

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

*ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y DEL MEDIO
NATURAL*

GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior
de Ingeniería Agronómica
y del Medio Natural

TRATAMIENTOS PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN DEL AGUACATE (*Persea americana* Mill.)

TRABAJO FIN DE GRADO

Curso académico 2021 / 2022

Valencia, diciembre de 2021

AUTOR

Jorge Canet Climent

TUTORA

Carmina Reig Valor

COTUTOR

Manuel Agustí Fonfría

TÍTULO: TRATAMIENTOS PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN DEL AGUACATE (*PERSEA AMERICANA* MILL.)

RESUMEN

El aguacate presenta un problema de producción derivado de su bajo índice de cuajado. Éste está relacionado con la dificultad de polinización, al ser una especie dicogámica, y de una abscisión masiva de flores relacionada con problemas nutricionales y hormonales.

En este trabajo se aborda el control de este proceso mediante el aporte de nutrientes, de giberelina (GA₃) y el rayado de ramas.

La adición de urea y boro, basada en el estímulo del crecimiento y el control del desarrollo del tubo polínico, respectivamente, no mejoró el cuajado, y tampoco la aplicación de GA₃. Al contrario, en todos los casos se redujo el número de frutos que iniciaron la fase de desarrollo lineal.

Solamente el rayado de ramas consiguió aumentar el número de frutos en crecimiento y la producción final, siendo su eficacia dependiente de la época de ejecución. El tamaño final del fruto no se vio afectado en ningún caso por los tratamientos.

En este trabajo se presentan y discuten estos resultados obtenidos en una plantación comercial y en condiciones climáticas de la Comunidad Valenciana.

PALABRAS CLAVE: abscisión, ácido giberélico, aguacate, boro, cosecha, nitrógeno, tamaño del fruto.

TÍTOL: TRACTAMENTS PER A MILLORAR LA PRODUCCIÓ DE L'ALVOCAT (*PERSEA AMERICANA* MILL.)

RESUM

L'alvocat presenta un problema de producció derivat del seu baix índex de quallat. Aquest està relacionat amb la dificultat de pol·linització, perquè és una espècie dicogàmica, i d'una abscisió massiva de flors relacionada amb problemes nutricionals i hormonal.

En aquest treball s'aborda el control de l'abscisió mitjançant l'aportació de nutrients, de giberelina (GA₃) i el ratllat de rames.

L'addició d'urea i bor, basada en l'estímul del creixement i el control del desenvolupament del tub pol·línic, respectivament, no va millorar el quallat i tampoc l'aplicació de GA₃. Al contrari, en tots els casos es va reduir el nombre de fruits que van iniciar la fase de desenvolupament lineal.

Solament el ratllat de branques va aconseguir augmentar el nombre de fruits en creixement i la producció final, sent la seva eficàcia dependent de l'època d'execució. La grandària final del fruit no es va veure afectada en cap cas pels tractaments.

En aquest treball es presenten i discuteixen aquests resultats obtinguts en una plantació comercial i en condicions climàtiques de la Comunitat Valenciana.

PARAULES CLAU: abscisió, àcid giberèlic, alvocat, bor, collita, nitrogen, tamany del fruit.

**TITLE: TREATMENTS TO IMPROVE AVOCADO PRODUCTION
(*PERSEA AMERICANA* MILL.)**

ABSTRACT

Low fruit set is a major problema in avocado fruit production. This is related to its difficulty of pollination, derived from dicogamy, and a massive abscission of flowers related to nutritional and hormonal problems.

This work addresses the control of fruitlet abscission through the application of nutrients, gibberellin (GA₃) and the ringing of branches.

The addition of urea and boron, based on the promotion of growth and control of the pollen tube growth, respectively, did not improve fruit set, and neither did the application of GA₃. On the contrary, in all cases the number of fruits that started the cell enlargement stage was reduced.

Only the ringing of branches increased the number of fruits at harvest, its effectiveness depending on the date of treatment. Final fruit size was not affected in any case by the treatments.

In this work, the results obtained in a commercial plantation under climatic conditions of the Valencian Community are presented and discussed.

KEY WORDS: abscission, gibberellic acid, avocado, boron, crop load, nitrogen, fruit size.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
1. Importancia económica.....	2
2. Clasificación botánica.....	2
3. Ciclo vegetativo.....	3
4. La floración del aguacate y su dicogamia.	4
5. El cuajado.	6
6. Principales problemas agronómicos.....	7
6.1. <i>Alternancia de cosechas</i>	7
6.2. <i>Caída fisiológica</i>	8
6.3. <i>Bajo porcentaje de cuajado</i>	8
II. OBJETIVOS DE TRABAJO	10
OBJETIVOS.....	11
III. MATERIAL Y MÉTODOS	12
1. Material vegetal.....	13
2. Tratamientos.....	13
3. Toma de muestras.....	14
4. Análisis estadístico.....	14
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
1. Efecto de los tratamientos nutricionales y del GA ₃ sobre el desarrollo de la flor y su ovario.	16
2. Efecto de los tratamientos nutricionales, del GA ₃ y del rayado sobre el número de frutos cuajados por rama.....	17
3. Evolución del tamaño del fruto (peso, g).	20
4. Efecto de los tratamientos sobre la cosecha. Evaluación del número total de frutos recolectados por árbol.....	23
V. CONCLUSIONES.....	26
CONCLUSIONES.....	27
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	28
BIBLIOGRAFÍA	29

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Modelo fenológico desarrollado para el cultivar de aguacate ‘Fuerte’ en clima subtropical cálido de Nambour, sudeste de Queensland. (Adaptado de Whiley et al., 1988). 4
- Figura 2.** Efecto de la aplicación de GA₃ (50 mg l⁻¹), urea (0.5%), solubor (0.1%) y la mezcla (urea + solubor) en el momento de la diferenciación floral (514 BBCH), sobre el peso de la flor en antesis (A) y del fruto recién cuajado (B), a los 45 y 90 días del tratamiento, respectivamente. 16
- Figura 3.** Efecto de la aplicación de GA₃ y nutrientes (A) y el rayado de ramas (B) sobre el número de frutos por rama. Valores para 3,5 meses y 25 días después de la aplicación de nutrrientes y del primer rayado, respectivamente. Fecha de aplicación de nutrientes: 12 de febrero; fecha de rayado: 5 de mayo..... 18
- Figura 4.** Efecto de la aplicación de GA₃ y nutrientes (A) y el rayado de ramas (B y C) sobre el número de frutos por rama. Valores para 4,5 meses después de la aplicación de nutrientes (A) y 55 y 30 días después del rayado de ramas durante la caída fisiológica (B) y al final de la misma (C). Fecha de aplicación de nutrientes: 12 de febrero; fecha del primer rayado: 5 de mayo; fecha del segundo rayado: 31 de mayo. 19
- Figura 5.** Efecto de los tratamientos nutricionales y del GA₃ (A) y del rayado de ramas durante la caída fisiológica de los frutos (B) y al final de la misma (C) sobre la evolución del peso del fruto. Fecha de aplicación de nutrientes: 12 de febrero; fecha del primer rayado: 5 de mayo; fecha del segundo rayado: 31 de mayo. La barra de error estándar es inferior al símbolo. Cada punto es la media de 30 valores..... 21
- Figura 6.** Efecto del N y el B y el rayado de ramas sobre la cosecha del aguacate ‘Hass’. Influencia de la época de rayado. Valores expresados en número de frutos por árbol sin rayar (A) y rayados en la época 1 (B) y época 2 (C). Cada valor es la media de 3 árboles por tratamiento. Fecha de aplicación de nutrientes: 12 de febrero. Fechas rayado: 5 y 31 de mayo. Fecha de recolección: 19 de octubre. Letras diferentes indican significación estadística (P<0.05). 23

ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1.** Comportamiento floral de los cultivares de los grupos A y B de aguacate..... 6
- Tabla 2.** Peso en gramos de los frutos de árboles sin rayar, con rayado en época 1 y rayados en época 2, según los tratamientos. Pesos tomados el 1 de julio. Letras minúsculas diferentes para una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas (P<0.05) entre los tratamientos..... 22

I. INTRODUCCIÓN

1. Importancia económica.

La producción de aguacate en el ámbito mundial se ha incrementado de forma significativa, como respuesta al aumento de la demanda mundial desde hace dos décadas. En el año 2020, la producción total a nivel mundial ha sido de 6.416.496 toneladas. Y a nivel nacional de 97730t (FAOSTAT, 2021).

El 80,6% de la producción de este frutal se concentra en: México, República Dominicana, Perú y Colombia.

En cuanto al nivel de exportación, en los últimos seis años ha aumentado un 13%, pasando de 1.416.464t a 2.496.739t.

Según las proyecciones, EE. UU. y la Unión Europea seguirán siendo los principales importadores, y ampliarán su importación hasta el 50,5% y el 28,7% en 2029, respectivamente.

Por otra parte, los principales exportadores son México, Países Bajos, Perú y España con el 42,9%, 15,9%, 11,6% y 6% respectivamente.

2. Clasificación botánica

El aguacate pertenece a la familia de las Lauraceas, al género *Persea* y especie americana. Se conocen tres razas diferentes: la mexicana, la guatemalteca y la antillana (Barrientos-Priego y López-López, 2001):

- La raza mexicana tiene como principal ventaja la resistencia al frío, así como su alto contenido en aceite.
- La raza guatemalteca presenta una buena resistencia del fruto, que son de tamaño pequeño.
- La raza antillana se adapta muy bien al clima tropical y como portainjerto es el más tolerante a la salinidad.

Las variedades comerciales de mayor importancia a nivel mundial son:

- *Hass*. Aguacate de raza guatemalteca y grupo floral A. Es la variedad más cultivada en el mundo y en España representa más del 60% de la superficie cultivada. Es muy sensible a las bajas temperaturas y el calor, muy productivo, pero con tendencia a la alternancia. La conservación del fruto en el árbol y su comportamiento poscosecha son excelentes.

- *Lamb Hass*. Aguacate de raza guatemalteca-mexicana y de grupo floral A. Es de reciente introducción en España. El fruto es parecido a la variedad “Hass”, pero la piel adquiere la tonalidad negra en su madurez. Es de recolección más tardía y más resistente al viento y a altas temperaturas.
- *Bacon*. Híbrido de raza guatemalteca x mexicana, perteneciente al grupo floral B. Árbol vigoroso y resistente al frío. El fruto es ovalado, verde y de piel fina y lisa.
- *Fuerte*. Híbrido de raza mexicana x guatemalteca, perteneciente al grupo floral B. Árbol vigoroso, muy sensible a las bajas y altas temperaturas, especialmente durante el cuajado. Fruto piriforme, de piel lisa y buen comportamiento poscosecha.
- *Ettinger*. Híbrido de raza guatemalteca x mexicana y perteneciente al grupo floral B. Árbol vigoroso y de buena producción. Y fruto de piel fina, lisa y color verde brillante
- *Reed*. Aguacate de raza guatemalteca y grupo floral A. Fruto con piel verde, y muy fácil de pelar. Variedad tardía, cuya maduración se produce durante el verano.
- *Pinkerton*. Híbrido guatemalteco-mexicano y grupo floral A. Fruto de color verde oscuro, con gránulos protuberantes
- *Zutano*. Híbrido mexicano-guatemalteco, de tipo floral B. Fruto periforme de piel delgada, con un color verde claro y sabor pobre. Es una variedad precoz y en muchas ocasiones se utiliza como polinizador de “Hass”.

3. Ciclo vegetativo.

El aguacate puede tener uno o mas ciclos vegetativos a lo largo del año seguidos de un periodo de crecimiento radicular. Las raíces comienzan su crecimiento cuando el primer crecimiento vegetativo comienza a declinar. Posteriormente, comienza un segundo periodo de crecimiento vegetativo, restableciéndose de esta manera el equilibrio entre una fase de crecimiento radicular y otra vegetativa (Calabrese 1992). Los primeros signos anatómicos de iniciación floral son detectables en otoño o comienzos de invierno solo después de que los brotes entren en un periodo de reposo (Davenport, 1982, 1986).

Estudios recientes sugieren que la transición de estado vegetativo a reproductivo en la brotación de verano se presenta al final de la expansión de la brotación, es decir, desde finales de julio hasta agosto.

La diferenciación y el desarrollo floral en el aguacate ocurren, generalmente, en otoño e invierno, cuando la duración del día es inferior a 12h y las temperaturas son relativamente bajas. La expansión de la inflorescencia del brote es aparente en enero, aunque la iniciación floral ocurre varios meses antes (Salazar-García et al., 1998).

Aunque el periodo de floración es muy variado en función de los cultivares y las condiciones climáticas, la inducción floral (iF) se produce alrededor de dos meses antes, cuando la temperatura es inferior a 25°C. Un periodo de reposo según Salazar-García et al. (1998) no es un prerequisite para el desarrollo de la inflorescencia, aunque está bien correlacionado con el número de días con la temperatura mínima de 15°C. Durante la primera semana después de la antesis el 80% de los frutos caídos proceden de flores polinizadas, pero no fecundadas, mientras que un mes después de la antesis todos los frutos caídos han sido fecundados y presentan un normal desarrollo del embrión y del endospermo. Además, en otoño, se produce una última caída de frutos que limita la producción. Una vez finalizada la 2ª caída fisiológica de frutos, el fruto inicia la fase de crecimiento lineal durante los meses de verano y, finalmente, madura.

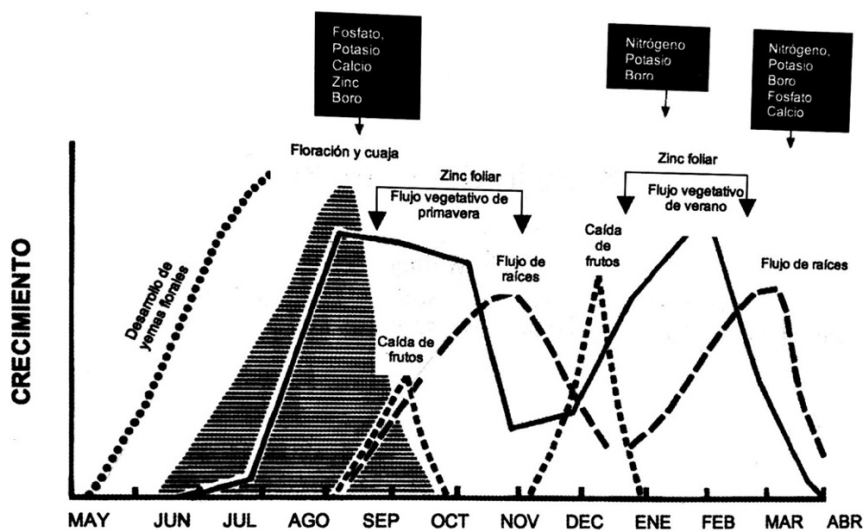


Figura 1. Modelo fenológico desarrollado para el cultivar de aguacate 'Fuerte' en clima subtropical cálido de Nambour, sudeste de Queensland. (Adaptado de Whiley *et al.*, 1988).

4. La floración del aguacate y su dicogamia.

La floración es en panículas situadas en posición terminal, del último crecimiento vegetativo. Las flores poseen tres pétalos y tres sépalos, muy similares entre sí, de color verde pálido o amarillento; 12 estambres, un pistilo con un carpelo y óvulo. En clima subtropical la floración se produce al inicio de la primavera (Foto 1).



Foto 1. Aspecto que presenta la floración del aguacate en el año ON.

El aguacate presenta dicogamia, es decir, que las partes femeninas y masculinas de una misma flor maduran en momentos diferentes. Presentan sincronía diurna, ya que todas las flores abiertas de un árbol actúan como masculinas en un periodo del día y como femeninas en otro (Foto 2); y también presentan protoginia, ya que en cada árbol la apertura de la flor como femenina es anterior a la apertura como masculina (Agustí, 2010).



Foto 2. Aspecto que presenta una flor funcionalmente masculina (izquierda) y femenina (derecha) con los estambres erectos y tumbados respectivamente.

Existen dos tipos de cultivares en el aguacate, A y B, que no presentan funcionalidad floral coincidente, es decir, cuando las flores del grupo A tienen el estigma receptivo, las del grupo B tienen las anteras liberando polen, y viceversa. La presencia de estos dos tipos de cultivares hacen posible la polinización cruzada (Tabla 1).

Tabla 1. Comportamiento floral de los cultivares de los grupos A y B de aguacate.

COMPORTAMIENTO FLORAL DEL AGUACATE				
Tipo floral	Día 1		Día 2	
	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde
A	♀	Cerrada	Cerrada	♂
B	Cerrada	♀	♂	Cerrada

5. El cuajado.

A pesar del gran número de flores, que produce en su año ON, el porcentaje de cuajado es muy bajo, durante 2 años entre el 0.031% y 0.023% para el árbol más productivo y entre el 0.001% y 0.008%, para el menos productivo.

Esto se debe, entre otras cosas, a la abscisión masiva de frutos recién cuajados que en término medio oscila en torno a 12,000 para ‘Fuerte’ y 100,000 para ‘Hass’ (Lahav y Zamet, 1999).

Aunque la mayor parte de la abscisión ocurre durante el primer mes después del cuajado (Foto 3), esta continúa, a una tasa menor y finaliza cuando los frutos alcanzan la madurez. De hecho, tanto en el cv. ‘Fuerte’ como en el ‘Hass’ se observó una segunda abscisión de frutos de 3-4 meses de edad, y entre 50-100 g de peso (Whiley *et al.*, 1988; Wolstenholme, *et al.*, 1990; Lahav y Zamet, 1999).



Foto 3. Frutos cuajados en los brazos de las panículas cv. “Hass”.

Por otra parte, Davenport (1982) clasificó los cultivares de aguacate que crecen en Florida en dos tipos, según su hábito de cuajado: los cultivares de tipo I, que cuajan una gran cantidad de frutos (20-30%) y presentan una abscisión moderada alta, mientras que los cultivares de tipo II, presentan un cuajado inicial muy bajo (menor al 1%) y una escasa abscisión posterior.

En Israel, los cultivares de floración tardía, como 'Reed', tienen un cuajado regular, mientras que los de floración precoz y de media estación, como 'Fuerte', tienen un escaso cuajado (1,5%), seguido de una abundante abscisión (99% de frutos jóvenes abortaron). (Lahav y Zamet, 1999).

Esto mejoró cuando se polinizó manualmente consiguiendo un cuajado inicial del 50%, 17% y 22%, para los cvs. 'Reed', 'Fuerte' y 'Hass', respectivamente (Gazit y Gafini, 1986).

La competencia por carbohidratos que existe entre los frutos jóvenes o entre estos y el crecimiento vegetativo, también se ha planteado como una posible causa de abscisión. De hecho, la eliminación semanal de los brotes vegetativos durante los periodos de floración y cuajado aumentó significativamente el porcentaje de frutos que permanecen en las ramas anilladas (Tomer, 1977) y aumentó en 6-9 veces la producción de aguacates 'Fuerte' de 4 a 5 años de edad (Biran, 1979). Por otra parte, la aplicación de inhibidores del crecimiento vegetativo, como el paclobutrazol o el uniconazol, en plena floración también aumentó significativamente el cuajado y, por consiguiente, la producción. Aunque estudios con exposición a atmósferas de CO₂ enriquecido, inmediatamente después de la floración del cultivar 'Hass', avalaron que un mayor cuajado tiene relación con los carbohidratos (Whiley *et al.*, 1999), el estudio realizado por Finazzo *et al.* (1994) concluyó que la disponibilidad de carbohidratos es suficiente para sustentar el crecimiento tanto de los frutos jóvenes como de las hojas durante los estadios tempranos del cuajado y, por consiguiente, la abscisión de los frutos jóvenes no se debería a la escasez de carbohidratos. Normalmente, la abscisión de frutos jóvenes está regulada por el etileno.

6. Principales problemas agronómicos.

6.1. Alternancia de cosechas.

La alternancia de cosechas se caracteriza por tener un ciclo de producción con elevada carga de cosecha (año "on") al que le sigue un ciclo con baja carga de cosecha (año "off"), de tal manera que la fructificación se realiza en años alternos o incluso en los años de elevada producción le pueden seguir 2-3 años de escasa fructificación (Lovatt, 2006).

Esta característica que es de origen genético viene marcada por el efecto que el fruto ejerce sobre la floración del año siguiente, de tal manera que la abundante carga del año “on” reduce e incluso puede impedir la floración siguiente, especialmente en aquellas variedades de recolección tardía (Dixon, 2007). Actualmente, se conoce que el mecanismo mediante el cual el fruto reduce la floración es a través de la represión que éste ejerce sobre la expresión del gen inductor de la floración *PaFT* (Ziv et al., 2014).

6.2. Caída fisiológica.

La poda como un medio para regular la producción del cultivo es una herramienta comúnmente utilizada en los cultivos frutales, aunque es más común en los árboles caducos y en las viñas (Mika, 1986).

Farré *et al.* (1987) señalaron que una poda severa temprana (eliminación selectiva de los brotes de verano y primavera del año anterior realizada a comienzos de marzo) aumentó significativamente la producción acumulada durante dos años sucesivos, en los cuales hubo un fuerte ciclo de “alta/baja” producción.

El aclareo de frutos también ha sido investigado como un modo de reducir la alternancia productiva y aumentar el tamaño del fruto del aguacate ‘Hass’ (Snijder y Strassen, 1997)

6.3. Bajo porcentaje de cuajado.

El bajo porcentaje de cuajado de esta especie está directamente relacionado con una adecuada polinización y esto se ve marcadamente alterado por las condiciones climáticas, particularmente por la temperatura extrema del proceso.

Así, en el subtrópico, las temperaturas óptimas para que se manifieste la dicogamia y que haya una buena sincronización de estado macho-hembra son próximas a 25°C durante el día y no inferiores a 16°C durante la noche, de lo contrario días cubiertos y con temperaturas inferiores a 21°C el funcionamiento floral es anómalo, dificultándose las posibilidades de cuajado. Un régimen de temperaturas templadas (16-17°C) por un largo período de tiempo tiene un efecto perjudicial sobre el cuajado de frutos, ya que provocan la desorganización del saco embrionario alterando el desarrollo normal de los órganos reproductivos. Por otra parte, el efecto perjudicial de las altas temperaturas es mucho más severo. El estrés térmico causado por altas temperaturas comienza cuando la temperatura máxima del aire supera los 33°C. La exposición a regímenes calurosos (33/28°C o 32/27°C) antes y después de la anthesis ejerce un efecto perjudicial sobre los órganos reproductivos y el cuajado de frutos de los cultivares subtropicales, especialmente ‘Fuerte’ (Sedgley, 1977; Sedgley y Anells, 1981; Argaman, 1983). De hecho, la exposición a temperaturas 39/20°C (día/noche) durante 2 días, inmediatamente después de la polinización, causa la caída prácticamente total de los frutos.

Con el fin de mejorar el porcentaje de cuajado y, con ello la productividad, es imprescindible garantizar una polinización adecuada y minimizar el estrés, proporcionando unas condiciones óptimas de riego y fertilización, aunque no se pueda superar el estrés causado por temperaturas extremas.

El uso de árboles polinizantes potentes también puede ayudar a mejorar el cuajado del aguacate. Los polinizantes potentes pueden aumentar la tolerancia de los frutos jóvenes al estrés y mejorar su habilidad para competir con el crecimiento vegetativo. Pueden existir diferencias significativas entre los polinizantes. Por ello, cada uno debe ser evaluado para determinar sus efectos sobre los diferentes cultivares y su adaptación a las diversas condiciones ambientales. Se ha sugerido que los polinizantes antillanos podrían aumentar la tolerancia a altas temperaturas, mientras que los polinizantes mexicanos pueden aumentar la tolerancia al frío. Sin embargo, bajo ciertas condiciones óptimas (polinización adecuada, crecimiento vegetativo restringido y estrés mínimo) como las que se encuentran en climas subtropicales húmedos, podría lograrse una alta producción sin la presencia de árboles polinizantes.

II. OBJETIVOS DE TRABAJO

OBJETIVOS

Aumentar la producción del aguacate (*Persea americana* Mill), cv. 'Hass', mejorando el cuajado con la aplicación de nitrógeno y boro, y reduciendo la caída fisiológica de frutos mediante la aplicación de ácido giberélico y el rayado de ramas.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

1. Material vegetal.

Los ensayos se llevaron a cabo en una plantación comercial de aguacates de 5 años de edad localizada en el término municipal de Puzol, Valencia (39° 38' 00.3" N, 0° 20' 50.7" E, 101 msnm). Los árboles mayoritariamente del cv. 'Hass' (grupo floral A) estaban distribuidos con un marco de plantación de 6x4 intercalando arboles del cv Fuerte (grupo floral B) en una relación 9:1 como polinizadores, cv. Todos los arboles están bien injertados sobre 'Duke 7', bajo riego localizado y en perfectas condiciones fitosanitarias. La fertilización y la poda se realizaron de acuerdo con los conocimientos del cultivo.

2. Tratamientos.

Se seleccionaron 5 filas con 20 arboles, cada una de las cuales se trataron con ácido giberélico (AG) a 50 ppm, urea al 0,5%, boro al 0,1% (solubor), urea (0,5%) + boro (0,1%) y finalmente una que se dejó sin tratar y, por tanto, se utilizó como control. Los tratamientos se realizaron en el momento de la diferenciación floral, estado 514 de la escala BBCH (Alcaraz *et al.*, 2013) (Foto 4), mediante un turboatomizador.



Foto 4. Aspecto del árbol en el momento de los tratamientos (Estado 517 de la escala BBCH).

A todos los tratamientos se les añadió un agente tensoactivo, mojando todo el árbol hasta llegar al goteo. Complementariamente se rayaron 6 arboles de cada tratamiento en 2 épocas diferentes. Tres de ellos se rayaron durante la primera caída fisiológica (estado 710-711 BBCH) y los otros 3 aproximadamente 20 días mas tarde, al final del cuajado (estado 712 BBCH).

Época 1: 05/05 → 710-711 BBCH

Época 2: 31/05 → 712 BBCH

3. Toma de muestras.

Periódicamente se muestrearon 40 flores, completamente al azar de todos los tratamientos, desde estados muy tempranos (botones florales), hasta flores en antesis y caída de pétalos. Éstas se pesaron y posteriormente se congelaron para futuros análisis.

También se muestrearon 10 frutos desde su recién cuajado (estado 711 BBCH) hasta que alcanzaron el 70% del tamaño final (estado 717 BBCH), de la misma manera que las flores, con el fin de calcular su peso medio. Complementariamente se evaluó el diámetro de 10 frutos/árbol y tratamiento obteniéndose así, una curva de su evolución a lo largo del tiempo. Finalmente se contaron periódicamente el numero de frutos por rama en 5 ramas de cada árbol y tratamiento.

4. Análisis estadístico.

A los datos obtenidos se les aplicó el análisis de la varianza con un nivel de confianza de $P \leq 0.05$. Para la separación de medias se aplicó el test LSD mediante el programa informático Statgraphics. A los valores porcentuales se les aplicó la transformación $\arcsen(\sqrt{p})$ para normalizar la muestra.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Efecto de los tratamientos nutricionales y del GA₃ sobre el desarrollo de la flor y su ovario.

La aplicación de GA₃, urea, solubor y su combinación (urea + solubor), apenas modificó el peso de la flor en el momento de la antesis. Solo el GA₃ aplicado en el momento de la diferenciación floral (514 BBCH) consiguió aumentar significativamente el peso de la flor en antesis (21,2 mg), respecto al resto de los tratamientos que fue por término medio (16,2 mg) (Figura 2A). Sin embargo, este efecto se perdió con el tiempo y en el momento del cuajado (712 BBCH) no se encontraron diferencias significativas en el ovario de los frutos en desarrollo (Figura 2B).

En ambos casos, la mezcla de la urea con solubor, no consiguió mejorar la respuesta respecto a los tratamientos solos en cuanto al peso de la flor en antesis y al ovario del fruto recién cuajado (Figura 2).

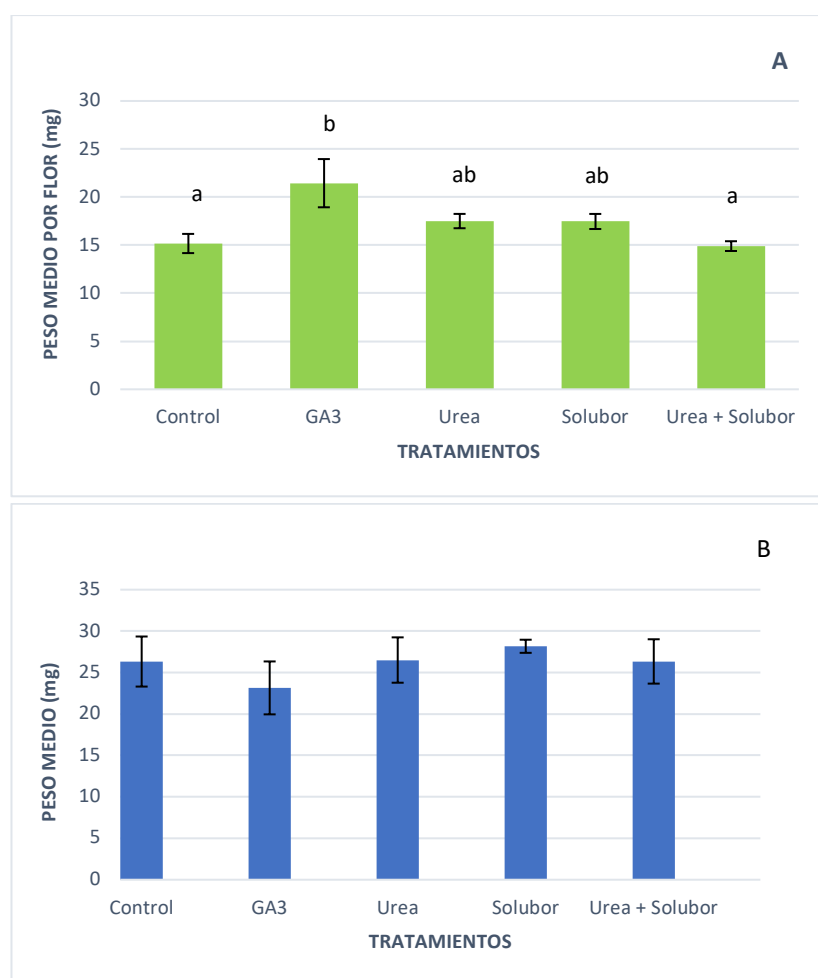


Figura 2. Efecto de la aplicación de GA₃ (50 mg l⁻¹), urea (0.5%), solubor (0.1%) y la mezcla (urea + solubor) en el momento de la diferenciación floral (514 BBCH), sobre el peso de la flor en antesis (A) y del fruto recién cuajado (B), a los 45 y 90 días del tratamiento, respectivamente.

2. Efecto de los tratamientos nutricionales, del GA₃ y del rayado sobre el número de frutos cuajados por rama.

Los tratamientos nutricionales (urea, solubor y su mezcla) realizados durante la época de diferenciación floral no consiguieron modificar significativamente el número total de frutos por rama tras finalizar la primera caída fisiológica (712 BBCH). Así, aunque la urea consiguió aumentar en 3,2 frutos/rama, respecto del control (7,0 frutos/rama), no se alcanzó la significación estadística (Figura 3A). Tampoco lo consiguió el solubor, cuyos árboles desarrollaron 1,2 frutos menos por rama que los controles. La mezcla de ambas sustancias dio lugar a una respuesta intermedia, con 8,0 frutos/rama. El GA₃, sin embargo, redujo significativamente el número de frutos/rama hasta 2,2 (Figura 3A).

El rayado de ramas durante el estado 710-711 de la escala BBCH apenas mejoró la respuesta en los tratamientos. Sólo en el caso del solubor, el rayado consiguió aumentar el número de frutos (10,2) respecto del control (6.7), pero sin alcanzar la significación estadística (Figura 3B). También en este caso, el menor número de frutos correspondió al tratamiento con GA₃.

Al comparar el efecto del rayado durante la caída fisiológica de frutos en cada tratamiento, se observó que el más eficaz resultó ser la combinación del rayado con el solubor ya que consiguió aumentar el número de frutos en casi el doble (10,2) respecto del solubor sin rayar que tenía 5,5 (Figura 3). El rayado en esta época a los que previamente se trataron con GA₃ también mejoró la respuesta respecto de los que sólo se trataron con la hormona. En este caso, el rayado tan sólo consiguió aumentar en 1,3 frutos/rama (Figura 3).

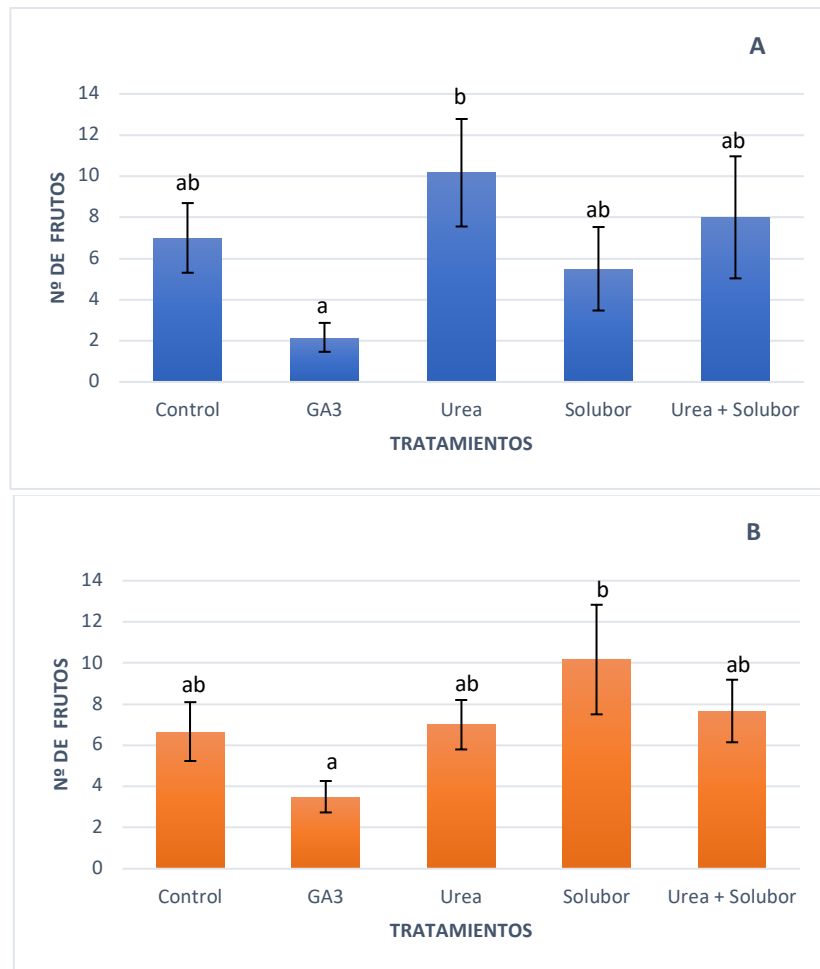


Figura 3. Efecto de la aplicación de GA₃ y nutrientes (A) y el rayado de ramas (B) sobre el número de frutos por rama. Valores para 3,5 meses y 25 días después de la aplicación de nutrrientes y del primer rayado, respectivamente. Fecha de aplicación de nutrrientes: 12 de febrero; fecha de rayado: 5 de mayo.

A la vista de estos resultados, la aplicación de GA₃ no consiguió aumentar el número de frutos/rama y, en consecuencia el cuajado, como sí ocurre en otras especies como los cítricos (Mesejo *et al.*, 2010) e incluso en el aguacate. La razón de ello puede deberse a la diferencia en la época de tratamiento que, en nuestro caso, fue durante la diferenciación floral, mientras que otros autores lo aplicaron durante la caída de pétalos. Las aplicaciones de GA₃ en etapas muy precoces de la floración (botón floral) se utilizan para la obtención de frutos partenocárpicos en el aguacate (García-Alfonso, 2019) y en otras especies, como el níspero japonés (Mesejo *et al.*, 2010), desacoplando el período de polinización efectiva, lo que explicaría el menor número de frutos obtenido en este tratamiento respecto al resto de los tratamientos.

Cuando el rayado se hizo, aproximadamente 1 mes más tarde que en el caso anterior, al final de la caída fisiológica de frutos (712 BBCH), el número de frutos/rama aumentó ligeramente en el control y en el tratamiento realizado con urea (Figura 4). En este caso, el control rayado en esa época consiguió tener, un mes más tarde, 2,9 frutos, respecto a los 2 y 1,9 frutos obtenidos con el rayado en la época 1 y sin rayar,

respectivamente (Figura 4). Algo parecido ocurrió con la urea; en este caso al final de la caída fisiológica de frutos los árboles tratados con urea tenían 1,4 frutos por rama (Figura 4C), mientras que los rayados en la época 1 (Figura 4B) y los no rayados (Figura 4A) tenían 1,3 y 0,4 frutos por rama, respectivamente.



Figura 4. Efecto de la aplicación de GA₃ y nutrientes (A) y el rayado de ramas (B y C) sobre el número de frutos por rama. Valores para 4,5 meses después de la aplicación de nutrientes (A) y 55 y 30 días después del rayado de ramas durante la caída fisiológica (B) y al final de la misma (C). Fecha de aplicación de nutrientes: 12 de febrero; fecha del primer rayado: 5 de mayo; fecha del segundo rayado: 31 de mayo.

3. Evolución del tamaño del fruto (peso, g).

El peso del fruto apenas se vio modificado por los tratamientos. Sólo al final del estudio, los frutos de los árboles tratados con boro presentaron un tamaño significativamente mayor (14,1) que los controles y tratados con la mezcla de urea + boro (11,2). El tamaño de los tratados con urea y GA₃ fue intermedio entre los anteriores con 12,9 g (Figura 6A).

Algo parecido ocurrió con el rayado, independientemente de la época en la que se hiciera (Figuras 6B y 6C). En este caso, cuando los árboles se rayaron en la primera época, es decir, durante la caída fisiológica de los frutos, a los 40 días del rayado, el solubor presentaba frutos con 2g, aproximadamente (Figura 6B). Sin embargo, 15 días más tarde este efecto se perdió y el peso se igualó al control.

Cuando el rayado se realizó más tarde (época 2), al finalizar la caída fisiológica de frutos, el peso de los frutos tratados, independientemente del tratamiento, fue ligeramente superior al control (Figura 6B). En este caso, al igual que en los tratamientos sin rayar, el mayor peso lo alcanzaron los frutos tratados con Boro.

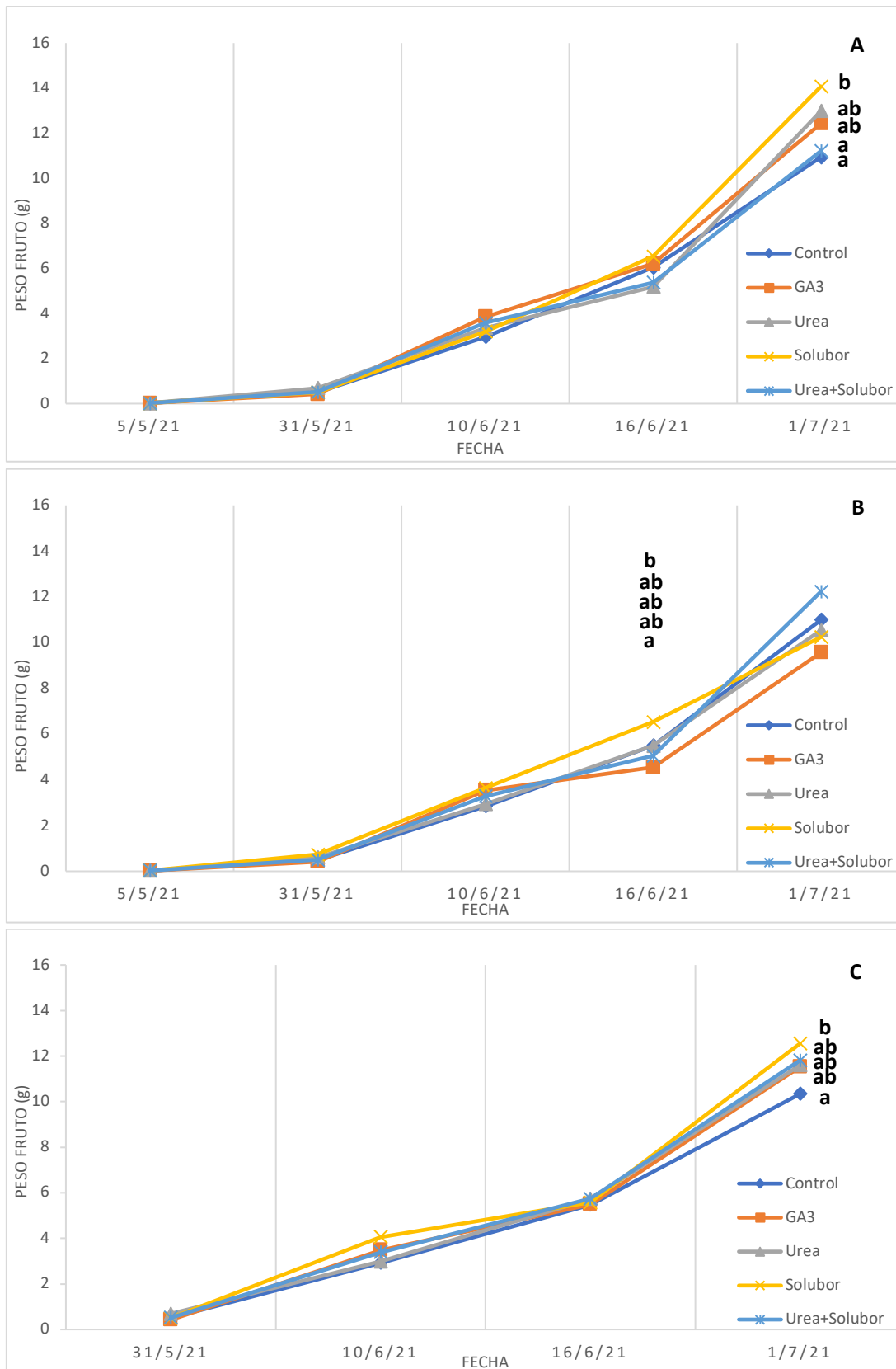


Figura 5. Efecto de los tratamientos nutricionales y del GA₃ (A) y del rayado de ramas durante la caída fisiológica de los frutos (B) y al final de la misma (C) sobre la evolución del peso del fruto. Fecha de aplicación de nutrientes: 12 de febrero; fecha del primer rayado: 5 de mayo; fecha del segundo rayado: 31 de mayo. La barra de error estándar es inferior al símbolo. Cada punto es la media de 30 valores.

Al final del estudio, el rayado, independientemente de la época en que se realizara, no mejoró el tamaño del fruto en ninguno de los tratamientos realizados (Tabla 2), a diferencia de lo observado en el número de frutos por rama.

Tabla 2. Peso en gramos de los frutos de árboles sin rayar, con rayado en época 1 y rayados en época 2, según los tratamientos. Pesos tomados el 1 de julio. Letras minúsculas diferentes para una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos.

Tratamiento	Sin rayar	Rayado época 1	Rayado época 2
Control	10,9 a	11,0	10,3 a
GA ₃	12,4 ab	9,6	11,5 ab
Urea	13,0 ab	10,5	11,6 ab
Solubor	14,1 b	10,2	12,6 b
Urea+Solubor	11,2 a	12,2	11,8 ab

En los árboles frutales el peso final del fruto está inversamente relacionado con el número de frutos por árbol (Agustí, 2010). En el aguacate esta relación no se presenta con carácter general, ya que el reducido número de frutos que se cosechan por árbol la restringe.

Por otra parte, los nutrientes aplicados no tienen efecto promotor del desarrollo del fruto, salvo que se apliquen en estado de deficiencia. Tampoco la GA₃ es la hormona que regula el crecimiento del fruto en los frutales. Por tanto, la ausencia de diferencias significativas en el tamaño del fruto en los tratamientos resulta lógica. Tan solo el solubor mostró un efecto positivo, pero el reducido número de frutos cuajados por efecto del B podría explicar este efecto. El hecho de que el rayado de ramas aumente el número de frutos y no modifique su peso individual está de acuerdo con esta idea.

4. Efecto de los tratamientos sobre la cosecha. Evaluación del número total de frutos recolectados por árbol.

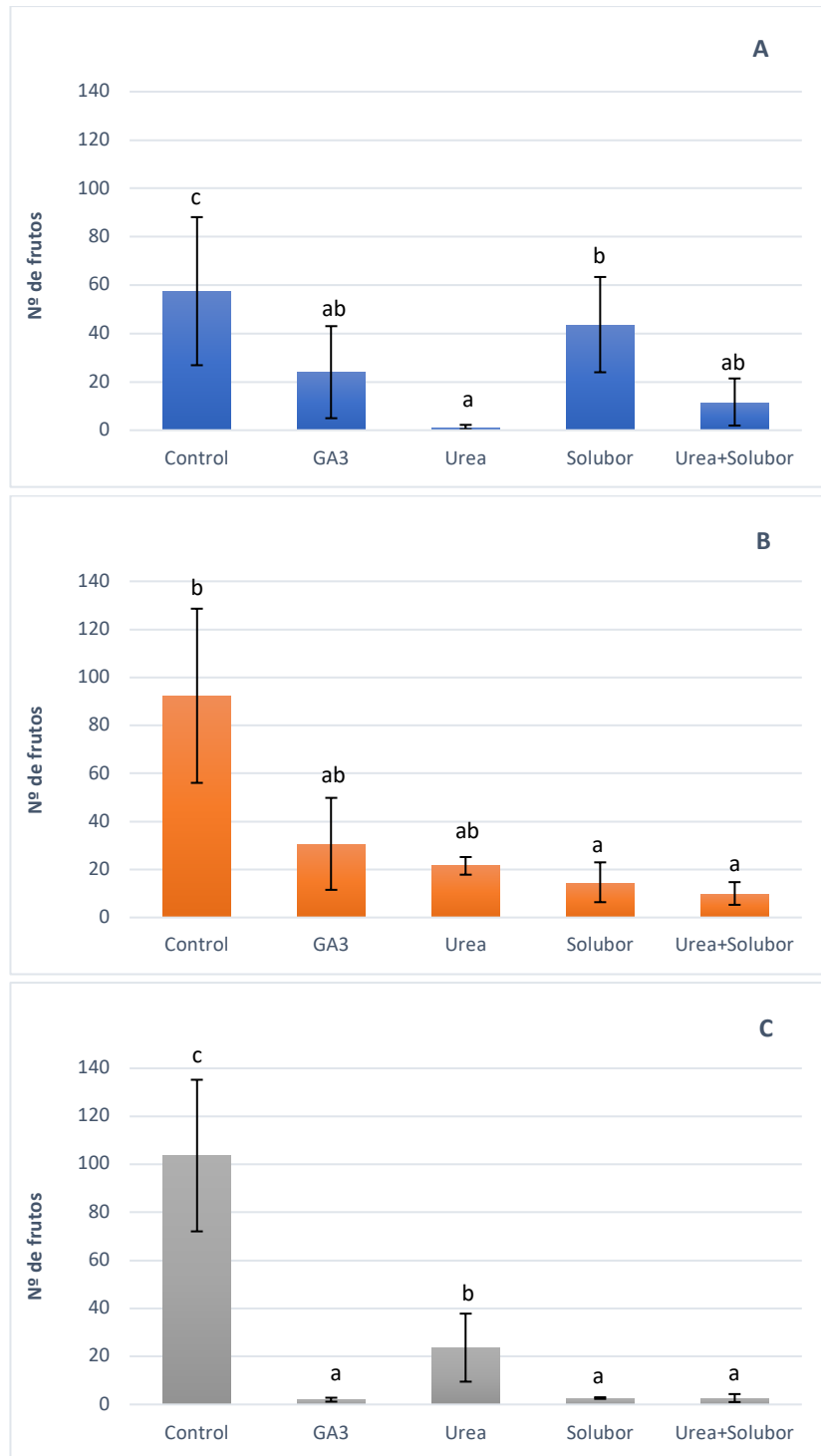


Figura 6. Efecto del N y el B y el rayado de ramas sobre la cosecha del aguacate ‘Hass’. Influencia de la época de rayado. Valores expresados en número de frutos por árbol sin rayar (A) y rayados en la época 1 (B) y época 2 (C). Cada valor es la media de 3 árboles por tratamiento. Fecha de aplicación de nutrientes: 12 de febrero. Fechas rayado: 5 y 31 de mayo. Fecha de recolección: 19 de octubre. Letras diferentes indican significación estadística (P<0.05).

Ninguno de los tratamientos consiguió aumentar la cosecha respecto de los controles. Es más, todos ellos la redujeron significativamente (Figura 7A). El rayado de ramas tampoco consiguió mejorarla en ningún caso (Figuras 7B y 7C), salvo en los árboles control en los que la aumentó significativamente ($P < 0.05$). En éstos la primera época de rayado aumentó el número de frutos de 57,5 en los árboles sin rayar (Figura 7A) a 92,3 (Figura 7B) y la época 2 a 103,7 (Figura 7C).

El boro es un elemento esencial para la germinación del grano de polen, el crecimiento del tubo polínico hasta el óvulo, y para la división celular en la producción de los gametos (Lovatt y Bugger, 1984). Su aplicación durante el otoño o la primavera a árboles no deficientes en boro aumenta la producción de árboles frutales caducifolios de diversas especies (Batjer y Rogers, 1953; Chaplin *et al.*, 1977; Thompson y Batjer, 1950), especialmente cuando las temperaturas durante la floración son bajas (Hanson y Breen, 1985). Sin embargo, en el aguacate los resultados han sido erráticos y en la mayoría de los casos ineficaces para aumentar la cosecha (Lovatt, 1994). Así, Robbertse *et al.* (1990; 1991) cultivando *in vitro* flores, en estado femenino, encontraron una buena relación entre la concentración de B, en forma de solubor, añadida al medio y su contenido en las flores 24h después. Asimismo, y en condiciones de campo, encontraron que las aplicaciones de solubor a las hojas o al suelo aumentaba significativamente su contenido en las hojas, pero no lo suficiente como para mejorar el crecimiento del tubo polínico y el cuajado de la flor.

La urea tampoco se ha mostrado eficaz para mejorar el cuajado en el aguacate. Su aplicación individual a hojas jóvenes a concentraciones crecientes entre 2% y 8% cuando las inflorescencias estaban a un 30% de su desarrollo, provocó la abscisión de hojas de modo creciente con la concentración, afectando hasta el 70% de ellas; y este efecto fitotóxico derivó en una reducción de la cosecha (Zilkah *et al.*, 1987). A la concentración del 2%, la urea aumentó significativamente el contenido foliar en N en hojas adultas y prolongó el periodo de floración, aumentando, con ello, el número de flores cuajadas (Zilkah *et al.*, 1987), de un modo similar a como se ha demostrado para concentraciones entre el 2% y el 4% en el mango (Singh, 1974). Este efecto del N sobre las hojas no significó, sin embargo, un aumento en peso de las inflorescencias, indicando que el N no es factor limitante de su crecimiento (Zilkah *et al.*, 1987). Aplicaciones al árbol completo no se han mostrado eficaces para aumentar la cosecha (Lovatt, 1994).

La reducción del número de frutos cuajados y de la cosecha de los árboles tratados con ambos elementos minerales, B y N, ya había sido demostrado por Lovatt (1994) incluso cuando se aplicaron por separado. Es más, la aplicación de ambos elementos en combinación antes de la floración redujo significativamente la cosecha en árboles del cultivar 'Hass' cultivados en California (Lovatt, 1994), de un modo similar a como ocurre con nuestro experimento.

Alcaraz y Hormaza (2021) han demostrado que, en esta especie el número de granos de polen que alcanza el estigma podría no ser suficiente para garantizar un buen cuajado. Ello podría explicar el elevadísimo número de flores que abscinden (más de 99,5%) y que sería, en última instancia, la responsable de su escaso cuajado. Esta idea coincide con los resultados de Finazzo *et al.*, (1994) y D'Asaro *et al.* (2021), que demuestran que la competencia por fotoasimilados no es la responsable de la falta de cuajado, y de Zilkah *et al.* (1987), que indica que el nitrógeno tampoco es un factor restrictivo. En el aguacate el cuajado está ligado al contenido endógeno de giberelinas, y, por tanto, al tipo de inflorescencia, siendo mayor en las determinadas que en las indeterminadas (D'Asaro *et al.*, 2021; Salazar-García y Lovatt, 1998), si bien el mayor número de éstas últimas por árbol determinan su mayor contribución a la cosecha (Salazar-García and Lovatt, 1998).

Pero la abscisión puede detenerse, parcialmente, realizando un rayado de ramas cuando la caída fisiológica de frutos está terminando, como se ha demostrado en diferentes especies (Goren *et al.*, 2003) y así lo demuestran nuestros resultados. En el aguacate la primera caída fisiológica de frutos presenta dos olas de abscisión, coincidiendo nuestras épocas de rayado (épocas 1 y 2) con ellas. Esta cinética no es distinta de otras especies frutícolas y cuando el rayado se efectúa en etapas finales de cada una de ellas, mejora el cuajado entendido como la reducción de la abscisión, particularmente cuando se efectúa finalizando la segunda ola. Este efecto ha sido demostrado repetidamente en los cítricos (Agustí *et al.*, 1982) y otras especies frutícolas (Goren *et al.*, 2003).

La acción del rayado de ramas se ha identificado con un estímulo de la fotosíntesis en las hojas jóvenes de los brotes que soportan los frutos, a través de un estímulo del transporte electrónico en el fotosistema II (Rivas *et al.*, 2007). El resultado es un aumento de la disponibilidad de carbohidratos por el ovario durante la fase de división celular que asegura la permanencia en el árbol de un mayor número de frutos en las plantas rayadas frente a las sin rayar y, en consecuencia, un aumento de la cosecha (Agustí *et al.*, 1982; Rivas *et al.*, 2007) En nuestro experimento este efecto del rayado de ramas resulta evidente cuando se efectuó al final de la segunda ola de abscisión, aumentando el número de frutos con independencia del tratamiento con nutrientes. El GA₃ fue la excepción ya que el rayado 1 mantuvo mayores frutos en el árbol que el rayado 2. La razón es que en la segunda fecha los frutos tratados con GA₃ habían eludido la fecundación (ver apt. IV.1) y ya no estaban presentes en el árbol.

V. CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

1. La aplicación de GA₃ (50ppm) durante la diferenciación floral aceleró el desarrollo del ovario, aumentando su peso en el momento de la antesis.
2. Los tratamientos nutricionales con Boro y Urea no aumentaron el cuajado y, en consecuencia, no mejoraron la cosecha.
3. El tratamiento hormonal con GA₃ redujo el cuajado y, en consecuencia, la cosecha.
4. El rayado en ambas épocas aumentó la cosecha en los árboles sin tratar y tratados con urea. El realizado al final de la caída fisiológica fue más eficaz.

VI. BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

Agustí, M. (2010). Fruticultura. Ed. Mundi-Prensa. 2ª Ed. Madrid. 507 pp.

Agustí, M., García-Marí, F. y Guardiola, J.L. (1982). Giubberellic acid and fruit set in sweet orange. *Sci. Hortic.*, 17: 257-264.

Alcaraz, M.L. y Ormaza, I. (2021). Fruit set in avocado: pollen limitation, pollen load size, and selective fruit abortion. *Agonomy* 11, 1603

Alcaraz, M.L., Thorp, T.G. y Hormaza, J.I. (2013). Phenological growth stages of avocado (*Persea americana*) according to the BBCH scale. *Sci. Hortic.*, 164, 434-439.

Argaman, E. (1983). Effect of temperature and pollen source on fertilization, fruit set and abscission in avocado (*Persea americana* Mill.). MSc thesis, The Hebrew University of Jerusalem, Rehovot, Israel.

Batjer, L.P. y Rogers, B.L. (1953). "Blossom blast" of pears: an incipient boron deficiency. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 62, 119-122.

Bekey, R. (1989). To bee or not to be – pollination of avocados. *California Grower* 13(2), 30-32.

Bergh, B. y Ellstrand N. (1986). California Avocado Society 1986 Yearbook 70: 135-146. Taxonomy of the avocado.

Biran, D. (1979). Fruitlet abscission and spring growth retardation-their influence on avocado productivity. M. Sc. (Agric.) Thesis. Jerusalem, Israel: Hebrew University of Jerusalem (English summary), 1-2.

Calabrese, F. (1992). El aguacate. Ed Mundi-Prensa, Madrid, España.

Chaplin, M.H., Stebbins, R.L. y Westwood, M.N. (1977). Effect of fall-applied boron sprays on fruit set of 'Italian' prune. *HortSci.*, 12, 500-501.

D'Asaro, A., Reig, C., Martínez-Fuentes, A., Mesejo, C., Farina, V. y Agustí, M. (2021). Hormonal and carbohydrate control of fruit set in avocado 'Lamb Hass'. A question of the type of inflorescence? *Sci. Hortic.* 282, 110042.

Davenport, T.L. (1982). Avocado growth and development. *Proc. Fla. State Hortic. Soc.* 95, 92-96.

Dixon J. (2007). Shoot growth of 'Hass' avocado trees in 'on' and 'off' flowering years in the western bay of plenty. Ann. Res. Rep. New Zealand Avocado Growers Assoc. pp. 41-48.

Faostat. (2021). <https://www.fao.org/faostat/es/#home>

Farré, J.M., Hermoso, J.M. y Pliego, F. (1987). Effects of pre-bloom pruning on leaf nutrient status, growth and cropping of the avocado cv Hass. SAfric. Avocado Grower's Assoc. Yearbook 10, 71-72.

Finazzo, S.F., Davenport, T.L. y Schaffer, B. (1994). Partitioning of photoassimilates in avocado. (*Persea americana* Mill.) during flowering and fruit set. Tree Physiology 14, 153-164.

Galán Saúco, V. (1990). Los frutales tropicales en los subtrópicos, I. Aguacate, Mango, Litchi y Longan. Ed Mundi-Prensa, Madrid, España.

García-Alfonso, G. (2019). El desacoplamiento del periodo de polinización efectiva como método para obtener paltines en el aguacate (*Persea americana* Mill.). Trabajo Final de Grado de la Universitat Politècnica de València.

Gazit, S. y Gafni, E. (1986). Effect of hand-pollination with different pollen donors on initial fruit set in avocado. Israel Agresearch 1, 3-17.

Goren, R., Huberman, M. y Goldschmidt, E.E. (2003). Girdling: physiological and horticultural aspects. Hortic. Rev., 30, 1-36.

Hanson, E.J. y Brtee, P.J. (1985) Effects of fall boron sprays and environmental factors on fruit set and boron accumulation in 'Italian' prune flowers. J. Amer. Soc. Hortic. Sci. 110, 389-392.

Lahav, E. y Zamet, D. (1999). Flowers, fruitlet and fruit drop in avocado trees. Revista Chapingo Serie Horticultura Núm. Especial V, 95-100.

Lovatt, C.J. (1994). Improving fruit set and yield of 'Hass' avocado with a spring application of boron and/or urea to the bloom. Calif. Avocado Soc. Yearbook 78, 161-173.

Lovatt, C.J. (2006). Alternate bearing of 'Hass' avocado. Calif. Avocado Soc. Yearbook 93, 125-140

Lovat, C.J. y Bugger, M. (1984). Boron, pp. 389-421. En: E. Frieden (ed.), Biochemistry of the Essential Ultratrace Elements. Plenum Pub. Corp.

Mesejo, C., Reig, C., Martínez-Fuentes, A. y Agustí, M. (2010). Parthenocarpic fruit production in loquat (*Eriobotrya japonica* Lind.) by using gibberellic acid. *Sci Hortic.*, 126, 37-41.

Mika, A. (1986). Physiological responses of fruit trees to pruning. *Hortic. Rev.* 8, 337-338.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (Consulta el 2 noviembre de 2021) <https://www.fao.org/faostat/es/#data>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (Consulta el 2 noviembre de 2021) <https://www.fao.org/3/ca9213es/ca9213es.pdf>

Rivas, F. Gravina, A. y Agustí, M. (2007). Girdling effects on fruit set and quantum yield efficiency of PSII in two Citrus cultivars. *Tree Physiol.* 27: 527-535.

Robbertse, P.J., Coetzer, L. A y Bessinger, F. (1991). The influence of solubor leaf spray on fruit production in avocado. *SAfr. Avocado Growers' Assoc. Yearbook* 14, 83-84.

Robbertse, P. J., Lock, J. J., Stoffberg, E. y Coetzer, L. A. (1990). Effect of boron on directionality of pollen tube growth in *Petunia* and *Agapanthus*. *SAfr. J. Bot.* 56, 487 - 492.

Salazar-García, S., Lord, E.M., Y Lovatt, C.J. (1998). Inflorescence and flower development of the 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill.) during "on" and "off" crops years. *J. Amer. Soc. Hortic. Sci.* 123, 537-544.

Sedgley, M. y Anells, C.M. (1981). Flowering and fruit set response to temperature in the avocado cultivar 'Hass'. *Sci. Hortic.* 14, 27-33.

Sedgley, M. (1977). The effect of temperature on floral behavior, pollen tube growth and fruit set in the avocado. *J. Hortic. Sci.* 52, 135-141.

Snijder, B. y Stassen, P.J.C. (1997). Initial results with regard to flower induction and fruit thinning of avocados. *SAfric. Avocado Grower's Assoc. Yearbook* 20, 42-45.

Thompson, A.H. y Batjer, L.P. (1950). The effect of boron in the germination medium on pollen germination and pollen tube growth of several deciduous tree fruits. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 55:227-229.

Tomer, E. (1977). The effect of girdling on flowering, fruit setting and abscission in avocado trees. PhD thesis, The Hebrew University of Jerusalem, Rehovot, Israel.

Whiley, A.W., Saranah, J.B., Cull, B.W. y Pegg, K.G. (1988). Manage avocado tree growth cycles for productivity gains. Queensland Agric. J. 114, 29-36.

Whiley A.W., Schaffer B. y Wolstenholme B.N. (2007). El Palto. Botánica, Producción y Usos. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 364 pp.

Whiley, A.W., Searle, C., Schaffer, B. y Wolstenholme, B.N. (1999). Cool orchard temperatures and growing trees in containers can inhibit leaf gas exchange of avocado and mango. J. Amer. Soc. Hortic. Sci., 124, 46-51.

Wolstenholme, B.N., Whiley, A.W. y Saranah, J.B. (1990) Manipulating vegetative: Reproductive growth in avocado (*Persea americana* Mill.) with paclobutrazol foliar sprays. Scientia Horticulturae, 41, 315-327.

Zilkah, S., Klein, I. y Feigenbaum, S. (1987). Translocation of foliar-applied urea 15N to reproductive and vegetative sinks of avocado and its effect on initial fruit set. J. Amer. Soc. Hortic. sci., 112 1081-1085.

Singh, R.R. (1974). Effect of foliar spray of N and P on flowering of mango (*Mangifera indica* L.) cultivar Langra. Haryana J. Hortic. Sci. 3,147-154.

Ziv, D., Zviran, T., Zezak, O., Samacxh, A. y Irihimovitch, V. (2014). Expression profiling of flowering locus t-like gene in alternate bearing 'Hass' avocado trees suggests a role for PaFT in avocado flower induction. Plos one 9.10 (2014): e110613