey. Food Chemistry, Vol. 111, 703-706.

Ramírez V., R. Ortega P., A. López H., F. Castillo G., M. Livera M, F. Rincón S. y F. Zavala G. (eds). (2000) Recursos Fitogenéticos de México para la Alimentación y la Agricultura, Informe Nacional. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas y Sociedad Mexicana de Fitogenética A.C. Chapingo, México.

P., R. Ortega P., A. López H., F. Castillo G., M. Livera M., F. Rincón F. Zavala G. (2000) Recursos Fitogenéticos de México para la Alimentación y la Agricultura. Informe Nacional. SNICS y SOMEFI. Chapingo, México. pp. 7-25.

- Parashar, A., Gupta, C., Gupta, S.K. y Kumar, A., (2009) Antimicrobial ellagitannin from pomegranate (*Punica granatum*) fruits. International Journal of Fruit Science 9(3), 226-231.
- Pérez B., M. H.; Vázquez V., V. y Salazar G., S.(2006) Defoliación de brotes apicales y su efecto en la diferenciación floral del mango Tommy Atkins. Revista Fitotecnia Mexicana 29(4): 197-202.
- Pérez de C., M., M. Ojeda, N. Mogollón y A. Giménez. (2013) Efecto de diferentes sustratos y ácido giberélico sobre el crecimiento, producción y calidad de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) cv. Camarosa. Bioagro 25(1): 31-38.
- Pérez S. y P. Setien. (1986) Determinación del momento de diferenciación de yemas florales en plantas del género *Citrus* tratadas con reguladores del crecimiento. Simposio Internacional de Citricultura Tropical. Resúmenes Vol. I. pp.321-326. Vol. XVI. Núm. 78. 1992. Revista Chapingo UACH. pp. 133-135.
- Puupponen-Pimia, R., Nohynek, L., Meier, C., Kahkonen, M., Heinonen, M., Hopia, A. y Oksman-Caldentey, K.M. (2001) Antimicrobial properties of phenolic compounds from berries. Journal of Applied Microbiology 90, 494-507.
- Rajasekar D., Akoh CC, Martino KG. y MacLean DD. (2012) Physico-chemical characteristics of juice extracted by blender and mechanical press from pomegranate cultivars grown in Georgia. Food Chemistry. 133: 1383-1393
- Rengifo J. (2013). Efecto del Etefon en el desarrollo, floración y calidad del fruto de la piña MD2 *Ananas comosus*, en condiciones del Valle del Cauca. Biology, Campbell Reece, Seventh Edition, informatic version
- Rodríguez-Alcázar. (1989) Producción forzada en frutales de clima templado. En: Simposium de producción forzada en frutales. Centro de Fruticultura. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. Pp. 5-8
- Rojas G., M. (1980). Manual Teórico práctico de Herbicidas y Fitorreguladores. Editorial Limusa, D. F. México. pp. 93- 105.
- Rojas y H. Ramírez. (1987). Control Hormonal del Desarrollo de las Plantas. Editorial Limusa. México, pp. 15-133.
- Ryugo, K. (1988) Fruit culture: Its Science and Art. John Wiley and Sons. USA. 344 p.
- Rzedowski, J. (1998) La vegetación de México. México: Ed. LIMUSA,. 341 p.
- Saidha, T.; Madhava Rao, V.N.; Santhanakrishnan,P. (1983) Internal leaf ethylene levels in relation to flowering in mango. Indian Journal of Horticulture, New Delhi, v.40, p.139-146,
- Salazar G., S.; Lord, E. M. y Lovatt, C. J. (1998) Inflorescence and flower development of the 'Hass' avocado (*Persea americana Mill.*) during "on" and "off" crop years. J. Amer
- Salazar G., S. y Lovatt, C. J. (1998) GA3 application alters flowering phenology of the 'Hass' avocado. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123: 791-797
- Salunkhe, D.K. y B.B. Desai. (1984) Postharvest biotechnology of vegetables. Vol. II. CRC Press, Boca Raton, FL, 288 p.



- Sánchez, E., E. Ramírez, M. Beltrán, I. Padilla., J. Ramírez y A. Ramirez. (2009) Inhibición de la floración en árboles jóvenes de mango (*Mangifera indica* L.) "keitt", aplicado con ácido giberélico. Sonora, México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 9 p.
- Sánchez-Monge E. (1974) Fitogenética (mejora de plantas). Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias-Ministerio de Agricultura. Madrid. 456 pp.
- Sandoval, G., F. Alfaro, G. Reginato y N. Franck. (2009) Evaluación del efecto de la carga frutal sobre la producción y la calidad de frutos del granado (*Punica granatum* L.). Actas del 60º Congreso Agronómico de Chile.
- Sang-Dong, Y., C. Younghee y S. Jen. (2009) Emerging connections in the ethylene signaling network. Trends Plant Sci. 14(5), 270-279
- Santner A, Estelle M (2009). Recent advances and emerging trends in plant hormone signaling. Nature 459(7250):1071-8
- Sartippour, M., Seeram, N., Heber, D. y Pantuck, A., (2008). Ellagitannin-rich pomegranate extract inhibits angiogenesis in prostate cancer in vitro and in vivo. International Journal Oncology 32, 475-480.
- Schaller G. E. y J. J. Kieber (2002) Ethylene. The Arabidopsis Book 1: 1-18.
- Scortichini, M. (1990). Il melograno. Rivista di frutticoltura, 2: 41-48 Biology, Campbell Reece, Seventh Edition, informatic version
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). (2013) Sistema de información agroalimentaria de consulta de producción frutícola. México, D. F.
- SEDER. (2012) Granada roja [en línea]. México: Secretaria de Desarrollo Rural. Disponible en: <http://seder.col.gob.mx/seder2012/comercializacion/perfiles/GranadaRoja.pdf>
- SENASICA (2010). Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos [en línea]. México: Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Disponible en [www.senasica.gob.mx](http://www.senasica.gob.mx) [Consulta: 12 Junio del 2018].
- Sheets, M. D., Du Bois, M.L. y Williamson, J.G. (2009). La Granada en Florida.[En línea] Departamento de Ciencias Hortícolas, University of Florida (HSI004). IFAS Extensión Disponible en <http://edis.ifas.ufl.edu/hs294> [Consulta: 28 de Agosto del 2018].
- SIAP - Servicio de Información y estadística Agroalimentaria y Pesquera. (2010) Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx> Acceso en: 31/12/2018.
- SIAP - Servicio de Información y estadística Agroalimentaria y Pesquera. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2014. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx>. Acceso en: 21/12/2018.
- Silva Ledo, A.D., De Souza G.T.M., De Oliveira T.K., Da Silva, N.J.R., y Felismino D.A.F. (2004) Efeito de indutores de florescimento nas cultivares de Bibliografía 53 abacaxizeiro rbr-1, sng-2 e sng-3 em Rio Branco-acre. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 26, n. 3, p. 395-398, Dezembro 2004

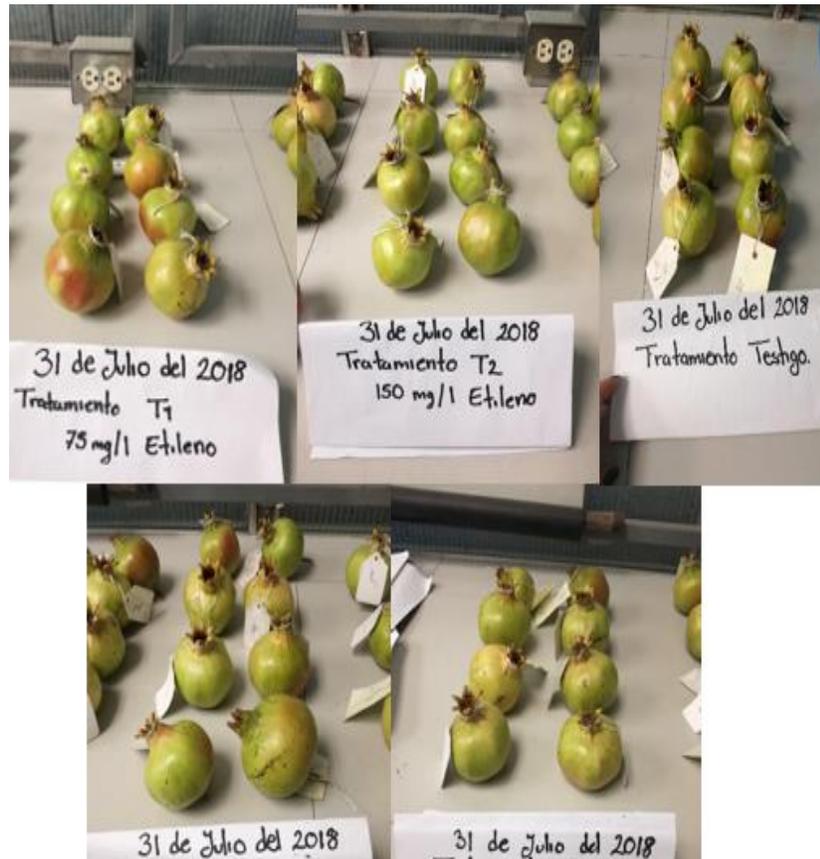
- Singh, R.P., Murthy, K.N. C. y Jayaprakasha, G.K., (2002) Studies on the antioxidant activity of pomegranate peel and seed extracts using in vitro models. *Food Chemistry* 50, 81-86.
- Song, J.M., Lee, K.H. y Seong, B.L., (2005) Antiviral effect of catechins in green tea on influenza virus. *Antiviral Research* 68(2), 66-74.
- Still, DW. (2006). Pomegranates: a botanical perspective. In: Pomegranates ancient roots to modern medicine. Eds: NP. Seeram, RN. Schulman y D. Heber. CRC Press. FL. USA. 244 p.
- Sudzuki, F. (1988). Cultivo de Frutales Menores. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 185 p.
- Taiz, L. y E. Zeiger. (2006). Plant physiology. 4th ed. Sinauer Associates Publishers, Sunderland, MA.
- Tamura S. (1990) Historical aspects of gibberellins. En: Gibberellins. Takahashi N, BO Phinney & J Macmillan Eds. Springer-Verlag, New York. pp 1-8.
- Tezcan, F., Gültekin-Özgülven, M., Diken, T., Özçelik, B. y Erim, F.B., (2009) Antioxidant activity and total phenolic, organic acid and sugar content in commercial pomegranate juices. *Food Chemistry* 115(3), 873-877.
- Tomer E, (1984). Inhibition of flowering in mango by gibberellic acid. *Sci. Hort.* 24:299-303.
- Vaskonen, T., Mervaala, D., Krogerus, L. y Karppanen, H., (2007). Supplementation of plant sterols and minerals benefits obese zucker rats fed an antherogenic diet. *Journal of Nutrition* 132, 231-237.
- Velázquez, P. (2017) Evaluación del efecto del nitrato de potasio en la brotación de yemas y efecto del ácido giberélico en la calidad del fruto de granada roja (*Punica granatum L.*) 'Apaseo tardia'. Tesis de licenciatura. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Weaver J. (1982) Reguladores de crecimiento de las plantas en la agricultura. México. Editorial Trillas, S.A. 622 p.
- Weigel, D. (1995) The genetics of flower development: from floral induction to ovule morphogenesis. *Annu. Rev. Genetics* 29: 19-39.
- Westwood, NH. (1982) Fruticultura de Zonas Templadas. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 461 pp
- Williams M. W. y Letham, D. S. (1990) Effect of gibberellins and cytokinins on development of parthenocarpic apples. *HortScience* 4: 215-216
- Witter, S. H. y Bukovac, M. J. (1984) Gibberellin and higher plants, V: Promotion of growth in grass at low temperatures. *Quar. Bull. Mich. Arg. Exptl. Sta.* 4: 682-686.
- Yang, S. F. y Hoffman N. E. (1984). Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 35: pp.155–89.
- Yu H., T. Ito, Y. Zhao, J. Peng, P. Kumar y EM Meyerowitz. (2004) Floral homeotic genes are targets of gibberellin signaling in flower development. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 101:7827-32.

## 8. Anexo

Flor abierta(a), boton abierto (b), boton cerrado(c) y fruto(d).



*Figura 18. Criterios e interpretación de resultados (botón floral, flores abiertas y frutos amarrados) en granada roja 'Apaseo tardía' por efecto de la aplicación de tratamientos de ethrel y ácido giberélico.*



*Figura 19. Frutos cosechados llevados al anexo del laboratorio de Morfofisiología vegetal L-204 y al laboratorio de frutos y semillas L-5 para la evaluación de calidad.*

## 8.1 Modelos y formulas

### Modelo de regresión lineal para calcular de ácido ascórbico

$$y = 0.3512x + (-0.001)$$

### Fórmula para calcular la concentración de Ácido ascórbico

$$C = \frac{y - (-0.001)}{0.3512}$$

#### Donde:

**C** = Concentración de ácido ascórbico (mg/ml)

**y** = valor de absorbancia a 760 nm

### Fórmula para calcular el % de Ácido málico (AOAC, 1985)

$$\% \text{ de ácido málico} = \frac{\text{ml NaOH} * N * 0.006 * V * 100}{\text{alícuota (ml)}}$$

#### Donde

**N** = Normalidad de NaOH(0.1 N)

**V** = Volumen total (ml de jugo después de ser molidos los arilos)

**100** = Constante

**0.006** = Miliequivalentes del ácido málico.

**Fórmula para calcular la concentración de Antocianinas (Kanangara y Hansson, 1998)**

$$\text{Antocianinas} = \frac{(ABS_{516} / 4.48NM) * 100}{\text{alícuota}} * F.D.$$

**Donde**

**ABS<sub>516</sub>** = Absorbancia medida de la muestra a 516nm

**4.48 NM** = Coeficiente de extinción molar a 516nm<sup>-1</sup>cm<sup>-1</sup>

**Alícuota** = ml de extracto después de ser molidos los arilos

**100** = Constante

**F.D.** = Factor de dilución

**Fórmula para calcular la relación °BRIX/Acidez titulable**

$$\text{índice de madurez} = \frac{^{\circ}\text{Brix}}{\text{Acidez titulable}}$$