



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior  
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica  
y del Medio Natural

Eficacia de las auxinas de síntesis en el control de la  
floración de los cítricos.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

AUTOR/A: Lozano Domínguez, David

Tutor/a: Agustí Fonfría, Manuel

Cotutor/a: Reig Valor, Carmina

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

# TRABAJO FIN DE GRADO

Curso académico 2021-2022

Valencia, julio de 2022

---

## EFICACIA DE LAS AUXINAS DE SÍNTESIS EN EL CONTROL DE LA FLORACIÓN EN LOS CÍTRICOS

---

AUTOR:

DAVID LOZANO DOMÍNGUEZ

TUTOR ACADÉMICO:

MANUEL AGUSTÍ FONFRÍA



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior  
d'Enginyeria Agronòmica  
i del Medi Natural

---

ETS de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural  
Universidad Politécnica de Valencia

**Título:** Eficacia de las auxinas de síntesis en el control de la floración de los cítricos.

## RESUMEN

En algunas variedades de cítricos el exceso de floración se presenta como un factor negativo del cuajado. En estos casos, la competencia entre flores en desarrollo reduce la tasa de crecimiento de sus ovarios que pierden, paulatinamente, su capacidad de división celular y se desprenden de la planta. Es más, en estas condiciones, los cultivares de baja capacidad partenocárpica reducen marcadamente su respuesta a las técnicas que se utilizan para aumentar el cuajado.

En este trabajo se muestra que la aplicación de las auxinas de síntesis 2,4-diclorofenoxiacético, como sal dimetilamina, y ácido naftalenacético en la época de inducción floral, reduce significativamente la intensidad de floración del naranjo dulce 'Navelina', del limonero 'Eureka' y de la mandarina Clementina 'Oronules'.

Con algunas diferencias entre especies, la respuesta es máxima en la reducción de brotes florales sin hojas, y en menor intensidad en los brotes con hojas. Los tratamientos aumentan el número de brotes vegetativos.

Las características de los brotes apenas son modificadas. El número de flores por ramo de flor, el que más flores aporta al computo global, no es alterado en ninguna de las especies, y si bien el número de hojas por brote disminuye en los BC, en los mixtos y vegetativos la respuesta es errática.

Los efectos de ambas auxinas de síntesis son similares a los obtenidos con 25 mg l<sup>-1</sup> de ácido giberélico.

**Palabras clave:** Auxinas; Cítricos; Floración

## ABSTRACT

In *Citrus*, some cultivars flower profusely, which appears as a negative factor for fruit set. In these cultivars, competition among developing flowers reduces the ovary growth rate, which gradually loses their cell division ability and abscises. Moreover, under these conditions, cultivars with low parthenocarpic ability markedly reduce their response to the techniques used to increase fruit set.

In this work it is shown that the application of the synthetic auxins 2,4-dichlorophenoxyacetic, as dimethylamine salt, and naphthaleneacetic acid at the floral bud inductive period significantly reduces the flowering intensity of the 'Navelina' sweet orange, 'Eureka' lemon, and 'Oronules' Clementine mandarin.

With some small differences among species, leafless flowering shoots are more sensitive to be reduced by the auxins than leafy ones, whereas vegetative shoots increase in number.

Shoot characteristics are hardly modified. The number of flowers per leafless multiflowered inflorescence, the one that contributes the most to the flowering intensity, is not altered in any species, and although the number of leaves per shoot decreases in terminal flowered leafy shoots, the mixed and vegetative shoots show an erratic response.

Both synthetic auxins show a similar effect to that of 25 mg l<sup>-1</sup> of gibberellic acid.

**Key words:** Synthetic auxin; Citrus; Flowering

## AGRADECIMIENTOS

*A mis padres, por soportar lo buenos y malos  
momentos,*

*A mi hermana Patricia, por ser un pilar  
fundamental y una ayuda constante,*

*A mi pareja, por apoyarme en todos los retos,*

*A Manolo, por enriquecerme en lo académico  
pero, sobre todo, en lo personal y por su  
dedicación impecable en este TFG.*



## ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>4</b>
1. Clasificación botánica .....	5
2. Importancia económica.....	5
3. Brotación y tipos de brotes.....	5
4. La floración de los cítricos.....	6
5. Los problemas agronómicos derivados de la floración.....	6
<b>II. OBJETIVOS DE TRABAJO.....</b>	<b>8</b>
<b>III. MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>	<b>10</b>
1. Material vegetal.....	11
2. Tratamientos. ....	11
3. Toma de datos. ....	13
4. Análisis estadístico.....	13
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>14</b>
1. Efecto de la aplicación de 2,4-D sobre la brotación y floración del naranjo dulce “Navelina” .....	15
2. Efecto de la aplicación de 2,4-D sobre la brotación y floración del limonero “Eureka” .....	18
3. Efecto de la aplicación de auxinas de síntesis sobre la brotación y floración del mandarino Clementino “Oronules” .....	21
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>25</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>29</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>31</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Relación floración-cosecha en condiciones de alta intensidad de floración... 7
<b>Figura 2.</b> Imagen aérea de la parcela de Pedralba (Valencia) donde se indica los tratamientos control, 2,4-D, AG y ANA para cada fila. Valiendo las filas marcadas de azul como barrera física para evitar derivas del producto en el momento de aplicación. Las marcas amarillas son los árboles reservados para la toma de muestras de brotes, y el resto para el conteo de flores. .... 12
<b>Figura 3.</b> Aspecto de las yemas del árbol en el momento de los tratamientos (Estado 00 de la escala BBCH). .... 12
<b>Figura 4.</b> Influencia de la aplicación de la sal dimetilamina del 2,4-D (12 mg l <sup>-1</sup> ) en la época de inducción floral sobre la intensidad de floración del naranjo dulce ‘Navelina’. Cada valor es la media ± ES de 20 ramas de otoño con, al menos, 20 nudos por rama. La diferencia alcanza la significación estadística (p< 0.05)..... 15
<b>Figura 5.</b> Efecto de la aplicación de la sal dimetilamina del 2,4-D aplicada en la época de inducción floral sobre la brotación del naranjo dulce ‘Navelina’. Valores expresados como porcentaje de nudos brotados en la madera de otoño. Cada valor es la media ±ES

de 20 ramas de otoño con, al menos, 20 nudos por rama. La diferencia no alcanza la significación estadística..... **16**

**Figura 6.** Efecto de la aplicación de la sal dimetilamina del 2,4-D aplicada en la época de inducción floral sobre el número de brotes por nudo en el naranjo dulce 'Navelina'. Cada valor es la media  $\pm$  ES de 20 ramas de otoño con, al menos, 20 nudos por rama. La diferencia no alcanza la significación estadística ( $p < 0.05$ )..... **16**

**Figura 7.** Influencia de la aplicación de la sal dimetilamina del 2,4-D ( $12 \text{ mg l}^{-1}$ ) en la época de inducción floral sobre la intensidad de floración del limonero 'Eureka'. Cada valor es la media  $\pm$  ES de 20 ramas de otoño con, al menos, 20 nudos por rama. La diferencia alcanza la significación estadística ( $p < 0.05$ )..... **18**

**Figura 8.** Efecto de la aplicación de la sal dimetilamina del 2,4-D ( $12 \text{ mg l}^{-1}$ ) aplicada en la época de inducción floral sobre la brotación del limonero 'Eureka'. Valores expresados como porcentaje de nudos brotados en la madera de otoño. Cada valor es la media  $\pm$  ES de 20 ramas de otoño con, al menos, 20 nudos por rama. La diferencia alcanza la significación estadística ( $p < 0.05$ ). ..... **19**

**Figura 9.** Efecto de la aplicación de la sal dimetilamina del 2,4-D aplicada en la época de inducción floral sobre el número de brotes por nudo en el limonero 'Eureka'. Cada valor es la media  $\pm$  ES de 20 ramas de otoño con, al menos, 20 nudos por rama. La diferencia no alcanza la significación estadística ( $p < 0.05$ )..... **20**

**Figura 10.** Influencia de la aplicación de ácido giberélico ( $\text{GA}_3$ ;  $25 \text{ mg l}^{-1}$ ), la sal dimetilamina del 2,4-D ( $12 \text{ mg l}^{-1}$ ), y el ácido naftalenacético (ANA;  $60 \text{ mg l}^{-1}$ ) en la época de inducción floral sobre la intensidad de floración del mandarino Clementino 'Oronules'. Cada valor es la media  $\pm$  ES de 20 ramas de otoño por árbol con, al menos, 20 nudos por rama, y 5 árboles. Letras distintas indican significación estadística ( $p < 0.05$ ). ..... **21**

**Figura 11.** Influencia de la aplicación de ácido giberélico ( $\text{GA}_3$ ;  $25 \text{ mg l}^{-1}$ ), la sal dimetilamina del 2,4-D ( $12 \text{ mg l}^{-1}$ ), y el ácido naftalenacético (ANA;  $60 \text{ mg l}^{-1}$ ) en la época de inducción floral sobre el porcentaje de nudos brotados en el mandarino Clementino 'Oronules'. Cada valor es la media  $\pm$  ES de 20 ramas de otoño por árbol con, al menos, 20 nudos por rama, y 5 árboles. .... **22**

## ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 1.** Efecto de la aplicación de la sal dimetilamina del 2,4-D ( $12 \text{ mg l}^{-1}$ ) en la época de inducción floral sobre la distribución de los tipos de brotes en el naranjo dulce 'Navelina'. Cada valor es la media de 20 ramas de otoño con al menos 20 nudos por rama. Valores expresados por 100 nudos. El asterisco indica diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ). Ver la clave de los tipos de brote en el texto. **17**

**Tabla 2.** Efecto de la aplicación de la sal dimetilamina del 2,4-D ( $12 \text{ mg l}^{-1}$ ) en la época de inducción floral sobre el número de hojas y/o flores en cada tipo de brote en el naranjo dulce 'Navelina'. El asterisco indica diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ). Ver la clave de los tipos de brote en el texto. .... **17**

**Tabla 3.** Efecto de la aplicación de la sal dimetilamina del 2,4-D ( $12 \text{ mg l}^{-1}$ ) en la época de inducción floral sobre la distribución de los tipos de brotes en el limonero 'Eureka'. Cada valor es la media de 20 ramas de otoño con al menos 20 nudos por rama. El asterisco indica diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ). Valores expresados por 100 nudos. Ver la clave de los tipos de brote en el texto. .... **20**

**Tabla 4.** Efecto de la aplicación de la sal dimetilamina del 2,4-D ( $12 \text{ mg l}^{-1}$ ) en la época de inducción floral sobre el número de hojas y/o flores en cada tipo de

brote en el limonero 'Eureka'. El asterisco indica diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ). Ver la clave de los tipos de brote en el texto.....**21**

**Tabla 5.** Influencia de la aplicación de ácido giberélico ( $GA_3$ ; 25 mg l<sup>-1</sup>), sal dimetilamina del 2,4-D (12 mg l<sup>-1</sup>), y ácido naftalenacético (ANA; 60 mg l<sup>-1</sup>) en la época de inducción floral sobre el porcentaje de nudos dobles y triples en el mandarina Clementino 'Oronules'. Cada valor es la media  $\pm$  ES de 20 ramas de otoño por árbol con, al menos, 20 nudos por rama, y 5 árboles. Letras distintas indican significación estadística ( $p < 0.05$ ). .....**22**

**Tabla 6.** Efecto de la aplicación de ácido giberélico ( $GA_3$ ; 25 mg l<sup>-1</sup>), sal dimetilamina del 2,4-D (12 mg l<sup>-1</sup>) y ácido naftalenacético (60 mg l<sup>-1</sup>) en la época de inducción floral sobre la distribución de los tipos de brotes en el mandarina clementino 'Oronules'. Cada valor es la media de 20 ramas de otoño por árbol con, al menos, 20 nudos por rama, y 5 árboles. Valores expresados en brotes por 100 nudos. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ). Ver la clave de los tipos de brote en el texto. ....**23**

**Tabla 7.** Efecto de la aplicación de ácido giberélico ( $GA_3$ ; 25 mg l<sup>-1</sup>), sal dimetilamina del 2,4-D (12 mg l<sup>-1</sup>) y ácido naftalenacético (60 mg l<sup>-1</sup>) en la época de inducción floral sobre las características de los brotes en el mandarina clementino 'Oronules'. Cada valor es la media de 20 ramas de otoño por árbol con, al menos, 20 nudos por rama, y 5 árboles. Valores expresados en número de hojas y/o flores por brote. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ). Ver la clave de los tipos de brote en el texto. ....**24**

**Tabla 8.** Efecto de la aplicación de ácido giberélico ( $GA_3$ ; 25 mg l<sup>-1</sup>), sal dimetilamina del 2,4-D (12 mg l<sup>-1</sup>) y ácido naftalenacético (60 mg l<sup>-1</sup>) en la época de inducción floral sobre el diámetro medio de los frutos al inicio de la fase lineal del crecimiento. Cada valor es la media de 10 frutos por árbol y 4 árboles. Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ). .....**24**



# I. INTRODUCCIÓN

## 1. Clasificación botánica

Los cítricos pertenecen a la familia *Rutaceae*, subfamilia *Aurantioideae*. Esta subfamilia es monofilética, es decir, todos sus individuos han evolucionado a partir de una única población ancestral. Su ordenación es compleja por la facilidad con la que hibridan sus especies, incluso entre distintos géneros, y la elevada tasa de mutaciones espontáneas cuyas variaciones genéticas, como consecuencia de la apomixis, tienden a perpetuarse (Davies y Albrigo, 1994).

El sistema taxonómico de los cítricos incluye dos tribus, *Clausteneae* y *Citreae*, y ésta última se subdivide en tres subtribus de entre las que la tribu *Citrinae* incluye los 6 géneros de cítricos verdaderos, entre los que se encuentran los cultivados: 1) *Fortunella* (kumquat), 2) *Poncirus* (utilizado como portainjertos), 3) *Citrus*, que abarca las especies más importantes: el naranjo dulce (*Citrus sinensis*), el mandarino (*Citrus reticulata*), el limonero (*Citrus limon*) y el pomelo (*Citrus paradisi*).

En España se cultivan naranjo dulce, mandarino y limonero. Las principales variedades de naranjo dulce pertenecen al grupo Navel ('Navelina', 'Washington' navel y 'Lane late'), al grupo Blancas ('Salustiana' y 'Valencia') y, en menor cuantía, al grupo Sanguinas ('Sanguinelli', 'Torocco rosso').

Las principales variedades de mandarinas se clasifican en 3 especies, según Swingle: mandarino Satsuma (*Citrus unshiu*) ('Owari' y 'Okitsu'), mandarino Clementino (*Citrus clementina*) ('Oronules' y 'Clemenules'), híbridos ('Ortanique', 'Nadorcott',...) y mutaciones inducidas por irradiación ('Orri', 'Tango' y 'Leanri').

Las principales variedades de limones cultivados en España son 'Eureka', 'Verna' y 'Fino'.

## 2. Importancia económica

Los cítricos tienen una producción a nivel mundial de 120 millones de toneladas al año, aproximadamente, siendo la fruta de mayor importancia en el mundo. Los países con mayor producción son: China (27%), Brasil (14%), EEUU (5%), México (5%), India (5%), España (4%) e Irán (4%) (FAO, 2007). España es el país con el mayor volumen de exportación de cítricos para su consumo en fresco del mundo con más de 3 millones de toneladas, seguido por Sudáfrica y EEUU (FAO, 2005).

La producción de cítricos en España se encuentra en cuatro comunidades autónomas: la Comunidad Valenciana (55% de la producción nacional), Andalucía (29%), Región de Murcia (12%) y Cataluña (2.5%); cantidades muy inferiores se producen en las Islas Baleares y Canarias (MAPA, 2020). Los cítricos de mayor producción son las naranjas, con un 53% de la producción total, seguidas de las mandarinas, con un 33% y los limones, con un 14%.

## 3. Brotación y tipos de brotes

En condiciones de clima subtropical los cítricos producen un crecimiento anual intermitente con períodos de crecimiento que se alternan con períodos de parada vegetativa. En las condiciones mediterráneas brotan tres veces al año, en primavera, a principio del verano y a principios de otoño, pero sólo la brotación de primavera produce flores.

La brotación de primavera se desarrolla sobre la de otoño, y ésta, a su vez, sobre la de verano. La brotación de verano se diferencia de la de primavera por el mayor tamaño de hojas y la longitud de los brotes. El crecimiento vegetativo del árbol depende, por tanto, de la segunda y tercera brotación (Davies y Albrigo, 1994; Primo-Millo y Agustí, 2020).

La brotación de primavera se distribuye de acuerdo con los siguientes tipos de brotes:

- Ramo de flor, formado por un ramillete con varias flores y sin hojas (RF).
- Brote mixto, formado por varias flores y varias hojas (BM).
- Brote “campanero”, con varias hojas y una flor en posición terminal (BC).
- Flor solitaria, con una única flor y sin hojas (FS).
- Brote vegetativo, formado solamente por hojas (BV).

En la brotación de primavera, la distribución de la floración es igual para todas las especies, aunque con diferencias cuantitativas entre brotes, a excepción del mandarino Satsuma que únicamente tiene brotes uniflorales, un 35% con hojas, 25% sin hojas, y brotes vegetativos (40%) (Agustí, et al., 2020).

El naranjo dulce, pomelo y limonero muestra un 50% de brotes mixtos, 25% ramos de flor, 10% flores solitarias y un 5% de brotes campaneros, mientras que el mandarino Clementino presenta un 50% de flores solitarias, un 20% de brotes campaneros y el otro 30% del resto de tipos de brotes a partes iguales.

El número total de inflorescencias de cada tipo en el árbol es muy variable y depende de muchos factores, no obstante, en una floración normal los brotes vegetativos y mixtos suelen ser proporcionalmente los más abundantes.

#### **4. La floración de los cítricos**

El proceso de la floración se inicia con la inducción floral, seguida de la diferenciación de los primordios y, finalmente, del desarrollo de estos para formar las flores.

La inducción floral consiste en el cambio de destino de las yemas vegetativas que pasan a ser florales mediante un estímulo ambiental recibido por las hojas. En los cítricos cultivados en la zona mediterránea esto ocurre en la segunda mitad del otoño (noviembre-diciembre), cuando las plantas están expuestas a bajas temperaturas.

La diferenciación de las yemas florales se produce en la segunda mitad del invierno (febrero), cuando las yemas salen de la latencia y los primordios comienzan a desarrollarse. Posteriormente, con el aumento de la temperatura, se desarrollan estos primordios hasta su estado adulto.

#### **5. Los problemas agronómicos derivados de la floración**

Bajo el punto de vista de la floración, los cítricos presentan dos problemas: el derivado de una falta de flores y el exceso de floración. El primero está regulado por el fruto, de modo que tras una año de cosecha abundante la inducción floral se ve interrumpida y el árbol apenas florece (si lo hace), y la ausencia de frutos es, a su vez, la que permite la floración del año siguiente. Este fenómeno, que no es privativo de los cítricos, recibe el nombre de *alternancia de cosechas* y las variedades que la sufren se dice que son alternantes. El segundo lo presentan algunas variedades partenocárpicas poco productivas que, como consecuencia de ello, tienden a florecer muy abundantemente con una proporción muy elevada de RF y FS en detrimento de los brotes vegetativos, lo que dificulta el cuajado, reiniciando el problema.

Esta relación entre la intensidad de la floración, el número de flores/frutos que se desprenden y el momento de la abscisión se explica en términos de competencia entre las flores en desarrollo. Así, a mayor intensidad de floración mayor competencia por hidratos de carbono, reducción de la tasa de crecimiento del ovario y alta abscisión final. En estos casos el cuajado es, frecuentemente, inferior al 1% (Agustí et al., 1982).

Un exceso de floración, por tanto, reduce el cuajado y la cosecha, y esta ausencia de frutos es el fundamento de una nueva floración excesiva, iniciándose ciclos de improductividad seguida de floraciones muy abundantes (Figura 1) que es necesario interrumpir.

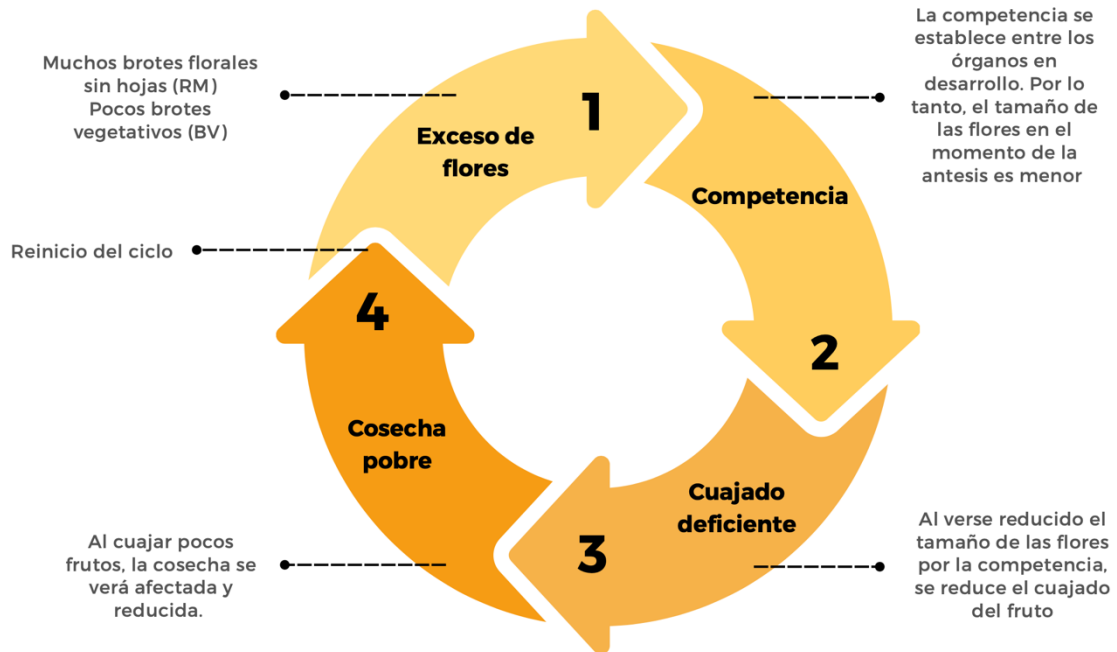


Figura 1. Relación floración-cosecha en condiciones de alta intensidad de floración.

Para mejorar la producción de estos cultivares se hace necesario, por tanto, reducir la intensidad de floración. La acción del ácido giberélico ( $GA_3$ ) como inhibidor de la floración en los cítricos cuando se aplica en el periodo de inducción floral (finales de otoño) fue demostrada por Monselise y Halevy (1964), y desde entonces se ha convertido en una técnica muy útil para resolver este problema. Pero el papel de las giberelinas en la floración de los cítricos sigue sin estar bien definido. Estudios recientes sugieren que las auxinas podrían estar implicadas en el proceso como primeros mensajeros. La posibilidad, por tanto, de que la aplicación de auxinas de síntesis pudieran reducir, también, la floración de los cítricos abre un campo novedoso de importancia práctica en la Citricultura, al mismo tiempo que ayudaría a comprender mejor el papel de las hormonas vegetales en el proceso de la floración.

## **II. OBJETIVOS DE TRABAJO**

Hipótesis de Trabajo: La auxina regula la floración en los cítricos

De acuerdo con ello el objetivo que se persigue es:

Las auxinas de síntesis pueden usarse agronómicamente para reducir la floración de los cítricos.

# III. MATERIAL Y MÉTODOS

## 1. Material vegetal.

El experimento se llevó sobre árboles adultos de limonero, cv. 'Eureka' (*Citrus limon*), naranjo dulce, cv. 'Navelina' (*Citrus x sinensis*), y mandarino, cv. 'Oronules' (*Citrus reticulata*), localizados en dos parcelas, Valencia (39° 32' 58" N, 0° 44' 25" E, 155 msnm), las dos primeras especies, y Pedralba, València (39° 29' 2" N, -0° 20' 26" E, 2msnm), la tercera. Todos los árboles estaban en perfectas condiciones fitosanitarias y el riego (localizado), la fertilización, poda, control fitosanitario, etc. se llevó a cabo de acuerdo con las normas propias del cultivo de cítricos.

## 2. Tratamientos.

En la parcela de Valencia se seleccionó un árbol de naranjo dulce y otro de limonero en los que se marcaron 40 ramas de la brotación de otoño con, al menos, 20 nudos. De ellas 20 fueran tratadas con 12 mg l<sup>-1</sup> de la sal dimetilamina del 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético) (10% p/v) y las 20 restantes se utilizaron como control sin tratar. A la solución de le añadió un agente tensoactivo (éter de alquilglicol), a una concentración de 0.01%. El tratamiento se llevó a cabo con un pulverizador manual mojando completamente las hojas y las yemas hasta llegar al goteo.

En la parcela de Pedralba (Figura 2) se seleccionaron 4 filas de 20 árboles cada una. A cada fila se le aplicó un tratamiento: ácido giberélico (GA<sub>3</sub>), 25 mg l<sup>-1</sup>, ácido naftalenacético (ANA), 60 mg l<sup>-1</sup>, sal dimetilamina del 2,4-D, 12 mg l<sup>-1</sup>, y control sin tratar. Los tratamientos se realizaron con una pistola de pulverizar conectada a un tanque a presión (40 atm), mojando el árbol en su totalidad hasta el goteo.

En todos los casos el tratamiento se llevó a cabo en la época de inducción floral (reposo invernal) (Figura 3).





Figura 2. Imagen aérea de la parcela de Pedralba (Valencia) donde se indica los tratamientos control, 2,4-D, AG y ANA para cada fila, valiéndose las filas marcadas de azul como barrera física para evitar derivas del producto en el momento de aplicación. Las marcas amarillas son los árboles reservados para la toma de muestras de brotes, y el resto para el conteo de flores.



Figura 3. Aspecto de las yemas del árbol en el momento de los tratamientos (Estado 00 de la escala BBCH).

### **3. Toma de datos.**

Durante la primavera, y antes de la antesis (estado 59 BBCH), se evaluó la floración. Para ello en la parcela de Valencia se utilizaron las ramas seleccionadas, y en Pedralba se seleccionaron 5 árboles al azar de cada tratamiento y se marcaron un total de 20 ramas de otoño por árbol con, al menos, 20 nudos.

De cada una de ellas se contó el número de yemas brotadas y sin brotar y el número de brotes desarrollados clasificándolos de acuerdo con lo descrito en el apt. 3. De cada brote se contó, además, el número de hojas y flores que contenían.

Los resultados de la brotación y de la intensidad de floración se expresan por 100 nudos (N) para compensar las diferencias de tamaño entre las ramas seleccionadas.

### **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 usó el test LSD mediante el programa informático Statgraphics.

## **IV. RESULTADOS**

## 1. Efecto de la aplicación de 2,4-D sobre la brotación y floración del naranjo dulce “Navelina”

La aplicación de 12 mg l<sup>-1</sup> de 2,4-D redujo significativamente la intensidad de floración del naranjo dulce ‘Navelina’. Así, mientras el control desarrolló 230 flores por 100 N, los árboles tratados con 12 mg l<sup>-1</sup> de esta auxina desarrollaron 130 flores por 100 N (Figura 4), esto es, un 43.5% menos de flores.

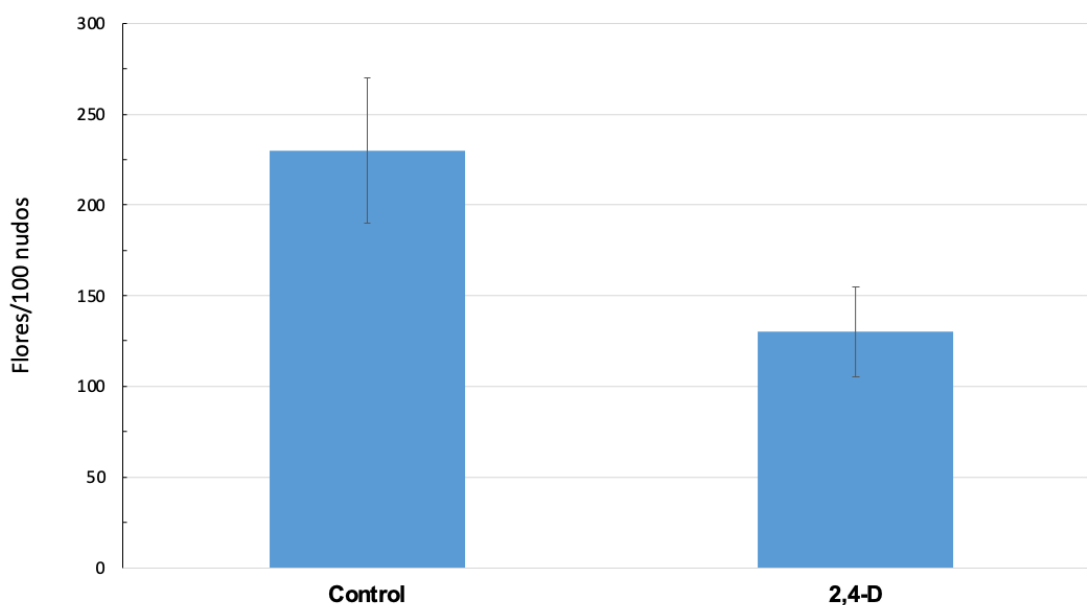


Figura 4. Influencia de la aplicación de la sal dimetilamina del 2,4-D (12 mg l<sup>-1</sup>) en la época de inducción floral sobre la intensidad de floración del naranjo dulce ‘Navelina’. Cada valor es la media  $\pm$  ES de 20 ramas de otoño con, al menos, 20 nudos por rama. La diferencia alcanza la significación estadística ( $p < 0.05$ ).

La brotación, expresada como el porcentaje de nudos que dieron, al menos, un brote, no fue modificada por la auxina. En los árboles control brotaron el 46% de los nudos de la madera de otoño, mientras que en los tratados lo hicieron el 45% (Figura 5).

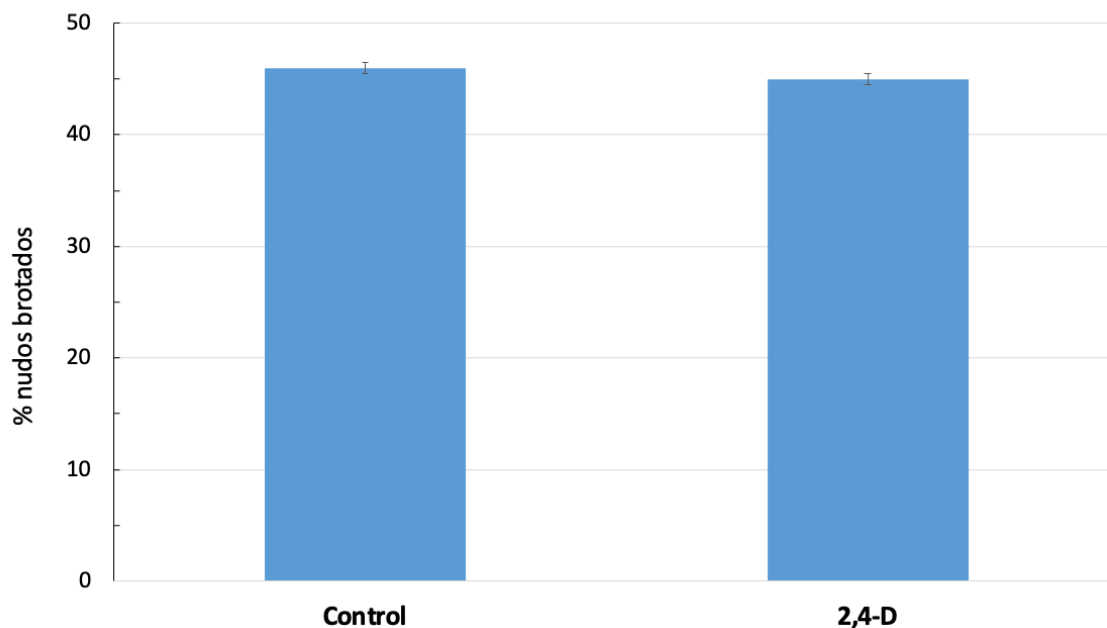


Figura 5. Efecto de la aplicación de la sal dimetilamina del 2,4-D ( $12 \text{ mg l}^{-1}$ ) en la época de inducción floral sobre la brotación del naranjo dulce 'Navelina'. Valores expresados como porcentaje de nudos brotados en la madera de otoño. Cada valor es la media  $\pm$ ES de 20 ramas de otoño con, al menos, 20 nudos por rama. La diferencia no alcanza la significación estadística.

El número de brotes por nudo, aunque fue reducido por el tratamiento, no alcanzó la significación estadística. En las ramas control los nudos brotados tenían, por término medio, 0.62 brotes y en las tratadas con  $12 \text{ mg l}^{-1}$  de 2,4-D, 0.52 brotes (Figura 6).

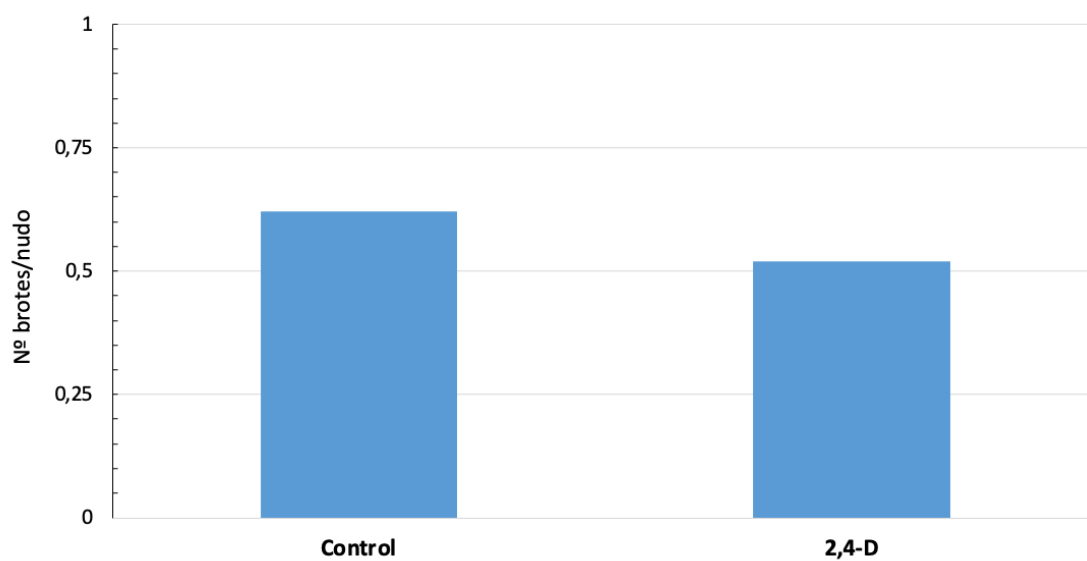


Figura 6. Efecto de la aplicación de la sal dimetilamina del 2,4-D ( $12 \text{ mg l}^{-1}$ ) en la época de inducción floral sobre el número de brotes por nudo en el naranjo dulce 'Navelina'. Cada valor es la media  $\pm$  ES de 20 ramas de otoño con, al menos, 20 nudos por rama. La diferencia no alcanza la significación estadística ( $p < 0.05$ ).

La mayor reducción se produjo en los brotes sin hojas. Así, el número de RF pasó de 23.8 a 9.2 brotes por 100 N por efecto del tratamiento, y el de FS, que en los controles representaban 18.0 brotes por 100 N, quedó anulado por completo (Tabla 1); en ambos casos la diferencia alcanzó la significación estadística. Los brotes florales con hojas, sin embargo, no presentaron una respuesta uniforme, de modo que mientras los BM aumentaron significativamente de 28.8 a 37.9 brotes por 100 N por efecto del 2,4-D, los BC no fueron alterados (Tabla 1). Los BV disminuyeron ligeramente, de 35.5 a 32.5 brotes por 100 N, sin alcanzar la significación estadística (Tabla 1).

	<b>RF</b>	<b>FS</b>	<b>BC</b>	<b>BM</b>	<b>BV</b>
<b>Control</b>	23.8 ± 1.8	18.2 ± 0.1	9.1 ± 1,2	28.8 ± 1.8	35.5 ± 2.6
<b>Tratado</b>	9.2 ± 0,4	0	9.2 ± 0.3	37.9 ± 2.3	32.5 ± 2.3
	*	*		*	

Tabla 1. Efecto de la aplicación de la sal dimetilamina del 2,4-D (12 mg l<sup>-1</sup>) en la época de inducción floral sobre la distribución de los tipos de brotes en el naranjo dulce 'Navelina'. Cada valor es la media de 20 ramas de otoño con al menos 20 nudos por rama. Valores expresados por 100 nudos. El asterisco indica diferencia estadísticamente significativa (p<0.05). Ver la clave de los tipos de brote en el texto.

Las características de los brotes sólo fueron alteradas en el número de hojas por brote, que disminuyeron significativamente en los BC, de 6.0 en las ramas control a 3.3 en las tratadas, y aumentaron de 3.3 a 4.6, respectivamente, en los BM (Tabla 2).

	<b>RM</b> Nº flores	<b>BC</b> Nº hojas	<b>BM</b> Nº hojas	<b>BM</b> Nº flores	<b>BV</b> Nº hojas
<b>Control</b>	5.0 ± 0,5	6.0 ± 0,1	3,3 ± 0,8	5,9 ± 0,2	6,5 ± 0,5
<b>Tratado</b>	5.0 ± 0,1	3,3 ± 0,9	4,6 ± 0,6	6,4 ± 0,7	7,4 ± 0,4
		*	*		

Tabla 2. Efecto de la aplicación de la sal dimetilamina del 2,4-D (12 mg l<sup>-1</sup>) en la época de inducción floral sobre el número de hojas y/o flores en cada tipo de brote en el naranjo dulce 'Navelina'. El asterisco indica diferencia estadísticamente significativa (p<0.05). Ver la clave de los tipos de brote en el texto.

## 2. Efecto de la aplicación de 2,4-D sobre la brotación y floración del limonero “Eureka”

La respuesta del limonero ‘Eureka’ a la aplicación de la sal dimetilamina del 2,4-D fue similar a la del naranjo dulce. La aplicación de  $12 \text{ mg l}^{-1}$  de esta auxina redujo en un 52.6% el número de flores, pasando de 190 flores por 100 N en los controles sin tratar a 90 en los tratados (Figura 7).

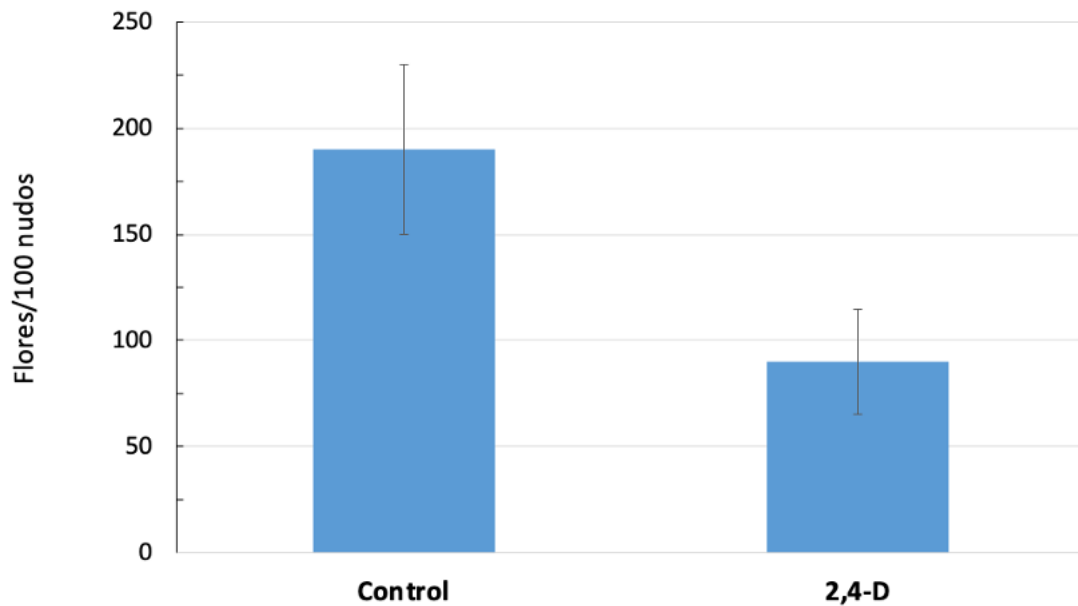


Figura 7. Influencia de la aplicación de la sal dimetilamina del 2,4-D ( $12 \text{ mg l}^{-1}$ ) en la época de inducción floral sobre la intensidad de floración del limonero ‘Eureka’. Cada valor es la media  $\pm$  ES de 20 ramas de otoño con, al menos, 20 nudos por rama. La diferencia alcanza la significación estadística ( $p < 0.05$ ).

En esta especie, y a diferencia del naranjo dulce, el porcentaje de nudos que dieron al menos un brote fue significativamente reducido por el 2,4-D. Mientras en las ramas control el 66% de los nudos brotaron en primavera, en las tratadas lo hicieron el 54%, es decir, un 18% menos (Figura 8).

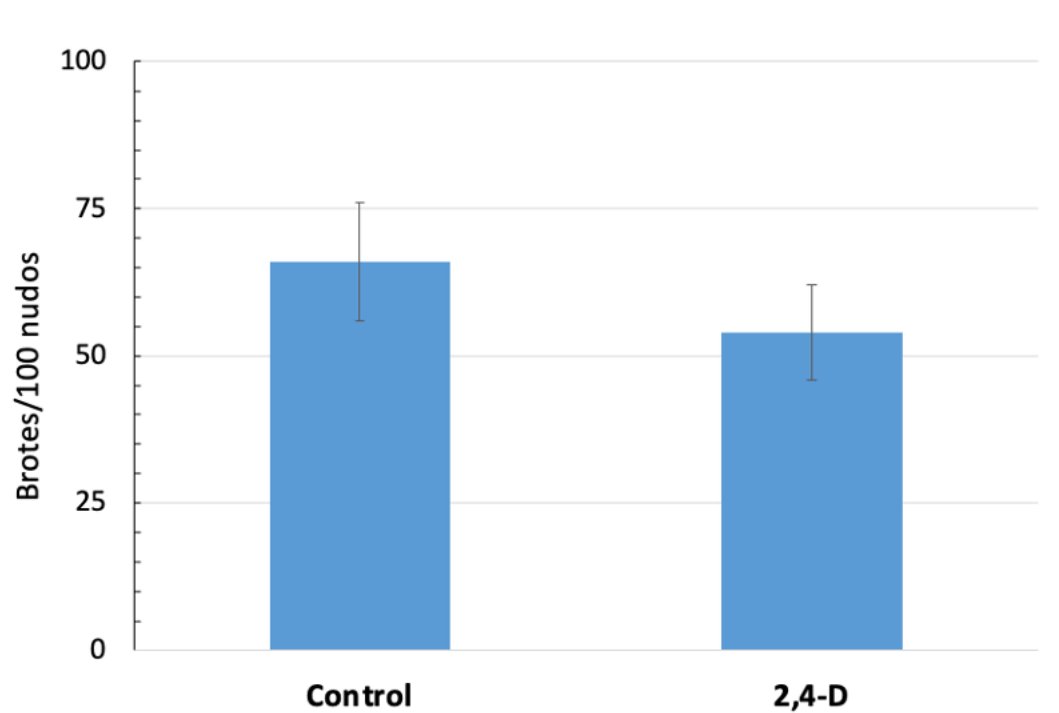


Figura 8. Efecto de la aplicación de la sal dimetilamina del 2,4-D ( $12 \text{ mg l}^{-1}$ ) en la época de inducción floral sobre la brotación del limonero 'Eureka'. Valores expresados como porcentaje de nudos brotados en la madera de otoño. Cada valor es la media  $\pm$  ES de 20 ramas de otoño con, al menos, 20 nudos por rama. La diferencia alcanza la significación estadística ( $p < 0.05$ ).

Como en el naranjo dulce, en el limonero el número de brotes por nudo de las ramas tratadas, 0.59 brotes, no difirió significativamente del de las ramas control, 0.56 brotes (Figura 8).



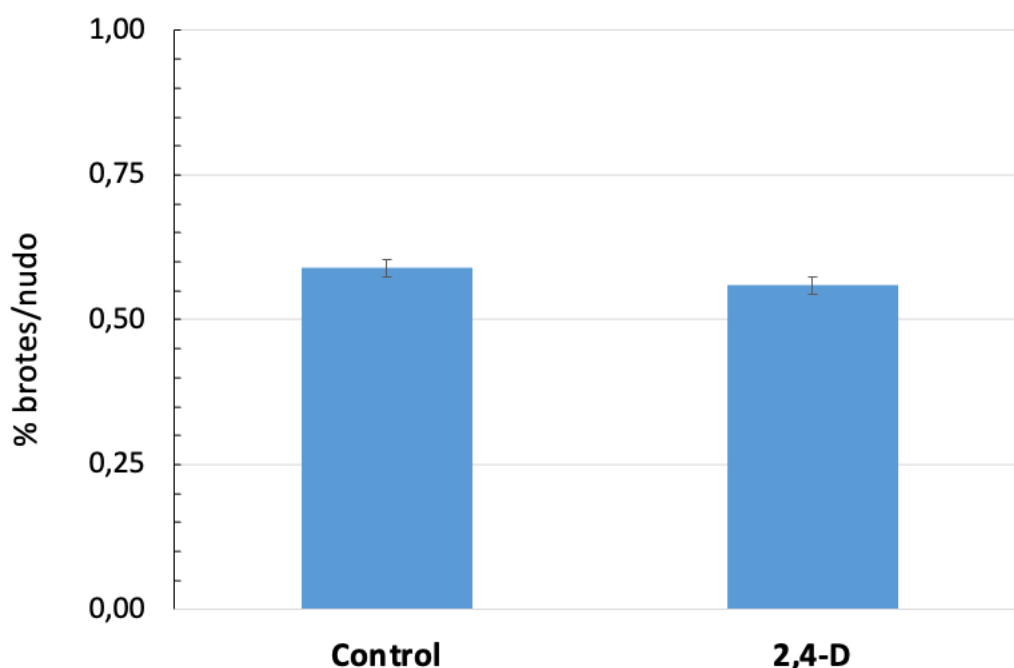


Figura 9. Efecto de la aplicación de la sal dimetilamina del 2,4-D ( $12 \text{ mg l}^{-1}$ ) en la época de inducción floral sobre el número de brotes por nudo en el limonero 'Eureka'. Cada valor es la media  $\pm$  ES de 20 ramas de otoño con, al menos, 20 nudos por rama. La diferencia no alcanza la significación estadística ( $p < 0.05$ ).

Y del mismo modo que en el naranjo dulce, en esta especie la mayor reducción se produjo en los brotes sin hojas, y mayoritariamente en los RF que de 40.5 pasaron a 34.3 brotes por 100 N por efecto del 2,4-D; las FS también fueron reducidas significativamente de 36.2 a 30.8 brotes por 100 N (Tabla 3). Los BM fueron reducidos en un 46%, pasando de 15.4 a 8.3 brotes por 100N, mientras que los BV aumentaron significativamente, de 12.1 a 20.3 brotes por 100 N, por efecto del tratamiento (Tabla 3). El número de BC no fue alterado.

	RF	FS	BC	BM	BV
<b>Control</b>	40.5 $\pm$ 2.7	36.2 $\pm$ 3.7	10.7 $\pm$ 4.4	15.4 $\pm$ 3.3	12.1 $\pm$ 0.1
<b>Tratado</b>	34.3 $\pm$ 0.7	30.8 $\pm$ 2.0	8.5 $\pm$ 1.1	8.3 $\pm$ 1.1	20.3 $\pm$ 1.1
	*	*		*	*

Tabla 3. Efecto de la aplicación de la sal dimetilamina del 2,4-D ( $12 \text{ mg l}^{-1}$ ) en la época de inducción floral sobre la distribución de los tipos de brotes en el limonero 'Eureka'. Cada valor es la media de 20 ramas de otoño con al menos 20 nudos por rama. El asterisco indica diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ). Valores expresados por 100 nudos. Ver la clave de los tipos de brote en el texto.

Tampoco en esta especie el 2,4-D alteró significativamente el número de flores por brote de los RF, que permaneció invariable, pero sí el de BM que se redujo de 4.0 a 1.5 flores por brote, alcanzando la significación estadística (Tabla 4). Al igual que en el naranjo dulce, el número de hojas por brote de los BC fue significativamente reducido por el 2,4-D, y a diferencia de aquél también lo fue el de los BM. El número de hojas de

los BV no fue significativamente modificado (Tabla 4), al igual que ocurrió en el naranjo dulce.

	RF Nº flores	BC Nº hojas	BM Nº hojas	BM Nº flores	BV Nº hojas
<b>Control</b>	4,1 ± 0,3	4,2 ± 0,4	3,7 ± 0,1	4.0 ± 0,1	6,4 ± 0,7
<b>Tratado</b>	3,9 ± 1.0	3,2 ± 0,1	1.0 ± 0,1	1,5 ± 0,3	6,8 ± 0,8
		*	*	*	

Tabla 4. Efecto de la aplicación de la sal dimetilamina del 2,4-D (12 mg l<sup>-1</sup>) en la época de inducción floral sobre el número de hojas y/o flores en cada tipo de brote en el limonero 'Eureka'. El asterisco indica diferencia estadísticamente significativa (p<0.05). Ver la clave de los tipos de brote en el texto.

### 3. Efecto de la aplicación de auxinas de síntesis sobre la brotación y floración del mandarino Clementino "Oronules"

En el mandarino 'Oronules', la aplicación de 12 mg l<sup>-1</sup> de la sal dimetilamina del 2,4-D o de 60 mg l<sup>-1</sup> de ANA en la época de inducción floral redujo la floración en un 36% en ambos casos, pasando de 47.4 flores por 10 N en los controles sin tratar a 30.3 y 30.4 flores por 100, en los tratados con ambas auxinas, respectivamente. La respuesta obtenida con la aplicación de 25 mg l<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub> en la misma época fue significativamente más intensa, reduciendo la floración en un 53%, hasta 22.2 flores por 100N (Figura 10).

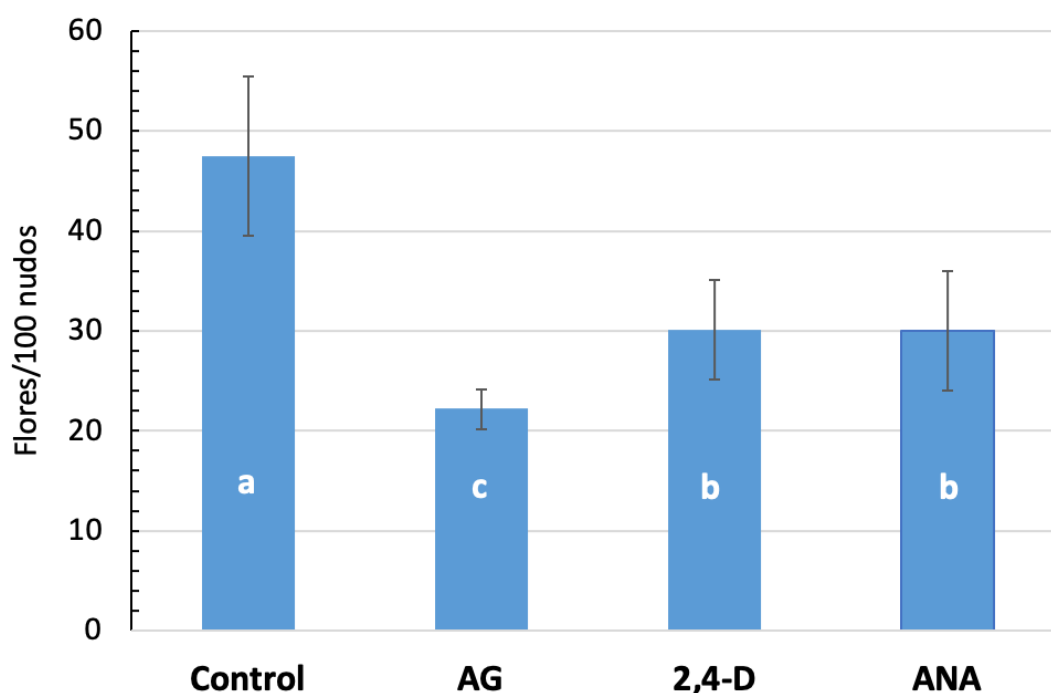


Figura 10. Influencia de la aplicación de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>; 25 mg l<sup>-1</sup>), sal dimetilamina del 2,4-D (12 mg l<sup>-1</sup>), y ácido naftalenacético (ANA; 60 mg l<sup>-1</sup>) en la época de inducción floral sobre la intensidad de floración del mandarino Clementino 'Oronules'. Cada valor es la media ± ES de 20 ramas de otoño por árbol con, al menos, 20 nudos por rama, y 5 árboles. Letras distintas indican significación estadística (p< 0.05).

El porcentaje de nudos brotados no fue alterado por los tratamientos en el mandarina Clementino 'Oronules' (Figura 11). Las diferencias encontradas, no alcanzaron la significación estadística.

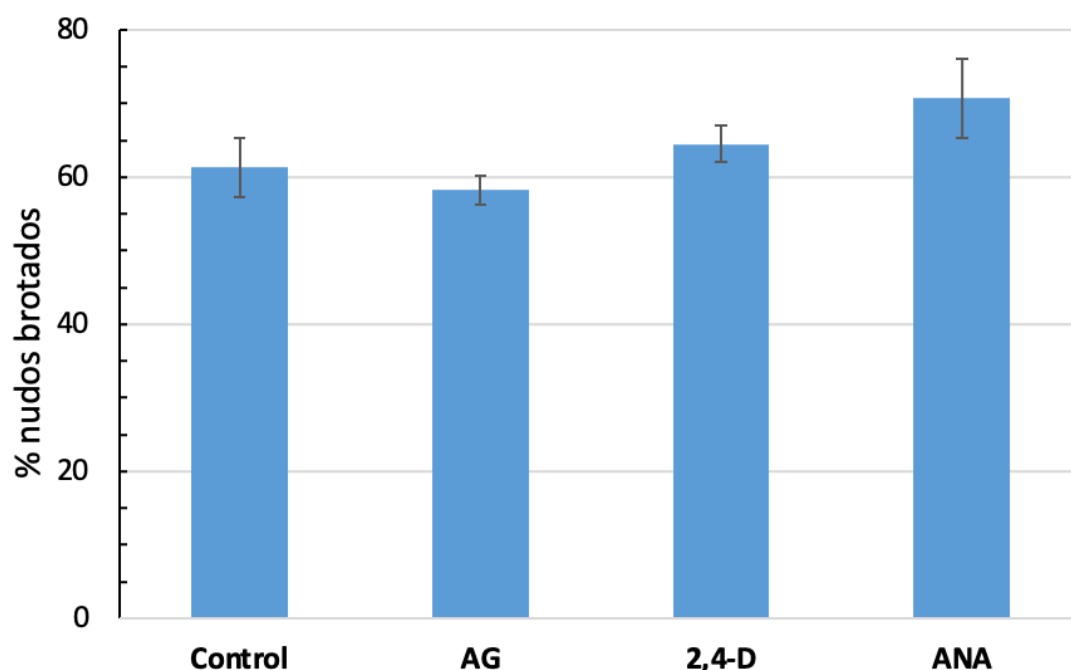


Figura 11. Influencia de la aplicación de ácido giberélico ( $GA_3$ ;  $25 \text{ mg l}^{-1}$ ), sal dimetilamina del 2,4-D ( $12 \text{ mg l}^{-1}$ ), y ácido naftalenacético (ANA;  $60 \text{ mg l}^{-1}$ ) en la época de inducción floral sobre el porcentaje de nudos brotados en el mandarina Clementino 'Oronules'. Cada valor es la media  $\pm$  ES de 20 ramas de otoño por árbol con, al menos, 20 nudos por rama, y 5 árboles.

En general, el porcentaje de nudos dobles fue incrementado por los tratamientos con auxina, aumentando, por término medio, un 40%, y no por el  $GA_3$  (Tabla 5). Aunque el número de nudos con tres brotes fue reducido significativamente por el  $GA_3$  y el 2,4-D (Tabla 5), su reducido número impide considerar cualquier tipo de conclusión,

	Nudo doble	Nudo triple
<b>Control</b>	$5.6 \pm 0.9 \text{ a}$	$3.2 \pm 0.7 \text{ b}$
<b>AG</b>	$5.0 \pm 0.6 \text{ a}$	$0.0 \text{ a}$
<b>2,4-D</b>	$8.3 \pm 1.3 \text{ b}$	$0.7 \pm 0.3 \text{ a}$
<b>ANA</b>	$7.2 \pm 0.4 \text{ b}$	$2.8 \pm 1.1 \text{ b}$

Tabla 5. Influencia de la aplicación de ácido giberélico ( $GA_3$ ;  $25 \text{ mg l}^{-1}$ ), sal dimetilamina del 2,4-D ( $12 \text{ mg l}^{-1}$ ), y ácido naftalenacético (ANA;  $60 \text{ mg l}^{-1}$ ) en la época de inducción floral sobre el porcentaje de nudos dobles y triples en el mandarina Clementino 'Oronules'. Cada valor es la media  $\pm$  ES de 20 ramas de otoño por árbol con, al menos, 20 nudos por rama, y 5 árboles. Letras distintas indican significación estadística ( $p < 0.05$ ).

Como en el naranjo dulce y el limonero, la reducción del número de brotes por acción de las auxinas afectó, sobre todo, a los uniflorales. Así, las FS fueron reducidas en un 40 y 43% por acción del 2,4-D y el ANA, respectivamente, pasando de 15.0 brotes por 100 N en los controles a 9.0 y 8.6 en los tratados, respectivamente (Tabla 6). Asimismo, los BC fueron reducidos en un 23% en los tratados con 2,4-D y un 29% en los tratados con el ANA, pasando de 25.6 brotes por 100 N en los controles a 19.6 y 18.1, respectivamente (Tabla 6).

El GA<sub>3</sub> también afectó sobre todo a estos brotes, pero de un modo más intenso, reduciendo en un 69% el número de FS y en un 47% el de BC (Tabla 6). Los cambios en los brotes multiflorales, RF y BM, no pueden tenerse en cuenta dado su reducido número, 1.0 y 1.5 brotes por 100 N en los controles para ambos tipos de brotes, respectivamente (Tabla 6). Finalmente, los BV fueron incrementados en un 56% y un 72% por acción del 2,4-D y el ANA, respectivamente, pasando de 23.9 brotes por 100 N en los controles a 37.3 y 41.2 en los tratados con 2,4-D y ANA, respectivamente. El GA<sub>3</sub> los aumentó en un 61%, hasta los 38.4 brotes por 100 N (Tabla 6).

	<b>RF</b>	<b>FS</b>	<b>BC</b>	<b>BM</b>	<b>BV</b>
<b>Control</b>	1.0 ± 0.2a	15.0 ± 2.3 a	25.6 ± 3.1 a	1.5 ± 0.4 a	23.9 ± 2.3 b
<b>AG</b>	0.6 ± 0.2 b	4.7 ± 1.2 c	13.5 ± 2.1 c	1.0 ± 0.5 a	38.4 ± 3.6 a
<b>2,4-D</b>	0.5 ± 0.3b	9.0 ± 2,2 b	19.6 ± 1.4 b	0.2 ± 0.2 b	37.3 ± 2.6 a
<b>ANA</b>	0.4 ± 0.3 b	8.6 ± 1.9 b	18.1 ± 2.8 b	1.5 ± 0.7 a	41.2 ± 5.3 a

Tabla 6. Efecto de la aplicación de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>; 25 mg l<sup>-1</sup>), sal dimetilamina del 2,4-D (12 mg l<sup>-1</sup>) y ácido naftalenacético (60 mg l<sup>-1</sup>) en la época de inducción floral sobre la distribución de los tipos de brotes en el mandarino clementino 'Oronules'. Cada valor es la media de 20 ramas de otoño por árbol con, al menos, 20 nudos por rama, y 5 árboles. Valores expresados en brotes por 100 nudos. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas (p<0.05). Ver la clave de los tipos de brote en el texto.

Las características de los brotes apenas fueron modificadas por los tratamientos. Así el número medio de flores de los RF permaneció invariable y el de los BM solamente se vio significativamente reducido en los árboles tratados con 2,4-D (2.0 flores/brote) respecto de los controles (2.6 flores/brote), sin que este valor resultara estadísticamente distinto al de los árboles tratados con ANA (2.5 flores/brote) (Tabla 7).

Un resultado similar se ha encontrado con las hojas de los BC cuyas diferencias no permiten atribuir ningún efecto a los tratamientos (Tabla 7). Sin embargo, en los BM y en los BV el número de hojas aumentó significativamente con independencia de los tratamientos, si bien de modo más intenso por acción de las auxinas (Tabla 7).

	RF (N° flores)	BC (N° hojas)	BM (N° hojas)	BM (N° flores)	BV (N° hojas)
<b>Control</b>	2.0 ± 1.2	3.6 ± 0.4 <b>a</b>	2.3 ± 0.6 <b>a</b>	2.6 ± 0.4 <b>b</b>	5.5 ± 0.3 <b>a</b>
<b>AG</b>	2.0 ± 0.6	3.0 ± 0.2 <b>ab</b>	3.2 ± 0.3 <b>b</b>	3.2 ± 0.5 <b>b</b>	5.9 ± 0.9 <b>a</b>
<b>2,4-D</b>	3.0 ± 0.4	2.7 ± 0.2 <b>b</b>	4.0 ± 0.2 <b>c</b>	2.0 ± 0.2 <b>a</b>	7.6 ± 0.6 <b>b</b>
<b>ANA</b>	2.0 ± 0.9	3.0 ± 0.6 <b>ab</b>	2.7 ± 0.2 <b>b</b>	2.5 ± 0.2 <b>ab</b>	7.1 ± 0.4 <b>b</b>

Tabla 7. Efecto de la aplicación de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>; 25 mg l<sup>-1</sup>), sal dimetilamina del 2,4-D (12 mg l<sup>-1</sup>) y ácido naftalenacético (60 mg l<sup>-1</sup>) en la época de inducción floral sobre las características de los brotes en el mandarino clementino 'Oronules'. Cada valor es la media de 20 ramas de otoño por árbol con, al menos, 20 nudos por rama, y 5 árboles. Valores expresados en número de hojas y/o flores por brote. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas (p<0.05). Ver la clave de los tipos de brote en el texto.

Al inicio de la fase lineal del crecimiento del fruto éste presentó un diámetro medio significativamente mayor en los árboles tratados que en los árboles control, independientemente de la sustancia aplicada. Así, en promedio, el diámetro de los frutos tratados con GA<sub>3</sub> o cualquiera de las dos auxinas de síntesis era un 40% superior al de los frutos control sin tratar (Tabla 8).

	Control	AG	2,4-D	ANA
<b>Diámetro (mm)</b>	9.85 ± 0.5	14.45 ± 0.9	13.23 ± 0.6	13.42 ± 1.5
<b>Significación</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>b</b>	<b>b</b>

Tabla 8. Efecto de la aplicación de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>; 25 mg l<sup>-1</sup>), sal dimetilamina del 2,4-D (12 mg l<sup>-1</sup>) y ácido naftalenacético (60 mg l<sup>-1</sup>) en la época de inducción floral sobre el diámetro medio de los frutos al inicio de la fase lineal del crecimiento. Cada valor es la media de 10 frutos por árbol y 4 árboles. Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadísticamente significativa (p<0.05).

# V. DISCUSIÓN

La intensidad de la floración en los cítricos es un factor decisivo de la producción. Particularmente importante es este aspecto en el caso de las variedades partenocárpicas, en las que una floración intensa provoca un fenómeno de competencia por carbohidratos entre flores y ovarios en desarrollo que termina con la abscisión de un elevado número de órganos florales. En estos casos la producción puede verse sensiblemente reducida y las técnicas específicas para mejorar el cuajado disminuidas en su eficacia (Martínez-Fuentes et al., 2004). El modo de resolver este problema es reducir la floración.

En los cítricos cultivados en clima templado, por ejemplo en el área mediterránea, la inducción floral se produce por acción de la baja temperatura. Los experimentos llevados a cabo por Inoue y Harada (1988) demostraron que árboles de mandarina Satsuma cultivados a 25°C durante 7-9 meses solo se desarrollaban vegetativamente. En contraste, los árboles que crecieron a 15°C durante 1,5 meses desarrollaron flores (Inoue, 1990), y este efecto correlaciona positivamente con la expresión del gen *CiFT3* (Nishikawa et al., 2007). Estos valores térmicos son coincidentes con los obtenidos en el área mediterránea en el naranjo dulce y en los mandarinos (Muñoz-Fambuena, 2011; Agustí et al., 2020).

En las zonas tropicales, en las que la temperatura media es marcadamente superior a los 15°C y la amplitud térmica muy estrecha, la floración en los cítricos se produce tras un período de sequía interrumpido por la estación lluviosa (Orduz-Rodríguez y Garzón, 2013).

El proceso de inducción floral ha sido identificado en los cítricos bajo el punto de vista nutricional, hormonal y genético. La relación nutricional con la floración fue desarrollada durante los años 80 del siglo XX basada en la necesidad de sustancias hidrocarbonadas que tienen las yemas para desarrollarse, pero los estudios en los que se combinaba plantas con diferentes niveles de reservas y la temperatura ambiente, demostraron que eran las bajas temperaturas las que inducían la floración con independencia de las reservas en carbohidratos (Goldschmidt, et al., 1985). Bajo el punto de vista hormonal, las giberelinas se identificaron como hormonas capaces de inhibir parcialmente la floración cuando se aplican en la época de inducción floral (Monselise y Halevy, 1964). Esta técnica ha sido ampliamente utilizada por su eficacia en la reducción de la floración en todas las especies de cítricos en cultivo, dependiendo la respuesta de éstas y de la concentración y de la fecha de aplicación (Agustí et al., 2022). En general, esta sustancia interfiere en la inducción floral reprimiendo la actividad de *CsFT3*, provocando una disminución de los brotes multiflorales sin hojas, y aumentando los brotes vegetativos. Esta reducción permite, a su vez, aumentar la eficacia de los tratamientos para aumentar el cuajado de las variedades partenocárpicas. Por tanto, la reducción de la floración consigue, por una parte, aumentar el cuajado espontáneo al reducir la competencia entre órganos en desarrollo y, por otro, al aumentar la eficacia de los tratamientos específicos para mejorar el cuajado, resolviendo, de este modo, el problema generado por una intensidad de floración elevada.

El papel del ácido abscísico no está todavía bien definido, así mientras su aplicación directa a las yemas inhibe la floración (García-Luis, 1986), en los árboles cultivados bajo un período inductivo a 15°C la concentración del ABA correlaciona positivamente con la floración (Li et al., 2017; Endo et al., 2018). Si el efecto inductor del estrés hídrico es a través de una acumulación de ABA está todavía por demostrar.

El papel de las citoquininas como inductoras de la floración se ha demostrado dependiente de su concentración. Así en el limón 'Eureka' (Tisserat et al., 1990) y en la mandarina 'Satsuma' (García-Luis et al., 1989) el cultivo in vitro de yemas axilares a

temperatura inductiva florecen cuando el medio es suplementado con sacarosa y benciladenina.

El etileno también se ha propuesto como promotor de la floración pero no en los cítricos. Dado que esta sustancia inhibe el transporte polar de las auxinas, su modo de acción podría ser indirecto a través del metabolismo del ácido indolacético (AIA).

Esta relación de las auxinas con la floración ha merecido el interés en su conocimiento en los últimos años. Así mientras las giberelinas se muestran efectivas para reducir la floración cuando se aplican exógenamente, su papel endógeno no está aclarado. Es más, su modo de acción ha sido cuestionado ya que: 1) mientras su contenido en las hojas es mayor en los brotes que contienen frutos y que no florecen al año siguiente, su contenido en las yemas no muestra diferencias en las de los brotes con frutos y sin frutos (Koshita et al., 1999 y Jones et al., 1977), 2) no está bien determinado en el momento en el cual se originan los cambios endógenos de giberelinas durante la inducción y la diferenciación floral, 3) no se conoce si existe un valor umbral de giberelinas superado el cual se inhibe la floración, 4) los inhibidores de la síntesis de giberelinas no consiguen promover la floración en presencia del fruto, y 5) la aplicación de ácido giberélico reduce la expresión de *CiFT3* pero no altera la de su represor *CsMADS19*.

Como consecuencia de estas dudas, se ha propuesto una señal alternativa a las giberelinas en el proceso de la floración. Las giberelinas podrían ser el primer mensajero en el ápice de un brote en crecimiento donde se estimularían la síntesis de AIA, y el transporte polar de auxinas podría actuar como segundo mensajero que sería la señal de transporte capaz de inhibir la floración (Bangerth, 2009). En los cítricos, los árboles con una elevada cosecha tienen niveles de AIA más altos en las yemas que los árboles sin fruto (Shalom et al., 2014), lo que indica que el fruto origina un fuerte transporte polar de auxinas que se detiene cuando se elimina el fruto, permitiendo que las auxinas salgan de las yemas; se ha sugerido que el fruto podría generar una señal auxínica en la yema y en el meristemo apical que interferiría con la inducción floral (Haim et al., 2021).

De acuerdo con todo ello la posibilidad de que las auxinas de síntesis reduzcan la floración en condiciones de cultivo abre una expectativa nueva en el uso de estas sustancias en Citricultura. Nuestros resultados indican que en las 3 especies más importantes de cítricos en cultivo, naranjo dulce, mandarino clementino y limonero, la aplicación de la sal dimetilamina del 2,4-D reduce significativamente la intensidad de floración, y que esta respuesta es, sobre todo, a través de una reducción de los brotes florales sin hojas, de un modo similar a como lo hace el ácido giberélico. La respuesta al ácido naftalenacético es similar a la del 2,4-D, si bien en nuestro trabajo solo se ha demostrado para el mandarino clementino 'Oronules'. Resulta importante destacar que la aplicación de auxinas de síntesis si bien modifica el número de brotes florales sin hojas, no altera el número de flores por brote en las tres especies, en particular el de los RF. En el caso de los brotes mixtos la respuesta no es uniforme, aunque en general el número de flores tampoco se altera como ocurre para el ácido giberélico (Guardiola et al., 1977). Este efecto es lógico dado que el proceso de la floración en una yema se da o no se da, es decir, la yema si está inducida y brota florece, y si no está inducida y brota no florece, pero cuando lo hace, el número de órganos florales es igual en los tratados y en los controles (Agustí et al., 2022). Y con todo ello, el desarrollo inicial del fruto se ve estimulado, incluso al inicio de su fase lineal del crecimiento, explicando el mayor cuajado espontáneo que se observa en los árboles tratados (Agustí et al., 1982; Agustí y Primo-Millo, 2020).



Nuestros resultados no indican un efecto significativo sobre la brotación, es decir, sobre el porcentaje de nudos que brotan. Este efecto contrasta con el registrado para el ácido giberélico en la mayor parte de estudios realizados.

Los resultados se han mostrado eficaces cuando se aplican en la época de inducción floral y son similares a los obtenidos con la aplicación de GA<sub>3</sub> en el mandarino clementino 'Oronules', lo que sugiere que la respuesta podría ser general para las auxinas de síntesis; pero nuestro trabajo no aborda si la respuesta es dependiente de la concentración aplicada, y está basado en resultados previos sobre naranjo dulce publicados en los años 70 del siglo XX (Guardiola et al., 1977) y no repetidos hasta hoy. Por otra parte, debe destacarse que las auxinas de síntesis cuando se aplican en esta época no modifican la evolución de la coloración del fruto, lo que sí hace el GA<sub>3</sub> alterando el calendario de recolección de algunas variedades.

Estos resultados, además de su interés meramente agronómico, representan un avance importante para abordar en profundidad el proceso de la regulación de la floración en los cítricos, y en particular el papel del fruto como inhibidor de la floración.

## **VI. CONCLUSIONES**

Las auxinas de síntesis reducen significativamente la intensidad de la floración en las tres especies de cítricos estudiadas. Su efecto es particularmente intenso sobre los brotes florales sin hojas. Este efecto de las auxinas representa una alternativa de cultivo al uso del ácido giberélico, y el conocimiento de su acción un progreso importante en el estudio de la regulación de la floración en cítricos.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Agustí, M.** (2010). *Fruticultura*. Ed. Mundi-Prensa. 2a Ed. Madrid. 507 pp.
- Agustí, M., y Primo-Millo, E.** (2020). "Flowering and fruit set," in *The Genus Citrus*. eds. M. Talón, M. Caruso and F. G. Gmitter (Cambridge, UK: Woodhead Publishing), 219–244.
- Agustí, M., García-Marí, F. y Guardiola, J.L.** (1982). Gibberellic acid and fruit set in sweet orange. *Sci. Hortic.*, 17: 257-264.
- Agustí, M., Mesejo, C., y Reig, C.** (2020). *Citricultura*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, Spain, 488.
- Agustí, M., Reig, C., Martínez-Fuentes, A. y Mesejo, C.** (2022). Advances in Citrus Flowering: A review. *Front. Plant Sci.*, 13: 868831
- Bangerth, K. F.** (2009). Floral induction in mature, perennial angiosperm fruit trees: similarities and discrepancies with annual/biennial plants and the involvement of plant hormones. *Sci. Hortic.* 122, 153–163.
- Davies, F.S., y Albrigo, L.G.** (1994) *Citrus*. Wallingford, Oxon, UK: CAB International Publisher, 254 pp.
- Endo, T., Shimada, T., Nakata, Y., Fujii, H., Matsumoto, H., Nakajima, N., et al.** (2018). Abscisic acid affects expression of citrus *FT* homologs upon floral induction by low temperature in Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.). *Tree Physiol.* 38, 755–771.
- García-Luis, A., Almela, V., Monerri, C., Agustí, M., y Guardiola, J. L.** (1986). Inhibition of flowering "in vivo" by existing fruits and applied growth regulators in *Citrus unshiu*. *Physiol. Plant.* 66, 515–520.
- García-Luis, A., Santamarina, P., and Guardiola, J. L.** (1989). Flower formation from *Citrus unshiu* buds cultured *in vitro*. *Ann. Bot.* 64, 515–519.
- Goldschmidt, E. E., Aschkenazi, N., Herzano, Y., Schaffer, A. A., y Monselise, S. P.** (1985). A role for carbohydrate levels in the control of flowering in citrus. *Sci. Hortic.* 26, 159–166.
- Guardiola, J. L., Agustí, M., y García-Marí, F.** (1977). Gibberellic acid and flower bud development in sweet orange. *Proc. Int. Soc. Citricult.* 2, 696–699.
- Haim, D., Shalom, I., Simhon, Y., Ahlizerman, L., Kamara, I., Morozov, M., et al.** (2021). Alternate bearing in fruit trees: fruit presence induces polar auxin transport in citrus and olive stem and represses IAA release from the bud. *J. Exp. Bot.* 72, 2450–2462.
- Inoue, H.** (1990). Effects of temperature on bud dormancy and flower bud differentiation in Satsuma mandarin. *J. Japan. Soc. Hortic. Sci.* 58, 919–926 (in Japanese with an English summary).
- Inoue, H., y Harada, Y.** (1988). Tree growth and nutrient absorption of young satsuma mandarins under different temperature conditions. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 57, 1–7 (in Japanese with English summary)

**Jones, W. W., Coggins, C. W. Jr., y Embleton, T. W.** (1977). Growth regulators and alternate bearing. *Proc. Int. Soc. Citricult.* 2, 657–660.

**Koshita, Y., Takahara, T., Ogata, T., y Goto, A.** (1999). Involvement of endogenous plant hormones (IAA, ABA, GA) in leaves and flower bud formation of satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.). *Sci. Hortic.* 79, 185–194.

**Li, J. X., Hou, X. J., Zhu, J., Zhou, J. J., Huang, H. B., Yue, J. Q., et al.** (2017). Identification of genes associated with lemon floral transition and flower development during floral inductive water deficits: a hypothetical model. *Front. Plant Sci.* 8:1013.

**Martínez-Fuentes, A., Mesejo, C., Juan, M., Almela, V., y Agustí, M.** (2004). Restrictions on the exogenous control of flowering in citrus. *Acta Hortic.* 632, 91–98

**Monselise, S. P., y Halevy, A. H.** (1964). Chemical inhibition and promotion of citrus flower bud induction. *J. Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.* 84, 141–146.

**Muñoz-Fambuena, N., Mesejo, C., González-Mas, M. C., Primo-Millo, E., Agustí, M., y Iglesias, D. J.** (2011). Fruit regulates seasonal expression of flowering genes in alternate-bearing 'Moncada' mandarin. *Ann. Bot.* 108, 511–519.

**Nishikawa, F., Endo, T., Shimada, T., Fujii, H., Shimizu, T., Omura, M., et al.** (2007). Increased *CiFT* abundance in the stem correlates with floral induction by low temperature in Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.). *J. Exp. Bot.* 58, 3915–3927

**Ordúz-Rodríguez, J. O., y Garzón, D. L.** (2013). Alternancia de la producción y comportamiento fenológico de la naranja 'Valencia' (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) en el trópico bajo húmedo de Colombia. *Cienc. Tecnol. Agropecu.* 13, 136–144

**Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.** (Consulta el 15 mayo de 2022) <https://www.fao.org/faostat/es/#data>

**Shalom, L., Samuels, S., Zur, N., Shlizerman, L., Doron-Faigenboim, A., Blumwald, E., et al.** (2014). Fruit load induces changes in global gene expression and in abscisic acid (ABA) and indole acetic acid (IAA) homeostasis in citrus buds. *J. Exp. Bot.* 65, 3029–3044

**Tisserat, B., Galletta, P. D., y Jones, D.** (1990). *In vitro* flowering from *Citrus limon* lateral buds. *J. Plant Physiol.* 136, 56–60.