

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

MEMORIA DE TÍTULO

PROSPECCIÓN DE RALEADORES QUÍMICOS EN GRANADO
(Punica granatum L.)

VALENTINA VESELY AVARIA

SANTIAGO, CHILE

2011

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

MEMORIA DE TÍTULO

PROSPECCIÓN DE RALEADORES QUÍMICOS EN GRANADO
(Punica granatum L.)

PROSPECTING CHEMICAL THINNERS FOR POMEGRANATES
(Punica granatum L.)

VALENTINA VESELY AVARIA

SANTIAGO, CHILE

2011

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

PROSPECCIÓN DE RALEADORES QUÍMICOS EN GRANADO
(Punica granatum L.)

Memoria para optar al título profesional de:
Ingeniero Agrónomo. Mención: Fruticultura

VALENTINA VESELY AVARIA

	Calificaciones
Profesores Guías	
Nicolás Franck B. Ingeniero Agrónomo, Ph D.	7,0
Gabino Reginato M. Ingeniero Agrónomo, Mg. Sc.	6,5
Profesores evaluadores	
Tomás Cooper C. Ingeniero Agrónomo, Dr. Sci. Agr.	6,0
Luis Sazo R. Ingeniero Agrónomo.	6,8

SANTIAGO, CHILE

2011

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todas las personas que, de una u otra manera, ayudaron a concretar esta tarea, a todos los que han compartido conmigo esta fiesta que es la vida.

A mi familia, por todo su apoyo: A mi padre, Mario, por saber esperar, por haber confiado en mí, por la paciencia, por la música, por estar ahí cuando lo he necesitado. A mi madre, Pachi, por el apoyo incondicional en todo momento, por la fuerza y perseverancia que he aprendido de ella, por su alegría inmensa, por enseñarme que no hacen falta alas para volar y que los sueños están tan cerca como yo decida. A mis hermanas; Carola, por aportar con poesía y canción desde la distancia, y Milena, por ser también mi amiga y por ayudarme a descubrir el maravilloso mundo del procesador de texto y todas sus funciones, desconocidas para mí e indispensables en la factura de mi memoria.

A Jesús, por ser mi amante y amigo, compañero de historias, de viajes y de luchas. Por sus abrazos, por ser mi soporte, por haberme presionado y motivado para que llegar a este momento se convirtiera en una realidad.

A mis amigas de la vida, que me han acompañado a forjar mi historia, y especialmente a los grandes amigos que me regaló la Universidad de Chile, compañeros de senda con los que compartí cada paso de este proceso: Kika, Britt, Matías y de manera especial a mi querida Dani, por su ayuda y compañía en todo momento, por haber construido conmigo esta obra.

A mi profesor guía, Nicolás Franck, por el apoyo y el tiempo dedicado a mi trabajo, por confiar en mí y por la disponibilidad para enseñarme y ayudarme siempre.

Por las risas y los llantos, los amaneceres y atardeceres, la música y los bailes, doy gracias a la vida por todo lo que me ha regalado, que me ha traído hasta acá.

ÍNDICE

RESUMEN.....	2
ABSTRACT.....	3
INTRODUCCIÓN.....	4
Hipótesis.....	7
Objetivo general.....	7
MATERIALES Y MÉTODO.....	8
Materiales.....	8
Método.....	8
Evaluaciones.....	9
Previo a las aplicaciones.....	9
Posterior a las aplicaciones.....	9
Cosecha.....	9
Diseño experimental y análisis estadístico.....	10
RESULTADOS.....	12
Abscisión de estructuras reproductivas.....	12
Carga frutal.....	16
Cobertura de color.....	20
Peso de frutos.....	22
DISCUSIÓN.....	25
Ácido naftalenacético.....	25
Ethephon.....	26
Benciladenina.....	28
Ácido giberélico.....	29
Aminoetoxivinilglicina.....	30
CONCLUSIONES.....	32
BIBLIOGRAFÍA.....	33
APÉNDICE I.....	36
APÉNDICE II.....	37

RESUMEN

La prolongada floración del granado tiene como consecuencia una marcada heterogeneidad en el estado de desarrollo de los frutos al momento de la cosecha, lo cual implica que un alto porcentaje de ellos no llega a madurez. Este hecho evidencia la necesidad de raleo de frutos en los huertos de granado, práctica que, en la actualidad, se realiza de forma manual. El objetivo de este estudio fue evaluar diferentes reguladores de crecimiento como posibles raleadores químicos de flores y/o frutos de granado. Con este fin se realizaron cinco ensayos en un huerto comercial de granados de la variedad Wonderful ubicado en la Región Metropolitana, que consistió en la evaluación de cinco productos químicos, en cinco concentraciones diferentes cada uno: ácido naftalenacético (ANA), en un rango de concentraciones entre 0 y 40 mg L⁻¹; ethephon (ET), en un rango de concentraciones entre 0 y 400 mg L⁻¹; benciladenina (BA), en concentraciones entre 0 y 400 mg L⁻¹; ácido giberélico (AG), en concentraciones entre 0 y 100 mg L⁻¹; y aminoetoxivinilglicina (AVG), en un rango de concentraciones entre 0 y 200 mg L⁻¹. Se realizaron dos aplicaciones del producto químico con un lapso de dos semanas entre ellas, comenzando la tercera semana de enero. Se evaluó la dinámica de caída de flores y frutos durante las seis semanas siguientes a la primera aplicación. En la cosecha se recolectó toda la fruta presente en el árbol, clasificando cada fruto según cobertura externa de color, cohorte de floración a partir de la cual se desarrolló y peso fresco. Los ensayos se analizaron mediante correlaciones y regresiones. El ET fue el único producto evaluado que presentó efecto raleador, disminuyendo la proporción de frutos de la segunda y tercera cohorte de floración. Adicionalmente, el ET incrementó el color de los frutos y redujo el peso fresco de los frutos de la primera cohorte de floración.

Palabras clave: Reguladores de crecimiento, ácido naftalenacético, ethephon, benciladenina, ácido giberélico, aminoetoxivinilglicina.

ABSTRACT

A field trial was carried out in a commercial cv. Wonderful pomegranate orchard in central Chile, in order to evaluate different plant growth regulators as eventual chemical thinners. Naphthaleneacetic acid, ethephon, benzyladenine, gibberellic acid and aminoethoxyvinylglycine sprays were evaluated in different concentrations. Flower and fruitlet abscission during the first weeks after applying the plant growth regulators was evaluated along with crop load, fruit mass and peel color of fruits from different flower cohorts at harvest. The results were analyzed through correlation and regression analysis. Ethephon was the only chemical that exhibited a flower thinning effect, decreasing fruits originated from the second and third flower cohort while increasing concentrations. It also showed effects on skin color, increasing the percentage of fruits with medium covering and decreasing the percentage of green and low color fruits covering. On the other hand, ethephon decreased the fruit mass on fruits from the first flower cohort.

Key words: Plant growth regulators, naphthaleneacetic acid, ethephon, benzyladenine, gibberellic acid, aminoethoxyvinylglycine.

INTRODUCCIÓN

El granado (*Punica granatum* L.) es una de las especies frutales más antiguamente conocidas; pertenece a la familia *Punicaceae*, cuyo único género, *Punica*, incluye dos especies: *P. protopunica* y *P. granatum*. En Asia Menor ha sido cultivado por miles de años y está muy asociado a su antigua civilización (Sudzuki, 1997). Es nativo de Persia y quizás algunas áreas cercanas, y crece de manera silvestre en el Cercano Oriente, Transcaucasia y Asia Menor (Mars, 2000). El granado es considerado un excelente árbol para cultivar en zonas áridas por su resistencia a condiciones de sequía. Actualmente, es ampliamente cultivado en el Mediterráneo, en áreas tropicales y subtropicales (Mars, 2000) y se cultiva en todos los continentes, excepto la Antártica (Glozer y Ferguson, 2008).

El granado se adapta a una variada gama de suelos y climas; es tolerante a la sequía, la salinidad, el déficit de hierro y al carbonato de calcio activo (Mars, 2000). Sudzuki *et al.* (1997) mencionan el exceso de agua como su única limitante, y lo califican como una especie ideal para cultivar en zonas áridas y semiáridas.

Según el catastro frutícola realizado por CIREN (2011), existen 724,6 hectáreas cultivadas en Chile, de las cuales el 53,5% se encuentra en la IV Región. El censo agropecuario del año 2007 no registraba huertos comerciales de granado en la Región Metropolitana, sin embargo, para el año 2010, el catastro frutícola (CIREN, 2011) registró 72,7 hectáreas cultivadas, lo cual refleja la fuerte expansión que ha tenido este cultivo en los últimos años.

El granado es una especie andromonoica funcional, que se caracteriza por tener dos tipos de flores en el mismo árbol: flores hermafroditas bisexuales y flores funcionalmente masculinas (Wetzstein *et al.*, 2011). Estos autores explican que, aunque la organogénesis de las partes masculinas y femeninas de la flor ocurre en todas las flores, el grado de desarrollo de los pistilos fluctúa, de manera que en flores masculinas se observa un desarrollo disminuido de dicha estructura caracterizado por un largo estilar acortado y óvulos abortivos. Como consecuencia, sólo las flores bisexuales, con óvulos bien desarrollados, son capaces de cuajar fruta. Similar determinación sexual resulta de la degeneración del órgano floral en varias otras especies, según Wetzstein *et al.* (2011), como la palma datilera (*Phoenix dactylifera*), el pistacho (*Pistacia vera*), la caoba (*Swietenia macrophylla*) y el olivo (*Olea europaea*).

Las flores del granado pueden ser autopolinizadas o de polinización cruzada. El porcentaje de flores masculinas es, en general, mayor a 60-70%, dependiendo de la variedad y la estación (Mars, 2000). Prat y Botti (2002) y Sudzuki (1997), sostienen que, en valles calurosos, el granado puede dar dos a tres floraciones en la temporada y formar cada una de ellas fruta. Ben Arie *et al.* (1984), Hussein *et al.* (1994) y El Sese (1988), citados por Mars (2000), mencionan que existen tres o cuatro olas de floración y cuajado de frutos, y que el período de plena flor dura alrededor de un mes. Por otro lado, el mismo autor (Mars, 2000) señala que floración normal del granado se prolonga por 10-12 semanas o más,

dependiendo de la variedad y de la situación geográfica y, según Sudzuki (1997) y Prat y Botti (2002) tiene lugar en primavera, pero puede prolongarse hasta fines de verano. Bajo condiciones climáticas favorables (temperaturas estivales cercanas a 38° C), el fruto madura 5 a 7 meses después de la floración, lo que en Chile correspondería al período entre marzo y junio, según Prat y Botti (2002), quienes también señalan que los primeros frutos en cuajar son los que logran mayores dimensiones, mientras los frutos provenientes de floraciones tardías no alcanzan a desarrollar un buen colorido. Además, se ha observado que los frutos provenientes de floraciones tardías incrementan la proporción de fruta partida (Prat y Botti, 2002). Dos de los principales objetivos señalados por Mars (2000), en la selección de variedades comerciales de granado, son (i) la buena calidad de la fruta, que incluye, entre otras características, el tamaño y forma de la fruta, y (ii) la resistencia a partidura de los frutos, lo que hace particularmente importante la diferencia de calidad de los frutos provenientes de las olas de floración tempranas y tardías.

Prat y Botti (2002) mencionan al raleo, que puede ser químico o manual, como parte del manejo del huerto en granados. Al respecto, Glozer y Ferguson (2008) señalan que, cuando todos los factores son favorables, los árboles pueden cuajar demasiada fruta, y este exceso de fruta en el árbol puede debilitarlo y resultar en una menor cosecha para la próxima temporada (alternancia productiva). Una producción abundante también puede resultar en fruta de pequeño tamaño y de mala calidad. Para evitar esos problemas, Glozer y Ferguson (2008) recomiendan ralear los árboles dos o tres semanas después de floración. Al respecto, Gil (2000) señala que, entre los distintos tipos de raleo en frutales, el raleo químico tiene la ventaja de la simpleza, rapidez, bajo costo y de controlar mejor la alternancia productiva. Los productos químicos utilizados para ralear flores y frutos provocan abscisión, alterando la fisiología de la planta y el resultado productivo (Gil, 1992). Según Westwood (1982), si el raleo se realiza dentro del período de división celular del fruto puede promover un mayor número de células y, por consiguiente, obtener frutos potencialmente más grandes. Aunque con menor efecto, si el raleo se realiza más tarde, también se produce un incremento en el crecimiento del fruto, debido a una mayor expansión celular.

Entre los productos utilizados en raleo químico en frutales se encuentran el ácido naftalenacético (ANA) y el ethephon (ET), mencionados por Gil (1991) como raleadores efectivos en perales, y como dos de los más comúnmente usados en manzanos. Por otra parte, se ha demostrado que la citoquinina sintética, benciladenina (BA), actúa como raleador en manzanos (Greene, 1993; Elfving y Cline, 1993) y perales (Stern y Flaishman, 2003).

El ET actúa desprendiendo etileno en los tejidos, lo cual estimula la caída de frutos durante el período de posfloración (Westwood, 1982), mediante la inducción de una capa de abscisión en el pedicelo del fruto, y también provocando un estado general de decaimiento de la planta, senectud de frutos y movilización de nutrientes a zonas de activa elongación celular (Gil, 1992). Choudhari y Desai (1992), citados por Prat y Botti (2002), indican que aplicaciones de ET a concentraciones de 500 mg L⁻¹ pueden ser usadas eficazmente en el raleo de flores en granado, mejorando el rendimiento de la fruta y su calidad. Por otra parte,

Arancibia *et al.* (2009) señalan que el ET aplicado en concentraciones iguales o mayores que 600 mg L^{-1} provoca fitotoxicidad en granados.

Gil (1992) señala que el modo de acción del ANA se ha tratado de explicar de diversos modos, y concluye que la producción de etileno y la acelerada competencia entre órganos serían los más factibles. La explicación sería que el ANA induce la producción de etileno en hojas y frutos nuevos, como también de un precursor de la síntesis de etileno (ACC), el cual sería translocado a los frutos.

La BA actúa estimulando el crecimiento, lo que conduce a un mayor consumo de nutrientes y a una mayor competencia, determinando la caída de los frutos más débiles (Gil, 1992). Por otro lado, Elfving y Cline (1993) señalan que la BA incrementaría la producción de etileno luego de ser aplicada en hojas y frutos, reduciendo, además, el flujo de azúcares desde hojas a frutos, siendo estas las causas de su efecto raleador.

Siendo el granado una especie monoica, que desarrolla flores perfectas y flores masculinas, es posible evaluar otra manera de disminuir el número de frutos tardíos, por medio del aumento de la proporción de flores masculinas en las floraciones tardías. Esto se podría conseguir mediante el uso de reguladores de crecimiento; así, en cucurbitáceas (plantas monoicas), los niveles altos de giberelinas se asocian a un aumento en la proporción de flores masculinas (De Grazia *et al.*, 2003). Al respecto, Nayar y More (1998) señalan que dentro de los factores endógenos que determinan las relaciones entre tipos de flores en las cucurbitáceas están los niveles de auxinas, giberelinas, etileno y ácido abscísico. En la planta de pepino (*Cucurbita pepo* L.), las auxinas y el etileno modifican la expresión sexual a favor de los pistilos, mientras que el tratamiento con GA_3 y GA_4 determina flores masculinas (Alpi y Tognoni, 1991). Peñaranda *et al.* (2006) observaron que la inhibición de la biosíntesis de etileno con aminoetoxivinilglicina (AVG) alteró la expresión sexual de plantas de pepino, produciendo una conversión parcial o total de flores femeninas en masculinas, y aumentando, por lo tanto, el porcentaje de flores masculinas por planta.

Dado que el raleo químico puede no ser efectivo en algunas especies y variedades, es importante evaluar esta práctica en forma particular para cada especie frutal (Gil, 2000), además de determinar sus posibles desventajas, como: falta de precisión en el grado de raleo y en la distribución de la fruta, calidad inferior con respecto al raleo manual y variación del efecto dada por condiciones de la planta o ambientales. Por esto surge la necesidad de determinar experimentalmente las concentraciones de diferentes productos raleadores bajo las condiciones locales.

Hipótesis

Las flores y los frutos tardíos de granados de la variedad Wonderful pueden ser eliminados mediante raleadores químicos.

Objetivo general

Evaluar la efectividad de diferentes productos químicos para eliminar flores y frutos tardíos en granados de la variedad Wonderful.

MATERIALES Y MÉTODO

Materiales

El estudio se llevó a cabo en un huerto comercial de granado del fundo Huechún, de la Agrícola Lafrut, ubicado en la Comuna de Til-Til, Provincia de Chacabuco, Región Metropolitana (33° 07' 19,55" S y 70° 48' 04,13" O), entre los meses de diciembre de 2009 y agosto de 2010.

Se utilizaron plantas adultas de granado (*Punica granatum* L.) de la variedad Wonderful, plantadas el año 2004 en un suelo plano de textura franco-arenosa a arenosa, en un marco de plantación de 3 x 5 m y regadas por goteo.

Los productos químicos evaluados fueron cinco: ácido naftalenacético (ANA), ethephon (ET), 6-benciladenina (BA), ácido giberélico (AG) y aminoetoxivinilglicina (AVG). Los productos comerciales utilizados fueron, respectivamente, NAA 800® (20,1% i.a.), Ethrel® (48% i.a.), CyLex® (2% i.a.), Giber Plus® (10% i.a.) y ReTain® (15% i.a.).

Como equipo de aplicación se utilizó una bomba espalda de 15 L con boquilla de bronce ajustada a gota fina, con un gasto de 0,5 L/min.

Método

Cada producto constituyó un ensayo independiente, con cinco tratamientos correspondientes a diferentes concentraciones. Todas las aplicaciones se realizaron hasta el punto de goteo, equivalente a un mojamiento de 2,25 L/planta (1500 L/ha).

En cada ensayo los distintos tratamientos correspondieron a una concentración del producto (Cuadro 1) asperjado en dos aplicaciones. El momento de aplicación estuvo determinado por el estado de flores y frutos, correspondiendo la primera aplicación al momento del comienzo del cuaje de la segunda cohorte de floración. La segunda aplicación se realizó 15 días después. Cada tratamiento contó con dos repeticiones de un árbol cada una.

Cuadro 1. Concentración de los productos, correspondiente a cada tratamiento.

Producto	Concentración (mg L ⁻¹)				
	T1	T2	T3	T4	T5
ANA	0	10	20	30	40
ET	0	100	200	300	400
BA	0	100	200	300	400
AG	0	25	50	75	100
AVG	0	10	50	100	200

Evaluaciones

Previo a las aplicaciones. Se seleccionaron árboles representativos y homogéneos, midiendo el área de sección transversal del tronco (ASTT), evaluando subjetivamente el vigor y tamaño de los árboles, y el número de flores y frutos. Para esta evaluación preliminar, se consideraron como frutos provenientes de flores tardías aquellos con un diámetro ecuatorial menor a 3 cm, dado que los frutos provenientes de la primera floración tenían un diámetro superior a dicho valor.

El ASTT se obtuvo en dos oportunidades: al inicio del ensayo y posterior a la cosecha, cuando los árboles se encontraban en receso. Dado que las plantas estaban conducidas con varios ejes desde la base, el ASTT se estimó como la suma del área de sección transversal de todos los ejes de la planta a partir del diámetro de los ejes a 15 cm del suelo y asumiendo que su sección era circular.

En cada planta se cuantificó la carga total de botones florales, flores, frutos tardíos (< 3 cm de diámetro) y frutos en desarrollo (> 3 cm de diámetro), y se marcaron todos los frutos tardíos para reconocerlos en la cosecha.

Posterior a las aplicaciones. El día anterior a la primera aplicación de productos químicos se instaló una malla bajo las plantas para coleccionar las flores y los frutos abscididos. Estas recolecciones se realizaron cada siete días, a partir de la primera fecha de aplicación y hasta un mes después de la última aplicación. En cada recolección se cuantificaron los botones florales, flores masculinas, flores perfectas, frutos tardíos y frutos en desarrollo.

Cosecha. La cosecha se realizó de acuerdo a la práctica habitual del huerto, mediante tres "floreos" (cosechas), comenzando el 23/04/2010, con un lapso aproximado de una semana entre cada una de ellas. En cada ocasión se cosechó sólo la fruta que cumplía con degradación del color verde de fondo y desarrollo de color de cubrimiento rojo sobre un 50%. En la última fecha se cosechó toda la fruta remanente en el árbol, incluyendo aquella que no alcanzaba el nivel de madurez requerido.

En la cosecha se determinó el número y peso total de frutos cosechados por árbol, los que fueron clasificados según:

- Cobertura externa de color: sin cobertura (que aún no comenzaban a desarrollar color de la cáscara), cobertura escasa (con cobertura de color rojo menor al 50% de su superficie), cobertura media (que presentaban entre un 50% y un 75% de cobertura) y cobertura completa (que presentaban más de un 75% de cobertura de color rojo en su superficie).
- Presencia de partidura de fruta: partidos y no partidos.
- Cohorte de floración a partir de la cual se desarrollaron, clasificándolos como: “C1”: provenientes de la primera cohorte; “C2”: provenientes de la segunda cohorte; o “C3”: provenientes de flores desarrolladas después de las aplicaciones (tercera cohorte).
- Peso fresco, pesando individualmente los frutos.

Además, se evaluó la distribución de calibres, clasificando los frutos según categorías comerciales de acuerdo a su peso individual (Cuadro 2).

Cuadro 2. Distribución de calibres en función del peso de los frutos.

Categoría	Peso mínimo (g)	Peso máximo (g)
Sobrecalibre	560	-
8	460	560
10	380	459
12	320	379
14	280	319
16	250	279
18	220	249
20	200	219
22	180	199
23	160	179
Precalibre	1	159

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado, con cinco tratamientos de dos repeticiones para cada ensayo. La unidad experimental fue el árbol completo.

Cada ensayo se analizó mediante correlaciones y regresiones entre las variables, considerando la concentración de los productos como variable independiente. Las variables dependientes correspondieron a:

- Proporción de flores perfectas abscididas, obtenidas de las recolecciones realizadas luego de la primera aplicación.
- Número de órganos reproductivos (botones florales, flores y frutos) abscididos durante las seis primeras semanas a partir de la primera aplicación por cm^2 de ASTT, proporción de frutos cosechados provenientes de la segunda cohorte de floración y proporción de frutos cosechados provenientes de la tercera cohorte en función del total de estructuras existentes previo a las aplicaciones, y proporción de frutos provenientes de la segunda y tercera cohorte de floración en función del total de frutos cosechados.
- Proporción de frutos cosechados pertenecientes a cada categoría de cobertura de color en función del total de frutos cosechados: verdes (sin cobertura de color), con cobertura escasa, con cobertura media y con cobertura completa.
- Peso fresco promedio del total de los frutos cosechados, y de los frutos cosechados provenientes de cada una de las tres cohortes de floración.

RESULTADOS

Abscisión de estructuras reproductivas

Se observó una correlación positiva entre la concentración de ANA y la proporción de flores perfectas abscididas (Cuadro 3). Dicho aumento fue exponencial, como se observa en a Figura 1.

El total de flores abscididas durante las seis semanas siguientes a la primera aplicación (Cuadro 3) mostró una correlación negativa con la concentración de BA y AG, observándose que el número total de flores abscididas disminuyó al aumentar la concentración de estos dos productos.

Cuadro 3. Coeficiente de correlación (r) y su probabilidad (P) entre el total de flores y entre la proporción de flores perfectas, abscididas durante las primeras seis semanas a partir de la primera aplicación, y la concentración de producto aplicado, en granado.

Ensayo	Flores totales		Flores perfectas / flores totales	
	r	P	r	P
ANA	0,31	0,422	0,72	0,030*
ET	-0,21	0,567	0,48	0,163
BA	-0,71	0,047*	0,45	0,224
AG	-0,75	0,020*	-0,13	0,721
AVG	0,15	0,674	0,26	0,476

* Indica significancia para $P < 0,05$

Con ANA y ET se observaron diferencias significativas en la primera semana. La tasa de abscisión de flores perfectas y frutos en el ensayo de ANA (Figura 2) alcanza valores cercanos a 0,5 flores y frutos/cm²_{ASTT}/semana con el tratamiento de mayor concentración (40 mg L⁻¹) que superó significativamente la tasa de abscisión observada con concentraciones menores. En este mismo ensayo, el testigo (0 mg L⁻¹), manifestó la menor tasa de abscisión, que fue significativamente inferior al resto de los tratamientos. De la misma manera, la tasa de abscisión de flores perfectas y frutos alcanzó también valores cercanos a 0,5 flores y frutos/cm²_{ASTT}/semana en la primera semana con el tratamiento de mayor concentración (400 mg L⁻¹) de ET (Figura 2), diferenciándose del resto de los tratamientos, que presentaron valores entre 0,1 y 0,2 flores y frutos/cm²_{ASTT}/semana. El testigo (0 mg L⁻¹) presentó, para la tasa de abscisión, valores menores a 0,1 flores y frutos/cm²_{ASTT}/semana. En ambos ensayos, la segunda aplicación, realizada dos semanas más tarde, no generó efectos significativos en la abscisión de flores perfectas y frutos (Figura 2).

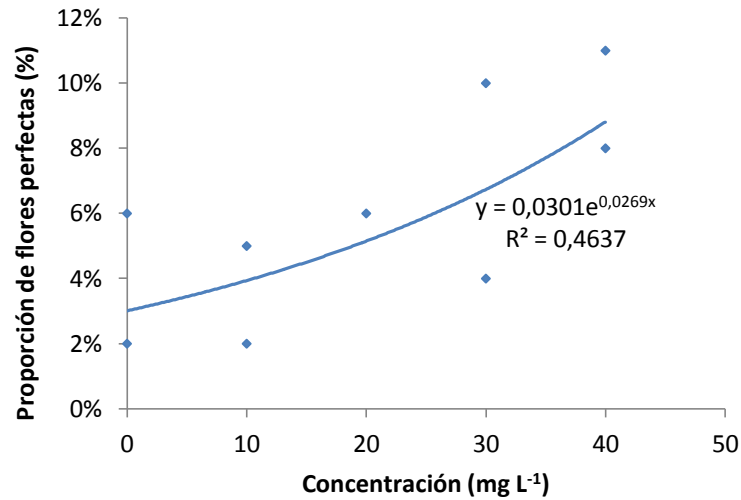


Figura 1. Proporción de flores perfectas de granado abscididas durante las seis semanas siguientes a la primera aplicación en respuesta a la concentración de ácido naftalenacético.

Con BA (Figura 2) sólo se observaron diferencias significativas en la semana 5, donde la tasa de abscisión de flores perfectas y frutos alcanzó valores cercanos a 0,2 flores y frutos/cm²_{ASTT}/semana con la mayor concentración (400 mg L⁻¹), diferenciándose de los otros tratamientos en los cuales la tasa de abscisión alcanzó valores entre 0 y 0,1 flores y frutos/cm²_{ASTT}/semana.

El ensayo de AVG (Figura 2) presentó, en la tercera semana (una semana después de la segunda aplicación), una mayor tasa de abscisión de flores perfectas y frutos con el tratamiento de mayor concentración (200 mg L⁻¹), con un valor superior a 0,3 flores y frutos/cm²_{ASTT}/semana, seguido de una tasa de abscisión mayor a 0,1 flores y frutos/cm²_{ASTT}/semana observada con el tratamiento de 100 mg L⁻¹. Los tratamientos con concentraciones menores (0, 10 y 50 mg L⁻¹) presentaron tasas de abscisión con valores muy cercanos entre ellos, todos menores a 0,1 flores y frutos/cm²_{ASTT}/semana.

El único ensayo que no presentó diferencias significativas en la tasa de abscisión de flores y frutos a lo largo de las seis semanas evaluadas fue el ensayo de AG (figura 2).

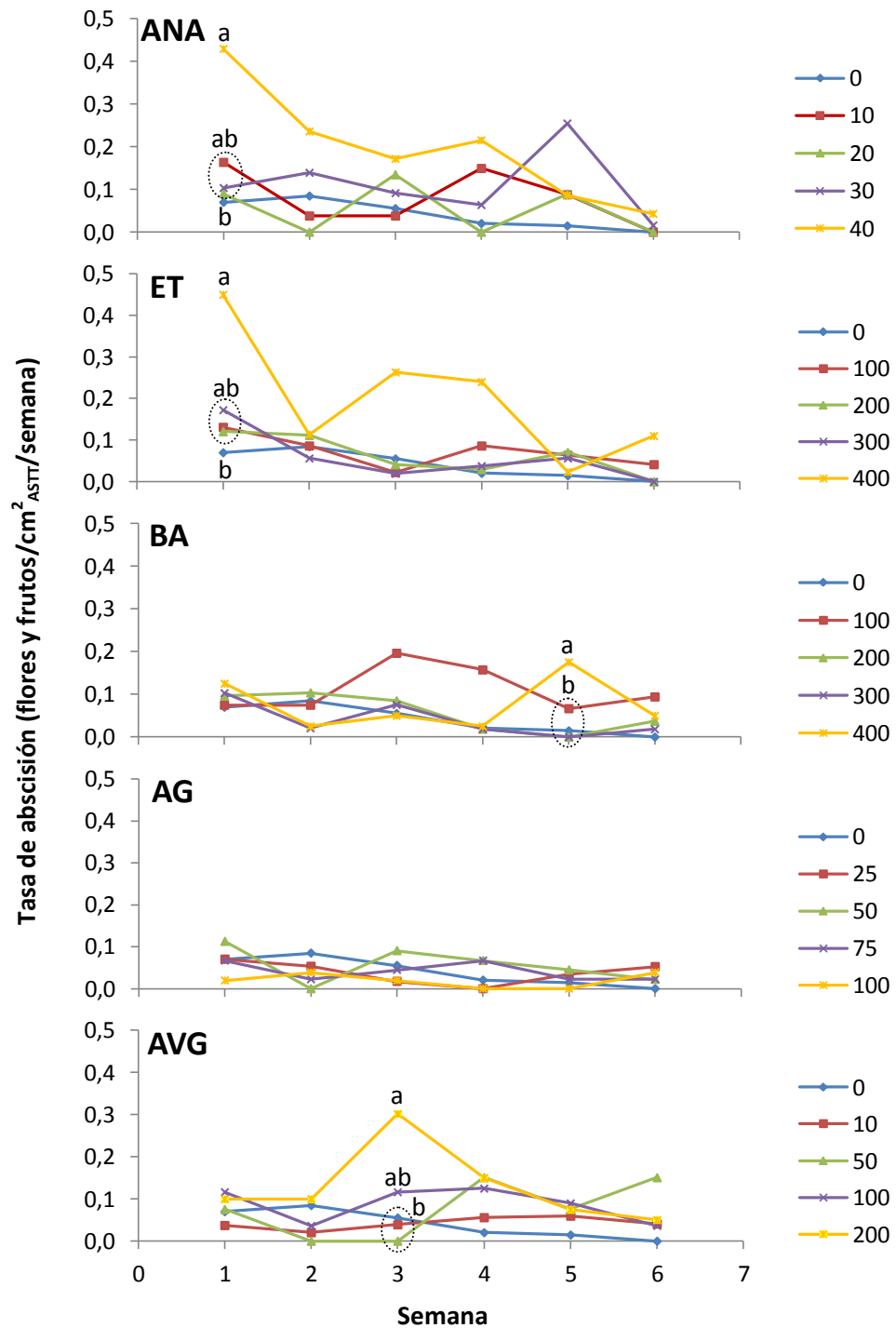


Figura 2: Tasa de abscisión de flores perfectas y frutos de granado durante las primeras seis semanas luego de la primera aplicación de diferentes concentraciones de productos (mg L⁻¹): ácido naftalenacético (ANA), ethephon (ET), benciladenina (BA), ácido giberélico (AG) y aminoetoxivinilglicina (AVG). Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha < 0,05$).

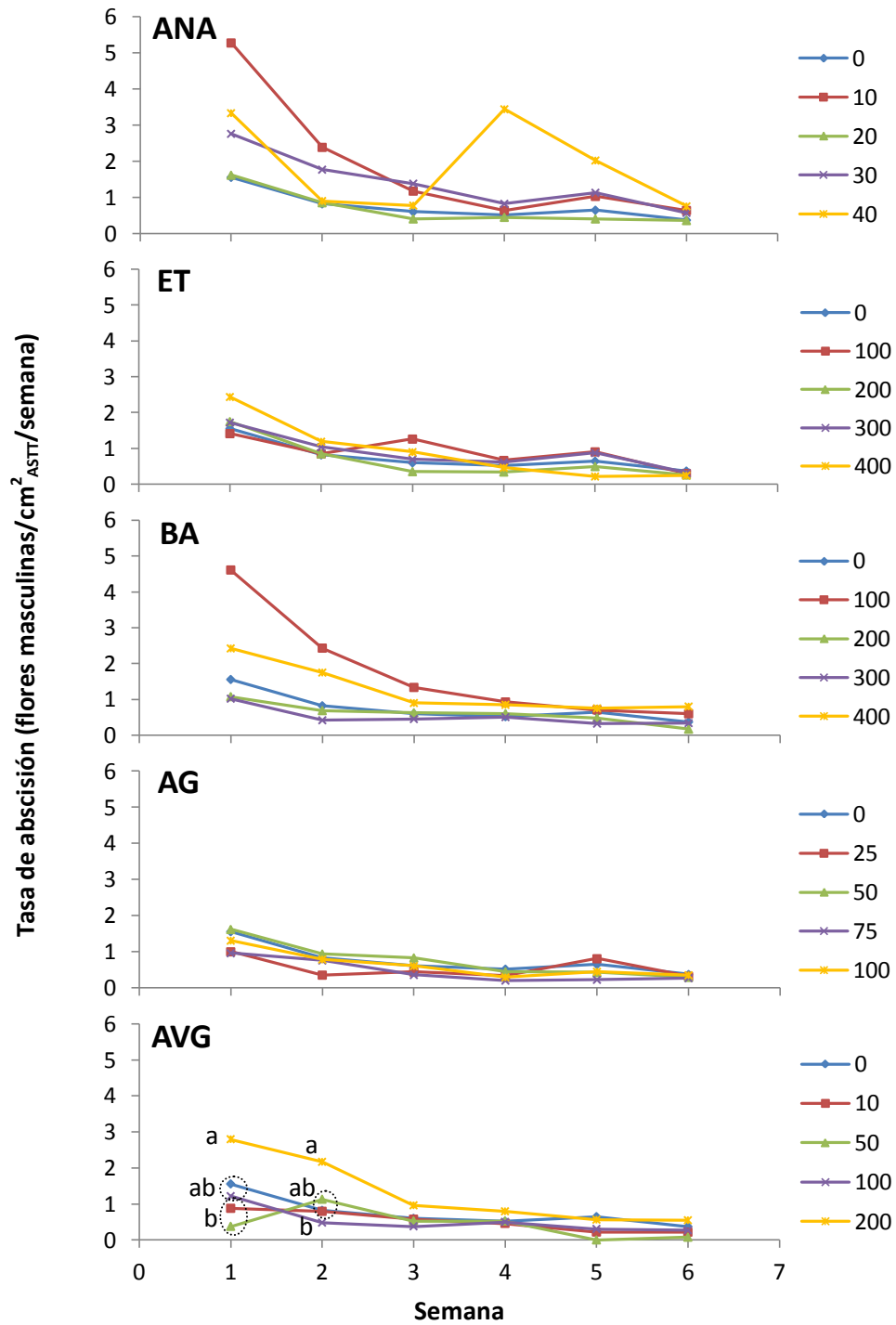


Figura 3: Tasa de abscisión de flores masculinas de granado durante las seis semanas siguientes a la primera aplicación de diferentes concentraciones de productos (mg L^{-1}): ácido naftalenacético (ANA), ethephon (ET), benciladenina (BA), ácido giberélico (AG) y aminoetoxivinilglicina (AVG). Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha < 0,05$).

La tasa de abscisión de flores masculinas –que representa la tasa de producción de flores masculinas pero con un desfase temporal- no presentó diferencias significativas para ninguna de las seis semanas evaluadas en los ensayos de ANA, ET, BA y AG (Figura 3). Sólo se detectaron diferencias en el ensayo de AVG, donde se observaron mayores tasas de abscisión para el tratamiento de 200 mg L⁻¹ (Figura 3), que corresponde a la mayor concentración evaluada para este producto. Los otros cuatro tratamientos del ensayo de AVG (concentraciones de 0, 10, 50 y 100 mg L⁻¹) presentaron un comportamiento errático. La semana 1, los tratamientos de 10 y 50 mg L⁻¹ se comportaron de forma similar, diferenciándose de los tratamientos con concentraciones de 0 y 100 mg L⁻¹. En la semana 2, en cambio, los tratamientos con concentraciones de 0, 10 y 50 mg L⁻¹ se comportaron de forma similar, diferenciándose del tratamiento con concentración de 100 mg L⁻¹, que presentó una tasa de abscisión menor a los demás.

Carga frutal

Se detectó una correlación negativa entre la concentración de ET y la proporción de frutos C2 y C3 (Cuadro 4), expresada en función tanto de la carga inicial como del total de frutos cosechados. En ambos casos se observó una disminución de la proporción de frutos C2 y de frutos C3 al aumentar la concentración de ET, sin embargo, la respuesta de la abscisión de los frutos C2 y C3 a la concentración de ET siguió trayectorias diferentes (Figura 4A). La proporción de frutos C3 disminuyó abruptamente con la aplicación de ET. En cambio, en frutos C2, la respuesta fue más gradual, haciéndose mayor con las concentraciones más altas de ET.

La proporción de frutos C2 y C3 respecto del número de órganos reproductivos presentes en el árbol al momento de las aplicaciones (carga inicial), en el ensayo de ET, mantuvo la misma tendencia (Figura 4B). Todas las concentraciones presentaron un efecto importante en la disminución de la proporción de frutos C3, en cambio en la proporción de frutos C2, el efecto se hizo mayor a medida que aumentó la concentración, hasta 400 mg L⁻¹.

Se observó una correlación negativa entre la proporción de frutos C3 (respecto del total de frutos cosechados) y la concentración de BA y AG (Figura 5), más significativa para AG. Se aprecia una disminución lineal con el aumento de la concentración de BA. En el caso del AG, la disminución entre 0 y 25 mg L⁻¹ fue casi nula, haciéndose más evidente con concentraciones más altas.

Por otra parte, se detectó una correlación positiva para el número de estructuras reproductivas (botones florales, flores masculinas, flores perfectas y frutos) abscididas durante las primeras seis semanas luego de las aplicaciones, y la concentración de AVG (Figura 6).

Cuadro 4. Coeficiente de correlación (r) y su probabilidad (P) para el número de frutos de granado cosechados. La variable independiente corresponde a la concentración del producto aplicado y como variable dependiente se consideró (i) el número de órganos reproductivos (botones florales, flores y frutos) recogidos por cm² ASTT en la primera columna, (ii) la proporción de frutos cosechados provenientes de la segunda y tercera cohorte de floración (frutos C2 y frutos C3, respectivamente) en función del total de estructuras existentes antes de comenzar las aplicaciones (carga inicial) en las columnas 2 y 3, y (iii) la proporción de frutos provenientes de la segunda y tercera cohorte de floración en función del total de frutos cosechados (frutos totales), en las columnas 4 y 5.

Ensayo	Rec/cm ² ASTT		Frutos C3 / carga inicial		Frutos C2 / carga inicial		Frutos C3 / frutos totales		Frutos C2 / frutos totales	
	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P
ANA	-0,04	0,925	0,08	0,865	-0,56	0,250	-0,05	0,920	-0,66	0,158
ET	-0,09	0,827	-0,71	0,032*	-0,92	0,003**	-0,72	0,028*	-0,80	0,017*
BA	-0,51	0,160	-0,59	0,075	-0,43	0,220	-0,76	0,018*	-0,54	0,106
AG	-0,23	0,517	-0,60	0,091	-0,23	0,546	-0,91	0,005**	-0,36	0,343
AVG	0,73	0,025*	-0,27	0,524	-0,52	0,154	0,33	0,389	-0,44	0,240

* Indica significancia para P<0,05 y ** para P<0,01.

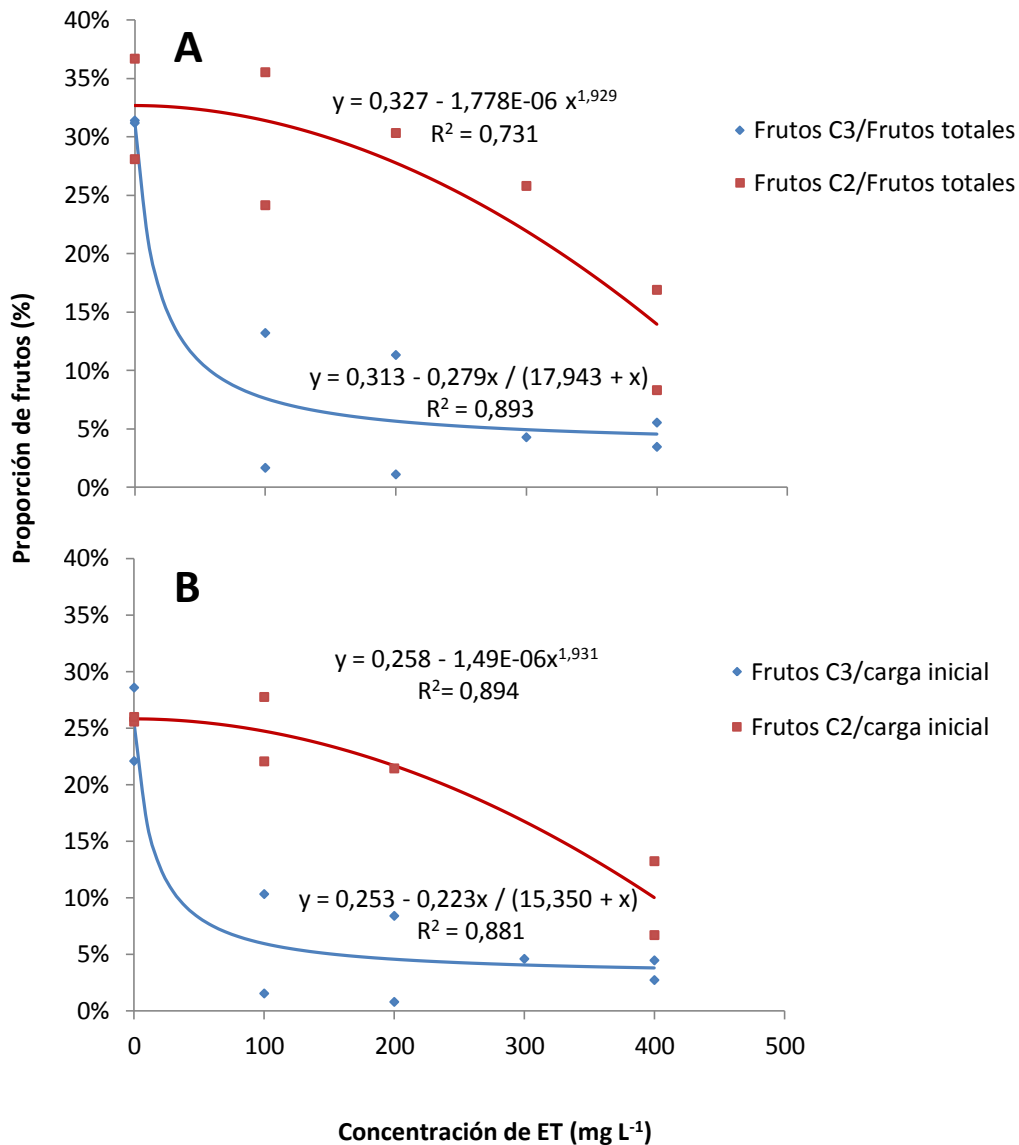


Figura 4. Proporción de frutos de granado cosechados provenientes de la segunda (Frutos C2) y tercera (Frutos C3) cohorte de floración respecto del total de frutos cosechados (A) y del total de estructuras reproductivas en sus diferentes estados de desarrollo presentes en el árbol al momento de las aplicaciones (carga inicial), número que considera botones florales, flores masculinas, flores perfectas y frutos (B) en respuesta a la concentración de ethephon.

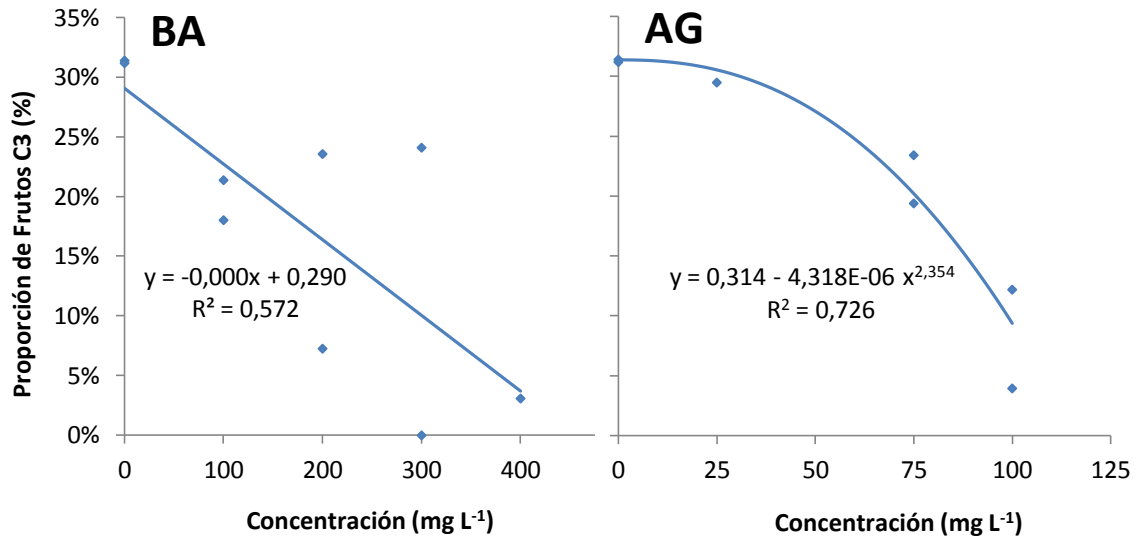


Figura 5. Variación del porcentaje de frutos de granado cosechados provenientes de la tercera cohorte de floración (frutos C3) en respuesta a la concentración de benciladenina (BA) y ácido giberélico (AG).

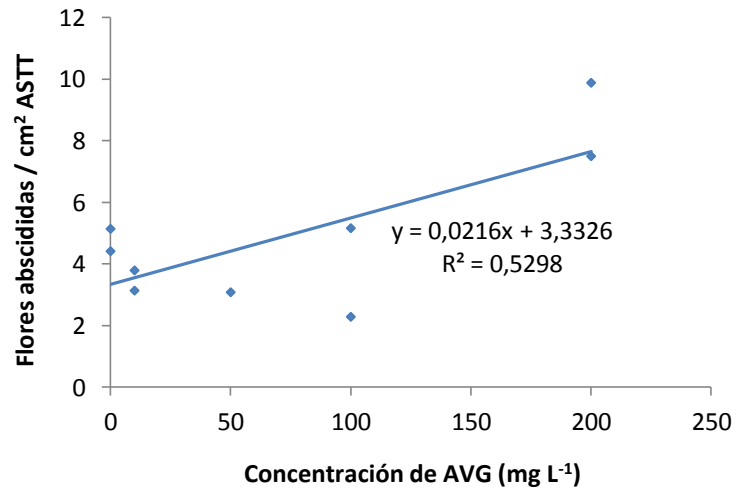


Figura 6: Número de estructuras reproductivas (botones florales, flores masculinas, flores perfectas y frutos) de granado abscidas por cm^2 de ASTT durante las seis semanas siguientes a la primera aplicación, en respuesta a la concentración de aminoetoxivinilglicina.

Cobertura de color

Los análisis arrojaron correlaciones significativas entre la proporción de frutos con diferentes categorías de cobertura del color rojo y la concentración de ET, BA y AG (Cuadro 5). En el ensayo de ET se observó una correlación positiva entre la concentración y la proporción de frutos con cobertura media, y una correlación negativa entre la concentración y la proporción de frutos con cobertura escasa y verdes. Ante el incremento en la concentración de ET, la proporción de frutos verdes y con cobertura escasa disminuyó linealmente, mientras la proporción de frutos con cobertura media aumentó cuadráticamente (Figura 7). En el caso del ensayo de BA, la correlación fue positiva, tanto para la proporción de frutos con cobertura media como para la de frutos con cobertura escasa, observándose una disminución, aunque no significativa, de la proporción de frutos verdes, siguiendo todas un comportamiento lineal (Figura 7).

Cuadro 5. Coeficiente de correlación (r) y su probabilidad (P) para la correlación entre la proporción de frutos de granado con diferentes categorías de cobertura de color externo y la concentración de diferentes productos químicos. CC/T es la proporción de frutos con cobertura completa, CM/T la proporción de frutos con cobertura media, CE/T la de frutos con cobertura escasa y V/T la de frutos verdes.

Ensayo	CC/T		CM/T		CE/T		V/T	
	r	P	r	P	r	P	r	P
ANA	-0,31	0,410	0,30	0,439	-0,23	0,627	-0,41	0,268
ET	0,46	0,188	0,85	0,004**	-0,75	0,012*	-0,97	0,000**
BA	-0,16	0,660	0,85	0,004**	0,90	0,002*	-0,58	0,082
AG	-0,76	0,018*	-0,22	0,565	0,65	0,043*	0,04	0,923
AVG	-0,19	0,691	-0,49	0,181	0,26	0,492	0,37	0,326

* Indica significancia para $P < 0,05$ y ** para $P < 0,01$.

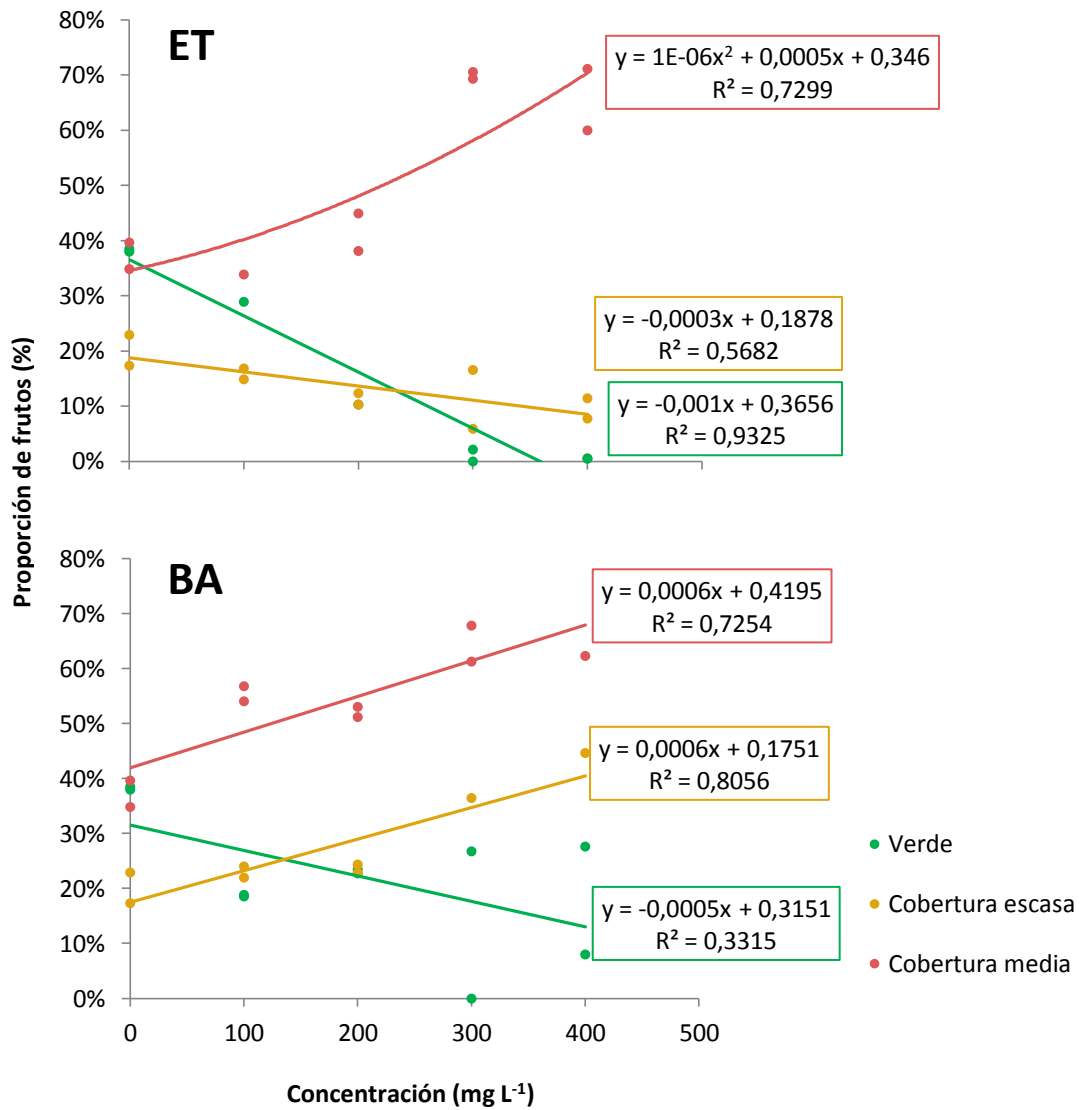


Figura 7. Proporción de frutos de granado con cobertura de color externa media, escasa y verdes en respuesta a la concentración de ethephon (ET) y de benciladenina (BA).

Peso de los frutos

Se detectó una correlación negativa significativa (Cuadro 6) entre el peso promedio de frutos provenientes de la primera cohorte de floración (frutos C1) y la concentración de ET, ANA y AVG. ET y AVG indujeron una fuerte disminución del peso de los frutos al aplicarse bajas concentraciones, tendiendo luego a estabilizarse. En el caso del ANA, en cambio, la disminución del peso de los frutos fue lineal con el aumento de la concentración (Figura 8).

La concentración de BA y el peso promedio del total de frutos cosechados presentaron una correlación positiva que se vió reflejada en un aumento lineal del peso de los frutos con el aumento de la concentración de BA aplicada (Figura 9).

También se observó una correlación positiva entre la concentración de AG y el peso promedio de los frutos provenientes de la tercera cohorte de floración (Cuadro 5) con un aumento lineal del peso de los frutos conforme se incrementó la concentración de AG aplicada (Figura 10).

Cuadro 6. Coeficiente de correlación (r) y su probabilidad (P) entre el peso fresco promedio de frutos provenientes de las distintas cohortes de floración en granado y la concentración de diferentes productos químicos. Las variables dependientes corresponden al total de frutos cosechados (“total”) y a los frutos provenientes de cada una de las tres cohortes de floración (1ª cohorte: Frutos C1; 2ª cohorte: Frutos C2 y 3ª cohorte; Frutos C3).

Ensayo	Total		Frutos C1		Frutos C2		Frutos C3	
	r	P	r	P	r	P	r	P
ANA	-0,44	0,274	-0,77	0,015*	-0,62	0,101	-0,35	0,403
ET	-0,07	0,850	-0,87	0,001**	-0,50	0,143	0,42	0,222
BA	0,88	0,004**	-0,57	0,087	-0,19	0,596	0,13	0,742
AG	0,37	0,300	-0,42	0,260	-0,13	0,723	0,88	0,009**
AVG	-0,61	0,080	-0,93	0,001**	-0,43	0,247	-0,54	0,137

* Indica significancia para $P < 0,05$ y ** para $P < 0,01$.

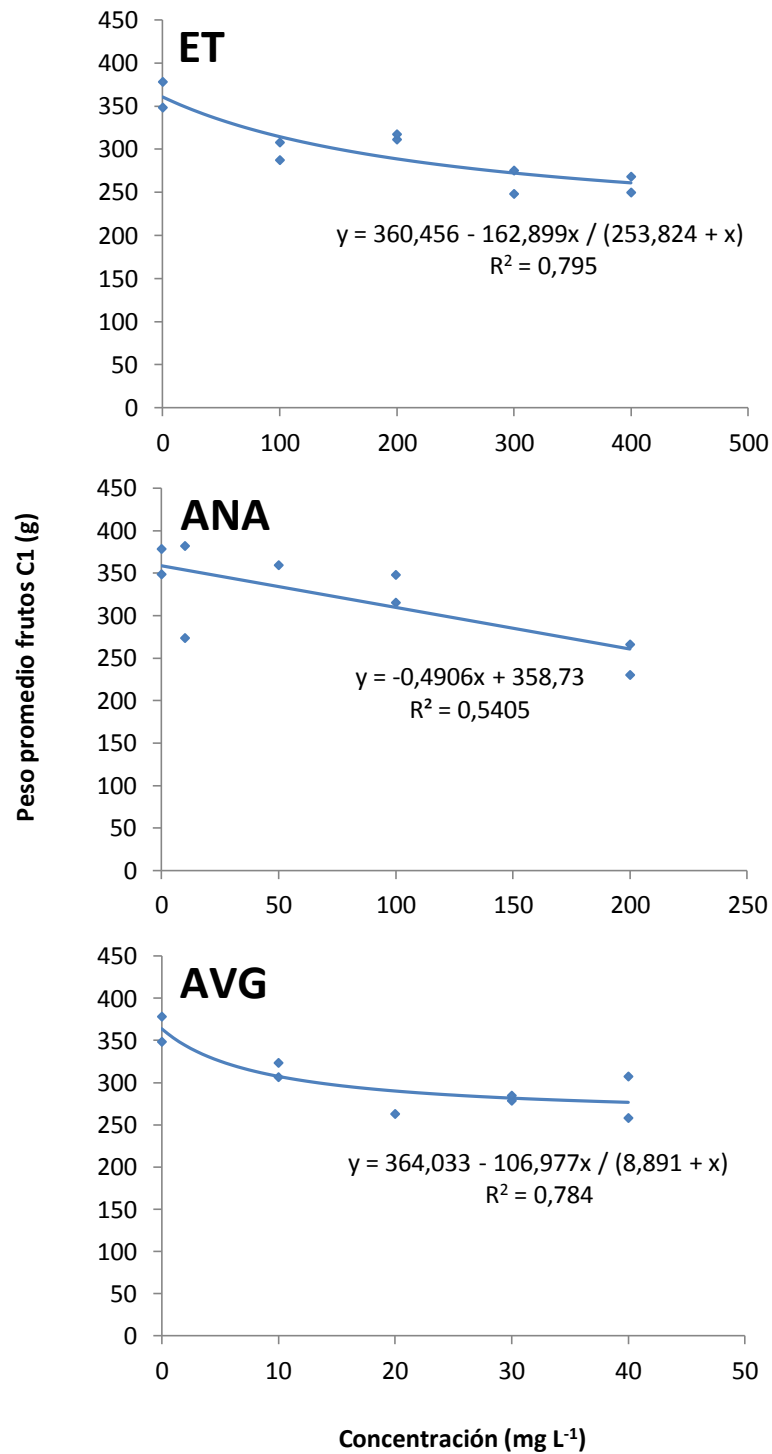


Figura 8. Variación del peso fresco promedio de frutos de granado provenientes de la primera cohorte de floración (frutos C1) en respuesta a la concentración de ethephon (ET), ácido naftalenacético (ANA) y aminoetoxivinilglicina (AVG).

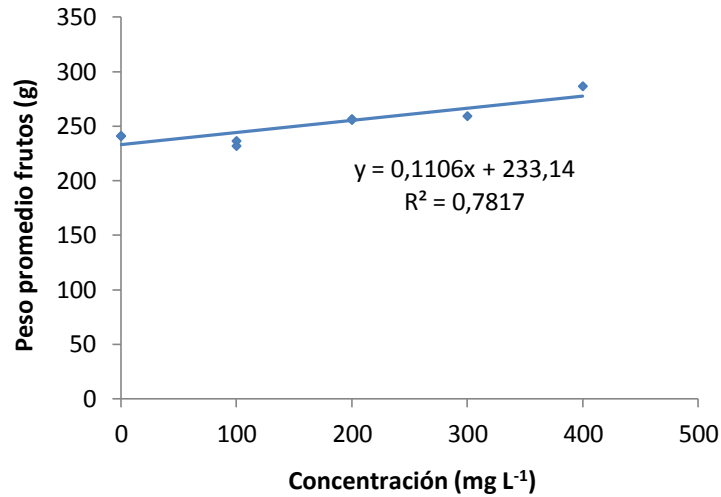


Figura 9. Peso promedio de frutos de granado en respuesta a la concentración de benciladenina.

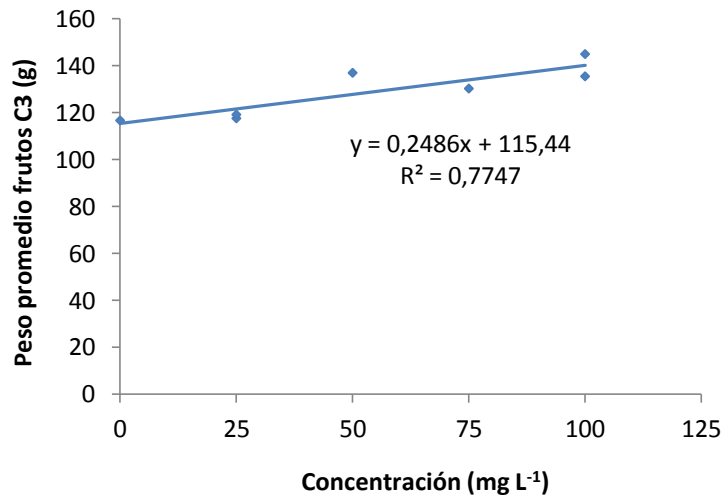


Figura 10. Peso promedio de frutos de granado provenientes de la tercera cohorte de floración (frutos C3) en respuesta a la concentración de ácido giberélico.

Al evaluar la distribución de calibres (Apéndice II), se observó que aplicaciones de AVG a concentraciones de 200 mg L⁻¹ aumentaron la proporción de frutos de precalibre, desde 30% en el control a un valor superior al 40% con la concentración señalada. Concentraciones menores a 200 mg L⁻¹ de AVG, así como todas las concentraciones de ET, ANA, BA y AG, mostraron porcentajes de frutos de precalibre menores al control.

DISCUSIÓN

Ácido naftalenacético

Durante las primeras seis semanas luego de las aplicaciones se observó un aumento en la proporción de flores perfectas abscididas con aplicaciones crecientes de ANA (Figura 1), lo que podría reflejar un efecto del ANA en la abscisión de flores y, como consecuencia, debería observarse un menor número de frutos a cosecha. Por otra parte, este aumento en la proporción de flores femeninas abscididas podría deberse a un efecto del ANA en la expresión sexual de las flores a favor de las flores perfectas. Sin embargo, dado que no se observaron variaciones en el número de flores masculinas abscididas (por ende, producidas) en el ensayo de ANA (Figura 3), el efecto sólo puede atribuirse a un aumento en la abscisión de flores femeninas. De esta manera, la correlación positiva encontrada entre la concentración de ANA y la proporción de flores perfectas abscididas obedece a un aumento de la tasa de abscisión de flores perfectas y frutos, y no tiene relación con la expresión sexual de las flores.

La mayor tasa de abscisión de flores perfectas, concentrada en la primera semana luego del inicio de las aplicaciones (Figura 2), indica que el efecto raleador fue significativo sólo en la primera aplicación y que alcanzó su máxima efectividad con aplicaciones de 40 mg L^{-1} .

El aumento en la abscisión de flores perfectas observado no se vio reflejado en las evaluaciones de fruta cosechada (Cuadro 4), pues estas no mostraron efecto raleador de las aplicaciones de ANA. Rahemi y Atahosseini (2004), en ensayos llevados a cabo en granados cv. Shisheh Cup, observaron un efecto positivo del ANA en el peso de los frutos, el que atribuyeron a un posible efecto raleador del ANA. Por otra parte, estudios llevados a cabo por Ghosh *et al.* (2009) en granados cv. Ruby, revelaron que el ANA tuvo el efecto de retener más fruta que el control. Sin embargo, en contraste con ambas observaciones, las evaluaciones de carga frutal de este ensayo no reflejaron diferencias en la carga frutal con ninguna concentración evaluada.

Contrario a lo reportado por Rahemi y Atahosseini (2004) y Ghosh *et al.* (2009), quienes observaron un significativo aumento de peso de frutos con aplicaciones de ANA entre 25 y 100 mg L^{-1} en granado, las aplicaciones de ANA no tuvieron incidencia sobre el peso promedio del total de frutos cosechados, aunque sí la tuvieron sobre el peso promedio de los frutos provenientes de la primera cohorte de floración, el que disminuyó en respuesta al aumento de las concentraciones de ANA (Cuadro 6). Cabe señalar que las concentraciones evaluadas en el presente ensayo fluctuaron entre 0 y 40 mg L^{-1} , no llegando a las concentraciones de los ensayos anteriormente citados. Además, el porcentaje de precalibre fue, en todas las concentraciones, menor al testigo, siendo las concentraciones de 10 y 20 mg L^{-1} las más efectivas (Apéndice II). En concordancia con las diferencias observadas entre los reportes de los autores mencionados y los resultados de este ensayo, Wertheim (2000) ha señalado que el ANA no siempre aumenta el tamaño de los frutos.

Ethephon

El efecto raleador puede ser evaluado en función del número de flores perfectas y frutos abscididos, en cuyo caso este efecto sólo se observó con la aplicación de 400 mg L⁻¹ de ethephon, el cual se manifestó la semana siguiente a la primera aplicación (Figura 2). Con aplicaciones de 100, 200 y 300 mg L⁻¹ no se observaron diferencias significativas en la abscisión de flores perfectas ni de frutos. Estudios llevados a cabo por Ahire *et al.* (1993) concluyen que la concentración más efectiva en el raleo de flores en granado es 500 mg L⁻¹. Consistentemente, aunque no es posible cotejar esta información con los resultados obtenidos en este ensayo donde la máxima concentración evaluada correspondió a 400 mg L⁻¹ en dos aplicaciones consecutivas, esta es la concentración que más se acerca a la concentración recomendada por dichos autores y la que resultó más efectiva como raleador.

Siendo el granado una especie andromonoica funcional, y dado que estudios realizados por Chaudhari y Desai (1993) mostraron que aplicaciones de reguladores de crecimiento pueden influir en la distribución de la expresión sexual de flores en granado, el efecto raleador puede ser también evaluado según la proporción de flores hermafroditas (capaces de cuajar fruta) producidas. A este respecto, Chaudhari y Desai (1993) y Ahire *et al.* (1993) observaron que aplicaciones de ethephon en plantas de granado indujeron más flores hermafroditas y menos flores masculinas, sin embargo, las concentraciones de ethephon aplicadas en el presente ensayo no indujeron variaciones significativas en la proporción de flores perfectas respecto del total de flores (Cuadro 3).

La fruta que llegó a cosecha fue, en este caso, la herramienta más concluyente para determinar el efecto raleador del ethephon y su capacidad de eliminar frutos de floraciones tardías, detectándose una disminución en la proporción de frutos provenientes de la segunda y tercera cohorte de floración con el aumento de la concentración aplicada (Figura 4), evidenciando un efecto raleador creciente con concentraciones entre 0 y 400 mg L⁻¹, que alcanza con esta última concentración su mayor efectividad. Estos resultados son consistentes con los obtenidos por Arancibia *et al.* (2009), que arrojaron una correlación positiva entre la caída de frutos tardíos y la concentración de ethephon, con concentraciones de 0 a 800 mg L⁻¹.

Para la proporción de frutos C3:frutos totales y frutos C3:carga inicial, el efecto más marcado se logró a partir de la concentración más baja (100 mg L⁻¹), tendiendo luego a estabilizarse con concentraciones crecientes, lo que indica que a partir de 100 mg L⁻¹, mayores concentraciones no tuvieron un efecto importante en disminuir la proporción de frutos provenientes de la tercera cohorte de floración (Figura 4). El ethephon disminuyó la proporción de frutos de floraciones tardías (segunda y tercera cohorte de floración, esta última en mayor medida), que corresponden a los frutos que normalmente no alcanzan a llegar a un buen nivel de madurez y son de bajo calibre (Prat y Botti, 2002).

No obstante la granada es un fruto no climatérico (Holland *et al.*, 2009) y, por lo tanto, el etileno no sería importante en la regulación del proceso de maduración del fruto (Peña,

2005), los resultados muestran un efecto del ethephon en la cobertura de color externa del fruto, presentado un aumento en la proporción de frutos con cobertura media, y una disminución de aquellos con cobertura escasa y verdes (Figura 7). Similar efecto es encontrado en la vid, otro frutal no climatérico, donde estudios han revelado que, aproximadamente dos semanas antes de pinta, se observa un aumento en la concentración endógena de etileno en la baya y un incremento en la expresión de los genes relacionados con la síntesis de antocianos en el fruto (Peña, 2005). Al respecto, Goldshmidt (1998) ha señalado que cítricos y otros frutos no climatéricos revelan cambios en la expresión génica similares a aquellos observados en frutos climatéricos. Así, algunas especies no climatéricas, como cítricos y uvas, revelan síntomas relacionados con la maduración en respuesta al etileno exógeno, mientras que otras, como frutilla y pimiento, no muestran ninguna respuesta a dichos tratamientos. Dada la respuesta observada en la cobertura de color externa de los frutos en este ensayo, la granada podría estar incluida dentro del primero de estos grupos.

Las aplicaciones de ethephon produjeron, a su vez, una disminución en el peso promedio de los frutos provenientes de la primera cohorte de floración (Figura 8). Esta respuesta podría tener una explicación directa por la acción del ethephon según Wertheim (2000) y Gil (1991), quienes señalan que, en manzanos y perales, respectivamente, este regulador de crecimiento puede inhibir el crecimiento de frutos. Sin embargo, existe una explicación alternativa al evaluar el número de frutos cosechados en cada fecha de cosecha, que indicaría que el menor peso de los frutos puede ser explicado por el efecto que produjo el ethephon en el color de cobertura externa. Esto, debido a que la cosecha fue llevada a cabo mediante floreo, con tres pasadas en las que sólo se cosechó la fruta que presentara degradación del verde de fondo y que hubiera desarrollado color rojo de cubrimiento sobre un 75%. Al haber generado el ethephon una mayor cobertura de color en los frutos, estos pudieron haber sido cosechados antes de alcanzar su máximo peso. Para confirmar esto, se evaluó el número de frutos cosechados en cada fecha de cosecha, y los resultados (Apéndice I) indican que, efectivamente, a medida que aumentaron las concentraciones de ethephon, la cantidad de fruta cosechada en la primera y segunda fecha fue mayor, y menor en la tercera.

Una importante observación es que, pese a la disminución en el peso promedio de los frutos tratados con ethephon, la proporción de frutos con precalibre fue significativamente menor en árboles tratados que en el testigo, observándose en todas las concentraciones una proporción de frutos con precalibre cercana a la mitad de la proporción de estos frutos en el control (Apéndice II).

Benciladenina

Concentraciones crecientes de BA disminuyeron el número de flores abscididas, observándose la menor abscisión con 400 mg L^{-1} de BA (Cuadro 3). Esto podría indicar que la BA tiene el efecto de retener las flores perfectas vía un aumento del cuaje y, en consecuencia, aumentar el número de frutos a cosecha de la segunda y tercera cohorte de floración, sin embargo este efecto no fue lo observado en el ensayo. Por el contrario, los resultados indican una disminución de la proporción de frutos provenientes de la tercera cohorte de floración con concentraciones crecientes de BA (Cuadro 4), donde la concentración más efectiva corresponde a 400 mg L^{-1} .

Dadas las condiciones de este estudio, en que la floración se prolongó hasta fines de marzo (diez semanas después del inicio de las aplicaciones), se puede sugerir que las aplicaciones de BA pudieron tener un efecto raleador tardío, cuyos efectos no alcanzaron a apreciarse en las recolecciones de flores y frutos abscididos llevadas a cabo durante las seis semanas de evaluación, siguientes a la primera aplicación. La evidencia de una menor proporción de frutos desarrollados después de las aplicaciones (Figura 5) hace suponer que la BA pudo afectar la producción, cuaje o abscisión de flores producidas durante las semanas posteriores a la evaluación.

Al evaluar la cobertura de color de los frutos se observó un aumento de la proporción de frutos con cobertura media y escasa con el aumento de las concentraciones de BA (Figura 7). De estos resultados se puede inferir que concentraciones crecientes de BA tendieron a homogeneizar el color de los frutos, disminuyendo los colores extremos (cobertura completa y verde) y concentrando la cobertura de color en el rango entre escasa y media (25 y 75 % de cobertura de color rojo). En estudios realizados en manzanos, Wertheim (2000) señala que concentraciones de BA de alrededor de 100 mg L^{-1} pueden generar una insuficiente formación de color rojo en la cáscara de los frutos, lo cual es confirmado por Greene (1993), quien observó que concentraciones sobre 100 mg L^{-1} redujeron no sólo el porcentaje de superficie con color rojo, sino también la intensidad de ese color, y sugiere que esto se debería a un incremento de clorofila en la cáscara.

A pesar de la ausencia de un evidente efecto raleador de la BA, con el aumento de la concentración se produjo un incremento del peso promedio de los frutos totales (Figura 9), lo que se observó también en la distribución de calibres, con la disminución de la proporción de frutos con precalibre (Apéndice II). Dado que no se observan variaciones significativas en los diferentes grupos de frutos separados por cohorte de floración de la cual provenían (Cuadro 6), no se puede atribuir el aumento en el peso a ningún grupo en particular. En concordancia con estos resultados, Wertheim (2000) ha señalado que uno de los posibles efectos de la BA en manzanos es el aumento del tamaño de frutos a través de un aumento en la tasa de división celular cortical. No obstante los raleadores químicos generalmente aumentan el tamaño de frutos mediante la disminución del número de frutos, y, por lo tanto, disminuyendo la competencia por metabolitos entre la fruta remanente en el árbol, Greene (1993) observó que BA aumentó el tamaño de frutos en manzano, en parte por reducción de

la competencia, pero también directamente, aparentemente por estimulación de la división celular. Similares observaciones han sido presentadas en perales (Stern y Flaishman, 2003), donde BA produjo un aumento apreciable en el tamaño de frutos, posiblemente vía una directa estimulación de la división celular en frutos.

Ácido giberélico

Nodden y Leopold (1978) y Saks y Vanstaden (1992), citados por Ghosh *et al.* (2009), han señalado que las giberelinas pueden generar una tendencia a producir flores masculinas en aquellas plantas que poseen flores con sexos separados. En plantas de pepino, por ejemplo, mientras las auxinas y el etileno modifican la expresión sexual a favor de los pistilos, el tratamiento con ácido giberélico determina flores masculinas, por lo que estos reguladores de crecimiento se emplean habitualmente para las labores de mejora genética en cucurbitáceas (Alpi y Tognoni, 1991). Respecto a la inducción de flores estaminadas, Den Nijs (1980) ha señalado que esta se debe a que las giberelinas interfieren con la producción de etileno. En *Castanea mollissima*, en cambio, aplicaciones de GA en concentraciones entre 50 y 500 mg L⁻¹ causaron una disminución significativa en el número de inflorescencias masculinas, a la vez que incrementaron el número de flores femeninas (Qiguang *et al.*, 1985).

Observaciones realizadas en granados por Chaudhari y Desai (1993) y Ahire *et al.* (1993) confirmaron que aplicaciones de reguladores de crecimiento pueden influir en la distribución de la expresión sexual de tipos de flores en granado, y concuerdan en que el ácido giberélico indujo más flores masculinas y menos flores hermafroditas, acorde con lo observado en cucurbitáceas. Sin embargo, los resultados de este ensayo no mostraron efectos en la expresión sexual de las flores, pues no se observa una correlación significativa entre la concentración de AG y la proporción de flores perfectas abscididas (Cuadro 3), ni diferencias significativas en la tasa de abscisión de flores, tanto masculinas como perfectas, a lo largo de las seis semanas evaluadas (Figuras 2 y 3).

A pesar de que las evaluaciones del número de flores abscididas durante las seis semanas siguientes a la primera aplicación (Cuadro 3) sugieren un efecto del AG en la retención de flores vía un aumento del cuaje, estas observaciones no se ven reflejadas en las evaluaciones de la tasa de abscisión, tanto de flores perfectas (Figura 2) como de flores masculinas (Figura 3), las que no se correlacionaron con la concentración de AG. El efecto observado en el número de flores abscididas podría compararse al observado por Prang *et al.* (1997), quienes mencionan el uso de aplicaciones exógenas de ácido giberélico en manzanos para aumentar el cuaje de frutos y mejorar el tamaño de éstos. Esto último, como se señala más adelante, sólo se logró en frutos tardíos, provenientes de la tercera cohorte de floración.

Producto de la mayor retención de flores en respuesta a las aplicaciones de AG antes mencionada, se esperaba observar una mayor carga frutal a cosecha dada por un mayor número de frutos provenientes de la segunda y tercera cohorte de floración. Por el contrario, al evaluar la fruta cosechada, se observó una disminución de la proporción de frutos provenientes de la tercera cohorte de floración con concentraciones crecientes de AG (Figura 5). Este resultado es positivo si se considera que el objetivo del raleo en granados es eliminar los frutos tardíos, sin embargo, el efecto raleador mencionado no fue acompañado de los efectos secundarios que se esperan con el raleo, como son el aumento en el peso de los frutos tempranos (provenientes de la primera cohorte de floración) y una mejora en el color. Muy por el contrario, si bien el AG tuvo un efecto sobre el peso de los frutos, este se concentró sólo en frutos de la tercera cohorte de floración (Cuadro 6). En relación a la cobertura de color externa de los frutos, se pudo observar una disminución de la proporción de frutos con cobertura completa y un aumento de la proporción de frutos con cobertura escasa (Cuadro 5). Considerando que la cosecha se realiza por desarrollo de color de cobertura, esto podría significar un retraso en la maduración de los frutos, el que ha sido observado también por Pawar *et al.* (2005) y, aunque con ácido giberélico aplicado en etapas más avanzadas en el desarrollo de los frutos, también por Yilmaz y Özgüven (2009).

Si bien hubo un efecto del AG en el peso de los frutos, este se manifestó únicamente en frutos provenientes de la tercera cohorte de floración mediante un aumento del peso promedio, a diferencia de lo que se esperaba en función de las observaciones de Sharma y Belsare (2011), Ghosh *et al.* (2009) y Pawar *et al.* (2005), quienes han reportado un alto incremento en el tamaño y peso de los frutos con aplicaciones de AG entre 10 y 100 mg L⁻¹ en granados. En concordancia, el aumento en el peso promedio observado en frutos tardíos a concentraciones crecientes de AG (Figura 9) se tradujo en una disminución de la proporción de frutos con precalibre (Apéndice II).

Aminoetoxivinilglicina

En base a lo observado por Peñaranda *et al.* (2006) en plantas de pepino, donde aplicaciones de AVG alteraron la expresión sexual de flores, produciendo una conversión de flores femeninas en masculinas, y considerando que este regulador de crecimiento es un inhibidor de la síntesis de etileno, se esperaba un efecto de AVG en la expresión sexual de flores de granado en favor de flores masculinas. Ese aumento esperado en la proporción de flores masculinas pudo apreciarse durante las primeras dos semanas luego de la primera aplicación (Figura 3), donde, al evaluar la tasa de abscisión de flores masculinas, las diferencias observadas entre las concentraciones de AVG muestran una tasa significativamente mayor con aplicaciones de 200 mg L⁻¹. Sin embargo, al evaluar la proporción de flores femeninas abscididas durante las seis semanas siguientes a la primera aplicación, no se observó que existiera una relación entre la tasa de abscisión de estas flores y las concentraciones de AVG aplicadas.

El efecto observado en la tasa de abscisión de flores masculinas durante las dos primeras semanas luego de la primera aplicación (Figura 3) indica un efecto, que se prolongó por dos semanas, de la primera aplicación de AVG a una concentración de 200 mg L^{-1} en la producción de flores masculinas, aumentándola. La segunda aplicación, sin embargo, a pesar de ser la misma concentración, no presenta efecto alguno en la tasa de abscisión de flores masculinas.

Las diferencias significativas observadas en la tasa de abscisión de flores perfectas y frutos la semana siguiente a la segunda aplicación (Figura 2) podrían reflejar un efecto raleador de la segunda aplicación de AVG, que, en concentraciones de 100 y 200 mg L^{-1} (esta última en mayor medida), aumentó la tasa de abscisión. Lo anterior concuerda con la correlación positiva observada entre la concentración de AVG y el número de estructuras reproductivas abscididas durante las seis semanas siguientes a la primera aplicación (Cuadro 4). Sin embargo, esto no se vio reflejado en la cosecha, donde la proporción de frutos tardíos, provenientes de la segunda y tercera cohorte de floración, no sufrió modificaciones por aplicaciones de AVG (Cuadro 4).

En relación al peso de los frutos, aplicaciones crecientes de AVG provocaron una disminución del peso promedio de los frutos provenientes de la primera cohorte de floración (Figura 8), efecto indeseable al considerar los objetivos del raleo.

Estudios realizados por Pulla Reddy *et al.* (2011) en granado con otros inhibidores de la síntesis de etileno, reportaron que, aplicados inmediatamente después del cuaje de frutos, estos aumentaron significativamente el número de frutos por árbol y el peso promedio de frutos. Dados los presentes resultados obtenidos con aplicaciones de AVG, se puede concluir que, aunque tanto el AVG como los productos evaluados por los autores mencionados son inhibidores de la síntesis de etileno y fueron aplicados en épocas similares, estos difieren en su efecto sobre la carga frutal y el peso de frutos.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del presente ensayo, se puede concluir:

Ethephon es el único producto evaluado que presenta efecto raleador, definido tanto en función de la abscisión de flores perfectas como de la disminución de la proporción de frutos tardíos en la cosecha.

El ácido giberélico, el ethephon y la benciladenina afectan la cobertura de color de los frutos; mientras que el ácido giberélico la disminuye y el ethephon la aumenta, la benciladenina la concentra en una cobertura intermedia.

Concentraciones de ethephon de 300 y 400 mg L⁻¹ aplicados la tercera semana de enero aumentan la proporción de frutos con cobertura de color externa superior al 50% de la superficie del fruto. Este es un aspecto que amerita ser estudiado en mayor detalle.

El ethephon disminuye el peso promedio de los frutos de la primera cohorte lo que podría atribuirse a un adelanto en la cosecha de los frutos debido a un adelantamiento en el desarrollo de la cobertura de color requerido para la cosecha.

Ningún producto evaluado afecta la expresión sexual de flores de granado.

Aminoetoxivinilglicina en altas concentraciones aumenta de la proporción de frutos con precalibre.

Todas las concentraciones evaluadas de ácido naftalenacético, ethephon, benciladenina y ácido giberélico disminuyen la proporción de frutos en la categoría precalibre.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahire, G.Z., Desai, U.T., Choudhari, S.M. and Masalkar, S.D. 1993. Crop regulation in pomegranate. 1. Effect of growth-regulators on flower induction, sex expression and flower drop. *Annals of Arid Zone* 32(2): 97-98.
- Alpi, A y F. Tognoni. 1991. Cultivo en invernadero. 3ª edición. Edizioni Agricole, Bologna, Italia. 333p.
- Arancibia, D., F. Alfaro, G. Reginato y N. Franck. 2009. Prospección de raleadores químicos de flores y frutos tardíos en granado (*Punica granatum* L.) var. Wonderful. *In: 60º Congreso Agronómico de Chile*. Talca, Chile. 27-31 de octubre, 2009.
- Chaudhari, S.M. and U.T. Desai. 1993. Effects of plant growth regulators on flower sex in pomegranate (*Punica granatum* L.). *Indian J. Agr. Sci.* 63: 34-35.
- CIREN, CHILE. 2011. Catastro frutícola / Principales resultados / IV Región de Coquimbo / Julio 2011. 40p.
- De Grazia, J., P. Tittonell, O. Perinola, A. Caruso y A. Chiesa. 2003. Precocidad y rendimiento en zapallito redondo de tronco (*Cucurbita maxima* var. Zapallito (Carr.) Millán) en función de la relación nitrógeno:potasio. *Agricultura Técnica* 63(4): 428-435.
- Den Nijs, A.P.M. 1980. Effectiveness of AVG for inducing staminate flowers on gynoeocious cucumbers. *Cucurbit Genetics Cooperative Report* 3:22-23.
- Elfving, D.C. and R.A. Cline. 1993. Benzyladenine and other chemicals for thinning 'Empire' apple trees. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 118(5): 593-598.
- Ghosh, S.N., B. Bera, S. Roy and A. Kundu. 2009. Effect of plant growth regulators in yield and fruit quality in pomegranate cv. Ruby. *Journal of Horticultural Sciences* 4(2): 158-160.
- Gil, G. 1991. Posibilidades de raleo químico de perales. *Revista Frutícola* 12(1): 21.
- Gil, G. 1992. El raleo químico de manzanos. *Revista Frutícola* 13(2): 57-66.
- Gil, G. 2000. La producción de fruta. Ed. Univ. Católica de Chile, Santiago, Chile. 583p.
- Glozer, K. and L. Ferguson. 2008. Pomegranate production in Afghanistan. Department of Plant Sciences, College of Agricultural & Environmental Sciences, UC Davis. 32p.

- Goldschmidt, E.E. 1998. Ripening of citrus and other non-climacteric fruits: a role for ethylene. *Acta Horticulturae* 463: 335-340.
- Greene, D.W. 1993. A review of the use of benzyladenine (BA) as a chemical thinner for apples. *Acta Horticulturae* 329: 231–236.
- Holland, D., K. Hatib and I. Bar-Ya'akov. 2009. Pomegranate: botany, horticulture, breeding. *Horticultural Reviews* 35: 127-191.
- Mars, M. 2000. Pomegranate plant material: genetic resources and breeding, a review. *Options méditerranéennes. Série A, Seminaires Méditerranéens* 42: 55-62.
- Nayar, N.M., and T.A. More. 1998. Cucurbits. Science Publishers, Inc., Enfield, New Hampshire, USA. 340p.
- Pawar, P.S., D.D. Jagtap, B.V. Garad and H.K. Shirsath. 2005. Effect of plant growth regulators on maturity, yield and fruit weight of pomegranate cv. Mridula. *Advances in Plant Sciences* 18: 167-170.
- Peña, A. 2005. Informe técnico: En uvas tintas. Factores que regulan el color, parte I. *Revista Vendimia*.
- Peñaranda A., C. Payán, E. García, R. Rosales, D. Garrido, P. Gómez y M. JAMILENA. 2006. Mejora de la calidad del fruto de calabacín: implicaciones del etileno en la aparición de frutos con flor pegada. *Actas de Horticultura* 45: 125-126.
- Prang, L., M. Stephan, G. Schneider and F. Bangerth. 1997. Gibberellin signals originating from apple fruit and their possible involvement in flower induction. *Acta Horticulturae* 463: 235-241.
- Prat L. y C. Botti. 2002. El granado. Universidad de Chile, Serie Ciencias Agronómicas N° 7, Santiago, Chile. 66p.
- Pulla Reddy, Ch., Y.N. Reddy, P. Narayanareddy and R. Chandrasekhar. 2011. Effect of ethylene inhibiting chemicals on yield and quality of pomegranate. *Acta Horticulturae* 890: 353-358.
- Qiguang, Y., R. Lizhong and D. Guohua. 1985. Effects of ethephon, GA3 and nutrient elements on sex expression of Chinese chestnut. *Scientia Horticulturae* 26(3):209-215.
- Rahemi, M. and A. Atahosseini. 2004. Effect of plant growth regulators on fruit characteristics and leaf area of pomegranate cv. Shisheh Cup. *Acta Horticulturae*, 662: 313-317.

- Sharma, N. and C. Belsare. 2011. Effect of plant bio-regulators and nutrients on fruit cracking and quality in pomegranate (*Punica granatum* L.) “G-137” in Himachal Pradesh. *Acta Horticulturae* 890: 347-352.
- Stern, R. and M. Flaishman. 2003. Benzyladenine effects on fruit size, fruit thinning and return yield of ‘Spadona’ and ‘Coscia’ pear. *Scientia Horticulturae* 98: 499-504.
- Sudzuki, F. 1997. Cultivo de frutales menores. 6ª edición. Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales, Universidad de Chile. 194p.
- Sudzuki, F., B. Defilippi y A. Echeverría. 1997. El cultivo del granado. *El Campesino*, 128(1): 31-33.
- Wertheim, S.J. 2000. Developments in the chemical thinning of apple and pear. *Plant Growth Regulation* 31: 85-100.
- Westwood, M.N. 1982. Fruticultura de zonas templadas. Mundi-prensa, Madrid, España. 462p.
- Wetzstein, H.Y., N. Ravid, E. Wilkins and A. Pinheiro. 2011. A morphological and histological characterization of bisexual and male flower types in pomegranate. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 136(2): 83-92.
- Yilmaz, C. and A.I. Özgüven. 2009. The effects of some plant nutrients, gibberellic acid and pinolene treatments on the yield, fruit quality and cracking in pomegranate. *Acta Horticulturae* 818: 205-212.

APÉNDICE I

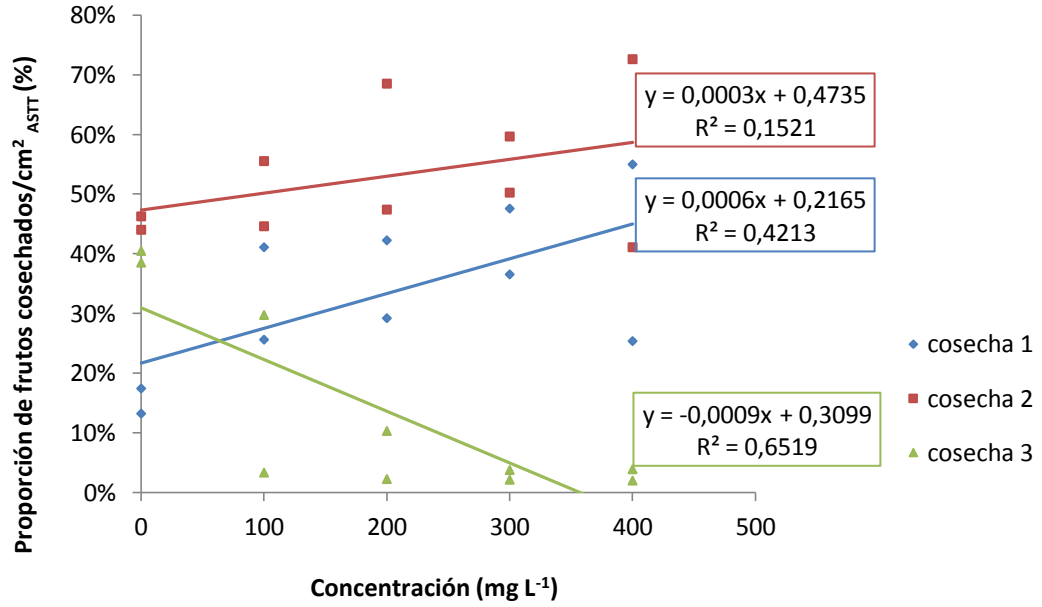


Figura 1: Proporción de frutos de granado colectados en cada cosecha en respuesta a la concentración de ethephon.

APÉNDICE II

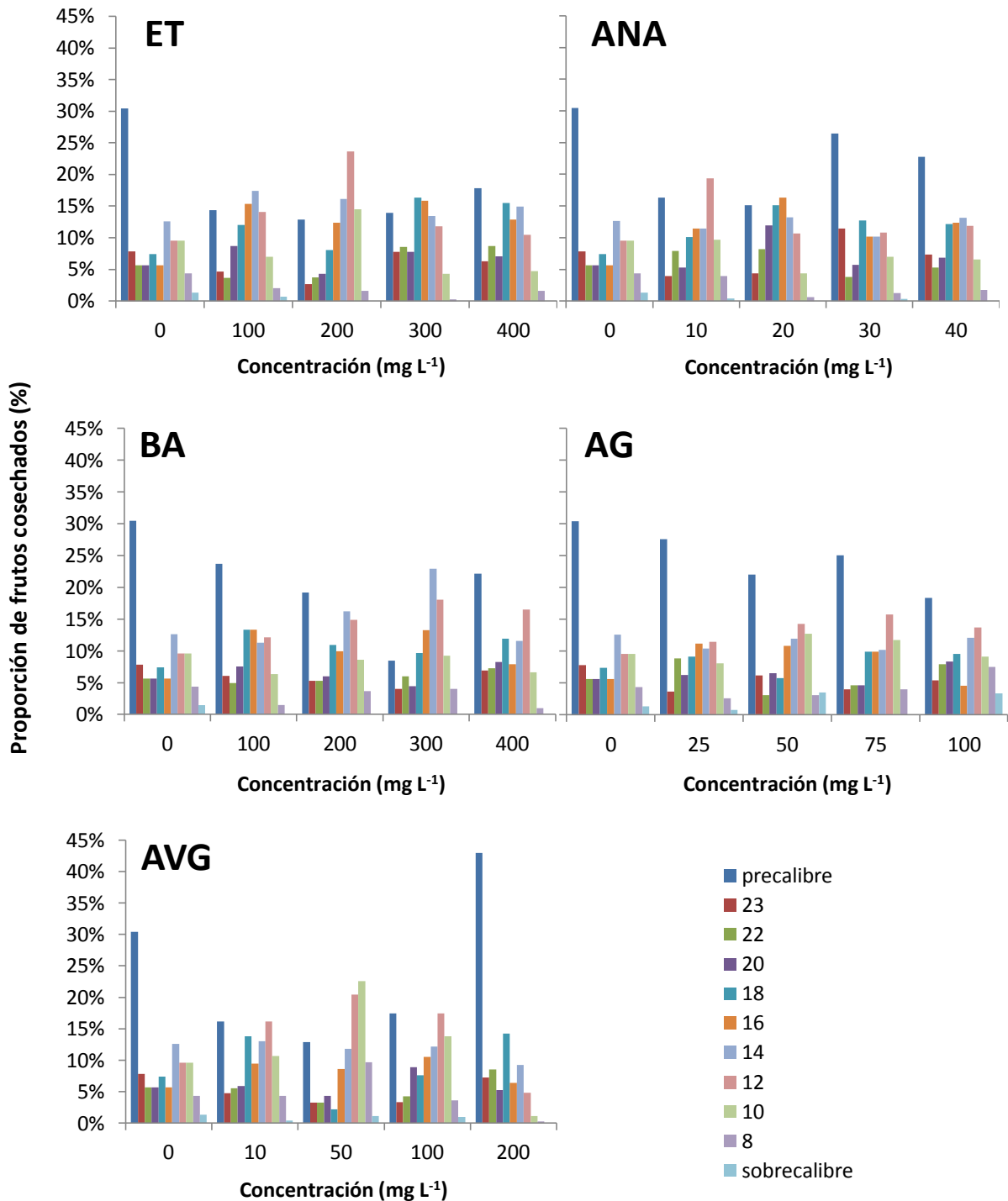


Figura 1: Porcentaje de frutos de granado cosechados por categoría de calibre, según concentración de producto, para cada ensayo: ethephon (ET), ácido naftalenacético (ANA), benciladenina (BA), ácido giberélico (AG) y aminoetoxivinilglicina (AVG).