

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE AUXINAS DE SÍNTESIS Y EL RALEO
MANUAL DE FRUTOS EN EL TAMAÑO FINAL DE MANDARINA
AFOURER**

por

María Noel CARABALLO FALERO

Nicolás VIGNOLO ALZA

**Trabajo final presentado como uno
de los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo**

MONTEVIDEO

URUGUAY

2023

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a:

Ing. Agr. (Dra) Giuliana Gambetta Romaso

Ing. Agr. (Mag.) Alfredo Gravina Telechea

Tribunal:

Ing. Agr. (Dra) Giuliana Gambetta

Ing. Agr. (Mag.) Alfredo Gravina

Ing. Agr. Oscar Bentancur

Fecha: 11 de septiembre de 2023

Estudiantes:

María Noel Caraballo Falero

Nicolás Vignolo Alza

Agradecimientos:

Nicolás Vignolo:

A mi familia por todo el apoyo brindado desde siempre. A mi madre, mis abuelos y hermanos.

A mi segunda familia, Nuñez-Russi, quienes me dieron todo su apoyo y cariño, abriéndome las puertas de su casa y familia. Elba, Miguel e Isma estoy eternamente agradecidos con ustedes.

A nuestra directora y tutora de tesis, Giuliana Gambetta, un ejemplo de dedicación, gracias por transmitirnos tus conocimientos en todas las instancias.

A todo personal de AGRISUR CARL, Ing. Agr. Gabriel Bueno e Ing. Agr. Ramiro Vacca por fomentar la idea raíz, por el apoyo y darnos las condiciones necesarias para llevar a cabo el experimento, gracias a todos los que formaron parte.

Al establecimiento “El Espinillo” por darnos la oportunidad de realizar el experimento y colaborar con todo lo necesario para que fuera posible.

María Noel Caraballo:

A mi compañero Nicolás por permitirme ser parte de este trabajo.

A mis hijos, Clara, Francisco y Julia y a mi esposo Andrés, por acompañarme en el proceso, con alegría, compartiendo tiempo valioso.

A nuestra directora de tesis, Giuliana Gambetta, reafirmo lo escrito antes, gracias por ser tan generosa con tus conocimientos y compartir todo tú saber.

A los compañeros de trabajo en AGRISUR CARL, que nos brindaron su apoyo cuando lo necesitamos.

Al establecimiento “El Espinillo” y al personal del lugar, por brindarnos la posibilidad de realizar el trabajo en sus instalaciones.

Y por último y con todo mi amor, te la dedico a vos mamá.

Tabla de contenido

Página de aprobación.....	2
Agradecimientos.....	3
Lista de tablas y figuras.....	6
Resumen	7
Summary.....	8
1. Introducción.....	9
2. Revisión bibliográfica.....	11
2.1 Origen de los cítricos.....	11
2.2 Citricultura en el mundo	11
2.3 Citricultura en Uruguay e importancia de la Mandarina Afourer	11
2.4 Biología reproductiva y ciclo productivo de los cítricos.....	12
2.4.1 Biología reproductiva.....	12
2.4.2. Brotación y floración.....	13
2.4.3 Cuajado de frutos cítricos.....	13
2.4.5 Crecimiento y maduración de frutos cítricos.....	14
2.5 Mejora del tamaño de fruto.....	15
3. Hipótesis y objetivos.....	19
4. Materiales y metodología.....	21
4.1 Diseño experimental.....	21
4.2 Evaluaciones de campo y planta de empaque.....	23
4.2.1 Floración y cuajado de frutos	23
4.2.2 Crecimiento de frutos.....	24
4.2.3 Cosecha	24
4.3 Análisis Estadístico	25
4.3.1 Rendimiento y peso medio del fruto	25
4.3.2 Número de frutos	25

4.3.3 Proporción de frutos cuajados, por estrato de tamaño y por estrato de peso	25
4.3.4 Número de frutos raleados y proporción de frutos raleados.....	25
5. Resultados y discusión.....	26
5.1 Floración y cuajado de frutos.....	26
5.2 Número de frutos extraídos con el tratamiento de raleo manual.....	29
5.3 Crecimiento de los frutos.....	30
5.4 Evaluación de la cosecha de frutos.....	32
6. Conclusiones	44
7. Bibliografía.....	45
8. Anexos	50

Lista de tablas y figuras

Tabla N°.

Tabla 1 <i>Tratamientos realizados en mandarina Afourer en alta intensidad de floración</i>	23
Tabla 2 <i>Intensidad de floración (flores cada 100 nudos) y porcentaje de frutos cuajados de mandarina Afourer</i>	28
Tabla 3 <i>Número total de frutos raleados el 18/2 y porcentaje de frutos raleados clasificados según diámetro ecuatorial en mandarina Afourer</i>	30
Tabla 4 <i>Número de frutos, rendimiento (kg por planta) y peso medio de frutos (PMF) de mandarina Afourer</i>	35
Tabla 5 <i>Rendimiento (kg/ planta) y porcentaje del rendimiento (kg) proveniente de frutos clasificados en las categorías de interés comercial de mandarina Afourer</i>	39
Tabla 6 <i>Número de frutos y porcentaje de frutos clasificados en las categorías de interés comercial de mandarina Afourer</i>	40
Tabla 7 <i>Principales resultados obtenidos en mandarina Afourer</i>	43

Figura N°.

Figura 1 <i>Ubicación del cuadro de mandarina Afourer (A2) en el establecimiento 'El Espinillo'</i>	21
Figura 2 <i>Medición del diámetro de frutos, conteo y clasificación de frutos raleados</i>	24
Figura 3 <i>Evolución del porcentaje de frutos cuajados de mandarina Afourer</i>	29
Figura 4 <i>Evolución de diámetro ecuatorial (mm) de los frutos de mandarina Afourer</i>	32
Figura 5 <i>Número total de frutos cosechados y número de frutos de tamaño comercializable (53-90 mm) de mandarina Afourer</i>	41

Resumen

La citricultura uruguaya se enfoca a la exportación de fruta para el consumo en fresco. La mandarina Afourer es demandada por su calidad organoléptica y carencia de semillas en ausencia de polinización., pero en condiciones de libre polinización, puede presentar un excesivo número de frutos de pequeño tamaño. La cooperativa AGRISUR CARL, ubicada al sur del país recibe gran parte de los frutos de este cultivar de tamaño no comercializable. A pesar de realizar raleo manual, el problema persiste. La aplicación de auxinas de síntesis como raleadores químicos ha mostrado mejoras en otros casos. En este estudio se evaluó el efecto de las auxinas en árboles de mandarina Afourer con alta floración y en libre polinización.

Se establecieron 12 tratamientos con 5 repeticiones cada uno. Estos incluyeron auxinas (3,5,6-TPA y ANA) aplicadas individualmente ("ANA1", "TPA1," "ANA2" y "TPA2") y combinadas en dos fechas de aplicación, así como combinadas con raleo manual y raleo manual por sí solo. Las variables medidas incluyeron intensidad de floración, cuajado, tamaño y número de frutos, rendimiento y distribución de calibres comerciales.

La primera aplicación de TPA provocó raleo de frutos, promovió una floración extemporánea y redujo a la mitad el rendimiento por árbol. La segunda aplicación combinada con la primera aumentó el tamaño de los frutos. El ANA aplicado individualmente no provocó raleo, pero lo hizo cuando se combinó con la segunda aplicación, raleando frutos provenientes del flujo de brotación que ocurrió al inicio del verano. El raleo manual redujo el número de frutos respecto al testigo y el descarte de frutos pequeños.

En resumen, los tratamientos más efectivos para las condiciones del experimento fueron la doble aplicación de ANA, la combinación de ANA con raleo manual y el raleo manual. Estos redujeron el descarte de frutos pequeños respecto al testigo y a las medidas individuales. Este estudio plantea la posibilidad de utilizar auxinas de síntesis en lugar de raleo manual en la producción de mandarinas Afourer,

Palabras Clave: Afourer, auxinas, raleo, tamaño de frutos, rendimiento

Summary

Uruguayan citrus industry is mainly focused on fruit export for fresh consumption. The Afourer mandarin is highly demanded worldwide, due to its organoleptic features and the lack of seeds in isolation of pollination. Under free pollination conditions, it can produce an excessive number of small fruits. The AGRISUR CARL cooperative, located in the south of the country, receive a large part of this cultivar fruits in a non-marketable size. Despite manual thinning attempts, the problem persists. The application of synthetic auxins as chemical thinners has shown improvements in other cases. Therefore, this study evaluated the effect of auxins on Afourer mandarin trees with high flowering and under free pollination conditions.

Twelve treatments with 5 replicates each were established. These included auxins (3,5,6-TPA and Naphthaleneacetic acid -ANA-) applied individually ("ANA1", "TPA1," "ANA2" and "TPA2") and combined, as well as combined with hand thinning and hand thinning alone. Two auxin application dates were evaluated and compared with a nontreated control and with hand thinning. Measured variables included flowering intensity, fruit set, fruit number and size, yield and distribution of commercial size categories.

The first application of TPA caused an important thinning, promoted an extemporaneous flowering and reduced 50 % of the yield per tree. The second application combined with the first one, increased fruit size. ANA only reduced fruit number when applied twice, thinning the fruits of the early summer extemporaneous bloom. HAnd thinning reduced fruit number per tree and low size discarded ones.

In summary, under the experiment conditions the most effective treatments were the double application of ANA, the combination of ANA with hand thinning and the individual hand thinning treatment. These treatments reduced the discarded low size fruits. This study highlights the possibility of using synthetic auxins instead of hand thinning in the production of Afourer mandarins.

Keywords: Afourer, auxins, thinning, fruit size, yield

1. Introducción

En Uruguay la citricultura está enfocada principalmente a la exportación de fruta para el consumo en fresco. Según datos publicados por el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP, 2019), el valor exportado de cítricos alcanzó los 65 millones de dólares, relacionado a un aumento en el valor de fruta exportada respecto a igual periodo en 2019. Este aumento en ventas fue producto de una mejor colocación en el mercado, principalmente de las variedades de mandarinas. Según Oficina de Estadísticas Agropecuarias (DIEA, 2003), entre los principales mercados a los que se destina la producción nacional se encuentran la Unión Europea y Estados Unidos, siendo este último destino el de mayor crecimiento en la demanda de mandarinas. Dentro de las variedades más vendidas, Afourer (*Citrus reticulata* Blanco) es una de las de mayor demanda a nivel internacional, por ser considerada de alta calidad de fruta y de altos rendimientos. El mismo autor afirma que desde hace muchos años, el sector citrícola se enfrenta a una demanda altamente exigente respecto al cumplimiento de las normas de calidad (interna y externa) e inocuidad del producto.

Los principales productores y exportadores de Uruguay se encuentran concentrados en tres empresas, con el 60% del total de fruta comercializada al exterior (Quiñones, 2017) entre las que se encuentra la cooperativa AGRISUR CARL. Esta cooperativa nuclea 11 productores de la zona sur del país, entre los que se destaca el establecimiento "El Espinillo", que remite un volumen importante de mandarina "Afourer" a la planta de empaque. En este establecimiento la producción de mandarina "Afourer" se realiza en libre polinización, presenta bajo número de semillas y muy alto rendimiento, con un alto porcentaje de frutos de muy bajo tamaño (J. C. Codina, comunicación personal, octubre 2020), no alcanzando el estándar requerido para la exportación. Esta limitante origina pérdidas de eficiencia durante el proceso de empaque, con las consecuentes pérdidas económicas. La aplicación de auxinas de síntesis ha demostrado tener un efecto de raleo de frutos cuando se aplican en la fase I del crecimiento (Guardiola, 1996) y aplicadas durante la fase II también se ha demostrado la obtención de un mayor calibre final (Agustí, 2003). Es por esto que realizamos el estudio del efecto de la aplicación de dos auxinas de síntesis a determinadas dosis y en momentos específicos con el fin de

lograr un aumento en el tamaño final del fruto y una mejor distribución de frutas en calibres comerciales.

2. Revisión bibliográfica

2.1 Origen de los cítricos

Los cítricos se originaron en Asia oriental, en la zona de China meridional, Indochina, Tailandia, Malasia e Indonesia. Hoy en día están distribuidos en la mayor parte de las regiones tropicales y subtropicales comprendidas entre los paralelos 44° N y 41° S (Agustí et al., 2020).

Los cultivos comerciales de cítricos integran el género *Citrus* de la familia *Rutaceae*, subfamilia *Aurantioideae* (Khan, 2007), los frutos de esta subfamilia se llaman hesperidios y son bayas, contienen semillas y pueden presentar embriones nucelares (apomícticos) (Spiegel-Roy & Goldschmidt, 1996). Los géneros *Fortunella* y *Poncirus* también pertenecen a la subfamilia *Aurantioideae*, siendo el *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. la principal especie utilizada como pie o portainjertos debido a su característica de soportar bajas temperaturas y ser de hoja caduca (Agustí, 2010).

2.2 Citricultura en el mundo

Según datos publicados por Marongiu (2021) los cítricos se cultivan en más de 168 países ocupando en el mundo una superficie aproximada de 12,7 millones de hectáreas. La producción de cítricos, que incluye naranjas, mandarinas, pomelos, limones y limas, alcanza anualmente aproximadamente 143 millones de toneladas, siendo los principales países productores China, Brasil y Estados Unidos.

La producción mundial de mandarinas se estimó en 33,3 millones de toneladas al año con una tendencia al crecimiento entre el año 2020 y 2021 (Ackerman, 2021). El principal productor es China con más de la mitad de la producción mundial, lo sigue la Unión Europea con 11 % del total producido y luego el MERCOSUR con un 5 %. Los principales exportadores de mandarina a nivel mundial son: Unión Europea con un 32 % del total, China 13 %, Turquía 13 %, Marruecos 10 %, Pakistán 7 % y Sudáfrica 4 % (Ackermann & Diaz, 2016)

2.3 Citricultura en Uruguay e importancia de la mandarina Afourer

La superficie efectiva cultivada de cítricos es de 14.587 ha (91 % en la zona norte y 9 % en la zona sur del país); del total, unas 10.565 ha se encuentran bajo

riego. La producción total en el año 2020 fue de 299.100 toneladas (138.263 toneladas para exportación en fresco) (DIEA, 2022). El cultivo de mandarina abarca una superficie de 5.712 ha, de las cuales un 83 % (4.738 ha) se encuentra en producción, estimando cosechas de 99.800 toneladas. Las variedades que más aportan a la producción de mandarinas son Clemenules (670 ha totales, 518 ha en producción), Nova (599 ha totales, 547 ha en producción) y Afourer (563 ha totales, 466 ha en producción). Los principales destinos de la producción son la exportación con 55 %, seguido por el mercado interno con 37 %, luego la industria con 7 % y el 1 % que corresponde a fruta que se pierde en descarte o merma y no entra al circuito comercial (DIEA, 2022).

La variedad Afourer es originaria de Marruecos, descubierta en 1982 en un monte de mandarinas “Murcott” (Nadori, 2006). Se caracteriza por su precocidad productiva, en torno a las 30 a 60 toneladas por hectárea en plena producción, presenta capacidad partenocárpica y poca presencia de semillas en ausencia de polinización cruzada (Gravina et al., 2010; Nadori, 2006). En Uruguay el 88 % de la superficie de la variedad Afourer se encuentra bajo riego y aporta una producción de 16.838 toneladas, con un promedio nacional de 36 toneladas ha⁻¹ (DIEA, 2022).

2.4 Biología reproductiva y ciclo productivo de los cítricos

2.4.1 Biología reproductiva

Los cítricos pueden presentar autocompatibilidad o autoincompatibilidad. La mandarina Afourer presenta autoincompatibilidad de tipo gametofítica (Fasiolo & Rey, 2013). Esto significa que el crecimiento del tubo polínico es controlado por una serie de alelos (llamados S1, S2,...,Sn). El núcleo del polen es haploide y tiene solo un alelo de incompatibilidad; en cambio, el tejido estilar es diploide y posee dos alelos. Cuando el alelo de incompatibilidad del polen es igual a uno de los dos alelos del tejido estilar, el crecimiento del tubo se detiene y rara vez ocurre la fecundación (Poehlman & Sleper, 2005). En el caso del mandarino Afourer, cuando sus flores son autopolinizadas, el crecimiento del tubo polínico no sobrepasa el 50 % del estilo (Gambetta et al., 2013).

La partenocarpia se caracteriza por la producción de frutos sin semilla en ausencia de la fecundación. Existen dos tipos de partenocarpia, obligada cuando

siempre se producen frutos sin semilla o facultativa, que ocurre solo cuando se evita la polinización. Además, puede clasificarse en vegetativa, cuando no requiere el estímulo del polen para producir frutos y estimulativa cuando requiere su estímulo para producirlos (Vardi et al., 2008). La mandarina Afourer se clasifica como autoincompatible y partenocárpica facultativa, ya que en condiciones de polinización cruzada presenta semillas, siendo compatible con Clementinos y otras especies cítricas (Agustí et al., 2020; Gravina et al., 2010).

2.4.2. Brotación y floración

En los cítricos, la época de brotación, la intensidad y la distribución de las flores, son determinadas por factores endógenos y por factores exógenos. De estos últimos, las bajas temperaturas (Nishikawa et al., 2007) y el déficit hídrico (Chica & Albrigo, 2013) promueven la inducción floral. Según Agustí (2003), la temperatura base de los cítricos es 13 °C, por lo que en climas como el de Uruguay se dan tres brotaciones en el año, siendo la más importante la de primavera, porque es la que genera flores con mayor aporte a la cosecha. El mismo autor afirma que los limoneros por su parte pueden generar flores en las otras brotaciones. Las otras dos brotaciones, que se dan al principio del verano y del otoño, generan principalmente brotes vegetativos y en menor medida flores que originan frutos de menor calidad comercial (Agustí, 2003). Otros factores que determinan la brotación y floración son la época de cosecha, la carga anterior, el estado nutricional, el manejo y la utilización de reguladores del crecimiento. Estos factores van a influir promoviendo variaciones de la intensidad de floración entre cuadros y entre plantas dentro del mismo cuadro de producción (Otero, 2004).

2.4.3 Cuajado de frutos cítricos

Se denomina cuajado del fruto al proceso que determina la transformación del ovario de la flor en fruto en desarrollo. Este tránsito exige el reinicio del crecimiento del ovario que se detuvo durante la antesis y se regula por una serie de factores, principalmente de carácter endógeno (nutricionales y hormonales) y también de carácter exógeno (temperatura y manejo). Si el crecimiento no se reinicia, o una vez reiniciado, cesa, el ovario comienza el proceso de abscisión, se desprende y por lo tanto el fruto no cuaja (Agustí et al., 2020).

2.4.5 Crecimiento y maduración de frutos cítricos

El crecimiento de los frutos cítricos sigue una curva sigmoideal, desde el reinicio del crecimiento del ovario luego de la antesis hasta su maduración, caracterizada por tres períodos bien diferenciados (Bain, 1958). El tamaño final del fruto está influenciado por varios factores que actúan en las distintas fases del desarrollo y crecimiento del fruto: factores endógenos, exógenos y ambientales. Entre los factores endógenos, se destacan los genéticos, que determinan en cada especie el tamaño final de fruto y es característico de cada especie (Agustí, 2010).

La curva de crecimiento se divide en tres, la fase I o período de división celular, comprendido entre la antesis y el fin de la caída fisiológica, se caracteriza por un rápido crecimiento del fruto a causa de la división celular, provocando el aumento del número de células de todos los tejidos en desarrollo, excepto el eje central; el aumento del tamaño se debe principalmente al crecimiento de la corteza (Agustí, 2010). En esta fase que dura aproximadamente dos meses queda definido el tamaño potencial del fruto (Bain, 1958; Guardiola, 1992). Según Agustí et al. (2020), en esta etapa ocurre una rápida división celular, las giberelinas (sintetizadas por las semillas o por los tejidos del ovario y en las raíces) y citoquininas (sintetizadas en las raíces y en tejidos en plena división celular) estimulan la reactivación del crecimiento del ovario, las divisiones celulares y el alargamiento, aumentando el tamaño del fruto, debido al crecimiento de las partes que lo componen. El exocarpo aumenta por división celular, el mesocarpo por engrosamiento y el endocarpo también aumenta por división celular. La cantidad de células que se forman por división celular en el endocarpo y el aumento de los lóculos por engrosamiento y alargamientos determinan el tamaño potencial del fruto. Las divisiones celulares hacen que esta fase sea un período de fuerte competencia energética entre los órganos en desarrollo, flores o frutos y hojas nuevas, por nutrientes, carbohidratos, minerales y agua. Cuanto mayor es la intensidad de floración, mayor será la competencia entre los órganos, provocando abscisión de flores o frutitos. Por lo tanto, la intensidad de floración determina el porcentaje de frutos cuajados, lo que influirá en el tamaño final del fruto.

Los distintos tipos de brotes y su posición en la rama afectan el porcentaje de cuajado y tamaño final respecto a los brotes sin hojas. Los brotes con hojas, mixtos y terminales, aumentan su capacidad de fosa en su conjunto, son más

competitivos por fotoasimilados, favorecen el cuajado y logran mayor crecimiento del fruto. También por consecuencia del mayor contenido hormonal, tanto de giberelinas como de citoquininas, esto aumenta la capacidad de los frutos para atraer nutrientes del resto de la planta cuando las hojas aún no pueden cubrir sus necesidades. Cuando éstas maduran son las que aportan carbohidratos al brote, generando una ventaja frente a los brotes sin hojas (Agustí et al., 2020).

La Fase II o período de crecimiento lineal, tiene una duración variable entre dos y seis meses según la variedad, comprendido entre el fin de la caída fisiológica hasta poco antes del cambio de color. Este período se caracteriza por una expansión de los tejidos acompañada por un agrandamiento celular y la formación de un mesocarpo esponjoso, con la ausencia de división celular en casi todos los tejidos, a excepción del exocarpo. El aumento de tamaño es causado por el desarrollo de los lóculos. En su interior, las vesículas de jugo llegan a alcanzar su máxima longitud y volumen y como consecuencia el contenido de jugo de sus células aumenta (Agustí et al., 2020).

La Fase III o período de maduración se caracteriza por una reducida tasa de crecimiento y se dan los cambios relacionados a la maduración, tanto interna como externa, que, si bien coinciden, se regulan de forma diferente. Externamente se observa la pigmentación de la corteza, causada por la degradación enzimática de las clorofilas del flavedo y la consiguiente síntesis de carotenoides. En la parte interna aumentan los sólidos solubles y disminuyen los ácidos libres en forma progresiva debido a su dilución y metabolización (Bain, 1958; Guardiola, 1992).

2.5 Mejora del tamaño de fruto

Según Agustí et al. (2020) la competencia entre frutos en la planta es uno de los factores más importantes y determinantes del tamaño final. Cuanto mayor es el número de órganos en desarrollo, ya sea flores o frutos, mayor será la competencia entre ellos por carbohidratos y minerales, esto termina limitando su capacidad de crecimiento. El tamaño del fruto cítrico puede mejorarse aumentando la disponibilidad de carbohidratos y aumentando la capacidad de fosa del fruto. En condiciones óptimas de cultivo, algunos cultivares cítricos producen una cantidad de frutos mayores a los necesarios, por lo tanto, se requiere de la eliminación de un porcentaje de estos para obtener una cosecha de calidad comercial. La disminución

del número de frutos (raleo) es una técnica efectiva para aumentar su tamaño (Agustí et al., 2002). Cuando el raleo es ejecutado y el número de frutos se reduce, la partición de las reservas nutricionales de la planta llega a ser equilibrada (Coelho & Medina, 1992).

El raleo químico no es un proceso al azar, sino que incide sobre los frutos de menor tamaño, lo que significa al momento de la cosecha un aumento en el peso medio de los frutos (Agustí et al., 2020). Cuando se aplican auxinas antes del fin de la caída fisiológica, o sea durante la fase I se provoca el raleo de frutos sensibles. Después de este período, los frutos se vuelven insensibles y no caen (Guardiola, 1996). Por lo tanto, el efecto que provocan aplicadas en fase I no es un estímulo directo en el desarrollo del fruto, sino que, al caer los frutos más pequeños, los frutos que persisten en el árbol tendrán un aumento en el peso medio.

Según Mesejo et al. (2012), se ha demostrado que la aplicación de auxinas de síntesis (3,5,6 TPA) en fase I del crecimiento de los frutitos, ocasiona daños en el fotosistema II del aparato fotosintético, provocando una disminución en el crecimiento y por ende un menor aporte transitorio de carbohidratos a los frutos. Como consecuencia de esto, un elevado número de frutos recién cuajados comienza a producir etileno aumentando con ello su abscisión. Luego de 20 días, el efecto fitotóxico es superado y los frutos que permanecen en el árbol crecen a mayor velocidad.

Existe gran variabilidad en las respuestas a las aplicaciones de auxinas, fundamentalmente durante la Fase I, provocando en algunas situaciones alta intensidad de raleo y por el contrario, sin lograr raleo de fruta en otras situaciones. Dentro de los distintos tipos de auxinas de síntesis que se utilizan para el raleo de frutos se encuentra el ácido naftalenacético (ANA), considerado un producto favorable según Hirose (1982) por su efecto raleador para mandarina Satsuma, sin producir daño químico y promoviendo un pequeño aumento en el tamaño del fruto. En condiciones nacionales, para mandarina Montenegrina se reportó que el 3,5,6-TPA aplicado en fase I provocó un raleo excesivo, mientras que el 2,4-DP y el ANA provocaron un raleo en torno al 50 % de los frutos (Gambetta et al., 2010). Por otro lado, aplicaciones de ANA y 3,5,6 TPA en naranja Valencia presentaron resultados inconsistentes con efecto de raleo y sin efecto de raleo según el año (Otero, 2010). Resultados similares reportó Gravina et al. (2010), en mandarina Clementina de

Nules con aplicaciones de 3,5,6 TPA a dosis de 10 y 20 mg L⁻¹. Las variaciones en los resultados pueden estar asociadas al tamaño de los frutos al momento de la aplicación y fundamentalmente a los factores exógenos no controlados (temperatura y humedad relativa en los días próximos a la aplicación).

Por otra parte, el uso de auxinas como potenciadores del crecimiento del fruto, aplicadas al fin de la caída fisiológica o luego, tienen un efecto directo en el tamaño del fruto, incrementando la fuerza fosa de los mismos, potenciando su crecimiento (Guardiola, 1996; El-Otmani et al., 2000). Este efecto directo de las auxinas está basado en la mayor expansión celular y no en la división. Se da a través del estímulo sobre el crecimiento de la pulpa, por lo que es óptimo cuando la aplicación se hace finalizando la caída fisiológica de frutos, una vez terminada la fase de multiplicación celular e iniciada la fase de expansión celular y acumulación de jugo (Agustí, 2003).

Se ha reportado que con la aplicación de la auxina de síntesis 3,5,6 TPA existe raleo de frutos, incremento del tamaño de frutos, adelanto en la cosecha, aumento en la intensidad del color y cuando es aplicado en altas dosis produce fitotoxicidad en la planta (Porrás, 2011). Por otro lado, aplicada al inicio de la fase II de crecimiento del fruto, se ha demostrado que es muy eficaz para aumentar el tamaño del fruto sin alterar el número de frutos (Agustí et al., 1994).

En nuestro país existen evidencias en Montenegrina que indican la posibilidad de incrementar el tamaño y el peso de los frutos a través de un efecto directo de crecimiento en el tamaño de fruta, con una nula o leve reducción del número de frutos (Polti et al., 2014). Por otra parte, Gravina et al. (2010) encuentran inconsistencias en los resultados con la aplicación de 3,5,6-TPA donde las aplicaciones en un primer año lograron modificar los componentes del rendimiento disminuyendo el número de frutos, aumentando el peso medio y aumentando su diámetro, pero sin alterar el rendimiento final y en un segundo año, no se modificó ninguno de los componentes del rendimiento.

Para el caso del raleo manual, en condiciones de alta carga de frutos, cuando se logra reducir su número en el árbol estos tienen un mayor potencial de crecimiento, ya que los minerales y fotoasimilados presentes en la planta son redirigidos a los frutos que persisten y consecuentemente logran una mayor fuerza

de fosa, alcanzando un mayor crecimiento final (Agustí et al., 2003). Una de las grandes ventajas de este método es su alta selectividad, porque es posible seleccionar por ejemplo los frutos de menor tamaño, deformes, mal posicionados para ralea y por el contrario dejar en el árbol, aquellos que tengan mejor potencial. En contraparte, esta técnica presenta un costo muy elevado y habitualmente no puede realizarse durante la fase I de crecimiento de frutos.

3. Hipótesis y objetivos

Considerando la importancia del tamaño de frutos en la comercialización de los cítricos, la limitante en lograr el tamaño adecuado en mandarina Afourer, presentada por la Cooperativa Agrisur y los antecedentes revisados, en este trabajo se plantearon las siguientes hipótesis:

- Las auxinas de síntesis aplicadas durante la fase I del crecimiento del fruto provocan raleo de frutos en árboles de mandarina Afourer.
- La reducción del número de frutos aumenta el peso medio de los mismos e incrementa la proporción de frutos de tamaño comercializable.
- El raleo manual de frutos realizado durante la fase II de crecimiento, técnica aplicada actualmente en el establecimiento, tiene menor efecto en el incremento del tamaño que la aplicación de auxinas en fase I o al inicio de fase II.
- La aplicación conjunta de auxinas en ambas fechas mejora los resultados de las aplicaciones individuales.
- La combinación de una aplicación de auxinas con el raleo manual incrementa la proporción de frutos de tamaño comercializable respecto a las medidas individuales.

El objetivo general de la tesis fue evaluar el efecto de la aplicación de diferentes auxinas de síntesis en el rendimiento y tamaño de frutos de mandarina Afourer en árboles de alta intensidad de floración.

Los objetivos específicos planteados fueron los siguientes:

- Evaluar el efecto de la aplicación de auxinas de síntesis durante la fase I y al inicio de la fase II del crecimiento de los frutos, en la reducción del número de frutos por árbol, el incremento tamaño de frutos y la proporción de frutos de tamaño comercializable.
- Evaluar el efecto de las auxinas de síntesis aplicadas al inicio de fase II, en estimular la abscisión de flores/frutos provenientes de los últimos flujos de

brotación, en el rendimiento, tamaño de frutos y en la proporción de frutos de tamaño comercializable.

- Comparar la efectividad de los tratamientos químicos individuales y combinados con el raleo manual realizado en el establecimiento (testigo comercial).

4. Materiales y metodología

El experimento se realizó en el establecimiento "El Espinillo" (Montevideo, Uruguay) en el cuadro A2 de mandarina Afourer (*Citrus reticulata* Blanco) injertado sobre el pie de Trifolia (*Poncirus trifoliata* (L.) Raf), en condiciones de polinización libre (Figura 1). El monte se implantó en 2008 con un marco de plantación de 5,5 m x 2 m. En el año 2018 se eliminó una planta por medio en cada fila, estableciéndose un marco de plantación de 5,5 m x 4 m y una densidad de plantación de 540 plantas por hectárea. Actualmente el cuadro cuenta con 20 filas y 27 plantas por fila. Las filas tienen un largo de 106 m y el cuadro ocupa una superficie de 1,2 ha. El monte cuenta con el 100 % de la superficie bajo riego, sin embargo, debido a un desperfecto de la bomba de distribución de agua, entre el 25 de diciembre y el 10 de enero los árboles no recibieron riego.

Figura 1

Ubicación del cuadro de mandarina Afourer (A2) en el establecimiento "El Espinillo"



Nota. Tomado de Google (2022)

4.1 Diseño experimental

Para el experimento se utilizó un diseño de parcelas completas al azar, con un árbol como unidad experimental y cinco repeticiones. Para la selección se desestimaron los más cercanos a la cortina rompevientos. Se seleccionaron 54

árboles de alta floración y porte uniforme. A cada árbol se le asignó un tratamiento de forma aleatoria, con 5 repeticiones por tratamiento (Tabla 1). Los árboles se identificaron con una cinta según el código de colores para cada tratamiento.

Se realizaron 12 tratamientos: testigo (sin ralear), raleo manual tardío que es el tratamiento realizado habitualmente en la quinta (testigo comercial) y se aplicaron 2 auxinas de síntesis, ácido naftalenacético (ANA) y ácido 3,5,6 tricloro 2 piridinil oxiacético (3,5,6-TPA), en 2 fechas (fase I e inicio de fase II de crecimiento del fruto), de forma individual y combinada (Tabla 1). La primera aplicación (fecha 1) se realizó el 9 de diciembre, utilizando ANA a una concentración de 225 mg L^{-1} y 3,5,6-TPA a 10 mg L^{-1} , cuando los frutos tenían un rango de tamaño entre 10 mm y 12 mm de diámetro ecuatorial. La segunda aplicación (fecha 2) se realizó el 7 de enero, utilizando una concentración de ANA de 325 mg L^{-1} y de 3,5,6-TPA de 20 mg L^{-1} , con un tamaño de frutos comprendido entre 16 mm y 18 mm de diámetro. Las dosis utilizadas en cada fecha se determinaron considerando los resultados nacionales en otros cultivares de mandarina (Gambetta et al., 2010; Gravina et al., 2010). En todos los casos se agregó un coadyuvante no iónico (BB5®, $0,5 \text{ g L}^{-1}$ de concentración) y se aplicaron aproximadamente 10 L por planta, mojando hasta punto de goteo con pulverizadora de puntero y pastilla N° 6. El raleo manual (RM) se realizó el 18 de febrero (fecha 3) cuando los frutos presentaban en promedio entre 20 mm y 25 mm de diámetro. El criterio empleado fue, distanciar los frutos 10-15 cm en la rama, dejar solo 1 o 2 frutos por ramillete proveniente de un brote multifloral y además eliminar todos los frutos menores a 15 mm. Posteriormente, se contó el número de frutos raleados y se clasificaron en cuatro grupos de acuerdo al diámetro de los mismos: 0-10 mm, 10-20 mm, 20-30 mm y mayores a 30 mm de diámetro ecuatorial (Figura 2-B y C).

Tabla 1*Tratamientos realizados en mandarina Afourer en alta intensidad de floración*

Tratamiento	Dosis (mg L⁻¹)	Rango de diámetro ecuatorial el día de la aplicación (mm)
Testigo	-	-
Raleo manual (RM)	-	20-25
ANA1	225	10-12
ANA2	325	16-18
TPA1	10	10-12
TPA2	20	16-18
ANA1+RM	225	10-12 + 20-25
ANA2+RM	325	16-18 + 20-25
ANA1+ANA2	225 + 325	10-12 + 16-18
TPA1+RM	10	10-12 + 20-25
TPA2+RM	20	16-18 + 20-25
TPA1+TPA2	10 + 20	10-12 + 16-18

Nota. Testigo (sin raleo), raleo manual (RM) realizado en fecha 3 (18/02), ácido naftalenacético (ANA) y ácido 3,5,6-TPA (TPA) en fecha 1(9/12) y 2 (7/01), dosis de aplicación y diámetro ecuatorial promedio de los frutos al momento del tratamiento.

4.2 Evaluaciones de campo y planta de empaque

4.2.1 Floración y cuajado de frutos

A cada árbol se lo dividió en cuatro cuadrantes y se marcó una rama representativa por cuadrante. En madera de los últimos tres crecimientos, se contabilizó el número de nudos y flores por rama, determinando la intensidad de floración (flores 100 nudos⁻¹). El cuajado de frutos se obtuvo contabilizando el

número de flores y frutitos cuajados por rama, una semana luego de cada aplicación y posteriormente, cada 15 días hasta el final de la caída fisiológica. En las oportunidades en que aparecieron nuevas flores, se registró su número. La semana siguiente a cada aplicación se recorrieron las plantas con el fin de evaluar la aparición de posibles efectos de fitotoxicidad.

4.2.2 Crecimiento de frutos

A partir del fin de la caída fisiológica, cada 21 días hasta la cosecha se determinó el diámetro ecuatorial de 30 frutos por árbol seleccionados al azar, 15 de cada lado de la fila. El diámetro se midió con calibre digital (Figura 2-A).

4.2.3 Cosecha

La cosecha se realizó el 26 de agosto por una cuadrilla de cosechadores presente en el establecimiento. Se cosecharon todos los frutos de cada planta, independientemente del tamaño y del color y se colocaron en bins identificados. Los bins fueron trasladados a la planta de empaque ubicada en Punta de Rieles, Montevideo. En la planta de empaque se procesó cada bin, que contenía el total de frutos de un árbol (repetición de campo), con el objetivo de clasificar los frutos en función de su tamaño (menor a 45 mm, 45-53 mm, 53-68 mm, 68-90 mm). Se contabilizó y pesó el número de frutos de cada categoría por planta y se registraron los datos para luego ser evaluados mediante análisis estadísticos.

Figura 2

Medición del diámetro de frutos, conteo y clasificación de frutos raleados



Nota. a: Medición del diámetro ecuatorial de frutos con calibre digital. b: Colecta de frutos raleados manualmente y c: Clasificación por tamaño de los frutos raleados manualmente de árboles de mandarina Afourer.

4.3 Análisis Estadístico

Para el ajuste de todos los modelos, se usó el procedimiento GLIMMIX del software estadístico SAS on Demand for Academics. A continuación, se detallan los modelos utilizados para cada variable. En todos los casos, las medias de los tratamientos fueron comparadas mediante la prueba Tukey-Kramer con un nivel de significancia del 5 %.

4.3.1 Rendimiento y peso medio del fruto

El efecto de los tratamientos sobre el peso de los frutos totales y por rango de tamaño se estudió ajustando modelos lineales generales asumiendo una distribución normal de la variable estudiada.

4.3.2 Número de frutos

El efecto de los tratamientos sobre el número de frutos cuajados, totales y por estrato de tamaño se estudió ajustando modelos lineales generalizados asumiendo una distribución binomial negativa de la variable estudiada.

4.3.3 Proporción de frutos cuajados, por estrato de tamaño y por estrato de peso

El efecto de los tratamientos sobre la proporción de cuajado, la proporción de frutos en los diversos estratos de calibre y la proporción de frutos en diversos estratos de peso, se estudió ajustando modelos lineales generalizados asumiendo una distribución binomial del número de frutos o peso con determinada característica en relación al número o peso de los frutos medidos.

4.3.4 Número de frutos raleados y proporción de frutos raleados

El efecto de los tratamientos con raleo sobre el número de frutos raleados, se estudió ajustando modelos lineales generalizados asumiendo una distribución binomial negativa de la variable estudiada. En tanto, el efecto de los tratamientos con raleo sobre la proporción de frutos de diferentes tamaños raleados se estudió ajustando modelos lineales generalizados asumiendo una distribución binomial del número de frutos de cada rango de calibre en relación al número de frutos raleados.

5. Resultados y discusión

5.1 Floración y cuajado de frutos

La intensidad de floración fue muy alta; en todos los casos superó las 110 flores cada 100 nudos, sin diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 2). En algunos cultivares de mandarinas, se considera alta floración cuando las plantas tienen más de 70 flores cada 100 nudos (Gambetta et al., 2008) y muy alta cuando presentan más de 90 flores cada 100 nudos (Guardiola, 1992; Rivas et al., 2004).

En la Figura 3 se presenta la evolución de frutos cuajados evaluada cada 15 días, desde floración hasta fin de caída fisiológica. El porcentaje inicial de los frutos que permanecieron en la planta hasta el 9 de diciembre de 2020, primera fecha de aplicación de auxinas, no presenta diferencias significativas entre tratamientos ni con respecto al testigo (Tabla 2). A partir del 22 de diciembre se observaron las primeras diferencias significativas entre tratamientos, evidenciando el efecto de raleo del “TPA” aplicado en la primera fecha. A las dos semanas de la primera aplicación el tratamiento “TPA1 + TPA2” se diferenció significativamente del TESTIGO; aunque el “TPA1” también presentó una marcada tendencia de raleo sin lograr diferenciarse estadísticamente. Sin embargo, al mes de la aplicación, todos los tratamientos con “TPA1” presentaron un efecto importante de raleo, observándose en todos los casos significativamente menor porcentaje de frutos cuajados que en los árboles testigos. Los demás tratamientos no presentaron diferencias significativas entre sí, ni con el testigo. Este comportamiento concuerda con los resultados reportados en mandarina Montenegrina (Gambetta et al., 2010) y en mandarina Clementina de Nules (Gravina et al., 2010) en las condiciones del sur de Uruguay, donde se observa un efecto de raleo con la aplicación de auxinas en la fase I de crecimiento del fruto. La aplicación exógena de auxinas provoca la abscisión de los frutitos sensibles, generalmente los de menor tamaño y luego los frutos de mayor tamaño retoman el crecimiento, tal como lo había explicado Mesejo et al. (2012).

La segunda aplicación, realizada al inicio de la fase II de crecimiento de frutos (7 de enero), fue evaluada el 25 de enero y no evidenció raleo en ninguno de los tratamientos (Tabla 2). A partir de esta fecha, ya finalizada la caída fisiológica,

los tratamientos con aplicación de 3,5,6-TPA en primera fecha se mantuvieron con un menor porcentaje de frutos cuajados (1,6 %, 1,2 %, 2,2 %) en comparación con un 6 % del testigo, que no fue potenciado con la segunda aplicación (“TPA1 + TPA2”). Este resultado se alinea con lo explicado por Guardiola (1996), El-Otmani et al. (2000), quienes reportaron que una vez finalizada la fase I del crecimiento del fruto no se evidencia el efecto de raleo como consecuencia de la aplicación de auxinas de síntesis, sino que se estimula el aumento del tamaño de los frutos a través de una expansión celular.

Por otro lado, en este experimento a fines de enero (25/01) se detectó que los árboles tratados en primera fecha presentaron un nuevo flujo de floración, aunque fue muy leve en comparación con la floración de primavera. Este flujo reproductivo se presentó en los árboles tratados con TPA en primera fecha, que presentaron una intensidad de floración entre 5,4 y 8,4 flores cada 100 nudos (TPA1 y TPA1 + RM, respectivamente) y en los árboles tratados con ANA en primera fecha, con una floración promedio de 2,4 flores cada 100 nudos, mientras que en el "TESTIGO" ésta fue prácticamente nula (0,2 flores cada 100 nudos), (Ver Tabla 7). A pesar de los valores registrados entre los tratamientos, debido a los bajos valores no se detectaron diferencias significativas entre ellos. La presencia o ausencia de frutos en la planta es un regulador del proceso de brotación, por lo tanto, un exceso de abscisión provocado por los raleadores químicos, puede promover un nuevo flujo de brotación. En el experimento, este nuevo flujo de brotación se explica por el menor número de frutos cuajados en los árboles tratados con auxinas en primera fecha, lo que permitió levantar la inhibición de yemas y que dio lugar al flujo de brotación de verano, de acuerdo a lo reportado por Verreyne y Lovatt (2009). La aparición de flores en la brotación de verano de esta variedad podría explicarse por una mayor probabilidad de brotar de yemas ya inducidas, que en la primavera no pudieron hacerlo por paradormición, o por un estrés hídrico, debido a que entre el 25/12 y el 10/01, los árboles no recibieron suministro de agua por la rotura de la bomba de distribución del riego. Existen evidencias que demuestran que la exposición al estrés hídrico promueve la inducción floral de yemas en los cítricos (Chica & Albrigo, 2013; Manzi, 2011).

Tabla 2

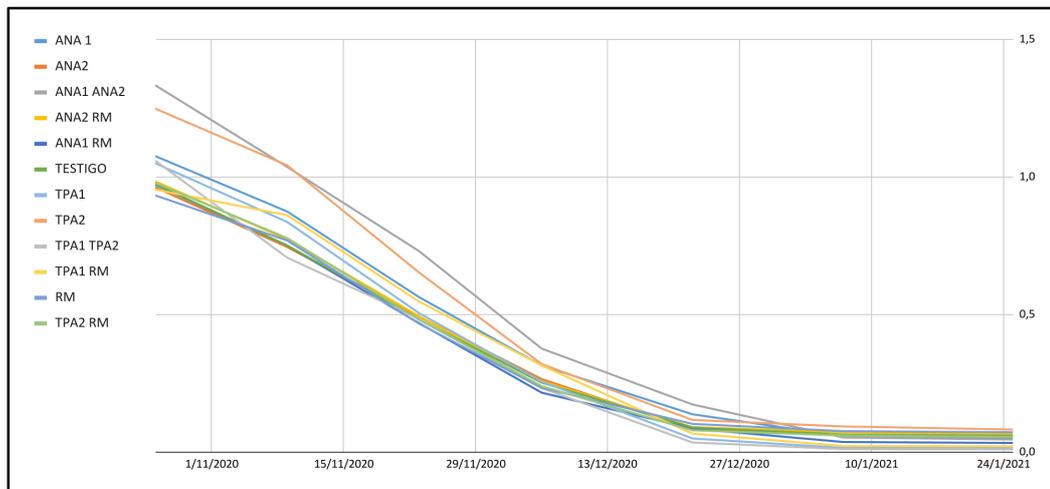
Intensidad de floración (flores cada 100 nudos) y porcentaje de frutos cuajados de mandarina Afourer

Tratamiento	Floración (Flores/100 nudos)	Cuajado de frutos (%)			
		9/12	22/12	7/1	25/1
TESTIGO	127,4 a ^z	97,2 a	8,8 abc	6,4 ab	6,2 ab
ANA1	141,4 a	100,0 a	13,8 a	5,8 abc	5,2 abcd
TPA1	160,8 a	100,0 a	5,0 cd	1,6 cd	1,6 d
ANA1+ANA2	130,5 a	100,0 a	17,6 abcd	5,2 abcd	4,6 abcd
TPA1+TPA2	164,4 a	100,0 a	3,4 d	1,2 d	1,2 d
ANA2	158,7 a	96,0 a	8,4 bc	6,4 ab	5,6 ab
TPA2	135,5 a	100,0 a	12,0 abc	9,5 ab	8,3 a
ANA1+RM	141,2 a	97,2 a	8,6 abc	3,8 bcd	3,2 bcd
TPA1+RM	127,3 a	95,6 a	6,8 bc	2 cd	2,2 cd
ANA2+RM	148,5 a	98,6 a	9,2 ab	7,2 ab	6,6 ab
TPA2+RM	176,9 a	97,8 a	7,8 bc	6,0 ab	5,6 abcd
RM	119,5 a	93,4 a	10,2 ab	7,4 a	7,0 a

Nota. ^z Letras diferentes en cada fecha (columna) indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$). Árboles testigo o con aplicación de ANA (225 mg L⁻¹) o TPA (10 mg L⁻¹) el 9/12 (1) y/o ANA (325 mg L⁻¹) o TPA (20 mg L⁻¹) el 7/01 (2), y/o con raleo manual (RM) realizado el 18/02.

Figura 3

Evolución del porcentaje de frutos cuajados de mandarina Afourer



Nota. Desde anthesis hasta fin de caída fisiológica, evacuando cada 15 días en árboles testigo o con aplicaciones de ANA (225 mg L^{-1}) o TPA (10 mg L^{-1}) el 9/12 (1) y/o ANA (325 mg L^{-1}) o TPA (10 mg L^{-1}) el 9/12 (1) y/o ANA (325 mg L^{-1}) o TPA (20 mg L^{-1}) el 7/01 (2), y/o con raleo manual (RM) realizado el 18/02 (3).

5.2 Número de frutos extraídos con el tratamiento de raleo manual

En términos generales no hubo diferencias significativas en el número de frutos raleados entre los árboles que hasta el momento no habían recibido tratamiento (RM) y los árboles tratados con auxinas (Tabla 3). Sin embargo, los tratamientos realizados en primera fecha “TPA1 + RM” y “ANA1 + RM” tendieron a tener un mayor número de frutos raleados que los árboles con el tratamiento individual de “RM”. Este resultado probablemente se asocie al flujo de brotación reproductiva de verano (Tabla 7), mencionado anteriormente, lo que provocó un aumento en número de frutos de menor calibre, que fue necesario ralear en febrero. Este efecto se observa especialmente en el tratamiento de “TPA1 + RM”, único con diferencias significativas en el porcentaje de frutos raleados correspondientes a la categoría de menor calibre, respecto a los demás tratamientos (Tabla 3). En este tratamiento el 66 % de los frutos eliminados estaban comprendidos en el rango menor a 10 mm de diámetro ecuatorial. En la categoría de 10 a 20 mm no se encontraron diferencias significativas. Por el contrario, para la categoría de 20 a 30 mm de diámetro ecuatorial, se determinó que en los tratamientos aplicados en primera fecha “TPA1 + RM” y “ANA 1 + RM” el porcentaje de frutos raleados fue significativamente menor que el de “RM”, que

presentó el 67 % de los frutos raleados dentro de este rango. Para los tratamientos de segunda fecha, “TPA2 + RM” y “ANA2 + RM” no se detectaron diferencias significativas respecto al raleo manual (testigo comercial), presentando valores intermedios.

Tabla 3

Número total de frutos raleados el 18/2 y porcentaje de frutos raleados clasificados según diámetro ecuatorial en mandarina Afourer

Tratamiento	N° frutos raleados	Porcentaje de frutos raleados por cada categoría según diámetro ecuatorial (mm)			
		0-10	10-20	20-30	30+
TPA1+RM	770 a ^z	66 a	3 a	12 c	18 a
ANA1+RM	731 a	21 b	10 a	34 b	33 a
ANA2+RM	627 ab	10 b	21 a	52 ab	15 a
TPA2+RM	447 b	6 b	12 a	61 ab	19 a
RM	685 ab	8 b	3 a	67 a	20 a

Nota. ^zLetras diferentes para cada categoría de tamaño (columna) indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$)

5.3 Crecimiento de los frutos

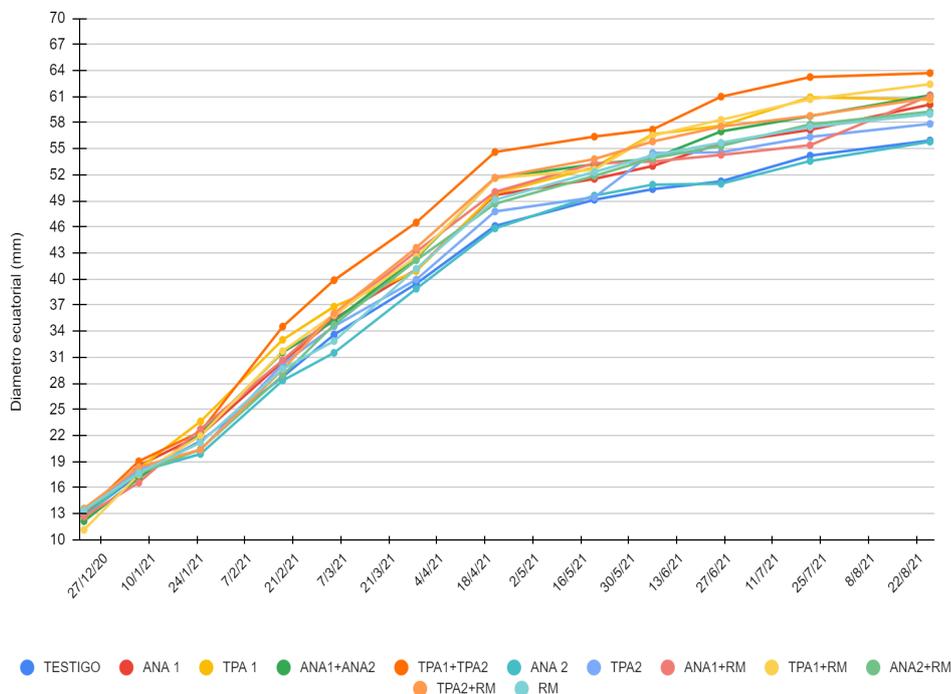
Las auxinas aplicadas en fase I incrementaron el diámetro promedio de frutos respecto al “TESTIGO” (Figura 4, Tabla A1). El efecto fue más notorio en el tratamiento “TPA1”, logrando diferencias significativas desde el 18 de febrero, mientras que en el “ANA1” las diferencias empezaron a distinguirse a partir del 21 de abril. La aplicación de auxinas al inicio de fase II no tuvo un efecto relevante en el tamaño del fruto, ya que solo se encontraron diferencias significativas con la aplicación de “TPA 2” con respecto al “TESTIGO” en el mes de junio. La combinación de auxinas aplicadas en fase I y fase II (“ANA1+ANA2” y “TPA1+TPA2”) incrementó el tamaño del fruto respecto al “TESTIGO” a partir del 18 de febrero, logrando para el caso del ANA, diferencias significativas antes que lo alcanzado con una sola aplicación. El efecto observado con la aplicación en fase I, se debe a la reducción de la competencia desde una etapa temprana, permitiendo una mayor división celular y consecuentemente, un mayor número de

células en los frutos (Agustí et al., 2020). Al reducir el número de frutos en el árbol, se genera una mayor disponibilidad de carbohidratos para su crecimiento (Agustí et al., 2020). No se evidenció un efecto directo consistente con la aplicación en segunda fecha. A diferencia de lo propuesto con la aplicación de auxinas en fase II de crecimiento del fruto, basado en la expansión celular y no en la división, que permite estimular el crecimiento de la pulpa (Agustí, 2003). A nivel nacional, Polti et al. (2014) reportaron que con la aplicación de 3,5,6 TPA (20 mg L^{-1}) a los 71 días post floración, se promovió un aumento significativo del tamaño de frutos con respecto al control sin afectar el número de frutos del árbol.

El raleo manual realizado el 18 de febrero no tuvo un efecto en el tamaño final del fruto, aunque en el mes de junio, período en el que el crecimiento del fruto es menor, presentó mayor tamaño de frutos respecto al “TESTIGO”, similar a lo ocurrido con la aplicación de “TPA2” (Figura 4, Tabla A1). El tratamiento “ANA1+RM” presentó algunas variaciones en tamaño, pero sin diferencias relevantes respecto a su aplicación individual o al “RM”. Sin embargo, el tratamiento “TPA1+RM” incrementó el tamaño de fruto en los árboles tratados a partir del 26 de junio, respecto a “TPA1” y a “RM”. El tratamiento “ANA2+RM” no presentó diferencias significativas con respecto al “RM”. Sin embargo, la realización del raleo manual a los árboles tratados con ANA en segunda fecha (“ANA2+RM”) incrementó el diámetro de los frutos en aproximadamente 3 mm desde fines de marzo, alcanzando diferencias significativas desde fines de junio, con respecto a la aplicación individual de ANA (“ANA2”). El tratamiento “TPA2+RM” no tuvo diferencias con el tratamiento de raleo manual (“RM”). Sin embargo, cuando se realizó el raleo manual al tratamiento de TPA en segunda fecha (“TPA2+RM”) se logró entre fines de marzo y mayo un tamaño significativamente mayor que la aplicación química individual (“TPA2”), manteniendo luego la misma tendencia, pero sin diferenciarse estadísticamente. Un factor que puede influir en el resultado en relación con la intensidad de raleo cuando se hace de forma manual, es que tiene un alto componente de subjetividad por parte del operario, esto influye en la cantidad total de frutos retirados de las plantas (Otero, 2010).

Figura 4

Evolución de diámetro ecuatorial (mm) de los frutos de mandarina Afourer



Nota. Árboles testigo o con aplicaciones de ANA (225 mg L^{-1}) o TPA (10 mg L^{-1}) el 9/12 (1) y/o ANA (325 mg L^{-1}) o TPA (20 mg L^{-1}) el 7/01 (2), y/o con raleo manual.

5.4 Evaluación de la cosecha de frutos

Se realizaron dos enfoques de análisis para evaluar los resultados de cosecha. Uno fue según el número de frutos total y clasificado en categorías comerciales y otro según la cantidad de kilogramos totales (rendimiento) y por cada categoría comercial.

Los árboles del tratamiento “TESTIGO” presentaron en promedio 1900 frutos, 145 kg por planta y un peso medio de los frutos de 76,49 g, confirmando la alta carga de frutos con el consecuente bajo tamaño, registrados en esta quinta (Tabla 4). La aplicación de “TPA” en primera fecha (9/12) logró reducir significativamente el número de frutos en casi todos los tratamientos, mientras que la de “ANA1”, no logró diferenciarse significativamente del “TESTIGO”. Este efecto de reducción del número de frutos por planta se vio reflejado en algunos

tratamientos con la disminución del rendimiento (en kg) por planta, tal como lo explican Bozzo de Brum y Lasserre Díaz (1997), donde demuestran el efecto agresivo que tiene el 3,5,6-TPA (20 mg L^{-1}) aplicado como raleador en la fase I de crecimiento del fruto en el tangor Ellendale, llegando a reducir a la mitad el número de frutos que quedan en el árbol. Efecto también reportado en la mandarina Montenegrina, que con este regulador aplicado durante la fase I de crecimiento de frutos, un año solo quedó el 10 % de los frutos en el árbol (Gambetta et al., 2010). En Afourer, los tres tratamientos que involucraron al 3,5,6-TPA en primera fecha (“TPA1”, “TPA1+TPA2” y “TPA1+RM”) presentaron diferencias significativas con respecto al tratamiento testigo, llegando a reducir casi a la mitad el rendimiento en el caso de “TPA1” con respecto a este (73 kg para “TPA1” y 145 kg para el “TESTIGO”) sin incrementar significativamente el peso medio de los frutos. Los demás tratamientos evaluados no afectaron significativamente el número de frutos ni el rendimiento en comparación con el “TESTIGO” (Tabla 4). El único tratamiento que incrementó significativamente el peso medio de los frutos cosechados fue la doble aplicación de 3,5,6-TPA (“TPA1+TPA2”), pero con una importante reducción del número de frutos.

La aplicación de auxinas únicamente en segunda fecha (tratamientos “ANA2” y “TPA2”) como era de esperar no tuvo efecto en la reducción del número final de frutos cosechados, pero tampoco afectó el peso medio del fruto y consecuentemente no afectó la cantidad de kilogramos cosechados. Esto no concuerda con lo presentado por Polti et al. (2014), quien observó un aumento del tamaño de los frutos de mandarina Montenegrina aplicando 20 mg L^{-1} de 3,5,6-TPA a los 71 días post floración, sin generar diferencias significativas en el rendimiento final con respecto al control. Cabe destacar que en Afourer se observó una tendencia a un mayor peso medio de los frutos tratados con 3,5,6-TPA en segunda fecha, con un aumento de 5 g por fruto respecto del “TESTIGO”, pero sin diferencias significativas (Tabla 4).

Cuando las aplicaciones de auxinas se efectuaron combinadas en ambas fechas (“ANA1+ANA2” y “TPA1+TPA2”), se observó una reducción significativa del número de frutos con respecto al “TESTIGO”. Para el caso de “ANA1 + ANA2” la segunda aplicación probablemente haya provocado raleo de las flores extemporáneas. Para los demás componentes del rendimiento se evidenció una

reducción de los kilogramos cosechados por planta en el tratamiento con dos aplicaciones de 3,5,6-TPA (“TPA1+TPA2”) con respecto al “TESTIGO”, lo que concuerda con los resultados nacionales planteados por Bozzo de Brum y Lasserre Díaz (1997) previamente mencionados.

Cuando las aplicaciones de auxinas fueron combinadas con raleo manual, los únicos tratamientos que obtuvieron diferencias significativas en número de frutos por planta con respecto al “TESTIGO” fueron los que se les aplicó auxinas en primera fecha (“ANA1+RM” y “TPA1+RM”), y de éstos sólo el tratamiento con 3,5,6-TPA redujo significativamente su rendimiento en kilogramos por planta. Los tratamientos realizados con combinación de auxinas en segunda fecha más raleo manual (“ANA2+RM” y “TPA2+RM”) no presentaron diferencias significativas en cuanto al número de frutos ni a los kilogramos por planta con respecto al “TESTIGO”, estos tratamientos tampoco se diferenciaron de “ANA1”, “ANA2” y “TPA2”, que sólo fueron tratados con auxinas en una única ocasión (Tabla 4).

El “RM” redujo significativamente el número de frutos respecto al “TESTIGO”, sin afectar el rendimiento en kilogramos por planta ni el peso medio de los frutos. De las auxinas aplicadas en primera fecha, solo “TPA1” redujo significativamente el número de frutos por planta respecto a “RM”. Por el contrario, las aplicaciones de ANA en primera o en segunda fecha, individuales o combinadas y las de 3,5,6-TPA en segunda fecha, individuales o combinadas (“TPA1+TPA2”), no afectaron estadísticamente el número de frutos y rendimiento en kilogramos por planta respecto al tratamiento “RM”. La aplicación de auxinas de síntesis en primera o en segunda fecha junto con tratamiento de “RM”, no se reflejó en un menor número de frutos por árbol ni en reducciones de rendimiento en kilogramos por planta, a excepción del tratamiento con 3,5,6-TPA en primera fecha (“TPA1+RM”), donde hubo diferencias significativas con reducción del rendimiento final. Cabezas-Gutiérrez y Rodríguez (2010), en un trabajo realizado en naranja, reportaron que cuando se raleó la mitad de la fruta (50 %) aumentó el diámetro ecuatorial y por lo tanto hubo un mayor crecimiento final. Por otra parte, Agustí y Almela (1993) también definen un valor entre 50 % y 60 % de raleo manual de frutos para lograr diferencias significativas en el aumento del tamaño de los frutos. Otro trabajo realizado en mandarina Nadorcott (Afourer) en el cual, en un tratamiento se eliminaron 72 frutos menores a 20 mm de diámetro y en otro

tratamiento 151 frutos menores a 25 mm de diámetro de forma manual en verano, no se evidenciaron diferencias significativas en rendimientos (kilogramos por planta) en ninguno de los tratamientos con respecto al control, pero sí se logró concentrar la cosecha en calibres de mayor interés comercial, eliminando los frutos más pequeños (Stander & Cronjé, 2016).

Tabla 4

Número de frutos, rendimiento (kg por planta) y peso medio de frutos (PMF) de mandarina Afourer

Tratamiento	N° frutos/ planta	Rendimiento	
		kg/planta	PMF (g)
TESTIGO	1900 a	145,37 a	76,49 b
ANA1	1540 abc	119,09 ab	77,3 b
TPA1	855 e	73,44 cd	85,8 ab
ANA1+ANA2	1223 bcde	104,27 abc	85,2 ab
TPA1+TPA2	961 de	94,01 bc	97,8 a
ANA2	1736 ab	129,2 ab	74,3 b
TPA2	1516 abc	124,44 a	82 ab
ANA1+RM	1105 cde	95,25 abc	86,1 ab
TPA1+RM	946 de	75,75 c	80 b
ANA2+RM	1405 abc	114,14 abc	81,2 b
TPA2+RM	1330 abcd	118,31 ab	88,9 ab
RM	1293 bcd	107,73 abd	83,3 ab

Nota. ^z Letras diferentes para cada variable (columna) indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$). Árboles testigo o con aplicación de ANA (225 mg L⁻¹) o TPA (10 mg L⁻¹) el 9/12 (1) y/o ANA (325 mg L⁻¹) o TPA (20 mg L⁻¹) el 7/01 (2), y/o con raleo manual (RM) realizado el 18/02.

Al igual que el rendimiento obtenido en kilogramos por planta, la distribución de los frutos en los calibres comerciales es otro de los objetivos deseados a la hora de realizar estrategias de manejo de raleo de frutos. En este experimento se determinó que cuando no se realizó ninguna estrategia de manejo,

los árboles del tratamiento “TESTIGO” presentaron el 55,8 % de los frutos dentro de la categoría de mayor valor comercial (entre 53-68 mm), casi un 40 % de los frutos menores a 53 mm y menos de un 10 % de los frutos ubicados en la categoría de mayor diámetro ecuatorial (68-90 mm). La categoría de mayor diámetro ecuatorial no es de prioridad productiva, pero se puede comercializar, a diferencia de los frutos menores a 53 mm, que tienen escaso valor comercial y muchas veces esos frutos quedan sin cosechar (Tabla 6). La distribución del número de frutos fue similar a la proporción de kilogramos obtenidos en cada categoría, donde el 58,5 % de los kilogramos cosechados se encontraba dentro de los 53-68 mm y un 33 % quedó con escaso valor comercial debido a su tamaño menor a 53 mm (Tabla 5).

Al considerar el número de frutos de diámetro menor a 45 mm, solo el tratamiento (“TPA1+RM”) presentó significativamente mayor porcentaje de éstos respecto al “TESTIGO”. En este caso, el 23 % del total de los frutos cosechados se concentró en esa categoría; todos los demás tratamientos obtuvieron menor porcentaje de frutos de tan reducido tamaño (Tabla 6). Al evaluar los kg de fruta, ninguno de los tratamientos logró diferencias estadísticamente del “TESTIGO”, representando menos del 10 % de los kg cosechados (Tabla 5).

Para la categoría de 45 a 53 mm, que también representaría descarte de frutos, se encontraron diferencias entre los tratamientos evaluados, donde los tratamientos aplicados en primera fecha ya sea en aplicación individual, combinado con una segunda fecha de aplicación o combinados con raleo manual, redujeron significativamente el porcentaje de frutos en esta categoría en comparación con el “TESTIGO”, a excepción del tratamiento con aplicación de ANA en primera fecha (“ANA1”) que no logró diferencias estadísticas en el porcentaje de número de frutos cosechados (Tabla 6). Los tratamientos de segunda fecha que lograron diferencias significativas en la reducción del número de frutos en esta categoría comparados con el “TESTIGO” fueron los combinados con raleo manual (“ANA2+RM” y “TPA2+RM”). Cuando se evaluaron los kilogramos cosechados por tratamiento (Tabla 5) se encontraron resultados similares a los de distribución porcentual del número de frutos, con la excepción en este caso, de la segunda aplicación de ANA combinada con el raleo manual (“ANA2+RM”), que no presentó diferencias significativas con el “TESTIGO”. Los demás resultados mantuvieron las diferencias estadísticas encontradas en la distribución del número de frutos. El

tratamiento individual de raleo manual (“RM”), no presentó diferencias significativas con el “TESTIGO”. El tratamiento de 3,5,6-TPA combinado con raleo manual aplicado en primera fecha (“TPA1+RM”), redujo el número de frutos y los kilogramos cosechados respecto al “RM”, mientras que los demás tratamientos combinados no obtuvieron diferencias estadísticas (Tablas 5 y 6).

En la categoría de mayor valor comercial (53-68 mm), ninguno de los tratamientos se diferenció significativamente del “TESTIGO” en porcentaje del número o kilogramos de frutos cosechados (Tablas 5 y 6).

En la categoría de 68 a 90 mm de diámetro ecuatorial de frutos, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, donde el tratamiento “TESTIGO” obtuvo cerca del 5 % de los frutos, diferenciándose de los tratamientos “TPA1”, “ANA1+RM”, “TPA1+TPA2”, “TPA1+RM” y “TPA2+RM”, que obtuvieron valores por encima del 15 % de sus frutos dentro de esta categoría. Los tratamientos aplicados con ANA no tuvieron diferencias significativas entre sí. Lo mismo ocurrió con los tratamientos donde se aplicaba 3,5,6-TPA, no observándose diferencias en las combinaciones de tratamientos, ya sea en aplicaciones individuales, combinadas con el mismo producto en dos fechas o aplicando el producto en una oportunidad y adicionando un raleo manual. Cuando comparamos la aplicación de auxinas con el raleo manual, observamos que el único tratamiento que obtuvo un porcentaje mayor de frutos en esta categoría con diferencias significativas estadísticamente, fue cuando se aplicó 3,5,6-TPA en dos ocasiones (“TPA1+TPA2”), logrando un 25 % de los frutos concentrados en esa categoría, en comparación con el 7 % obtenido con el raleo manual (“RM”) (Tabla 6). Cuando hablamos de los kilogramos cosechados por tratamiento dentro de esta categoría comercial, observamos que el “TESTIGO” presentó un 8 % de su rendimiento con frutos de 68 mm a 90 mm, logrando diferencias significativas con los demás tratamientos que tuvieron un mayor porcentaje de kilogramos cosechados en esta categoría. Estos casos fueron en los que se aplicó ANA en primera más en segunda fecha (“ANA1+ANA2”) y también cuando se adiciona el raleo manual a la primera aplicación de ANA (“ANA1+RM”). En las tres aplicaciones de 3,5,6-TPA en primera fecha (“TPA1”, “TPA1+TPA2” y “TPA1+RM”), con valores por encima del 28 % de los frutos dentro de esta categoría, se lograron diferencias significativas con el “TESTIGO”. El raleo manual aplicado individualmente (“RM”) no logró

diferenciarse del “TESTIGO”, ni de los tratamientos que se aplicó ANA. Sin embargo, obtuvo diferencias con los tratamientos en los que se aplicó 3,5,6-TPA en primera fecha (“TPA1”, “TPA1+TPA2”, “TPA1+RM”) y cuando se aplicó en segunda fecha combinado con raleo manual (“TPA2+RM”); en estos tratamientos el porcentaje de kilogramos en esta categoría de mayor tamaño fue significativamente mayor (Tabla 5).

Dado que para algunos mercados esta última categoría presenta un interés comercial similar a la categoría de 53 mm a 68 mm de diámetro, también se analizó estadísticamente las diferencias entre los tratamientos, agrupando ambas categorías, es decir una categoría de 53-90 mm. Si bien no hubo diferencias significativas con el “TESTIGO”, los tratamientos “ANA1”, “ANA1+RM”, “TPA2+RM” y “RM” presentaron una tendencia a tener un mayor porcentaje de frutos de interés comercial, con 76 % los tres primeros y 72 % el “RM” de sus frutos con un diámetro entre 53 mm y 90 mm, mientras que el testigo tuvo un 61 % de sus frutos en estos tamaños (Tabla 6 y Figura 5).

Tabla 5

Rendimiento (kg/planta) y porcentaje del rendimiento (kg) proveniente de frutos clasificados en las categorías de interés comercial de mandarina Afourer

Tratamiento	Rendimiento (kg/planta)	Porcentaje del rendimiento por categoría (kg)				
		<45 mm	45 - 53 mm	53 - 68 mm	68 - 90 mm	53-90 mm
TESTIGO	145,37 a ^z	5,7 abc	27,2 ab	58,5 abcde	8,3 d	66,8 cd
ANA1	119,09 ab	3,9 bc	18,3 abcdef	61,5 bc	16,1 abcd	77,6 abc
TPA1	73,44 cd	4,5 abc	13,1 def	53 e	29,3 a	82,3 a
ANA1+ANA2	104,27 abc	3,2 bc	11,4 cdef	56,1 abcde	29 abc	85,1 ab
TPA1+TPA2	94,01 bc	4,4 abc	9,6 ef	47,3 bcde	38,6 a	85,9 a
ANA2	129,2 ab	9,6 a	32,8 a	50,5 cde	6,8 d	57,3 d
TPA2	124,44 a	9,6 ab	23,2 abc	53,2 de	13,6 bcd	66,8 bcd
ANA1+RM	95,25 abc	2,4 c	11,4 def	63 abcd	23 abc	86 ab
TPA1+RM	75,75 c	3,5 bc	8,9 f	55 abcde	32,4 ab	87,4 a
ANA2+RM	114,14 abc	3,5 bc	17,5 bcde	66,1 ab	12,7 cd	78,8 abc
TPA2+RM	118,31 ab	3,8 bc	12,7 def	57,9 cde	25,4 ab	83,3 a
RM	107,73 abd	2,6 c	19,3 abcd	66,7 a	11,1 cd	77,8 abc

Nota. ^z Letras diferentes para cada variable (columna) indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$). Árboles testigo o con aplicación de ANA (225 mg L⁻¹) o TPA (10 mg L⁻¹) el 9/12 (1) y/o ANA (325 mg L⁻¹) o TPA (20 mg L⁻¹) el 7/01 (2), y/o con raleo manual (RM) realizado el 18/02.

Tabla 6

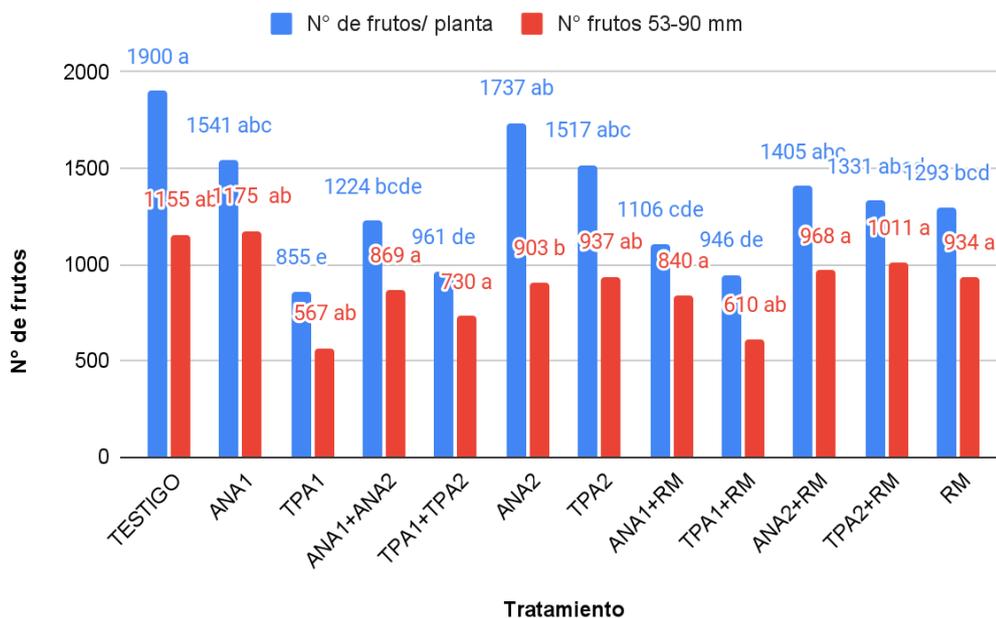
Número de frutos y porcentaje de frutos clasificados en las categorías de interés comercial de mandarina Afourer

Tratamiento	Nº de frutos/ planta	Porcentaje de frutos por categoría (%)				
		< 45 mm	45 - 53 mm	53 - 68 mm	68 - 90 mm	53 - 90 mm
TESTIGO	1900 a ^z	0,4 b	38,7 ab	55,8 abc	4,9 c	60,8 ab
ANA1	1540 abc	7,2 ab	26,4 bcd	57 abc	6 bc	76,3 ab
TPA1	855 e	13,5 ab	20 cde	47,6 bc	18,7 ab	66,3 ab
ANA1+ANA2	1223 bcde	11 ab	17,9 de	54,3 abc	16,6 ab	71 a
TPA1+TPA2	961 de	7,5 ab	16,5 de	50,2 bc	25,7 a	75,9 a
ANA2	1736 ab	4 b	43,9 a	47,3 c	4,6 c	52 b
TPA2	1516 abc	4,9 b	33,2 abc	53,5 abc	8,2 bc	61,8 ab
ANA1+RM	1105 cde	6,2 ab	17,6 de	62,3 ab	13,8 abc	76 a
TPA1+RM	946 de	23,1 a	12,2 e	46 c	18,5 ab	64,5 ab
ANA2+RM	1405 abc	7,6 ab	23,3 cde	61,1 ab	7,8 bc	68,9 a
TPA2+RM	1330 abcd	2,6 b	21,2 cde	58,8 abc	17,1 ab	76 a
RM	1293 bcd	0,8 b	26,9 bcd	65,1 a	7,1 bc	72,2 a

Nota. ^z Letras diferentes para cada variable (columna) indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$). Árboles testigo o con aplicación ANA (225 mg L^{-1}) o TPA (10 mg L^{-1}) el 9/12 (1) y/o ANA (325 mg L^{-1}) o TPA (20 mg L^{-1}) el 7/01 (2), y/o con raleo manual (RM) realizado el 18/02.

Figura 5

Número total de frutos cosechados y número de frutos de tamaño comercializable (53-90 mm) de mandarina Afourer



Nota. Árboles testigos o con aplicación de ANA (225 mg L⁻¹) o TPA (10 mg L⁻¹) el 9/12 (1) y/o ANA (325 mg L⁻¹) o TPA (20 mg L⁻¹) el 7/01 (2), y/o con raleo manual (RM) realizado el 18/02.

En la Tabla 7 se presenta una síntesis de los principales resultados obtenidos en esta tesis. La aplicación de 3,5,6-TPA en primera fecha redujo el número de frutos por árbol y produjo un aumento del peso medio, pero permitió estimular otro flujo de brotación reproductiva, incrementando el porcentaje de frutos de menor tamaño que fue necesario ralear y además que fueron cosechados. Este resultado coincide con el reporte de Agustí y Almela (1993) en España, donde aplicaciones de 3,5,6-TPA a concentraciones de 10-15 mg L⁻¹ presentaron un elevado efecto de raleo de frutos. Esto también se demostró en resultados nacionales, donde el 3,5,6-TPA raleó cerca del 90 % de los frutos en mandarina Montenegrina (Gambetta et al., 2010). El tratamiento de ANA fue menos agresivo, tendiendo a reducir un 20 % el número de frutos respecto al testigo, pero logrando una reducción significativa cuando se combinó con otra aplicación de ANA, que redujo en promedio un 36 % de los frutos, probablemente debido a la eliminación de frutos más pequeños

provenientes de una brotación posterior. Esto permitió obtener un número similar de frutos comercializables que en los árboles testigo, pero menor número de frutos menores a 53 mm, lo que representaría un descarte de 354 y 741 frutos en árboles tratados y testigo, respectivamente. En las condiciones nacionales, la aplicación de ANA durante la fase I de crecimiento de frutos de mandarina Montenegrina, redujo en un 50 % el número de frutos, incrementando su tamaño y la proporción de frutos de mayor valor comercial (Gambetta et al., 2010)

El raleo producido por la aplicación de auxinas de síntesis es un proceso altamente selectivo donde se eliminan los frutos de menor tamaño (Agustí & Almela, 1993) que posteriormente serían los que carecen de valor comercial a la hora de la cosecha. En este experimento no se evidencian diferencias significativas entre los tratamientos en la categoría de mayor interés, pero sí en la cantidad de frutos de menor tamaño, que no tienen valor comercial (<53mm). Cuando se aplican auxinas, la respuesta observada es una concentración de los frutos en categorías de mayor calibre, tal como lo mencionan Polti et al. (2014) y Agustí et al. (2020). Es por esto que reducir la cantidad de frutos producidos en las categorías de menor valor comercial permite un manejo más eficiente para el predio, pudiendo así reducir costos de cosecha, transporte y procesamiento en planta de empaque de un producto que tiene escaso potencial de venta. El raleo manual con la intensidad que se realizó en este experimento no fue eficaz en incrementar el porcentaje de frutos de mayor valor comercial. De acuerdo a Agustí y Almela (1993) y Cabezas-Gutiérrez y Rodríguez (2010), para lograr un aumento significativo en el tamaño de los frutos se debe reducir a la mitad o más el número de frutos en los árboles, lo que ocasiona una reducción en el rendimiento final.

Tabla 7
Principales resultados obtenidos en mandarina *Afourer*

Tratamiento	Floración extemporánea (Flores/100 n) 25/01	Cuajado final (%) (25/01)	Frutos raleados (18/02)		Diámetro (mm) 26/08/21	Cosecha						
			NF/ árbol	% frutos ≤ 10 mm		NF	Rendimiento (kg/árbol)	PMF (g)	Comercial 53-90 mm (% NF)	Comercial 53-90 mm (NF/árbol)	Descarte < 53 (% NF)	Descarte < 53 (NF/árbol)
TESTIGO	0,2	6,2 ab ^z			55.9 d	1900 a	145 a	77 b	60.8 ab	1155 a	39.2 ab	744 ab
ANA1	2,4	5,2 abcd			60.1 bc	1541 abc	119 ab	77 b	76.3 ab	1175 a	33.6 ab	518 abc
TPA1	5,4	1,6 d			60.6 abc	855 e	73 cd	86 ab	66.3 ab	566 c	33.5 ab	286 de
ANA1+ANA2	0	4,6 abcd			61.2 abc	1224 bcde	104 abc	85 ab	71.0 a	869 abc	28.9 b	354 cde
TPA1+TPA2	0	1,2 d			63.7 a	961 de	94 bc	98 a	75.9 a	729 abc	24.0 b	231 e
ANA2	0	5,6 ab			55.8 d	1737 ab	129 ab	74 b	52.0 b	903 ab	48 a	832 a
TPA2	0	8,3 a			57.9 cd	1517 abc	124 a	82 ab	61.8 ab	937 ab	38.1 ab	578 abc
ANA1+RM	2,4	3,2 bcd	731 a	21 b	61.1 abc	1106 cde	95 abc	86 ab	76.0 a	840 abc	23.8 b	263 de
TPA1+RM	8,4	2,2 cd	770 a	66 a	62.4 ab	946 de	76 c	80 b	64.5 ab	610 bc	35.3 b	334 cde
ANA2+RM	0	6,6 ab	627 ab	10 b	59.3 bc	1405 abc	114 abc	81 b	68.9 a	968 ab	30.9 b	434 bcd
TPA2+RM	0	5,6 abcd	447 b	6 b	60.8 abc	1331 abcd	118 ab	89 ab	76.0 a	1011 a	23.8 b	317 cde
RM	1,2	7.0 a	685 ab	8 b	59.0 cd	1293 bcd	108 abd	83 ab	72.2 a	933 ab	27.7 b	358 cde

Nota. ^z Letras diferentes para cada variable (columna) indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$). Árboles testigo o con aplicación de ANA (225 mg L⁻¹) o TPA (10 mg L⁻¹) el 9/12 (1) y/o ANA (325 mg L⁻¹) o TPA (20 mg L⁻¹) el 7/01 (2), y/o con raleo manual (RM) realizado el 18/02. Referencias: n: nudos, NF: número de frutos, PMF: peso medio de frutos.

6. Conclusiones

- ❖ Las auxinas de síntesis aplicadas en árboles de mandarina Afourer durante la fase I del crecimiento del fruto presentaron un efecto variable según el producto. El 3,5,6-TPA provocó un raleo significativo, reduciendo a la mitad el rendimiento por planta, mientras que el ANA aplicado individualmente no logró reducir significativamente el número de frutos por árbol, pero lo redujo cuando se combinó con una segunda aplicación al inicio de la fase II, raleando frutos provenientes de un flujo de brotación que ocurrió al inicio del verano.
- ❖ La reducción del número de frutos alcanzada en este experimento no permitió incrementar el peso medio de los mismos, pero en los tres tratamientos de TPA1, en el de ANA1 + ANA2 y ANA1 + RM redujo significativamente el número de frutos de descarte (menores a 53 mm). La doble aplicación de auxinas mejoró los resultados de las aplicaciones individuales.
- ❖ El raleo manual de frutos realizado durante la fase II de crecimiento, redujo el número de frutos respecto al testigo y el descarte de frutos pequeños.
- ❖ La combinación de la aplicación de ANA durante la fase I de crecimiento de frutos con el raleo manual o la doble aplicación de ANA presentaron resultados similares al RM, permitiendo reducir el número de frutos de descarte respecto al testigo y a las medidas individuales.

7. Bibliografía

- Ackermann, M. N. (2021). *Seminario: Sector hortifrutícola*. OPYPA.
<https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/publicaciones/2021-08-19%20Seminario%20hortifut%C3%ADcola-interno.pdf>
- Ackermann, M., & Diaz, A. (2016). Fruticultura: Situación y perspectivas de la citricultura y los frutales de hoja caduca. En *Anuario OPYPA 2016* (pp. 205-228). MGAP. https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/publicaciones/fruticultura_situacion_y_perspectivas_de_la_citricultura_y_los_frutales_de_hoja_caduca.pdf
- Agustí, M. (2003). *Citricultura* (2ª ed.). Mundi-Prensa.
- Agustí, M. (2010). *Fruticultura* (2ª ed.). Mundi-Prensa.
- Agustí, M., & Almela, V. (1993). La utilización de auxinas de síntesis para aumentar el tamaño de los frutos cítricos. *Fruticultura Profesional*, (55), 5-12.
- Agustí, M., Almela, V., Juan, M., Primo-Millo, E., Trenor, I., & Zaragoza, S. (1994). Effect of 3,5,6-trichloro-2-pyridyl-oxyacetic acid on fruit size and yield of 'Clausellina' mandarin (*Citrus unshiu* Marc.). *Journal of Horticultural Science*, 69(2), 219-223.
- Agustí, M., Martínez-Fuentes, A., & Mesejo, C. (2002). Citrus fruit quality: Physiological basis and techniques of improvement. *Agrociencia (Uruguay)*, 6(2), 1-16.
- Agustí, M., Martínez-Fuentes, A., Mesejo, C., Juan, M., & Almela, V. (2003). *Cuajado y desarrollo de los frutos cítricos*. Generalitat Valenciana.
- Agustí, M., Mesejo, C., & Reig, C. (2020). *Citricultura* (3ª ed.). Mundi-Prensa.
- Bain, J. M. (1958). Morphological, anatomical and physiological changes in the developing fruit of Valencia Oranges, (*Citrus sinensis*, (L) Osbeck). *Australian Journal of Botany*, 6(1), 1-24.

- Bozzo de Brum, A., & Lasserre Díaz, E. (1997). *Efecto del 2,4-DP y del 3,5,6-TPA en el crecimiento del fruto y rendimiento del tangor Ellendale (Citrus sinensis L. Osb.x C. reticulata Bl.)* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Cabezas-Gutiérrez, M., & Rodríguez, C. A. (2010). Técnicas hortícolas para optimizar el tamaño y la calidad del fruto del naranjo (*Citrus sinensis* L.). *Agronomía Colombiana*, 28(1), 55-62.
- Chica, E., & Albrigo, G. (2013). Expression of flower promoting genes in sweet orange during floral inductive water deficits. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 138(2), 88-94.
- Coelho, Y., & Medina, V. (1992). Fruit thinning in citrus. En L. C. Donadio (Ed.), *Second International Seminar on Citrus Physiology: Proceedings* (pp. 199-203). Editora Legis Summa.
- El-Otmani, M., Coggins Jr., C. W., Agustí, M., & Lovatt, C. (2000). Plant growth regulators in citriculture: World current uses. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 19(5), 395-447.
- Fasiolo, A., & Rey, F. (2013). *Contribución al conocimiento de la biología reproductiva de la mandarina 'Afourer' (Citrus reticulata Blanco)* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Gambetta, G., Borges, A., Espino, M., Da Cunha Barros, M., Rivas, F., Arbiza, H., & Gravina, A. (2008). Mejora de la productividad de la mandarina 'Nova': Aspectos fisiológicos y medidas de manejo. *Agrociencia (Uruguay)*, 12(2), 1-9.
- Gambetta, G., Espino, M., Pardo, E., Alberti, V., Arbiza, H., & Gravina, A. (2010). 'Montenegrina' mandarin: Characterization of the agronomic behaviour and fruit size improvement. En X. Deng, J. Xu, S. Lin, & R. Guan (Eds.), *Proceedings of the International Society of Citriculture* (pp. 561-566). International Society of Citriculture.
- Gambetta, G., Gravina, A., Fasiolo, C., Fornero, C., Galiger, S., Inzaurrealde, C., & Rey, F. (2013). Self-incompatibility, parthenocarpy and reduction of seed presence in 'Afourer' mandarin. *Scientia Horticulturae*, 164, 183-188.

- Google. (2022). [Establecimiento “El Espinillo”, Montevideo, Uruguay. Mapa]. Recuperado el 13 de mayo de 2022, de <https://goo.gl/maps/VXZKr9ECJaADvVyg8>
- Gravina, A., Inzaurre, C., Aunchayna, R., Da Cunha Barros, M., Alberti, V., & Pardo, E. (2010). Aplicación de 3,5,6-TPA en mandarina 'Clemenules': Efecto en componentes del rendimiento y calidad de fruta. En *3^{er} Simposio de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Citrus* (pp. 80-83). Facultad de Agronomía.
- Guardiola, J. L. (1992). Fruit set and growth. En L. C. Donadio (Ed.), *Second International Seminar on Citrus Physiology: Proceedings* (pp. 4-5). Editora Legis Summa.
- Guardiola, J. (1996). Synthetic auxins and citrus fruit size: Strategies for use and mechanism of action. En International Society of Citriculture (Ed.), *Proceedings of the International Citrus Congress* (pp. 953-960).
- Hirose, K. (1982). Development of chemical thinners of commercial use for Satsuma mandarin in Japan. En International Society of Citriculture (Ed.), *Proceedings of the International Citrus Congress* (pp. 256-260).
- Khan, I. (Ed.) (2007). *Citrus genetics, breeding and biotechnology*. Wallingford.
- Marongiu, S. (2021). Sector de los cítricos: Análisis de mercado y aspectos socioeconómicos: Marco general del sector de los cítricos en Cuba, Guadalupe y España. En Tropicsafe (Ed.), *D6.4: Manual final con fichas de innovación: Enfermedades asociadas a procariotas transmitidas por insectos en cultivos perennes tropicales y subtropicales* (pp. 69-72). Unión Europea. <https://www.tropicsafe.eu/wp-content/uploads/2022/02/HANDBOOK-TROPICSAFE-ES.pdf>
- Manzi, M. (2011). *Respuesta metabólica y reproductiva de dos variedades de cítricos bajo estrés hídrico* [Tesis de maestría, Universidad de la República]. Colibrí. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/1811/1/0054man.pdf>

- Mesejo, C., Rosito, S., Reig, C., Martínez-Fuentes, A., & Agustí, M. (2012). Synthetic Auxin 3,5,6-TPA provokes Citrus clementina (Hort. ex Tan) fruitlet abscission by reducing photosynthate availability. *Journal of Plant Growth Regulation*, 31, 186-194.
- Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. (2019, 20 de diciembre). *Citricultura: Situación y perspectiva*. <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/citricultura-situacion-perspectiva>
- Nadori, E. (2006). Nadorcott mandarin: A promising new variety. En International Society of Citriculture (Ed.), *Proceedings of the International Citrus Congress* (pp. 356-359).
- Nishikawa, F., Endo, T., Shimada, T., Fujii, H., Shimizu, T., Omura, M., & Ikoma, Y. (2007). Increased CiFT abundance in the stem correlates with floral induction by low temperature in Satsuma mandarin (Citrus unshiu Marc.). *Journal of Experimental Botany*, 58(14), 3915-3927. <https://doi.org/10.1093/jxb/erm246>
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2003). *Citricultura en Uruguay: Contribución a su conocimiento*. MGAP. https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/la_citricultura_en_uruguay_-_junio_2003.pdf
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2022). *Encuesta citrícola "Primavera 2021"*. MGAP. https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/noticias/PUBLICACION_CITRICOLA_2021_0.pdf
- Otero, A. (2004). *Raleo de frutos en mandarinas Satsumas y otros cítricos*. INIA.
- Otero, A. (2010). Alternativas de raleo químico de frutos en mandarinas alternantes. En Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Ed.), *Manejo de la fisiología reproductiva en citrus* (pp. 12-18).
- Poehlman, J. M., & Sleper, D. A. (2005). *Mejoramiento genético de las cosechas* (2ª ed.). Limusa.

- Polti, S., Gravina, A., & Gambetta, G. (2014, 3-5 de noviembre). *Mejora del tamaño de fruta y evaluación de la alternancia productiva en mandarina 'Montenegrina'* [Contribución]. IV Simposio Nacional, I Congreso Latinoamericano, Salto.
- Porras, I. (2011). Aplicaciones de fitorreguladores en cítricos. *PHYTOMA España*, (230), 42-46.
- Quiñones, M. (2017). *Uruguay: Identificación de oportunidades para promover la creación de empleos verdes en la citricultura*. Organización Internacional del Trabajo. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---sro-santiago/documents/publication/wcms_613668.pdf
- Rivas, F., Arbiza, H., & Gravina, A. (2004). Caracterización del comportamiento reproductivo de la mandarina "Nova" en el sur del Uruguay. *Agrociencia (Uruguay)*, 8(2), 79-88.
- Spiegel-Roy, P., & Goldschmidt, E. (1996). *The biology of citrus*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511600548>
- Stander, O. P., & Cronjé, P. J. (2016). Reviewing the commercial potential of hand thinning in citrus with a cost-benefit analysis of summer hand thinning of 'Nadorcott' mandarin. *HortTechnology*, 26(2), 206-212.
- Vardi, A., Levin, I., & Carmi, N. (2008). Induction of seedlessness in citrus: From classical techniques to emerging biotechnological approaches. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, 133(1), 117-126.
- Verreynne, J., & Lovatt, C. (2009). The effect of crop load on budbreak influences return bloom in alternate bearing 'Pixie' mandarin. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 134(3), 299-307.

Anexo**Tabla A1***Diámetro ecuatorial promedio (mm) de los frutos de mandarina Afourer*

	22/12/20	7/1/21	25/1/21	18/2/21	5/3/21	29/3/21	21/4/21	20/5/21	6/6/21	26/6/21	22/7/21	26/8/21
TESTIGO	12,74 a	17,54 a	21,34 ab	28,74 de	33,58 bc	39,46 de	46,1 d	49,12 d	50,34 e	51,24 e	54,2 fg	55,94 d
ANA1	12,70 a	18,52 a	22,02 ab	30,48 bcde	35,42 b	41,1 bcde	49,66 bc	51,52 bcd	53 cde	55,62 bcd	57,16 cdef	60,08 bc
TPA1	12,43 a	18,2 a	23,6 a	33 ab	36,82 ab	40,9 bcde	49,84 bc	52,86 bc	56,66 ab	57,64 bcd	60,92 ab	60,64 abc
ANA1+ANA2	12,13 a	17,08 a	22,16 ab	31,56 abc	35,16 b	42,4 bc	51,62 ab	53,21 ab	53,86 bc	56,98 bcd	58,74 bcd	61,15 abc
TPA1+TPA2	13,06 a	19,02 a	22,42 ab	34,52 a	39,86 a	46,5 a	54,61 a	56,38 a	57,2 a	60,98 a	63,24 a	63,70 a
ANA2	12,68 a	17,84 a	19,86 b	28,32 e	31,5 c	38,88 e	45,82 d	49,6 cd	50,86 de	50,96 e	53,58 g	55,8 d
TPA2	13,2 a	18,15 a	20,32 ab	30,2 bcde	34,55 bc	39,93 cde	47,77 cd	49,4 cd	54,5 bc	54,575 cd	56,35 defg	57,85 cd
ANA1+RM3	12,66 a	16,56 a	22,72 ab	30,66 bcde	35,78 b	43,14 bc	50,02 bc	53,32 ab	53,52 ab	54,28 bcd	55,4 ab	61,10 abc
TPA1+RM3	11,13 a	17,5 a	21,94 ab	31,7 abcd	35,9 b	42,54 bc	51,6 ab	52,58 bc	56,5 abc	58,32 ab	60,68 ab	62,42 ab
ANA2+RM3	13,30 a	17,62 a	20,42 b	28,92 de	34,74 bc	42,16 bcde	48,66 bcd	51,86 bcd	53,9 bcd	55,32 bcd	57,8 bcde	59,26 bc
TPA2+RM3	13,59 a	18,34 a	20,36 b	29,56 cde	36,04 b	43,6 b	51,66 ab	53,8 ab	55,82 bc	57,54 bc	58,78 bcde	60,84 abc
RM3	13,41 a	17,66 a	21,18 ab	29,64 de	32,86 bc	41,17 bcde	49,12 bcd	52,32 bcd	54,22 bcd	55,68 d	57,5 efg	58,98 cd

Nota. Árboles testigo o con aplicación ANA (225 mg L⁻¹) o TPA (10 mg L⁻¹) el 9/12 (1) y/o ANA (325 mg L⁻¹) o TPA (20 mg L⁻¹) el 7/01 (2), y/o con raleo manual (RM) realizado el 18/02. ^zLetras diferentes para cada fecha (columna) indican diferencias significativas entre tratamientos (p ≤ 0,05).