

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**MEJORA DEL TAMAÑO DE FRUTA Y CONTROL DE LA ALTERNANCIA
EN MANDARINA 'MONTENEGRINA' (*Citrus deliciosa* Tenore)**

por

Santiago POLTI ALBISU

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo.**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2013**

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. MSc. Alfredo Gravina

Ing. Agr. Dra. Giuliana Gambetta

Ing. Agr. Martín Lanfranco

Fecha: 9 de diciembre de 2013

Autor:

Santiago POLTI ALBISU

AGRADECIMIENTOS

Al equipo de Ecofisiología de Citrus: Alfredo, Giuliana, Carolina, Florencia y Virginia, por su dedicación, apoyo y óptimo clima de trabajo compartido.

A mis padres, pilares fundamentales, por todo su apoyo y su ejemplo.

A mis hermanos, amigos, compañeros y todas las personas que estuvieron junto a mí brindándome su apoyo para que pudiera terminar este trabajo.

Al establecimiento 'Frutícola Libertad' y al personal, por el apoyo brindado.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	4
2.1. EL FRUTO CÍTRICO.....	4
2.1.1. <u>Fases de desarrollo</u>	5
2.1.1.1. Caída fisiológica.....	6
2.1.2. <u>Factores determinantes del tamaño final del fruto y que regulan la alternancia</u>	8
2.1.2.1. Factores endógenos que regulan el tamaño final del fruto.....	8
2.1.2.2. Factores exógenos que regulan el tamaño final del fruto y la alternancia.....	10
2.1.2.3. Prácticas culturales que afectan el tamaño final del fruto y la alternancia.....	12
2.2. SITUACIÓN DE LA CITRICULTURA URUGUAYA Y LA VARIEDAD 'MONTENAGRINA'.....	15
2.2.1. <u>La citricultura en Uruguay y el cultivo de 'Montenegrina'</u>	15
2.2.2. <u>Origen y características de la variedad</u>	16

2.2.3. <u>Comportamiento productivo de 'Montenegrina'</u>	17
2.3. METODOS DE CONTROL DE LA ALTERNANCIA Y MEJORA DE TAMAÑO DE FRUTA.	18
2.3.1. <u>Reducción de la competencia entre órganos en desarrollo</u>	19
2.3.1.1.Reducción de la floración mediante aplicación de ácido giberélico (GA ₃).	19
2.3.1.2. Uso de auxinas como raleadoras de frutos.	20
2.3.2. <u>Incremento de la capacidad de crecimiento del fruto</u>	23
2.3.2.1. Uso de auxinas como potenciadores de crecimiento del fruto.....	23
2.3.2.2. Aplicación de fertilizantes foliares.....	28
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	31
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	37
4.1. ABSCISIÓN DE FRUTOS.....	37
4.2. CRECIMIENTO DE FRUTOS.....	39
4.3. COMPONENTES DEL RENDIMIENTO.....	41
4.3.1. <u>Rendimiento y número de frutos por planta</u>	41
4.3.2. <u>Diámetros promedios y peso medio de frutos</u>	42
4.3.2.1. Categorías comerciales.....	44
4.3.3. <u>Frutos por m³ de copa</u>	46

4.4. CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN HOJAS.....	46
4.4.1. <u>Concentración de macronutrientes en hojas</u>	47
4.4.2. <u>Concentración de micronutrientes en hojas</u>	48
4.5. FLORACIÓN SIGUIENTE.....	50
5. <u>CONCLUSIONES</u>	51
6. <u>RESUMEN</u>	52
7. <u>SUMMARY</u>	53
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	54
9. <u>ANEXOS</u>	65

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Productos, concentraciones y días post-floración de los tratamientos aplicados en mandarina 'Montenegrina'.....	32
2. Porcentaje de abscisión, evaluado al fin de la caída fisiológica (25 de enero), con base en los frutos presentes el día de la aplicación.....	38
3. Rendimiento y número de frutos por planta, peso medio y diámetro de frutos por tratamiento, mandarina 'Montenegrina'.....	44
4. Número de frutos por m ³ de copa.....	46
5. Concentración foliar de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio por tratamiento (expresado en % de materia seca).....	48
6. Concentración foliar de hierro, manganeso y zinc expresados en mg kg ⁻¹ , por tratamiento.....	49
7. Intensidad de la floración siguiente por tratamiento (expresada en flores/100 nudos), evaluada en octubre de 2012, mandarina 'Montenegrina'.....	50

Figura No.

1. Vista de un árbol marcado usado en el experimento.....	31
2. Medición del diámetro ecuatorial de frutos en cosecha 2012.....	33
3. Árbol correspondiente al tratamiento Bonus® 10 % 1° fecha, previo a la cosecha.....	35
4. Evolución del diámetro de fruto por tratamiento desde la aplicación de 3,5,6-TPA y N-P-K, Bonus® en primera fecha, hasta la cosecha.....	39
5. Evolución de la tasa de crecimiento de fruto promedio (mm día ⁻¹) de los tratamientos de 3,5,6-TPA 20 mg l ⁻¹ y control.....	40
6. Frutos obtenidos en árboles con la aplicación de 3,5,6-TPA 20 mg l ⁻¹ (izquierda) y en el control (derecha).....	43
7. Distribución del tamaño de fruta por tratamiento (expresado en porcentaje por diámetros comerciales).....	45

1. INTRODUCCIÓN

Uruguay cuenta en 2012 con una superficie efectiva de 16.250 ha de montes cítricos, correspondiendo 50 % de la superficie a naranjas, 37,7 % a mandarinas, 11,2 % a limones y el restante 1 % a pomelos. La producción que tiene como objetivo la exportación de fruta para consumo en fresco, en la zafra 2012 fue de 330,6 mil toneladas (t), correspondiendo el 38 % a mandarinas. Los principales destinos de exportación de mandarinas fueron Europa y Brasil obteniéndose un ingreso estimado de U\$S 27:912.000. La producción de 'Montenegrina' en 2012 fue de 3.555 t correspondiendo al 3 % del total producido de mandarinas, con una productividad promedio baja, según datos nacionales de los últimos 7 años, ubicándose entre 7 y 17 t ha⁻¹ (URUGUAY. MGAP.DIEA, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2013).

'Montenegrina' presenta alta calidad de frutos, al igual que su progenitora (mandarina común), en cuanto a características organolépticas, tales como, fácil pelado, excelente sabor y color, y presenta un menor número de semillas que la mandarina común (Rodríguez y Cunha Dornelles, 1999). Su fecha de cosecha es más tardía lo que sumado al precio en el mercado europeo, es posicionada como de interés para su futuro desarrollo (Gambetta et al., 2005). Sin embargo, al igual que la mandarina común, presenta la característica de producción alternante (Gambetta et al., 2008b) siendo necesario en condiciones de baja carga de frutas, tomar medidas para regularizar su producción.

En los últimos años, el tamaño de fruta como parámetro de calidad de los cítricos se ha incrementado notablemente, y se ha vuelto tan importante como el rendimiento, en la determinación de la rentabilidad de las plantaciones (Guardiola, 1996). Regular la producción con el objetivo de disminuir la alternancia es un tema central del manejo para obtener el potencial económico de esta variedad; de no lograrse, en los años de alta producción el porcentaje descartado de fruta debido a tamaño pequeño es alto, lo que implica una pérdida económica importante; en los años de baja

producción, el rendimiento es mínimo y económicamente no es viable (Gravina y Gambetta, 2009).

Las alternativas disponibles para incrementar el tamaño de fruto y/o mitigar el hábito alternante tienen como fin reducir la competencia entre órganos en desarrollo o incrementar la capacidad de crecimiento del fruto. Dentro de la primera, la reducción de la floración mediante aplicación de ácido giberélico (GA_3), o el uso de auxinas como raleadoras de frutos han reportado resultados insatisfactorios, mientras que en la segunda el uso de auxinas como potenciadores de crecimiento del fruto o aplicación de fertilizantes foliares se presentan como alternativas promisorias.

La aplicación de GA_3 durante el período inductivo inhibe la inducción floral y reduce marcadamente la intensidad floral (Guardiola et al. 1982, Borsani et al. 1992, Gravina et al. 1997, Espino et al. 2005, Gravina et al. 2005, Gravina 2007). Gambetta et al. (2008b), confirman los resultados anteriores en 'Montenegrina', sin embargo, al ser un cultivar autocompatible y de alta capacidad de cuajado, la disminución de la floración provocó un aumento dramático del cuajado y consecuentemente se obtuvo un aumento en el número de frutos y en el rendimiento por planta no logrando los resultados esperados.

El uso de auxinas para promover el raleo de frutos en cítricos ha sido desarrollado desde hace varias décadas con el fin de corregir los ciclos alternantes y mejorar el tamaño. Las experiencias a nivel nacional han presentado resultados muy variables y poco consistentes; 'Montenegrina' no es la excepción, en donde Gambetta et al. (2008b) obtuvieron resultados desde sin efecto de raleo hasta un raleo muy intenso y fitotoxicidad.

La aplicación de auxinas como potenciadoras del crecimiento del fruto (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 (Agustí et al. 1995, Guardiola 1996, El-Otmani et al. 2000b, Guardiola y García-Luis 2000, Agustí et

al. 2002). Los antecedentes en 'Montenegrina' en nuestro país, indican que es posible incrementar el tamaño y peso de los frutos a través de un efecto directo en el tamaño de fruta, con un raleo de 20-25 %, sin afectar significativamente el rendimiento (Gambetta et al., 2008b).

En los últimos años se ha desarrollado un fertilizante foliar (N-P-K, Bonus®, con concentraciones 13-2-44), a base de nitrato de potasio enriquecido con fósforo soluble (fosfato mono amónico) con características particulares en relación a su absorción, que mejora el tamaño de frutos. Si bien son pocos los trabajos científicos que permiten confirmar estos efectos positivos planteados por los elaboradores del producto, según Achilea et al. (2001, 2002) permiten incrementar el rendimiento y tamaño de frutos y a su vez reducir el número de aplicaciones, debido a las características del producto, permitiendo el agregado de alta concentración de potasio sin producir efectos fitotóxicos.

A partir de la información precedente se plantean como objetivos generales de este trabajo: (1) incrementar el tamaño de fruto en mandarina Montenegrina; (2) regular la producción con el objetivo de disminuir o mitigar la alternancia en esta variedad. Como objetivos específicos se plantea: (a) confirmar el efecto de la auxina de síntesis 3,5,6 -trichloro-2-pyridyloxyacetic acid (3,5,6-TPA), (Maxim®) y evaluar el del fertilizante foliar (Bonus®-N-P-K) (13-2-44), en diferentes concentraciones, en los componentes del rendimiento; (b) determinar si algunos de los tratamientos modifica la intensidad de floración del ciclo siguiente logrando disminuir la alternancia.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. EL FRUTO CÍTRICO

El fruto de los cítricos es una baya modificada denominada hesperidio, el cual surge como consecuencia del crecimiento del ovario; está formado por aproximadamente diez unidades carpelares que rodean el eje floral y al contactar entre sí forman los lóculos en cuyo interior crecen las semillas y los sacos de jugo (Agustí, 2003a).

Se denomina pericarpio a la parte exterior a los lóculos y se la puede dividir en tres regiones según Schneider (1968):

- ♣ El exocarpio o flavedo es la capa de tejido más externa, la cual está formada por una epidermis compuesta de células parenquimáticas tubulares que contienen cloroplastos y le dan el color verde a los frutos inmaduros, los cuales se convierten en cromoplastos durante la maduración que le da el color característico de cada especie y variedad.
- ♣ El mesocarpio o albedo ocupa la posición intermedia entre el exocarpio y endocarpio, formado por un tejido esponjoso de células parenquimatosas de color blanco en la mayor parte de los frutos cítricos; junto con el exocarpio constituyen lo que se denomina corteza.
- ♣ El endocarpio o pulpa es la parte más interna del pericarpio formada por una epidermis que delimita los lóculos o gajos y de la cual se originan las vesículas de jugo hacia el interior del lóculo; las mismas son células completamente vacuolizadas que en la madurez contienen jugo.

2.1.1. Fases de desarrollo

El crecimiento del fruto sigue una curva sigmoideal caracterizada por tres períodos o fases bien definidas (Bain, 1958).

Fase I o período de división celular, comprendido entre la antesis y el fin de la caída fisiológica, caracterizada por un rápido crecimiento del fruto debido a la división celular, con el consiguiente 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. En esta fase que dura aproximadamente dos meses queda definido el tamaño potencial del fruto.

Fase II o período de crecimiento lineal, de 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 mesocarpio esponjoso, con la ausencia de división celular en casi todos los tejidos excepto el exocarpio. El aumento de tamaño se debe principalmente al desarrollo de los lóculos, en cuyo interior las vesículas de jugo llegan a alcanzar su máxima longitud y volumen y el contenido de jugo de sus células aumenta.

Fase III o período de maduración, el cual 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, están sujetos a controles distintos; en la parte externa se observa la pigmentación de la corteza debido a la degradación enzimática de las clorofilas del flavedo y la síntesis de carotenoides y en la parte interna ocurre el aumento de los sólidos solubles y la disminución de los ácidos libres en forma progresiva debido a su dilución y metabolización (Bain 1958, Guardiola 1992).

En 'Montenegrina', como en los demás cítricos con semillas, las hormonas sintetizadas en éstas son las que regulan el crecimiento del fruto. En la fase I las principales hormonas responsables del crecimiento de los frutos son las giberelinas

(GAs) (activas promotoras del proceso de división celular) y las citoquininas (estimuladoras del proceso) (Talón et al. 1998, Agustí 2003a).

En la fase II las auxinas (promotoras del proceso de alargamiento o elongación celular), junto con las GAs (activadoras también del proceso de alargamiento celular) con un papel menos importante son las que regulan el crecimiento (Talón et al. 1998, Agustí 2003a). Mientras que en la fase III el ABA y el etileno promueven la maduración, mientras que las GAs retrasan la degradación de clorofilas y la acumulación de carotenoides en la corteza (Agustí, 2003a).

2.1.1.1. Caída fisiológica

La gran mayoría de los frutitos recién cuajados no llegan a madurar debido al mecanismo de abscisión que tiene lugar hasta 15 semanas siguientes a antesis (durante la fase I y transición a fase II) dependiendo de las condiciones climáticas y de la intensidad floral (Guardiola, 1992); este mecanismo es considerado como un ajuste entre el consumo de metabolitos por los frutos y el potencial del árbol (Guardiola 1992, Bangerth 2000, Katz et al. 2004). El período de abscisión presenta dos etapas, ciclos o picos, separados por un período de dos a tres semanas. El primer ciclo presenta la zona de abscisión en la base del pedúnculo, mientras el segundo, que transcurre hasta el final de la caída fisiológica, presenta la zona de abscisión en la base del cáliz (Goren 1993, Ruiz et al. 2001).

Dentro de las condiciones climáticas, el estrés hídrico causado tanto por falta de agua en el suelo como por baja humedad relativa y altas temperaturas (Guardiola 1992, Talón et al. 1998) y temperaturas mayores a 30 °C (Fasiolo et al., 2010) promueven la abscisión; sin embargo, las mayores causas de abscisión se deben a la intensidad y distribución de la floración en donde frutitos en brotes con hojas abscisionan menos que frutitos en brotes sin hojas (Guardiola 1992, Ruiz et al. 2001, daCunha Barros y Gravina 2006).

La abscisión también está relacionada con el nivel de carbohidratos disponibles en las hojas (Bangerth 2000, Gómez-Cadenas et al. 2000, Ruiz et al. 2001, Agustí et al. 2002). Los últimos autores reportan que la primera etapa de abscisión se debe a la baja fuerza fosa de los frutitos más que a una limitación en la fuente, ya que la misma se encuentra en este período en máximos niveles. Talón et al. (1998), señalan la importancia de reguladores hormonales como las giberelinas y citoquininas para que los frutos permanezcan en el árbol.

En la segunda etapa de abscisión, en cambio, la fuente se encuentra en un nivel limitado siendo ésta la causa de la abscisión (Ruiz et al., 2001). Gómez-Cadenas et al. (2000) señalan que los carbohidratos se distribuyen en función de la capacidad de fosa de los frutos y es el nivel de sacarosa en frutos, el mayor factor desencadenante del mecanismo de abscisión. Con niveles más bajos que un umbral determinado, aumentan los niveles de ácido abscísico (ABA) y ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) que preceden a la abscisión, actuando el ABA como mediador entre la deficiencia de nutrientes y el ACC (precursor de etileno).

Bangerth (2000), sostiene además la hipótesis de un mecanismo de regulación hormonal, en donde la planta salvaguarda determinados frutos que podrá sostener en las siguientes etapas. Diversos autores citados por Bangerth (2000), mantienen que el mecanismo de abscisión de los frutitos es similar al de las hojas, flores y frutos maduros durante la precosecha y tiene como principal señal el etileno. Este mismo autor explica que la abscisión se debe a la producción de ácido indolacético (IAA) por el fruto (o por la hoja), que luego es translocado hacia el pecíolo, el responsable de reducir la sensibilidad al etileno en la zona de abscisión, por lo que una concentración de IAA baja no logra reducir la sensibilidad al etileno provocando el aumento de enzimas hidrolíticas en la zona de abscisión, resultando en el inicio de la separación del tejido.

Sacks, citado por Agustí et al. (2007), sostiene que el etileno producido en etapas tempranas del desarrollo, inhibe o retarda el transporte de IAA esencial para la diferenciación del tejido vascular, lo que permite la formación de la zona de abscisión,

resultando en la abscisión del fruto. Iwahori y Oohata (1976), Iwahori (1978), sostienen que la síntesis de etileno causa un aumento de la síntesis de celulasa en la zona de abscisión, provocando la abscisión del mismo. Katz et al. (2004), reportan que en la fase I, los frutos tienen una biosíntesis autocatalítica de etileno tipo sistema II, que podría ser el factor responsable de la abscisión.

Sin embargo Bangerth (2000), sostiene que si bien el IAA es considerado el principal factor que controla la sensibilidad de etileno en la zona de abscisión, no debe ser el único, habiendo otros factores que la controlan debido a que luego del período de abscisión, continúa uno de insensibilidad al etileno volviéndose sensible nuevamente en precosecha. Dentro de esta misma línea de interpretación se encuentra Ismail, citado por Iwahori y Oohata (1976), que sostiene que el etileno juega un papel importante en la abscisión del fruto, ya que induce la actividad de la celulasa en la zona de abscisión pero el proceso de senescencia debe haber comenzado para que el etileno pueda afectarlo. Agustí et al. (1995), Mesejo et al. (2012) proponen que la producción de etileno es una consecuencia del proceso de abscisión.

2.1.2. Factores determinantes del tamaño final del fruto y que regulan la alternancia

El tamaño final del fruto está regulado por un conjunto de factores endógenos y exógenos que inciden de forma variable, y es afectado por las prácticas culturales al igual que la alternancia.

2.1.2.1. Factores endógenos que regulan el tamaño final del fruto

Dentro de estos factores, las características genéticas de cada cultivar determinan mayoritariamente el tamaño final del fruto (Guardiola, 1992), las cuales son de difícil manipulación (Agustí, 2003a).

Entre los límites impuestos por las características genéticas de la variedad, hay dos factores que afectan la tasa de crecimiento de los frutos resultando en diferencias en el tamaño final de los mismos: la fuerza de fosa de los frutos y la competencia entre órganos en desarrollo relacionada a la oferta de los metabolitos (Guardiola, 1992); el factor limitante varía en los diferentes períodos de desarrollo del fruto (Guardiola, 1996).

La fuerza fosa de los frutos está relacionada al tipo de brote; la presencia de hojas en los brotes florales aumenta la capacidad de fosa del brote en su conjunto, volviéndolo más competitivo por los fotoasimilados con respecto a los demás brotes, permitiendo a estas flores de brotes terminales y mixtos contar con mayor oferta de fotoasimilados y lograr mayor tamaño de fruto que flores en brotes sin hojas (inflorescencias y solitarios) (daCunha Barros y Gravina, 2006). Esta diferencia es clara al momento de floración y se incrementa hasta fin de caída fisiológica (Guardiola, 1992).

La competencia entre órganos en desarrollo, es un factor de gran importancia en la determinación del tamaño final alcanzado por el fruto y es un factor manipulable. La importancia de este factor queda demostrada con la marcada relación inversa entre el número de frutos por árbol y el tamaño individual del fruto (Agustí, 2003a). Además el número de flores también influye inversamente en el tamaño del fruto, generalmente enmascarado por la influencia de la floración en el cuajado (Guardiola et al. 1988, Guardiola y García-Luis 2000), en un alto rango sin afectar el rendimiento (Guardiola y García-Luis, 2000). La mejora en el tamaño del fruto se debe a que al disminuir el número de flores se pierden menos fotoasimilados en la abscisión y se reduce la competencia entre fosas durante la misma (Guardiola 1992, Bustan y Goldschmidt 1998).

A su vez hay una relación entre el número de flores y el tipo de brote, al disminuir el número de flores, aumenta la proporción de flores en brotes con hojas

(Guardiola 1992, daCunha Barros y Gravina 2006), favoreciendo doblemente la mejora del tamaño del fruto.

El tamaño del ovario en la antesis, está también inversamente relacionado con el número de flores (Guardiola et al., citados por Guardiola y García-Luis, 2000) y directamente relacionado con el tamaño final del fruto, en la que un ovario de mayor tamaño en antesis resulta en un crecimiento más rápido del frutito y un tamaño final del fruto mayor (Guardiola et al., 1988).

2.1.2.2. Factores exógenos que regulan el tamaño final del fruto y la alternancia

Los factores exógenos también influyen en la determinación del tamaño final del fruto y en la alternancia, entre ellos se encuentran los factores ambientales como temperatura, régimen hídrico y precipitaciones, y los factores edáficos y nutricionales.

El crecimiento de los frutos cítricos se da en el entorno de 10 a 28 °C o 30 °C, rango dentro del cual la tasa de crecimiento de los frutos se incrementa con la temperatura; temperaturas superiores a este rango pueden provocar una reducción de la tasa de crecimiento a lo largo del ciclo de desarrollo (Reuther, 1973) o pueden limitar el cuajado durante la fase I de desarrollo (Fasiolo et al., 2010); a su vez temperaturas inferiores a 13 °C reducen la tasa de crecimiento (Reuther 1973, Spiegel-Roy y Goldschmidt 1996) y en forma más marcada en temperaturas por debajo de 8 °C (Reuther, 1973), ocurriendo un cese del crecimiento de los frutos si se dan condiciones de temperatura inferiores a 3 °C (Agustí, 2003a).

El régimen hídrico afecta considerablemente el tamaño de los cítricos principalmente si no se cuenta con riego asociado al cultivo (Agustí 2003a, Otero et al. 2009a). Uruguay se encuentra en una región de clima subtropical húmedo, en donde las precipitaciones promedio oscilan en torno a los 1200 mm con una distribución isohigro (Durán, 1985), pero con una gran variabilidad interanual y estacional, lo que sumado a una alta evapotranspiración en los meses estivales, lleva a que el cultivo en secano se

encuentre sometido durante el ciclo productivo a periodos más o menos intensos de déficit hídricos (Goñi y Otero, 2009). Éstos, producidos durante el período de crecimiento del fruto, pueden provocar retrasos irreversibles en el tamaño final (Agustí 2003a, Otero et al. 2009a).

El suelo en función de la composición mineralógica afecta el tamaño de fruto. Agustí (2003a), sostiene que en suelos arcillosos el tamaño de fruto es inferior al de suelos francos, y en suelos arenosos el tamaño de fruto es superior a este último (Agustí 2003a, Quiñones et al. 2011).

Los factores nutricionales influyen también en el tamaño final del fruto y en la alternancia; el estado nutricional de las plantas está determinado por factores dependientes del suelo (características físicas, químicas y biológicas), de la planta (pie, variedad, estado fitosanitario, cosecha previa, etc) y de las condiciones climáticas. La disponibilidad de elementos minerales en el medio se puede determinar en buena forma a través de la concentración foliar. Es así que se asocia que niveles foliares de N por debajo del rango óptimo causan un escaso cuajado y los frutos en la madurez alcanzan pequeño tamaño y corteza fina; la corrección de la deficiencia hasta llegar a valores óptimos provoca un aumento del número de frutos cosechados y del tamaño y además aumenta el contenido de jugo y vitamina C (Agustí, 2003a). El exceso de este nutriente al igual que el exceso de P y K serán tratados en el siguiente ítem dentro de fertilización como practica cultural que afecta el tamaño final del fruto y la alternancia.

La deficiencia de P es menos notable que la de N en la cantidad y calidad de las cosechas (Agustí, 2003a), ésta provoca floraciones menores y frutos de mayor tamaño pero con menos porcentaje de jugo, de corteza más gruesa y menos consistente. El incremento de los niveles de P se relaciona con una reducción del tamaño del fruto, un descenso del espesor y rugosidad de la corteza, descenso del contenido de sólidos solubles totales (SST), acidez y vitamina C y de un reverdecimiento del fruto en variedades tardías (Embleton et al. 1973b, Agustí 2003a).

En el caso de K, una deficiencia puede provocar una abscisión muy elevada de frutos al final de la caída fisiológica (Agustí, 2003a), reducir la cosecha, frutos de pequeño tamaño en la madurez, de corteza fina, elevado contenido de jugo con baja acidez y vitamina C. El aumento del nivel en las hojas hasta niveles óptimos se traduce en un incremento ligero del número de frutos, tamaño, espesor y rugosidad de la corteza, porcentaje de jugo, acidez y contenido de vitamina C (Embleton et al. 1973b, Agustí 2003a).

La deficiencia de Mg causa una disminución de la cosecha, frutos de menor tamaño, corteza más delgada y menor contenido de SST, acidez y vitamina C y frutos más susceptibles al transporte y manipulado, además favorece la alternancia. En el caso de una deficiencia de Fe (hierro) provoca la reducción del número y tamaño final de los frutos, así como del contenido de SST del jugo. El Zn (cinc) en concentraciones foliares por debajo del rango óptimo reduce la cosecha, y los frutos son de menor tamaño con corteza fina, pulpa densa, poco jugo y baja concentración de SST. Una deficiencia de calcio provoca una ligera reducción del rendimiento y del tamaño del fruto. Por su parte una deficiencia de Mn no afecta tanto el rendimiento y la calidad de la cosecha como otros nutrientes (Agustí, 2003a).

2.1.2.3. Prácticas culturales que afectan el tamaño final del fruto y la alternancia

Las prácticas culturales son otro factor que afecta el tamaño de frutos; entre ellas el riego suplementario constituye una práctica de efectos relevantes (Agustí, 2003a). El suministro de agua en cantidades suficientes durante el desarrollo del fruto incrementa el rendimiento y el tamaño de fruto, mientras que cantidades insuficientes provocan la reducción de los mismos (García 1995, Agustí 2003a). Adicionalmente tiende a disminuir la alternancia (Otero y Goñi, 2009b) y a mejorar la calidad interna de los frutos en cuanto a mayor contenido de jugo, mayor ratio, menor porcentaje de acidez y menor espesor de cascara (García, 1995).

En las condiciones edafoclimáticas de Uruguay, es difícil que se den condiciones de déficit hídrico en los meses de setiembre a octubre, siendo los meses de diciembre y enero los más críticos, por lo que se torna relevante contar con alta disponibilidad de agua durante el verano, luego del fin de la caída fisiológica (García, 1995).

En Uruguay, el riego complementario es una práctica extendida que permite en años con precipitaciones normales, regular el tamaño de la fruta y en años con sequías severas es un factor fundamental para sostener la producción; año a año se ha ido incrementado la superficie de citrus regada, alcanzando actualmente algo más del 53 % del área efectiva, siendo las mandarinas la especie más regada con un 60 % de la superficie plantada (URUGUAY. MGAP.DIEA, 2013). Este porcentaje de superficie regada es considerado bajo y hace a la citricultura uruguaya vulnerable frente a los competidores (Otero et al., 2009a).

La fertilización también afecta el tamaño del fruto, ya que las deficiencias de nutrientes minerales alteran el desarrollo de las plantas y por lo tanto el crecimiento del fruto puede verse afectado. Sin embargo, a pesar de que en general la corrección de carencias produce un estímulo en el crecimiento del fruto descrito en el ítem anterior, no debe considerarse como método para aumentar su tamaño. En concentraciones foliares óptimas de cada nutriente, la adición de un nutriente al medio no tiene ningún efecto favorable y puede llegar a tenerlos desfavorables como sucede con el nitrógeno y el fósforo cuyo exceso provoca reducción del tamaño y reduce la calidad del fruto (Chapman y Rayner, Jones et al., citados por Agustí et al., 2003b).

El efecto negativo en el tamaño de frutos, de niveles de nitrógeno superiores a los considerados óptimos, se debe a su efecto directo positivo en el cuajado y por lo tanto a aumentar el número de frutos cosechados, y si bien no afecta el rendimiento, al favorecer el cuajado, indirectamente se afecta en forma negativa el tamaño (Embleton et al. 1973b, Agustí 2003a). Además tiene un efecto negativo en la calidad del fruto: tiende

a disminuir el porcentaje de jugo y aumentar el grosor de la corteza (Embleton et al., 1973b).

En el caso del fósforo cuando es aplicado en cantidades más allá de las necesarias, Embleton et al. (1973a) describen leves efectos positivos como aumento en la cantidad de jugo por fruta y adelanto de la fecha de maduración; sin embargo tiene efectos negativos como la rugosidad de la corteza y la disminución del espesor de la misma, del contenido en sólidos solubles totales y de la vitamina C en el jugo, además de un reverdecimiento de la piel (Embleton et al. 1973b, Agustí 2003a).

El potasio, a diferencia de los anteriores, en concentraciones foliares superiores a las consideradas óptimas, mejoran el tamaño (Chapman 1968, Embleton et al. 1973b) y adelanta la fecha de inicio de cambio de color de los frutos (Embleton et al., 1973b); sin embargo reduce la calidad del fruto en cuanto a corteza más gruesa, pulpa densa, escaso jugo y mayor acidez (Embleton et al. 1973b, Agustí 2003a).

El rayado o anillado de ramas o tronco realizado en verano luego de fin de caída fisiológica puede considerarse como una práctica que mejora el tamaño del fruto a través del incremento transitorio del aporte de asimilados a los frutos obteniéndose incrementos en el diámetro medio de los frutos rayados entre 2,5 y 4 mm (Agustí, 2003a).

La poda es otra práctica utilizada para disminuir la alternancia y mejorar el tamaño de fruta; resultados de Gravina et al. (2005), constatan que la poda prebrotación en 'Clementina de Nules' provoca un aumento significativo de los brotes vegetativos y una disminución de los solitarios, mixtos y terminales, favoreciendo una mayor relación fuente:fosa en la brotación. Si bien los rendimientos obtenidos de los árboles podados son inferiores al control, la poda prebrotación tiene una tendencia a disminuir la alternancia de producción y el porcentaje de descarte de frutos por tamaño.

2.2. SITUACIÓN DE LA CITRICULTURA URUGUAYA Y LA VARIEDAD 'MONTENEGRINA'

2.2.1. La citricultura en Uruguay y el cultivo de 'Montenegrina'

El complejo agroindustrial cítrico uruguayo está orientado a la exportación de fruta para su consumo en fresco. Ocupa una superficie efectiva de 16.250 ha de montes cítricos, correspondiendo 50 % (8.130 ha) de la superficie a montes de naranjas, 37,7 % (6.129 ha) a mandarinas, 11,2 % (1.819 ha) a limones y el restante 1 % (172 ha) a pomelos, totalizando 7:404.000 plantas, de las cuales 3:042.000 son mandarinos. La producción total de cítricos en la zafra 2012 fue de 330.600 t, correspondiendo 124,7 mil (38 %) a mandarinas, de éstas, 95,7 mil (77 %) fueron comercializadas destinándose el 37 % (34,6 mil) a exportación y el restante 63 % al mercado interno y la industria (URUGUAY. MGAP.DIEA, 2013).

Si bien el porcentaje de fruta cítrica exportada de los últimos 7 años ronda el 50 % del total producido, en 2012 se exportó el 29 % debido a las pérdidas ocasionadas por heladas de intensidades y duraciones muy pocas veces registradas en Uruguay, ocurridas en junio 2012. En el caso de las mandarinas, las pérdidas fueron del 23 % (29.000 t) (URUGUAY. MGAP.DIEA, 2013).

Los principales países importadores de mandarinas uruguayas fueron Holanda (28 % de fruta exportada), España (23 %) y Brasil (18 %) obteniéndose un ingreso estimado de 27:912.000 U\$S (URUGUAY. MGAP.DIEA, 2013).

En Uruguay se encuentran implantadas 169.000 plantas de 'Montenegrina', de las cuales 153.000 se encuentran en producción, ocupando una superficie total de 324 ha, 5 % de la superficie destinada a mandarinas (URUGUAY. MGAP.DIEA, 2013).

La producción de 'Montenegrina' en 2012 fue de 3.555 t correspondiendo al 3 % del total producido de mandarinas, obteniendo uno de los rendimientos más bajos

registrados para las mismas de 12 t ha^{-1} promediando $23 \text{ kg planta}^{-1}$, siendo la superficie efectiva regada para esta variedad de 214 ha (73 %) (URUGUAY. MGAP.DIEA, 2013). Los datos de producción y productividad 2012 pueden contener un efecto negativo debido a las heladas.

Las encuestas cítricas de los últimos 7 años muestran para 'Montenegrina' un incremento de la superficie efectiva total y en producción, del número de plantas total y en producción y de la superficie efectiva regada y del porcentaje de superficie regada en función a la superficie total, situación que se revierte en el último año en el que se observa una disminución de la superficie efectiva total y del número de plantas totales (URUGUAY. MGAP.DIEA, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2013, Cuadro I, anexos), indicando una disminución en la implantación y renovación en el último año. La tendencia de la productividad es a ser baja, entre 7 y 17 t ha^{-1} (URUGUAY. MGAP.DIEA, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2013, Cuadro II, anexos), observándose una oscilación en la producción, sin percibirse una alternancia marcada, pudiendo la misma estar enmascarada debido a que son datos promedios de los cuadros encuestados.

2.2.2. Origen y características de la variedad

La mandarina 'Montenegrina' (*Citrus deliciosa* Tenore) es una mutación espontánea de mandarina común detectada en Montenegro, Rio Grande do Sul, Brasil (Rodríguez y Cunha Dornelles 1999, Saunt 2000) entre 1928 y 1930 (Rodríguez et al., 1999); en Uruguay se la conoce también como 'Salteñita'.

La misma presenta alta calidad de frutos, al igual que su progenitora, en cuanto a características organolépticas, tales como fácil pelado, excelente sabor y color; su fecha de cosecha es más tardía, entre julio y agosto en nuestro país, pudiendo conservarse en el árbol hasta octubre. Presenta un menor número de semillas que la mandarina común, habiéndose reportado 14 semillas por fruto (Rodríguez y Cunha Dornelles, 1999), de 6 a 8 (Anderson, 1996) y de 7 a 10 en Uruguay (Gravina y

Gambetta, 2009), lo que le confiere una mayor calidad y aceptación entre los consumidores, quienes en los últimos años, han puesto gran énfasis en la ausencia de semillas como requerimiento de calidad de fruta (Barry, 2004).

Su cultivo ha sido reportado en Argentina, Brasil y Uruguay (Anderson 1996, Gambetta et al. 2008b). La difusión en Uruguay ha sido limitada, aunque debido a su calidad interna, época de maduración y precio en el mercado europeo es posicionada como de interés para su futuro desarrollo (Gambetta et al., 2005).

2.2.3. Comportamiento productivo de 'Montenegrina'

Las variedades de cítricos, pueden clasificarse en dos grandes grupos: alternantes y no alternantes (Guardiola, 1992). 'Montenegrina' se clasifica como una variedad de comportamiento alternante (Gambetta et al., 2008b), caracterizada por presentar altas cosechas en años “on” seguidas de mínimas o nulas producciones en años “off”, debido a la falta de flores provocada por la carga del ciclo anterior (Gravina y Gambetta, 2009). Gambetta et al. (2008b), reportan floraciones superiores a las 60 flores cada 100 nudos en años “on”, predominando brotes de flor solitaria y terminal y casi nula presencia de brotes mixtos; en años “off” la floración puede reducirse hasta 2 flores cada 100 nudos. Las flores son completas y autocompatibles (Rodríguez y Cunha Dornelles, 1999), lo que le permite una alta capacidad de cuajado aun en condiciones de alta floración y competencia (Chouza, 2010).

La alternancia en cítricos tiene como principal causa el efecto inhibitorio de la fruta en la formación de flores, en la cual existe una relación no lineal entre la carga de fruta (número de frutos) y el día de cosecha, con la intensidad de la siguiente floración (Martínez-Fuentes et al., 2010).

Luckwill, citado por Muñoz-Fambuena et al. (2012), reporta en árboles de manzano, que el efecto inhibitorio de la fruta en la siguiente floración se debe a la exportación de GAs desde el fruto; en la misma línea de resultados, Koshita et al.

(1999), en árboles de mandarina satsuma, correlacionan bajos niveles endógenos de GA con la inducción floral.

A través de la biología molecular se han encontrado una serie de genes cuya expresión está relacionada con el proceso de inducción floral. Muñoz-Fambuena et al. (2011), reportan que la carga de fruta durante el período de inducción, inhibe la siguiente floración reprimiendo la expresión de genes involucrados a la inducción floral (*CiFT* y *SOCI*); además Muñoz-Fambuena et al. (2012), reportan que la aplicación de GA₃ inhibe la siguiente floración a través de la represión del gen *CiFT* sin afectar la expresión de *SOCI*.

Martínez-Fuentes et al. (2010), encontraron además, un efecto de la carga de fruta en la brotación de verano-otoño y primavera siguiente, en la que en árboles a los cuales se les removió la fruta antes de alcanzar el 90 % de su tamaño final, incrementaron el número de brotes de verano-otoño, y alcanzaron un mayor número de brotes cada 100 nudos con un porcentaje significativamente mayor de brotes generativos, a diferencia de los que no se les removió la fruta, que tuvieron un porcentaje significativamente mayor de brotes vegetativos en la primavera siguiente.

Este tipo de comportamiento genera problemas por altos rendimientos con poca calidad de fruta, seguidos de años de mínima producción, con los consiguientes perjuicios económicos.

2.3. METODOS DE CONTROL DE LA ALTERNANCIA Y MEJORA DEL TAMAÑO DE FRUTA

En los últimos años, el tamaño de fruta como parámetro de calidad de los cítricos se ha incrementado notablemente, y se ha vuelto tan importante como el rendimiento en la determinación de la rentabilidad de las plantaciones. Esto se debe a la marcada preferencia del consumidor por las frutas de mayor tamaño, que llevó en algunos mercados exigentes a elevar las normas legales sobre el diámetro mínimo de

frutos comerciales y a causar enormes diferencias de precio de mercado entre frutas grandes y pequeñas, hasta el punto donde los ingresos obtenidos de la fruta más pequeña suele ser inferior a los costos de producción (Guardiola, 1996).

Regular la producción con el objetivo de disminuir la alternancia es un tema central del manejo para obtener el potencial económico de esta variedad; de no lograrse, en los años de alta producción el porcentaje descartado de fruta debido a tamaño pequeño es alto, lo que implica una pérdida económica importante; en los años de baja producción, el rendimiento es mínimo y económicamente no es viable (Gravina y Gambetta, 2009).

Con el fin de solucionar este problema característico de variedades cítricas alternantes, se han estudiado y/o propuesto diversas medidas que tiene como fin reducir la competencia entre órganos en desarrollo o incrementar la capacidad de crecimiento del fruto, los cuales serán tratados a continuación.

2.3.1. Reducción de la competencia entre órganos en desarrollo

2.3.1.1. Reducción de la floración mediante aplicación de ácido giberélico (GA_3)

La aplicación de ácido giberélico durante el período inductivo inhibe la inducción floral y reduce marcadamente la intensidad floral (Guardiola et al. 1982, Borsani et al. 1992, Gravina et al. 1997, Espino et al. 2005, Gravina et al. 2005, Gravina 2007) y promueve el crecimiento vegetativo (Boss y Thomas, citados por Muñoz-Fambuena et al., 2012).

En variedades partenocárpicas con baja capacidad de cuajado en ausencia de polinización cruzada, la disminución de la floración mediante la aplicación de GA_3 durante el período inductivo, permite un cambio en la distribución de la brotación y un

incremento en el cuajado (Gravina et al. 1997, Espino et al. 2005, Gambetta et al. 2008a).

En cultivares autocompatibles y de alta capacidad de cuajado como 'Montenegrina', Gambetta et al. (2008b), confirman los resultados anteriores, al aplicar 40 mg l^{-1} de GA_3 durante el período inductivo (junio), logrando una disminución significativa de la intensidad floral, incrementando considerablemente los brotes terminales y vegetativos en 1.7 y 3 veces respectivamente, disminuyendo los brotes solitarios a la mitad. Sin embargo, esta disminución de la floración provocó un aumento dramático del cuajado debido a la distribución de brotes lograda, a la mayor capacidad de cuajado de los brotes incrementados (terminales) y al menor número de brotes de menor capacidad de cuajado (solitarios). Consecuentemente se obtuvo un aumento en el número de frutos y en el rendimiento por planta, provocando el colapso del 30 % de las plantas tratadas, por lo que el uso de GA_3 no es recomendado como única medida para incrementar el tamaño o reducir la alternancia en variedades con este tipo de comportamiento.

2.3.1.2. Uso de auxinas como raleadoras de frutos

El uso de auxinas para promover el raleo de frutos en cítricos, ha sido desarrollado desde hace varias décadas con el fin de corregir los ciclos alternantes y mejorar el tamaño. Las mismas promueven un mayor tamaño final debido a una disminución en la competencia entre fosas por el menor número de frutos que continúan el desarrollo y por lo tanto mayor oferta de fotosintatos disponibles para los frutos remanentes (Agustí et al. 1995, Agustí et al. 1996, Guardiola y García-Luis 2000).

El raleo de los frutos ocurre cuando la auxina es aplicada antes del fin de la caída fisiológica (durante fase I), ya que luego de este período el frutito se vuelve insensible al raleo (Guardiola, 1996); la mayor parte de la abscisión inducida se produce

dentro de las dos o tres semanas posteriores a la aplicación (Guardiola y García-Luis, 2000).

Si bien Agustí et al. (2007) sostienen que el modo de acción de las auxinas que causa la abscisión no está del todo comprendida, consideran que puede ser provocada por el incremento de etileno observado, que causa un efecto fitotóxico temporal en las hojas reduciendo temporariamente la fotosíntesis y provoca la abscisión; por su parte Bangerth (2000), sostiene que la abscisión se debe al incremento de producción de etileno y a la disminución en el transporte de IAA por el pecíolo. Sin embargo Mesejo et al. (2012) sostienen que la producción de etileno es un resultado del proceso, no la causa.

También es reportado por Guardiola (1996) que las auxinas actúan causando un aumento en la fuerza fosa de los frutos en desarrollo, ocasionando un aumento en la competencia entre fosas en un periodo de fuente limitada, lo que causa la abscisión de frutos (Guardiola, 1996). Hirose (1981) sugiere que el aumento de la competencia se debe al incremento en la capacidad fosa de las hojas que reduce el transporte de metabolitos hacia el fruto.

Si bien hay una respuesta positiva en el crecimiento de los frutos, luego de aplicada la auxina ocurre una reducción transitoria de la tasa de crecimiento (Guardiola et al. 1988, Guardiola 1996, Mesejo et al. 2012). Los últimos autores encontraron cinco días luego de la aplicación, un diámetro 20 % menor en árboles tratados con ácido 3,5,6 tricloro piridil oxiacético (3,5,6-TPA). Sin embargo Agustí et al. (1995) reportaron que esta reducción ocurre solo si la aplicación se da durante la caída fisiológica; no encontrando este efecto si se aplica cuando ésta está finalizando o luego de la misma (Agustí et al. 1995, Gravina et al. 1998).

Por su parte Mesejo et al. (2012) señalan que el efecto depresivo en el crecimiento provocado por el 3,5,6-TPA ocurre luego de aplicada la auxina (72 h) en donde se observó que su aplicación en mandarinas 'Marisol' y 'Clemenules' durante el

período de división celular, provoca clorosis foliar con una intensidad dependiente de la concentración aplicada. Si bien no encontraron diferencias significativas en cuanto al nivel de clorofilas, en los tratamientos de 10 y 15 mg l⁻¹ se redujo el nivel en un 14 y 32 % respectivamente, observándose un desarrollo foliar anormal.

Estos mismos autores, constataron una relación paralela entre la eficiencia cuántica del fotosistema II y la velocidad de crecimiento de los frutitos; a su vez observaron que en los 8 a 13 días luego de la aplicación, la eficiencia cuántica se redujo significativamente, volviendo a valores normales a los 20 días, momento que coincide con el cese de abscisión de frutitos. Se constató además un efecto transitorio en la producción de fotosintatos en la que al aplicar 15 mg l⁻¹ de la auxina, se redujo significativamente el nivel de sacarosa en hojas con una reducción del pool de carbohidratos (sacarosa, fructosa y glucosa) en los frutitos en desarrollo, coincidiendo con el periodo de reducción de crecimiento de los mismos.

Aunque la aplicación de la auxina afecta positivamente el tamaño de frutos, el raleo causado, el cual según Hirose (1981) es selectivo de los frutos de menor tamaño, afecta negativamente el rendimiento (Hirose 1981, Agustí et al. 1995, Guardiola 1996), observándose efectos severos de raleo que no logran ser compensados por el aumento del tamaño del fruto, lo que se traduce en una cosecha significativamente reducida (Agustí et al., 1995). Según Guardiola (1996) no se encuentra una relación paralela entre la magnitud del raleo y el aumento en el tamaño.

Las experiencias a nivel nacional con el uso de auxinas para promover el raleo de frutos han presentado resultados variables y poco consistentes, de acuerdo a la época de aplicación, al tipo y concentración de auxina y al año de realización.

Gambetta et al. (2008b), reportan en mandarina 'Montenegrina' que el ácido naftalenacético (ANA) y el ácido 2,4-diclorofenoxipropiónico (2,4-DP), aplicados 30 días postfloración, con diámetro promedio de frutos de 4-6 mm provocaron un año, un raleo de 50 % en relación al control y un incremento significativo en el tamaño final de

los frutos; por el contrario, en el segundo año no hubo ninguna respuesta a ambas auxinas, aplicadas en el mismo estado fenológico y en las mismas concentraciones (225 y 75 mg l⁻¹, respectivamente). El 3,5,6-TPA (Maxim®), aplicado en la misma fecha que los anteriores, provocó un raleo muy intenso y fitotoxicidad, descartándose su uso en esa etapa fenológica.

Gravina et al. (2001), obtuvieron resultados poco consistentes frente a la aplicación de 2,4-DP en un mismo año en dos plantaciones comerciales de naranja 'Valencia'. Mientras que en una plantación la aplicación redujo significativamente el número de frutos por árbol registrándose un ligero incremento en el peso promedio por fruto sin alcanzar significancia estadística, en la otra plantación no se observó efecto ni en el número de frutos por árbol ni en el peso medio por fruto en relación al control, no observándose diferencias significativas en el rendimiento en ninguna de las plantaciones frente al control.

2.3.2. Incremento de la capacidad de crecimiento del fruto

2.3.2.1. Uso de auxinas como potenciadores de crecimiento del fruto

La aplicación de auxinas 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 (Agustí et al. 1995, Guardiola 1996, El-Otmani et al. 2000b, Guardiola y García-Luis 2000, Agustí et al. 2002). La magnitud de la respuesta está influenciada por una serie de factores mencionados por algunos autores: cultivar, tipo de auxina, concentración aplicada, edad de los árboles, vigor, momento e intensidad de floración, condiciones climáticas y nivel de nutrientes (Agustí et al. 1995, El-Otmani et al. 2000b, Agustí et al. 2007).

El efecto directo de las auxinas en los frutos ha sido propuesto por diferentes autores. El-Otmani et al. (1993), Talón et al. (1998) señalan que está basado en una mayor expansión celular y no en la división celular; Agustí (2003a), indica que se da a través del estímulo sobre el crecimiento de la pulpa, por lo que es óptimo cuando la aplicación se efectúa finalizando la caída fisiológica de frutos, una vez completada la fase de proliferación celular y se inicia la fase de expansión celular y acumulación de jugo. Este mismo autor señala que luego de la caída fisiológica, hay una pérdida progresiva de la respuesta lo que indica que el alargamiento celular decae con el tiempo.

Por su parte El-Otmani et al. (1993), reportan que dicho efecto se debe a su capacidad para potenciar la fuerza fosa de los frutos que a su vez actúa en la fuente (hojas) incrementando su tamaño y que probablemente resulte en un aumento de la capacidad fotosintética del árbol.

Agustí et al. (2002) encontraron luego de la aplicación de 3,5,6-TPA al inicio de fase II en mandarina satsuma 'Okitsu', un incremento en los niveles de hexosas (fructosa y glucosa) sin encontrar diferencias significativas en los niveles de sacarosa, sugiriendo que el aumento en el tamaño del fruto se debe a un incremento de la fuerza fosa de los frutos y a un aumento de la actividad de la invertasa en el periodo de alargamiento celular.

Las auxinas aplicadas como potenciadores de crecimiento del fruto (fin de la caída fisiológica o luego) tienen como principal efecto el aumento directo de tamaño; sin embargo, también tienen un efecto de raleo descrito en el numeral anterior, el cual es considerablemente reducido en comparación con la aplicación de auxinas como raleadoras de frutos (aplicada antes del fin de la caída fisiológica) (Agustí et al. 1994, Agustí et al. 1995, Agustí et al. 2002, Agustí et al. 2007).

El efecto variable de raleo reportado, está directamente relacionado con la concentración de 3,5,6-TPA aplicada (Agustí et al. 1994, Agustí et al. 1995, Agustí et al. 2007). Los últimos autores, observaron un efecto de raleo significativo en la aplicación a

fin de caída fisiológica en mandarina 'Clausellina' (comportamiento productivo alternante), en la que concentraciones menores o iguales a 15 mg l^{-1} (5, 10, 15 mg l^{-1}) provocaron un raleo de 4-6 % mientras que concentraciones de 20 y 25 mg l^{-1} provocaron un raleo de 42 y 67 %, respectivamente. Agustí et al. (1994), con la aplicación en dos concentraciones (10 y 20 mg l^{-1}) en 'Clausellina' en diferentes cuadros, reportan efectos de raleo que llegan hasta valores de 47 % en un cuadro, con una concentración de 20 mg l^{-1} , y a no tener efecto en el raleo en otro. Agustí et al. (1995) en 'Clementina Fina' reporta un efecto de raleo que llega a valores de 40 % o menos.

En cuanto al tamaño y peso de los frutos, Agustí et al. (1994) comprobaron un aumento significativo de la fuerza fosa del fruto con el consecuente aumento en el tamaño del mismo; los incrementos alcanzaron el 5-10 % en diámetro y 10-30 % en peso en los frutos tratados. Agustí et al. (1995), logran aumentos de 20 % en el tamaño. El-Otmani et al. (1996), reportan en mandarinas 'Oronules' y 'Cadoux' con aplicaciones de 15 y 10 mg l^{-1} de la misma auxina, respectivamente, aumentos significativos en el tamaño de frutos y en el tamaño y peso seco de las hojas, no logrando dichos incrementos si la aplicación se realiza luego del fin de la caída fisiológica.

En el rendimiento, al igual que en aplicaciones para raleo se reportan respuestas variables. Agustí et al. (1995) reportan que solo las concentraciones mayores o iguales a 20 mg l^{-1} redujeron significativamente el rendimiento, a pesar de que el peso del fruto se incrementó a medida que aumentó la concentración de la auxina aplicada. Agustí et al. (1994) observan una relación entre el raleo provocado y el rendimiento, indicando que si se ralea 15 % de los frutos, el incremento en peso de los frutos es suficiente para compensar el efecto de raleo provocado, pero si se ralea el 47 % se observa una reducción del 30 % en el rendimiento, indicando que el efecto de raleo en el rendimiento puede no compensarse por el aumento del peso de los frutos. Además logran un aumento del tamaño y rendimiento sin afectar el número de frutos cuando la aplicación se realiza a frutos individuales.

En cuanto a la distribución por tamaño se constata una similar proporción en categorías de los tratamientos con auxinas, significativamente desplazada hacia diámetros de mayor valor comercial en comparación al control (Agustí et al. 1994, Agustí et al. 1995). Agustí et al. (1994) verifican que los árboles tratados logran un 50 % de los frutos cosechados con tamaño mayor al umbral comercializable fijado mientras que en el control alcanzó un 15 % superior a este valor.

En Uruguay la auxina 3,5,6-TPA ha sido evaluada en diferentes especies y variedades de cítricos en la que se halló una respuesta variable a su aplicación.

Los resultados obtenidos por Gambetta et al. (2008b) en 'Montenegrina' al realizar la aplicación en concentraciones de 10 y 20 mg l⁻¹ a fin de caída fisiológica (80 y 90 días luego de plena floración), con un diámetro promedio de frutitos entre 14-16 mm, indican que es posible incrementar el tamaño y peso de los mismos, obteniendo un efecto directo en el tamaño de fruta, con un raleo de 20-25 %, sin afectar significativamente el rendimiento. Sin embargo, si la carga de frutos es muy elevada (más de 1500 frutos por planta), este efecto no es suficiente para lograr tamaños de fruta comercializables (53-73 mm), ni disminuir la alternancia.

Gravina et al. (2010) encuentran poca consistencia en la respuesta en los componentes de rendimiento, a la aplicación en concentraciones de 10 y 20 mg l⁻¹ a fin de caída fisiológica en 'Clementina de Nules'; en el primer año, ocurrió una disminución significativa en el número de frutos por planta y un incremento en el diámetro y peso promedio de frutos, sin modificaciones en el rendimiento; sin embargo, en el segundo año ninguno de los componentes del rendimiento se vio afectado por la aplicación de la auxina.

Ronca et al. (1998), aplican en limón tipo 'Lisbon' la misma auxina a fin de caída fisiológica y 15 días posterior a la misma en concentraciones de 10, 15 y 20 mg l⁻¹, en la cual encontraron una respuesta positiva en el tamaño final de fruto entre 3,5 y 5,5 mm dependiendo linealmente de la concentración aplicada. En primera fecha

encontraron un efecto de raleo variable, mientras que con 20 mg l⁻¹ el número de frutos se redujo significativamente, con un efecto compensatorio en el peso del fruto; en los tratamientos de 10 y 15 mg l⁻¹ se evidenció un aumento de peso sin constatare efecto de raleo. En la segunda fecha no provocó raleo, pero el único tratamiento que logró un efecto en el tamaño de fruto fue el de 20 mg l⁻¹. En cuanto a la distribución por tamaño se constató en la primera fecha un desplazamiento hacia diámetros mayores, independientemente de la concentración aplicada, mientras que en la segunda fecha solo el tratamiento de 20 mg l⁻¹ logró mejorar la distribución de diámetros, sin afectar en ninguna fecha ni concentración, el rendimiento en relación al control.

También fue probada esta auxina en el tanger 'Ellendale' durante dos años por Gravina et al. (1998), no encontrándose buenos resultados. Estos autores constatan únicamente un incremento en la tasa de crecimiento de los frutos entre los 15- 30 días luego de la aplicación en árboles tratados, no encontrándose diferencias en adelante hasta la maduración. Además reportan una relación entre la abscisión y el crecimiento de tamaño del fruto, obteniéndose una disminución en los rendimientos significativa, no contrarrestado el crecimiento individual de los frutos el fuerte efecto de raleo causado por la auxina.

En cuanto a las características comerciales del fruto relacionadas con el tamaño (peso de la cáscara, pulpa) y calidad interna (ácidos totales por fruto, sólidos solubles totales, ratio) no son modificadas en valores relativos, pero sí incrementados en valores absolutos (Agustí et al. 1994, Agustí et al. 1995, El-Otmani et al. 1996, Gambetta et al. 2008b).

Agustí et al. (1995) encontraron que el peso seco de las vesículas se incrementó como resultado de la aplicación de auxinas sin tener efecto en el contenido de agua, tamaño del lóculo, ni en la cantidad de la cáscara.

Por su parte Agustí et al. (1996), reportan que las características del fruto no fueron alteradas, excepto las relacionadas a la maduración, en donde la concentración de

ácidos libres fue reducida, no viéndose afectados los sólidos solubles totales, resultando en un incremento en el ratio. Por el contrario El-Otmani et al. (1996) no comprueban modificaciones ni en el contenido de jugo ni en los parámetros de calidad interna (ácidos totales por fruto, SST, ratio) en función de los tratamientos, salvo en valores absolutos; a pesar de ello, encontraron un patrón similar de la acidez con el tamaño del fruto en el que frutos de mayor tamaño presentan mayores valores de acidez.

2.3.2.2. Aplicación de fertilizantes foliares

El nutriente mineral más abundante en la fruta y el más removido por los cítricos es el potasio (Chapman 1968, Labanauskas y Handy 1972, Erner et al. 2000, Molina 2000); por cada tonelada de naranjas se remueven entre 1.48 a 2.61 kg de K (Erner et al., 2000).

Dentro de las prácticas existentes para aumentar el tamaño de fruto, la fertilización es la práctica más fácil de manipular (Boman, 2001, 2002). Chapman (1968) reporta que la fertilización con K incrementa la producción, el tamaño de fruta y la concentración de K en hoja. Por su parte Guardiola, citado por Agustí (2003a) reporta mejoras en el tamaño del fruto sin afectar negativamente su calidad, en concentraciones de potasio foliares superiores a las consideradas óptimas. Además existen resultados positivos de diferentes autores, en la mejora de la distribución de diámetro de fruto a las aplicaciones foliares de K en diferentes formas.

Boman (2002) logra obtener una mejor distribución de fruta (de mayor diámetro), con la aplicación de KNO_3 suplementario agregado en el periodo de reposo, en post-floración y en las aplicaciones de aceite de verano; Boman (2001), logra los mismos resultados en naranja 'Valencia' con aplicaciones foliares de KNO_3 y fosfato monopotásico (MKP), obteniendo en calidad interna mayores valores de SST que el control.

Estos últimos datos concuerdan con los reportados por Sarrwy et al. (2012), que encuentran efectivo el uso de KNO_3 y MKP para aumentar el diámetro de fruto y el rendimiento, teniendo un efecto positivo en los porcentajes de SST y por lo tanto en el ratio, sin afectar el contenido de ácido y vitamina C.

El-Otmani et al. (2000a) por su parte reportan un incremento en el diámetro de los frutos aplicando fosfito de potasio (0-28-26) en árboles de Clementina variedad 'Nour' (comportamiento productivo alternante) en estadios tempranos de yema floral ó en caída fisiológica ó en ambas fechas. En cuanto al rendimiento, el tratamiento que logró un incremento significativo en el mismo fue la aplicación en ambas fechas, lo cual se debió al aumento significativo en el número de frutos por árbol explicado por el incremento significativo en el cuajado en los árboles tratados en estadio de en yema de flor hinchada o durante la floración. A pesar que el porcentaje de fruta exportable (mayor a 51 mm) no presentó diferencias significativas, cuando se aplicó en ambas fechas al obtener mayor rendimiento, resultó en el tratamiento con mayor kg de fruta exportada.

En los últimos años, se ha desarrollado un fertilizante foliar (N-P-K, Bonus®) concentraciones (13-2-44), a base de nitrato de potasio enriquecido con fósforo soluble (fosfato mono amónico), con características particulares en relación a su absorción y efectos en niveles foliares de nitratos, mejora del tamaño de frutos, del color de piel, y del contenido de azúcares y ácido ascórbico. Según Achilea et al. (2002), las características del producto permiten reducir el número de aplicaciones permitiendo el agregado de alta concentración de potasio sin producir efectos fitotóxicos.

Son pocos los trabajos científicos que permiten confirmar estos efectos positivos, planteados por los elaboradores del producto. Achilea et al. (2002) aplicaron Bonus® (13-2-44) en Israel, realizando una única aplicación de 9-10 % en naranja 'Shamouti' y en 'Newhall' y en mandarina 'Nova' a mediados de junio (HN) obteniendo resultados positivos en cuanto a mejora del diámetro de los frutos y de los kilos cosechados. A su vez estos autores compararon esta única aplicación de Bonus® con

tres aplicaciones de Multi-K a 4 %, comprobando que ambos tratamientos aumentaron significativamente el rendimiento en naranjas 'Shamouti' y en 'Newhall' y en mandarina 'Nova' en un 32.9, 18.9 y 28.9 %, respectivamente. En cuanto al porcentaje de SST y acidez no presentaron cambios por los tratamientos aplicados. La distribución por tamaño del fruto fue mejorada debido la aplicación de N-P-K, Bonus®, la cual aumentó la proporción de fruta de mayor diámetro en las tres variedades tratadas. El tratamiento con tres aplicaciones de Multi-K a 4 % en naranjas 'Shamouti' resultó en una distribución de diámetro similar a la que presentó una única aplicación de Bonus®.

También se encontraron variaciones en los niveles foliares de nutrientes, verificándose con la aplicación de Bonus® un aumento en los niveles de N y K, permaneciendo el P sin variaciones (Achilea et al., 2002).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en el establecimiento Frutícola Libertad, localizado en el departamento de San José (35° LS), Uruguay. Se seleccionó un cuadro de mandarina 'Montenegrina' (*Citrus deliciosa* Tenore), proveniente de un cambio de copa de seis años de edad con 'Clementina Fina' (*Citrus reticulata* Blanco cv. 'Fina') como intermediario, injertado sobre 'Trifolia' (*Poncirus trifoliata* L.Raf.) con fertiriego localizado y en un marco de plantación de 5.5 x 3 m (606 plantas ha⁻¹).

Se marcaron 49 árboles tomando como criterio para la selección, que presentaran baja a media carga de fruta en la cosecha 2011, similar diámetro promedio de frutitos entre árboles al momento de las aplicaciones, sin deficiencias nutricionales evidentes y en buen estado sanitario (Figura 1).



Figura 1. Vista de un árbol marcado usado en el experimento.

Se utilizó un diseño completo al azar con un árbol como unidad experimental y siete repeticiones por tratamiento. A cada planta seleccionada se le asignó un tratamiento de forma aleatoria. Los tratamientos realizados fueron aplicación de la auxina sintética 3,5,6 –trichloro-2-pyridyloxyacetic acid (3,5,6-TPA), (Maxim®) en concentraciones de 10 y 20 mg l⁻¹ y aplicación de fertilizante foliar (Bonus®-N-P-K) (13-2-44) en concentraciones de 4 y 10 % en dos fechas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Productos, concentraciones y días post-floración de los tratamientos aplicados en mandarina 'Montenegrina'.

Tratamiento	Producto	Concentración	Momento de aplicación
(1)	3,5,6-TPA	20 mg l ⁻¹	71 días post-floración
(2)	3,5,6-TPA	10 mg l ⁻¹	71 días post-floración
(3)	N-P-K, Bonus®	4 %	71 días post-floración
(4)	N-P-K, Bonus®	10 %	71 días post-floración
(5)	N-P-K, Bonus®	4 %	107 días post-floración
(6)	N-P-K, Bonus®	10 %	107 días post-floración
(7)	Control	-	-

Las aplicaciones se realizaron con pulverizadora de puntero, cubriendo todo el follaje hasta punto de goteo con un gasto promedio de 5,5 l por planta. El diámetro promedio de los frutos al momento de las aplicaciones fue de 13.3 y 24.8 mm a los 71 y 107 días post-floración respectivamente. Las aplicaciones de 3,5,6-TPA se realizaron en horas de la tarde (a partir de 17:30 hs) con una temperatura inferior a 28 °C.

En cuatro ramas por árbol, se evaluó la caída de frutos post-aplicación, desde el 29 de diciembre de 2011 y con frecuencia semanal, hasta el 25 de enero de 2012, fin de la caída fisiológica.

Se midió semanalmente, desde el 21 de diciembre de 2011 hasta el fin de caída fisiológica y luego cada 15 días hasta cosecha, el diámetro ecuatorial (mediante calibre digital) de 30 frutos por árbol, 15 de cada lado de la fila y en cosecha el 25 de julio de 2012, 50 frutos, 25 de cada lado (Figura 2).



Figura 2. Medición del diámetro ecuatorial de frutos en cosecha 2012.

En la cosecha se contaron y pesaron todos los frutos de cada árbol, determinando el número de frutos y kilogramos de fruta por planta (Figura 3). Se evaluó la calidad interna de 30 frutos por tratamiento en tres repeticiones, registrándose el porcentaje de jugo, sólidos solubles totales (SST, °B) y acidez titulable (%).

Para determinar el posible impacto de los tratamientos en el estado nutricional de las plantas, se realizó análisis foliar de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), cinc (Zn) y manganeso (Mn), para el cual se muestrearon hojas de 6-7 meses de edad de brotes terminales fructíferos el 26 de abril de

2012, en tres repeticiones por tratamiento. Las muestras se secaron a 60 °C durante 48 horas y se molieron hasta un tamaño menor a 1 mm. La concentración de N se determinó por el método de Kjeldahl a partir de 0,5 g de muestra (Bremmer y Mulvaney, 1982). El P se determinó por el método colorimétrico del ácido ascórbico (Murphy y Riley, 1962), el Mg, Ca, Fe, Zn y Mn por absorción atómica y el K por espectrometría de emisión (Isaac y Kerber, 1971). En todos estos casos se partió de una dilución con ácido clorhídrico de las cenizas de 1 g de muestra (obtenidas por calentamiento en mufla a 500°C).

Se estimó el volumen de copa asimilando la planta a una esfera; se tomaron medidas de altura y diámetro en el sentido de fila y entrefila, para estimar el diámetro promedio de la planta y así calcular el volumen, para luego relacionarlo con el número de frutos por m³ de copa.

Se evaluó la floración el 18 de octubre 2012, en 4 ramas representativas de cada árbol, contabilizándose número y tipo de brote y flores para verificar el impacto de los tratamientos en el control de la alternancia.



Figura 3. Árbol correspondiente al tratamiento Bonus® 10 % 1° fecha, previo a la cosecha.

Las variables continuas se analizaron a través de un Modelo Lineal General (ANAVA), asumiendo distribución normal y la diferencia de medias se analizó mediante el test de Duncan con $\alpha=0,05$.

El modelo utilizado es:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij},$$

Donde,

- ✓ Y_{ij} : variable de respuesta (diámetro ecuatorial, número de frutos por planta, kilos de fruto por planta, número de frutos por m^3 de copa).
- ✓ μ : media general.
- ✓ α_i : efecto del i-ésimo tratamiento.

- ✓ ϵ_{ij} : error experimental (residual) asociado al i-ésimo tratamiento.
- ✓ Subíndice: i (Tratamiento) = 1, 2, 3, 4, 5, 6,7.

Supuestos:

- ✓ Al modelo: es el correcto (en relación al material experimental) y aditivo.
- ✓ A los errores experimentales: $\epsilon_{ij} \text{ iid } \sim N(0, \sigma^2)$ son variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas que se distribuyen $N(0, \sigma^2)$.
- ✓ Por definición $\alpha_i = \mu_i - \mu$.

Hipótesis:

- ✓ $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7 = \mu_8$; no existe diferencia entre las medias de los tratamientos.
- ✓ H_a : Existe al menos un tratamiento con media diferente.

Criterios de decisión:

- ✓ Si las diferencias entre las medias muestrales ($\bar{y}_1, \bar{y}_2, \bar{y}_3, \bar{y}_4, \bar{y}_5, \bar{y}_6, \bar{y}_7, \bar{y}_8$) son suficientemente grandes se rechaza la H_0 .
- ✓ Si la variación entre medias de tratamientos $r \sum (\bar{y}_i - \bar{y}_{..})^2 / (t-1)$ es “suficientemente” grande se rechaza H_0 .
- ✓ Si la variación dentro de los tratamientos es “suficientemente” grande $r \sum \sum (\bar{y}_{ij} - \bar{y}_i)^2 / t(r-1)$ no se rechaza H_0 .
- ✓ Si $P < 0.05$ se rechaza H_0 .
- ✓ Si $P > 0.05$ no se rechaza H_0 .
- ✓

Los datos fueron analizados utilizando el software estadístico: InfoStat-Statistical Software versión 2013 (Di Rienzo et al., 2013).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ABSCISIÓN DE FRUTOS

El porcentaje de abscisión de frutos desde el momento de la aplicación de productos hasta el fin de la caída fisiológica fue constante y si bien la aplicación de 3,5,6-TPA, 20 mg l⁻¹ presentó una tendencia a mayor caída (8 % superior) y la aplicación de Bonus® 4 % en 1^o fecha, a mayor retención (14 % inferior) en relación al control, la diferencia no es estadísticamente significativa (Cuadro 2). Estos datos concuerdan con lo reportado por Agustí et al. (1994) en tratamientos aplicados en mandarina 'Clausellina' en el que no encuentran efecto de raleo y con lo reportado por Gravina et al. (2010) en el segundo año de aplicación en 'Clementina de Nules', en la que la auxina no modificó ninguno de los componentes de rendimiento. Sin embargo no concuerdan con lo reportado en los restantes dos experimentos de Agustí et al. (1994) ni con el primer año de aplicación por Gravina et al. (2010) ni con numerosos autores que reportan que el efecto de raleo es significativo en función de la concentración aplicada (Agustí et al. 1995, Gravina et al. 1998, Ronca et al. 1998, Agustí et al. 2002, Agustí et al. 2007, Gambetta et al. 2008b).

En cuanto a la aplicación del fertilizante foliar N-P-K, Bonus®, no se encontraron registros relacionados a la abscisión de frutos, pero la tendencia a una retención evidenciado en este experimento puede deberse al efecto positivo de la nutrición mineral, principalmente el nitrógeno y el potasio durante la fase I de caída fisiológica reportado por Embleton et al. (1973b), Agustí (2003a).

Cuadro 2. Porcentaje de abscisión, evaluado al fin de la caída fisiológica (25 de enero), con base en los frutos presentes el día de la aplicación.

Tratamiento	Abscisión (%)
3,5,6-TPA 20 mg l ⁻¹	73.7 ns
3,5,6-TPA 10 mg l ⁻¹	66.7 ns
N-P-K, Bonus® 4 % 1° Fecha	51.1 ns
N-P-K, Bonus®10 % 1° Fecha	68.5 ns
Control	65.5 ns

Separación de medias Test de Duncan; ns indica sin diferencia significativa ($P \leq 0.05$).

Los resultados de abscisión permiten definir el período de caída fisiológica en 'Montenegrina'; la fecha de plena floración se estimó a mediados de octubre (19 de octubre 2011) y se verificó abscisión de frutos hasta fin de enero (25 de enero 2012). Por lo tanto, la duración del período de caída fisiológica se pudo determinar en 100 días desde plena floración, sugiriendo que la aplicación realizada en el presente trabajo (71 días post-floración) se efectuó más temprano de lo referido en la bibliografía para obtener un incremento directo en el tamaño de frutos.

La aplicación de fertilizante foliar N-P-K, Bonus® en segunda fecha, se realizó luego del fin de la caída fisiológica, y en ninguna de las concentraciones afectó el porcentaje de abscisión, manteniéndose al igual que en los demás tratamientos, el mismo número de frutos hasta la cosecha.

4.2. CRECIMIENTO DE FRUTOS

La evolución del diámetro ecuatorial de los frutos se asimiló a una curva sigmoide característica de los cítricos (Bain, 1958) (Figura 4). A partir de los 27 días post-aplicación (25/01/2012) comienza a diferenciarse el tamaño de frutos entre tratamientos, diferencia que se incrementa acentuadamente en los tratamientos de 3,5,6-TPA hasta llegar a fecha de cosecha.

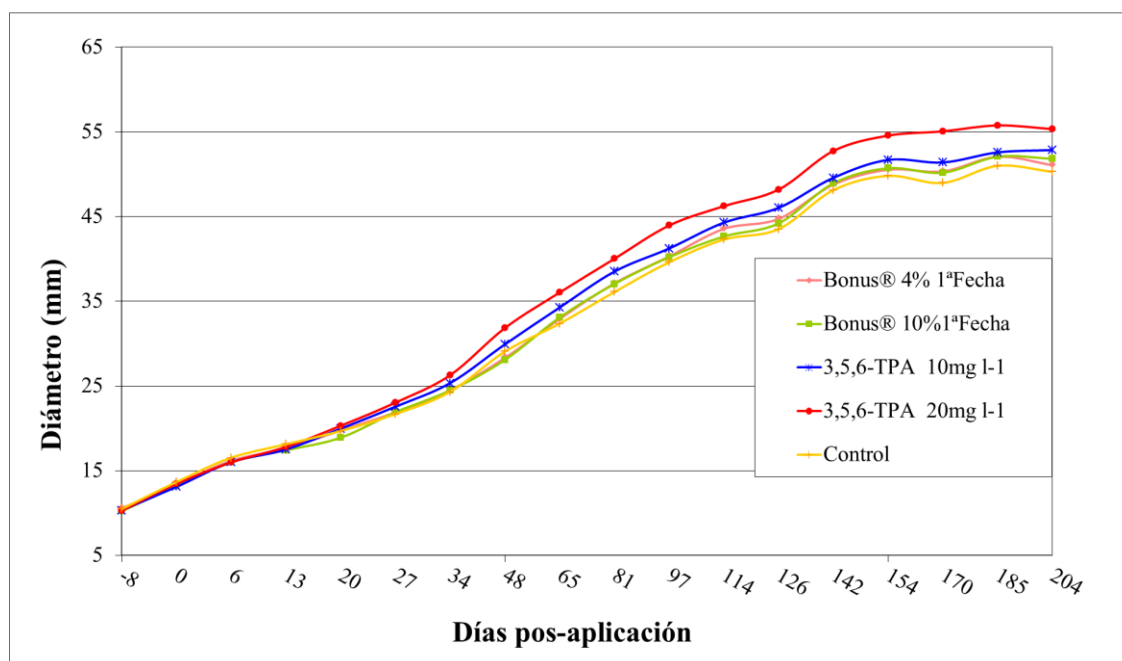


Figura 4. Evolución del diámetro de fruto por tratamiento desde la aplicación de 3,5,6-TPA y N-P-K, Bonus® en primera fecha, hasta la cosecha.

A partir de los datos del diámetro medio de fruto, se calculó la tasa de crecimiento diario, en la cual se observa en general, una disminución progresiva característica del crecimiento sigmoide citado por Bain (1958) (Figura 5). El tratamiento con 3,5,6-TPA (20 mg l⁻¹) promovió una mayor tasa de crecimiento de los

frutos que en las plantas control, durante los 40 días post-tratamiento; esta diferencia explica el mayor tamaño final de fruto alcanzado por este tratamiento (Figura 5).

En el mes de enero se observó una disminución no esperada en la tasa de crecimiento lo cual se atribuye a las altas temperaturas registradas en ese período, observándose que el registro más bajo de este período se da cuando la acumulación semanal de temperaturas mayores a 30 °C fue mayor (61 hs, de las cuales 9 hs superaron los 38 °C) (Cuadro III, anexos), concordando con la reducción de la tasa de crecimiento a lo largo del ciclo de desarrollo debido temperaturas superiores a 30 °C reportado por Reuther (1973).

En los meses de junio y julio la tasa de crecimiento alcanzó valores muy bajos y hasta nulos, lo que se atribuye, además de encontrarse los frutos en la fase III, a las bajas temperaturas registradas durante esos meses.

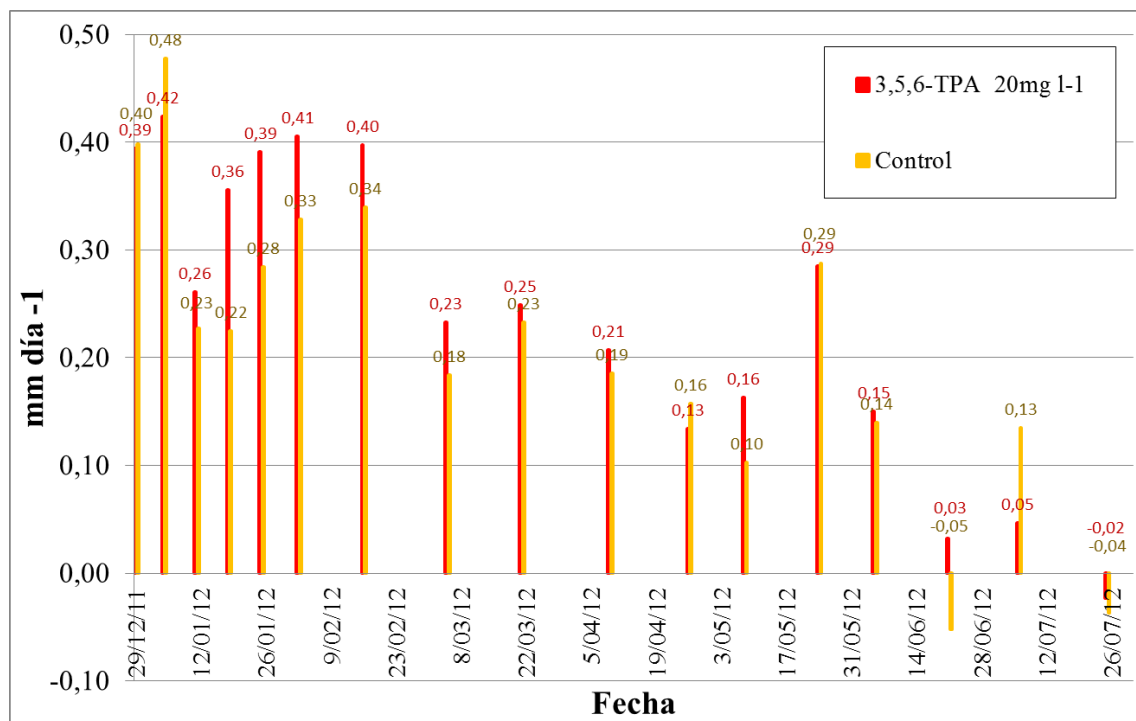


Figura 5. Evolución de la tasa de crecimiento de fruto promedio (mm día⁻¹) de los tratamientos de 3,5,6-TPA 20 mg l⁻¹ y control.

4.3. COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

4.3.1. Rendimiento y número de frutos por planta

El rendimiento medio alcanzado por planta fue de 31 kg, lo que llevado a hectárea resulta en 19 t de fruta cosechada (marco de plantación de 5.5 x 3 metros; 606 plantas ha⁻¹). Este rendimiento es semejante al máximo rendimiento medio nacional de los últimos 7 años publicado por las encuestas (URUGUAY. MGAP.DIEA, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2013); sin embargo si se compara con el rendimiento registrados por Gambetta et al. (2008b) en torno a los 100 kg planta⁻¹ en situaciones de media a alta floración, se considera bajo, pero es necesario tener en cuenta que en este trabajo las plantas provienen de un cambio de copa de seis años de edad, con 'Clementina Fina' como intermediario, alcanzando un volumen de copa medio de 4,3 m³, mientras que en el trabajo previamente citado, las plantas, injertadas sobre citrange 'Carrizo', tenían entre 6 y 8 años de edad y un volumen de copa entre 8 y 11 m³.

Los tratamientos aplicados no afectaron significativamente el rendimiento, observándose una tendencia a disminuir el rendimiento con la aplicación de 3,5,6-TPA, 20 mg l⁻¹ en relación al control (Cuadro 3). Estos datos concuerdan, en el caso de las aplicaciones de 3,5,6-TPA, con los reportados por Agustí et al. (1994) quienes indican que si el efecto de raleo es menor o igual al 15 % de los frutos, como ocurrió en los resultados de 'Montenegrina', el incremento en peso de los frutos es suficiente para compensar el efecto de raleo provocado. Además concuerdan con los datos reportados por Gravina et al. (2010) en 'Clementina de Nules' para el primer año, Gambetta et al. (2008b) en 'Montenegrina' y Ronca et al. (1998) en limón tipo 'Lisbon', quienes obtuvieron un efecto directo en el tamaño de fruta, con un leve efecto de raleo, pero sin afectar significativamente el rendimiento.

La aplicación foliar de Bonus® tampoco afectó el rendimiento en forma significativa, sin confirmar lo reportado por Achilea et al. (2002), quienes logran mejoras en los rendimientos debido a la aplicación del producto.

El número de frutos por planta sigue la misma tendencia que el rendimiento no encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos.

4.3.2. Diámetros promedios y peso medio de frutos

Los frutos provenientes de los tratamientos de 3,5,6-TPA alcanzaron un diámetro promedio final de 4 y 2 mm superior y estadísticamente significativo con las concentraciones de 20 y 10 mg l⁻¹ respectivamente, en relación al control (Cuadro 3). Estos resultados coinciden con los obtenidos por diversos autores (Agustí et al. 1994, Agustí et al. 1995, El-Otmani et al. 1996, Guardiola 1996, Ronca et al. 1998, El-Otmani et al. 2000, Guardiola y García-Luis 2000, Agustí et al. 2002, Agustí et al. 2007, Gambetta et al. 2008b, Gravina et al. 2010). Este incremento en diámetro es relevante a nivel comercial, ya que al aumentar 3 mm promedio se aumenta una categoría (Figura 6).

En cuanto al fertilizante foliar (N-P-K, Bonus®), ninguno de los tratamientos promovió un incremento significativo en el tamaño de fruto en relación al control, a diferencia de los datos obtenidos por Achilea et al. (2002), y del reportado frente a la aplicación de K (Chapman 1968, Guardiola 1980, El-Otmani et al. 2000, Boman 2001, Boman 2002, Sarrwy et al. 2012) (Cuadro 3).



Figura 6. Frutos obtenidos en árboles con la aplicación de 3,5,6-TPA 20 mg l⁻¹ (izquierda) y en el control (derecha).

De manera similar, el peso medio de fruto (PMF) se incrementó en forma significativa con 3,5,6-TPA 20 mg l⁻¹, mientras que los restantes tratamientos no logran diferenciarse estadísticamente del control. Estos resultados en aumento del peso de los frutos concuerdan con los obtenidos por Agustí et al. (1994) en 'Clausellina', Agustí et al. (1995) en 'Clementina Fina', El-Otmari et al. (1996) en 'Clementina' cultivares 'Oronules' y 'Cadoux', Ronca et al. (1998) en limón tipo 'Lisbon', Gambetta et al. (2008b) en 'Montenegrina', Gravina et al. (2010) en 'Clementina de Nules'.

Cuadro 3. Rendimiento y número de frutos por planta, peso medio y diámetro de frutos por tratamiento, mandarina 'Montenegrina'.

Tratamiento	Rendimiento (Kg planta⁻¹)	Frutos Planta⁻¹	PMF (g)	Diámetro de frutos (mm)
3,5,6-TPA 20 mg l ⁻¹	27,74 ns	362 ns	77,89 a	57,61 a
3,5,6-TPA 10 mg l ⁻¹	29,04 ns	435 ns	72,86 ab	55,41 b
Bonus® 4 % 1° Fecha	33,41 ns	534 ns	63,26 b	54,11 c
Bonus® 10% 1° Fecha	31,47 ns	448 ns	70,62 ab	54,00 c
Bonus® 4 % 2° Fecha	27,34 ns	483 ns	58,72 b	52,38 e
Bonus® 10% 2° Fecha	36,17 ns	610 ns	62,75 b	53,02 d
Control	34,23 ns	562 ns	62,80 b	53,52 cd

Separación de medias Test de Duncan; ns: no significativo, letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

4.3.2.1. Categorías comerciales

Se calculó la distribución porcentual por categorías comerciales según diámetro de fruta, considerando como límite inferior de exportación 53 mm; en la Figura 7 se puede observar que el tratamiento de 3,5,6-TPA 20 mg l⁻¹ alcanza el 85 % de fruta con tamaño superior al límite de exportación, el de 3,5,6-TPA 10 mg l⁻¹ 72 %, y el control 56 %. Una mejora en la distribución por diámetro fue reportada por Agustí et al. (1994, 1995) en 'Clasellina' y 'Clementina Fina' respectivamente.

En el caso de los tratamientos de N-P-K, Bonus®, las aplicaciones en primera fecha promovieron un leve efecto positivo en el tamaño de los frutos, alcanzando en el mejor de los casos (N-P-K, Bonus® 4 %), 73 % de fruta con diámetro superior a 53 mm, similar a lo reportado por Achilea et al. (2002). Aplicado en segunda fecha, el porcentaje

de fruta exportable alcanzado es menor a 50 %, siendo el porcentaje de fruta de menor tamaño (menor a 50 mm) de 25 y 32 % en las concentraciones 10 y 4 % respectivamente, lo que no coincide con el aumento reportado por Achilea et al. (2002) en naranja 'Shamouti' y 'Newhall' y en mandarina 'Nova'.

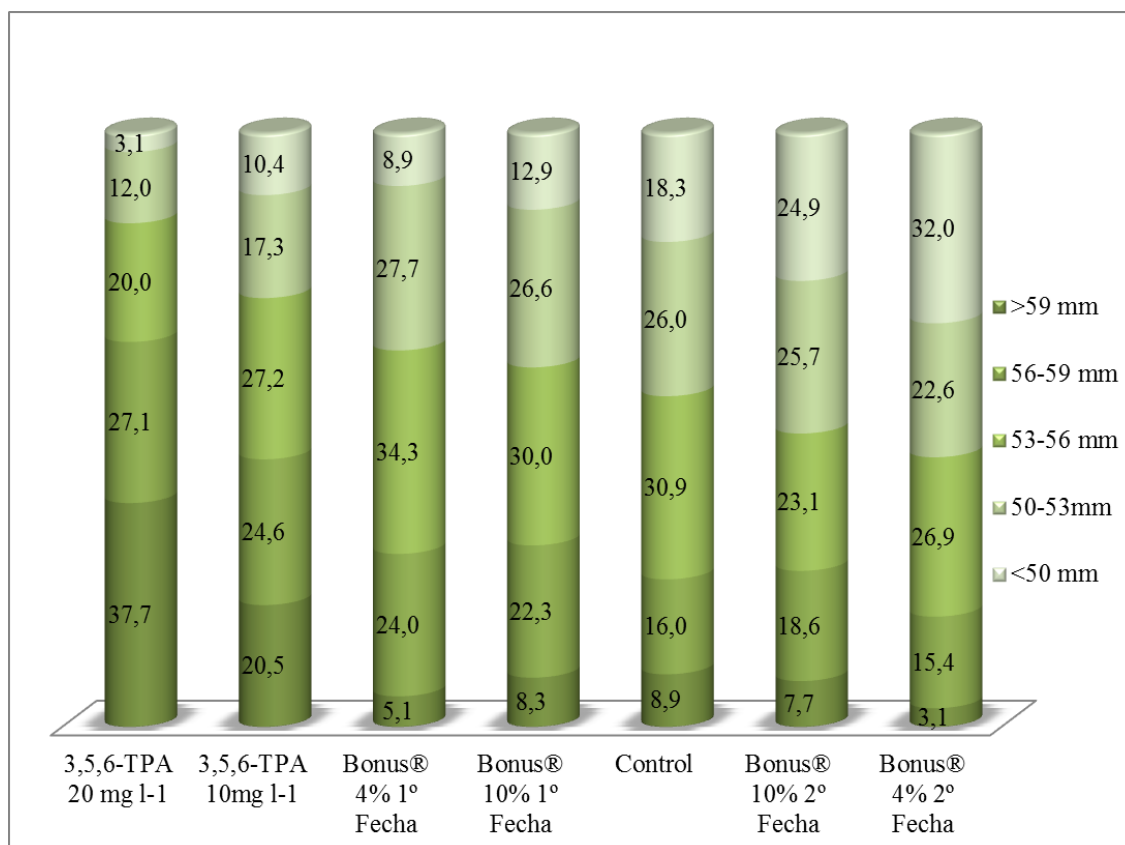


Figura 7. Distribución del tamaño de fruta por tratamiento (expresado en porcentaje por diámetros comerciales).

4.3.3. Frutos por m³ de copa

El volumen y el número de frutos por m³ de copa no presentaron diferencias significativas entre tratamientos, aunque los tratamientos con 3,5,6-TPA 20 mg l⁻¹ y Bonus® 10 % 1º Fecha, alcanzaron los valores más bajos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Número de frutos por m³ de copa.

Tratamiento	Volumen de copa (m³)	Frutos m⁻³
3,5,6-TPA 20 mg l ⁻¹	4,13 ns	90 ns
3,5,6-TPA 10 mg l ⁻¹	3,84 ns	111 ns
Bonus® 4 % 1º Fecha	4,14 ns	128 ns
Bonus® 10% 1º Fecha	4,55 ns	99 ns
Bonus® 4% 2º Fecha	4,22 ns	114 ns
Bonus® 10% 2º Fecha	4,77 ns	129 ns
Control	4,15 ns	137 ns

Separación de medias Test de Duncan; ns: no significativo ($P \leq 0.05$).

4.4. CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN HOJAS

La concentración foliar de macro y micronutrientes se presenta en los Cuadros 5 y 6. Para su análisis se consideraron como referencia los estándares foliares propuestos por Chapman (1960) (hojas de brotes fructíferos de primavera de 4 a 7 meses de edad), Embleton et al. (1973b) (niveles estándares para hojas de brotes no fructíferos de 5 a 7 meses de edad de naranjos 'Valencia' y 'Navel'), Legaz y Primo-Millo (1988), Legaz et al. (1995) (niveles estándares para todos los cítricos y para el caso de N-P-K para

'Clementino', de hojas de brotes no fructíferos de 7-9 meses de edad) (Cuadros IV, V, VI, VII, VIII, anexos).

4.4.1. Concentración de macronutrientes en hojas

Las concentraciones de N y P se ubicaron en niveles aceptables o satisfactorios de acuerdo a los autores mencionados, sin diferencias significativas entre tratamientos. En ninguno de los casos, las aplicaciones foliares de Bonus® mejoraron la concentración de N foliar en relación al control, no confirmando el reporte de Achilea et al. (2002), de un incremento significativo en la concentración de nitrógeno foliar con una única aplicación de 9-10 % de Bonus® en naranja 'Shamouti' y en 'Newhall' y en mandarina 'Nova' a mediados de junio (HN).

El K se ubicó en concentraciones bajas en el control de acuerdo a Legaz y Primo-Millo (1988), Legaz et al. (1995) para 'Clementino', mientras que los restantes tratamientos alcanzaron concentraciones adecuadas y significativamente más elevadas de este nutriente que el control (Cuadro 5).

La concentración de Ca y Mg fue óptima o adecuada de acuerdo a Embleton et al. (1973b), Legaz et al. (1995) respectivamente y sin diferencias entre tratamientos, ubicándose en una media de 3,63 % (Ca) y 0.29 % (Mg).

Cuadro 5. Concentración foliar de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio por tratamiento (expresado en % de materia seca).

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg
3,5,6-TPA 20 mg l ⁻¹	2,43 ns	0,15 ns	0,84 ab	3,61 ns	0,29 ns
Bonus® 4 % 1° Fecha	2,27 ns	0,16 ns	0,89 a	3,74 ns	0,28 ns
Bonus® 10% 1° Fecha	2,38 ns	0,15 ns	0,94 a	3,22 ns	0,27 ns
Bonus® 4 % 2° Fecha	2,17 ns	0,18 ns	0,94 a	3,46 ns	0,29 ns
Bonus® 10% 2° Fecha	2,33 ns	0,13 ns	0,88 a	3,90 ns	0,29 ns
Control	2,26 ns	0,14 ns	0,66 b	3,86 ns	0,30 ns

Separación de medias Test de Tukey; ns: no significativo, letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

4.4.2. Concentración de micronutrientes en hojas

La concentración de micronutrientes en hojas de las plantas control alcanzó los 100 mg kg⁻¹ de Fe, 20 mg kg⁻¹ de Mn y 13 mg kg⁻¹ de Zn. Ninguno de los tratamientos provocó modificaciones significativas en la concentración de estos elementos (Cuadro 6). Embleton et al. (1973b), Legaz et al. (1995) proponen como adecuado a óptimo, concentraciones de Fe en un rango de 61-100 y 60-120 mg kg⁻¹ respectivamente, por lo que de acuerdo a los resultados obtenidos en 'Montenegrina', este elemento se encuentra en niveles normales. Por el contrario, la concentración de Mn (20 - 21 mg kg⁻¹) y Zn (13 - 16 mg kg⁻¹) fue baja en todos los tratamientos sin diferencias significativas entre tratamientos, de acuerdo a los estándares de los autores mencionados.

Este nivel deficiente de Zn, puede explicar, al menos en forma parcial, el relativamente bajo rendimiento obtenido en términos generales en este trabajo; según Chapman (1968), Agustí (2003a), deficiencias de este nutriente causa una reducción del

rendimiento, frutos de menor tamaño, con corteza fina, pulpa densa, poco jugo y de baja concentración de SST. Agustí (2003a) describe la esencialidad e importancia que tiene el Zn en el cultivo de los cítricos, debido a su rol en el metabolismo del N, como cofactor de la ARN polimerasa y con ello en la síntesis proteica, y su rol en el metabolismo de auxinas ya que es requerido para la síntesis de triptófano (aminoácido precursor de la síntesis de auxinas).

Los niveles bajos de Mn, según Agustí (2003a) no tienen un efecto importante sobre el rendimiento y la calidad de los frutos.

Cuadro 6. Concentración foliar de hierro, manganeso y zinc expresados en mg kg⁻¹, por tratamiento.

Tratamiento	Fe	Mn	Zn
3,5,6-TPA 20 mg l ⁻¹	104 ns	20 ns	14 ns
Bonus® 4 % 1º Fecha	111 ns	21 ns	14 ns
Bonus® 10% 1º Fecha	99 ns	21 ns	13 ns
Bonus® 4 % 2º Fecha	110 ns	20 ns	16 ns
Bonus® 10% 2º Fecha	103 ns	21 ns	13 ns
Control	98 ns	20 ns	13 ns

Separación de medias Test de Tukey; ns: no significativo ($P \leq 0.05$).

4.5. FLORACIÓN SIGUIENTE

La siguiente floración, evaluada en la primavera de 2012, fue de muy baja intensidad, siendo inferior a 10 flores cada 100 nudos en todos los tratamientos (Cuadro 7), confirmando el comportamiento típico alternante de la variedad (Gambetta et al. 2008b, Gravina y Gambetta 2009).

Desde una óptica productiva esta intensidad de floración debe considerarse como insuficiente para disminuir o mitigar la alternancia productiva, por lo que, estos resultados, considerados en función del número de frutos por m³ de copa, indican que en las condiciones del experimento, 90 frutos por m³ de copa inhiben en forma casi absoluta la siguiente floración, no logrando mitigar la alternancia. Los frutos presentes en la planta durante el período de inducción floral, inhiben la floración reprimiendo la expresión de genes involucrados en la misma (Muñoz-Fambuena et al., 2011), siendo este efecto inhibitorio de la fruta la causa principal de la alternancia (Martínez-Fuentes et al., 2010).

Cuadro 7. Intensidad de la floración siguiente por tratamiento (expresada en flores/100 nudos), evaluada en octubre de 2012, mandarina ‘Montenegrina’.

Tratamiento	Flores /100 nudos
3,5,6-TPA 20 mg l ⁻¹	2 ns
3,5,6-TPA 10 mg l ⁻¹	1 ns
Bonus® 4 % 1ªFecha	4 ns
Bonus® 4 % 2ªFecha	3 ns
Bonus® 10 % 1ªFecha	8 ns
Bonus® 10 % 2ªFecha	1 ns
Control	2 ns

Separación de medias Test de Duncan; ns: no significativo ($P \leq 0.05$).

5. CONCLUSIONES

La abscisión de frutitos en mandarina 'Montenegrina' se prolongó hasta la última semana de enero, sin diferencias significativas entre los tratamientos aplicados.

La auxina de síntesis 3,5,6-TPA aplicada a una concentración de 20 mg l⁻¹, 71 días post-floración promovió el aumento significativo del tamaño del fruto en relación al control, sin una disminución estadísticamente significativa en el número de frutos cosechados y el rendimiento por planta.

La aplicación de fertilizante foliar N-P-K, Bonus® en ninguna de las fechas y concentraciones mejoró en forma significativa los componentes del rendimiento.

Las concentraciones foliares de los nutrientes evaluados, se ubicaron en niveles bajos a adecuados, sin diferencias entre los tratamientos, con excepción del K, que fue significativamente más bajo en el control.

La floración siguiente fue fuertemente inhibida por la cosecha previa en todos los tratamientos, indicando que el número de frutos de mandarina 'Montenegrina', debe ser menor a 90 por metro cúbico de copa para disminuir la alternancia en esta variedad.

6. RESUMEN

La mandarina 'Montenegrina' se clasifica como una variedad de comportamiento alternante, por lo que, regular la producción con el objetivo de disminuir la alternancia, es un tema prioritario del manejo para alcanzar el potencial económico de esta variedad. En los últimos años, el tamaño de fruta como parámetro de calidad de los cítricos se ha incrementado notablemente y se ha vuelto tan importante como el rendimiento, en la determinación de la rentabilidad de las plantaciones. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de una auxina de síntesis aplicada al fin de la caída fisiológica y un fertilizante foliar aplicado en la misma fecha o un mes después, en el tamaño de fruta, rendimiento y retorno floral en la primavera siguiente. Se seleccionó un cuadro de mandarina 'Montenegrina' injertado sobre *P. trifoliata* con fertiriego localizado que presentara baja a media carga de fruta en la cosecha 2011 y se aplicó la auxina sintética 3,5,6-trichloro-2-pyridyloxyacetic acid (3,5,6-TPA), (Maxim®) en concentraciones de 10 y 20 mg l⁻¹, a los 71 días post-floración y el fertilizante foliar (Bonus®-N-P-K) (13-2-44) en concentraciones de 4 y 10 por ciento, a los 71 y 107 días post-floración. Se evaluó la caída de frutos post-aplicación, se midió el diámetro ecuatorial y en la cosecha se contaron y pesaron todos los frutos de cada árbol y se evaluó la calidad interna. Se realizó análisis foliar de macro y micronutrientes seleccionando hojas de brotes fructíferos y en la primavera siguiente a la cosecha, se evaluó la floración. La auxina de síntesis 3,5,6-TPA aplicada a una concentración de 20 mg l⁻¹, 71 días post-floración promovió el aumento significativo del diámetro y peso medio del fruto sin afectar el número de frutos cosechados y el rendimiento por planta. La aplicación de Bonus® en ninguna de las fechas y concentraciones mejoró en forma significativa los componentes del rendimiento. Las concentraciones foliares de los nutrientes evaluados no presentaron diferencias entre los tratamientos, con excepción del K, que fue significativamente más bajo en el control. La floración siguiente fue fuertemente inhibida por la cosecha previa en todos los tratamientos, indicando que el número de frutos de mandarina 'Montenegrina', debe ser menor a 90 por metro cúbico para disminuir el hábito alternante de esta variedad.

Palabras clave: 3,5,6-TPA; Alternancia; Bonus®-N-P-K; Reguladores de crecimiento; 'Montenegrina'; Fertilizante foliar; Maxim®.

7. SUMMARY

'Montenegrina' mandarin is classified as an alternate bearing variety, so that, yield regulation among years is a priority in order to achieve its economical potential. In recent years, fruit size has become an important quality characteristic, turning as important as yield to maximize orchard profitability. The aim of this work was to evaluate the effect of a synthetic auxin applied at final physiological fruit drop and a foliar NPK formulation, sprayed at the same time and one month later, on fruit size, yield and return bloom. The experiment was carried out in a commercial orchard of 'Montenegrina' mandarin, in the 'on' year, grafted on *P.trifoliata*, under fertigation conditions. Synthetic auxin 3,5,6 - trichloro -2 - pyridyloxyacetic acid (3,5,6 -TPA) (Maxim ®), 10 and 20 mg l⁻¹, at 71 days after full bloom and foliar NPK formulation (Bonus ®, 13-02-44), 4 and 10 %, at 71 and 107 days after full bloom was applied. Fruit abscission during physiological drop and equatorial diameter until maturation were measured. At harvest, fruit number and yield per tree was determined and fruit internal quality was analyzed. Foliar macro and micronutrients analysis of fruit bearing shoots were performed, and in the spring flowering intensity was evaluated. Synthetic auxin 3,5,6 -TPA, 20 mg l⁻¹, significantly increased fruit diameter and weight, without affecting fruit number and yield per plant. Bonus ® application did not improve yield components in any date or concentration. Treatments had no effect on foliar nutrient concentration, except for K, which was significantly lower in controls. Next flowering was strongly inhibited by previous crop load in all treatments, indicating that fruit number of 'Montenegrina' mandarin must be less than 90 per m³ to reduce this variety alternate bearing.

Keywords: 3,5,6 -TPA; Alternate; Bonus®-NPK; Growth regulators; 'Montenegrina'; Foliar fertilizer; Maxim ®.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. ACHILEA, O.; SOFFER, Y.; RABER, D.; TAMIM, M. 2002. Bonus-NPK - highly concentrated, enriched potassium nitrate, an optimal booster for yield and quality of citrus fruits. *Acta Horticulturae*. no. 594: 461-466.
2. AGUSTÍ, M.; ALMELA, V.; JUAN, M.; PRIMO-MILLO, E.; TRENOR, I.; ZARAGOZA, S. 1994. Effect of 3,5,6- trichloro-2-pyridyloxyacetic acid on fruit size and yield of 'Clausellina' mandarin (*Citrus unshiu marc.*). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 69: 219-223.
3. _____.; EL-OTMANI, M.; AZNAR, M.; JUAN, M.; ALMELA, V. 1995. Effect of 3,5,6-trichloro-2-pyridyloxyacetic acid on 'Clementine' early fruitlet development and on fruit size at maturity. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 70: 955-962.
4. _____.; ALMELA, V.; ZARAGOZA, A.; PRIMO MILLO, E.; EL-OTMANI, M. 1996. Recent findings on the mechanism of action of the synthetic auxins used to improve fruit size of citrus. *Proceedings International Society of Citriculture*. 2: 922-928.
5. _____.; ZARAGOZA, S.; IGLESIAS, D.J.; ALMELA, V.; PRIMO-MILLO, E.; TALON, M. 2002. The synthetic auxin 3,5,6-TPA stimulates carbohydrate accumulation and growth in citrus fruit. *Plant Growth Regulation*. 36 (2): 141-147.
6. _____. 2003a. *Citricultura*. 2ª. ed. Madrid, Mundi-Prensa. 422 p.
7. _____.; MARTÍNEZ-FUENTES, A.; MESEJO, C.; JUAN, M.; ALMELA, V. 2003b. *Cuajado y desarrollo de los frutos cítricos*. Valencia, Generalitat Valenciana. 80 p. (Serie de Divulgación Técnica no. 55).
8. _____.; JUAN, M.; ALMELA, V. 2007. Response of 'Clausellina' Satsuma mandarin to 3,5,6-trichloro-2-pyridyloxyacetic acid and fruitlet abscission. *Plant Growth Regulation*. 53 (2): 129-135.

9. ANDERSON, C. 1996. Manual para productores de naranja y mandarina de la Región del Río Uruguay. Concordia, INTA. 67 p. (INTA. Manual Serie "A" no. 2).
10. BAIN, J.M. 1958. Morphological, anatomical and physiological changes in the developing fruit of the 'Valencia' orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). *Australian Journal of Botany*. 6: 1-24.
11. BANGERTH, F. 2000. Abscission and thinning of young fruit and their regulation by plant hormones and bioregulators. *Plant Growth Regulation*. 31 (1-2): 43-59.
12. BOMAN, B. 2001. Foliar nutrient sprays influence yield and size of 'Valencia' orange. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*. 114: 83-88.
13. _____. 2002. KNO₃ foliar application to 'Sunburst' tangerine. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*. 115: 6-9.
14. BORSANI, J.; PATTARINO, E.; RONCA, F.; FRANCO, F.; ARBIZA, H.; CHIFFLET, M.; GRAVINA, A. 1992. Estudio de aplicaciones invernales de GA₃ en el comportamiento productivo del tangor 'Ellendale' (*Citrus sinensis* L. Osb. x *Citrus reticulata* Bl.). I Efecto en la floración. In: Reunión Argentina de Fisiología Vegetal (19^{a.}, 1992, Córdoba, Argentina). Actas. s.n.t. pp. 221-222.
15. BREMNER, J. M.; MULVANEY, C. S. 1982. Nitrogen-total. In: Page, A. L. ed. *Methods of soil analysis*. Madison, WI, USA, American Society of Agronomy/Soil Science Society of America. pt. 2, pp. 595-624.
16. BUSTAN, A.; GOLDSCHMIDT, E. 1998. Estimating the cost of flowering in a grapefruit tree. *Plant Cell and Environment*. 21: 217-224.

17. CHAPMAN, H.D. 1960. Leaf and soil analysis in citrus orchards; Criteria for the diagnosis of nutrient status and guidance of fertilization and soil management practices. Universidad de California/Agricultural Experiment Station. Manual no. 25. 53 p.
18. _____. 1968. The mineral nutrition of citrus. In: Reuther, W.; Batchelor, L.; Webber, H. eds. The citrus industry. Berkeley, University of California. v. 2, cap. 3, pp. 127-289.
19. CHOUZA, X. 2010. Alternativas para la inducción de partenocarpia en mandarina 'Montenegrina'. Tesis Magister en Ciencias Agrarias opción Ciencias Vegetales. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 67 p.
20. _____.; GRAVINA, A.; BORGES, A. 2011. Control de la autopolinización, germinación del polen y crecimiento del tubo polínico en mandarina 'Montenegrina'. Agrociencia (Montevideo). 15 (1): 27-36.
21. DA CUNHA BARROS, M.; GRAVINA, A. 2006. Influencia del tipo de brote en el cuajado y crecimiento del fruto del tangor 'Ortanique'. Agrociencia (Montevideo). 10 (1): 37-46.
22. DI RIENZO, J.A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.G.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C.W. 2013. Grupo InfoStat. (en línea). Córdoba, Argentina, Universidad Nacional de Córdoba. FCA. Consultado 27 may. 2013. Disponible en <http://www.infostat.com.ar>
23. DURÁN. 1985. El medio ambiente. In: Los suelos del Uruguay. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 47-64.
24. EL-OTMANI, M.; AGUSTI, M.; AZNAR, M.; ALMELA, V. 1993. Improving the size of 'Fortune' mandarin fruits by auxin 2,4-DP. Scientia Horticulturae. 55 (1): 283-290.
25. _____.; KADRI, B.; AIT-OUBAHOU, A. 1996. Use of auxins to improve fruit size of 'Clementine' mandarin – effect on vegetative growth and fruit quality. Proceedings International Society of Citriculture. 2: 1076-1080.

26. _____.; AIT-OUBAHOU, A.; GOUSRIRE, H.;HAMZA, Y. 2000a. Effect of potassium phosphite on flowering, yield, and tree health of 'Clementine' mandarin. *Proceedings International Society of Citriculture*. 2: 428-432.
27. _____.; COGGINS, C.; AGUSTI, M.; LOVATT, C. 2000b. Plant growth regulators in citriculture: world current uses. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 19: 395-447.
28. EMBLETON, T.; JONES, W.; REITZ H. 1973a. Citrus fertilization. In: Reuther, W. ed. *The citrus industry*. Berkeley, University of California. v. 3, cap. 5, pp. 122-182.
29. _____.; _____.; LABANAUSKAS, C.; REUTHER, W. 1973b. Leaf analysis as a diagnostic tool and guide to fertilization. In: Reuther, W. ed. *The citrus industry*. Berkeley, University of California. v. 3, cap. 6, pp. 183-210.
30. ERNER, Y.; COHEN, A.; MAGEN, H. 2000. Fertilizando para altos rendimientos; cítricos. Instituto Internacional de la Potasa. Boletín no. 4. 63 p.
31. ESPINO, M.; BORGES, A.; DA CUNHA BARROS, M.; GAMBETTA, G.; GRAVINA, A. 2005. Manejo de la floración y cuajado de frutos en tangor 'Ortanique'. In: Simposio de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Citrus (2°. , 2005, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. 1 disco compacto.
32. FASIOLO, C.; INZAURRALDE, C.; CAKIC, V.; GRAVINA, A. 2010. Cuajado de frutos en tangor 'Ortanique'; su relación con factores exógenos. In: Simposio de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Citrus (3°. , 2010, Salto). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 68-71.

33. GAMBETTA, G.; ESPINO, M.; PARDO, E.; ALBERTI, V.; GRAVINA, A. 2005. Comportamiento fenológico y mejora del tamaño en mandarina 'Montenegrina'. In: Simposio de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Citrus (2º., 2005, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. 1 disco compacto.
34. _____.; BORGES, A.; ESPINO, M.; DA CUNHA BARROS, M.; RIVAS, F.; ARBIZA, H.; GRAVINA, A. 2008a. Mejora de la productividad de la mandarina 'Nova': aspectos fisiológicos y medidas de manejo. *Agrociencia* (Montevideo). 12 (2): 1-9.
35. _____.; ESPINO, M.; PARDO, E.; ALBERTI, V.; ARBIZA, H.; GRAVINA, A. 2008b. 'Montenegrina' mandarin; characterization of the agronomic behaviour and fruit size improvement. *Proceedings International Society of Citriculture*. 1: 561-566.
36. GARCÍA, M. 1995. Efecto de diferentes momentos de riego en el rendimiento y la calidad de citrus. Facultad de Agronomía (Montevideo). *Boletín de Investigación* no. 47. 23 p.
37. GOMEZ-CADENAS, A.; MEHOUACHI, J.; TADEO, F.R.; PRIMO-MILLO, E.; TALON, M. 2000. Hormonal regulation of fruitlet abscission induced by carbohydrate shortage in citrus. *Planta*. 210: 636-643.
38. GOÑI, C.; OTERO, A. 2009. Reduciendo incertidumbres. El riego en la productividad de los cítricos. In: Reduciendo incertidumbres; el riego en la productividad de los cítricos. Montevideo, INIA. pp. 20-27 (Actividades de Difusión no. 576).
39. GOREN, R. 1993. Anatomical, physiological and hormonal aspects of abscission in citrus. *Horticultural Reviews*. 15: 145-182.
40. GRAVINA, A.; ARBIZA, H.; ARIAS, M.; RONCA, F. 1997. Estudio de la floración en el tangor 'Ellendale' (*Citrus sinensis* L. Osb. x *Citrus reticulata* Bl.) y su relación con el cuajado de frutos y productividad. *Agrociencia* (Montevideo). 1 (1): 55-59.

41. _____.; _____.; BOZZO, A.; LASERRE, E.; ARIAS, M.; RONCA, F. 1998. Synthetic auxins evaluation on fruit size and yield in 'Ellendale' tangor. *Acta Horticulturae*. no. 463: 413-418.
42. _____.; GAMBETTA, G.; TELIAS, A.; ARBIZA, H.; SEVERINO, V. 2001. Raleo químico en naranja 'Valencia' [*Citrus sinensis* (L.) Osb.]. In: Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal (8°. 2001, Ilheus). Anais. Ilheus, Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal. 1 disco compacto.
43. _____.; BORGES, A.; ESPINO, M.; SEVERINO, V.; ARBIZA; H. 2005. Respuesta fisiológica y productiva de mandarina 'Clementina de nules' (*Citrus reticulata* Bl.) a diferentes épocas e intensidades de poda. In: Simposio de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Citrus (2°. 2005, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. 1 disco compacto.
44. _____. 2007. Aplicación del ácido giberélico en citrus: revisión de resultados experimentales en Uruguay. *Agrociencia* (Montevideo). 11 (1): 57-66.
45. _____.; GAMBETTA, G. 2009. Comportamiento productivo y manejo diferencial en cultivares de citrus. Montevideo, Facultad de Agronomía. 17 p.
46. _____.; INZAURRALDE, C.; AUNCHAYNA, R.; DACUNHA 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. In: Simposio de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Citrus (3°. 2010, Salto). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 80-83.
47. GUARDIOLA, J.L.; MONERRI, C.; AGUSTÍ, M. 1982. The inhibitory effect of gibberelic acid on flowering in citrus. *Physiologia Plantarum*. 55: 136-142.
48. _____.; ALMELA, V; BARRES, M. T. 1988. Dual effect of auxins on fruit growth in 'Satsuma' mandarin. *Scientia Horticulturae*. 34 (3): 229-237.

49. _____. 1992. Fruit set and growth. In: International Seminar on Citrus – Physiology (2nd., 1992, Bebedouro). Proceedings. Sao Paulo, Brazil, FUNEP. pp. 1-30.
50. _____. 1996. Synthetic auxins and citrus fruit size; strategies for use and mechanism of action. Proceedings International Society of Citriculture. 2: 953-960.
51. _____.; GARCÍA-LUIS, A. 2000. Increasing fruit size in citrus. Thinning and stimulation of fruit growth. Plant Growth Regulation. 31 (1-2): 121-132.
52. HIROSE, K. 1981. Development of chemical thinners for commercial use for 'Satsuma' mandarin in Japan. Proceedings International Society of Citriculture. 1: 256-260.
53. ISAAC, R. A.; KERBER, J. D. 1971. Atomic absorption and flame photometry: techniques and uses in soil, plant, and water analysis. In: Walsh, L. M. ed. Instrumental methods for analysis of soils and plant tissue. Madison, WI, USA, Soil Science Society of America. pp. 17-37.
54. IWAHORI, S.; OOHATA, J.T. 1976. Chemical thinning of 'Satsuma' mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) fruit by 1- naphthaleneacetic acid: role of ethylene and cellulase. Scientia Horticulturae. 4 (2): 167-174.
55. _____. 1978. Use of growth regulators in the control of cropping of mandarin varieties. Proceedings International Society of Citriculture. 1: 263-270.
56. KATZ, E.; MARTÍNEZ-LAGUNAS, P.; RIOV, J.; WEISS, D.; GOLDSCHMIDT, E. 2004. Molecular and physiological evidence suggests the existence of a system II-like pathway of ethylene production in non-climacteric citrus fruit. Planta. 219: 243-252.

57. KOSHITA, Y.; TAKAHARA, T.; OGATA, T.; GOTO, A. 1999. Involvement of endogenous plant hormones (IAA, ABA, GAs) in leaves and flower bud formation of 'Satsuma' mandarin (*Citrus unshiu* Marc.). *Scientia Horticulturae*. 79 (3): 185-194.
58. LABANAUSKAS, C.K.; HANDY, M.F. 1972. Nutrient removal by 'Valencia' orange fruit from citrus orchards in California. *California Agriculture*. 26 (12): 3-4.
59. LEGAZ, F.; PRIMO-MILLO, E. 1988. Normas para la fertilización de los agrios. Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació. Fullets Divulgació no. 5. 88 p.
60. _____; SERNA, M.; FERRER, P.; CEBOLLA, V.; PRIMO, E. 1995. Análisis de hoja, suelos y aguas para el diagnóstico nutricional de plantaciones de cítricos; procedimiento de toma de muestras. Valencia, Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació. 26 p.
61. MARTÍNEZ-FUENTES, A.; MESEJO, C.; REIG, C.; AGUSTÍ, M. 2010. Timing of the inhibitory effect of fruit on return bloom of 'Valencia' sweet orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 90 (11): 1936-1943.
62. MESEJO, C.; ROSITO, S.; REIG, C.; MARTÍNEZ-FUENTES, A.; AGUSTÍ, M. 2012. Synthetic auxin 3,5,6-TPA provokes *Citrus clementine* (Hort. *Ex Tan*) fruitlet abscission by reducing photosynthate availability. *Journal of Plant Growth Regulation*. 31 (2): 186-194.
63. MOLINA, E. 2000. Nutrición y fertilización de la naranja. International Plant Nutrition Institute. 40: 5-11.
64. MUÑOZ-FAMBUENA, N.; MESEJO, C.; GONZALEZ-MAS, M.C.; PRIMO-MILLO, E.; AGUSTI, M.; IGLESIAS, D.J. 2011. Fruit regulates seasonal expression of flowering genes in alternate bearing 'Moncada' mandarin. *Annals of Botany (London)*. 108: 511-519.

65. _____.; _____.; _____.; IGLESIAS, D. J.; PRIMO-MILLO, E.; AGUSTÍ, M. 2012. Gibberellic acid reduces flowering intensity in sweet orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) by repressing CiFT gene expression. *Plant Growth Regulation*. 31 (4): 529-536.
66. MURPHY, J.; RILEY, J. P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*. no. 27: 31-36.
67. OTERO, A.; GOÑI, C.; CASTAÑO, J.P. 2009a. Condiciones climáticas en el ciclo productivo 2008-2009. In: Reduciendo incertidumbres; el riego en la productividad de los cítricos. Montevideo, INIA. pp. 2-12 (Actividades de Difusión no. 576).
68. _____.; _____.. 2009b. Riego y componentes de la producción en 'Valencia late' en Salto. In: Reduciendo incertidumbres; el riego en la productividad de los cítricos. Montevideo, INIA. pp. 49-53 (Actividades de Difusión no. 576).
69. QUIÑONES, A.; MARTÍNEZ-ALCÁNTARA, B.; MARTÍNEZ, J. M.; FORNER-GINER, M.; IGLESIAS, D.; PRIMO-MILLO, E.; LEGAZ, F. 2011. Date of 15 N-labeled potassium nitrate in different citrus-cultivated soils: influence of spring and summer application. *Water Air and Soil Pollution*. 223: 2209-2222.
70. REUTHER, W.1973. Climate and citrus behavior. In: Reuther, W. ed. The citrus industry. Berkeley, University of California. v. 3, cap. 8, pp. 280-337.
71. RODRÍGUES, L.; CUNHA DORNELLES, A. 1999a. Origem e caracterização horticultural da tangerineira 'Montenegrina'. *Laranja*. 20 (1): 167-185.
72. _____.; _____.; SCHIFINO-WITTMANN, M. T. 1999b. Poliembrionia e número de sementes por fruto de quatro cultivares de tangerineira. *Ciencia Rural* (Santa María). 29 (3): 469-474.

73. RONCA, F.; ARBIZA, H.; ABELLA, A.; ARIAS, M.; GRAVINA, A. 1998. Synthetic auxins evaluation on fruit size and yield in 'Lisbon' type lemon. *Acta Horticulturae*. no. 463: 405-412.
74. RUIZ, R.; GARCÍA-LUIS, A; MONERRI, C.; GUARDIOLA, J.L. 2001. Carbohydrate availability in relation to fruitlet abscission in citrus. *Annals of Botany*. 87: 805-812.
75. SARRWY, S. M. A.; EL-SHEIKH, M. H.; KABEIL, S.; SHAMSELDIN, A. 2012. Effect of foliar application of different potassium forms supported by zinc on leaf mineral contents, yield and fruit quality of 'Balady' mandrine trees. *Middle-East Journal of Scientific Research*. 12 (4): 490-498.
76. SAUNT, J. 2000. *Citrus varieties of the world, an illustrated guide*. 2nd. ed. Norwich, England, Sinclair. 156 p.
77. SCHNEIDER, H. 1968. The anatomy of citrus. In: Reuther, W.; Batchelor, L.; Webber, H. eds. *The citrus industry*. Berkeley, University of California. v. 2, cap. 1, pp. 1-85.
78. SPIEGEL-ROY, P.; GOLDSCHMIDT, E.E. 1996. *Biology of citrus*. Cambridge, Cambridge University. 230 p.
79. TALON, M.; TADEO, F.R.; BEN-CHEIKH, W.; GOMEZ-CADENAS, A.; MEHOUACHI, J.; PÉREZ-BOTELLA, J.; PRIMO-MILLO, E. 1998. Hormonal regulation of fruit set and abscission in citrus: classical concepts and new evidence. *Acta Horticulturae*. no. 463: 209-218.
80. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES ESTADÍSTICAS AGROPECUARIAS. 2007. Encuesta citrícola primavera 2006. Montevideo. 31 p. (Serie Encuestas no. 246).
81. _____. _____. _____. 2008. Encuesta citrícola primavera 2007. Montevideo. 31 p. (Serie Encuestas no. 259).

82. _____. _____. _____. 2009. Encuesta citrícola primavera 2008. Montevideo. 26 p. (Serie Encuestas no. 271).
83. _____. _____. _____. 2010. Encuesta citrícola primavera 2009. Montevideo. 30 p. (Serie Encuestas no. 287).
84. _____. _____. _____. 2011. Encuesta citrícola primavera 2010. Montevideo. 28 p. (Serie Encuestas no. 299).
85. _____. _____. _____. 2013. Encuesta citrícola primavera 2012. Montevideo. 28 p. (Serie Encuestas no. 311).

9. ANEXOS

Cuadro I. Superficie total, en producción y regada de mandarina 'Montenegrina' en Uruguay.

Zafra	Superficie efectiva Total (ha)	Superficie efectiva en producción (ha)	Superficie efectiva regada (Ha)	Porcentaje regada *
2012	324	293	214	66
2010	355	257	240	67
2009	308	218	188	61
2008	314	s/d	166	52
2007	271	216	126	47
2006	244	217	72	29

* Porcentaje de superficie efectiva regada en función a la superficie efectiva total.

Fuente: URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN DE ESTADÍSTICAS AGROPECUARIAS (2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2013).

Cuadro II. Productividad, plantas totales y en producción de mandarina 'Montenegrina' según zafra; Uruguay.

Zafra	Productividad t ha⁻¹ en producción	Plantas totales	Plantas en producción
2012	12	169.000	153.000
2011	s/d	s/d	s/d
2010	17	191.000	136.000
2009	11	168.000	117.000
2008	7	167.000	129.000
2007	10	143.000	113.000
2006	9,2	126.000	112.000

Fuente: URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN DE ESTADÍSTICAS AGROPECUARIAS (2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2013).

Cuadro III. Número de horas de temperaturas acumuladas, recabadas en el cuadro a través de sensores térmicos, según período analizado.

Período analizado	T °C ≥ 30	T °C ≥ 32	T °C ≥ 34	T °C ≥ 36	T °C ≥ 38
29/12/11 - 03/01/12	24	12	0	0	0
04/01/12 - 10/01/12	61	43	24	15	9
11/01/12 - 17/01/12	28	16	3	0	0
18/01/12 - 24/01/12	44	31	25	13	2
25/01/12 - 01/02/12	38	22	12	3	0

Cuadro IV. Niveles foliares estándar (% peso seco) de Nitrogeno, Fosforo y Potasio en 'Clementino'. Hojas de brotes no fructíferos de primavera de 7 a 9 meses de edad.

Nutriente	Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto
N	<2,20	2,20 - 2,40	2,41 - 2,70	2,71 - 2,90	>2,90
P	<0,09	0,09 - 0,11	0,12 - 0,15	0,16 - 0,19	>0,19
K	<0,50	0,50 - 0,70	0,71 - 1,00	1,01 - 1,30	>1,30

Fuente: adaptado de Legaz y Primo-Millo (1988), Legaz et al. (1995).

Cuadro V. Niveles foliares estándar (% peso seco) de Calcio y Magnesio en cítricos. Hojas de 7 a 9 meses de edad de brotes no fructíferos de primavera.

Nutriente	Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto
Ca	<1,6	1,6 - 2,9	3,0 - 5,0	5,1 - 6,5	>6,5
Mg	<0,15	0,15 - 0,24	0,25 - 0,45	0,46 - 0,90	>0,90

Fuente: adaptado de Legaz et al. (1995).

Cuadro VI. Niveles foliares estándar (ppm) de micronutrientes en cítricos. Hojas de primavera de brotes no fructíferos de 7 a 9 meses de edad.

Nutriente	Muy bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto
Fe	<35	35 – 60	61 - 100	101 - 200	>200
Mn	<12	12 – 25	26 - 60	61 - 250	>250
Zn	<14	14 – 25	26 - 70	71 - 300	>300

Fuente: adaptado de Legaz et al. (1995).

Cuadro VII. Niveles foliares estándar de nutrientes para naranjos 'Navel' y 'Valencia'. Hojas de primavera de brotes no fructíferos de 5 a 7 meses de edad.

Nutriente	Deficiente	Bajo	Óptimo	Alto	Exceso
Ca ^{*1}	<1,6	1,6-2,9	3,0-5,5	5,6-6,9	>7
Mg ^{*1}	<0,16	0,16-0,25	0,26-0,6	0,7-1,1	>1,2
Fe ^{*2}	<36	36-59	60-120	130-200	>250
Mn ^{*2}	<16	16-24	25-100	110-200	>300
Zn ^{*2}	<14	14-25	26-70	71-300	>300

^{*1} expresados en %ps; ^{*2} expresados en ppm.

Fuente: adaptado de Embleton et al. (1973b).

Cuadro VIII. Niveles foliares estándar de nutrientes en cítricos. Hojas de primavera de brotes fructíferos de 4 a 10 meses de edad.

Nutriente	Deficiente	Bajo	Óptimo	Alto	Exceso
N ^{*1}	0,60 – 1,90	1,90 – 2,10	2,20 – 2,70	2,80 – 3,50	>3,60
P ^{*1}	< 0,07	0,07 – 0,11	0,12 – 0,18	0,19 – 0,29	>0,30
K ^{*1}	0,15 – 0,30	0,40 – 0,90	1,00 – 1,70	1,80 – 1,90	>2,0
Ca ^{*1}	< 2	2,0 - 2,9	3,0 - 6,0	6,1 - 6,9	>7
Mg ^{*1}	0,05 - 0,15	0,16 - 0,20	0,30 - 0,60	0,70 - 1,0	>1,0
Fe ^{*2}	< 40	40-60	60-150	>150	-
Mn ^{*2}	5,0 – 20,0	21-24	25-100	100-200	>300

^{*1} expresados en %ps; ^{*2} expresados en ppm.

Fuente: adaptado de Chapman (1960).