

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

**ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA AGRONÒMICA I DEL
MEDI NATURAL**



Técnicas para mejorar la brotación y floración del caqui afectadas por la fecha de recolección.

Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

Trabajo Fin de Grado

Autora: Rocío Giménez Haro

Tutor: Manuel Agustí Fonfría

Cotutor: Carmina Reig Valor

Valencia, Julio 2017



Técnicas para mejorar la brotación y floración del caqui afectadas por el retraso en la recolección.

Resumen

La producción de caqui en España alcanza actualmente las 292.690 t, de las cuales cerca de 260.000 t se producen en la Comunidad Valenciana, y la mayor parte de ella es de un sólo cultivar, el "Rojo brillante". Este fruto es climatérico, por tanto, si se recolecta una vez alcanzado el climaterio, su vida postcosecha es muy corta, y se ve afectado de alteraciones que deprecian su calidad y dificultan su comercialización.

Como consecuencia de ello, la recolección de este cultivar debe ser previamente programada y pasa, necesariamente, por la aplicación de sustancias capaces de anticipar su maduración y de otras capaces de retrasarla. De entre estas últimas, el agricultor y las cooperativas, utilizan ácido giberélico (AG) a concentraciones del orden de 50 mg l⁻¹, y lo aplican hasta tres veces con el fin de posponer su entrada en color y su recolección en más de 2 meses. Los logros obtenidos en este sentido son óptimos, pero la senescencia de las hojas se pospone también y, con ello, su caída y la entrada en latencia de las yemas. El resultado final es una brotación y floración deficientes, lo que conlleva una reducción de la cosecha y de su calidad.

En este trabajo se han estudiado estos efectos negativos y como subsanarlos. Para ello, se ha promovido el retraso en la recolección mediante aplicaciones a árboles con fruto de AG (50 mg l⁻¹) y se ha estudiado, en comparación con árboles sin tratar, la influencia del tratamiento y el retraso en la recolección sobre la diferenciación de las yemas, la brotación y la floración de la primavera siguiente y su evolución, al mismo tiempo que se han aplicado tratamientos en primavera para mejorarlas.

La **Hipótesis de Trabajo** es que *las giberelinas y sustancias nitrogenadas aplicadas al inicio de la brotación, estimulan a ésta y mejoran la calidad de las flores*. Para ello, se diseñó un experimento de bloques al azar con 3 filas y 30 árboles en cada una, con tres tratamientos diferentes para el estímulo de la brotación, que se efectuaron sobre árboles previamente tratados, o no, con 50 mg l⁻¹ de AG o Ca(NO₃)₂ al 2% para retrasar su recolección. Los tratamientos fueron: 1) árboles control sin tratar; 2) árboles tratados con AG 25 mg l⁻¹ y un compuesto rico en nitrógeno (N 28%); 3) árboles tratados con Promalin® 10 ppm y un compuesto rico en nitrógeno (N 28%). Se concluye que estas aplicaciones en primavera, promueven el desarrollo vegetativo y reproductivo, siendo el AG la sustancia más efectiva, y que los árboles

tratados, consiguieron un desarrollo vegetativo y un crecimiento de las flores/frutos similar a los árboles que no fueron tratados, solucionando el problema derivado de los tratamientos para retrasar la recolección.

Palabras clave: Caqui. Ácido giberélico. Brotación. Floración. Producción.

Technics to improve vegetative growth and flowering as affected by delayed harvesting.

Abstrac

Currently, the production of persimmon in Spain reaches 292.690 t, 260.000 t being produced in the Valencian Community, and mainly from only one cultivar, the "Rojo Brillante". Kaki fruit is a climacteric fruit and, therefore, if it is harvested once the climacteric is reached, its postharvest life is very short, and can be affected by some disorders that reduced quality and make the commercialization difficult.

As a consequence, the harvest of the persimmon must be pre-programmed and anticipate or delay harvest date is of prime importance. To delay harvest, the use of gibberellic acid (GA_3), applied at a concentration of 50 mg l^{-1} just before fruit colour break, allows for a delay of 2 months in harvest date, but treatment need to be repeated twice or three times. The gains obtained are optimal, but leaf senescence, and also leaf abscission, is delayed, and also the bud becoming dormant. As a consequence, bud sprouting is delayed, and vegetative and flower develop deficiently, reducing fruit crop and quality quality. In this work we studied these negative effects and how to correct them.

To delay harvest date three treatments of GA_3 (50 mg l^{-1}) were carried out, the first one at the time the fruit changed colour, and the other two every 20 days.

Our Hypothesis was that *gibberellic acid and nitrogen compounds applied at bud sprouting improve vegetative growth and flower quality*. A randomized block experiment with 3 rows of 30 trees each was designed, with three treatments carried out on trees previously treated with 50 mg l^{-1} of GA_3 or $Ca (NO_3)_2$ to 2% to delay hervesting, or not. Treatments wer as follow: 1) untreated control trees; 2) GA_3 25 mg l^{-1} plus a nitrogen compound (28% N); 3) Promalin® 10 mg l^{-1} plus a nitrogen compound (28% N). It is concluded that treatments promote the vegetative and reproductive development, being the GA_3 the most effective one, vegetative and flower develop similarly to untreated to delay-harvesting-trees.

Keywords: Persimmon. Gibberellic acid. Budbreak. Flowering. Production.

Alumna: Dña. Rocío Giménez Haro

Tutor Académico: Prof. D. Manuel Agustí Fonfria

Cotutor Académico: Prof. Dña. Carmina Reig Valor

Valencia, Julio 2017

AGRADECIMIENTOS

Gracias,

A Manolo y a Carmina por haberme brindado la oportunidad de formar parte del departamento, de haber aprendido muchísimo a nivel académico y también personal y dedicarme su tiempo. Gracias por enseñarme vuestra pasión por el trabajo y por marcar el final de esta etapa.

A Carlos y Amparo por su ayuda en el laboratorio y sus sabios consejos.

A mis compañeros de departamento por su ayuda en campo. A mis compañeros de la sala de becarios, con los que he compartido esta experiencia y gracias a ellos todo ha sido mucho más fácil y ameno.

A mis compañeros de piso por escucharme, ayudarme en todo momento y hacerme reír tanto.

A María, por tener la suerte de haberte conocido, por poder compartir cualquier cosa contigo, y por acompañarme también en esta aventura, de las innumerables que hemos vivido y las que nos quedan por vivir.

A Alejandro, gracias por estar conmigo desde que iniciamos esta etapa juntos y hacer que cada momento sea único.

A mi hermana mayor, por guiarme siempre, por ser mi apoyo incondicional estos cinco años, que no habrían sido lo mismo sin que estuviese aquí. A mi hermana pequeña, por mantener esa vitalidad y alegría en casa. Por último, quiero agradecer a mis padres su ayuda y comprensión a la hora de emprender este camino, gracias por la educación que me habéis dado, sois el pilar en el que me apoyo cada día, y lo mejor que tengo.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 El caqui. Origen	1
1.2 Clasificación botánica.....	1
1.2.1 Morfología y fisiología.....	2
1.2.2 Tronco	2
1.2.3 Hojas.....	3
1.2.4 Yemas y ramas.....	3
1.2.5 Flores	3
1.2.6 Frutos	4
1.2.7 Variedades.....	4
1.3 Situación actual del caqui.....	5
1.3.1 Tratamientos para retrasar la maduración del fruto. Limitaciones	6
1.4 Estímulo del desarrollo. Métodos de actuación	7
2. OBJETIVOS	9
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	10
3.1 Análisis de las hojas, yemas, brotes y flores	12
3.2 Análisis de los datos	13
3.3 Esquema de la metodología empleada.....	13
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
4.1 Efecto del AG y fecha de recolección sobre la senescencia de las hojas.....	14
4.1.1 Coloración de las hojas.....	14
4.1.2 Abscisión de las hojas.....	15
4.2 Efecto del AG y $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ sobre la brotación y floración.	18
4.3 Efecto del AG, Promalin® y N sobre la brotación y floración.	23
4.4 Efecto del AG aplicado al inicio de la brotación sobre el desarrollo vegetativo y reproductivo de árboles tratados en otoño para retrasar la recolección del fruto.....	25
5. CONCLUSIONES	32
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

ÍNDICE FIGURAS Y TABLAS

FIGURAS

Figura 1. Distribución del experimento en filas al azar de árboles de caqui “Rojo Brillante” con los tratamientos efectuados en otoño, y los efectuados posteriormente en primavera. En la parte inferior 10 árboles recolectados pronto (11 noviembre) y 10 árboles recolectados tarde en la parte superior (14 de diciembre). Cada punto representa a un árbol. 11

Figura 2. Muestra de fruto recién cuajado sobre la placa de enfriamiento del microtomo (Microm HM400R)..... 13

Figura 3: Distribución de los estados fenológicos del caqui “Rojo Brillante” y actuaciones en el campo. Para retrasar la maduración se efectuaron 3 tratamientos sobre los mismos árboles (30 de septiembre, 24 de octubre y 8 de noviembre de 2016). Se llevaron a cabo 2 fechas de recolección, pronto (11 de noviembre de 2016) y tarde (14 de diciembre de 2016). Para estimular la brotación se efectuaron 2 tratamientos (28 de marzo y 2 de mayo de 2017). 13

Figura 4. Evolución del color de las hojas del caqui “Rojo Brillante”, tratado con ácido giberélico (AG, 50 mg l⁻¹) para retrasar la maduración del fruto. Influencia de la época de recolección: pronto, 11 noviembre; tarde, 14 diciembre. La flecha indica la fecha de la segunda recolección. Los tratamientos fueron aplicados tres veces, el 30 de septiembre, el 24 de octubre y el 8 de noviembre. Cada valor es la media de, al menos, 25 hojas. Las barras verticales indican el error standard. Valores correspondientes al año 2016 y 2017. 15

Figura 5. Evolución de la abscisión de las hojas en árboles de caqui “Rojo Brillante”, tratados con ácido giberélico (AG, 50 mg l⁻¹) para retrasar la maduración de sus frutos. Cada valor es la media de los porcentajes de 10 árboles. La flecha indica el momento de la recolección tardía (14 diciembre). Las barras verticales indican el error standard. Valores correspondientes al año 2016 y 2017. 17

Figura 6. Estado de desarrollo de las yemas y la brotación de caqui “Rojo Brillante” por acción del ácido giberélico (50 mg l⁻¹) aplicado en otoño para retardar la maduración del fruto..... 18

Figura 7. Estado de desarrollo de árboles de caqui “Rojo Brillante” por acción del ácido giberélico (50 mg l⁻¹) aplicado en otoño para retardar la maduración del fruto (derecha) en comparación con los árboles control sin tratar (izquierda). 19

Figura 8. Yema de caqui “Rojo Brillante” de un árbol control (izquierda) y tratado con ácido giberélico (50 mg l^{-1}) (derecha) para retardar la maduración del fruto. Fotografía tomada el 7 de marzo de 2017. Los círculos en la yema del árbol control señalan meristemos florales ya diferenciados y diferenciándose en la yema del árbol tratado. 20

Figura 9. Flores de caqui “Rojo Brillante” de un árbol control (izquierda) y tratado con ácido giberélico (50 mg l^{-1}) (derecha) para retardar la maduración del fruto. Fotografía tomada el 28 de abril de 2017..... 20

Figura 10. Evolución de la longitud de los brotes de árboles de caqui “Rojo Brillante”, tratados con ácido giberélico (AG, 50 mg l^{-1}), $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (2%) y sin tratar. Cada valor es la media de 15 brotes. La flecha indica el momento de la antesis (28 de abril). Las barras verticales indican el error standard. En algunos casos el error standard es inferior al tamaño del símbolo. Letras distintas para una misma fecha indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Valores correspondientes al año 2017..... 21

Figura 11. Evolución del peso de las flores de árboles de caqui “Rojo Brillante”, tratados con ácido giberélico (AG, 50 mg l^{-1}), $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (2%) para retrasar la maduración del fruto y sin tratar. Cada valor es la media de, al menos, 3 flores por tratamiento. La flecha rosa indica el momento de la antesis (28 de abril). La flecha naranja indica el momento del cuajado (12 de mayo). Las barras verticales indican el error standard. En algunos casos el error standard es inferior al tamaño del símbolo. Letras distintas para una misma fecha indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Valores correspondientes al año 2017. 22

Figura 12. Evolución de la longitud de los brotes de árboles de caqui “Rojo Brillante”, tratados con ácido giberélico (AG, 25 mg l^{-1}), Promalin® (10ppm) y sin tratar. Cada valor es la media de 15 brotes. La flecha indica el momento de la antesis (28 abril). Las barras verticales indican el error standard. En algunos casos el error standard es inferior al tamaño del símbolo. Letras distintas para una misma fecha indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Valores correspondientes al año 2017..... 23

Figura 13. Evolución del peso de las flores de árboles de caqui “Rojo Brillante”, tratados con ácido giberélico (AG, 25 mg l^{-1}), Promalin® (10 ppm) y sin tratar. Cada valor es la media de, al menos, 3 flores por tratamiento. La flecha indica el momento de la antesis (28 de abril). La flecha naranja indica el momento del cuajado (12 de mayo). Las barras verticales indican el error standard. En algunos casos el error standard es inferior al tamaño del símbolo. Letras distintas para una misma fecha indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Valores correspondientes al año 2017..... 25

Figura 14. Evolución de la longitud de los brotes de árboles de caqui “Rojo Brillante”, tratados con ácido giberélico (AG, 50 mg l^{-1}) en otoño para retrasar la recolección y en primavera (AG, 25

mg l⁻¹) para promover el desarrollo (AG-AG) y sin tratar. Cada valor es la media de 15 brotes. La flecha indica el momento de la antesis (28 abril). Las barras verticales indican el error standard. En algunos casos el error standard es inferior al tamaño del símbolo. Letras distintas para una misma fecha indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Valores correspondientes al año 2017. 26

Figura 15. Longitud de los brotes de árboles de caqui “Rojo Brillante”, tratados con ácido giberélico (AG, 50 mg l⁻¹) en otoño para retrasar la recolección y en primavera (AG, 25 mg l⁻¹) para promover el desarrollo (AG-AG) y sin tratar. Valores correspondientes al 12 de junio, cuando los frutos estaban en fase de desarrollo. Cada valor es la media de 15 brotes. Las barras verticales indican el error standard. Letras distintas para una misma fecha indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Valores correspondientes al año 2017. 27

Figura 16. Peso medio de las hojas de árboles de caqui “Rojo Brillante”, tratados con ácido giberélico (AG, 50 mg l⁻¹) en otoño para retrasar la recolección y en primavera (AG, 25 mg l⁻¹) para promover el desarrollo (AG-AG) y sin tratar. Valores correspondientes al 12 de junio, cuando los frutos estaban en fase de desarrollo. Cada valor es la media de 15 brotes. Las barras verticales indican el error standard. Letras distintas para una misma fecha indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Valores correspondientes al año 2017. 28

Figura 17. Evolución del peso de las flores y frutos de árboles de caqui “Rojo Brillante”, tratados con ácido giberélico (AG, 50 mg l⁻¹) en otoño para retrasar la recolección y en primavera (AG, 25 mg l⁻¹) para promover el desarrollo (AG-AG) y sin tratar. Cada valor es la media de, al menos, 3 flores por tratamiento. La flecha rosa indica el momento de la antesis (28 abril). La flecha roja indica el segundo tratamiento con AG (2 de mayo). La flecha naranja indica el momento del cuajado (12 de mayo). Las barras verticales indican el error standard. En algunos casos el error standard es inferior al tamaño del símbolo. Letras distintas para una misma fecha indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Valores correspondientes al año 2017. 29

Figura 18. Número de frutos por ramo mixto de árboles de caqui “Rojo Brillante”, tratados con ácido giberélico (AG, 50 mg l⁻¹) en otoño para retrasar la recolección y en primavera (AG, 25 mg l⁻¹) para promover el desarrollo (AG-AG), AG sólo en primavera (C+AG, 25 mg l⁻¹) y sin tratar. Valores correspondientes al 12 de junio, cuando los frutos estaban en fase de desarrollo. Cada valor es la media de 30 medidas. Las barras verticales indican el error standard. Letras distintas para una misma fecha indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Valores correspondientes al año 2017. 30

Figura 19. Número de células por milímetro de árboles de caqui “Rojo Brillante”, tratados con ácido giberélico (AG, 50 mg l⁻¹) en otoño para retrasar la recolección y en primavera (AG, 25 mg l⁻¹) para promover el desarrollo (AG-AG) y sin tratar. Valores correspondientes al 12 de mayo, cuando los frutos estaban recién cuajados. Cada valor es la media de 30 medidas. Las barras

verticales indican el error standard. Letras distintas para una misma fecha indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Valores correspondientes al año 2017..... 31

TABLAS

Tabla 1. Características de las hojas y los brotes en el momento de la antesis (28 abril), de árboles de caqui “Rojo Brillante” tratados con ácido giberélico (AG, 50 mg l⁻¹), Ca(NO₃)₂ (2%) y sin tratar. Cada valor es la media de 15 determinaciones, salvo el peso de la hoja, que es la media de 30 hojas por tratamiento. Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Valores correspondientes al año 2017..... 22

Tabla 2. Características de las hojas y los brotes en el momento de la antesis (28 abril), de árboles de caqui “Rojo Brillante” tratados con ácido giberélico (AG, 25 mg l⁻¹), Promalin® (10ppm) y sin tratar. Cada valor es la media de 15 determinaciones, salvo el peso de la hoja, que es la media de 30 hojas por tratamiento. Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Valores correspondientes al año 2017..... 23

Tabla 3. Características de las hojas y los brotes en el momento de la antesis (28 abril), de árboles de caqui “Rojo Brillante” tratados con ácido giberélico (AG, 50 mg l⁻¹) en otoño para retrasar la recolección y en primavera (AG, 25 mg l⁻¹) para promover el desarrollo (AG-AG) y sin tratar. Cada valor es la media de 15 determinaciones, salvo el peso de la hoja, que es la media de 30 hojas por tratamiento. Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Valores correspondientes al año 2017..... 27

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1 El caqui. Origen

El caqui, *Diospyros kaki* L., es un frutal originario de China donde comenzó a cultivarse a finales del siglo VIII, al igual que en Japón y Corea. En 1828 se extendió a Estados Unidos, y en 1870 se introdujo en España, Francia e Italia (Ragazzini, 1985; Llácer y Badenes, 2002).

El caqui es una especie caducifolia que se adapta bien a zonas templadas, hasta los 40° de latitud Norte y Sur. A pesar de ser una especie subtropical, necesita frío en invierno, aunque no es muy exigente en horas frío, y cuando el árbol se encuentra en reposo vegetativo puede soportar bajas temperaturas, hasta -15°C sin que se produzcan daños por heladas. Sin embargo, temperaturas inferiores a 0°C tras la brotación, pueden producir daños en hojas y flores, pero bajo Clima Mediterráneo, la brotación de esta especie se pospone hasta principios de marzo, evitando en gran medida las heladas primaverales.

El caqui es muy sensible al viento, que dificulta su crecimiento y provoca daños en los frutos, y al sol, que le produce unas manchas oscuras y grandes, denominadas golpe de sol. Por el contrario, es una especie resistente a la sequía, siempre y cuando, la humedad del suelo sea adecuada para no comprometer la calidad de los frutos.

Aunque *Diospyros kaki* L. se adapta a todo tipo de suelos, prefiere suelos francos, profundos y ricos en materia orgánica. En suelos arenosos los árboles son menos vigorosos y pueden presentar síntomas de déficit hídrico, y en suelos de textura arcillosa, son sensibles a pudriciones radicales, por lo que debe haber un drenaje adecuado. Prefiere suelos ligeramente ácidos, con valores de pH entre 5.5 y 6.5.

Todos estos aspectos han sido estudiados por Ragazzini (1985) y Agustí (2010).

1.2 Clasificación botánica

El caqui se clasifica botánicamente según (TROPICOS, 2017):

Clase:	Equisetopsida
Subclase:	Magnoliidae
Superorden:	Asteranae

Orden:	Ericales
Familia:	Ebenaceae
Género:	<i>Diospyros</i> L.
Especie:	<i>Diospyros kaki</i> L.
Sinónimos:	<i>Diospyros lycopersicon</i> Carrière, <i>Diospyros kaempferi</i> Naudin, <i>Diospyros amara</i> Perrier.
Nombre común:	Caqui japonés, kaki, caqui, persimmon.

El género *Diospyros* spp. comprende, aproximadamente, 2000 especies que se desarrollan en climas tropicales y subtropicales. Ragazzini (1985), y más tarde Badenes *et al.* (2015), describieron las especies de caqui que se adaptan a climas templados:

- *D. kaki*: se caracteriza por tener un crecimiento lento y producir un sistema radicular muy fino; es sensible al exceso de humedad del suelo, al frío y a la sequía.
- *D. virginiana*: es resistente a la humedad del suelo, a la salinidad, al encharcamiento, al frío en invierno y tolera relativamente bien el “chancro de corona”. Se adapta bien a climas secos.
- *D. lotus*: es una especie resistente a las bajas temperaturas de invierno, a la sequía y a la alcalinidad, pero es sensible a la salinidad y a la bacteria *Agrobacterium tumefaciens*.

1.2.1 Morfología y fisiología

El caqui es un frutal vigoroso que alcanza entre 10 y 14 metros de altura. Es una especie caducifolia y longeva, pero de lento crecimiento, entrando en producción a partir del cuarto año de injerto (Ragazzini, 1985).

1.2.2 Tronco

El tronco de esta especie es de color avellana y su textura se presenta lisa en estado juvenil; cuando transcurren 2 ó 3 años cambia a un color grisáceo, y finalmente se suberifica intensamente formando una corteza muy rugosa. Sus ramas son frágiles y, por tanto, en ocasiones, cuando la cosecha es elevada, pueden rasgarse y separarse del árbol (Ragazzini, 1985). Su madera (*palo santo*) es muy apreciada en ebanistería.

1.2.3 Hojas

Las hojas son alternas, enteras, con peciolo corto, de forma elíptica u oval, grandes, gruesas, glabras en el haz, levemente pubescentes en el envés e insertas en la rama según una filotaxis 2/5. Con el tiempo, su color verde oscuro, brillante, va cambiando a tonalidades amarillas. En otoño abscinden (Ragazzini, 1985; Giordani *et al.*, 2015).

1.2.4 Yemas y ramas

De acuerdo con Ragazzini (1985) y Giordani *et al.* (2015), las yemas del caqui se encuentran en las axilas de las hojas; son solitarias, pueden ser de forma cónica, ovoide y redondeada. Su tamaño, forma, pubescencia y grado de divergencia en la rama, son factores que varían entre especies e individuos de una misma especie.

En el caqui existen dos tipos de yemas, de madera y mixtas, y ambas se forman en las axilas de las hojas. Las yemas de madera son puntiagudas y se encuentran, principalmente, en ramos vigorosos y plantas jóvenes. Estas yemas dan lugar a ramos vegetativos, carentes de fruto. Las yemas mixtas, de forma cónica, se pueden encontrar en brindillas y en ramos mixtos. Originan ramos fructíferos, inclinados o colgantes. Las yemas que quedan latentes forman ramos fructíferos al año siguiente.

La diferenciación de la flor de las yemas mixtas, coincide con el final del crecimiento del brote al final del verano, localizándose en posición axilar o terminal. En la yema mixta se pueden ver los sépalos y pétalos, las demás estructuras florales se diferencian una vez ha pasado el período de latencia.

Según la influencia de diversos factores, la diferenciación de una yema puede originar (Giordani *et al.*, 2015):

- Ramos de vigor elevado, cuyas yemas producirán sólo brotes.
- Ramos mixtos fructíferos, principalmente de forma oblicua, con yemas mixtas en la base.
- Brindilla, rama corta con abundantes yemas mixtas, muy frecuente en ramas adultas.

1.2.5 Flores

En esta especie, las flores pueden ser masculinas, femeninas (de mayor tamaño) y hermafroditas. Pueden encontrarse plantas femeninas y dioicas, pero en su mayoría son monoicas (Yasui, 1915).

Las flores se localizan en las axilas de las hojas de los brotes originarios de yemas mixtas, que han estado en reposo a lo largo del invierno. Poseen pétalos blanquecinos y adquieren forma pendular. El cáliz permanece en el fruto hasta que éste madura (Ragazzini, 1985).

La fase de plena floración tiene lugar a lo largo de la primavera de forma escalonada, con una duración entre 10 y 15 días (Giordani *et al.*, 2015).

La fecundación de esta especie es heterógama, pero principalmente entomófila. Se recomienda la implantación de polinizadores con variedades de *D. kaki* cada 20-30 árboles, aunque en la práctica se cultivan variedades partenocárpicas.

1.2.6 Frutos

El fruto es una baya globosa, de origen sexual o partenocárpico, que deriva de la transformación del ovario y de sus ocho carpelos. Es de color anaranjado que va virando a rojo intenso cuando está maduro (Giordani *et al.*, 2015; Ragazzini, 1985).

El caqui sufre una abscisión fisiológica de frutos que afecta al 30-40% de los que inician el crecimiento. Aunque la intensidad de este proceso sea elevada, el árbol es capaz de ajustar el número de frutos a sus posibilidades de producción; por tanto, la cosecha y características se encuentran reguladas por el árbol.

El fruto es rico en licopeno, un antioxidante potente, y en β -Criptoxantina, un reparador de ADN, por lo que es muy apreciado en alimentación. Contiene un alto contenido en taninos que le confieren un sabor astringente que, no obstante, va desapareciendo a la vez que madura, de modo que, hay que dejar que el fruto sobremadure para consumirlo.

Hoy en día, existen técnicas para degradar los taninos rápidamente, por lo que no es preciso esperar a la completa madurez de los frutos, y es posible consumirlos antes de que alcancen el climaterio y se reblandezcan sus tejidos.

1.2.7 Variedades

La clasificación de los cultivares de caqui es compleja y se basa en el origen del fruto, sexual o partenocárpico, y en la astringencia o no de su pulpa. Así pues, los cultivares constantes a la fecundación (CF), tienen el mismo color en la pulpa y pueden ser astringentes o no, independientemente de la presencia de semillas, los frutos que son comestibles tras la recolección o eliminando la astringencia, son astringentes (CFA), como el cv. Rojo Brillante, y los

frutos comestibles en la recolección, no son astringentes (CFNA). Los cultivares variables a la fecundación (VF) pueden ser astringentes si están fecundados y poseen una pulpa clara (VFA) o no astringentes si están fecundados y presentan una pulpa oscura (VFNA) (George *et al.*, 1997).

En España las variedades cultivadas más importantes son el cv. Triumph y el cv. Rojo brillante. El cv. Triumph, más conocido como “Sharon”, en su mayoría se cultiva en Israel, en España esta variedad se extiende por Andalucía, es muy productiva, de tipo (VFA), sus frutos son acostillados y carecen de semillas. La variedad “Rojo Brillante” se localiza en la Comunidad Valenciana, es muy productiva, los frutos son ligeramente alargados y no presentan semillas.

El origen del cv. Rojo Brillante es incierto. Seguramente se originó por mutación de una yema de un árbol del cv. Cristalino en la comarca de la Ribera Alta (Valencia). La gran importancia de este cultivar, es la posibilidad que se tiene de comercializarlo mucho antes de que alcance el climaterio, esto es, cuando su consistencia es dura, por sus buenas características organolépticas. Ello lo convierte en un fruto resistente, con un amplio periodo de comercialización, pero que hay que pelar para comerlo y, sobre todo, eliminarle la astringencia antes de su comercialización. Esto es debido a que es un cultivar clasificado como constante a la fecundación (CF) y no astringente en el momento de su maduración (CFNA), pero astringente antes de que la alcance.

Estas características han sido determinantes para el desarrollo del cultivo del caqui, y su consumo en España. Toye *et al.* (1987) desarrollaron una técnica para eliminar la astringencia que consiste en someter al fruto a una atmósfera del 90%-100% de CO₂ y 30°C durante 24 horas, y someter a los frutos a continuación, a una temperatura de 20°C durante 4-5 días. Los frutos así tratados conservan su firmeza, lo que permite comercializarlos sin grandes pérdidas y alcanzar mercados lejanos.

1.3 Situación actual del caqui

Según el MAPAMA, en España, en 2015, se produjeron 292.690 t de caqui, de las cuales 257.046 t lo fueron en la Comunidad Valenciana, mayoritariamente en la comarca de la Ribera del Xúquer. Allí se creó, en 1998, el Consejo de Regulador de la Denominación de Origen (CRDO) “Kaki Ribera del Xúquer” para impulsar su calidad, procedencia y comercialización bajo la marca comercial *Persimmon*®. La evolución de la producción, de acuerdo con los plantones vendidos hasta 2014, puede alcanzar las 700.000 t en 2020. Esto planteará, sin duda, un problema de

comercialización si no se incentiva el consumo en España (apenas se alcanzan los 0.5 kg por persona y año) y se abren nuevos mercados. Y, sobre todo, un problema derivado del corto periodo de recolección y comercialización que tiene este fruto que obliga a prolongarlo, adelantándolo (Juan *et al.*, 2002) y retrasándolo (Agustí *et al.*, 2004). Este problema ya se presenta en la actualidad, si bien, todavía, con escasa incidencia. No obstante, el problema agronómico derivado del escalonamiento de la recolección por razones comerciales comienza a mostrar sus consecuencias, y anticiparse a ello, ideando soluciones, es el objetivo de este estudio.

1.3.1 Tratamientos para retrasar la maduración del fruto. Limitaciones

Bajo Clima Mediterráneo, el caqui madura desde finales de septiembre hasta principios de noviembre, según el cultivar. Su madurez, para proceder a la recolección se basa, principalmente, en la coloración del fruto. Dado que se trata de un fruto climatérico, cuando alcanza el climaterio, el reblandecimiento de sus tejidos es muy rápido, depreciándose su calidad comercial (Juan *et al.*, 2002).

La aplicación de etefón (ácido 2-cloroetilfosfónico), a 20-25 mg l⁻¹, a principios de septiembre, cuando el fruto inicia el cambio de color, adelanta significativamente la maduración y el fruto puede anticipar su recolección entre 15 y 20 días (Juan *et al.*, 2002). El comportamiento postcosecha de estos frutos, está marcado por una rápida pérdida de consistencia, lo que obliga a acelerar su comercialización.

Por otra parte, en el caqui, al igual que en otras especies, el climaterio del fruto, la senescencia de sus tejidos y el cambio de color, pueden retrasarse mediante la aplicación de ácido giberélico (AG) (Ben-Arie *et al.*, 1996; Gambetta *et al.*, 2014). El efecto que causa el AG cuando se aplica veinticinco días antes del cambio de color, es creciente con la concentración, determinándose 30 mg l⁻¹ como la más adecuada. Con ello Agustí *et al.* (2004) consiguieron retrasar la maduración del fruto del cv. Sharon entre 10 y 15 días con respecto a los árboles control sin tratar.

Los compuestos nitrogenados, como, por ejemplo, el Ca(NO₃)₂ o la urea, también retrasan la coloración del fruto, consiguiéndose un retraso igual al logrado con la aplicación de AG (Agustí *et al.*, 2004; Choi *et al.*, 2008), y la combinación de ambas sustancias no mejora la respuesta (Agustí *et al.*, 2004). Pero estas aplicaciones también pueden retrasar la senescencia

de las hojas, manteniendo su actividad durante un período de tiempo más largo si no hay daños por heladas tempranas (Limuro *et al.*, 1974; Sánchez *et al.*, 1992; Toselli *et al.*, 2000).

De este modo, utilizando adecuadamente los tratamientos expuestos, unos para anticipar la cosecha y otros para retrasarla, y combinándolos con las variaciones propias de la maduración, según la zona de cultivo y el almacenamiento en cámaras frigoríficas, es posible ampliar la campaña de comercialización del caqui hasta tres meses.

Pero el problema se presenta cuando, por razones de sobreproducción, un retraso de 10-15 días en la recolección es insuficiente para regularla adecuadamente. Entonces, la repetición de los tratamientos, se presenta como una opción válida. La aplicación de AG, como se ha dicho, retrasa la entrada en color del fruto y cuando ésta se reinicia se vuelve a aplicar AG para obtener un retraso adicional, y así sucesivamente. Con ello, se consigue posponer la recolección hasta un mes y medio, pero al igual que ocurre con los tratamientos nitrogenados, se retrasa la senescencia de las hojas y la entrada en latencia de las yemas, siendo éste un aspecto clave que no había sido evaluado hasta hoy, esto es, cuáles son los efectos secundarios sobre la brotación y floración siguientes como consecuencia, por una parte, de la aplicación repetida de AG, y, por otra, del retraso en la recolección.

1.4 Estímulo del desarrollo. Métodos de actuación

Las aplicaciones hormonales controlan el desarrollo vegetativo, y su aplicación al inicio de la brotación se ha mostrado eficaz para estimularlo (Iglesias y Talón, 2008). El ácido giberélico se utiliza con este fin en los cítricos (Guardiola *et al.*, 1980). Del mismo modo, la aplicación de Promalin®, un fitorregulador mezcla de giberelinas (GA₄ y GA₇) y una citoquinina (6-benziladenina), induce el engrosamiento de las células de las hojas, y sustituye los requerimientos lumínicos en procesos fisiológicos como la síntesis de pigmentos o el desarrollo de los cloroplastos (Segura, 2008). La combinación de citoquininas con giberelinas se ha demostrado que participa también en el control del tamaño y forma del fruto en el manzano (Dabul y Ayub, 2005). Además, las aplicaciones de citoquininas en el desarrollo vegetativo incrementan las ramificaciones de las plantas, lo cual se ha observado en otras especies de interés, tanto frutícola (manzano) (Dabul y Ayub, 2005) como ornamental (rosas); en estas últimas la aplicación de Promalin® aumenta la longitud de los tallos (Shank, 1985).

La aplicación de estos fitorreguladores en combinación con compuestos ricos en nitrógeno, estimula el crecimiento secundario de las plantas. Asimismo, la aplicación foliar de nitrógeno durante el crecimiento vegetativo, puede aumentar las reservas para la brotación de la primavera siguiente, como se ha visto en algunas especies frutales como el manzano (Hill-Cottingham, *et al.*, 1967), el melocotonero (Lobit, *et al.*, 2001) y el peral (Tagliavini *et al.*, 1997), aumentar el número de yemas, adelantar la brotación y el desarrollo foliar, incrementando la superficie foliar y anticipando la actividad fotosintética.

Dado que, el uso de fitohormonas para el retraso del climaterio del fruto ha tenido repercusiones negativas sobre el desarrollo vegetativo y reproductivo de los árboles, y, una aplicación de estos compuestos al inicio de la brotación, la promueven, en este Trabajo Fin de Grado, se estudia la posibilidad de, aplicando los mismos fitorreguladores en épocas diferentes, pueda alcanzarse un desarrollo vegetativo y reproductivo adecuados, consiguiendo igualar dichos procesos fisiológicos a los árboles sin tratar y que no habían recibido, por tanto, ninguna sustancia.

OBJETIVOS

2. OBJETIVOS

De acuerdo con lo dicho anteriormente, los objetivos de este trabajo son:

- 1.- Influencia de la aplicación de ácido giberélico (AG), nitrato cálcico $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, y la fecha de recolección sobre la senescencia y abscisión de hojas.
- 2.- Estudio de los efectos adversos sobre el desarrollo vegetativo y reproductivo de los tratamientos efectuados para el retraso de la maduración del fruto.
- 3.- Estudio de la eficacia del AG y el Promalin® en combinación con compuestos ricos en nitrógeno, aplicados al inicio de la brotación, sobre el desarrollo vegetativo y reproductivo.

MATERIAL Y MÉTODOS

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Los experimentos se llevaron a cabo en una plantación comercial en plena producción de caqui (*Diospyros kaki* L.), cv. Rojo Brillante, con árboles injertados sobre *D. lotus*, situada en el término municipal de L'Alcudia (Valencia), con suelo franco-arcilloso y riego por goteo.

El experimento se realizó entre octubre de 2016 y junio de 2017. Se diseñó un experimento de bloques al azar distribuidos en 3 filas de 30 árboles cada una, con 3 tratamientos, control sin tratar, AG (50 mg l⁻¹) y Ca(NO₃)₂ (2%), ambos repetidos tres veces (octubre, noviembre y diciembre), y 3 repeticiones por tratamiento.

Sobre los tratamientos anteriores se efectuaron 3 tratamientos cruzados, con 3 repeticiones por fila, y repetidos en marzo (28 de marzo) y mayo (2 de mayo), para estimular la brotación:

1. Control.
2. (Promalin® 10 ppm + 28% N).
3. (AG 25 mg l⁻¹ + 28% N).

La mitad de los árboles se recolectaron de acuerdo con la maduración de los frutos de los árboles control, y la otra mitad de acuerdo con la maduración de los frutos de los árboles tratados tres veces con AG (50 mg l⁻¹) en octubre, noviembre y diciembre (aproximadamente un mes más tarde). Todo ello de acuerdo con el esquema de la Figura 1.

A todos los tratamientos, se les añadió un agente tensoactivo a una concentración de 40-50 mg l⁻¹ [éter de alquil poliglicol 20% m/v (200 g/l) (Elogium®)]. El AG aplicado fue Berelex® 40 SG; el Ca(NO₃)₂ manufacturado por Haifa Cal® GG; el Nitrógeno aplicado fue Liquifol® Denso (28% N m/v). Los tratamientos se llevaron a cabo con un tanque a presión (25 atm, aproximadamente) con capacidad de 100 litros.

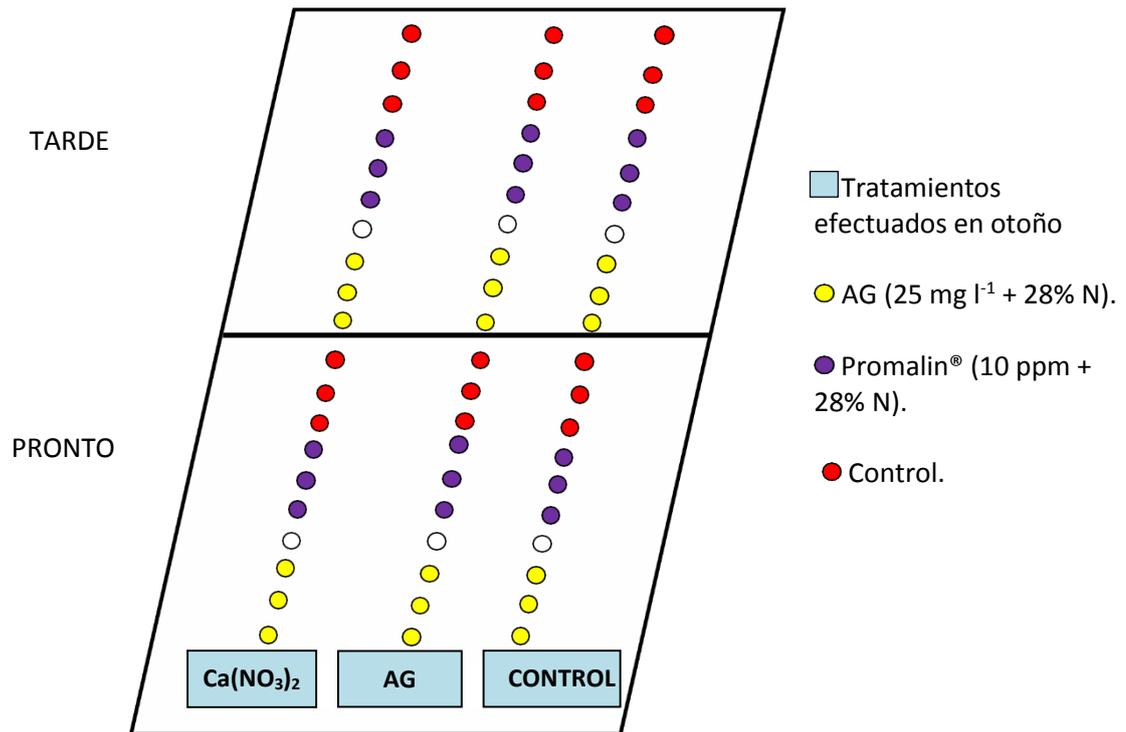


Figura 1. Distribución del experimento en filas al azar de árboles de caqui “Rojo Brillante” con los tratamientos efectuados en otoño, y los efectuados posteriormente en primavera. En la parte inferior 10 árboles recolectados pronto (11 noviembre) y 10 árboles recolectados tarde en la parte superior (14 de diciembre). Cada punto representa a un árbol.

Con el fin de facilitar la comprensión, se ha establecido una nomenclatura para los tratamientos de interés a lo largo de este trabajo. En primer lugar, se nombra el tratamiento efectuado en otoño para el retraso del climaterio del caqui, y en segundo lugar, se hace referencia al tratamiento efectuado en primavera para el estímulo en la brotación, de acuerdo con:

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 1. Control + AG (C+AG) | (AG). |
| 2. Control + Promalin® | (Promalin®). |
| 3. Control + Control | (Control). |
| 4. AG + AG | (AG-AG). |
| 5. AG + Control | (AG). |
| 6. Ca(NO ₃) ₂ + Control | (Ca(NO ₃) ₂). |

3.1 Análisis de las hojas, yemas, brotes y flores

Periódicamente, se determinó la coloración de 10 hojas por árbol (5 por cada lado) de 5 árboles por tratamiento, mediante un Chlorophyll Meter SPAD-502 (Minolta Corp., NJ, USA), expresando los resultados en unidades SPAD. En las mismas fechas se determinó la abscisión de las hojas, evaluando el porcentaje de las caídas de 5 árboles por tratamiento.

Las yemas de árboles control y árboles tratados con ácido giberélico en otoño, se observaron en microscopía electrónica de barrido (SEM) en dos épocas, el 17 de enero (plena latencia) y el 7 de marzo (próxima a la brotación).

A partir del primer tratamiento para estimular la brotación (28 de marzo), y, hasta el cuajado del fruto, se muestrearon, aleatoriamente, cada 7-12 días, de 1 a 6 flores y 10 hojas por árbol, de 3 árboles por tratamiento. De cada árbol, además, se midió la longitud de 5 brotes.

Las flores se pesaron en una balanza de precisión (KERN & Sohn GmbH, D-72336 Balingen, Germany). El peso de las hojas se determinó con un granatario y su superficie mediante el programa informático Digimizer.

Cuando el fruto estaba recién cuajado (12 de mayo), se determinó el número de filas de células del mesocarpo a partir de cortes histológicos realizados con un microtomo (Microm HM400R, Sliding Microtome) (Figura 2) y utilizando un microscopio Nikon EclipseE600 (Tokio, Japón), con un ocular provisto de un micrómetro.

Del fruto en desarrollo (12 de junio) se evaluó su peso y el diámetro con un pie de rey (Electronic Digital Caliper), y el número de frutos por ramo mixto.

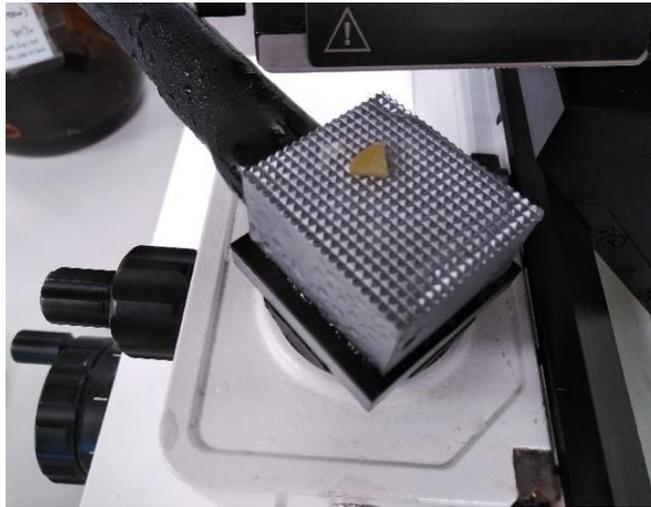


Figura 2. Muestra de fruto recién cuajado sobre la placa de enfriamiento del microtomo (Microm HM400R).

3.2 Análisis de los datos

A los resultados se les aplicó el análisis de la varianza utilizando el programa Statgraphics® Centurion XVI.I.

3.3 Esquema de la metodología empleada

Para facilitar el seguimiento del trabajo, se expone un esquema cronológico de los estados fenológicos del caqui y los procedimientos seguidos en el campo durante el experimento:

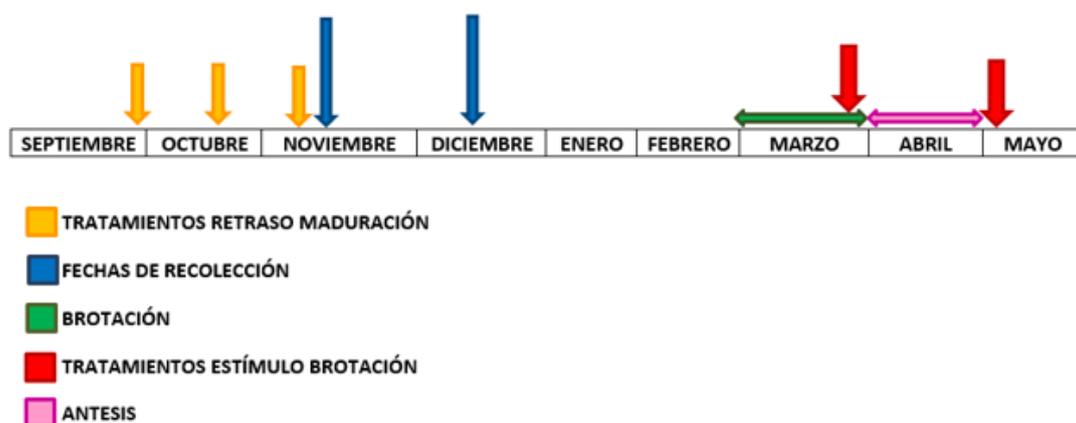


Figura 3: Distribución de los estados fenológicos del caqui “Rojo Brillante” y actuaciones en el campo. Para retrasar la maduración se efectuaron 3 tratamientos sobre los mismos árboles (30 de septiembre, 24 de octubre y 8 de noviembre de 2016). Se llevaron a cabo 2 fechas de recolección, pronto (11 de noviembre de 2016) y tarde (14 de diciembre de 2016). Para estimular la brotación se efectuaron 2 tratamientos (28 de marzo y 2 de mayo de 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Efecto del AG y fecha de recolección sobre la senescencia de las hojas

4.1.1 Coloración de las hojas

Los árboles que fueron tratados con ácido giberélico (AG) tres veces, mantuvieron un color verde más intenso en sus hojas y durante un periodo de tiempo mayor que los árboles control. Dos meses después de la aplicación del primer tratamiento, efectuado el 30 de septiembre, las hojas de los árboles control, cuya recolección se llevó a cabo pronto (11 de noviembre), presentaban una coloración, medida en valor SPAD, de 29.3 unidades, mientras que la de los árboles tratados con AG era de 44.1 unidades (Figura 4).

El valor SPAD de las hojas, es decir, su coloración, fue disminuyendo con el paso del tiempo, y un mes después del tercer tratamiento, efectuado el 8 de noviembre, las hojas de los árboles tratados con AG recolectados pronto, presentaban unos valores de 36.1 unidades SPAD, frente a las de los árboles control que era de 27.3 unidades SPAD (Figura 4).

Estos árboles recolectados pronto, mostraban una pérdida de coloración en sus hojas más rápida que los árboles aún no cosechados, independientemente del tratamiento. Así, mientras las hojas de los primeros tenían, el 1 de diciembre, un valor medio SPAD de 23.8, las de los segundos era de 29.3 (Figura 4). Este mismo día, los árboles a los que se les aplicó AG tres veces y habían sido recolectados pronto, presentaban un valor SPAD en sus hojas de 40.2, mientras que, las de los que aún no habían sido recolectados, tenían un valor de 44.1 (Figura 4). El tres de enero, los valores SPAD eran de 19.4 y 22.1, respectivamente (Figura 4). El incremento final que se observa, es consecuencia de la propia abscisión, ya que, las hojas que quedan son siempre las más verdes.

Un mes después de la recolección temprana de los frutos, las hojas de los árboles tratados con AG tenían un valor SPAD de 43 unidades, mientras que, el de las hojas de los árboles control era de 28.1. Después de la segunda recolección (14 de diciembre), los árboles tratados con AG tenían unos valores de coloración de las hojas de 35.7 unidades SPAD y 30.8 los que se recolectaron pronto (Figura 4).

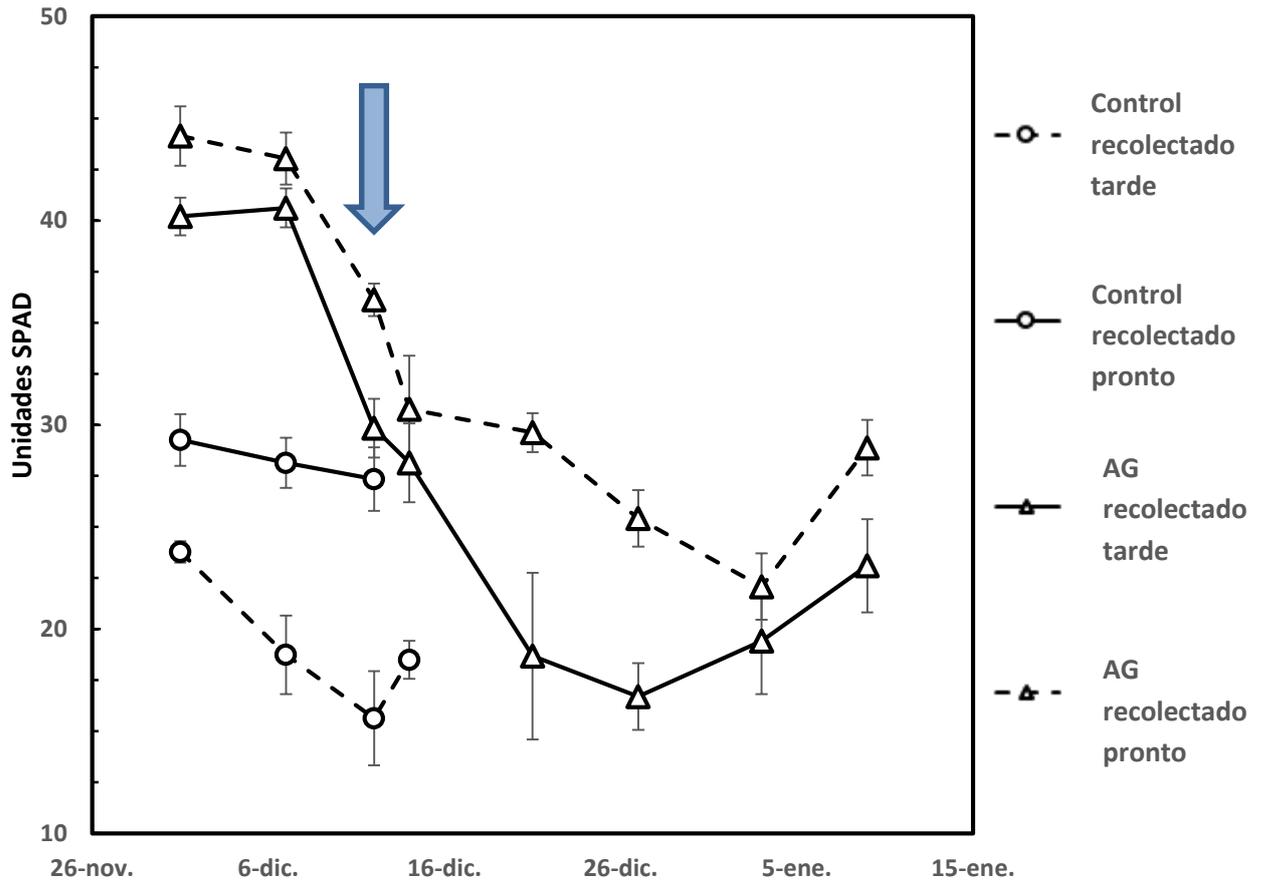


Figura 4. Evolución del color de las hojas del caqui “Rojo Brillante”, tratado con ácido giberélico (AG, 50 mg l⁻¹) para retrasar la maduración del fruto. Influencia de la época de recolección: pronto, 11 noviembre; tarde, 14 diciembre. La flecha indica la fecha de la segunda recolección. Los tratamientos fueron aplicados tres veces, el 30 de septiembre, el 24 de octubre y el 8 de noviembre. Cada valor es la media de, al menos, 25 hojas. Las barras verticales indican el error standard. Valores correspondientes al año 2016 y 2017.

4.1.2 Abscisión de las hojas

El efecto de las aplicaciones de ácido giberélico también retrasó la caída de éstas, que, a su vez, se vio afectada por el retraso de la recolección. Así, mientras los árboles control no vieron alterado el ritmo de abscisión de sus hojas por efecto de la época de recolección, los árboles tratados perdieron sus hojas más lentamente cuando ésta se retrasó, si bien, el final de la abscisión se dio el mismo día (Figura 5). Esta caída total de las hojas, se vio retrasada 25 días por acción del ácido giberélico, respecto de la de los árboles control sin tratar.

En el periodo entre el 1 y el 7 de diciembre, el porcentaje de abscisión de las hojas de los árboles control pasó del 28% a más del 85%, independientemente de la fecha de recolección. Una semana después, estos árboles habían perdido prácticamente el 100% de sus hojas (Figura 5). Sin embargo, en los árboles tratados con AG, la caída de hojas entre las dos primeras fechas

fue del 3% y el 6%, respectivamente, y el 14 de diciembre, cuando en los árboles control la abscisión de las hojas se había producido prácticamente en su totalidad, en los tratados no había alcanzado el 35% (Figura 5). La permanencia del fruto en el árbol también retrasó el proceso y así, el 27 de diciembre y el 3 de enero, cuando los árboles recolectados se habían desprendido del 56% y el 84% de sus hojas, respectivamente, los que mantenían sus frutos en el árbol habían perdido el 46% y el 63%, respectivamente (Figura 5).

Es de destacar que, en los árboles tratados con AG, las diferencias en el retraso de la senescencia de las hojas, medida por su valor SPAD (Figura 4), y en la abscisión (Figura 5), se produjeron a partir del día en que se llevó a cabo la recolección tardía, el 14 de diciembre, lo que pone en evidencia la importancia de la presencia del fruto en el árbol sobre la entrada en latencia de sus yemas. En este sentido, los tratamientos realizados después de recolectar pronto los frutos, también alcanzaron la evolución de la abscisión de las hojas. Así, un mes después de la primera recolección, los tratados con AG y sin recolectar, habían perdido sus hojas en un 14%, por el contrario, los árboles control sin recolectar, lo habían hecho en un 97% aproximadamente (Figura 5). Este efecto se mantuvo durante todo el experimento, dejando en evidencia que los árboles tratados con AG tres veces (50 mg l^{-1}) perdieron sus hojas aproximadamente 25 días después con respecto a los árboles control (Figura 5).

El efecto del ácido giberélico retrasando la coloración y la abscisión de las hojas ya había sido observado en otras especies leñosas (Brian *et al.*, 1959).

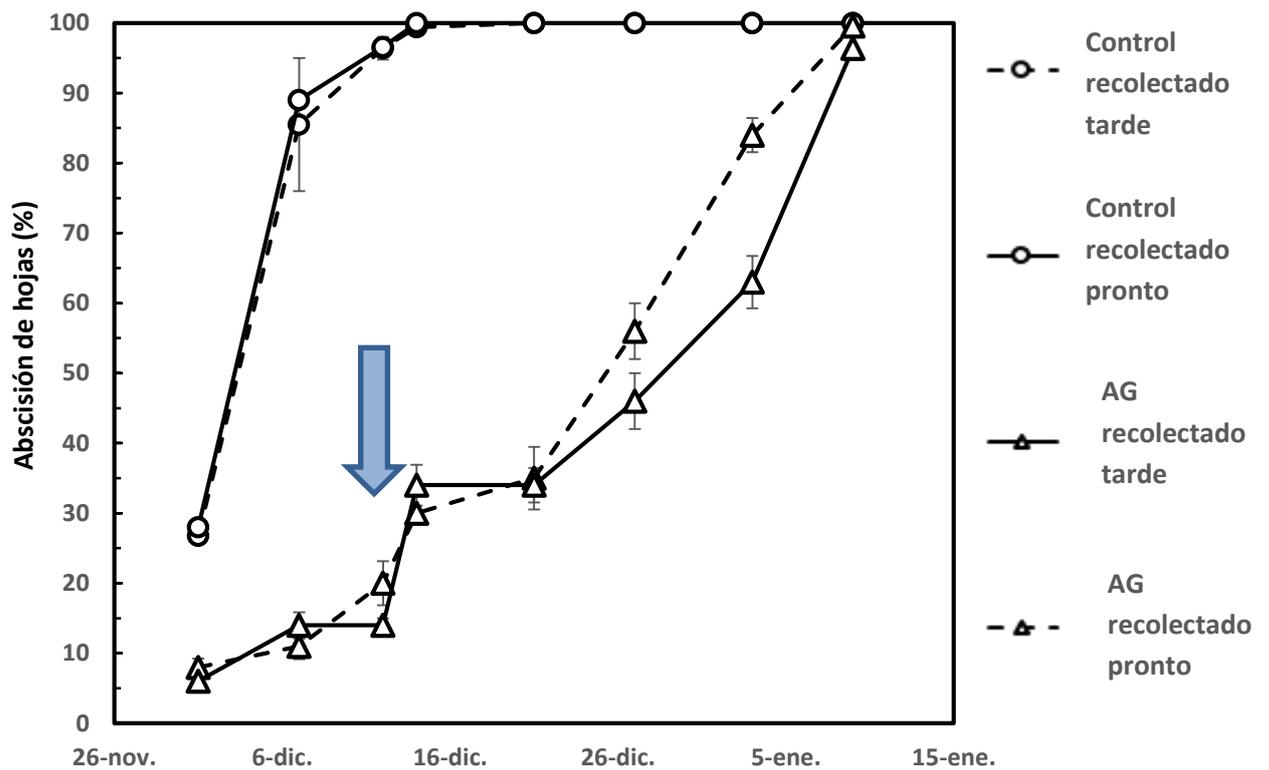


Figura 5. Evolución de la abscisión de las hojas en árboles de caqui “Rojo Brillante”, tratados con ácido giberélico (AG, 50 mg l⁻¹) para retrasar la maduración de sus frutos. Cada valor es la media de los porcentajes de 10 árboles. La flecha indica el momento de la recolección tardía (14 diciembre). Las barras verticales indican el error standard. Valores correspondientes al año 2016 y 2017.

Este efecto en el retraso de la abscisión de las hojas es de gran importancia. En efecto, nuestros resultados demuestran que los árboles tratados repetidas veces (tres) con 50 mg l⁻¹ de AG pierden las hojas, aproximadamente, 30 días más tarde que los árboles sin tratar y, por tanto, sus yemas entran en latencia más tarde. Ello puede ser debido a una acción directa del AG o al retraso en la recolección del fruto. Sea como fuere, la consecuencia es un retraso en la brotación, por una parte, y, por otra, un desarrollo vegetativo y reproductivo irregulares que comprometen la cosecha siguiente.

4.2 Efecto del AG y $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ sobre la brotación y floración

Como consecuencia del retraso en la entrada en latencia de las hojas, la aplicación de AG para retrasar la maduración del fruto, también retrasó el desarrollo de las yemas y su brotación. Así pues, el 10 de marzo los árboles control ya habían iniciado la brotación y los árboles tratados no, y 10 días más tarde (22 de marzo), la diferencia en el desarrollo entre ambos tratamientos ya era evidente (Figura 6).

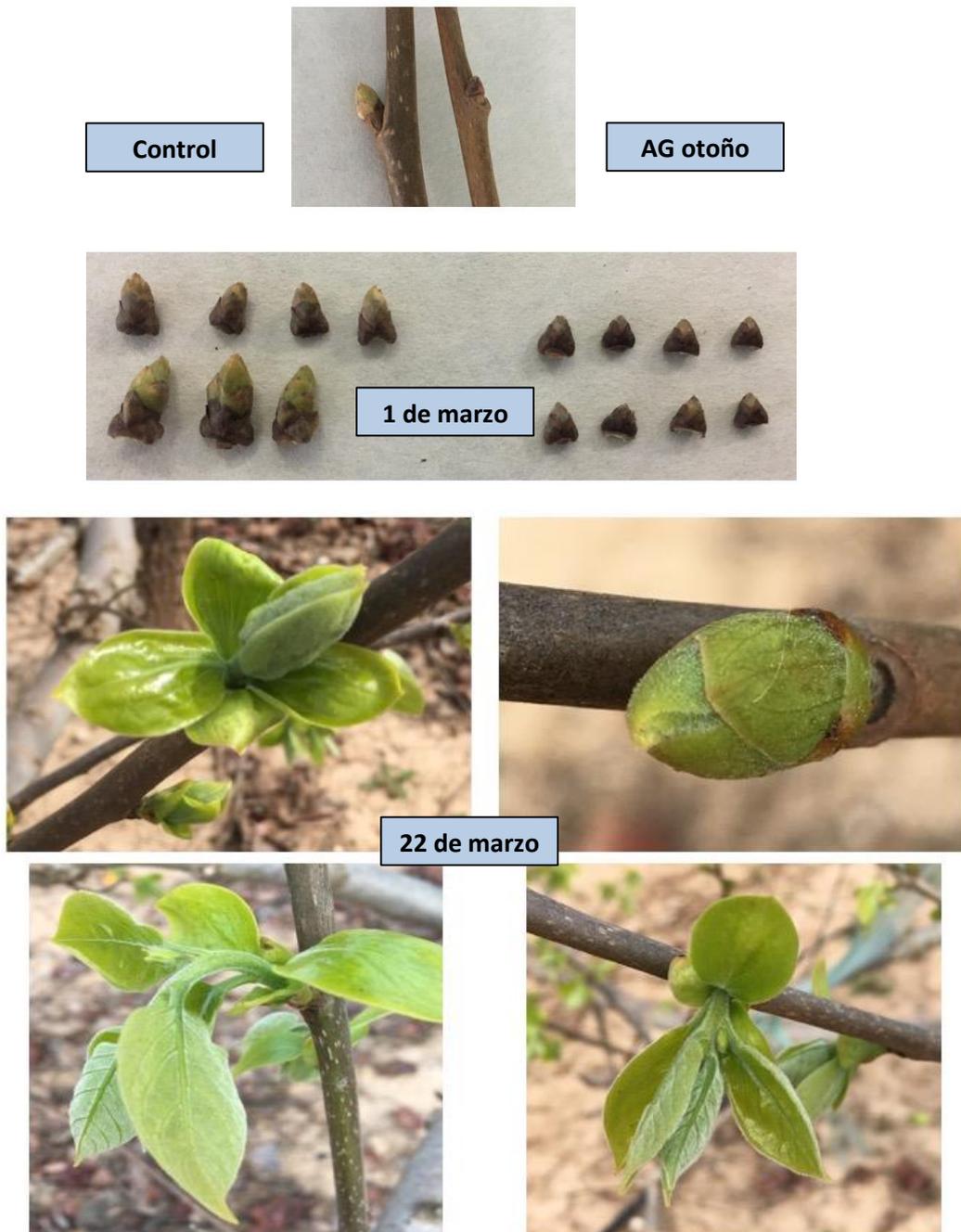


Figura 6. Estado de desarrollo de las yemas y la brotación de caqui "Rojo Brillante" por acción del ácido giberélico (50 mg l⁻¹) aplicado en otoño para retardar la maduración del fruto.

Un mes más tarde (20 de abril), el desarrollo foliar de los árboles control estaba también más avanzado que en los tratados.

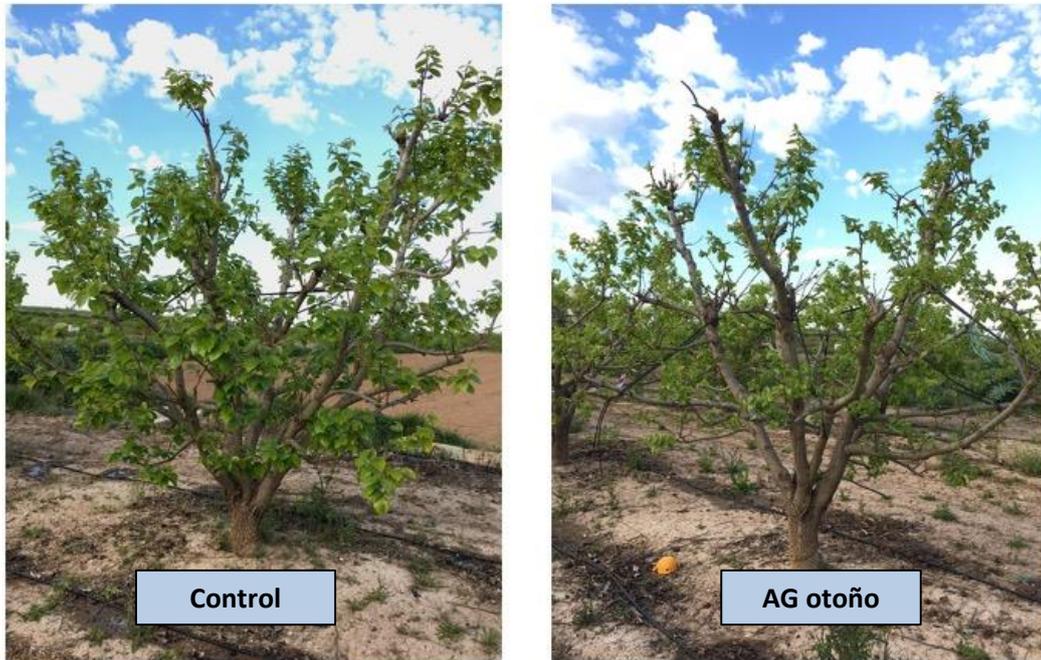


Figura 7. Estado de desarrollo de árboles de caqui “Rojo Brillante” por acción del ácido giberélico (50 mg l^{-1}) aplicado en otoño para retardar la maduración del fruto (derecha) en comparación con los árboles control sin tratar (izquierda).

Este retraso en el desarrollo vegetativo, es consecuencia de un retraso en la maduración de las yemas durante la latencia. A principios de marzo, cuando ya eran visibles los primordios florales en las yemas de los árboles control, las de los árboles tratados con AG, no mostraban ningún síntoma de diferenciación (Figura 8). Y, a finales de abril, era evidente entre ambos tratamientos una diferencia en el momento de la antesis. Mientras los árboles control abrieron sus flores el 20 de abril, los tratados lo hicieron 8 días más tarde (Figura 9).

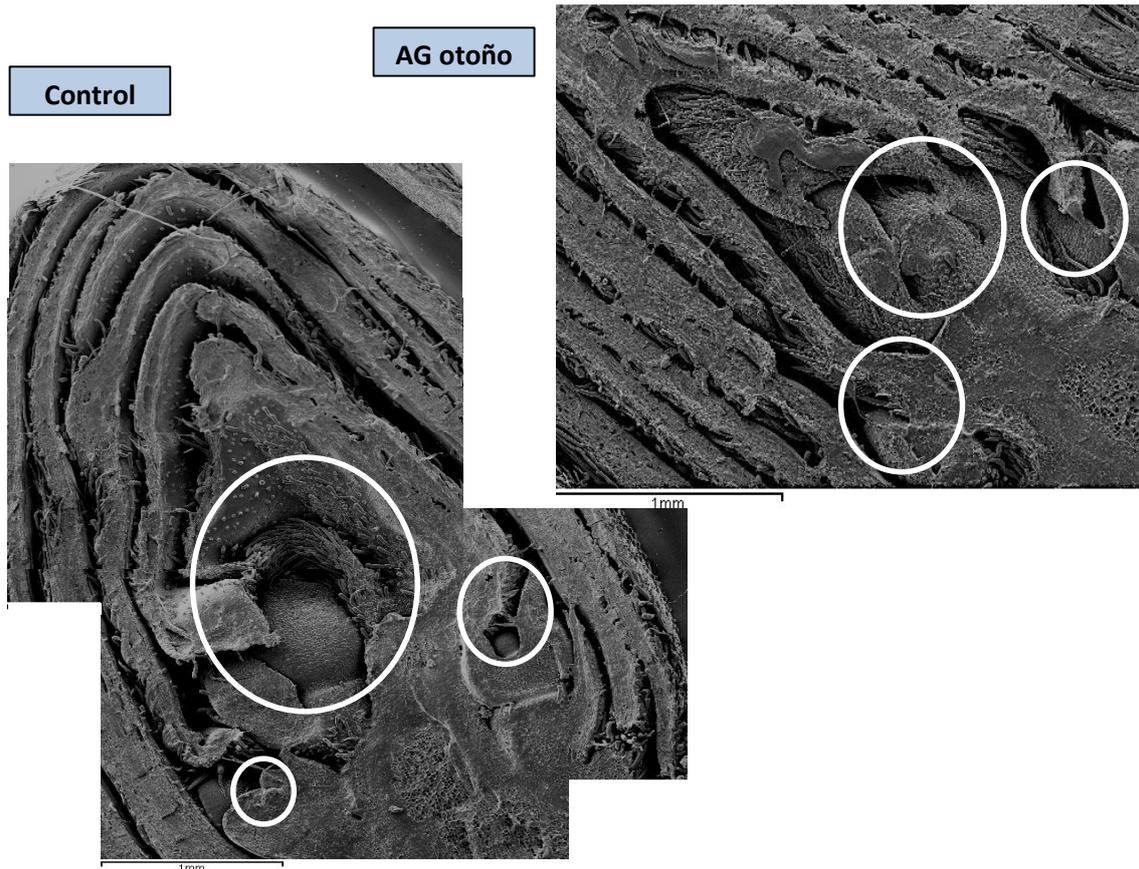


Figura 8. Yema de caqui “Rojo Brillante” de un árbol control (izquierda) y tratado con ácido giberélico (50 mg l^{-1}) (derecha) para retardar la maduración del fruto. Fotografía tomada el 7 de marzo de 2017. Los círculos en la yema del árbol control señalan meristemos florales ya diferenciados y diferenciándose en la yema del árbol tratado.

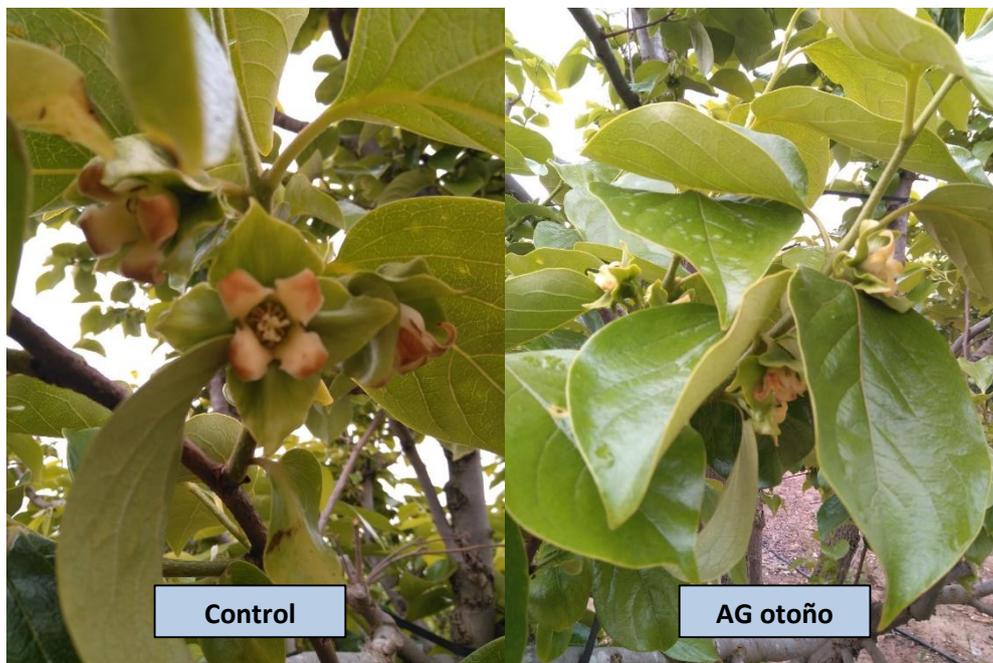


Figura 9. Flores de caqui “Rojo Brillante” de un árbol control (izquierda) y tratado con ácido giberélico (50 mg l^{-1}) (derecha) para retardar la maduración del fruto. Fotografía tomada el 28 de abril de 2017.

Los árboles tratados con nitrato cálcico, presentaron una situación intermedia entre los árboles control y los tratados con AG en el desarrollo de las yemas, en el momento de la brotación y la antesis.

Estas diferencias en la brotación, tienen su reflejo en el desarrollo de los brotes. En el momento de la antesis, la longitud de los brotes tratados con AG era de 23.6 cm y de 28.6 cm en los árboles sin tratar. Los brotes de los árboles tratados con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ presentaban también aquí, una posición intermedia, con una longitud de 24.35 cm (Figura 10).

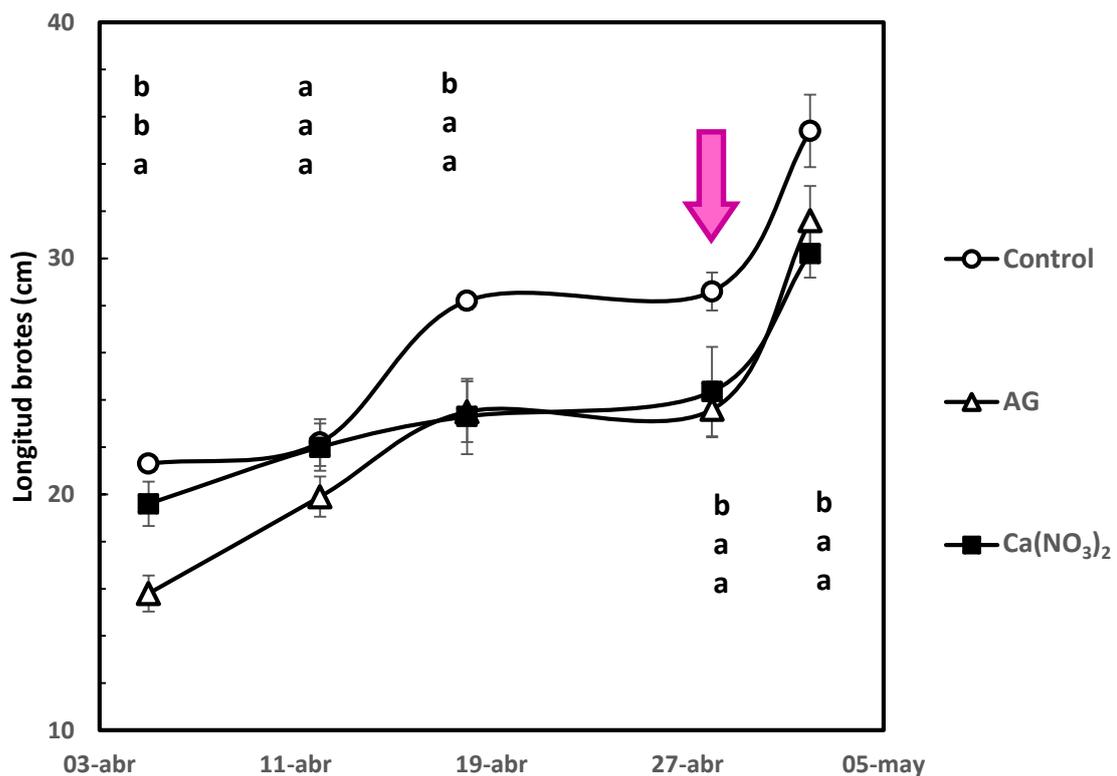


Figura 10. Evolución de la longitud de los brotes de árboles de caqui “Rojo Brillante”, tratados con ácido giberélico (AG, 50 mg l^{-1}), $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (2%) y sin tratar. Cada valor es la media de 15 brotes. La flecha indica el momento de la antesis (28 de abril). Las barras verticales indican el error standard. En algunos casos el error standard es inferior al tamaño del símbolo. Letras distintas para una misma fecha indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Valores correspondientes al año 2017.

Este mayor desarrollo de los brotes, llevaba consigo, lógicamente, un mayor desarrollo foliar. En el momento de la antesis, las hojas de los árboles control presentaban un peso mayor y una mayor superficie por brote, que los árboles tratados con AG y nitrato cálcico anteriormente nombradas (Tabla 1). Los tratamientos no alteraron el número de entrenudos.

Tabla 1. Características de las hojas y los brotes en el momento de la antesis (28 abril), de árboles de caqui “Rojo Brillante” tratados con ácido giberélico (AG, 50 mg l⁻¹), Ca(NO₃)₂ (2%) y sin tratar. Cada valor es la media de 15 determinaciones, salvo el peso de la hoja, que es la media de 30 hojas por tratamiento. Letras distintas indican diferencias significativas (*P* ≤ 0.05). Valores correspondientes al año 2017.

	Control	AG	Ca(NO ₃) ₂
Nº hojas/brote	8.8 ± 0.3 a	9.4 ± 0.5 a	9.6 ± 0.7 a
Nº entrenudos/brote	7.8 ± 0.3 a	8.4 ± 0.5 a	8.6 ± 0.7 a
Longitud entrenudos (cm)	2.8 ± 0.1 a	2.9 ± 0.2 a	2.9 ± 0.1 a
Peso/hoja (g)	2.7 ± 0.1 b	2.1 ± 0.1 a	1.9 ± 0.1 a
Superficie foliar/brote (cm²)	530.6 ± 17.2 b	454.0 ± 24.9 a	425.0 ± 29.3 a

En el momento de la antesis, los árboles tratados con AG y Ca(NO₃)₂ presentaron un menor peso de la flor, 1.71 g y 1.80 g, respectivamente, que los árboles control sin tratar, 2.04 g. Quince días más tarde (12 de mayo), cuando los ovarios reiniciaron el crecimiento, los frutos recién cuajados de los árboles tratados con AG y Ca(NO₃)₂ presentaron un menor peso del fruto, 2.52 g y 2.32 g, respectivamente, que los árboles sin tratar, 2.72 g (Figura 11).

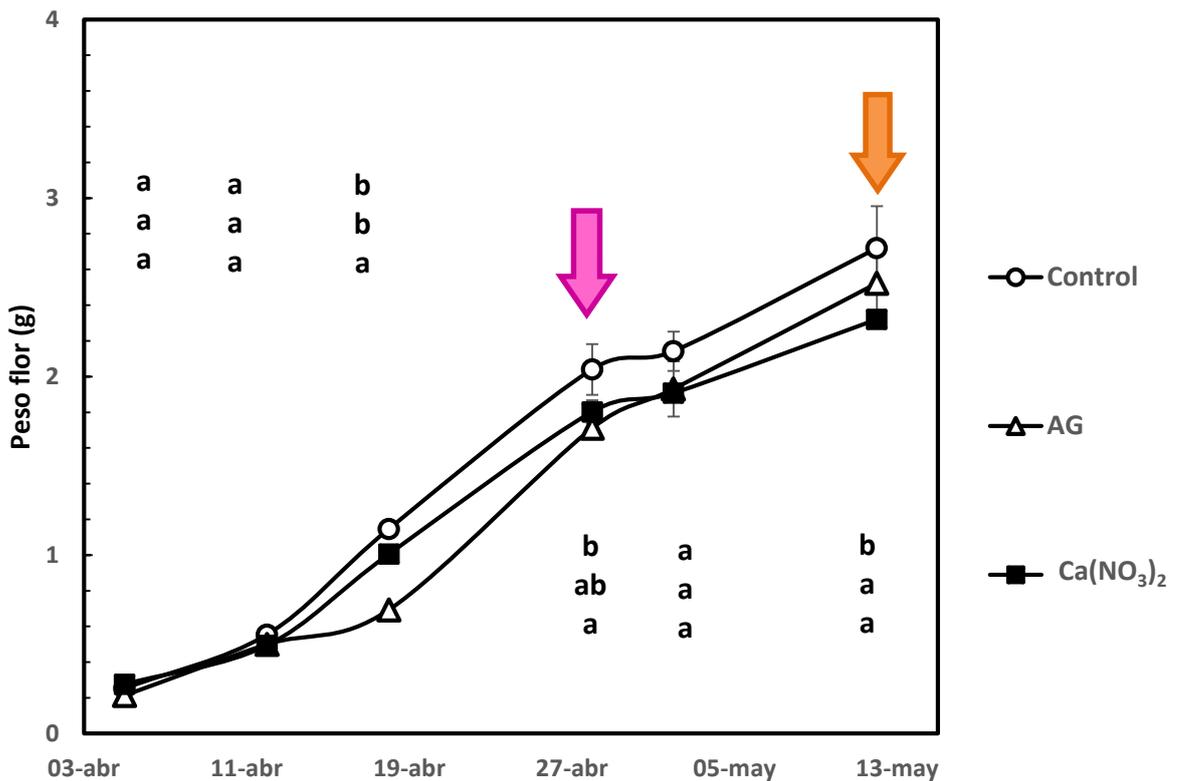


Figura 11. Evolución del peso de las flores de árboles de caqui “Rojo Brillante”, tratados con ácido giberélico (AG, 50 mg l⁻¹), Ca(NO₃)₂ (2%) para retrasar la maduración del fruto y sin tratar. Cada valor es la media de, al menos, 3 flores por tratamiento. La flecha rosa indica el momento de la antesis (28 de abril). La flecha naranja indica el momento del cuajado (12 de mayo). Las barras verticales indican el error standard. En algunos casos el error standard es inferior al tamaño del símbolo. Letras distintas para una misma fecha indican diferencias significativas (*P* ≤ 0.05). Valores correspondientes al año 2017.

4.3 Efecto del AG, Promalin® y N sobre la brotación y floración

La aplicación, al inicio de la brotación, de AG y Promalin® en combinación con el 28% de N, promovió el desarrollo vegetativo. En el momento de la antesis, los brotes de los árboles tratados, tenían una longitud de 33.2 cm, mientras que, la de los árboles control era de 24.3 cm, (Figura 12). El número de entrenudos, sin embargo, no fue alterado por los tratamientos, pero sí la longitud de éstos, que fue significativamente mayor para los árboles tratados con AG. El Promalin® dio lugar a entrenudos de longitud intermedia (Tabla 2).

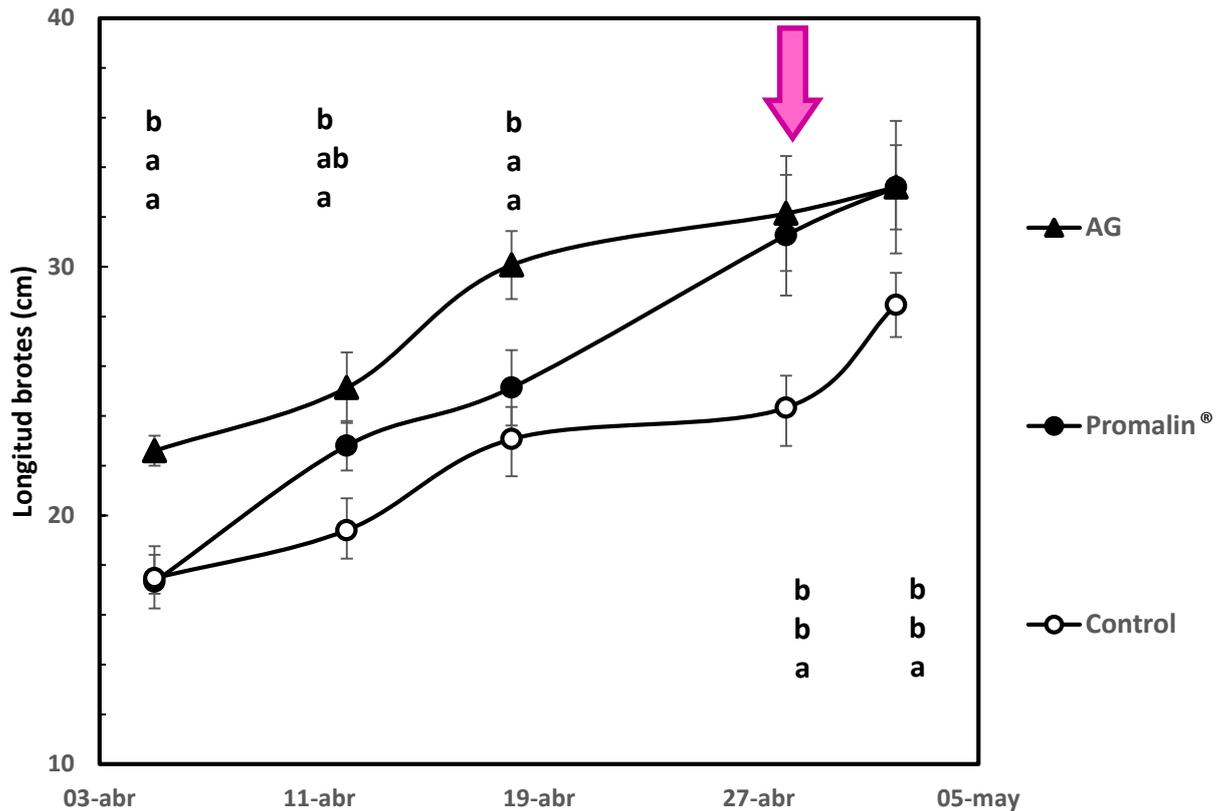


Figura 12. Evolución de la longitud de los brotes de árboles de caqui “Rojo Brillante”, tratados con ácido giberélico (AG, 25 mg l⁻¹), Promalin® (10ppm) y sin tratar. Cada valor es la media de 15 brotes. La flecha indica el momento de la antesis (28 abril). Las barras verticales indican el error standard. En algunos casos el error standard es inferior al tamaño del símbolo. Letras distintas para una misma fecha indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Valores correspondientes al año 2017.

La aplicación de AG y Promalin, junto con N, no modificó el número de hojas por brote, pero sí su peso y superficie, que fueron significativamente mayores que los de las hojas de los árboles control (Tabla 2).

Tabla 2. Características de las hojas y los brotes en el momento de la antesis (28 abril), de árboles de caqui “Rojo Brillante” tratados con ácido giberélico (AG, 25 mg l⁻¹), Promalin® (10ppm) y sin tratar. Cada valor es la media de 15 determinaciones, salvo el peso de la hoja, que es la media de 30 hojas por tratamiento. Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Valores correspondientes al año 2017.

	Control	Promalin®	AG
Nº hojas/brote	8.8 ± 0.3 a	10.2 ± 0.5 a	9.6 ± 0.6 a
Nº entrenudos/brote	7.8 ± 0.3 a	9.2 ± 0.5 a	8.6 ± 0.6 a
Longitud entrenudos (cm)	2.8 ± 0.1 a	3.4 ± 0.2 ab	3.8 ± 0.2 b
Peso/hoja (g)	2.7 ± 0.1 a	3.3 ± 0.1 b	3.1 ± 0.5 b
Superficie foliar/brote (cm²)	530.6 ± 17.2 a	737.5 ± 35.4 b	658.6 ± 38.3 b

El peso de la flor también fue alterado por los tratamientos, y así, 20 días después de la aplicación con AG, los árboles tratados tenían sus flores con un peso significativamente mayor que las de los árboles control o tratados con Promalin® (Figura 13), y en el momento de la antesis, no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos. Pero, 15 días más tarde, los frutos recién cuajados de los árboles tratados con AG, poseían un peso significativamente más elevado (4.4 g) que los de los árboles control (2.7 g). Los frutos de los árboles tratados con Promalin®, presentaban un peso intermedio (3.9 g) sin que difirieran significativamente de los árboles tratados con AG (Figura 13).

El crecimiento de las flores también fue afectado por la aplicación de ácido giberélico. Veinte días después del tratamiento (18 de abril), el peso de las flores de los árboles tratados era significativamente mayor que el de los árboles control (Figura 13), pero en el momento de la antesis, las diferencias desaparecieron, y, a mediados de mayo, el peso del fruto de los árboles tratados era un 38% superior al de los árboles control.

La aplicación de Promalin® no consiguió aumentar el peso medio de las flores respecto de los controles hasta bien superada la antesis, pero el 12 de mayo, su peso medio era un 28% superior a éstos, y no difería de los valores alcanzados por los tratados con AG (Figura 13).

Esta acción del ácido giberélico y las citoquininas sobre el desarrollo vegetativo ya fue puesta de manifiesto en los agrios, en los que la aplicación, cuando las yemas presentaban los primeros primordios foliares, consiguió aumentar significativamente el peso de las hojas y su distribución (Guardiola *et al.*, 1980). Estos tratamientos también consiguieron aumentar el peso de las flores, como ocurre en nuestro caso, y su distribución.

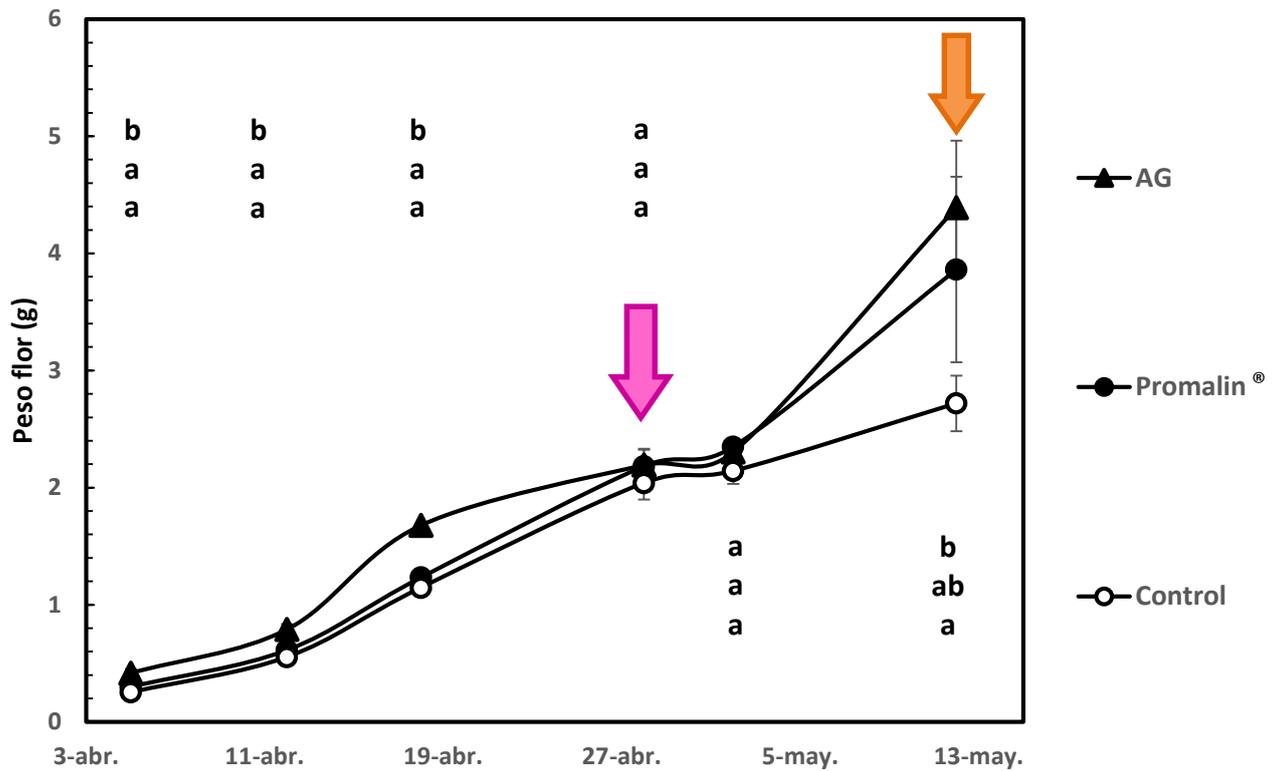


Figura 13. Evolución del peso de las flores de árboles de caqui “Rojo Brillante”, tratados con ácido giberélico (AG, 25mg l⁻¹), Promalin® (10 ppm) y sin tratar. Cada valor es la media de, al menos, 3 flores por tratamiento. La flecha indica el momento de la antesis (28 de abril). La flecha naranja indica el momento del cuajado (12 de mayo). Las barras verticales indican el error standard. En algunos casos el error standard es inferior al tamaño del símbolo. Letras distintas para una misma fecha indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Valores correspondientes al año 2017.

Debe destacarse que el 2 de mayo se repitió el tratamiento con AG y Promalin® junto con el 28% de N, por lo que, los resultados de la última evaluación tanto de los brotes como de las hojas y de las flores, fueron afectados por éste, su importancia se discute más adelante.

4.4 Efecto del AG aplicado al inicio de la brotación sobre el desarrollo vegetativo y reproductivo de árboles tratados en otoño para retrasar la recolección del fruto

A la vista de estos resultados, la aplicación de AG (25 mg l⁻¹), al inicio de la brotación, se muestra eficaz para promover el desarrollo vegetativo y reproductivo en el caqui. La posibilidad de mejorarlos en aquellos árboles tratados en otoño con AG para retrasar la recolección (ver Figuras 10, 11 y Tabla 1), se puede considerar como una técnica eficaz.

El tratamiento con 25 mg l⁻¹ de AG al inicio de la brotación consiguió aumentar la longitud de los brotes en el momento de la antesis. Asimismo, los brotes de los árboles control y tratados en otoño con AG medían 24.3 cm y 23.6 cm, respectivamente, los de los árboles tratados con AG en otoño y al inicio de la brotación medían 27.9 cm, y esta diferencia se mantuvo en el tiempo (Figura 14).

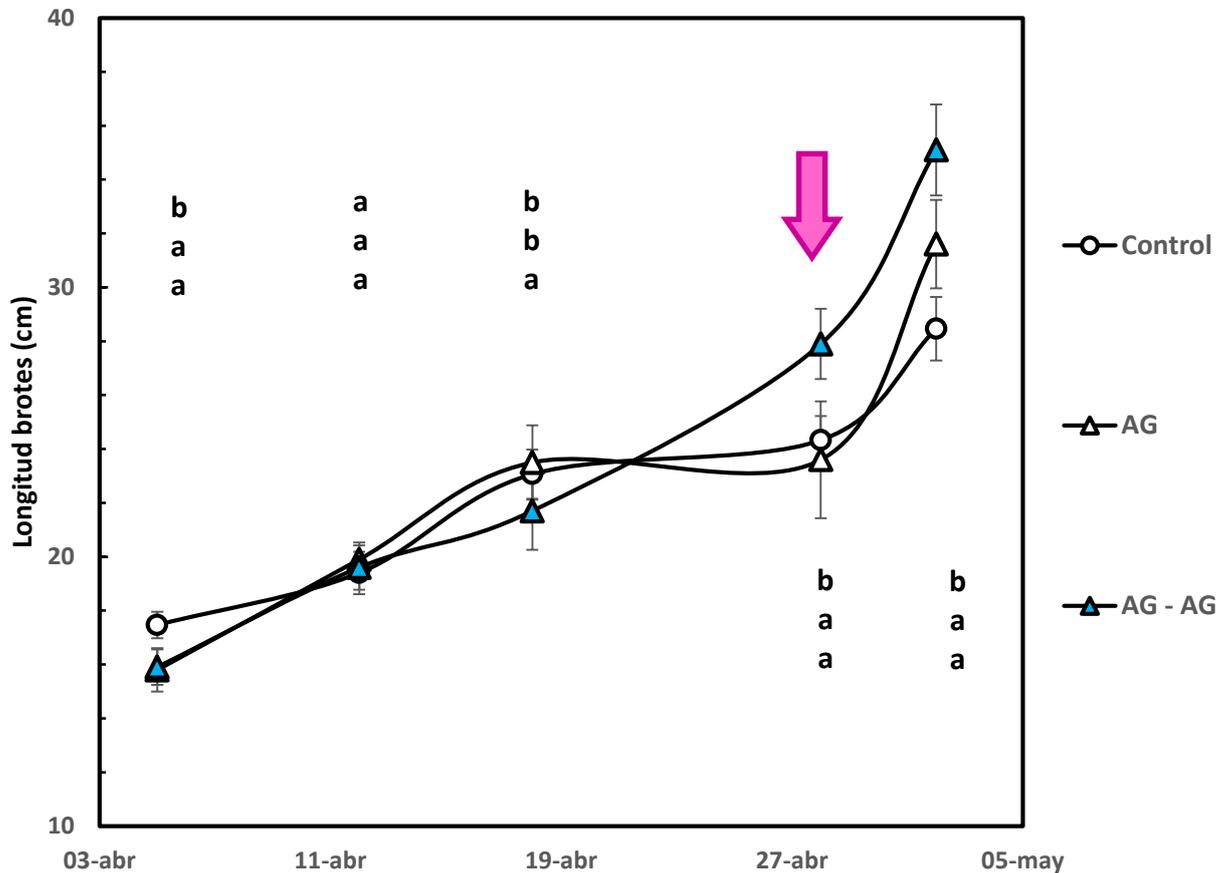


Figura 14. Evolución de la longitud de los brotes de árboles de caqui “Rojo Brillante”, tratados con ácido giberélico (AG, 50 mg l⁻¹) en otoño para retrasar la recolección y en primavera (AG, 25 mg l⁻¹) para promover el desarrollo (AG-AG) y sin tratar. Cada valor es la media de 15 brotes. La flecha indica el momento de la antesis (28 abril). Las barras verticales indican el error standard. En algunos casos el error standard es inferior al tamaño del símbolo. Letras distintas para una misma fecha indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Valores correspondientes al año 2017.

Los tratamientos al inicio de la brotación, tratados a su vez para retrasar la recolección, no consiguieron modificar la longitud de los entrenudos, el número de éstos y el número de hojas por brote, cuando se compararon con los árboles control y tratados sólo para retrasar la recolección (Tabla 3). Sin embargo, el peso de las hojas y la superficie foliar de los árboles tratados al inicio de la brotación, y que también lo habían sido para retrasar la recolección, fueron significativamente mayores que los de los árboles tratados sólo para retrasar la recolección (Tabla 3).

Tabla 3. Características de las hojas y los brotes en el momento de la antesis (28 abril), de árboles de caqui “Rojo Brillante” tratados con ácido giberélico (AG, 50 mg l⁻¹) en otoño para retrasar la recolección y en primavera (AG, 25 mg l⁻¹) para promover el desarrollo (AG-AG) y sin tratar. Cada valor es la media de 15 determinaciones, salvo el peso de la hoja, que es la media de 30 hojas por tratamiento. Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Valores correspondientes al año 2017.

	Control	AG - AG	AG
Nº hojas/brote	8.8 ± 0.3 a	9,9 ± 0,6 a	9.4 ± 0.5 a
Nº entrenudos/brote	7.8 ± 0.3 a	8,9 ± 0,6 a	8.4 ± 0.5 a
Longitud entrenudos (cm)	2.8 ± 0.1 a	3,2 ± 0,2 a	2.9 ± 0.2 a
Peso/hoja (g)	2.7 ± 0.1 b	2,3 ± 0,2 ab	2.1 ± 0.1 a
Superficie foliar/brote (cm²)	530.6 ± 17.2 b	517.8 ± 31.6 b	454.0 ± 24.9 a

Un mes y medio (12 junio), después de la antesis, cuando el fruto estaba en desarrollo, los brotes de los árboles tratados con AG en primavera, hubieran sido tratados o no para retardar la recolección, eran significativamente más largos que los brotes de los árboles control y los de los árboles tratados con AG para retrasar la recolección (Figura 15).

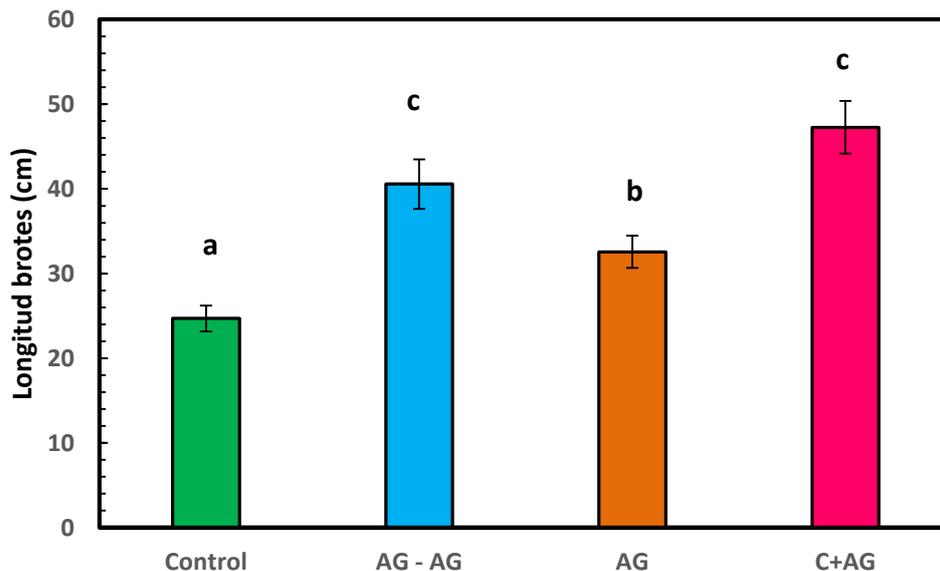


Figura 15. Longitud de los brotes de árboles de caqui “Rojo Brillante”, tratados con ácido giberélico (AG, 50 mg l⁻¹) en otoño para retrasar la recolección y en primavera (AG, 25 mg l⁻¹) para promover el desarrollo (AG-AG) y sin tratar. Valores correspondientes al 12 de junio, cuando los frutos estaban en fase de desarrollo. Cada valor es la media de 15 brotes. Las barras verticales indican el error standard. Letras distintas para una misma fecha indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Valores correspondientes al año 2017.

El peso de las hojas de los árboles tratados al inicio de la brotación, alcanzaron al de las hojas de los árboles control, siendo significativamente mayor que el peso de las hojas de los árboles tratados para retrasar la recolección (Figura 16).

Estos resultados, de nuevo, son coincidentes con los observados por Guardiola *et al.* (1980) en naranjo dulce que aumentaron el peso de las hojas y su distribución poblacional como consecuencia de la aplicación de 10 mg l^{-1} de AG.

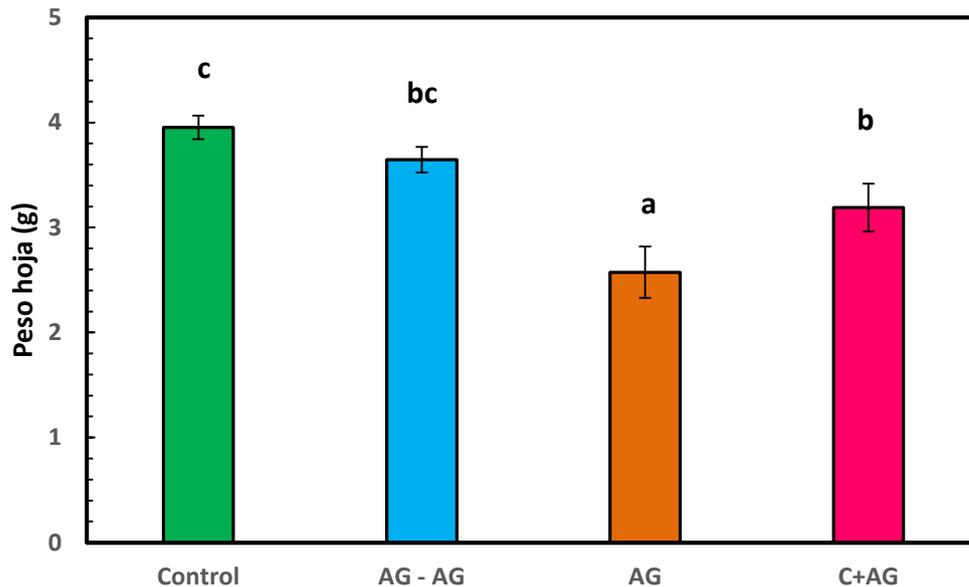


Figura 16. Peso medio de las hojas de árboles de caqui “Rojo Brillante”, tratados con ácido giberélico (AG, 50 mg l^{-1}) en otoño para retrasar la recolección y en primavera (AG, 25 mg l^{-1}) para promover el desarrollo (AG-AG) y sin tratar. Valores correspondientes al 12 de junio, cuando los frutos estaban en fase de desarrollo. Cada valor es la media de 15 brotes. Las barras verticales indican el error standard. Letras distintas para una misma fecha indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Valores correspondientes al año 2017.

Del mismo modo, la aplicación de AG al inicio de la brotación, consiguió elevar el peso medio de las flores, que en el momento de la antesis, no difirió significativamente del de las flores de los árboles control, pero sí del peso de las flores de los árboles tratados para retrasar la recolección (Figura 17).

Dos semanas tras la antesis, el peso de las flores de los árboles tratados con AG en primavera, era ya significativamente mayor que el de las flores de los árboles control y tratados sólo para retrasar la recolección, pero con el tiempo, estas diferencias se invirtieron y, a mediados de junio, las flores de los árboles control, presentaban el peso más elevado y significativamente distinto de las flores de los árboles tratados para retrasar la recolección, hubieran sido o no tratados con AG al inicio de la brotación (Figura 17).

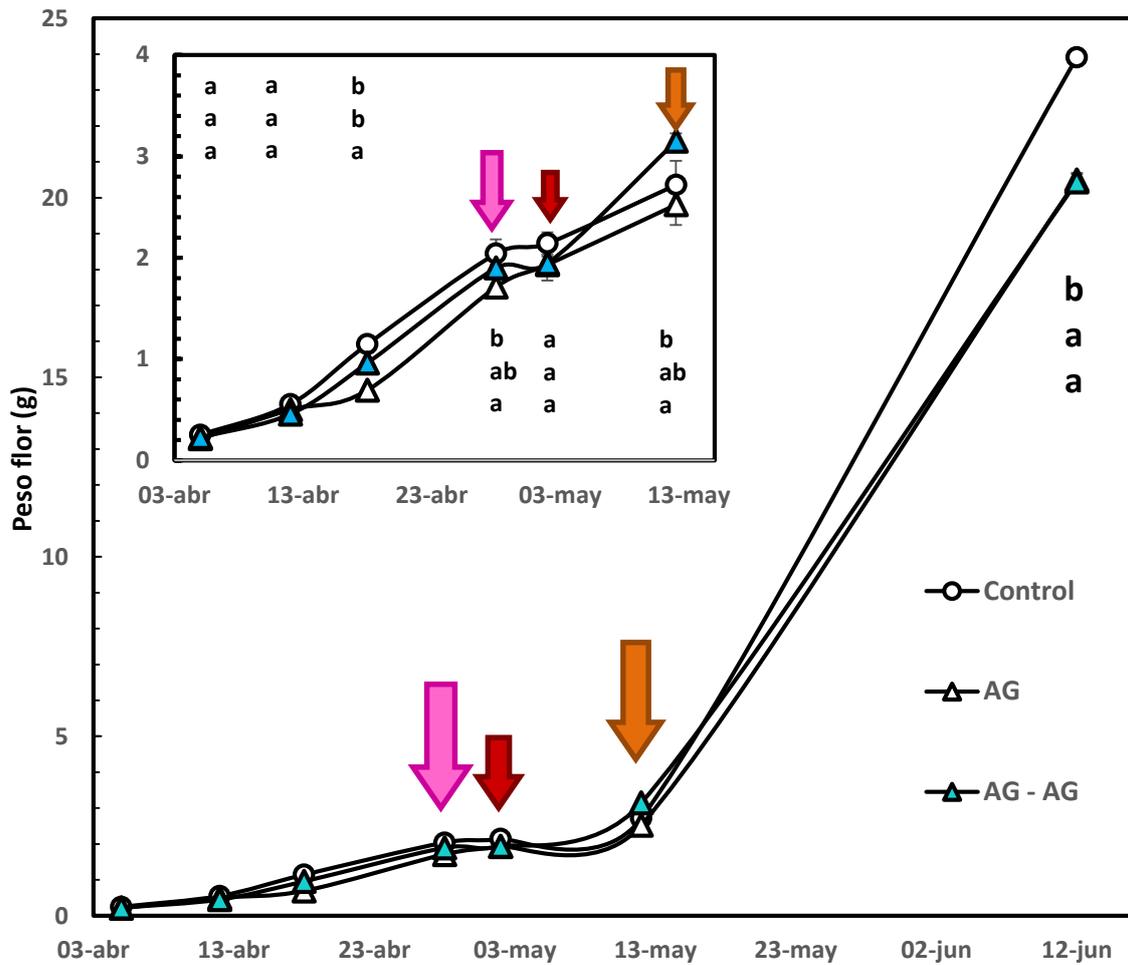


Figura 17. Evolución del peso de las flores y frutos de árboles de caqui “Rojo Brillante”, tratados con ácido giberélico (AG, 50 mg l⁻¹) en otoño para retrasar la recolección y en primavera (AG, 25 mg l⁻¹) para promover el desarrollo (AG-AG) y sin tratar. Cada valor es la media de, al menos, 3 flores por tratamiento. La flecha rosa indica el momento de la antesis (28 abril). La flecha roja indica el segundo tratamiento con AG (2 de mayo). La flecha naranja indica el momento del cuajado (12 de mayo). Las barras verticales indican el error standard. En algunos casos el error standard es inferior al tamaño del símbolo. Letras distintas para una misma fecha indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Valores correspondientes al año 2017.

Esta evolución en el peso de las flores, es consecuencia del segundo tratamiento realizado con AG (25 mg l⁻¹) tras la antesis y caída de pétalos (2 de mayo). Este tratamiento incrementó el número de frutos por ramo mixto, que pasó de un valor medio de 2.27 a 2.98 en los árboles control ($P \leq 0.05$), y de 1.96 a 3 en los árboles tratados en otoño para retrasar la recolección ($P \leq 0.05$) (Figura 18). La relación inversa encontrada entre el número de frutos por rama y su peso medio, explica las diferencias señaladas en el tamaño del fruto en desarrollo a mediados de junio, y ha sido demostrada en diferentes especies, como en rosáceas (Stembridge y Gambrell, 1974; Chalmers y van den Ende 1975; Agustí *et al.*, 2000; Gariglio *et al.*, 2003) y cítricos (Noma, 1981; Gallasch, 1988) .

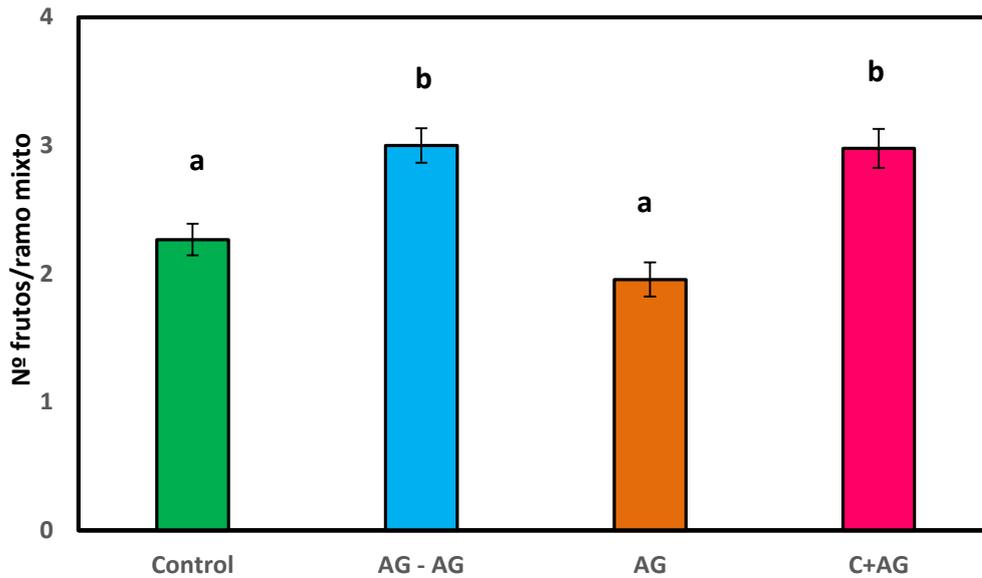


Figura 18. Número de frutos por ramo mixto de árboles de caqui “Rojo Brillante”, tratados con ácido giberélico (AG, 50 mg l⁻¹) en otoño para retrasar la recolección y en primavera (AG, 25 mg l⁻¹) para promover el desarrollo (AG-AG), AG sólo en primavera (C+AG, 25 mg l⁻¹) y sin tratar. Valores correspondientes al 12 de junio, cuando los frutos estaban en fase de desarrollo. Cada valor es la media de 30 medidas. Las barras verticales indican el error standard. Letras distintas para una misma fecha indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Valores correspondientes al año 2017.

El menor peso de los frutos tratados en otoño con AG, es consecuencia de un menor número de filas de células. En efecto, 15 días después de la antesis, la sección transversal de los frutos recién cuajados presentaba 23.4 ± 0.8 filas de células en sentido radial, mientras que los árboles control tenían 28.4 ± 0.9 , difiriendo entre sí estadísticamente ($P \leq 0.05$) (Figura 19). Ello pone de manifiesto, el retraso en el desarrollo de la flor de los árboles tratados en otoño con AG para retrasar la recolección y, por tanto, el menor peso del fruto en antesis, respecto de los controles, particularmente a mediados de junio, cuando el fruto ya había iniciado su crecimiento lineal.

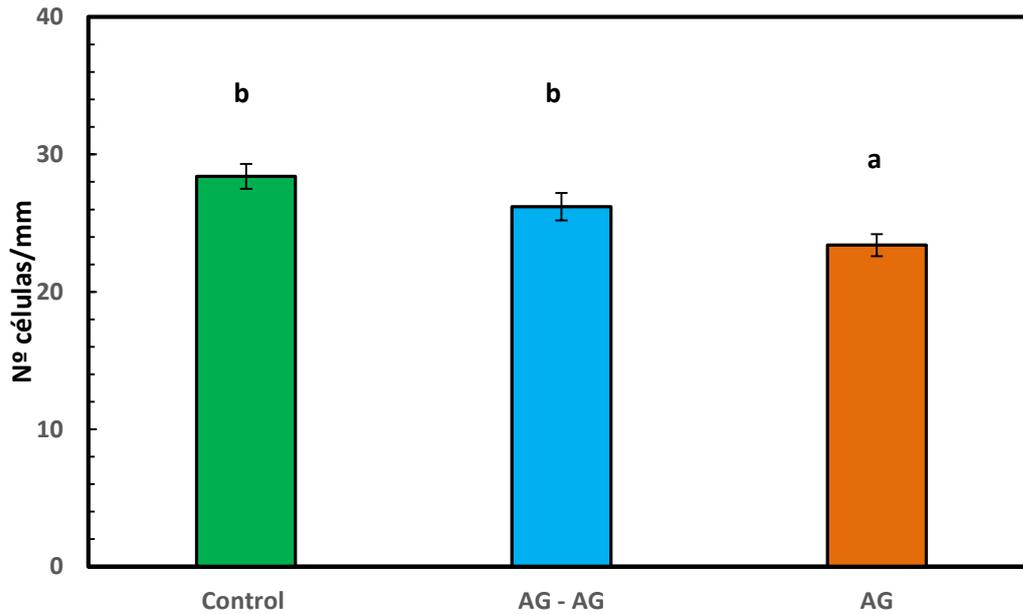


Figura 19. Número de células por milímetro de árboles de caqui “Rojo Brillante”, tratados con ácido giberélico (AG, 50 mg l⁻¹) en otoño para retrasar la recolección y en primavera (AG, 25 mg l⁻¹) para promover el desarrollo (AG-AG) y sin tratar. Valores correspondientes al 12 de mayo, cuando los frutos estaban recién cuajados. Cada valor es la media de 30 medidas. Las barras verticales indican el error standard. Letras distintas para una misma fecha indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Valores correspondientes al año 2017.

La aplicación de AG al inicio de la brotación consiguió aumentar el número de filas de células en los frutos de estos árboles (26.2 ± 1.0), que no difirió estadísticamente de los frutos de los árboles control ($P \leq 0.05$) (Figura 19), y explica por qué en el momento de la antesis, ambos frutos no diferían estadísticamente en su peso (Figura 17) y por qué el peso de sus frutos era igual al de los frutos de los árboles que sólo fueron tratados para retrasar la recolección, aún a pesar de tener un 52% de frutos por ramo mixto (Figura 18).

La aplicación de AG (25 mg l⁻¹) al inicio de la brotación, mejoró marcadamente el desarrollo vegetativo y reproductivo, dando lugar a brotes y hojas de mayor tamaño y a flores de mayor peso. El tratamiento tras la caída de pétalos, aumentó el número de frutos en desarrollo por ramo mixto. Este último efecto implica a las giberelinas en el cuajado de esta especie, como ya demostró Bosch (2014) estudiando el papel de los sépalos en el desarrollo de las flores.

CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES

- 1.- Las aplicaciones con AG (50 mg l^{-1}) en otoño y el retraso en la recolección, retrasaron la senescencia y abscisión de hojas en 32 días.
- 2.- Los tratamientos efectuados para el retraso de la maduración del fruto con AG (50 mg l^{-1}) y $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (2%) retrasaron la entrada en latencia de las yemas, retrasando, a su vez, la brotación y provocando un desarrollo vegetativo y reproductivo deficientes.
- 3.- Los tratamientos con AG (25 mg l^{-1}) y Promalin® (10 ppm), ambos con un compuesto rico en nitrógeno (28% N), en el momento de la brotación, mejoraron la brotación y floración de los árboles, siendo el AG mucho más efectivo.
- 4.- Los árboles que fueron tratados con 50 mg l^{-1} de AG en otoño y también en primavera con 25 mg l^{-1} , consiguieron un desarrollo vegetativo y reproductivo adecuados, ligeramente mejor que los árboles a los que no se les aplicó ningún tratamiento, y presentaron, además, un mayor número de frutos por ramo mixto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agustí, M. (2010). *Fruticultura*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.

Agusti, M., Juan, M., Almela, V., Gariglio, N. (2000). Loquat fruit size is increased through the thinning effect of naphthaleneacetic acid. *Plant Growth Regul.*, 31 (3):167-171.

Agustí, M., Juan, M., Martínez-Fuentes, A., Mesejo, C., Almela, V. (2004). Calcium nitrate delays climacteric of persimmon fruit. *Ann. Appl. Biol.*, 144: 65-69.

Badenes, ML., Naval, MM., Martínez-Calvo, J., Giordani, E. (2015). Material vegetal y mejora genética. En: *El cultivo del caqui*. Badenes ML., Intrigliolo DS., Salvador A., Vicent, A. (Eds.) Valencia: Generalitat Valenciana. pp. 55-77.

Ben-Arie, R., Saks, Y., Sonogo, L., Frank, A. (1996). Cell wall metabolism in gibberellintreated persimmon fruits. *Plant Growth Regul.*, 19: 25-33.

Bosch, J. (2014). Influencia de los sépalos en el control hormonal y nutricional del cuajado y desarrollo del fruto del caqui cv. Rojo Brillante. Trabajo Fin de Grado, ETSIAMN-UPV, Valencia.

Brian, P. W., Petty, J. H. P., Richmond, P. T. (1959). Effects of gibberellic acid on development of autumn colour and leaf-fall of deciduous woody plants. *Nature.*, 183 (4653): 58-59.

Chalmers, D. J., Van den Ende, B. (1975). Productivity of peach trees: factors affecting dry-weight distribution during tree growth. *Annals of Botany*, 39 (3): 423-432.

Choi, S., Ahn, G., Lee, Y., Kang, S. (2008). Effect of different autumnal nitrogen application dates on fruit characteristics and storage reserves of *Fuyu* Persimmon. *Hort. Environ. Biotechnol.*, 49: 25.

Dabul, A. N. G., Ayub, R. A. (2005). Efeito da aplicação de Promalin® em frutos de maçã (*Malus domestica*) cv. Gala. *Revista Ceres*, 52: 351.

Gallasch, P.T. (1988). Chemical thinning of heavy crops of mandarins to increase fruit size. *Proc. Int. Soc. Citricult.*, 1: 395-405.

Gambetta, G., Mesejo, C., Martínez-Fuentes, A., Reig, C., Gravina, A., Agustí, M. (2014). Gibberellic acid and norflurazon affecting the time-course of flavedo pigment and abscisic acid content in 'Valencia' sweet orange. *Sci. Hort.*, 180: 94-101.

Gariglio, N., Castillo, A., Juan, M., Almela, V., Agustí, M. (2003). Effects of fruit thinning on fruit growth, sugars and purple spot in loquat fruit (*Eriobotrya japonica* Lindl.). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnol.*, 78 (1): 32-34.

George, A.P., Mowat, A. D., Collins, R.J., Morley-Bunker, M. (1997). The pattern and control of reproductive development in non-astringent persimmon (*Diospyros kaki* L.): a review. *Sci. Hort.*, 70: 93-122.

Giordani, E., Picardi, E., Radice, S. (2015). Morfología y fisiología. En: *El cultivo del caqui*. Badenes M.L., Intrigliolo D.S., Salvador A., Vicent A. (Eds.) Valencia: Generalitat Valenciana. pp. 35-54.

Guardiola, J.L., Agustí, M., Barrera, J., García-Marí, F. (1980). Influencia de las aplicaciones de ácido giberélico durante la brotación en el desarrollo de los agrios. *Agroquim. Tecnol. Aliment.*, 20: 139-143.

Hill-Cottingham, D. G., Williams, R. R. (1967). Effect of time of application of fertilizer nitrogen on the growth, flower development and fruit set of maiden apple trees, var. Lord Lambourne, and on the distribution of total nitrogen within the trees. *Journal of Horticultural Science*, 42 (4): 319-338.

Iglesias, D.J., Talón, M. (2008). Giberelinas. En: *Fundamentos de fisiología vegetal*. Azcón-Bieto, J., Talón, M. (Eds.). 2ª Ed. McGraw-Hill/Interamericana de España, Edicions Universitat de Barcelona. pp: 399-420.

Juan, M., Yagüe, B., Gariglio, N., Almela, V., Agustí, M. (2002). Estímulo de la maduración del caqui (*Diospyros kaki* L.f.) mediante la aplicación de etefón. *Frut. Prof.*, 129: 61-67.

Limuro, S., Okamura, T., Sawamura, Y., Matsumoto, Y., Fukunaga S. (1974). Studies on nutrition of persimmon trees and the sugar content of the fruit. I. Relationship between leaf nitrogen and fruit sugar content in the autumn. *Bul. Nara Agr. Expt. Sta.*, 6: 9-15.

Lobit, P., Soing, P., Génard, M., Habib, R. (2001). Effects of timing of nitrogen fertilization on shoot development in peach (*Prunus persica*) trees. *Tree Physiology*, 21 (1): 35-42.

Llácer, G., Badenes, M. L. (2002). Situación actual de la producción de caqui en el mundo. *Agric. Vergel*, 242: 64-70.

MAPAMA (2017). <http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/superficies-producciones-anuales-cultivos/>

Noma, Y. (1981). Effect of ethyl 5-chloro-1 H-3-indazolylacetate on fruit thinning of satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marcovitch). *Proc. Int. Soc. Citricult.*, 1: 271-275.

Ragazzini, D. (1985). *El Kaki*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

Sanchez, E. E., Righetti, T. L., Sugar, D., Lombard, P. B. (1992). Effects of timing of nitrogen application on nitrogen partitioning between vegetative, reproductive, and structural components of mature 'Comice' pears. *Journal of Horticultural science*, 67: 51-58.

Segura, J. (2008). Citoquininas. En: *Fundamentos de fisiología vegetal*. Azcón-Bieto, J., Talón, M. (Eds.). 2ª Ed. McGraw-Hill/Interamericana de España, Edicions Universitat de Barcelona. pp: 421-444.

Shanks, J. B., Mityga, H. G. (1985). Effects of Promalin on greenhouse roses. En *Proceedings annual meeting-Plant Growth Regulator Society of America (USA)*.

Stembridge, G.E., Gambrell, C. E., JR. (1974). Measuring peach thinning and maturation responses. *HortScience*, 9: 29-30

Tagliavini, M., Quartieri, M., Millard, P. (1997). Remobilised nitrogen and root uptake of nitrate for spring leaf growth, flowers and developing fruits of pear (*Pyrus communis* L.) trees. *Plant and Soil*, 195 (1): 137-142.

Toselli, M., Zavalloni, C., Marangoni, B., Flore, J. A. (2000). Nitrogen partitioning in apple trees as affected by application time. *HortTechnology*, 10: 136-141.

Toye, J.D., Glucina, P.G., Minamide, T. (1987). Removal of astringency and storage of 'Hiratanenashi' persimmon fruits. *New Zealand J Expo. Agric.*, 15: 351-355.

TROPICOS (2017). <http://www.tropicos.org/Name/11500441>

Yasui, K. (1915) Studies of *Diospyros kaki* L.: I. Contributions from the Hull Botanical laboratory 209. *Bot. Gaz.* 60: 362-373.