



Fotos: Natalia Guimaraes

# MANDARINAS SIN SEMILLAS: intercompatibilidad y fenología floral de cultivares de origen nacional registrados. Parte II

Ing. Agr. MSc. Natalia Guimaraes<sup>1</sup>, Ing. Agr. MSc. Ana Paula Mautone<sup>2</sup>, Ing. Agr. Dr. Fernando Rivas<sup>1</sup>, Ing. Agr. MSc. Alfredo Gravina<sup>2</sup>, Ing. Agr. Dra. Giuliana Gambetta<sup>2</sup>

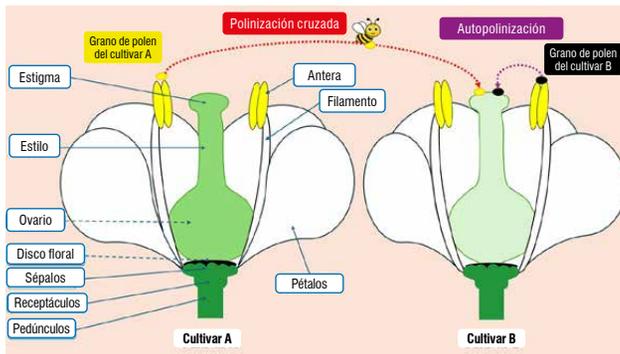
<sup>1</sup>Sistema Vegetal Intensivo - INIA  
<sup>2</sup>Facultad de Agronomía - Udelar

La ausencia de semilla es un parámetro importante de calidad de fruta que define el acceso a los mercados y su valor comercial, especialmente en mandarinas. Los resultados de investigaciones enfocadas en la optimización de la producción de frutos sin semillas se presentan en dos artículos. El primero (Parte I) aborda la biología reproductiva e intercompatibilidad de tres cultivares de origen nacional [Acceda AQUÍ](#). En esta segunda entrega (Parte II) se presentan los resultados sobre la fenología floral de dichos cultivares.

## INTRODUCCIÓN

La citricultura nacional está orientada a la exportación de fruta para consumo en fresco. La calidad de fruta es fundamental para mantener la competitividad del sector, que se ha posicionado como un proveedor de frutos cítricos de alta calidad para los mercados más exigentes.

La ausencia de semillas es considerada un importante atributo de calidad, especialmente en mandarinas, determinando el acceso a los mercados y su valor comercial. Los híbridos de mandarinas codificados como F4P7, F3P8 y F2P3 fueron desarrollados por el programa de mejoramiento genético de cítricos en Uruguay (INIA-Fagro).



**Figura 1** - Esquema de la morfología de la flor de cítricos y los tipos de polinización: el polen proviene del mismo cultivar que el estigma (autopolinización) o de un cultivar diferente (polinización cruzada).

Estos genotipos se destacan por su excelente calidad de fruta (color, sabor y textura) y su bajo número de semillas en condiciones de polinización cruzada (Rivas & Vignale, 2015). En el marco de la reconversión varietal, estos cultivares son de interés para el sector productivo debido a que satisfacen las demandas de los mercados internacionales.

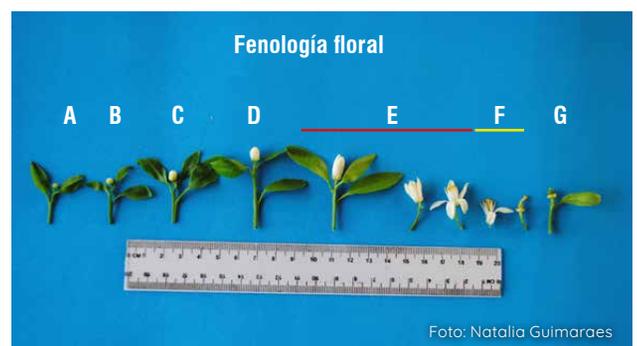
En climas templados, las especies cítricas, a excepción del limonero (*Citrus x limon*), presentan normalmente un solo flujo de brotación reproductiva, que ocurre en primavera, y dos brotaciones vegetativas, una al inicio y otra al final del verano. Los cítricos pueden desarrollar cinco tipos de brotes: 1) vegetativo (solo hojas), 2) terminal (una flor terminal acompañada de hojas), 3) mixto (varias flores y hojas), 4) solitario (una flor sin hojas) y 5) inflorescencia (varias flores sin hojas). La fenología relaciona eventos biológicos periódicos con el clima. En cítricos, al igual que para otros cultivos, estos eventos se han estandarizados a través de la escala fenológica BBCH (Agustí *et al.*, 1997). La fenología floral incluye los estadios principales de desarrollo de las flores (estadio 5) y la floración (estadio 6). Además se destaca la plena floración, estadio secundario alcanzado cuando la mayor proporción ( $\geq 50$  %) de las flores se encuentran abiertas (antesis). También puede determinarse el inicio y el final de la floración, definidos respectivamente como el primer día de flores en antesis (FDA) y el último día de flores en antesis (LDA), y calcular su duración como el número de días desde el FDA hasta el LDA. En la mayoría de los cítricos, al momento de antesis ocurre la liberación de los granos de polen maduros (dehiscencia de las anteras) y los estigmas están receptivos, liberando secreciones estigmáticas que permiten la hidratación y la germinación de los granos de polen. Para que ocurra la fecundación y la formación de semilla, los granos de polen deben llegar a un estigma receptivo, germinar y alcanzar óvulos aún fértiles. Por lo tanto, el estado de plena floración es crítico para evitar la formación de semillas, ya que

existe una alta proporción de flores receptivas a ser polinizadas y alta disponibilidad de polen maduro, posibilitando la fecundación de los óvulos.

La producción de frutos sin semillas en cultivares autoincompatibles con óvulos fértiles se basa en evitar la polinización con polen compatible. Las abejas (*Apis mellifera*) son las principales polinizadoras en los cítricos, transportando los granos de polen desde las anteras a los estigmas (polinización) (Figura 1). Para evitar la presencia de semillas se han desarrollado diferentes estrategias que impiden la polinización cruzada (Gravina, 2014). Además, la desincronización de la floración entre variedades compatibles evita su polinización cruzada, debido a que las flores de ambas no coinciden temporalmente (Podestá, 2007). Por tanto, la desincronización en la fecha de antesis contribuye a disminuir la presencia de semillas en variedades compatibles de cítricos (Bono *et al.*, 2000).

## METODOLOGÍA

Los experimentos se realizaron en la Estación Experimental de INIA Salto Grande, entre los años 2020 y 2023. Se utilizaron árboles adultos de los híbridos de mandarina F4P7, F3P8 y F2P3 injertados sobre 'Trifolia' (*Poncirus trifoliata* Raf.). Se evaluó la fenología floral (Figura 2) utilizando una modificación de la escala BBCH adaptada para cítricos (Agustí *et al.*, 1997). Además, se determinó el primer día de flores en antesis (FDA), el momento con mayor proporción de flores en antesis (plena floración), el último día de flores en antesis (LDA) y se calculó la duración del período de floración (LDA-FDA). Para esto, se seleccionaron cinco árboles de cada cultivar y se marcaron dos ramas por árbol. Se colocaron sensores de temperatura en la

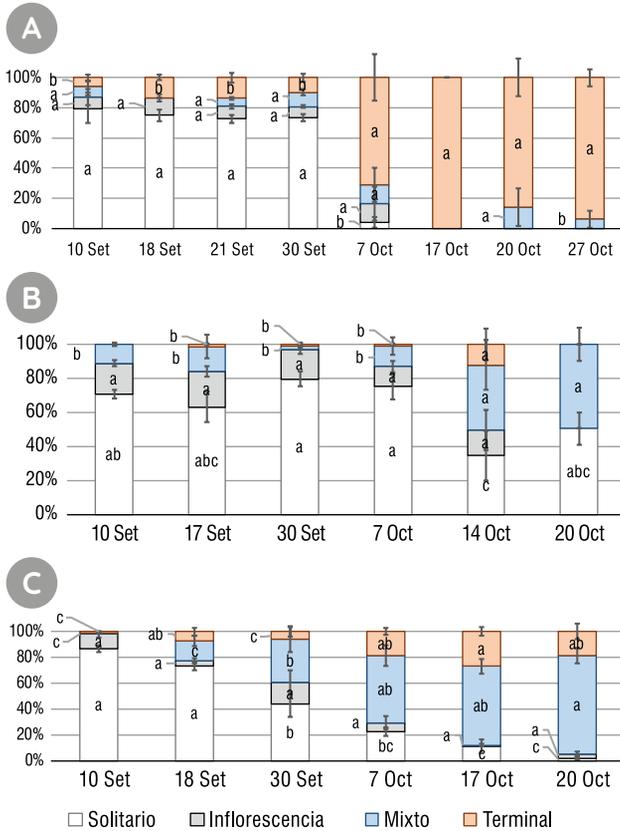


**Figura 2** - Escala de fenología floral: (A) botón floral cubierto completamente por los sépalos, (B) botón floral con sépalos envolviendo la mitad de la corola, (C) botón floral redondo con pétalos envolviendo la corola, (D) botón floral alargado, (E) botón floral alargado y hueco hasta apertura floral o antesis, (F) flor durante caída de pétalos y estambres y (G) fruto en desarrollo rodeado por los sépalos sin pétalos, estambres ni estilo.

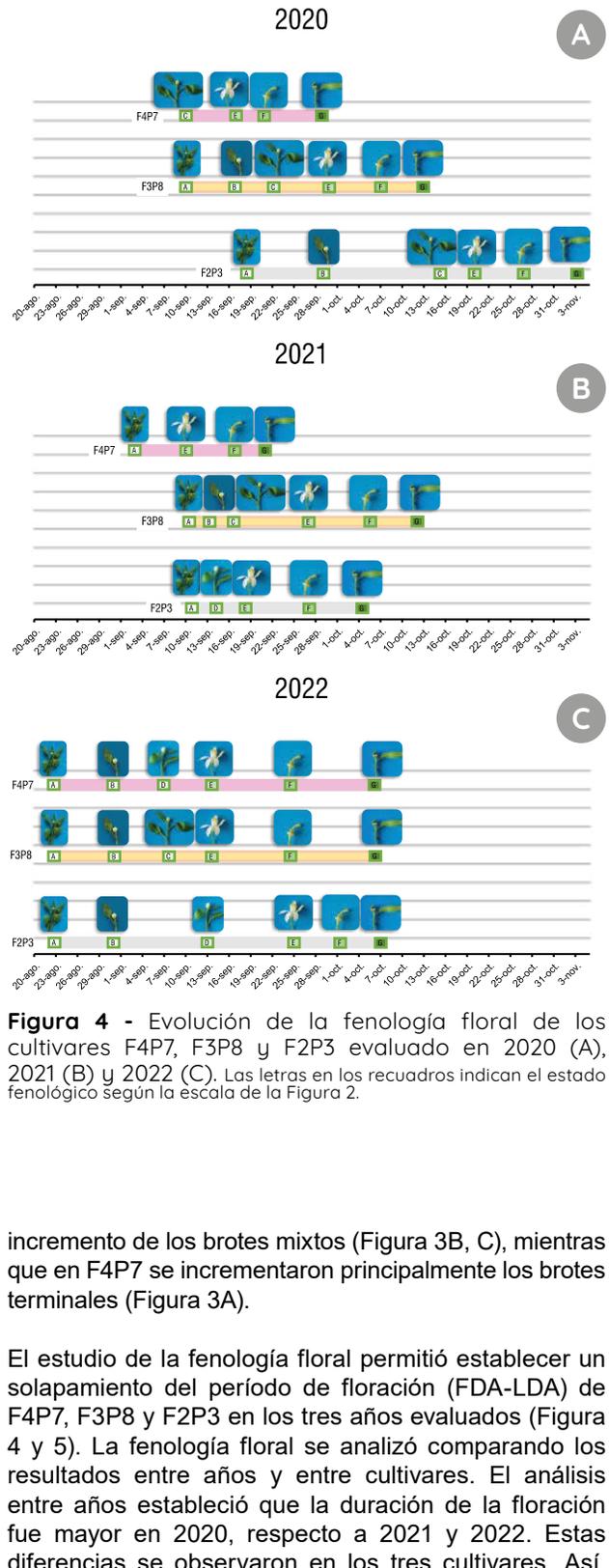
copa de los árboles. Las evaluaciones se realizaron dos veces por semana desde inicio de la brotación hasta el fin de la floración, en tres primaveras consecutivas. Las comparaciones de la fenología floral entre años y entre cultivares se analizaron a partir de la media, moda y el desvío estándar (DE).

**FENOLOGÍA FLORAL**

La distribución de tipos de brotes de las flores nuevas (desde estado fenológico A hasta C según la escala de la Figura 2) durante el período de floración fue similar entre los cultivares y en los tres años evaluados, por lo que se presentan solamente los resultados de un año (Figura 3). En los tres cultivares, al inicio de la estación, la mayoría de los brotes fueron flores solitarias; la proporción de flores nuevas de brotes con hojas (terminales y mixtos) aumentó con el avance de la floración, en detrimento de nuevas flores solitarias. Estos resultados concuerdan con Lovatt et al. (1984), quienes reportaron que el orden de aparición es diferente según el tipo de brote, brotando inicialmente los reproductivos sin hojas y posteriormente los brotes reproductivos con hojas. En los tres años de estudio, en los cultivares F3P8 y F2P3 se destacó el



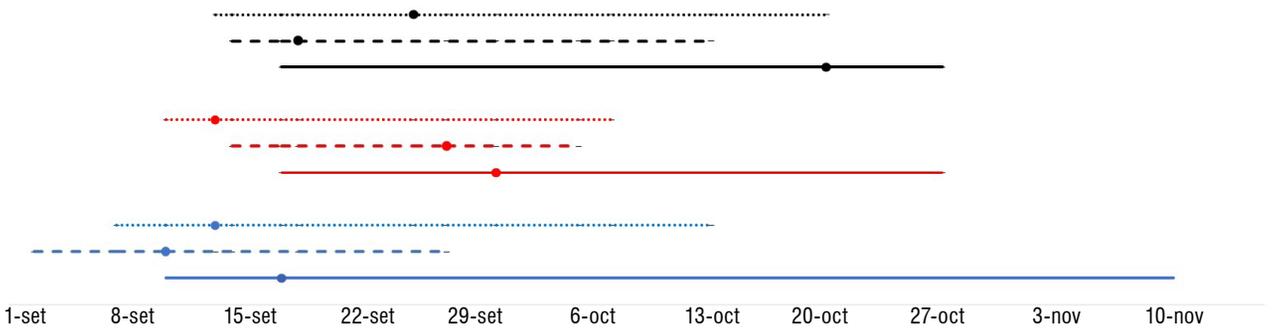
**Figura 3** - Distribución porcentual de brotes reproductivos terminales (naranja), mixtos (azul), inflorescencias (gris) y solitarios (blancos) de las flores nuevas (desde estado fenológico A hasta C), en los cultivares F4P7 (A), F3P8 (B) y F2P3 (C) en la primavera 2020. Los datos son las medias de cinco repeticiones, las barras indican el error estándar y las letras indican para cada tipo de brote diferencias entre fechas.



**Figura 4** - Evolución de la fenología floral de los cultivares F4P7, F3P8 y F2P3 evaluado en 2020 (A), 2021 (B) y 2022 (C). Las letras en los recuadros indican el estado fenológico según la escala de la Figura 2.

incremento de los brotes mixtos (Figura 3B, C), mientras que en F4P7 se incrementaron principalmente los brotes terminales (Figura 3A).

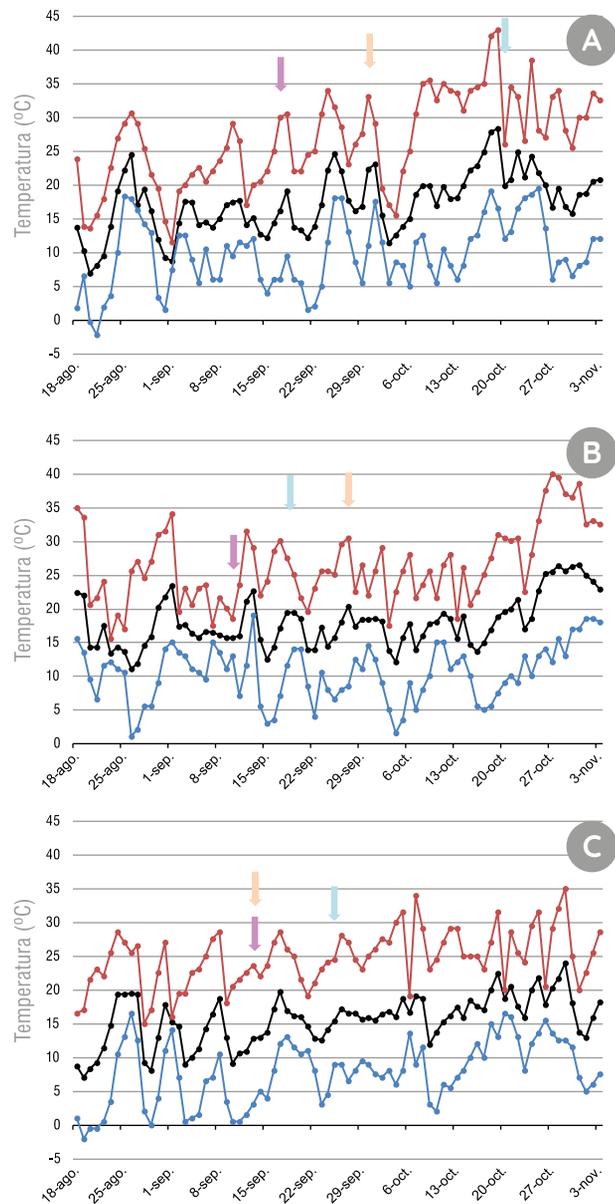
El estudio de la fenología floral permitió establecer un solapamiento del período de floración (FDA-LDA) de F4P7, F3P8 y F2P3 en los tres años evaluados (Figura 4 y 5). La fenología floral se analizó comparando los resultados entre años y entre cultivares. El análisis entre años estableció que la duración de la floración fue mayor en 2020, respecto a 2021 y 2022. Estas diferencias se observaron en los tres cultivares. Así, en 2020 la floración se extendió en los tres cultivares, alcanzando 61, 40 y 40 días en F4P7, F3P8 y F2P3 respectivamente, mientras que en 2021 se redujo a 25 días en F4P7, 21 días en F3P8 y 29 días en F2P3. En los tres cultivares las fechas de FDA, plena floración y LDA fueron más tardías en 2020 que en 2021 o 2022.



**Figura 5** - Evolución de la fenología floral de F4P7 (líneas azules), F3P8 (líneas rojas) y F2P3 (líneas negras) injertados sobre 'Trifolia' (*Poncirus trifoliata* Raf.), en 2020 (líneas continuas), 2021 (líneas discontinuas) y 2022 (líneas punteadas). El inicio y el fin de las líneas indican el primer día de flores en antesis (FDA) y el último día de flores en antesis (LDA) y los círculos, la plena floración (mayor proporción de flores en antesis).

Al analizar el efecto del año sobre estas variables, es posible observar que en F4P7 la fecha de FDA (DE 4 días) y la de plena floración (DE 4 días) presentaron baja variación entre años. Sin embargo, la fecha de LDA presentó más de tres semanas de diferencia entre años (DE 22 días), aumentando la variabilidad en la duración de la floración (DE 18 días). En F3P8, el FDA también fue similar entre años (DE 4 días), aunque las fechas de plena floración (DE 9 días), LDA (DE 12 días) y la duración de la floración (DE 10 días) presentaron mayores desvíos. Por otro lado, en F2P3 el FDA fue muy estable entre años (DE 2 días), al igual que el LDA (DE 7 días) y el período de floración (DE 6 días). Sin embargo, las fechas de plena floración presentaron mayores diferencias entre años (DE 17 días). Las variaciones entre años registradas en LDA en F4P7 y F3P8 se debieron fundamentalmente a su retraso en el primer año, alargando el período de floración.

El aumento de la temperatura durante el desarrollo del botón floral adelanta la antesis y disminuye la duración de la floración, debido al aumento de la tasa de crecimiento de la flor (Distefano *et al.*, 2018). Sin embargo, no se registraron variaciones importantes de la temperatura durante el desarrollo del botón floral entre años, que puedan explicar el atraso en LDA (Figura 6). Por otro lado, la variación entre años en la fecha en que se alcanzó la plena floración en F2P3 puede explicarse por un atraso en el primer año, en el cual predominaron los brotes reproductivos con hojas (78 % del total de brotes reproductivos), que brotan más tarde en la estación (Lovatt *et al.*, 1984). A pesar de la variabilidad entre años en la fenología floral de los cultivares, no se



**Figura 6** - Temperatura mínima (azul), máxima (rojo) y promedio diario (negra) del aire (°C) registrada en 2020 (A), 2021 (B) y 2022 (C). Las flechas indican la fecha de plena floración en F4P7 (rosada), F3P8 (naranja) y F3P2 (celeste).

La floración de F4P7 inicia más temprano, mientras que la de F2P3 lo hace más tardíamente.



Foto: Natalia Guimaraes

**Figura 7** - Rama del híbrido F2P3 en plena floración.

registró el solapamiento de la plena floración en F4P7 y F2P8, es decir, la mayor proporción de flores abierta de estos cultivares no coinciden temporalmente. La desincronización en la antesis es un factor importante que reduce la polinización cruzada y la formación de semillas (Bono *et al.*, 2000; Podestá, 2007).

### CONSIDERACIONES FINALES

A través del estudio de la fenología floral se determinó que el estado fenológico con menor variabilidad entre años fue el inicio de la floración, siendo F4P7 el cultivar más precoz y F2P3 el más tardío. Los tres cultivares presentan solapamiento del período de floración, posibilitando la fecundación y formación de semilla en

En F4P7, F3P8 y F2P3 la mayor proporción de flores solitarias brotan al inicio de la floración, mientras que la mayoría de los brotes reproductivos con hoja (terminales y mixtos) lo hacen avanzada esta etapa.

La etapa de plena floración en F4P7 y F2P3 presenta una desincronización, por lo tanto, en estos cultivares el período con mayor proporción de flores en antesis no coincide temporalmente.

los cruzamientos compatibles (F4P7 x F2P3 y F3P8 x F2P3). No obstante, F4P7 y F2P3 presentan una desincronización del período con mayor proporción de flores en antesis (plena floración), lo que podría reducir el porcentaje de frutos con semillas y/o el número de semillas por fruto. En síntesis, el estudio de la biología reproductiva (compatibilidad/incompatibilidad), la intercompatibilidad y la fenología floral de F4P7, F3P8 y F2P3 permite optimizar el diseño de nuevas plantaciones y el manejo agronómico con objetivo de producir fruta sin semilla.

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado en el marco del Doctorado en Ciencias Agrarias (Fagro-Udelar) de la Ing. Agr. MSc Natalia Guimaraes Acuña, financiado con Beca de posgrado INIA.

### REFERENCIAS

- Agustí, M., Zaragoza, S., Bleiholder, H., Buhr, L., Hack, H., Klose, R., & Stauß, R. (1997). Adaptation de l'échelle BBCH à la description des stades phénologiques des agrumes du genre *Citrus*. *Fruits*, 52(5), 287–295.
- Bono, R., Soler, J., & Buj, A. (2000). Parámetros de calidad de los cítricos. El problema de las semillas. *Revista Comunidad Valenciana Agraria*, 16, 7–15.
- Distefano, G., Gentile, A., Hedhly, A., & La Malfa, S. (2018). Temperatures during flower bud development affect pollen germination, self-incompatibility reaction and early fruit development of clementine (*Citrus clementina* Hort. ex Tan.). *Plant Biol (Stuttg)*, 20(2), 191–198.
- Gravina, A. (2014). *Fisiología de cítricos* (A. Gravina, Ed.). Facultad de Agronomía-Universidad de la República. 145 p.
- Lovatt, C. J., Streeter, S. M., Minter, T. C., O'Connell, N. V., Flaherty, D., Freeman, M. W., & Goodell, P. B. (1984). Phenology of flowering in *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, cv. 'Washington' Navel orange. *International Citrus Congress*, 186–190.
- Podestá, L. (2007). Floración, polinización y cuaje. In G. Sozzi (Ed.), *Árboles frutales: Ecofisiología, cultivo y aprovechamiento*. (pp. 285–308). Facultad de Agronomía-Universidad de Buenos Aires.
- Rivas, F., & Vignale, B. (2015). Nuevas oportunidades varietales de *Citrus* para la mejora de la competitividad. *Resultados de Investigación En Citricultura*, 8–12.