

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**RESPUESTA FISIOLÓGICA DEL MANDARINO AFOURER A DISTINTOS
TIPOS DE PODA**

por

Matías SOSA PERILLE

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2021**

Tesis aprobada por:

Director:
Ing. Agr. MSc. Alfredo Gravina

.....
Ing. Agr. Dra. Giuliana Gambetta

.....
Ing. Agr. Mag Natalia Guimaraes

Fecha: 08 de diciembre de 2021

Autor:
Matías Sebastián Sosa Perille

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mi familia: mis padres Gabriel e Inés y a mi hermana Lucía por apoyarme y darme la oportunidad de continuar con mis estudios durante estos años.

A Fernanda por el apoyo y los ánimos dados durante estos años.

A mi tutor, Alfredo, por su enorme paciencia, disponibilidad y dedicación por enseñarme y ayudarme a completar esta tarea.

A mi segunda tutora Giuliana, por la paciencia, disponibilidad y ayuda durante todo el trabajo y estos últimos años.

Al grupo de Ecofisiología de citrus, Fabi, Nati, Mari, Cele y Sofí, por sus enseñanzas y colaboración que fueron fundamentales para hacer posible este trabajo.

A los funcionarios de facultad, especialmente al equipo de biblioteca y a Sully por su paciencia y dedicación en sus correcciones.

A mis amigos y segunda familia por el ánimo, Gui, Juampi, Adriana, Carlitos y Noe por su apoyo y aporte de diversas maneras.

TABLA DE CONTENIDO

Página

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS DE ILUSTRACIONES.....	VI
 I. <u>INTRODUCCIÓN</u>	 1
II. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
A. TIPOS DE PODA	3
1. <u>Poda en árboles jóvenes o en formación</u>	4
2. <u>Poda en árboles adultos</u>	5
a. Producción	5
b. Rejuvenecimiento	6
B. ÉPOCA Y FRECUENCIA DE PODA	7
C. INTENSIDAD DE PODA	9
D. MICROCLIMA DE LA COPA	10
E. EFECTOS DE LA PODA	11
1. <u>Estructurales</u>	11
2. <u>Brotación y floración</u>	13
a. Respuesta vegetativa	13
b. Respuesta reproductiva	15
3. <u>Captación de luz</u>	16
a. Fotoinhibición por temperatura	19
4. <u>Alternancia productiva</u>	19
5. <u>Efecto de poda en el rendimiento</u>	20
6. <u>Calidad de la fruta</u>	21
a. Calidad externa	21
b. Calidad interna	23
7. <u>Aspectos sanitarios</u>	24
a. Factores bióticos	24
b. Factores abióticos	25
F. MANDARINA AFOURER	25
 III. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	 28
A. DISEÑO EXPERIMENTAL Y MÉTODO ESTADÍSTICO	28
B. TRATAMIENTOS DE PODA	29
C. MEDICIÓN DE LUZ	33
D. BROTAÇÃO, FLORACIÓN Y CUAJADO	33
E. BROTAÇÃO INTERNA	34
F. CRECIMIENTO DE LOS FRUTOS	35
G. EVOLUCIÓN DEL COLOR DE CÁSCARA	35
H. VOLUMEN DE COPA	35
I. COSECHA	36

J. CALIDAD EXTERNA E INTERNA	36
IV. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	37
A. EFECTOS DEL TIPO DE PODA EN EL PESO DE RAMAS Y HOJAS EXTRAÍDAS.....	37
B. LUZ PAR INCIDENTE	37
C. BROTACIÓN	40
D. EFECTO DE LA PODA EN LA FLORACIÓN	43
E. CUAJADO	44
F. COMPONENTES DEL RENDIMIENTO	45
G. CALIDAD DEL FRUTO	49
1. <u>Color</u>	49
2. <u>Calidad interna</u>	51
H. VOLUMEN DE COPA	51
V. <u>CONCLUSIONES</u>	52
VI. <u>RESUMEN</u>	53
VII. <u>SUMMARY</u>	54
VIII. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	55
IX. <u>ANEXOS</u>	67

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Tratamientos de poda aplicados en mandarina Afourer, predio El Espinillo, departamento de Montevideo.....	29
2. Peso de ramas y hojas, en cada tratamiento de poda	32
3. Número de brotes interiores generados en respuesta a los diferentes tipos de poda evaluados en tres fechas	41
4. Intensidad de floración promedio medida en 4 ramas representativas por árbol y tratamiento analizado, considerando floración y cosecha previa.....	43
5. Porcentaje de cuajado final en base al número inicial de flores cada 100 nudos	44
6. Rendimiento de frutos promedio por árbol, número de frutos por árbol, peso promedio del fruto y número de frutos por m ³ por el volumen calculado en base a la formula del volumen de media esfera	46
7. Distribución porcentual de los frutos menores y mayores a 50mm por tratamiento	47
8. Índice de color promedio por tratamiento en los frutos cosechados de acuerdo al índice de color	50
9. Calidad interna del fruto según tratamientos, expresado en sólidos solubles totales, porcentaje de acidez, relación SST; acidez y porcentaje de jugo.....	51
10. Volumen de copa promedio expresada en m ³ por tratamiento en dos momentos distintos y la diferencia entre el volumen final e inicial...	51
Figura No.	
1. Foto de la copa de un árbol posterior al tratamiento de poda tradicional.....	30

2. Foto de la copa de un árbol posterior al tratamiento de poda ventana, al cual se le removió material vegetal de copa que se orientaba al SE.....	31
3. Foto de un árbol posterior al tratamiento de poda ventana doble, al cual se le removió material vegetal de la copa orientado al SE, repitiendo el procedimiento en igual proporción hacia el NO	32
4. Boceto indicativo de los puntos B a una altura aproximada de 150 cm y A de 180 cm, donde se midió la luz incidente en el interior de la copa, donde x es la distancia entre los dos puntos.....	33
5. Rama de mandarina Afourer, donde se observan los frutitos en desarrollo	34
6. Respuesta vegetativa desarrollada en el interior de la copa, próxima a un punto de corte efectuado el 10 de septiembre	35
7. Categoría de frutos de mandarina Afourer, clasificados según tamaño en frutos grandes y chicos.....	36
8. Radiación PAR incidente total entre el 1/9/2017 y el 9/4/2018	38
9. Radiación PAR incidente promedio entre el 1/9/2017 y el 9/4/2018	38
10. Evolución porcentual de la radiación PAR incidente en el interior de la copa, en el periodo comprendido entre 1/9/2017 y 9/4/2018, por tratamiento	39
11. Brotes desarrollados en la cara NO al cual se le aplicó un tratamiento poda ventana doble	40
12. Evolución del cuajado de frutos según tratamiento	44
13. Evolución del diámetro ecuatorial de los frutos según tratamiento.....	45
14. Árbol previo a la cosecha, donde se observa el número de frutos presentes en la copa	46

15. Frecuencia del calibre de los frutos en el control	48
16. Frecuencia del calibre de los frutos en la poda tradicional	48
17. Frecuencia del calibre de los frutos en la poda ventana.....	49
18. Frecuencia del calibre de los frutos en la poda ventana doble	49

I. INTRODUCCIÓN

En Uruguay la citricultura es uno de los rubros frutícolas de mayor importancia, ocupa 14.774 ha, con 7.2 millones de plantas de las cuales 82% se encuentran en producción, con una densidad promedio de plantación de 492 plantas por ha, la cual varía por especie siendo menor en naranjas y mayor en mandarinas. Los principales cultivos son naranjas, mandarinas y limones, con un rendimiento de 33, 32 y 57 kg/planta en el 2020 (MGAP. DIEA, 2020).

En la zafra 2020, se produjeron 217.493 toneladas, 88.537 de naranjas, 77.800 de mandarinas, y 50.528 de limones (MGAP. DIEA, 2020). Los principales lugares de destino son la Unión Europea, Estados Unidos, Brasil, Arabia Saudita, Canadá y Rusia. En el 2017 el 55% de las naranjas producidas tuvieron como destino la Unión Europea y el 56% de mandarinas Estados Unidos (Uruguay XXI, 2017).

En su comienzo y hasta los años 70, la citricultura en el país era un rubro dedicado al abastecimiento del mercado interno, para posteriormente transformarse en un modelo exportador. En la actualidad la cadena citrícola en Uruguay se encuentra expuesta a una fuerte competencia con el mercado internacional, basando su competitividad en la época de ingreso al mercado y la calidad (sanitaria y organoléptica) de los frutos.

Los cambios en los objetivos productivos, la competencia y la exigencia del mercado exterior han forzado a que la tecnificación agrícola del sector evolucionara en conjunto con la demanda y oferta internacional, permitiendo mantener la calidad y la rentabilidad. De esta manera se han integrado un conjunto de tecnologías disponibles para el productor, como la fertilización, el riego, la poda y la selección varietal.

En la fruticultura, la poda es una herramienta ampliamente utilizada en distintos sistemas productivos, ajustándose su práctica y ejecución a las necesidades particulares de cada sistema. Dentro de la citricultura alguno de los puntos donde la poda cobrar interés, es al trabajar con montes con una elevada densidad de plantación y/o plantas que tienden a la alternancia, buscándose en el primer caso mermar o eliminar los efectos del seto vegetal generados por el desarrollo de la copa y en el segundo caso detener la condición alternante de las plantas.

Las prácticas culturales en el correr de la historia y a medida que el conocimiento se ha intensificado, han podido perfeccionarse con bases en el conocimiento científico y tomando relevancia en la agricultura moderna. La poda puede incluirse dentro de estas prácticas culturales, la cual actualmente

se pueden dividir en base a funciones más específicas: poda de mantenimiento, poda de limpieza, poda de producción, entre otras. Si bien es realizada en gran medida a nivel nacional, la información científica existente de su efecto en las condiciones del país es escasa. Fucik (1978) indica que los cítricos se desarrollan en condiciones muy variables y que las condiciones locales del lugar donde se desarrollan los cultivos, modifican sus resultados.

En este trabajo se plantea evaluar distintos tipos de poda y sus respuestas fisiológicas para las condiciones del país.

En este contexto, se plantea como objetivo general

- Estudiar la respuesta vegetativa y productiva de la mandarina “Afourer” [*Citrus reticulata* Blanco] a distintos tipos de poda pre-brotación.

Como objetivos específicos:

- Evaluar el efecto de la poda en la captación de luz en el interior de la copa.
- Cuantificar el efecto del tipo de poda en la intensidad de floración y la brotación interior.
- Evaluar el efecto de diferentes tipos de poda en los componentes del rendimiento y calidad de la fruta.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

A. TIPOS DE PODA

Aunque los efectos de la poda varían entre autores, existen distintos puntos de coincidencia en sus objetivos. En una etapa temprana del cultivo, favorece su adaptación al campo, equilibrando la parte aérea y radicular al momento de su plantación (Argyle, 1963) y la formación de la estructura del árbol (Argyle 1963, Vilches y Pérez, 1998). En árboles ya desarrollados, su objetivo es mantener un equilibrio entre la vegetación y la fructificación, que permita mantener la rentabilidad (Fucik 1978, Vilches y Pérez 1998, Ahmad et al. 2006, Casierra-Posada y Fischer 2012). Finalmente, en el envejecimiento, provocar su rejuvenecimiento mediante la emisión de brotaciones vigorosas que sustituyan paulatinamente las ramas envejecidas y agotadas (Vilches y Pérez, 1998).

Otros aspectos importantes de la poda es que favorece una mayor entrada de luz, aireación en el interior del dosel (Mika 1986, Vilches y Pérez 1998, Ahmad et al. 2006, Azevedo et al. 2013), permite mantener la productividad a lo largo del tiempo y facilita la cosecha (Ahmad et al. 2006, Casierra-Posada y Fischer 2012, Azevedo et al. 2013).

Además, ayuda al control de plagas y enfermedades mejorando la eficiencia de los agroquímicos y en el control de la alternancia de producción en algunas variedades (Bacon y Bevington 1981, Vilches y Pérez 1998, Azevedo et al. 2013).

Si bien existen estos beneficios, Azevedo et al. (2013) cuestionan e indican que su uso puede reducir por un determinado lapso de tiempo la productividad, retardar el crecimiento de la planta, disminuir la relación carbono/nitrógeno y propagar enfermedades mediante la mala higienización de las herramientas de poda.

Argyle (1963) comenta que, sin factores extremos del clima, enfermedades u otras condiciones desfavorables, los cítricos pueden madurar y cumplir sus ciclos sin la necesidad de ser podados, indicando que la poda es una medida de control y no un estimulante del crecimiento. Para Azevedo et al. (2013) la poda comienza a cobrar importancia debido a los cambios necesarios en los manejos culturales debido a la tendencia de plantaciones a mayor densidad.

1. Poda en árboles jóvenes o en formación

La poda en árboles jóvenes, también denominada poda de formación, tiene como función la preparación de la estructura del árbol para una futura producción (Intrigliolo y Roccuzzo, 2011), estableciendo la altura del tronco en la cual se desarrollarán las ramas principales (Argyle 1963, Rodríguez y Villalba 1998). En esta primera etapa, es esencial obtener un árbol con 3 a 4 ramas principales, separadas unos 30 a 40 cm del lugar de unión del injerto (Intrigliolo y Roccuzzo, 2011). Estas ramas deben estar bien emparejadas y uniformemente espaciadas alrededor del tronco y deben ser maduras o lo suficientemente largas para albergar las estructuras que se desarrollarán en ellas; toda estructura que no acompañe el marco de formación del árbol puede ser removida (Argyle, 1963). Con un buen manejo de vivero, sólo es necesaria una poda leve una vez que las plantas estén en el campo (Intrigliolo y Roccuzzo, 2011).

En los árboles jóvenes, los brotes normalmente son vegetativos (Intrigliolo y Roccuzzo, 2011); debido a la tendencia a la verticalidad de algunos de estos nuevos brotes, se los debe eliminar, favoreciendo el desarrollo de los laterales ya que existe una dominancia apical que impide su desarrollo (Agustí et al., 2005). El quiebre de la dominancia apical se puede realizar mediante el direccionamiento forzado de las ramas como es el atado (Argyle 1963, Agustí et al. 2005). Si se busca una solución mediante la poda, el procedimiento habitual es eliminar una porción de las yemas superiores, denominado despunte, la remoción de la yema apical produce un cambio hormonal promotor del crecimiento de las yemas laterales (Mika, 1986). Intrigliolo y Roccuzzo (2011) hacen referencia a la importancia del desarrollo de las yemas laterales dado que las primeras floraciones en árboles jóvenes ocurren en las ramas laterales; el resultado de esta acción realizada en chupones no siempre es satisfactorio y el nuevo brote apical puede repetir el patrón de crecimiento.

La poda drástica o severa en árboles jóvenes de cítricos con un hábito vegetativo vigoroso, provoca un exceso de crecimiento de los brotes, eliminación de fuentes y reservas, extendiendo así la etapa juvenil y retrasando la fructificación (Intrigliolo y Roccuzzo, 2011).

La poda es recomendada cuando los árboles son trasplantados del vivero al campo, ya que cuando se realiza el trasplante, parte del sistema radicular sufre daños los cuales pueden tardar semanas en recuperarse y por ende no estar aptas para sostener el árbol. La poda permite restablecer el

balance entre la copa y la raíz; si esta práctica no es realizada adecuadamente puede provocar el colapso del árbol (Argyle, 1963).

2. Poda en árboles adultos

a. Producción

La poda permite modificar el desarrollo del árbol, teniendo impacto tanto a mediano como a largo plazo. Es una práctica íntimamente relacionada con los procesos de alimentación del árbol; a una mayor disponibilidad de nutrientes, mayor vegetación podrá soportar el árbol sin significar una pérdida en el rendimiento (Rodríguez y Villalba, 1998).

En árboles adultos, la poda pesada de ramas, ramitas y hojas significa la eliminación de sustancias de reserva (Intrigliolo y Roccuzzo 2011, Azevedo et al. 2013) promoviéndose la producción y el excesivo crecimiento de chupones, especialmente en especies de crecimiento vertical o vigorosas (Intrigliolo y Roccuzzo, 2011).

Rodríguez y Villalba (1998) proponen distintos objetivos de la poda: control del desarrollo del árbol, aumento de la calidad del fruto, control de la vecería o alternancia y disminución de los gastos del cultivo. En el último punto se hace referencia al gasto en recursos para estructuras improductivas o ineficientes.

Casierra-Posada y Fischer (2012), añaden objetivos como: a) lograr distribuir los frutos en toda la copa del árbol, b) evitar la rotura de ramas por el peso excesivo de la cosecha y c) mantener una formación regular con suficientes ramas de reemplazo.

La poda de fructificación en la citricultura puede ser usada para controlar el crecimiento vegetativo y estimular el desarrollo de nuevas estructuras productivas, aumentar la incidencia de luz y la ventilación en el interior de la copa (Sartori et al., 2007).

Tubbs, citado por Mika (1986), señala que la respuesta a la poda en árboles maduros está relacionada con el vigor del árbol y la relación entre el balance vegetativo y reproductivo. La respuesta a la poda estaría condicionada a las reservas disponibles para la regeneración del área foliar, señalando que la mayor parte de las reservas del árbol se encuentran en el tronco y raíces, y menor proporción en ramas y ramitas en el caso de los árboles de manzano

(*Malus domestica*). Sin embargo, Azevedo et al. (2013) indican que en los cítricos las hojas son una importante fuente de reservas.

Intrigliolo y Roccuzzo (2011) coinciden en que existen diferencias en la respuesta de la poda en base al vigor, indicando que en árboles poco vigorosos o que requieren de una poda de rejuvenecimiento, no se da una brotación vegetativa tan intensa que requiera de una práctica posterior de deschuponado. Por el contrario, en árboles vigorosos el crecimiento vegetativo será de tal magnitud que promoverá una merma en el desarrollo reproductivo, teniendo impactos positivos en el tamaño de fruta por una relación fuente-fosa favorable.

En árboles vigorosos con el uso de fertilizantes y riego, los beneficios de la poda se ven enmascarados o reducidos, condiciones comunes en muchos de los sistemas productivos. El excesivo crecimiento vegetativo provoca sombreado que disminuye el rendimiento y la calidad de la fruta, además de afectar el acceso a los árboles. En sistemas modernos de producción de cítricos con alta densidad de plantación se termina formando un muro frutal que afecta las medidas de manejo y las prácticas de cosecha (Krajewski, 2011).

Los efectos de la poda son distintos entre años debido a las múltiples variables que los condicionan, pero siempre se cumple que una poda más severa induce al desarrollo de brotes más largos y a menudo más numerosos, siendo este además su crecimiento más rápido y duradero durante el periodo de crecimiento (Mika, 1986).

Durante la vida productiva de los montes cítricos, se aplican podas de limpieza o saneamiento que consiste en la eliminación de ramas secas y material dañado que repercute en la disminución de enfermedades postcosecha y de insectos plagas (Herrera et al., 1993). Algunos autores ven los efectos de la poda como beneficiosos al momento de reducir o mitigar los efectos de ciertas enfermedades, siendo éstas tanto bióticas como abióticas (Kretchman y Jutras 1963, Rouse 2013).

b. Rejuvenecimiento

Esta poda consiste en la recuperación de árboles con ramas sanas pero que se encuentran agotados (Rodríguez y Villalba, 1998), lo que eventualmente ocurre a medida que los árboles envejecen o sufren enfermedades; el vigor y el número de rebrotes va disminuyendo gradualmente hasta que se detiene por completo, exceptuando el que ocurre por el reemplazo periódico de ramitas y hojas menores (Argyles, 1963). Llegado este punto, la poda puede ser una herramienta eficiente para tratar el problema, siendo la intensidad de ésta

proporcional al grado de agotamiento del árbol (Argyles 1963, Rodríguez y Villalba 1998).

En árboles senescentes o que han disminuido su producción, la luz que ingresa por la poda puede ser útil para promover el crecimiento y la fructificación saludable (Intrigliolo y Roccuzzo, 2011). En conjunto con la fertilización, surge también como medida para la recuperación de la copa de los árboles cuando estos han sufrido defoliación o daños por heladas (Kretchman y Jutras 1963, Gravina et al. 2014b, Otero y Goñi 2015).

Existen casos en los que se adquieren montes abandonados en los cuales se quiere retomar la producción; si los árboles fueron abandonados a una edad temprana es recomendable replantar el cultivo. En el caso que los árboles tengan un buen tamaño, estructuras ya formadas y ramas sanas, se podrá recurrir a la poda para la recuperación del monte; la severidad de esta dependerá del estado de los árboles (Bailey, 1926).

B. ÉPOCA Y FRECUENCIA DE PODA

La época de poda es variable, dependiendo de la especie, la variedad, las condiciones climáticas y la severidad de la poda (Intrigliolo y Roccuzzo, 2011). En el caso de árboles jóvenes, las intervenciones de formación pueden ser realizadas en cualquier época del año, teniendo en cuenta los riesgos de heladas y el crecimiento vegetativo si se remueven ramas gruesas (Rodríguez y Villalba, 1998).

En algunos casos es necesario realizar dos podas, siendo la segunda una práctica de deschuponado. Las variedades de cosecha tempranas se suelen podar más temprano y las de ciclo largo más tarde, principalmente por el riesgo de helada, siendo esta la principal limitante en el caso de podas tempranas (Intrigliolo y Roccuzzo, 2011). Krajewski y Pittaway (2000), Azevedo et al. (2013), indican que el mejor momento para realizar una práctica de poda es postcosecha y cuando esta es realizada de manera periódica, las plantas pueden mantenerse productivas gracias a la disminución de la competencia entre copas.

Bacon y Bevington (1978) indican que podar en verano-otoño genera únicamente brotes vegetativos provocando disminución en la cosecha en el primer año de poda produciéndose brotes reproductivos en la segunda temporada después de la poda.

La poda pre-brotación incrementa la brotación, disminuyendo el número de flores y aumentando notablemente la proporción de inflorescencias mixtas; cuanto antes es realizada, mayores serán sus efectos (Krajewski y Rabe, 1995b). Resultados similares en el país han sido reportados por Borges et al. (2005) en mandarina Nova.

La aplicación frecuente de esta medida de manejo optimiza su eficiencia, ya que los radios de las ramas generalmente son más pequeños que los removidos al realizarse cada 2 o 3 años, dejando además una herida de menor tamaño para el ingreso de los fitopatógenos y una disminución en la pérdida de recursos (Rodríguez y Villalba, 1998).

Para distintas intensidades de poda se debe tener en cuenta distintas frecuencias de poda. Las podas severas es recomendable realizarlas en lapsos de 3 a 4 años, mientras que las podas de producción pueden ser realizadas todos los años. Si se maneja un sistema de poda anual es importante no repetir las zonas de corte, permitiendo el desarrollo de los brotes promovidos en las intervenciones anteriores (Sansavini, 1978).

Árboles cítricos podados en primavera desarrollaron crecimientos vegetativos vigorosos, los cuales se vieron restringidos cuando la poda fue realizada en otoño; en ninguno de los casos se produjo frutos en la siguiente temporada. Sin embargo, los brotes originados de una poda de principios de verano, no desarrollan un crecimiento excesivamente vigoroso y producen frutos en la siguiente temporada, pudiéndose deber a un ciclo de crecimiento más largo que los anteriores (Moss, 1972).

Bacon y Bevington (1978) también reportan variaciones en la respuesta vegetativa y la ocurrencia e intensidad de floración en función del momento de poda. La época es importante para entender la respuesta del árbol; si el objetivo es programar una poda de rejuvenecimiento se recomienda que la poda se realice lo antes posible, aumentando el tiempo para que la copa logre recuperarse; si lo que se desea es controlar el volumen de la copa, es importante retrasar la poda con el fin de reducir la cantidad de brotes y la longitud de los mismos.

La poda de árboles vigorosos en montes de baja densidad de plantación se puede llevar a un problema perpetuo de crecimiento excesivo a expensas de la producción de fruta. Cuanto más vigorosos sean los árboles y cuanto menor el espaciamiento, más pronto se iniciará la poda y con más frecuencia se realizará, para que los cortes sean ligeros y se reduzca la pérdida de producción (Philips, 1978).

C. INTENSIDAD DE PODA

En la planificación del régimen de podas se debe tener en cuenta diversos factores como: la combinación del portainjerto y la variedad de la copa, el vigor vegetativo, el espaciamiento de las plantas, el manejo de la quinta, la fertilización, la irrigación y el manejo del suelo (Santarosa et al., 2013).

La intensidad de la poda dependerá de los objetivos que se quieran cumplir, en los cuales se puede tener una poda muy fuerte para renovar la copa, hasta una poda muy liviana en árboles vigorosos con el fin de realizar una limpieza (Rodríguez y Villalba, 1998).

El volumen de copa removido entre las distintas intensidades de poda liviana, media y severa varía entre autores, entre 10% a 20% de la copa es una poda liviana (Rodríguez y Villalba 1998, Mendonça et al. 2006) y de 50% a 60% una poda severa (Mendonça et al. 2006, De Andrade et al. 2013). En otros casos una poda de 20% a 25% se considera normal o media (Rodríguez y Villalba 1998, Hayat et al. 2019), 30% severa y 50% muy severa (Rodríguez y Villalba, 1998). En estudios nacionales Borges et al. (2005), identificaron como poda liviana una remoción de entre 10% a 15% de la superficie foliar y 25% a 30% como una poda severa.

Diferentes variedades requieren un manejo distinto en la intensidad de poda. En la mandarina Kinnow en Pakistán, una poda mediana del 25% realizada con una frecuencia anual, en la cual se eliminó material seco y enfermo, chupones y ramas en buen estado, se alcanzó al tercer año el mejor rendimiento por árbol en términos de número de frutos, peso promedio de fruta y porcentaje de jugo, en comparación con árboles sin podar y podados con distintas intensidades (Hayat et al., 2019).

Castillo (2005) recomienda que, en el caso de limón fino [*Citrus limon*. (L.) Brum. F. cv. fino], la intensidad de la poda se debe ajustar en función al número de frutos presentes en el árbol, siendo a mayor cantidad de frutos menor la intensidad de poda y viceversa; y que una poda excesiva, además de provocar mermas considerables en el rendimiento, puede inducir respuestas fisiológicas indeseadas.

En plantas de mandarina Kinnow en India, distintas intensidades de poda tuvieron una respuesta diferente en el desarrollo de los brotes vegetativos; el crecimiento fue maximizado a medida que se incrementó la intensidad de poda, aumentando el largo y ancho de los brotes y el número de yemas y hojas en ellos (Dhaliwal et al., 2013).

Las podas ligeras permiten una menor pérdida de recursos de las plantas, ya que se conserva la mayoría de las reservas de carbohidratos y nitrógeno almacenadas en hojas, ramitas y ramas (Krajewski y Pittaway, 2000). Las podas severas deben planificarse y aplazarse hasta completada la fase juvenil; en las primeras etapas del cultivo una poda leve o moderada permite la remoción de las estructuras muertas y una mejor percepción de la luz en el interior de la copa (Intrigliolo y Roccuzzo, 2011).

D. MICROCLIMA DE LA COPA

Los árboles desarrollan un microclima a la sombra de su copa, pero esta se ve afectada por el viento y el cambio de la posición del sol, que generan constantes variaciones de este microclima durante el día. La densidad del follaje, el ciclo de producción y la pérdida de hojas también contribuye a esta variación principalmente a la cantidad e intensidad de luz. La arquitectura y la posición de cada individuo afecta el microclima y los procesos biológicos en el interior de la población (Heuvel dop et al., 1986).

Si bien el contenido de ácido ascórbico en la fruta depende de la variedad, estudios demuestran que la posición del fruto dentro del árbol y las condiciones en las que se desarrolla dentro de la copa afectan, significativamente en contenido de vitamina C entre frutos de un mismo árbol (Harding y Thomas 1942, Winston 1947). Reitz y Sites (1948), Sites y Reitz (1950), Deidda et al. (1992) han dividido la copa de los cítricos en múltiples segmentos con el fin de graficar su comportamiento. La calidad del fruto varía en distintas zonas de la copa, repitiéndose en distintas variedades de cítricos que los frutos con mayor concentración de sólidos solubles se encuentran en la parte superior de la copa y orientados hacia el Sur u Oeste (hemisferio Norte), mientras que los de menor concentración se encuentran en la base del árbol sobre ramas estructurales. Deidda et al. (1992) agregan que además de la concentración de sólidos solubles totales (SST) de los frutos, el porcentaje de floración y número de frutos repite este comportamiento lo que se explica por la mejor distribución, calidad e intensidad de luz (Reitz y Sites 1948, Sites y Reitz 1950, Deidda et al. 1992). Otros factores de variabilidad son la temperatura y humedad relativa, los cuales tendrán un efecto en las distintas estructuras del árbol (Reitz y Sites 1948, Deidda et al. 1992, Morales y Davies 2000).

Existen referencias de que la poda y la poda de la pollera cambian la humedad relativa dentro de la copa, debido a que se eliminan ramas y hojas que permiten una circulación más eficiente del aire al interior de la copa del árbol. Dado que los cítricos tienen una copa considerablemente densa, para

lograr cambios en la humedad relativa dentro de la copa es necesario recurrir a una poda de copa y pollera severas. Árboles podados en seto o en poda tradicional tienen temperaturas ligeramente superiores a los de los árboles no podados, las cuales se van igualando a medida que se desarrollan los brotes y se restablece la copa (Morales y Davies, 2000).

E. EFECTOS DE LA PODA

1. Estructurales

Los cítricos se desarrollan de manera esferoide a elipsoide, teniéndose variaciones según la especie y variedad (Intrigliolo y Roccuzzo, 2011). Este tipo de forma no es lumínicamente eficiente ya que gran parte de la copa es improductiva y desplaza las zonas productivas hacia el exterior principalmente la parte superior, donde los frutos son de más difícil acceso (Dussi, 2007). Los nuevos crecimientos, tienden a adoptar una posición vertical. Concentrando su crecimiento en el ápice con menor actividad de los brotes laterales. Posteriormente el peso de las hojas y frutos en conjunto con el efecto del sombreado lo obligan a tomar una posición horizontal. Se quiebra la dominancia apical activándose el resto de los brotes de la rama de los cuales surge un nuevo brote dominante, repitiendo el ciclo (Argyle, 1963). En cultivares como la mandarina Afourer que posee debilidad en la madera, este tipo de comportamiento con ramas secundarias muy cargadas de fruta puede ocasionar su quiebre (Agustí et al., 2005).

La mayoría de los frutos cítricos se desarrollan hacia el exterior donde la luz es adecuada para la formación de brotes, mientras que el área interior está ocupada principalmente por la estructura de soporte. En su mayor parte se desperdicia espacio hacia el interior de la copa, por lo que, si se quiere maximizar la producción de frutos por volumen de copa, ésta deberá ser más estrecha (Philips, 1978).

La poda puede realizarse para controlar los factores que son inherentes a la estructura del árbol (volumen y densidad de la copa) y a las funciones de la copa (fisiología, distribución de la luz y la partición de fotoasimilados). Las estructuras y sus funciones se degeneran con la edad y el sombreado de la copa, esto último resultando en una pobre penetración de luz, pérdida de follaje interior y de madera de rejuvenecimiento, reubicación de los frutos en la zona exterior de la copa y reducción del rendimiento por el tamaño del fruto y su calidad externa. Los árboles deben ser podados antes de que esto ocurra (Tuker et al. 1994, Krajewski 1995a).

Los árboles frutales responden a la poda modificando su brotación, tanto a nivel cuantitativo como cualitativo, para restaurar el balance previo, teniéndose en cuenta que el tipo de corte realizado influye en la magnitud y respuesta de la brotación (Gravina, 2014a). Existen distintos tipos de cortes dentro de los que se encuentran el despunte, raleo (aclareo o adelgazamiento) y el rebaje (Krajewski y Pittaway 2000, Arbiza et al. 2003, Gravina 2014a). Los cortes de despunte tienen como fin eliminar la porción terminal de los tallos y ramas específicas, interrumpiendo la dominancia apical y estimulando la brotación lateral (Mika 1986, Krajewski y Pittaway 2000, Gravina 2014a). La respuesta de las yemas que se encuentran por debajo del corte dependerá del número de yemas y el nivel de dominancia apical que ejercían las estructuras removidas (Gravina, 2014a). Los cortes realizados con podadoras mecánicas tanto en la parte superior como laterales de la copa pueden ser considerados como podas de despuntes no selectivos (Sansavini, 1978). El raleo de ramas prácticamente no tiene un efecto en la dominancia apical, como si lo tiene el despunte en aquellas ramas que permanecen en la copa. Por lo que el número de yemas que brota es menor en la poda de raleo que la de despunte (Gravina, 2014a). En la poda mecánica los cortes realizados en la parte superior de la copa y la fila tienen objetivos y respuestas distintas. Los cortes de la zona superior de la copa buscan estimular ligeramente el crecimiento vegetativo y la recepción de luz, mientras que la poda en los lados de la copa busca la renovación de brotes y la fructificación de la madera a lo largo de las ramas laterales del árbol (Sansavini, 1978).

Krajewski y Pittaway (2000) mencionan dos tipos de rebrotes, a los cuales denomina rebrotes localizados y generalizados, los cuales son diferenciados por las condiciones que le dan origen. Los generalizados son los que se dan por condiciones de balances hormonales (dominancia apical) y condiciones de la copa como la intensidad de luz en el lugar de origen del brote. Los brotes localizados son aquellos que se originan en zonas próximas a los lugares de la intervención. Casierras-Posadas (2012) indica que estos brotes se desarrollan al cortar un pedazo de rama y la presión radical impulsa el agua desde las raíces al punto de corte con valores que oscilan entre 0,5 y 0,6 MPa. Cuando el corte es cicatrizado el flujo hacia el exterior se detiene, causando un aumento en la presión, una mayor irrigación hacia los meristemas cercanos al punto de corte y en consecuencia su rápida brotación.

Krajewski y Pittaway (2000) dividen a las ramas que portan brotes, en ramas débiles y ramas fuertes. Los brotes que se originan en el primer tipo de rama producen inflorescencias predominantemente sin hojas, sus frutos son de un menor diámetro y de menor peso seco que los que se desarrollan en el segundo tipo de rama. Los brotes generados en las ramas portadoras fuertes

son más frondosos y sus frutos son un 15% más grandes y un 44% más pesados.

2. Brotación y floración

En climas templados, los cítricos presentan un único flujo de crecimiento reproductivo en primavera, siendo el más importante del ciclo anual; además pueden presentar dos flujos vegetativos en verano y otoño. Los cítricos producen yemas reproductivas exclusivamente en ramas de un año o menos, cobrando importancia la renovación de madera (Gravina, 2014a).

Moss (1972), reporta que luego de la poda durante el primer ciclo de crecimiento, no hubo inducción floral en madera vieja, formándose posteriormente algunas en el segundo ciclo, efecto que se repitió aumentando en los siguientes ciclos. Los árboles jóvenes pueden ser podados en diferentes momentos con el fin de manipular la brotación y en árboles en plena producción, con el fin de generar estructuras que permitan la producción continua (Krajewski, 1995a).

La remoción de ramas viejas e indeseables estimula el desarrollo de nuevos brotes, obteniéndose nueva madera fructífera con repercusión en el rendimiento (Ahamad et al., 2006). Moss (1972), removió el 8% de la cubierta vegetal de la copa (80kg de material vegetal) encontrando una correlación entre el largo del ciclo de crecimiento y el diámetro de las ramas podadas. Un año después de la poda, no aparecieron flores en los rebrotes desarrollados y al año siguiente el 75% de los brotes produjeron flores de los cuales el 50% desarrollaron frutos. Los árboles recuperaron su estado original luego del tercer ciclo de crecimiento.

a. Respuesta vegetativa

La poda estimula nuevos crecimientos, los cuales se relacionan con la cantidad del material removido, dándose el mayor crecimiento donde se realizan los cortes más severos, tendiendo a recuperar su forma natural (Philips 1978, Mika 1986). En los casos en que se quiere aumentar el volumen de la copa, la poda surge como una práctica de interés ya que se ha visto un incremento en la misma, a causa del mayor desarrollo de brotes en árboles podados en comparación con árboles no podados (Dhaliwal et al., 2013).

Además, la poda modifica componentes de la estructura de los nuevos brotes como el diámetro, número de hojas y el contenido de clorofila (Dhaliwal et al., 2013). Borges et al. (2005) obtuvieron variaciones en la distribución del

tipo de brotes con incrementos significativos en brotes vegetativos para los distintos tipos de podas pre-brotación (poda liviana y poda severa), en comparación con los testigos.

Agustí (2012) hace referencia a la importancia de los brotes con hojas ya que se ha demostrado que estas estimulan el desarrollo del fruto, a través de un incremento en la tasa de crecimiento, notándose diferencias desde las primeras fases hasta la cosecha. Cuando los frutos se originan en brotes sin hojas, tienen que recibir los fotoasimilados desde las hojas viejas más próximas, que tienen una menor capacidad fotosintética (Moss, 1972). Da Cunha Barros y Gravina (2006) reportan que los brotes con hojas en Tangor Ortanique en condiciones nacionales, presentan un porcentaje de cuajado significativamente mayor al de los brotes sin hojas; a su vez los brotes que tenían 5 o más hojas, cuajaron más que los de 1 a 4 hojas.

La longitud que alcanzan a desarrollar los nuevos brotes se correlaciona con la edad de los árboles (disminuyendo a medida que estos envejecen) y la intensidad de la poda (Bacon y Bevington, 1981).

Moss (1972) expuso árboles podados a dos temperaturas diurnas y nocturnas distintas, describiendo que los brotes desarrollados en árboles expuestos a menor temperatura inmediatamente después de la poda no se vieron afectados en el número de brotes, pero sí en la duración de su crecimiento y su número de hojas; el efecto fue persistente afectando los futuros flujos de crecimiento. Si las bajas temperaturas se daban una vez terminado el primer flujo de crecimiento, estas afectarían a la siguiente, indicando que el efecto de un periodo de baja temperatura luego de la poda no es reversible, aunque la temperatura vuelva a aumentar.

Los brotes “fuertes”, que generalmente tienen una orientación vertical, surgen en o cerca de las ramas fuertes las cuales son más cortas, más gruesas y comprenden menos de cinco brotes de crecimiento sucesivos; en su mayoría tienen inflorescencias mixtas y producen frutos grandes en la cosecha. Por otra parte, los brotes “débiles” se originan en la parte inferior de las ramas en zonas sombreadas de la copa, alejadas de las extremidades principales (Krajewski y Pittaway, 2000).

Además de la ubicación en la copa, la edad de la rama en donde se originan los brotes laterales también es importante, disminuyendo la proporción de brotes axilares y el número de flores por brote a medida que aumenta la edad de la rama (Philips, 1978). Kretchman y Jutras (1963) observaron en árboles en estado de producción decreciente, que presentaban brotes de crecimiento cortos y hojas generalmente más pequeñas que el promedio. Los

árboles que son ligeramente podados obtuvieron brotes más largos y los intensamente podados de igual vigor obtuvieron un mayor número de hojas (Dhaliwal et al., 2013).

Velázquez et al. (2013) estudiando la producción de biomasa de árboles podados de cítricos, encontraron que existe una gran variación en la respuesta a la poda, debido a que existen muchas condiciones no controladas. La cantidad de biomasa generada aumenta desde que están en formación hasta que alcanzan la plena producción y a medida que la distancia entre árboles es mayor, aunque la biomasa por hectárea es mayor en alta densidad que en baja densidad de plantación.

b. Respuesta reproductiva

La inducción floral en cítricos está regulada: a) por factores exógenos como la temperatura y el estrés hídrico y b) por factores endógenos como la juvenilidad, edad y posición de la yema, regulaciones hormonales y los frutos. En climas templados las bajas temperaturas son el prerequisite para la inducción floral, viéndose afectada la iniciación floral de los nuevos brotes por la temperatura del aire (Gravina, 2014a). Moss (1969), clasifica los brotes reproductivos en mixtos uniflorales, mixtos multiflorales, inflorescencias sin hojas y flores solitarias.

En los cítricos la diferenciación de los órganos florales se produce en las primeras etapas de la hinchazón y la brotación de las yemas. Este fenómeno se puede observar microscópicamente. El tiempo de inicio de la diferenciación varió según el año, y las mandarinas y sus híbridos comenzaron la diferenciación un poco más tarde que los cultivares de naranja (Abbott, 1935).

La poda influye en la floración de manera indirecta al aumentar el número de brotes nuevos y por lo tanto los sitios potenciales a ser inducidos en próximos ciclos (Krajewski y Rabe, 1995b); sin embargo, los primeros brotes en desarrollarse luego de una poda severa generalmente no florecen (Bacon y Bevington, 1978). En plantas vigorosas la poda ligera no logra inhibir la floración posterior (Moss, 1972).

La posición de las estructuras reproductivas en la copa tiene una repercusión en el desarrollo de las mismas; se encontró una disminución significativa de la floración y de cuajado de los frutos desde la zona exterior de la copa hacia la zona interior, relacionándose con la diferente cantidad de

energía radiante disponible. Este efecto es difícil de explicar únicamente por el potencial fotosintético, ya que la respuesta del fitocromo incluye la inducción de yemas florales además de interacciones entre luz-giberelinas y luz-auxinas (Deidda et al., 1992).

La posición de la yema en la rama afecta su inducción; en naranjas dulces de las variedades "Hamlin" y "Valencia", entre 64% a 85% de las flores ocurrieron en las primeras 3 posiciones de yemas, necesitando un mayor nivel de inducción en las yemas basales para su desarrollo (Valiente y Albrigo, 2004).

3. Captación de luz

La luz es uno de los factores que más limita la productividad de los árboles, afectando la brotación y como consecuencia de manera indirecta la floración. La sombra que proyectan los árboles sobre sí mismos y sus vecinos puede reducir la luz solar hasta un 2% del total; la reducción de luz en el interior de la copa impide el desarrollo de nuevos brotes y flores y reduce la capacidad fotosintética de las hojas, por lo que estas terminan senesciendo (Mika, 1986).

Iwagaki, citado por Krajewski y Pittaway (2000) indica que el crecimiento vegetativo y reproductivo en el interior de la copa, se ve limitado cuando la intensidad de luz relativa es inferior al 15%.

La luz puede ser dividida en directa y difusa; esta última cobra importancia ya que existen hojas que pueden depender principalmente de ésta por la ubicación en la copa. La proporción e importancia de la luz incidente directa y la difusa varía en relación con el momento del día y las condiciones del tiempo. En días nublados, el 100% es difusa dispersada por las nubes; en días claros la dispersión de la luz depende de los elementos en suspensión, en estos casos la luz difusa es un 23% del total, pudiendo llegar incluso al 10% o 15%, por lo que en un día nublado la fotosíntesis total del árbol puede ser mayor que la de un día claro (Dussi, 2007). Green y Gerber (1969), demostraron que el porcentaje de la radiación de onda corta absorbida por las distintas capas de la copa variaba entre un día nublado y un día claro. Proponen que el árbol sea capaz de captar en el primer metro de profundidad de la copa entre el 20% y 50% de la radiación difusa de un día nublado y un 90% de la radiación directa de un día claro. La distribución de la radiación neta dentro de la copa puede ajustarse o representarse como una curva suave que va variando su pendiente en base a las dimensiones del árbol y el clima. Dussi (2007) propone que existe una correlación negativa entre el índice de área foliar (IAF) en el exterior de la copa y la luz incidente en el interior de la misma. Deidda et al. (1992) dividieron la copa de un árbol cítrico en 48 sectores y a cada uno le asignó un sensor,

observando que, en condiciones normales, la radiación fotosintéticamente activa (PAR) incidente interceptada por la copa se reduce progresivamente desde la parte superior hacia el inferior y del exterior hacia el interior de la copa. La escasez de energía afecta negativamente procesos fisiológicos como la fotosíntesis y la conductancia estomática.

Las hojas de los cítricos al sol pueden aclimatarse paulatinamente a las condiciones de sombra a medida que se desarrolla su cubierta vegetal; posteriormente las hojas a la sombra pueden adaptarse a entornos de alta radiación solar (Jifon y Syvertsen, 2003). Esta capacidad de readaptación de las hojas a diferentes regímenes lumínicos se logra mediante cambios en las propiedades de las hojas como respuesta al cambio estructural de la copa y sus condiciones (Cohen et al., 2005). Sin embargo, Vega (2011) no encontró diferencias estructurales en las hojas que se desarrollaban en diferentes intensidades lumínicas (sombra o sol), Izumi et al. (1992), en Japón en árboles de mandarina Satsuma, constatan que con una reducción del 95% de la luz incidente, se producen diferencias significativas en el contenido de glucosa y fructosa en hojas. Para la sacarosa, el ácido ascórbico y la clorofila se producen diferencias significativas entre árboles expuestos al 100%, 50%, 20% y 5%; revelando que a medida que la incidencia lumínica es menor, aumenta el contenido de clorofila en la hoja.

Las hojas presentan comportamientos diferentes en función de su ubicación en la copa y de la edad de las mismas; las hojas maduras se comportan como hojas de sombra, siendo menos eficientes para la dispersión de energía como forma de calor, presentan un menor flujo de fotones y menor energía fotosintética a un mismo nivel de intensidad lumínica, lo que las vuelve más propensas a sufrir estrés por exceso lumínico o fotoinhibición que las hojas jóvenes. Estas diferencias se explican por dos posibles razones: a) la capacidad de la especie de cambiar la eficiencia cuántica de las hojas y b) la arquitectura de los árboles compuesta por la forma de la copa, el lugar donde se generan las estructuras y el microclima generado (Vega, 2011). Según Blanke (2000) la fotoinhibición se produce cuando la luz incidente se encuentra por encima del punto de saturación, el cual no está asociado a un umbral de luz específico sino a un aumento repentino varias veces superior (al menos dos veces) de la incidencia.

La poda liviana permite mejorar la luz que penetra al interior de la copa y su distribución (Arbiza et al., 2003). Mediante la poda se modifica directamente el IAF y la densidad del follaje, por lo que aumenta la cantidad de luz incidente en el interior. Un aumento del IAF puede producir una mayor fotosíntesis bruta y a su vez aumentar la respiración. Las hojas tienen una alta tasa de respiración; si el efecto del IAF no contribuye significativamente a la

absorción de luz, el aumento de la tasa respiratoria en las hojas puede decantar en reducción marcada de la fotosíntesis neta (Dussi, 2007).

Las hojas que crecen en el interior de la copa están protegidas de la luz solar; mediante la poda estas hojas son expuestas, su fotoprotección puede agotarse rápidamente y causar daños irreversibles en el PSII. La edad de las hojas afecta al desarrollo de la adaptación de una etapa de menor a una de mayor incidencia lumínica (Blanke, 2000). El exceso de luz puede producir distintos efectos, como una disminución de la concentración de clorofila en las hojas expuestas o un aumento de la demanda nutricional. La fotooxidación produce la destrucción de carotenoides y otros pigmentos protectores de las hojas; cuando el exceso lumínico es excesivo comienza la peroxidación lipídica y degradación de la clorofila (Blanke, 2000). El daño producido por la fotoinhibición es acumulativo durante el día, con una tasa de acumulación mayor en los días de verano, siendo generalmente reversible, recuperándose total o parcialmente en las mañanas del día siguiente al estrés lumínico (Gussakovsky et al., 1993). La fotoinhibición irreversible es insignificante en cítricos con los niveles de luz ambiental (Cohen et al., 2005). La severidad de la fotoinhibición se ve promovida por otros promotores de estrés como las altas temperaturas, déficit hídrico y concentraciones de CO₂ por encima de 700 ppm (Blanke 2000, Barber y Anderson, citados por Medina et al. 2002).

Medina et al. (2002), partieron del supuesto que los cítricos en un vivero podían sufrir inhibición de la fotosíntesis por exceso de luz y temperatura. Al colocar mallas reflejantes en algunas de las plantas, durante el mediodía obtuvieron una fijación de CO₂ de un 20% superior que el de las plantas expuestas, y una mayor conductancia estomática.

La radiación PAR máxima requerida para optimizar la fotosíntesis o el punto de saturación de las hojas de los cítricos propuestos varía entre 400 y 750 $\mu\text{mol de fotones m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Gussakovsky y Shahak 1995, Medina et al. 2002, Iglesias et al. 2003); otros autores proponen que dicho punto de saturación se encuentra por encima de los 900 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, encontrando diferencias entre especies de cítricos (Gou et al., 2006). El punto de saturación puede variar con la edad de las hojas (Iglesias et al., 2003)

Cohen et al. (1997) reportan que el flujo de savia diaria al mediodía, en árboles que se encontraban bajo una malla densa, se redujo entre un 6-7% a 10-11%, mientras que los que se encontraban bajo una red menos densa no presentaron cambios significativos.

En Uruguay, Fasiolo et al. (2010) expusieron plantas de tangor 'Ortanique' a diferentes intensidades de luz PAR mediante la utilización de

mallas. Durante el lapso de cuantificación, la intensidad lumínica siempre fue superior a los $600 \mu \text{mol}$ de fotones por $\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$ para todos los tratamientos. Las diferencias en los porcentajes de cuajado no se asociaron a limitaciones o excesos de luz, sino que fueron relacionados con el periodo de horas con temperaturas superiores a los 30°C .

a. Fotoinhibición por temperatura

El rango óptimo de temperatura para la máxima tasa fotosintética se encuentra entre los 25°C y los 30°C (Machado et al., 2007); sin embargo, para Sun y Ma, citados por Gou et al. (2006), el intervalo inicia a los 22°C .

Un aumento del rango de 28°C a 35°C provoca un aumento en el déficit de presión de vapor, decreciendo la asimilación de CO_2 (Machado et al., 2007). Por otra parte, Gou et al. (2006) encuentran que temperaturas superiores a 38°C en naranja Navel y mandarina Satsuma reducen la fotosíntesis y la concentración de clorofila en las hojas.

Hu et al. (2007), en un estudio analizaron la fotosíntesis neta de hojas expuestas al sol y a la sombra a lo largo del día, observando una depresión en la fotosíntesis neta al mediodía. En ambos casos disminuyó un 74% en las hojas expuestas al sol y un 54% en las sombreadas a medida que aumentaba la temperatura del aire. Durante el mediodía en días claros, la temperatura de las hojas expuestas al sol puede ser de 2°C a 6°C superior a la temperatura del aire, mientras que la de las hojas sombreadas es de un 1°C a 2°C . Estas últimas presentan mayor eficiencia en el uso de agua y menor diferencia en la presión de vapor entre hojas que las expuestas al sol. Las hojas de los cítricos en la periferia de la copa expuestas al sol pueden llegar a presentar una temperatura de 9°C superior a las hojas que se encuentran en el interior de la copa, manteniendo aproximadamente la misma diferencia de grados Celsius con la temperatura del aire durante los periodos de primavera y verano (Jifon y Syvertsen, 2003).

4. Alternancia productiva

La alternancia productiva es conocida con el nombre vecería, ocurre cuando se producen años con alto rendimiento, seguidos por años de bajo rendimiento. Los años más productivos implican una mayor demanda de nutrientes y los de baja producción una menor demanda (Rodríguez y Villalba, 1998), produciendo frutos de pequeño tamaño los años de alta carga floral (Sartori et al., 2007).

La presencia de frutos en el árbol actúa como un inhibidor de la floración. Resultados experimentales demuestran que existe una correlación negativa entre la carga de fruta de un ciclo y la floración en uno nuevo (García-Luis et al. 1986, Muñoz-Fambuena et al. 2011); el periodo de inhibición floral comienza varios meses antes del reposo invernal y continúa hasta el final de la acumulación de carotenoides en la cáscara del fruto (García-Luis et al., 1986). García-Luis et al. (1986) reportan que las giberelinas endógenas producidas por la fruta pueden afectar la floración, en base a la coincidencia de los picos de inhibición floral, fruta y giberelinas, con la desaparición de las giberelinas endógenas de la cáscara del fruto. Koshita et al. (1999) revelan que las GA₁ y GA₃ inhibieron la formación de botones florales y que las ramas sin frutos presentaron significativamente un mayor número de brotes florales que aquellas que no tenían frutos.

La poda puede ser una herramienta para mitigar la alternancia, realizándose una poda ligera los años que se espera baja brotación floral y más intensa los años que se espera alta floración (Rodríguez y Villalba, 1998). En Rio Grande del Sur (Brasil) Sartori et al. (2007) realizaron la poda en plantas en producción con alta floración esperada, con el fin de aumentar la entrada de luz y reducir un 30% a 40% las estructuras reproductivas, logrando reducir la alternancia en mandarina Montenegrina con mejoras en la calidad de los frutos.

5. Efecto de poda en el rendimiento

El potencial productivo se define por el rendimiento por planta y el peso del fruto (Orduz-Rodríguez, 2011) siendo el objetivo lograr el máximo rendimiento sin descuidar la calidad de los frutos, de tal manera que disminuya el porcentaje de descarte. Lo cual se logra mediante un adecuado equilibrio entre fructificación y vegetación (Ahmad et al., 2006).

El número de flores producidas por planta tiene un gran impacto en la determinación del tamaño final del fruto; en el momento de la antesis, los ovarios procedentes de plantas con altos niveles de floración son más pequeños que los procedentes de plantas con bajo nivel de floración, indicando que la determinación del tamaño final del fruto queda establecido en las primeras fases de su desarrollo. Por lo que se puede proponer una reducción en la floración como medida indirecta para aumentar el tamaño del fruto (Agustí, 2012). Guardiola et al. (1984) señalan que cuando el número flores es demasiado grande, hay una reducción tanto en el número inicial de frutos en desarrollo, como en su tasa de crecimiento. La disminución en el número de flores resulta en un aumento en el peso seco del ovario en antesis,

independientemente si son inflorescencias o brotes mixtos siendo mayor en el último. A su vez una reducción en el número de flores por árbol aumenta la tasa de crecimiento de la fruta aumentando su efecto cuando se desarrolla en brotes mixtos. Da Cuhna y Gravina (2006) relevaron que brotes mixtos pueden mantener hasta dos frutos sin percibir disminución en el tamaño final del fruto, independientemente del número de hojas presentes en el brote, disminuyendo en promedio 8 mm el diámetro cuando el número de frutos aumento a 3, sugiriendo en el último caso que la demanda excede la capacidad fuente del brote y que las hojas adyacentes o próximas no pueden compensar el déficit. Los frutos desarrollados en brotes mixtos y terminales logran un calibre mayor que los que se desarrollan sin fuentes próximas.

De Andrade et al. (2013) obtuvieron una correlación negativa entre las distintas intensidades de poda y el rendimiento acumulado en siete zafras consecutivas, siendo menor el rendimiento a medida que era mayor la intensidad de la poda. En Brasil bajo un sistema de manejo convencional, la poda del 15% de la copa no redujo la producción de fruta al año siguiente, mientras que la poda bienal de 15% logró un mayor rendimiento en la segunda zafra (Santarosa, 2009). La poda de fructificación no alteró la producción acumulada de tres cosechas, ni la calidad fisicoquímica de los frutos, en naranja "Valencia" (*Citrus sinensis*) con menos de siete años de edad (Santarosa et al., 2013). La mejora del rendimiento mediante la utilización de la poda mecánica como medida de manejo, ha obtenido resultados inconsistentes; durante el primer año los rendimientos se redujeron luego de la poda, pero estos aumentaron en temporadas posteriores (Morales, 2002).

6. Calidad de la fruta

a. Calidad externa

El tamaño de la fruta generalmente aumenta después de la poda, esto puede deberse a que los árboles podados tienen una mejor estructura y más simplificada, con la maduración de la fruta más cerca de las ramas principales que suministran agua y nutrientes. En este tipo de rebrotes, se han observado generalmente frutos más grandes. La fruta que se encuentra en copas podadas presenta un desarrollo de color más temprano, una cosecha más prematura, menor número de unidades descartadas, una disminución en las pérdidas por granulación y productos más atractivos en general (Krajewski y Pittaway, 2000).

En la industria cítrica, el adelanto o retraso de la maduración de la fruta o el uso de cultivares tardíos es de interés económico para los productores,

siendo difícil lograr un adelanto en la maduración de la fruta (Gambetta et al., 2014a). El inicio del cambio de color en la cáscara de los frutos cítricos se asocia al descenso de la temperatura en el aire y en el suelo; al utilizar portainjertos caducifolios son necesarias temperaturas por debajo de los 18°C para lograr el adelanto en el cambio de color. La baja temperatura se relaciona a la inhibición de la síntesis y la translocación de giberelinas y nitrógeno desde la raíz a la copa, así como la disponibilidad de carbohidratos solubles (Gambetta et al., 2014b). A nivel nutricional y hormonal, el cambio de color está relacionado positivamente con el etileno, el ácido abscísico (ABA) y los carbohidratos, y de manera negativa, con las giberelinas y nitrógeno (Gambetta et al., 2014a).

Frutos cosechados en Japón de árboles maduros de Satsuma, con una reducción del 80% de la luz incidente, fueron significativamente inferiores en tamaño y coloración que los frutos no sombreados, diferencia que fue aumentando a medida que más se sombrearon los árboles (Izumi et al., 1992). Frutas desarrolladas bajo intensidad lumínica alta tienen niveles altos de sólidos solubles totales. La mejora de la calidad de la fruta está asociada a una mejor redistribución de los recursos, una mayor intensidad lumínica y la disminución de ramas portadoras débiles (Krajewski y Pittaway, 2000).

Mendonça et al. (2006) obtuvieron frutos con pesos superiores después del tercer año, en los árboles sometidos a podas más severas, recuperando la calidad del fruto. Por otro lado, Ahmad et al. (2006) en árboles de mandarina Kinnow en India, registraron tendencias en el aumento en longitud y diámetro de frutos entre los árboles podados en ambos lados de la copa y el testigo, pero no se observaron diferencias significativas entre los demás tratamientos de poda (en una sola cara y parte superior de la copa). Por otra parte, se obtuvo mayor número y rendimiento de frutos por árbol entre los diversos tratamientos de poda, en comparación con el testigo. Estos, además, presentaron un menor peso de cáscara.

Se ha visto a la poda como una herramienta para modificar la estructura de la copa y de esa manera mejorar la coloración de los frutos (Dussi, 2007). Mientras que la temperatura afecta principalmente el desarrollo morfológico-bioquímico del fruto, la pigmentación de los mismos tiene una mejor relación con la radiación solar (Fischer, 2000).

A la luz se le atribuye un efecto en la biosíntesis de antocianinas, existiendo una relación lineal entre la acumulación de estos compuestos y la intensidad lumínica. El tipo y la calidad de la luz pueden tener un efecto promotor o inhibitorio de la síntesis de antocianinas, respuesta que puede variar entre cultivares (Dussi, 2007). Según Fischer (2000) además de la intensidad y

calidad de la luz se debe tener en cuenta su duración, dentro del conjunto de factores climáticos más importantes para la determinación de calidad de los frutos post cosecha. La alta luminosidad favorece la coloración, aumentando la síntesis de pigmentos antociánicos (rojos). Las variaciones de luz PAR en la copa de los cítricos pueden tener un efecto en la condición de la cáscara del fruto, en primera instancia, influyendo en la concentración de clorofila, seguido por la tasa fotosintética y finalmente por la fijación de carbono. Además, si el proceso no funciona correctamente, un deterioro en la condición fisiológica de la cáscara puede resultar en una mayor incidencia en la ruptura de la misma (Cronje y Barry, 2013). Además de tener este efecto, si la fijación de carbono es insuficiente puede repercutir en el tamaño de los frutos (Fischer, 2000).

Los frutos más expuestos a la luz tienen mayor tasa fotosintética y tasa respiratoria, por lo que sintetizan y metabolizan más carbohidratos que los frutos del interior de la copa. La acumulación de azúcares en el flavedo es importante para el cambio de la coloración de verde a naranja. Los frutos que se encuentran poco iluminados tienden a tener un color de cáscara más pobre, menor contenido de clorofila y carotenoides, que decantan en niveles más bajos de carbohidratos (Cronje y Barry, 2013).

b. Calidad interna

Existen diversos parámetros indicativos de la calidad interna del fruto como son el contenido de jugo, su acidez, el contenido de SST y la firmeza de la pulpa. En los cítricos se puede definir el grado de madurez y momento de cosecha mediante la relación entre el contenido de SST con respecto a la acidez titulable (Yfran et al., 2019), lo cual se denomina ratio.

Los SST están compuestos en un 75% por carbohidratos (sacarosa, glucosa y fructosa). Los SST pueden llegar a alcanzar entre el 12% y 15% del peso del fruto, mientras que el jugo entre un 45% y 50%. La acidez es producida en mayor proporción por ácido cítrico, la cual disminuye a media que el fruto madura (Gravina, 2014a).

Un aumento en la radiación incidente y su calidad puede producir una mejora, elevando el contenido de materia seca, de ácido ascórbico (Fischer, 2000) y de los SST del jugo (Deidda et al., 1992). Cohen et al. (2005), sombreando los árboles con malla (30% y 60% de sombreado), reportan que la fruta que se encontraba en el centro de la copa tuvo reducción en la cantidad de azúcar en el jugo, pero sin afectar la relación azúcar/ácido. Izumi et al. (1992) en un trabajo similar (100%, 50%, 20% y 5% de luz solar total) también

obtuvieron reducción en la concentración de la glucosa, fructosa, sacarosa y el ácido ascórbico. No se encontraron diferencias significativas cuando la incidencia de radiación era del 50% y 100% para el ácido ascórbico, glucosa, fructosa y sacarosa, pero sí tendencias al aumento para la glucosa y fructosa y tendencias a decrecimiento en el ácido ascórbico y sacarosa. Para el resto de los tratamientos se encontraron diferencias significativas con decrecimientos en la concentración a medida que disminuye la intensidad de luz. El ácido tartárico también fue evaluado en este experimento presentando diferencias significativas para todos los tratamientos con un aumento en la concentración a medida que disminuye el porcentaje de luz incidente. Reitz y Sites (1948) sin realizar una práctica de poda, observaron diferencias en la concentración de sólidos solubles en los frutos dependiendo de su posición en la copa; cambios a los que le atribuyeron la luz incidente en los distintos estratos de la copa.

Mendonça et al. (2006), no encuentran diferencias en la calidad de fruta de mandarina Ponkan entre árboles podados en forma leve y severa. Ahmad et al. (2006) no registraron variaciones significativas en las concentraciones de los SST entre árboles podados y no podados, pero sí logró un incremento en el porcentaje de jugo de los frutos que se desarrollaron en árboles a los cuales se les realizó una poda liviana (remoción de chupones, ramas secas y enfermas) o severa (remoción de chupones, ramas secas, enferma y sanas).

7. Aspectos sanitarios

a. Factores bióticos

Las problemáticas fitosanitarias se vuelven complejas debido a la gran diversidad de enemigos que afectan a los árboles cítricos. Distintos trabajos han permitido demostrar que la poda es una herramienta cultural útil para mermar el efecto de distintos hongos que se diseminan en ramas muertas, algunas familias de insectos (Herrera et al., 1993), bacterias de lenta translocación (Beretta et al., 1996) y virus (De Andrade et al., 2013). A su vez la poda mediante la acción de una mejor penetración de luz y aireación provoca un control de los focos de enfermedad que pueden afectar el estado sanitario de los frutos (Fischer, 2000).

El rejuvenecimiento de los árboles con HLB mediante la poda severa y los rociados nutricionales foliares, puede ser una alternativa frente a la remoción y la replantación de los árboles infectados, logrando una revitalización mediante la poda; árboles que presentaban un retroceso en la parte superior de

la copa fueron capaces de restablecer condiciones saludables y mejorar la producción (Rose, 2013).

b. Factores abióticos

Los desórdenes fisiológicos postcosecha y aun las fisiopatías inducidas por condiciones de baja temperatura o altas concentraciones de CO₂ se ven modificados por las condiciones ambientales y el manejo realizado en los cuadros (Fischer, 2000).

Kretchman y Jutras (1963), estudiaron el efecto del vigor en los daños ocasionados por frío, partiendo de árboles adultos de 45 y 60 años, a los cuales se le realizaron distintas intensidades de poda. Se observó que las principales ramas afectadas por las bajas temperaturas eran aquellas débiles y de un diámetro reducido. Los daños en ramas gruesas se dieron principalmente en las copas que estaban cubiertas. En la medida que los árboles son más vigorosos y aumenta la intensidad de la poda inicial, disminuyen las lesiones en madera y la pérdida de fruta por daños de frío.

Gravina et al. (2014b), indican que luego de una sucesión de días de condiciones adversas (bajas temperaturas) se constató deterioro en árboles cítricos, que provocó defoliación e incluso la muerte. Con el fin de acelerar la recuperación de los árboles se evaluaron distintos momentos de poda y dosis de fertilización en limoneros tipo Lisbon. Una poda pre-brotación acompañada con dosis alta de N y K, aumentó significativamente el número de brotes vegetativos en comparación con el testigo, permitiendo en el primer año recuperar la estructura de las plantas y reposición de área foliar; lográndose en el segundo año un mayor rendimiento y eficiencia de copa.

En un trabajo similar Otero y Goñi (2015), realizando una poda de primavera, aumentaron significativamente el número y largo de brotes desarrollados en la estación, pero sin lograr un efecto en los brotes de verano y otoño. No obstante, no lograron que mediante la poda de primavera o verano aumentara el volumen de copa, al año siguiente al del ocurrido los daños.

F. MANDARINA AFOURER

El cultivar fue descubierto en la estación de investigación Kenistra en Marruecos en 1982. Se cree que es el producto de una polinización de mandarina Murcott con un polen desconocido (Nadori, 2004).

También es conocida con los nombres de INRA21W por su posición en la estación experimental, Nadorcott, W-Murcott y Delite (Nadori 2004, Agustí et al. 2005). Es una variedad autoincompatible por lo que en condiciones de aislamiento no debería presentar semillas; no obstante, tiene altas cualidades polinizadoras (Nadori, 2004). En el trabajo presentado por Gambetta et al. (2013) en condiciones de libre polinización se encontró un bajo porcentaje de frutos sin semillas (7% y 34%), mientras que los frutos provenientes de árboles cubiertos con malla anti abejas presentaron un porcentaje de frutos sin semillas de entre 98 % y 99%.

Posee hojas de tamaño pequeño de color verde oscuro, bordes aserrados y pecíolo ligeramente alado, sus ramas son vigorosas y los nuevos brotes tienden a la verticalidad (Agustí et al., 2005). Se considera que es una variedad de rápida entrada en producción con una buena adaptación tanto a suelos arcillosos como arenosos y francos (Saunt 2000, Nadori 2004, Agustí et al. 2005).

Se caracteriza por fruta firme de delgada corteza, fácil pelado, sin semillas en condiciones de autopolinización y de buenas características organolépticas (Nadori, 2004).

La mandarina Afourer es el primer cultivar cítrico patentado introducido en Uruguay (Gravina, 2016). Bajo las condiciones productivas nacionales, y en libre polinización, la mayor parte de los frutos presentan semillas, repercutiendo en su precio y comercialización. En estas condiciones productivas la presencia de semillas debe explicarse por la polinización cruzada con otras variedades (Gravina et al., 2011).

Relevamientos nacionales indican que, en condiciones de aislamiento de polinización cruzada, entre el 99% y el 100% de los frutos no presentan semillas (Gravina et al. 2011, Fornero et al. 2012). El aislamiento espacial del cultivo con otros cultivares polinizadores, con el fin de reducir el número de frutos con semillas, se puede lograr mediante la implementación de cultivares con polen no viable (naranja Navel) o con el uso de mallas anti abejas (Gravina et al., 2011).

La cobertura del cultivo con malla anti abejas produce una reducción en el cuajado de frutitos y en el rendimiento (Gravina, 2016) Distintos trabajos revelan que los frutos desarrollados en condiciones de aislamiento alcanzan tamaños similares a aquellos desarrollados en libre polinización, por lo que en el caso de la mandarina "Afourer" no sería dependiente de la semilla para lograr un tamaño aceptable de fruto, cuando todos los frutos se desarrollan sin semillas (Gravina et al. 2011, Fornero et al. 2012). Fornero et al. (2012)

reportan que en árboles en libre polinización existe una correlación positiva entre el tamaño del fruto y el número de semillas. Proponen que la presencia de semillas en el fruto se relaciona con el crecimiento del mismo, cobrando importancia cuando se desarrollan en el mismo árbol frutos con distinto número de semillas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo fue realizado en el establecimiento “El Espinillo” localizado en el departamento de Montevideo (34°LS), en la zona de Punta Espinillo. Se utilizaron árboles de mandarina “Afourer” injertadas sobre “Trifolia” (*Poncirus trifoliata* L. Raf.) ubicados en un cuadro con un marco de plantación de 5,2 x 2 metros, con filas orientadas en dirección NE a SO, en 1,2 hectáreas de superficie. El cuadro fue instalado en el 2007 y cuenta con riego por goteo en doble hilera.

A. DISEÑO EXPERIMENTAL Y MÉTODO ESTADÍSTICO

El diseño fue completamente al azar desbalanceado compuesto por 4 tratamientos con 5 repeticiones en el control y 10 repeticiones en los demás tratamientos, siendo cada árbol una unidad experimental. Estos se encontraban ubicados en dos filas contiguas, contándose con el rendimiento de la cosecha previa en cada uno de los casos. Se le asignó un tratamiento de poda a cada árbol, aplicándose 3 tratamientos de poda y un tratamiento sin podar (control). A una altura aproximada de 150 cm de la base del suelo se le marcó dos puntos con una distancia aproximada de 180 cm que permitían medir la luz PAR incidente en el interior de la copa.

Los análisis estadísticos fueron realizados mediante el software estadístico Info-Stat versión 2020 (Di Rienzo et al., 2020).

Las variables estudiadas fueron: peso de poda, luz PAR incidente, variación de luz PAR incidente en el interior de la copa, brotación interior (número de brotes/árbol, largo de brotes (cm), número de hojas/brote), floración (flores/100 nudos), cuajado (%), rendimiento (kg/árbol, número de frutos por árbol), eficiencia de copa (número de frutos por m³ de copa), peso del fruto (g), diámetro ecuatorial (mm) y color (ICC), SST (°Brix), acidez (%), ratio (SST/acidez) y volumen de copa (m³). Las variables continuas fueron analizadas mediante un análisis de varianza (ANAVA) y las diferencias entre medias se determinaron mediante un test de Tukey-Kramer con un nivel de significancia de 0,05 (α).

Para la intensidad de floración se realizó un ANAVA utilizando como covariable el número de frutos cosechados en el ciclo anterior (ANCOVA, p-valor = 0,0092). Para el porcentaje de frutos cuajados se utilizó un modelo lineal generalizado y mixto asumiendo distribución binomial y función logit. Se realizó mediante la prueba DGC para separación de las medias con nivel de significancia de 0.05 (α).

B. TRATAMIENTOS DE PODA

La poda fue realizada el 17 de agosto del 2017, posterior a la cosecha y antes de la brotación de primavera. La poda fue realizada de manera manual y selectiva con tijeras de podar y serruchos. El material vegetal removido fue recolectado y pesado en balanza. Los árboles que fueron podados en forma tradicional o ventana simple, recibieron la misma poda que en la temporada anterior, siendo su segundo año de poda consecutivo. Los árboles testigo no fueron podados, ni en esta temporada ni en la anterior. Los árboles que recibieron la poda ventana doble habían sido podados por la cuadrilla de la quinta con poda de tipo tradicional.

Cuadro No. 1. Tratamientos de poda aplicados en mandarina Afourer, predio El Espinillo, departamento de Montevideo

Tratamientos	Abreviación
Control	C
Poda tradicional	PT
Poda ventana	PV
Poda ventana doble	PV2

La poda tradicional consiste en la eliminación de hojas, ramitas y ramas secundarias en el interior de la copa en forma de cono invertido; también se realizan cortes en la parte superior de la copa para el control de la altura y cortes en la parte inferior, para que la fruta no alcance el nivel del suelo (Figura 1).



Figura No. 1. Foto de la copa de un árbol posterior al tratamiento de poda tradicional

La poda ventana simple consiste en la remoción de un cuarto de la copa del árbol mediante la extracción del follaje y ramas secundarias ubicadas en la cara Sureste (SE). En esta práctica de poda se intenta que el espacio generado por la remoción del material vegetal quede con forma de cuña, siendo más ancha la apertura al exterior de la copa y afinándose hacia el interior (Figura 2).



Figura No. 2. Foto de la copa de un árbol posterior al tratamiento de poda ventana, al cual se le removió material vegetal de copa que se orientaba al SE

El tratamiento poda ventana doble es similar a la poda ventana simple, en este caso se realizan dos ventanas en sentidos opuestos una SE y otra Noroeste (NO) removiendo entre las dos ventanas aproximadamente un cuarto del volumen de la copa, por lo que cada ventana individual será de menor apertura al exterior de la copa (Figura 3). Al tratamiento control o testigo no se le realizó ninguna medida de manejo relacionada con la poda.

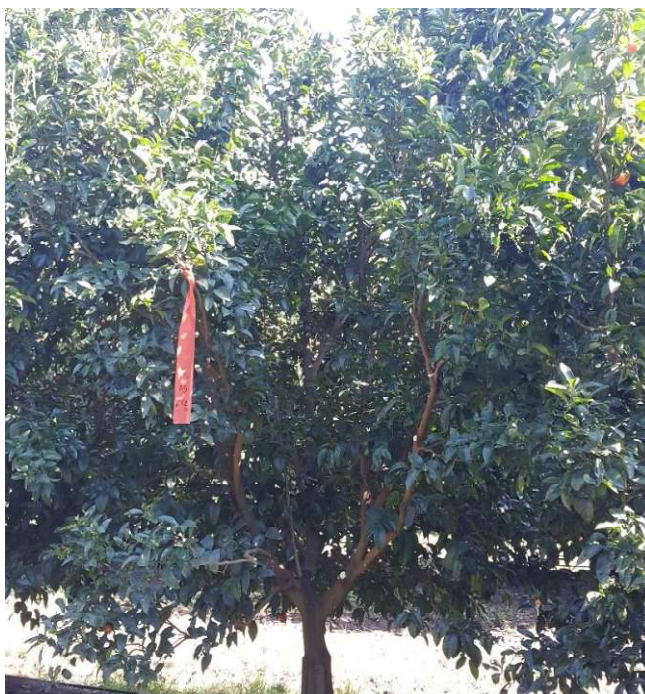


Figura No. 3. Foto de un árbol posterior al tratamiento de poda ventana doble, al cual se le removió material vegetal de la copa orientado al SE, repitiendo el procedimiento en igual proporción hacia el NO

Al tratamiento ventana doble fue al que se le extrajo el mayor peso de poda con respecto al resto de tratamientos, en promedio entre ramas y hojas se le extrajo 13.38 kg por planta, correspondiendo 6.52 kg a la cara SE y 6.82 kg a la cara NO. Al tratamiento poda ventana se le extrajo 3.70 kg en promedio, siendo la poda menos extractiva este segundo año de aplicación del mismo tipo de poda, mientras que a la poda tradicional se le extrajo valores intermedios de material vegetal entre ambos tratamientos (Cuadro 2). La intensidad de poda realizada puede considerarse leve a moderada (Arbiza et al., 2003).

Cuadro No. 2. Peso de ramas y hojas (kg por planta), en cada tratamiento de poda

Tratamientos	Peso de poda (kg/ planta)
PV	3,70 c
PT	9,24 b
PV2	13,38 a

Valores seguidos de letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

C. MEDICIÓN DE LUZ

La medición de luz fue realizada con un ceptómetro (AccuPAR LP-80) el cual permite cuantificar la luz PAR (radiación fotosintéticamente activa) que llega a determinada área, con 80 sensores dispuestos en una varilla de 1m de largo. La lectura se realizó en la entrefila (radiación incidente máxima) y en la copa de los árboles en 2 lecturas (Figura 4), a una altura de 150 cm y 180 cm (Puntos B y A), al interior de la copa, desde el tronco principal hacia las entrefilas.

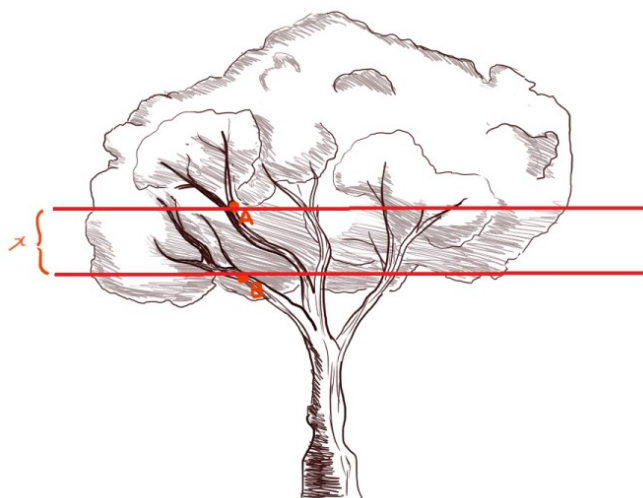


Figura No. 4. Boceto indicativo de los puntos B a una altura aproximada de 150 cm y A de 180 cm, donde se midió la luz incidente en el interior de la copa, donde x es la distancia entre los dos puntos

La medición de luz se realizó entre el primero de octubre del 2017 y el 9 de abril del 2018 con una frecuencia quincenal, entre las 11:30 y 13:00 horas. La medición exterior se repitió cada 3 árboles con el fin de obtener la radiación total incidente previendo la ocurrencia de variaciones entre el inicio y el final de la jornada. El ceptómetro se ubicó orientando los sensores hacia el SE y NO, para cada punto de medición del árbol, con un total de 4 mediciones por árbol y por fecha.

D. BROTACIÓN, FLORACIÓN Y CUAJADO

El 13 de septiembre en plena floración (50% de las flores abiertas) se dividió la copa del árbol en cuatro sectores, comenzando del lado Sureste en sentido antihorario. En cada sector se identificó una rama representativa (con no menos de 100 nudos cada una) para evaluar intensidad de brotación y floración (brotes y flores cada 100 nudos) y cuajado de frutos.

La evaluación del porcentaje de cuajado se realizó desde el 23 de octubre y se realizó cada 15 días hasta el cuajado final (7 de marzo 2018). En la Figura 5 se observan frutos en la etapa de cuajado o abscisión.



Figura No. 5. Rama de mandarino Afourer, donde se observan los frutitos en desarrollo

E. BROTACIÓN INTERNA

Se realizaron tres mediciones de la brotación interior siendo la primera el 10 de septiembre, la segunda el 23 de octubre y la última el 17 de noviembre. Los brotes considerados en la evaluación fueron los próximos a los cortes de poda, clasificándolos de acuerdo con las caras SE y NO (Figura 6).



Figura No. 6. Respuesta vegetativa desarrollada en el interior de la copa, próxima a un punto de corte efectuado el 10 de septiembre

F. CRECIMIENTO DE LOS FRUTOS

Desde el 9 de enero hasta el 9 de agosto, en frecuencia quincenal, se evaluó el diámetro ecuatorial de los frutos, con calibre digital en 30 frutos por árbol, 15 de cada lado de la fila.

G. EVOLUCIÓN DEL COLOR DE CÁSCARA

Se realizaron tres mediciones de color, dos a campo (23 de mayo y 9 de abril) y una en laboratorio (8 de agosto). En todos los casos se tomaron 10 frutos por árbol; en las mediciones realizadas a campo, 5 correspondientes a la cara SE y 5 a la NO, con dos mediciones por fruto a nivel ecuatorial y en posiciones opuestas, mediante la utilización de un colorímetro digital (PCE-TCR 200), el cual da lecturas de evolución del rojo a verde (a), gradiente de color azul a amarillo (b) y luminosidad (L). El cálculo fue realizado por la fórmula propuesta por Jiménez-Cuesta et al. (1981) $ICC = (a \times 1000) \div (L \times b)$.

H. VOLUMEN DE COPA

Dado que el peso de los frutos modifica la disposición de las ramas de la copa, se realizaron dos medidas de volumen de copa, una precosecha (2 julio del 2018) y una postcosecha (27 de agosto del 2018). Con una regla mira se tomaron medidas de la altura de la pollera, ancho y alto de copa en la fila y de la profundidad en la entrefila. Las fórmula utilizada fue la del volumen de esfera $V = (4/3) \times \pi \times r^3$

I. COSECHA

La cosecha se realizó los días 13,14 y 15 de agosto, contabilizando el número de frutos y los kilos de fruta por árbol. Los frutos, medidos con calibre digital, se clasificaron en dos categorías según su tamaño: menores o mayores a 50 mm de diámetro ecuatorial, considerando como comercializables los del segmento mayor. La muestra por árbol fue de 40 frutos, dividiéndose en dos grupos en función a la proporción de cada categoría presente en el árbol (Figura 7).



Figura No. 7. Categoría de frutos de mandarina Afourer, clasificados según tamaño en frutos grandes y chicos

J. CALIDAD EXTERNA E INTERNA

A la muestra de frutos se las clasifico por categoría de calibre, a los mayores a 50mm se le midió el diámetro ecuatorial (mm), peso, color, número de semillas por fruto, porcentaje de jugo, SST (°Brix), acidez titulable y ratio (SST/acidez). Los SST fueron medidos con un refractómetro manual y la acidez titulable mediante el gasto de NaOH, en 10mL de jugo 3 gotas de fenolftaleína.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. EFECTO DEL TIPO DE PODA EN EL PESO DE RAMAS Y HOJAS EXTRAÍDAS

La diferencia en el peso de poda entre tratamientos, puede vincularse al tipo de poda y/o a la historia de poda de los árboles. Los árboles de los tratamientos PT y PV recibieron el mismo tipo de poda el año previo, a diferencia de los del tratamiento PV2 que habían recibido una poda de tipo tradicional realizada por los operarios de la quinta, afectando principalmente el tipo de material vegetal extraído entre el año anterior y el de este estudio como es mencionado por Rodríguez y Villalba (1998). El diámetro de las ramas extraídas en árboles podados frecuentemente, tiende a ser más pequeño, por lo que su peso en el conjunto es menor y las intervenciones necesarias para lograr el mismo efecto entre años son de menor intensidad. Este efecto se puede corroborar al comparar los resultados del año previo (Hernández, 2017), en los que habiendo manteniendo los criterios de poda en los tratamientos PV y PT, el promedio de material extraído en el tratamiento poda tradicional se encontró entre 16,9 kg y 17,4 kg, mientras que la PV se encontró entre 5,6 kg y 7,8 kg, siendo en ambos cerca del doble que los extraídos en el 2017.

B. LUZ PAR INCIDENTE E INTERCEPTADA

El valor absoluto de luz máxima interceptada en la entrefila en el periodo de estudio, presentó un aumento progresivo desde 953 $\mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$ el 1/9/2017 hasta alcanzar un máximo de 1548 $\mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$ el 26/12/2017 y un posterior descenso hasta la última fecha de medición (987 $\mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$ el 9/4/2018), (Figura 14), resultados similares a los presentados por Arbiza et al. (2003), Hernández (2017).

Los días nublados para el mismo periodo comprendido presentaron una máxima de 462 $\mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$. No se verificaron diferencias significativas entre los tratamientos en los datos obtenidos en el interior de la copa en los días de cielo despejado y nublado, siendo mayor el porcentaje de luz total interceptada en el interior de la copa los días nublados por su menor incidencia total.



Figura No. 8. Radiación PAR incidente total entre el 1/9/2017 y el 9/4/2018

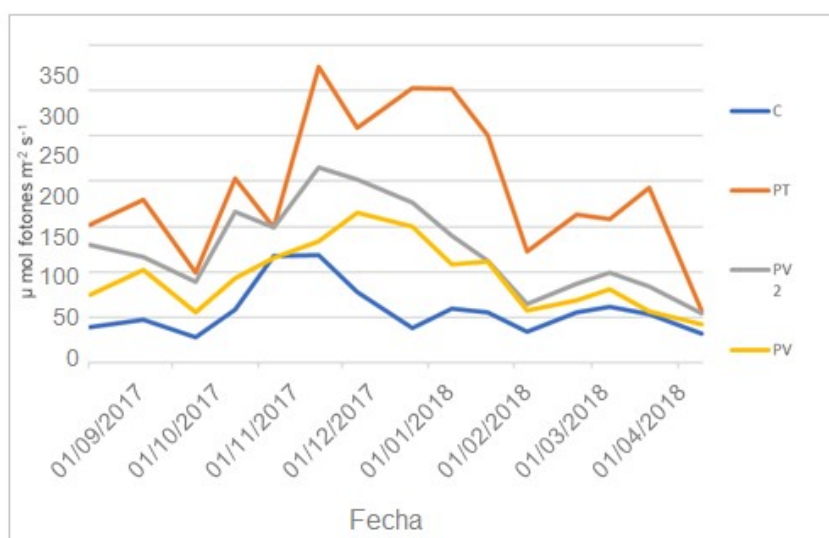


Figura No. 9. Radiación PAR incidente promedio entre el 1/9/2017 y el 9/4/2018

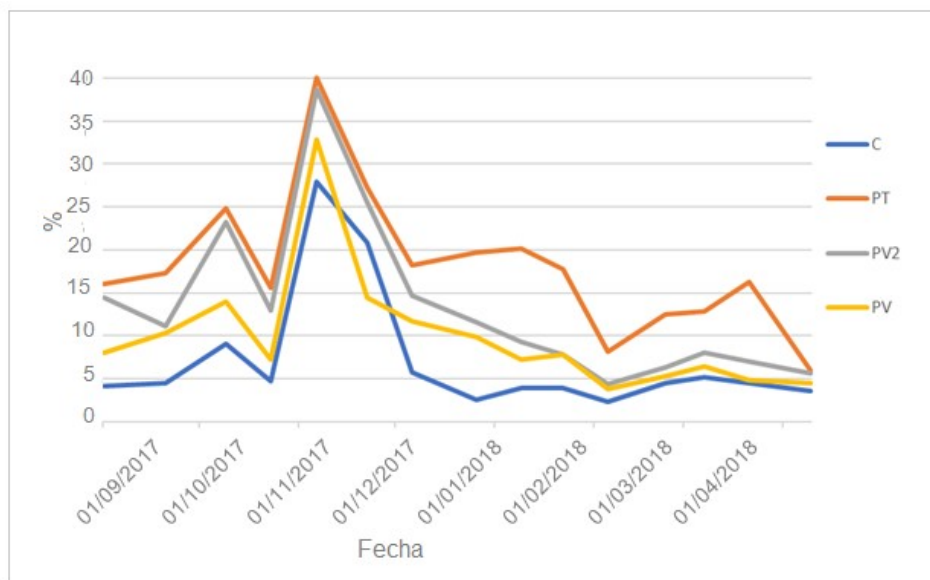


Figura No. 10. Evolución porcentual de la radiación PAR incidente en el interior de la copa, en el periodo comprendido entre 1/9/2017 y 9/4/2018, por tratamiento

Con los datos recabados, no se lograron encontrar diferencias significativas en la captación de luz en los diferentes tratamientos de forma consistente, pero se puede observar que se tiende a lograr valores superiores en la radiación PAR incidente, en los tratamientos de poda en comparación al control, especialmente en aquellos árboles con poda tradicional, tanto en términos absolutos como porcentuales (Figuras 14 y 15), comportamiento similar al presentado en el 2016/2017 (Hernández, 2017).

En promedio en ninguno de los tratamientos se llegó a valores de $400 \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para alcanzar, respectivamente, el punto óptimo de luz PAR incidente para la fotosíntesis en cítricos (Medina et al. 2002, Iglesias et al. 2003, Martiz 2014), ocurriendo de manera esporádica en alguno de los árboles que presentaron mayor luz PAR incidente y sin patrones específicos de ocurrencia. En la mayor parte de las mediciones los valores de $\mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$ promedio de los tratamientos, superaron el intervalo comprendido entre $12,6 \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y $17,6 \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$, en el cual, según bibliografía, se encontraría el punto de compensación por luz, donde la fotosíntesis neta sería igual a cero (Iglesias et al. 2003, Machado et al. 2005).

Si bien la luz PAR total es menor en los días nublados que los despejados, el porcentaje de radiación incidente en el interior de la copa no

decrece en igual proporción; Green y Gerber (1969) señalan que en estas circunstancias la intercepción de luz PAR se realiza principalmente por la radiación difusa y no directa, a diferencia de los días despejados. En base a los estudios de Reitz y Sites (1948), Sites y Reitz (1950), Green y Gerber (1969), Deidda et al. (1992) se esperaría que la luz PAR incidente en el punto superior fuera mayor que en el punto inferior, existiendo un gradiente en la luz entre ambos puntos. Esto no se verificó, probablemente a causa de que la distancia entre ambos puntos no fue lo suficientemente amplia sumado a que la forma y distribución en las estructuras en el interior de la copa no son homogéneas. Este fenómeno fue independiente de si el cielo estaba despejado o nublado.

C. BROTACIÓN

Los árboles tienden a recuperar su forma natural, concentrando su desarrollo en las zonas circundantes a los cortes de mayor magnitud (Philips 1978, Mika 1986). En este experimento no se observaron brotes vigorosos (chupones); sin embargo, el número y crecimiento de los brotes vegetativos en el interior de la copa se desarrollaron principalmente próximos a los lugares de corte (Figura 8). El largo y número de hojas de los brotes no presentó diferencias entre tratamientos (datos no presentados).

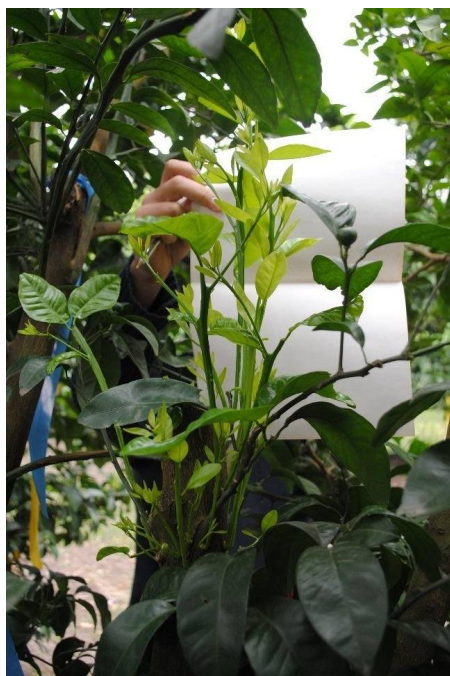


Figura No. 11. Brotes desarrollados en la cara NO al cual se la aplicó un tratamiento poda ventana doble

El análisis de la brotación interior de acuerdo a los tratamientos de poda utilizados (PT, PV y PV2), indica que el tratamiento testigo es el único que no desarrolló brotes en el interior de la copa. Al analizar los tratamientos restantes, se observa que el PV fue el que presentó menor tendencia al desarrollo de brotes manteniendo un bajo nivel de brotación en todo el periodo de estudio, diferenciándose únicamente del PV2 en todas las fechas. Los tratamientos PT y PV2 se diferenciaron significativamente del control en el desarrollo de brotes en todo el periodo de estudio. Por otro lado, el PV en la última evaluación presenta un número reducido de brotes y no alcanza una diferencia significativa respecto al control (Cuadro 3).

Cuadro No. 3. Número de brotes interiores presentes en respuesta a los diferentes tipos de poda evaluados en tres fechas

Tratamiento	Número de brotes		
	23 DPP	37 DPP	61 DPP
C	0 c	0 c	0 b
PV	9 bc	10,7 bc	5,6 b
PT	29,3 ab	25,9 ab	21,1 a
PV2	42,6 a	41,2 a	22,5 a

23 días después de la poda (DPP), 37 días después de la poda y 61 días después de la poda. Medidas seguidas de letras diferentes en columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

Al evaluar el desarrollo de brotes por m^3 de copa, se observa que el tratamiento PV en promedio presentó 0,74 brotes por m^3 inicialmente, mientras que en los tratamientos PT y PV2 se registran 2,4 y 3,8 brotes por m^3 respectivamente para la misma fecha. La ausencia de diferencias significativas entre tratamientos PV y PT en el número de brotes entre los 23 y 37 días después de la poda, aun presentando una brotación de más del doble, se debe a que el efecto de los tratamientos es enmascarado por la variación en los datos recabados, presentando un coeficiente de variación (CV) que se ubica entre 64% a 81%.

En términos generales, la brotación al interior de la copa fue considerablemente menor a lo reportado por Hernández (2017) en la misma parcela, especialmente en los controles no podados que en este trabajo no tuvieron brotes.

La baja brotación vegetativa acompañada de la elevada floración, marcan la relación inversa entre el desarrollo vegetativo y reproductivo que presenta la mandarina “Afourer” durante un estado de producción alternante (Mesejo et al., 2019). La ausencia de desarrollo de brotes vegetativos en los árboles de tratamiento C puede explicarse por la ausencia de podas consecutivas en la copa, concentrándose el desarrollo de los brotes vegetativos en su periferia, volviéndose lumínicamente deficiente. Los bajos niveles de radiación incidente tienen un impacto negativo en el desarrollo de nuevas brotaciones vegetativa (Mika 1986, Iwagaki, citado por Krajewski y Pittaway 2000) y además promueven pérdida del follaje ya existente en el interior de la copa (Krajewski, 1995a).

Al analizar la evolución de los brotes que no abscisionaron durante el período evaluado, se observa que no hubo diferencias significativas en los brotes que presentó una misma planta entre los 23 y 61 días después de haberse realizado la poda, aunque la poda PV2 perdió el 48% de los brotes generados después de la poda, siendo el que presentó la mayor disminución, mientras que en los tratamientos PV y PT estos valores se reducen al 38% y 28% de los brotes generados respectivamente.

Los datos recabados 23 días luego de la poda siguen el mismo comportamiento que el mencionado por Philips (1978), Mika (1986) donde a medida que se extrae mayor material vegetal se promueve una mayor brotación interior.

Otro factor asociado a la intensidad y tipo de poda, que puede explicar la baja brotación en el interior de la copa, es la luz PAR incidente. Por ejemplo, en los árboles control, que no hubo brotación interior, durante gran parte del período, no se superó el 15% del total de radiación incidente, a diferencia de la PT, que dicho porcentaje permaneció por encima del 15 % hasta febrero (Figura No. 10). Iwagaki, citado por Krajewski y Pittaway (2000), indica que la incidencia de radiación por debajo del 15% afecta significativamente el nivel de brotación en cítricos.

Considerando los factores, peso de poda, brotación interior e intensidad de luz incidente al interior de la copa, se puede señalar que los tratamientos de poda realizados, fueron de baja intensidad, sin provocar cambios fisiológicos relevantes en las características de la copa.

D. EFECTO DE LA PODA EN LA FLORACIÓN

La floración evaluada (Cuadro 4), puede considerarse de media a alta (Guardiola 1992, Gambetta et al. 2013, Gravina, 2016, Guimaraes 2016, Hernández 2017, Mesejo et al. 2019), con el valor más bajo en el tratamiento control de 57 flores cada 100 nudos y máximo en poda tradicional y PV2 de 121 y 129 flores cada 100 nudos respectivamente. Dado que previo a la poda, los árboles presentaban diferente carga de frutos, debido a su historia de poda anterior, el análisis utilizando como covariable el número de frutos del ciclo previo fue significativo (p -valor = 0,0092). No se registraron diferencias significativas en la intensidad de floración entre tratamientos, por lo que, las diferencias observadas en la intensidad de floración se explican por el número de frutos de la cosecha anterior y no por el tratamiento de poda.

Cuadro No. 4. Intensidad de floración promedio medida en 4 ramas representativas por árbol y tratamiento analizado, considerando número de frutos por árbol en la cosecha previa

Tratamientos	Floración cada 100 nudos
C	99,16 ns
PT	103,88
PV	107,20
PV2	107,58

ns: no existen diferencias significativas ($p > 0,05$)

Una carga floral próxima a las 60 flores cada 100 nudos en árboles de mandarina “Afourer” permitirían una floración adecuada para lograr el equilibrio en la producción para la próxima temporada (Mesejo et al., 2019), sin embargo, los tratamientos PT y PV2 presentaron valores por encima de este parámetro.

Ninguno de los tratamientos aplicados redujo la floración, sugiriendo que la intensidad de poda fue menor a la necesaria para generar el efecto inhibitorio. Moss (1972) señaló que cuando las plantas son vigorosas, si la poda es ligera no se logra inhibir la floración siguiente. Adicionalmente, Intrigliolo y Roccuzzo (2011) enuncian que la floración disminuye a medida que se extrae mayor cantidad de material vegetal, lo que no se pudo comprobar en este trabajo.

E. CUAJADO

Los árboles se encontraron en condiciones de polinización abierta, presentando una evolución en el porcentaje de cuajado similar en todos los tratamientos de poda durante el período de evaluación, sin presentar diferencias significativas (Figura No. 12). El control por su parte, evidenció un comportamiento similar, con la excepción de la primera fecha, en donde el cuajado inicial fue menor que en los tratamientos de poda.

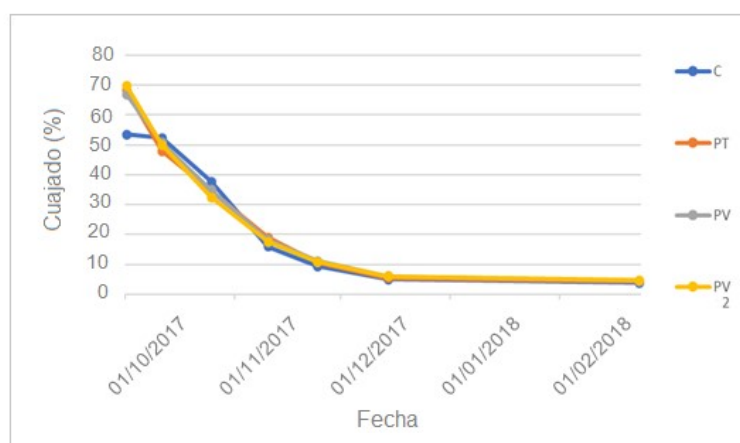


Figura No. 12. Evolución del cuajado de frutos según tratamiento

No se encontraron diferencias significativas en el cuajado final, para ninguno de los tratamientos, el que se ubicó próximo al 8% (Cuadro 5). Este porcentaje puede considerarse alto tanto en variedades partenocárpicas de citrus en ausencia de libre polinización como con polinización cruzada (Gravina 2016, Guimaraes 2016). Tampoco se verificaron diferencias significativas en el porcentaje de cuajado entre las caras SE y NO.

Cuadro No. 5. Porcentaje de cuajado final en base al número inicial de flores cada 100 nudos

Tratamiento	Cuajado final (%)
C	6,7 ns
PT	9,4
PV	9,1
PV2	7,1

ns, no existen diferencias significativas $p > 0.05$.

F. COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

La evolución del diámetro ecuatorial de los frutos fue similar en todos los tratamientos, sin presentar diferencias significativas entre ellos. El incremento en el tamaño del fruto ocurrió de manera progresiva hasta alcanzar en promedio valores próximos a los 50mm (Figura No. 13.).

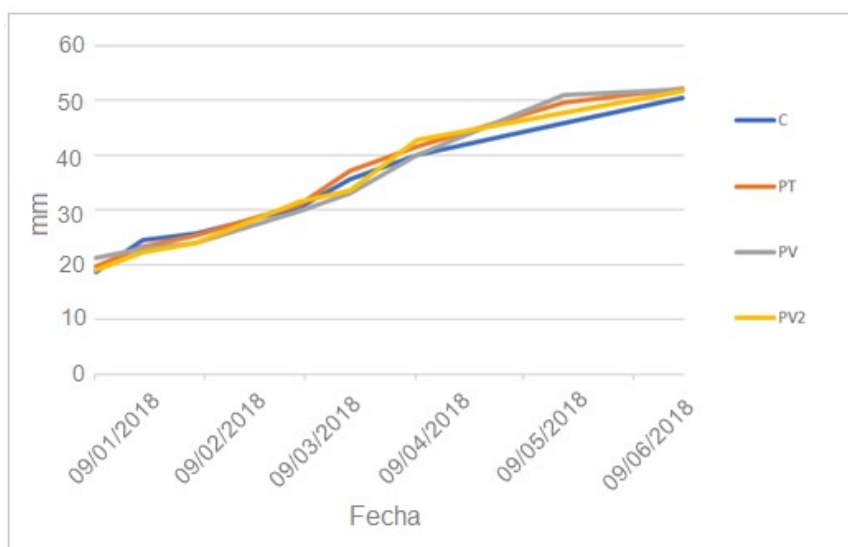


Figura No. 13. Evolución del diámetro ecuatorial de los frutos según tratamiento

En concordancia con la alta intensidad de floración y porcentaje de cuajado, el número promedio de frutos y el rendimiento por planta fue elevado (Figura 9), sin presentarse diferencias significativas entre los tratamientos para ambos parámetros (Cuadro 6).



Figura No. 14. Árbol previo a la cosecha, donde se observa el número de frutos presentes en la copa

Cuadro No. 6. Rendimiento (Kg) de fruta promedio por árbol, número de frutos por árbol, peso promedio del fruto (g) y número de frutos por m³ por el volumen calculado en base a la formula del volumen de media esfera

Tratamiento	Rendimiento (kg) / árbol	No. de frutos / árbol	Peso promedio fruto (g)	No. de frutos/m ³
C	93 ns	1767 ns	52,3 ns	163 ns
PT	98,8	1666	54,3	151
PV	93,0	1709	55,4	175
PV2	87,7	1598	59,5	170

ns, no existen diferencias significativas $p > 0.05$.

El tamaño de fruta presenta en términos generales una correlación negativa con el número de frutos (Goldschmidt y Monselise 1977, Guardiola et al. 1988a, Guardiola 1988b, Guardiola 1992, Spiegel-Roy y Goldschmidt 1996,

Ferenczi et al. 1999). En este trabajo, el elevado número de frutos en todos los tratamientos, se tradujo en un descarte por tamaño (menores a 50 mm de diámetro) de entre 40,5 y 50,5%, sin diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 8).

Adicionalmente, se analizó el número de frutos por m³ de copa, como una forma de relativizar las diferencias entre árboles en el volumen de la canopia. No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, aunque se encontró una diferencia de 23 frutos por m³, entre PV y PT. En cualquiera de los tratamientos el no. de frutos/m³ de copa fue elevado al compararse con datos nacionales en la misma variedad (Guimaraes 2016, Hernández 2017, Ocampos 2018).

El peso promedio de los frutos y el diámetro ecuatorial fueron bajos, ya que un gran número de los mismos no alcanzó el tamaño mínimo exportable para la mayoría de los mercados de destino (50mm de diámetro ecuatorial) y el peso de los frutos estuvo por debajo 83 g a 93 g presentados en la patente (USPTO, 1998). Sin embargo, el tratamiento de poda tradicional presentó casi un 10% más de frutos comercializables que el resto de los tratamientos (Cuadro 7). Este resultado se reflejó en la distribución de la fruta de acuerdo al diámetro ecuatorial, presentando mayor frecuencia en las categorías de mayor tamaño (Figuras 10, 11, 12 y 13). Los dos tratamientos de poda venta presentaron mayor frecuencia en las categorías de menor tamaño.

Cuadro No. 7. Distribución porcentual de los frutos menores y mayores a 50mm por tratamiento

Tratamientos	% de frutos $\geq$ 50mm	% frutos < 50 mm
C	50,6 ns	49,4 ns
PT	59,5	40,5
PV	50,5	49,5
PV2	49,5	50,5

ns, no existen diferencias significativas $p > 0,05$.

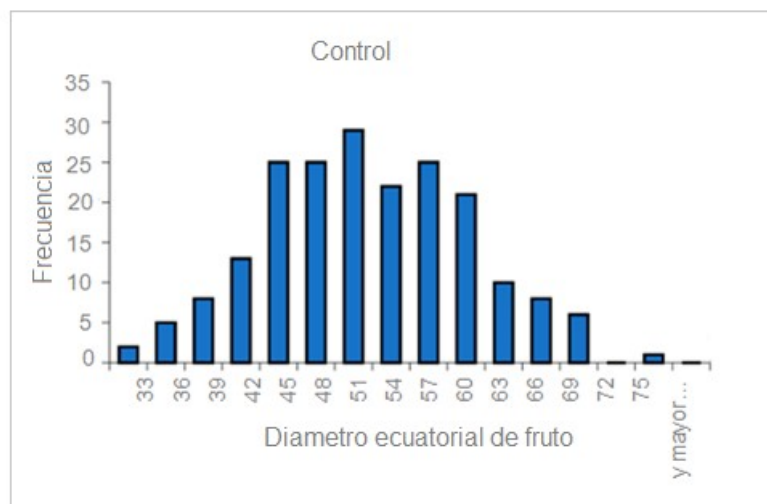


Figura No. 15. Frecuencia del calibre de los frutos en el control



Figura No. 16. Frecuencia del calibre de los frutos en la poda tradicional

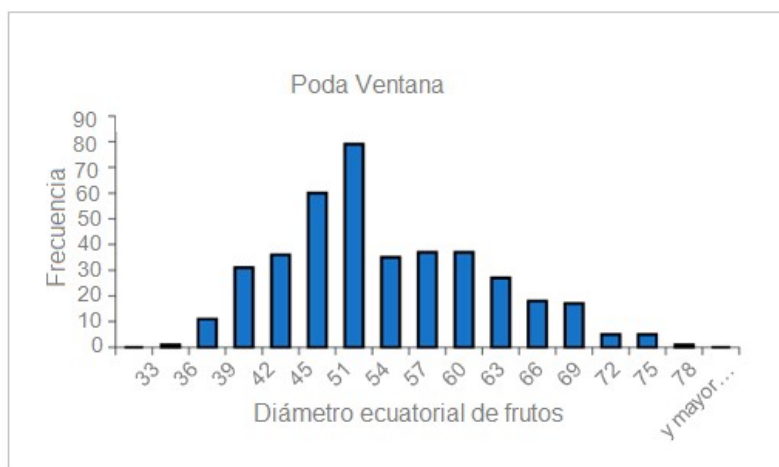


Figura No. 17. Frecuencia del calibre de los frutos en la poda ventana

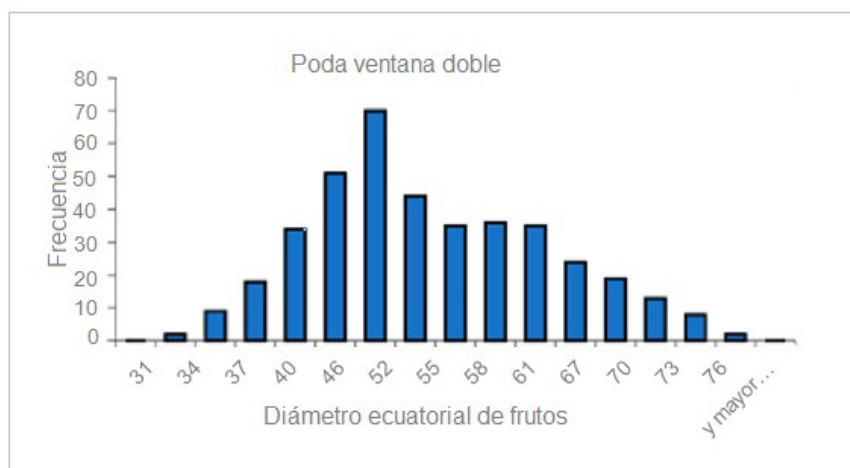


Figura No. 18. Frecuencia del calibre de los frutos en la poda ventana doble

G. CALIDAD DEL FRUTO

1. Color

Tanto con los datos recabados a campo (datos no presentados), como en cosecha no se verificaron diferencias significativas entre tratamientos en el color de la cáscara (Cuadro 8). En general, el color se asocia a la variedad, a la

disponibilidad de carbohidratos, al contenido de nitrógeno, a la temperatura y a la posición del fruto en la planta (Reitz y Sites 1948, Izumi et al. 1992, Krajewski y Pittaway 2000, Gambetta et al. 2012, 2014a, 2014b)

Cuadro No. 8. Índice de color promedio por tratamiento en los frutos cosechados de acuerdo al índice de color

Tratamientos	Índice de color ($a \times 1000$) $\div$ ($L \times b$)
C	16,28 ns
PT	16,81
PV	17,31
PV2	16,27

ns, no existen diferencias significativas $p > 0,05$.

Los frutos que reciben menor luz incidente presentan una coloración inferior, que los que reciben mayor incidencia (Reitz y Sites 1948, Izumi et al. 1992, Krajewski y Pittaway 2000). Teniendo la luz PAR incidente efecto en la concentración de clorofila, en la tasa fotosintética y en la fijación de carbono. Los frutos expuestos a la luz metabolizan más carbohidratos, acumulando mayor cantidad de azúcares en el flavedo relevantes en el cambio de la coloración (Cronje y Barry, 2013).

Mediante la poda no se logró diferencias en la intensidad lumínica el interior de la copa durante el período de maduración, por lo que es de esperar que no se produzcan diferencias sustanciales en el índice de color entre tratamientos. Además de la radiación incidente, la redistribución de recursos puede ser asociada a la mejora de la calidad del fruto (Krajewski y Pittaway, 2000). En mandarina Nova, Borges et al. (2005) mediante la poda en árboles cítricos logró mejoras en la coloración del fruto, relacionados a una redistribución del tipo de brotes, donde se manifestó un aumento de brotes vegetativos y terminales. En términos generales, el color de la piel de los frutos cítricos se asocia a la radiación incidente y su distribución y a la disponibilidad de carbohidratos (Krajewski y Pittaway 2000, Gambetta et al. 2013). En este trabajo, no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos en el color de la fruta, asociada a la falta de respuesta a la poda de ambos factores.

2. Calidad interna

Los frutos presentaron en promedio 2 semillas por cada uno, sin diferencias significativas entre tratamientos.

Los frutos provenientes del tratamiento de poda tradicional presentaron menor contenido de sólidos solubles totales que los de los otros dos

tratamientos de poda (Cuadro 9). Al analizar la relación SST con la acidez (ratio), se observa que no hay diferencias significativas relacionadas a los otros tratamientos de poda, debido a una menor acidez titulable, compensando el menor contenido de sólidos solubles. El tratamiento poda tradicional es el único que se diferencia significativamente del testigo presentando frutos con el mismo contenido de SST y menor porcentaje de acidez. Los contenidos de SST y el ratio en los tratamientos de poda fueron similares con los reportados en otros trabajos nacionales (Guimaraes 2016, Ocampos 2018).

Cuadro No. 9. Calidad interna del fruto según tratamientos, expresado en sólidos solubles totales, porcentaje de acidez, relación SST; acidez y porcentaje de jugo

Tratamiento	SST (°Brix)	Acidez (%)	Ratio (SST/acidez)	Jugo (%)
C	12,34 ab	1,51 a	8,18 b	43 a
PT	12,09 b	1,18 b	10,48 a	45 a
PV	13,12 a	1,39 ab	9,64 ab	43 a
PV2	13,08 a	1,39 ab	9,60 ab	44 a

Medidas seguidas de letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

H. VOLUMEN DE COPA

Con los datos obtenidos del volumen de copa posterior a la cosecha 27/8/2018 se puede observar que no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 10). En este trabajo, la baja intensidad de los tratamientos de poda no modificó en forma sustancial el volumen de copa reportado por Dhaliwal et al. (2013).

Cuadro No. 10. Volumen de copa promedio expresada en m³ por tratamiento en dos momentos distintos y la diferencia entre el volumen final e inicial

Tratamiento	Volumen de copa (m ³)
C	11,19 ns
PT	11,34
PV	9,99

Volumen de copa tomado el 27/8/2018. Medidas seguidas de letras diferentes en columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

V. CONCLUSIONES

- La luz incidente en el interior de la copa de los árboles podados presentó variaciones menores entre tratamientos, tendiendo en todos los casos a superar el control.
- La intensidad de floración se vio fuertemente afectada por la carga de frutos del ciclo anterior y no respondió a la poda.
- La poda tradicional incrementó el número y permanencia de los brotes vegetativos al interior de la copa, mientras que en los árboles control no se desarrollaron brotes.
- Los componentes del rendimiento no se vieron afectados por los diferentes tratamientos, alcanzando un elevado número de frutos por planta, peso medio bajo y un descarte por tamaño (menor a 50mm de diámetro ecuatorial) próximo al 50% con excepciones del tratamiento poda tradicional (40%).
- No se verificaron diferencias significativas relevantes entre tratamientos en la calidad externa e interna de los frutos.
- La intensidad de poda realizada (leve a moderada) no modificó en forma significativa la brotación, floración ni los componentes del rendimiento en mandarina "Afourer" con alta intensidad de floración en libre polinización.

VI. RESUMEN

En Uruguay la citricultura es el principal rubro frutihortícola con perfil exportador, teniendo Europa y Estados Unidos dentro de sus principales mercados de destino. Dentro de la variedad de frutos cítricos, las mandarinas ocupan el segundo puesto en lo que se refiere a la superficie dedicada a la actividad. La mandarina “Afourer” es una variedad patentada de alto valor comercial, con demanda en el mercado internacional, haciendo de interés su producción. Además presenta un crecimiento vigoroso, lo que permite una rápida entrada en producción. Aunque la poda es una práctica cultural ampliamente utilizada en la fruticultura, el conocimiento científico de sus efectos y repercusiones en los sistemas citrícolas en las condiciones del Uruguay son escasas. En este marco, se busca ampliar el conocimiento disponible del impacto de la poda, midiéndose variables como: la intercepción de luz incidente, la brotación en el interior de la copa, la floración, el cuajado, el rendimiento y la calidad del fruto, tanto su exterior como su interior. El trabajo fue realizado en un establecimiento comercial de Montevideo (Uruguay, 34°LS), en un monte de una edad de 10 años, con plantas de mandarina “Afourer” (*Citrus reticulata* Bl) sobre “Trifolia” (*Poncirus trifoliata* L. Raf.); se utilizó un modelo de bloques desbalanceado completamente al azar con cinco y diez repeticiones, con una planta como unidad experimental. Se realizó una poda de prebrotación el 17 de agosto del 2017 dividida en 4 tratamientos de poda: el control (tratamiento sin poda), poda tradicional (forma de cono invertido), poda ventana (ventana expuesta en dirección SE) y poda ventana doble (ventanas expuestas en dirección SE y NO). El peso de poda extraído entre ramas, ramitas y hojas varió entre tratamientos, siendo mayor en el tratamiento con poda ventana doble y menor en el que se realizó con poda ventana simple. La brotación en el interior de la copa se midió 23 días después de la poda, desarrollándose próxima a los puntos de corte, incrementándose a medida que lo hacía el peso de poda, no presentándose brotes interiores en los árboles no podados. No se observaron diferencias significativas en la intercepción de luz en el interior de la copa, entre los árboles podados y los no podados. La intensidad de floración fue afectada por la carga de los frutos del ciclo anterior sin presentar respuesta a la poda. No se encontraron diferencias significativas en el rendimiento en kilogramos de fruta por árbol, entre los distintos tratamientos. Se constató que el 47% de los frutos no alcanzó el calibre de categoría exportable. Por otra parte, no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos de poda, con respecto al número, la calidad interna y la calidad externa de los frutos.

Palabras clave: Mandarina; Afourer; Poda; Brotación; Radiación incidente.

VII. SUMMARY

Citrus are Uruguay's main export fruit, with Europe and the USA markets as their main destinations. Planted area regarding to mandarins represents the second in order of importance in national citrus planting. The Afourer mandarin is a patented variety with high commercial value, in demand in the international market being its production of economic interest. It shows an excellent rate of growth and vigor with a fast entering into production. Although pruning is a cultural practice widely used in fruit growing, scarce scientific information is available regarding its effect and repercussions on the citrus systems in Uruguay. In this context, the aim of this study is to expand the available knowledge of pruning by measuring variables such as: Intercepted radiation, sprouting inside the canopy, flowering, fruit set, yield and fruit quality both external and internal. The study was carried out in a commercial establishment located in Montevideo (Uruguay, 34 °SL), in a 10 years-old orchard planted with "Afourer" mandarin (*Citrus reticulata* Bl) grafted on "Trifolia" (*Poncirus trifoliata* L. Raf.). A completely randomized unbalanced block model with 5 and 10 replicates was used, with one plant as an experimental unit. Pruning was carried out on August 17th. 2017 before bud sprouting, divided into 4 treatments: control (no pruning), traditional pruning (inverted cone shape), window pruning (window exposed in SE direction) and double window pruning (window exposed in SE and NW direction). The weight of removed branches, twigs and leaves varied between pruning treatments, resulting higher in double window pruning than in single window pruning. Sprouting inside the canopy was measured 23 days after pruning, developing sprouts close to the cutting points and increasing as pruning weight did, while no internal shoots were found in the non-pruned trees. No significant differences were found regarding intercepted radiation in the inner zone of the canopy in pruned and non-pruned trees. Flowering intensity was affected by the fruit load of the previous cycle without showing any response to pruning. No significant differences were found in final yield (kilograms of fruit per tree) due to the type of pruning. It was found that 47% of the fruits did not reach the size of exportable category, as well as no significant differences were detected regarding fruit quality both internal and external due to the type of pruning.

Keywords: Mandarin; 'Afourer'; Pruning; Sprouting; Intercepted radiation.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Abbott, C. 1935. Blossom-bud differentiation in citrus trees. American Journal of Botany. 22 (4):476-485.
2. Agustí, M.; Martínez-Fuentes, A.; Reig, C.; Mesejo, C. 2005. Comportamiento agronómico del Tangor "Afourer". Levante Agrícola. 375:124-128.
3. _____. 2012. Citricultura. 2ª. ed. Madrid, España, Mundi-Prensa. 422 p.
4. Ahmad, S.; Ahmad Chatha, Z.; Nasir, M. A.; Aziz, A.; Ahmad Virk, N.; Rehman Khan, A. 2006. Effect of Pruning on the Yield and Quality of Kinnow Fruit. Journal of Agriculture and Social Sciences. 2 (1):51-53.
5. Arbiza, H.; Ferenczi, A.; Gambetta, G.; Rivas, F.; Gravina, A. 2003. Physiological and Yield Responses to Pruning in Three Citrus Cultivars. In: International Citrus Congress (9th., 2000, Orlando, USA). Proceedings. Orlando, FL, International Society of Citriculture. pp. 475-478.
6. Argyle, D. B. 1963. Pruning citrus trees. Journal of the Department of Agriculture. 4 (8):499-504.
7. Azevedo, F. A.; Barbosa Lanza, N.; Rodríguez Sales, C. R.; Silva, K. I.; Barros, A. L.; Negri, J. D. 2013. Poda na citricultura. Citrus Research & Technology (Cordeirópolis). 34 (1):17-30.
8. Bacon, P. E.; Bevington, K. B. 1978. Effect of time of hedging on shoot growth and flowering in citrus. Journal of the International Society of Citriculture. 1:314-316.
9. _____.; _____. 1981. The Effect of Hedging Time on Regrowth and Flowering of Mature Valencia Orange Trees. Australian Journal of Agricultural Research. 32:61-68.
10. Bailey, L. H. 1926. The cultivation of citrus fruits. London, Macmillan. 587 p.

11. Barry, G. H.; Castle, W. S. 2004. Juice Quality of "Valencia" Sweet Oranges Borne on Different Inflorescence Types. *HortScience*. 39:33-55.
12. Beretta, M. J. G.; Rodas, V.; Junior García, A. 1996. Control of Citrus Variegated Chlorosis by Pruning. (en línea). *International Organization of Citrus Virologists Proceedings*. 13 (13):378-379. Consultado 4 oct. 2021. Disponible en <https://escholarship.org/uc/item/8875230n>.
13. Bevington, K. B.; Bacon, P. E. 1978. Effect of hedging on the productivity of Valencia orange trees. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 18 (93):591-596.
14. Blanke, M. M. 2000. Photoinhibition in Citrus. *In*: *International Citrus Congress (9th, 2000, Orlando, FL). Proceedings*. Orlando, FL, International Society of Citriculture. pp. 619-622.
15. Borges, A.; Espino, M.; Severino, V.; Arbiza, H.; Gravina, A. 2005. Respuesta fisiológica y productiva de mandarina 'Nova' [*Citrus Reticulata* Bl. x (*C. paradisi* Macf. x *C. tangerina* Hort. ex. Tan.)] a diferentes épocas e intensidades de poda. *In*: *Simposio de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Citrus (2^o, 2005, Montevideo). Trabajos presentados*. Montevideo, Facultad de Agronomía. s.p
16. Casierra-Posada, F.; Fischer, G. 2012. Poda de árboles frutales. *In*: Fischer, G. ed. *Manual para el cultivo de frutales en el trópico*. Bogotá, Produmedios. pp. 169-185.
17. Castillo, P. 2005. Técnicas de cultivo para mejora de la calidad de en limonero. *Vida Rural*. 210:24-29.
18. Cohen, S.; Moreshet, S.; Guillou, L.; Simon, J.; Cohen, M. 1997. Response of citrus trees to modified radiation regime in semi-arid conditions. *Journal of Experimental Botany*. 48 (306):35-44.
19. _____.; Raveh, E.; Li, Y.; Grava, A.; Goldschmidt, E. E. 2005. Physiological responses of leaves, tree growth and fruit yield of grapefruit trees under reflective shade screens. *Scientia Horticulturae*. 107:25-35.

20. Cronje, P.; Barry, G. H. 2013. Canopy Position Affects Pigment Expression and Accumulation of Flavonoid Carbohydrates of "Nules Clementine" Mandarin Fruit, Thereby Affecting Rind Condition. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 38:217-224.
21. Da Cunha Barros, M.; Gravina, A. 2006. Influencia del tipo de brote en el cuajado y el crecimiento del fruto del tangor ortanique. *Agrociencia (Uruguay)*. 10 (1):37-46.
22. De Andrade, D. J.; Pattaro, F. C.; De Moraes, M. R.; De Lima Barbosa, C.; Leite De Olivera, C. A. 2013. Aspectos técnicos e econômicos da poda e do controle químico de *Brevipalpus phoenicis* no manejo da leprose dos citros. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 35 (2):409-424.
23. Deidda, P.; Filigheddu, M. R.; Canu, A. Farro, L.; Benincasa, F. 1992. Light distribution on citrus canopy affects physiological parameters and fruiting pattern. *Sassari (Italy)*. 34:115-122.
24. Dhaliwal, H. S.; Sharma, L. K.; Banke, A. K.; Brar, J. S.; Bali, S. K. 2013. Investigations on Growth Behaviour of "Kinnow" (*Citrus reticulata*) Mother Plants Pruned at Different Intensities. *Middle-East Journal of Scientific Research*. 16 (1):135-140.
25. Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; González, L.; Tablada, M.; Robledo, C. W. 2020. *InfoStat versión 2020*. (en línea). Córdoba, Universidad Nacional de Córdoba. FCA. s.p. Consultado 15 feb. 2020. Disponible en <https://www.infostat.com.ar/>.
26. Dussi, M. C. 2007. Árboles frutales ecofisiología cultivo y aprovechamiento: intercepción y distribución lumínica en agroecosistemas frutícolas. Buenos Aires, UBA. Facultad de Agronomía. pp. 201- 237.
27. Fasiolo, C.; Inzaurrealde, 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 (3º., 2010, Salto). Trabajos presentados. Salto, Facultad de Agronomía. pp. 68-71.
28. Ferenczi, A.; Gambetta, M.; Franco, J.; Arbiza, H.; Gravina, A. 1999. Crecimiento del fruto, tamaño final y productividad en naranja

- “Valencia” (*Citrus sinensis* L. Osb.) con la aplicación del ácido 2,4-diclorofenoxipropionico. *Agrociencia* (Uruguay). 3(1):51-57.
29. Fischer, G. 2000. Efectos de las condiciones en prescosecha sobre la calidad poscosecha de los frutos. *Revista Comolfi*. 27 (1):39-50.
 30. Fornero Parodi, C.; Galiger Ristich, S.; Inzaurrealde Rosano, C. 2012. Estudio del comportamiento reproductivo de la mandarina ‘Afourer’ (*Citrus reticulata* Blanco). Tesis Ing. Ag. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 54 p.
 31. Fucik, J. 1978. Citrus tree size control: adapting hedging, topping and pruning practices to various orchard designs and tree spacings. *Journal of the International Society Citriculture*. 3:309-314.
 32. Gambetta, G.; Gravina, A.; Inzaurrealde, C.; Galier, S.; Bentancur, O.; Mesejo, C.; Agustí, M. 2010. Relación entre la temperatura y el cambio de color de los frutos de mandarina “Clemenules”. In: Simposio de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Citrus (3º., 2010, Salto). Trabajos presentados. Salto, Facultad de Agronomía. pp. 148-151.
 33. _____.; Martínez-Fuente, A.; Bentancur, O.; Mesejo, C.; Reig, C.; Gravina, A.; Agustí, M. 2012. Hormonal and Nutritional Changes in the Flavedo Regulating Rind Color Development in Sweet Orange [*Citrus sinensis* (L.) osb.]. *Journal of Plant Growth Regulation*. 31:273-282.
 34. _____.; Gravina, A.; Fasiolo, C.; Fornero, C.; Galiger, S.; Inzaurrealde, C.; Rey, F. 2013. Self-incompatibility, parthenocarpy and reduction of seed presence in “Afourer” mandarin. *Scientia Horticulturae*. 164:183-188.
 35. _____.; Mesejo, C.; Gravina, A.; Agustí, M.; Fasiolo, C.; Rey, F.; Reig, C.; Martínez-Fuentes, A.; Bentancur, O. 2014a. Cobertura del suelo con cal: efecto en la reducción de la temperatura y cambio de color de mandarinas precoces. *Agrociencia* (Uruguay). 19 (1):2301-1548.
 36. _____.; _____.; Martínez-Fuentes, A.; Reig, C.; Gravina, A.; Agustí, M. 2014b. Gibberellic acid and norflurazon affecting the time-course of flavedo pigment and abscisic acid content in “Valencia” sweet orange. *Scientia Horticulturae*. 180:94-101.

37. García-Luis, A.; Almela, V.; Monerri, C.; Agustí, M.; Guardiola, J. L. 1986. Inhibition of flowering in vivo by existing fruits and applied growth regulators in *Citrus unshiu*. *Physiologia Plantarum*. 66:515-520.
38. Gou, Y.; Zhou, H.; Zhang, L. 2006. Photosynthetic characteristics and protective mechanisms against photooxidation during high temperature stress in two citrus species. *Scientia Horticulturae*. 108(3):260-267.
39. Goldschmidt, E. E.; Monselise, S. P. 1977. Physiological assumptions toward the development of a Citrus fruiting model. In: International Citrus Congress (2nd, 1977, Orlando, USA). Proceedings. Lake Alfred, FL, International Society of Citriculture. pp. 668-672.
40. Gravina, A.; Fornero, C.; Galiger, S.; Inzaurrealde, C.; Fasiolo, C.; Gambera, G. 2011. Partenocarpia, polinización cruzada y presencia de semillas en mandarina "Afourer". *Agrociencia* (Uruguay). 15(2):40-47.
41. _____. 2014a. Fisiología de citrus. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 145 p.
42. _____.; Fasiolo, C.; Rey, F.; Polti, S. 2014b. Recuperación de árboles de limón afectados por heladas. In: Simposio de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Citrus (4º, 2014, Salto). Trabajos presentados, Salto, Facultad de Agronomía. p. irr.
43. _____. 2016. Mejora de la productividad en mandarina 'Afourer' en aislamiento de polinización cruzada. *Agrociencia* (Uruguay). 20(2):22-28.
44. Greene, B. A.; Gerber, J. F. 1969. Radiant Energy Distribution in Citrus Trees. *HortScience*. 1:77-85.
45. Guardiola, J. L.; García-Marí, F.; Agustí, M. 1984 Competition and fruit set in the Washington navel orange. *Physiologia Plantarum*. 62:297-302.
46. _____.; Almela, V.; Barrés, M. T. 1988a. Dual effect of auxins on fruit growth in "Satsuma" mandarin. *Scientia Horticulturae*. 34:229-237.

47. _____. 1988b. Factors limiting productivity in citrus a physiological approach. In: International Citrus Congress (7th., 1988, Tel Aviv, Israel). Proceedings. Acireale, International Society of Citriculture. pp. 381-394.
48. _____. 1992. Fruit set and growth. In: International Seminar on Citrus Physiology (2nd., 1992, Bebedouro). Proceedings. Bebedouro, Sao Paulo, FUNEP. pp. 1-30.
49. Guimaraes, N. 2016. Optimización de rendimiento de mandarina “Afourer” [*Citrus reticulata* Blanco] en aislamiento de polinización cruzada. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 78 p.
50. Gussakovsky, E. E.; Driesenaar, A. R. J.; Ratner, K.; Shahak, Y.; Malkin, S. 1993. Photoinhibition (Light stress) in citrus leaves. In: International Symposium on Orchard and Plantation Systems (4th., 1993, Tel Aviv). Proceedings. Acta Horticulturae. no. 349:139-144.
51. _____.; Shahak, Y. 1995. Photoinhibition in lemon leaves. Israel Journal of Plant Science 43:182 (Abstract).
52. Harding, P. L.; Thomas, E. E. 1942. Relation of ascorbic acid concentration in juice of Florida grapefruit to variety, rootstock, and position of fruit on the tree. Journal of Agricultural Research. 64:57-61.
53. Hayat, A.; Ul-Haque, E.; Asim, M.; Anjum, N.; Zubair, M.; Nawaz, M.; Salik, R. 2019. Response of kinnow crop with respect to growth, yield and quality to different levels of pruning. World Journal of Biology and Biotechnology. 4(1):1-5.
54. Hernández, F. 2017. Respuesta vegetativa y productiva de la mandarina “Afourer” a distintos tipos de poda y manejo de la brotación interior. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 78 p.
55. Herrera, L.; Grillo, H.; Pulgarón, A.; Ruiz, B. 1993. La poda de saneamiento en cítricos. Agriscience. 20:33-44.
56. Heuvel, J.; Pardo, J.; Quirós, S.; Espinoza, L. 1986. Agroclimatología tropical. San José, CR, Universidad Estatal a Distancia. 378 p.

57. Hu, L.; Xia, R.; Xiao, Z.; Haung, R.; Tan, M.; Wnag, M.; Wu, Q. 2007. Reduced leaf photosynthesis at midday in citrus leaves growing under field or screenshouse conditions. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 82(3):387-392.
58. Iglesias, D. J.; Tadeo, F. R.; Talón, M. 2003. Relación entre productividad, superficie foliar y fotosíntesis en cítricos. *Levante Agrícola*. 364:30-36.
59. Intrigliolo, F.; Roccuzzo, G. 2011. Modern trends of Citrus pruning in Italy. *Advances in Horticultural Science*. 25(3):187-192.
60. Izumi, H.; Ito, T.; Yoshida, Y. 1992. Effect of Light Intensity during the Growing Period on Ascorbic Acid Content and Its Histochemical Distribution in the Leaves and Peel, and Fruit Quality of Satsuma Mandarin. *Journal Japan Social Sciences*. 61 (1):7-15
61. Jifon, J. L.; Syvertsen, J. P. 2003. Moderate shade can increase net gas exchange and reduce photoinhibition in citrus leaves. *Tree Physiology*. 23(2):119-127.
62. Jiménez-Cuesta, M.; Cuquerella, J.; Martínez-Jávega, J. M. 1981. Determination of a color index for citrus fruit degreening. *In*: International Citrus Congress (1981, Tokyo, Japan). Proceedings. Shizuoka, International Society of Citriculture. pp. 750-753.
63. 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*. 79:185-194.
64. Krajewski, A. J. 1995a. Bud Age Affects Sprouting and Flowering in Clementine Mandarin (*Citrus reticulata* Blanco). *HortScience*. 30: 1366-1368.
65. _____.; Rabe, E. 1995b. Citrus flowering: a critical evaluation. *Journal of Horticultural Science*. 70(3):357-374.
66. _____.; Pittaway, T. 2000. Manipulation of Citrus Flowering and Fruiting by Pruning. *In*: International Citrus Congress (9th, 2000, Orlando, USA). Proceedings. Orlando, FL, International Society of Citriculture. pp. 357-360.

67. _____. 2011. Canopy Management of Sweet Orange, Grapefruit, Lemon, Lime and Mandarin Trees in the Tropics: principles, practices and commercial experiences. *Acta Horticulturae*. no. 894:65-76.
68. Kretchman, D. W.; Jutras, P. J. 1963. The Relationship of Pruning for Invigoration to Freeze Damage of Mature Citrus Trees. *Journal of the Florida State Horticultural Society*. 1722:91-94.
69. Machado Caruso, E.; Tambelli Schmidt, P.; Lázaro Medina, C.; Vasconcelos Ribeiro, R. 2005. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 40 (12):1161-1170.
70. _____.; Ferraz de Olivera, R.; Vasconcelos, R.; Lázaro, C.; Sanches, E.; Pavani, L. 2007. Deficiência Hídrica agrava os sintomas fisiológicos da clorose variegada dos citros em laranjeira 'Natal'. *Bragantia*. 66(3):373-379.
71. Martiz, J. 2014. Aumento de la eficiencia de la mano de obra en cítricos mediante manejos de poda. *Redagrigola*. 67:36-41.
72. Medina, C. L.; Souza, R. P.; Machado, E. C.; Ribero, R. V.; Silva, J. A. B. 2002. Photosynthetic response of citrus grown under reflective aluminized polypropylene shadin nets. *Scientia Horticulturae*. 96:115-125.
73. Mendonça, V.; Darlan Ramos, J.; Moraes Rufini, J. C.; Elviro de Araújo Neto, S.; Pretti Rossi, E. 2006. Qualidade de frutos da tangerina 'Ponkan' após poda de recuperação. *Ciências Agrárias*. 30 (2):271-276.
74. Mesejo, C.; Martinez-Fuente, A.; Reig, C.; Balasch, S.; Primo-Milo, E.; Agusti, M. 2019. Mechanical pruning attenuates alternate bearing in "Nadorcott" mandarin. *Scientia Horticulturae*. 261:1-9.
75. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2020. Resultados de la encuesta citrícola primavera 2020. Montevideo. 3 p.

76. Mika, A. 1986. Physiological Responses of Fruit Trees to Pruning. In: Janick, J. ed. Horticultural reviews. Hoboken, Wiley. cap. 9, pp. 337- 367.
77. Morales, P.; Davies, F. S. 2000. Pruning and Skirting Affect Canopy Microclimate, Yields, and Fruit Quality of 'Orlando' Tangelo. HortScience. 35(1):30-35.
78. _____. 2002. Pruning and skirting effects on canopy microclimate, growth, and flowering of "Orlando" tangelo trees. Journal of Horticultural Society. 115:22-26.
79. Moss, G. I. 1969. Influence of temperature and photoperiod on flower induction and inflorescence development in sweet orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck). Journal of Horticulture Science. 44:11-20.
80. _____. 1972. The Influence of Temperature During Flower development on the subsequent fruit-set of sweet orange (*Citrus sinensis*), CV. "Washington Navel". Horticultural Research. 13:65-73.
81. Muñoz-Fambuena, N.; Mesejo, C.; Gonzales-Mas, M. C.; Primo-Millo, E.; Agustí, M.; Iglesias, D. J. 2011. Fruit regulates seasonal expression of flowering genes in alternante bearing 'Moncada' mandarin. Annals of Botany (London).108:511-519.
82. Nadori, E. B. 2004. Nadorcott Mandarin: a promising new variety. In: International Citrus Congress (10th., 2004, Agadir, Morocco). Proceedings. Agadir, Morocco, International Society of Citriculture. v.1, pp. 356-359.
83. Ocampos, M. 2018. Respuesta productiva de mandarina "Afourer" a dosis crecientes de fertilización nitrogenada y potásica. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 82 p.
84. Orduz-Rodríguez, J. O. 2011. Potencial de rendimiento y calidad de 13 variedades e híbridos comerciales de cítricos en condiciones del piedemonte llanero de Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. 5 (2):171-185.
85. Otero, A.; Goñi, C. 2015. Estrategias de manejo para la recuperación de plantas cítricas dañadas por heladas. In: Resultados de

investigación en citricultura: genética, sanidad, productividad.
Montevideo, INIA. pp. 41-44 (Actividades de Difusión no. 752).

86. Philips, R. L. 1978. Hedging and topping citrus in high density plantings. *Proceedings of the Florida State of Horticultural Society*. 91:43-46.
87. Reitz, H. J.; Sites, J. W. 1948. Relation Between Position on tree and analysis of citrus fruit with special preference to sampling and meeting internal grades. *Proceedings of the Florida State of Horticultural Society*. 61:80-90.
88. Rodríguez Pagazaurtundúa, J. J.; Villalba Buendía, D. 1998. Poda de los cítricos. Valencia, Generalitat Valenciana Agroambient. 15 p. (Cuadernos de Tecnología Agraria. Serie citricultura no. 2).
89. Rouse, B. 2013. Rehabilitation of HLB Infected Citrus Trees using Severe Pruning and Nutritional Sprays. *HortScience*. 126:51-54.
90. Sansavini, S. 1978. Mechanical pruning of Fruit Trees. *Acta Horticulturae*. no. 65:183-197.
91. Santarosa, E.; Koller, O. C.; Casamali, B.; Petry, H. B. 2013. Produção e qualidade físico-química de frutos de laranjeiras "Valencia" em diferentes intensidades e frequências de poda. *Revista Brasileira de Fruticultura (Jaboticabal)*. 35 (3):790-798.
92. Santarosa, M. 2009. Frequência e intensidade de poda em pomares jovens de laranjeiras "Valencia" sob sistemas de manejo orgânico e convencional. Tesis Mestre em Fitotecnia. Porto Alegre, Brasil. Universidad Federal do Rio Grande do Sul. Facultad de Agronomía. 100 p.
93. Sartori, I. A.; Koller, O. C.; Theisen, S.; Dutra De Souza, P. V.; Bender, R. J.; Bettio Marodin, G. A. 2007. Efeito da poda, raleio de frutos e uso de fitorreguladores na produção de tangerineiras (citrus deliciosa Tenore) cv. Montenegrina. *Revista Brasileira de Fruticultura (Jaboticabal)*. 29:5-10.
94. Saunt, J. 2000. Citrus varieties of the world: an illustrated guide. 2nd. ed. Norwich, Sinclair. 156 p.
95. Sites, J. W.; Reitz, H. J. 1950. The Variation in Individual Valencia Oranges from Different Location of the Tree as a Guide to

Sampling Methods and Spot-Picking for Quality. Proceedings of the American Society for Horticultural Science. 55:73-80.

96. Spiegel-Roy, P.; Goldschmidt, E. E. 1996. Biology of citrus. Cambridge, Cambridge University. pp. 70-117.
97. Toker, D. P. H.; Wheaton, T. A.; Mauro, R. P. 1994. Citrus tree Pruning Principles and Practice. Gainesville, Florida, University of Florida. 9 p.
98. Uruguay XXI (Instituto de Promoción de Inversiones y Exportaciones del Uruguay, UY). 2017. Oportunidad de inversión Agronegocios. (en línea). Montevideo. 46 p. Consultado 2 ago. 2021 Disponible en http://www.camaramercantil.com.uy/uploads/cms_news_docs/Informe-Agronegocios-Marzo-2018-Uruguay-XXI.pdf
99. USPTO (United States Patent Trademark Office, US). 1998. Mandarin tangerine called Nadorcott. (en línea). Washington, D. C. s.p. Consultado jun. 2017. Disponible en <http://www.google.com.uy/patents/USPP10480>
100. Valiente, J. I.; Albrigo, L. G. 2004. Flower Bud Induction of Sweet Orange Trees (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) Effect of Low Temperatures, Crop Load, and Bud Age. Journal of American Society Horticulture Science. 192 (2):158-164.
101. Vega, R. 2011. Eficiencia fotoquímica en hojas de distintas edades en naranjo (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) y vid (*Vitisvinifera* L.). Tesis Ing. Agr. Santiago, Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. 71 p.
102. Velázquez, B.; Fernández, E.; López, I.; Callejón, A. J. 2013. Prediction and evaluation of biomass obtained from citrus trees pruning. Journal of Food, Agriculture y Environment. 11 (3-4):1485-1491.
103. Vilches, F.; Pérez, J. 1998. Fundamentos y manejos de la poda en la clementina cv. Oronules. Influencia sobre la productividad y calidad. Levante Agrícola. 342:23-28.
104. Winston, J. R. 1947. Vitamin C content and juice quality of exposed and shaded citrus fruits. Proceedings of the Florida State Horticultural Society. 60:63-67.

105. Yfran, M.; Ruiz, J.; Ortiz, M.; Fuentes, M.; Michellod, M. 2019. Análisis de plaguicidas y calidad de frutos cítricos en el mercado interno de Corrientes-Argentina. Cultrop. 40(3):s.p.

IX. ANEXOS

1. Volumen de copa promedio pre cosecha expresada en m³ por tratamiento

Tratamiento	V1 (m ³)
C	12.24 a
PT	10.47 ab
PV	10.47 ab
PV2	9.64 b

V1 = volumen de copa tomado el 2/7/2018. Medidas seguidas de letras diferentes en columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

2. Altura y diámetro promedio de los distintos tratamientos en las dos fechas de medición de volumen de copa expresados en m

T	H1 (m)	H2 (m)	D1 (m)	D2 (m)
C	3,12 a	3,10 ns	2,72 ns	2,23 ab
PT	2,72 b	2,93	2,7	2,30 a
PV	2,81 ab	2,82	2,65	2,09 bc
PV2	2,86 ab	2,88	2,53	2,04 c

H1 altura (precosecha el 2/7/2018), H2= altura (postcosecha el 27/8/2018), D1= diámetro (precosecha el 2/7/2018), D2=diámetro (postcosecha el 27/8/2018). Medidas seguidas de letras diferentes en columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

3. Máximos, mínimos y promedios de radiación PAR interceptada entre el 1/9/2017 y el 26/12/2017, expresada en μ mol fotones m⁻² s⁻¹

Fecha	Medición	C	PT	PV	PV2
		Valores absolutos (μ mol fotones m ⁻² s ⁻¹)			
1/9/2017	máxima	111	271	170	267
	mínima	11	47	10	28
	Promedio	48	152	75	130
20/9/2017	máxima	79	442	349	244
	mínima	16	63	25	56
	Promedio	45	179	103	116
9/10/2017	máxima	52	174	115	174
	mínima	19	77	30	56

	Promedio	28	124	61	112
23/10/2017	máxima	125	351	328	411
	mínima	7	18	10	32
	Promedio	51	203	93	166
6/11/2017	máxima	160	202	190	293
	mínima	75	104	82	106
	Promedio	109	149	116	150
22/11/2017	máxima	180	780	430	409
	mínima	22	84	29	124
	Promedio	100	326	134	216
6/12/2017	máxima	243	451	511	339
	mínima	8	20	10	23
	Promedio	64	259	165	202
26/12/2017	máxima	66	477	384	349
	mínima	20	115	12	55
	Promedio	35	302	150	176

4. Máximos, mínimos y promedios de radiación PAR interceptada entre el 9/1/2018 y el 9/4/2018, expresada en $\mu \text{ mol fotones m}^{-2} \text{ s}^{-1}$

Fecha	Medición	C	PT	PV	PV2
		Valores absolutos ($\mu \text{ mol fotones m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)			
9/1/2018	máxima	120	576	317	350
	mínima	30	40	14	24
	Promedio	71	302	109	139
22/1/2018	máxima	80	709	348	243
	mínima	12	97	11	17
	Promedio	52	251	111	112
5/2/2018	máxima	52	246	125	93
	mínima	24	43	13	37
	Promedio	36	123	57	65
23/2/2018	máxima	83	356	146	172
	mínima	39	23	13	50
	Promedio	59	163	69	87
7/3/2018	máxima	112	307	281	245
	mínima	39	23	17	53
	Promedio	62	158	81	99
	máxima	76	369	85	131

23/3/2018	mínima	28	28	29	32
	Promedio	48	192	57	84
9/4/2018	máxima	42	121	138	189
	mínima	19	17	12	16
	Promedio	32	57	43	54