

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**RESPUESTA VEGETATIVA Y PRODUCTIVA DE LA MANDARINA
‘AFOURER’ A DISTINTOS TIPOS DE PODA Y MANEJO DE LA BROTAÇÃO
INTERIOR**

por

Fabiana HERNÁNDEZ MAZZINI

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2017**

Tesis aprobada por:

Director: -----
Ing. Agr. MSc. Alfredo Gravina

Ing. Agr. Dra. Giuliana Gambetta

Ing. Agr. Juan Carlos Codina

Fecha: 13 de diciembre de 2017

Autor: -----
Fabiana Paola Hernández Mazzini

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecerle a mi familia por el apoyo total a lo largo de toda la carrera: a mis padres Raquel y Walter, mi abuela Josefa y mis hermanos, Daniel y Pablo y a mi hermano de la vida Ayrton.

A mi tutor, Alfredo, por sus innumerables horas dedicadas con tanto cariño, por su paciencia traduciéndome el inglés y enseñándome todo lo que esté a su alcance.

A mi segunda tutora, Giuliana, por su apoyo, sus aportes y correcciones

Al grupo Ecofisiología de citrus, Mari, Cele, Pau, Naty y Gero, por la colaboración y los momentos compartidos.

A mis amigos de siempre.

Al personal del establecimiento “El Espinillo” por su colaboración.

Al personal de biblioteca por el constante apoyo y disposición en la búsqueda de material bibliográfico.

A compañeros, amigos, docentes y funcionarios de la Facultad de Agronomía, durante estos 5 años juntos.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VII
 1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	 1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 OBJETIVOS DE LA PODA	3
2.2 PODA DE FORMACIÓN.....	4
2.3 PODA DE PRODUCCIÓN	4
2.4 PODA DE REJUVENECIMIENTO	7
2.5 ÉPOCAS DE PODA.....	7
2.6 FRECUENCIA DE PODA	8
2.7 INTENSIDAD DE PODA.....	9
2.8 PODA MANUAL Y PODA MECÁNICA	10
2.9 INCIDENCIA DE LA PODA SOBRE EL DESARROLLO DEL ÁRBOL	11
2.9.1 <u>Copa</u>	11
2.9.1.1 Brotación y floración	11
2.9.1.2 Intercepción de luz	12
2.9.2 <u>Efecto de la poda en el crecimiento de las raíces</u>	16
2.9.3 <u>Efecto de la poda en la producción</u>	17
2.9.3.1 Rendimiento.....	17
2.9.3.2 Calidad de frutos.	17
2.10 PODA EN DISTINTAS VARIEDADES DE MANDARINAS.....	19
2.11 MANDARINA ‘AFOURER’	20
2.11.1 <u>‘Afourer’ en Uruguay</u>	21
2.11.1.1 Autoincompatibilidad	21

2.11.1.2	Control de la presencia de semillas en polinización abierta	21
2.11.1.3	Capacidad partenocárpica en ausencia de polinización cruzada	21
2.12	HIPÓTESIS.....	22
3.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	23
3.1	MATERIAL VEGETAL	23
3.2	TRATAMIENTOS DE PODA.....	24
3.3	EVALUACIÓN DE LA BROTAÇÃO INTERIOR	27
3.4	MEDICIÓN DE LUZ	27
3.5	EVALUACIÓN DE LA FLORACIÓN Y EL CUAJADO.....	28
3.6	EVALUACIÓN DE LA BROTAÇÃO DE VERANO	29
3.7	DIÁMETRO ECUATORIAL DE LOS FRUTOS	29
3.8	COLOR DE LOS FRUTOS	29
3.9	COSECHA	29
3.10	VOLUMEN DE COPA.....	31
3.11	CALIDAD EXTERNA E INTERNA	31
3.12	FLORACIÓN INTERIOR DEL SEGUNDO AÑO	32
3.13	DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	32
4.	<u>RESULTADOS</u>	34
4.1	PESO DE MADERA Y FOLLAJE ELIMINADO EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS DE PODA.....	34
4.2	BROTACIONES.....	34
4.2.1	<u>Brotación interior</u>	34
4.2.2	<u>Intensidad de floración</u>	35
4.2.3	<u>Brotación de verano – otoño</u>	36
4.3	EVOLUCIÓN DE LA RADIACIÓN PAR EN EL INTERIOR DE LA COPA	38
4.4	CUAJADO, EVOLUCIÓN DEL CRECIMIENTO DEL FRUTO Y COLOR	39
4.4.1	<u>Cuajado final del fruto</u>	39
4.4.2	<u>Evolución del diámetro ecuatorial del fruto</u>	40
4.4.3	<u>Evolución del color del fruto</u>	42
4.5	COMPONENTES DEL RENDIMIENTO	42
4.5.1	<u>Rendimiento por planta</u>	42

4.6 CALIDAD INTERNA.....	43
4.7 CALIDAD EXTERNA	44
4.8 FLORACIÓN INTERIOR EN EL SEGUNDO AÑO.....	45
5. <u>DISCUSIÓN</u>	47
6. <u>CONCLUSIONES</u>	57
7. <u>RESUMEN</u>	58
8. <u>SUMMARY</u>	59
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	60
10. <u>ANEXOS</u>	68

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Tratamientos aplicados.....	24
2. Peso de poda de las ramas y hojas removidas, según tratamiento, expresado en quilogramos.	34
3. Número de brotes medidos en el interior de la copa, contabilizados uno y dos meses después de la poda y longitud de los mismos (cm).....	35
4. Intensidad de floración expresada en promedio (flores/100nudos) según tratamiento de poda.	36
5. Número de brotes contabilizados en la brotación de otoño en las ramas marcadas.....	36
6. Número de chupones promedio eliminados por tratamiento, longitud (cm) y número de hojas promedio.....	37
7. Número promedio de chupones remanentes por tratamiento, porcentaje de chupones con al menos una respuesta de brotación lateral y distribución porcentual por tipo de respuesta.	37
8. Promedios, mínimos y máximos de radiación PAR interceptada en árboles con tratamiento de poda, expresada en μ mol fotones $m^{-2} s^{-1}$ y en porcentaje de la radiación total.....	39
9. Cuajado final de frutos por tratamiento de poda, expresado en porcentaje, evaluado en dos ramas por planta.	40
10. Rendimiento promedio ($kg\ planta^{-1}$), número de frutos por planta y por m^3 de copa y peso promedio de fruto, por tratamiento de poda.	43
11. Diámetro ecuatorial del fruto al momento de la cosecha (mm), según tratamiento de poda.	43

12. Parámetros de calidad interna de la fruta (sólidos solubles totales, acidez, ratio y porcentaje de jugo) por tratamiento de poda.	44
13. Daños cosméticos en la piel del fruto causados por viento (rameado), según tratamiento de poda.....	44
14. Niveles de daño por rameado.	45
15. Índice del color del fruto promedio por tratamiento, cuantificado al momento de la cosecha en una muestra de 30 frutos por árbol.....	45
16. Número total de flores totales en el interior de la copa, sobre chupones y en ramas secundarias (promedio por tratamiento), evaluada un año luego de realizada la poda.	46
17. Análisis foliar 2017 del cuadro de mandarina 'Afourer' A1.	53

Figura No.

1. Esquema de tres tipos de poda: copa, épsilon y puerta.	6
2. Zonas de intercepción solar en un árbol de manzana 'Red Delicious' (%).	14
3. Respuesta de la luz en especies C3 y C4	15
4. Imagen del predio "El Espinillo"	23
5. Pesado de la madera y follaje extraído con la poda.	24
6. Árbol con poda tradicional.....	25
7. Árbol con poda ventana.	26
8. Árbol no podado, tratamiento control.	27
9. Medición de la radiación PAR con ceptómetro a las 12:00 horas.	28
10. Rama exterior del árbol en plena floración.....	28
11. Ramas exteriores del flujo de brotación de verano - otoño.....	29
12. Cosecha del cuadro de mandarina 'Afourer' A1.....	30
13. Árboles previos a la cosecha.	30
14. Evaluación de la muestra de cosecha: peso de 5 frutos (g).	31
15. Severidad de los daños en la piel por rameado.	32

16. Respuestas de los “chupones” remanentes en el interior de la copa.....	38
17. Porcentaje del total de la radiación PAR interceptada durante el período (27/09/2016 – 26/03/2017) en el interior de la copa, por tratamiento de poda.	38
18. Correlación entre el cuajado de frutos (%) y la floración (flores/100nudos).	40
19. Evolución del diámetro ecuatorial del fruto evaluado en el período (08/02/2017 – 14/07/2017) por tratamiento de poda, medido en 30 frutos por planta (mm).	41
20. Evolución del color de la piel del fruto (ICC: $a/(L*b)*1000$) en el periodo (04/04/2017 – 14/07/2017) medido en 10 frutos por árbol, por tratamiento de poda.	42
21. Brotes interiores que surgieron como respuesta a un corte de poda.	48
22. Árboles del cuadro A1 en un marco de plantación 5m x 2m.	52
23. Esquema general de los factores y consecuencias que influyeron en la poda de mandarina 'Afourer'.	56

1. INTRODUCCIÓN

La citricultura en nuestro país abarca 14,9 mil hectáreas con 7 millones de plantas de las cuales el 89% se encuentran en producción y 49% bajo riego. La producción acumulada en el año 2016 fue de 271 mil toneladas agrupando naranjas, mandarinas, limones y pomelos, con un 51%, 35%, 13% y 0,45% respectivamente y el rendimiento promedio por planta fue de 43 kg (MGAP. DIEA, 2016).

La producción de cítricos ha tendido a la especialización y a la concentración, son 423 el número de explotaciones que existen en el país, las cuales se dividen por estratos de tamaño. Actualmente, cuatro empresas con más de 200 mil plantas producen el 61% del total; por otra parte, los citricultores de menos de 5 mil plantas son el 65% del total, pero explican solamente el 4% de lo producido. Dentro del territorio nacional, en el norte (Salto, Artigas y Paysandú) se encuentra la zona de producción principal, representando el 92% del total y allí se concentra la producción de naranjas, mandarinas y pomelos. En el sur (Colonia, Montevideo, San José y Canelones) se producen el 47% de los limones y es la especie más plantada (MGAP. DIEA, 2016).

En los últimos 5 años la producción nacional ha pasado por importantes variaciones en la producción; los dos principales problemas ocurridos se debieron a factores climáticos, como la sequía del 2010-2011 y las heladas del 2012 que afectaron la producción del siguiente año, no pudiendo comercializarse el 25% de la fruta. En relación al comercio internacional, las exportaciones se dirigen principalmente a los Países Bajos, la Federación Rusa, España, Reino Unido y Estados Unidos. Este último mercado tuvo su apertura en 2014 alcanzando 7,3 US\$ millones y obtuvo un crecimiento del 132% en 2015 logrando la suma total de 17 US\$ millones. Las mandarinas son el principal producto exportado en términos económicos y las naranjas en volumen (Uruguay XXI, 2015a).

En los últimos 10 años el 45% de la producción de fruta fue exportada en forma fresca. Asimismo, el 30% de la producción fue destinada al consumo interno y el restante 25% fue empleado por la industria nacional (Uruguay XXI, 2015b).

La naranja es la especie más relevante en la producción y las variedades en orden de importancia por superficie plantada, producción y número de plantas, son la 'Valencia', seguidas por 'Washington navel' y 'Salustiana' en tercer lugar. Los limones más plantados son 'Limón común' y 'Fino 49'. En mandarinas e híbridos, de acuerdo al número de plantas, las

'Satsumas' están en primer lugar, seguida por 'Nova' y 'Afourer' que ha superado a 'Ortanique' y 'Ellendale'.

El sector citrícola está atravesando un proceso de reconversión varietal acompañado de nuevas áreas de producción, enfocándose en variedades de demanda dinámica, en particular sin semilla, disminuyendo variedades como 'Ellendale' y 'Valencia' de menor valor comercial. Desde el punto de vista tecnológico busca mejorar tecnologías con especial énfasis en el riego (Uruguay XXI, 2015a).

En nuestro país la variedad 'Afourer' presenta uno de los porcentajes más bajos de plantas en producción respecto al total, lo que se explica por la presencia de montes jóvenes. Ocupa 487 hectáreas totales, de las cuales 69% tienen riego. Es una variedad de introducción relativamente reciente en el país, cuya superficie pasó de 0,8 % en 2006 del total de las mandarinas a 7% en 2016 (MGAP. DIEA, 2016).

Son árboles de hábito muy vigoroso, más altos que la mayoría de los cultivares de mandarinas incluso que su ascendiente 'Murcott'. Los árboles jóvenes muestran una excelente tasa de crecimiento y vigor y los árboles adultos tienen una copa redondeada en cuya parte superior se ubican varios brotes verticales.

Aunque la poda es una práctica de uso común en nuestra citricultura, no existe ninguna evidencia experimental sobre la respuesta de la mandarina 'Afourer' a diferentes tipos, épocas e intensidades de poda.

En este trabajo se plantean los siguientes objetivos:

Evaluar la respuesta vegetativa y reproductiva de la mandarina 'Afourer' a distintos tipos de poda.

Manejar el crecimiento de los brotes vigorosos (chupones) promovidos por los tratamientos de poda.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 OBJETIVOS DE LA PODA

Los objetivos principales que se proponen con la poda de los cítricos, es la formación del árbol, la regularización de la cosecha y la mejora de su calidad (Zaragoza et al. 2000, Agustí 2003, Gravina 2014a). La poda cambia la partición de asimilados buscando aumentar fruta de mayor tamaño (Krajewski y Pittaway, 2000). Adicionalmente permite optimizar la recolección de la fruta facilitando la cosecha y otras operaciones culturales (Vilches y Perez 1998, Rodríguez y Villalba 2000, Zaragoza et al. 2000, Gravina 2014a, Martiz 2014a).

Mendonça et al. (2005), Velázquez-Martí et al. (2013), Gravina (2014a), Martiz (2014a), afirman que uno de los objetivos primordiales de la poda es mejorar la distribución de la luz al interior de la copa, ya que de esa manera se amplía la zona productiva dentro de ésta. Vilches y Perez (1998) aseguran que eso favorece el cuajado de frutos y regula la productividad.

Otro de los objetivos para realizarla es el aumento de la efectividad de los productos fitosanitarios y de los reguladores de crecimiento, al mejorar su aplicación y distribución dentro de la copa (Vilches y Perez 1998, Rodríguez y Villalba 2000, Zaragoza et al. 2000, Martiz 2014a).

El tamaño del árbol, su forma y estructura se manejan con esta práctica cultural y se busca generar una estructura firme y ordenada para que el árbol pueda sostener la fruta que genera (Moss 1973, Martiz 2014a). En la poda se sacan ramas no deseadas, se establecen los límites en relación al tamaño buscado fijando una altura y densidad determinada y el árbol disminuye su vigor quedando más abierto para la mejor distribución de la luz (Krajewski y Pittaway, 2000).

Con la poda se logra: a) generar un balance entre el crecimiento vegetativo y reproductivo (Krajewski y Pittaway 2000, Zaragoza et al. 2000), b) regularizar la producción entre años (Borges et al., 2005) y c) disminuir la alternancia en árboles con esa tendencia (Moss 1973, Vilches y Perez 1998, Rodríguez y Villalba 2000, Velázquez-Martí et al. 2013, Martiz 2014a).

2.2 PODA DE FORMACIÓN

La poda de formación tiene como objetivo principal construir la estructura del árbol y así generar un armazón sólido que pueda ser capaz de sostener el peso de la fruta cosechada. Hasta los tres años no es recomendable intervenir, para dejar crecer libremente la planta, eliminando únicamente algunos brotes vigorosos para evitar la formación de heridas y un innecesario consumo de nutrientes. Luego se eligen entre dos y cinco ramas guías para representar el armazón principal (Vilches y Perez 1998, Agustí 2003).

Zaragoza y Alonso (1981) también afirman que los árboles no deben ser podados hasta pasados 2 o 3 años luego de su instalación; solamente se deben eliminar algunos brotes que interfieran con el correcto desarrollo de la planta. En este momento se debe priorizar la selección de las ramas principales, cuyo diámetro debe estar entre 50 y 70 mm. Medina (1989) agrega que siempre deben eliminarse los brotes del pie o injerto que pudieran salir por debajo del punto donde se ramifica el tronco principal.

Rodríguez y Villalba (2000) explican que, en la primera etapa de vida de los árboles, se debe definir la altura del tronco y a partir de la misma promover el crecimiento de las ramas principales que tendrá la planta. La manera en que se dispongan esas ramas puede ser varia y propone tres ideas: un sistema de formación libre, uno de formación tradicional y un tercer sistema dicotómico. En el primero solo se hacen intervenciones para eliminar ramas que se entrecrucen, en el segundo se eligen tres ramas que formen un ángulo de 120° aproximadamente y en el último se promueven ramas de crecimiento erecto, las cuales van a sostener las ramas de producción cuyo crecimiento será horizontal.

2.3 PODA DE PRODUCCIÓN

Hay muy pocos estudios realizados sobre esta temática y son pocas las formas de poda que se han evaluado, siendo la más común la poda denominada tipo tradicional, la cual presenta diferentes variaciones según el autor.

La poda de producción se lleva a cabo en árboles adultos y su implementación dependerá de la variedad en cuestión; el objetivo principal es la renovación de órganos de fructificación con el fin de relocalizar la fruta en distintas ramas de la copa (Rodríguez y Villalba, 2000).

Se busca una distribución nutricional entre las ramas que permita alcanzar un equilibrio entre la vegetación y la fructificación. La eliminación de una rama mejora la nutrición de las vecinas y la iluminación, ambos aspectos mejoran la producción de las mismas. Adicionalmente busca el control de la copa del árbol para facilitar su manejo, a través de la eliminación de pequeñas ramas, resacas, de los chupones y de las ramas altas, con el fin de mejorar la iluminación. También se remueven las ramas próximas al suelo y aquellas entrecruzadas (Agustí, 2003).

Los tipos básicos de poda son el despunte y el raleo. El primero busca eliminar el tramo apical de las ramas, promoviendo la brotación de las yemas situadas debajo del corte al eliminar la dominancia apical. El raleo, por el contrario, consiste en la eliminación de las ramas remanentes del árbol, en las cuales la dominancia apical no se ve afectada (Gravina, 2014a). El raleo se realiza para reducir la densidad de la copa disminuyendo los excesos de follaje, para permitir la entrada de luz en el interior. Su aplicación incide muy poco sobre la formación y el tamaño de la planta. El despunte se utiliza para generar la apertura de la copa o para retrasar el crecimiento en altura (García, 2011).

Otro corte utilizado es el “deschuponado” el cual se utiliza para eliminar los brotes vigorosos denominados “chupones”. Debe realizarse antes de que el brote realice un consumo elevado de energía (García, 2011).

Una alternativa a la poda clásica es la poda llamada “ventana” o “puerta”. Consiste en remover una rama completa o parte de ésta según el formato previo del árbol y dejar una abertura orientada hacia el oriente, con el objetivo de recibir el sol de la mañana. Los investigadores que estudiaron este tema remarcan que, con el sistema de ventana, se demora menos en cosechar y se obtiene un mayor rendimiento por árbol. A su vez se logra una mejor distribución de la radiación al interior de la copa; sin embargo, hacia fines del verano la aparición de chupones bloquea el paso de la radiación en el centro del árbol (Martiz, 2014a).

Son pocos los antecedentes reportados de trabajos realizados con poda en ventana. Oren (1988) fue uno de los autores de un estudio llevado a cabo en Israel con árboles viejos de mandarina ‘Clementina’ realizado con el objetivo de facilitar los manejos generales y para mejorar el tamaño de fruta. La abertura de la ventana en este tipo de poda se orientó hacia el sur.

Martiz (2014a) fue una de las pioneras en realizar ensayos en el que se prueba la poda en puerta en el hemisferio sur (Chile); en el estudio que llevaron a cabo prueban cuatro sistemas de poda: puerta oriente, puerta poniente, épsilon y copa (Figura 1).

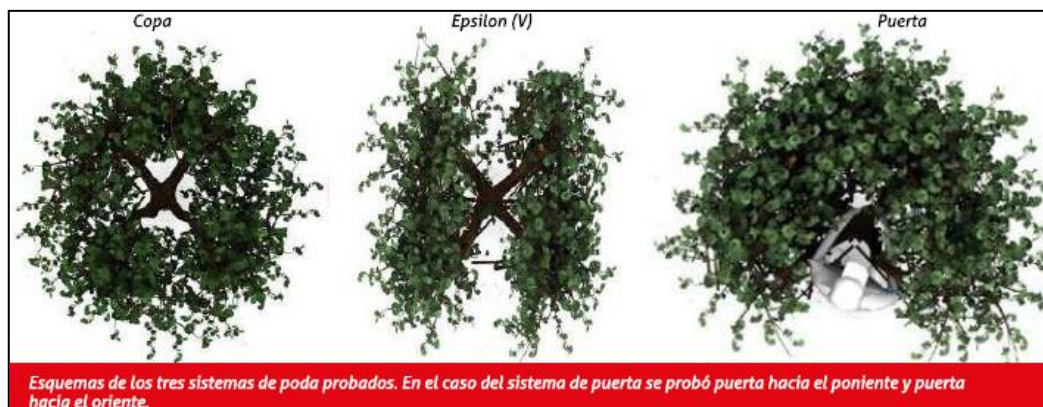


Figura 1. Esquema de tres tipos de poda: copa, épsilon y puerta.
Fuente: Martiz (2014a).

Para la poda en puerta, los autores resaltan que tiene un efecto positivo en lograr ahorros en la mano de obra, porque es fácil implementa y mantener en los años posteriores. Facilita la entrada de los trabajadores al interior del árbol para realizar las tareas anuales, entre ellas la cosecha. En el sistema de copa eso resulta una dificultad porque el cosechador debe abrir el denso follaje y luego buscar la fruta dentro. Otro aspecto positivo de este sistema, es la distribución de los fitosanitarios y los reguladores de crecimiento ya que al existir una apertura, el producto llega fácilmente al interior del árbol y se distribuye mejor.

Con respecto al sistema épsilon ilustrado en la imagen, uno de los aspectos negativos es que genera mayor proporción de fruta con quemado de sol y también por helada, así como quemadura en la madera.

En relación al producto cosechado, si bien no hubo diferencias significativas en el rendimiento entre los sistemas estudiados, la poda en ventana fue la que presentó mayor porcentaje de fruta de exportación (Martiz, 2014a).

2.4 PODA DE REJUVENECIMIENTO

La poda de rejuvenecimiento se basa en la existencia de yemas adventicias capaces de desarrollarse después de varios años de vida latente, lo que permite regenerar la estructura del árbol. Lo ideal es realizar este tipo de poda en árboles cuya debilidad sea originada por la edad.

Se trata de una intervención severa a través de la cual se expone al árbol a un gran desequilibrio entre la copa y las raíces (Rodríguez y Villalba, 2000).

Se realiza en árbol viejos, en los que se detecta una reducción progresiva de la cosecha. Es un requisito indispensable que las plantas estén sanas para soportar la intervención. Con esta práctica la cosecha se anula, al menos, durante los próximos dos años, luego va aumentando gradualmente y a largo plazo, la producción supera lo que se obtendría si no se hubiera realizado la poda (Agustí, 2003).

Medina (1989) explica que en la renovación se pueden respetar las ramas principales y suprimir únicamente las secundarias y en casos extremos se procede a la completa restauración de la copa, cortando las ramas principales a 15-20 cm desde la base.

Este tipo de poda también se utiliza cuando se hacen cambios de copa para cambiar la variedad, en este caso el objetivo no es regenerar la planta (Agustí, 2003).

2.5 ÉPOCAS DE PODA

Grünberg (1952), Medina (1989), Krajewski y Pittaway (2000), Rodríguez y Villalba (2000), Agustí (2003), Ahmad (2006), Gravina (2014a), Martiz (2014a), afirman que la poda debe hacerse luego de la cosecha en el invierno o temprano en la primavera con la consideración de la ocurrencia de heladas tardías, resultando beneficiosa si se hace antes de la brotación y floración. Remarcan que no se lograrían los objetivos realizándose después de la floración porque lo que se busca es la redistribución de los carbohidratos y la regulación de la carga frutal. Borges et al. (2005) indican que la poda prebrotación, en términos generales, resulta en una mayor regularidad en rendimiento entre años y es la que genera menores descartes de fruta acumulados.

Bevington (1980) realizó un experimento de forma mecánica en el que se evaluó la respuesta de plantas cítricas a diferentes épocas de poda. La

misma se realizó en primavera, verano y temprano en el otoño. Los resultados indican que la poda de primavera y la de verano estimularon el crecimiento vegetativo y reproductivo, generando un flujo de brotación inmediato, a diferencia de la poda en otoño que se vio retrasada y en comparación, la brotación se redujo un 47% y no hubo floración 12 meses después. El autor explica que la poda en esta época se ve perjudicada por el comienzo de las temperaturas más frías. Moss (1973), obtuvo resultados similares, ya que el rebrote luego de la poda primaveral generó brotes de crecimiento vigorosos; en el caso de la poda realizada en otoño la brotación se restringió totalmente. Similares resultados fueron reportados por Gravina (2014a). En el caso de la poda realizada temprano en el verano los resultados mostraron crecimientos de poco vigor.

Grünberg (1952) señala que la peor época de poda es en el verano porque la planta aprovecha muy poco del estímulo ambiental de la primavera para formar el esqueleto y generar nuevas ramas. Además, expone a la planta a sufrir mayor daño de sol al eliminar ramas con hojas, aumentando la susceptibilidad de los nuevos brotes a las heladas del otoño. Agustí (2003), Gravina (2014a) agregan que la poda estival supone una reducción de la cosecha porque con las ramas y hojas eliminadas se van frutos que se encuentran en la fase 2 de crecimiento, reduciendo el número de frutos cosechados y consecuentemente el rendimiento.

2.6 FRECUENCIA DE PODA

Son varias las opiniones existentes respecto a la frecuencia con la cual se debería realizar la poda, dependiendo de la especie, de la variedad y de la producción lograda en el ciclo anterior.

Vilches y Perez (1998) hablan en términos generales de una frecuencia de 2 años. Zaragoza y Alonso (1981) mencionan la posibilidad de podar anual o bianualmente según la especie y la variedad. En el caso de 'Clementina' y 'Satsuma' puede realizarse todos los años o cada dos, sin embargo, para las naranjas como la 'Navelate' o 'Valencia late' debe hacerse anualmente. Por otro lado, para variedades de limón como por ejemplo 'Fino' la frecuencia recomendada es bianual.

Bevington (1980), Krajewski y Pittaway (2000), Rodríguez y Villalba (2000), Velázquez-Martí et al. (2013), Martiz (2014a), reportan que la poda en términos generales debe hacerse todos los años, sin embargo los últimos dos autores mencionan que hay que tener en cuenta lo sucedido en el ciclo anterior y hacer variar la intensidad, es decir que si se espera una floración alta se debe

podar de manera más intensa y si la situación es la contraria, solo se hace una poda de mantenimiento, eliminando lo menos posible.

Rodríguez y Villalba (2000) explican que mientras más largos son los periodos entre podas, las ramas a cortar se habrán hecho más gruesas, el tiempo necesario para hacerlo será mayor y se le harán al árbol heridas más grandes, generando una vía de entrada de patógenos. A su vez los recursos (agua, nutrientes minerales y carbohidratos) empleados en la formación de esas ramas podrían haber sido aprovechados en otras estructuras que permanezcan en el árbol.

2.7 INTENSIDAD DE PODA

La intensidad con que se realiza la poda fue estudiada en diversos trabajos experimentales y presenta una gran variación en cuanto a las formas de medirla, reportándose diferentes criterios para definirla. Sin embargo, como factor común, se manejan tres niveles: poda severa, moderada y liviana o leve, dependiendo en gran medida de la especie, de la variedad y de los resultados productivos del ciclo anterior.

Arbiza et al. (2000) evaluaron diferentes niveles de poda en árboles de naranja 'Valencia', estimó en porcentaje de área foliar removida por árbol. En el caso de la poda severa indica valores entre 20 y 35% y en el caso de la poda liviana, de 5 a 10%. En el mismo trabajo, para el caso de la mandarina 'Clementina de Nules', con la poda severa se removieron 28,4 kg de madera y hojas por árbol y con la poda liviana 14,4 kg. En el caso de la variedad 'Ortanique' se establecieron tres niveles: poda severa, moderada y leve con 36 kg, 19 kg y 13,2 kg de madera con hojas removidas respectivamente.

Ingle et al. (2005) utilizan otro tipo de medición y evalúan las intensidades de poda en función de los centímetros que se le quitan a una rama, en poda liviana elimina entre 15 y 25 cm, en poda moderada de 25 a 45 cm y en poda severa de 45 a 75 cm.

En un estudio realizado sobre árboles de naranja 'Navel' plantados a una densidad muy baja, en un marco de plantación de 7m x 7m, con una edad de 50 años, se explica el significado de la poda severa y la poda moderada. La primera consistió en remover 2 o 3 ramas principales del árbol, la madera muerta y ramas jóvenes de un diámetro mayor a 25 mm. En el caso de la poda moderada no se eliminan ramas gruesas, solo se removieron ramas jóvenes mayores a 25 mm en diámetro y madera muerta independientemente del diámetro (Craig, 2005).

Rodríguez y Villalba (2000) establecen un criterio para clasificar la intensidad de poda definiendo cuatro categorías: muy fuerte, fuerte, normal y ligera; cada categoría se basa en un porcentaje de vegetación removida, siendo 50% para la poda muy fuerte, 30%, 20% y 10% respectivamente para las restantes.

Bevington (1980) estudió el efecto de tres intensidades de poda mecánica sobre tres variedades de naranja, las mismas se definieron como: muy liviana, liviana y moderada, según el año de crecimiento de las ramas. En la poda liviana se removían los crecimientos del último año, para la poda liviana las brotaciones de dos años y para la poda moderada las ramas de tres años con 0,4 m de largo y 23 mm de diámetro aproximadamente. El autor afirma que a mayor intensidad de poda mayor es el número de brotes que surgen en respuesta a la poda y mayor su longitud.

2.8 PODA MANUAL Y PODA MECÁNICA

La poda mecánica se hace indispensable en citriculturas de grandes extensiones, tan amplias que hacen ineludible la mecanización de las labores. Este tipo de poda se limita a darle forma a las plantas, reduciendo su altura: “topping” y ancho: “headging” (Bevington 1980, Agustí 2003).

Con la poda manual se logra la selección de ramas nuevas productivas ya que es selectiva y de precisión a diferencia de la poda mecánica (Martiz, 2014a).

Gorriz et al. (2014) comprueban en un experimento con árboles de mandarina ‘Fortune’ que la realización de la poda mecánica reduce los rendimientos un 22% y que, si bien disminuye el tiempo empleado por el personal para realizar la práctica, la inversión que requiere la maquinaria no se compensa en términos económicos para las condiciones productivas de España (Murcia). Los resultados cambian si la poda mecánica es acompañada por poda manual; en ese caso los componentes del rendimiento no se ven perjudicados.

Se reportan para este tipo de poda resultados no satisfactorios como la excesiva intensidad de poda, mantenimiento de un volumen interno de la copa sombreado e improductivo y falta de adaptabilidad de la técnica a las distintas variedades (García, 2011).

2.9 INCIDENCIA DE LA PODA SOBRE EL DESARROLLO DEL ÁRBOL

2.9.1 Copa

2.9.1.1 Brotación y floración

Los árboles frutales en general responden a la poda modificando su brotación de forma cuantitativa y cualitativa, restaurando el equilibrio que les fue modificado luego de la poda (Gravina, 2014a). Afecta la biología floral de la planta reduciendo el número de flores (haciéndose antes de la brotación de primavera) e incrementando la relación hojas/flores; también permite generar nuevas condiciones para la inducción floral y relocalizar flores en otras zonas del árbol (Krajewski y Pittaway, 2000).

Los cítricos presentan una dominancia apical marcada, brotando las yemas que están en el extremo de las ramas con mayor exposición a la luz, con capacidad de inducirse a flores y por lo tanto de dar fruta. Por ese motivo es que la fruta de los cítricos se va concentrando en la periferia del árbol generando una zona improductiva y oscura en el centro (Martiz, 2014a). A su vez, la dominancia de algunas ramas puede ser tan fuerte que inhiba la brotación de las partes basales de la rama, provocando una especie de poda natural (Agustí, 2003). En ese sentido, la poda tiene un efecto en estimular el desarrollo de yemas latentes en madera de 1 o 2 años de edad (Arbiza et al., 2000). Es por eso que con esta práctica se eliminan las ramas viejas o improductivas, que emiten pocos brotes, para favorecer la producción de ramas nuevas (Medina, 1989).

Martiz et al. (2014b), mencionan que el control de los brotes en verano es importante, ya que si aumenta la densidad del follaje en el centro, los árboles vuelven a quedar sombreados y adquieren la misma distribución de luz que tenían antes. Agustí (2003) señala que en el caso de los chupones, si se pinzan precozmente pueden ramificarse y formar pisos de vegetación en la copa o utilizarse para sustituir una rama defectuosa. Asociado a esto, Ingle et al. (2005), agregan en relación a la altura del árbol, que aquellos que reciben poda, independientemente de cuál sea la intensidad de la misma, aumentan de manera significativa su altura luego de 4 años de realizada.

Según Arbiza et al. (2000) en árboles de naranja ‘Valencia’ la poda realizada en noviembre incrementa el número de brotes por planta, con una distribución hacia el interior de la copa, en el flujo de brotación de verano. Sin embargo, en este mismo trabajo en árboles de mandarina ‘Clementina de

Nules' la poda prebrotación no tuvo efectos ni en la brotación ni en la intensidad de floración; solo se evidenció una tendencia al incremento del número de brotes vegetativos y una tendencia opuesta con los brotes generativos. En el caso del tangor 'Ortanique' esos mismos efectos fueron significativos, disminuyendo la intensidad de floración y alterando la distribución de brotes en el mismo sentido de la tendencia de 'Clementina de Nules'.

Borges et al. (2005) a través de un ensayo en mandarina 'Nova' en el cual obtuvieron resultados consistentes sobre el mismo concepto, reportan que luego de la poda, la intensidad de floración se ve reducida y la distribución de brotes cambia, favoreciendo el desarrollo de brotes vegetativos y mixtos en detrimento de los generativos.

Un aspecto a considerar muy poco estudiado, es la pérdida de minerales que genera la poda en el árbol. Calabrese y Panno (1992) realizaron un experimento sobre árboles de mandarina 'Willowleaf late' en un marco de plantación de 4m x 4m, en el cual cuantificaron los minerales (nitrógeno, potasio, fósforo, calcio, magnesio y sodio) contenidos en los órganos que se removían a través de la poda: hojas, madera verde y madera madura. Por ejemplo, el nitrógeno promedio perdido por hectárea fue de 44,418 kg y en el caso del calcio 158,226 kg.

Cuando la intensidad de floración esperada es alta la poda debe hacerse antes del flujo de brotación de primavera; por el contrario, cuando la intensidad esperada es baja debe realizarse luego del cuajado de los frutos (Arbiza et al., 2000).

Moss (1973) en un experimento llevado a cabo durante tres años con árboles de naranja 'Valencia late', indica que luego de la poda, la floración en los rebrotes del primer año es nula y en el segundo año aumenta al 75% y sólo el 50% de esas flores generan fruta. Concluyó que en el siguiente año luego de una poda se reprime la inducción floral, a menos que la misma sea liviana; una poda severa usualmente genera una importante caída en el rendimiento.

2.9.1.2 Intercepción de luz

La evapotranspiración y fotosíntesis de un vegetal, su rendimiento y calidad productiva, dependen fundamentalmente de la radiación solar absorbida, condicionada por su área foliar y su eficiencia de intercepción de la energía. Depende en gran medida de la arquitectura de la planta y su densidad (Pilau y Angelocci, 2015). La canopia del árbol y su tamaño determinan la luz que recibe y los espacios de sombra; ésta disminuye la tasa fotosintética del árbol y la calidad de los frutos (Looney, 1968).

Según Jackson y Palmer (1979) la luz interceptada por los árboles depende de varios factores, entre ellos la latitud, la estación del año, la hora del día y la orientación de las filas.

La tendencia de crecimiento de los cítricos, hace que se generen en el centro del árbol zonas donde la cantidad de luz recibida es muy inferior a la luz incidente, por lo que la brotación es mínima o nula. Con la poda se logra la entrada de luz, aumentando la brotación y la eficiencia de la copa (Gravina, 2014a).

“La poda es capaz de influir en la luz y en la temperatura que inciden en la planta. Ambas son interdependientes y se correlacionan positivamente con el nivel de radiación” (Martiz, 2014a).

El aumento de la porosidad de la copa a través de la poda, intensifica la transmisibilidad de la radiación solar a través de ella; sin embargo, reduce la radiación interceptada por disminución del follaje (Pilau y Angelocci, 2015).

Looney (1968) en un estudio con manzanos, realizando mediciones de radiación en días claros en puntos fijos, explica la gran variabilidad de las mediciones recabadas en las distintas zonas del árbol. Por esa dificultad, agrupó los datos en dos regímenes de estudio: la zona del árbol con pleno sol y la zona bajo plena sombra. Concluyó que, desde la periferia del árbol hacia el interior, a mayor profundidad de la canopia la radiación incidente disminuye. Jackson y Palmer (1979) reafirman este concepto y explican la gran dificultad para medir la luz que intercepta a la copa y posteriormente realizar cálculos para estandarizar el parámetro. Las variabilidades del follaje llevaron a que ajuste una forma geométrica simple para poder realizar las estimaciones (Figura 2).

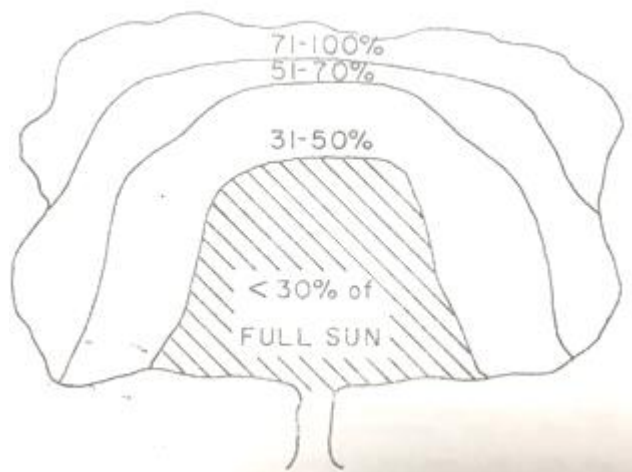


Figura 2. Zonas de interceptación solar en un árbol de manzana 'Red Delicious' (%).

Fuente: Looney (1968).

Los árboles cítricos de mayor tamaño tienen en su conjunto menor densidad foliar, por el reducido follaje que se desarrolla en su zona interior y por lo tanto tienen menor captación de luz que los árboles con porte más chico (Jahn, 1979).

Medina et al. (2002) explican que el exceso de radiación solar genera un aumento de la temperatura de la hoja provocando el cierre temporal de los estomas, causando inhibición de la fotosíntesis. Al mediodía cuando la temperatura del aire es mayor, disminuye la humedad relativa de la hoja, aumenta su déficit de presión de vapor, se reduce la tasa respiratoria y con ella el intercambio gaseoso a través de los estomas; en consecuencia baja la eficiencia fotosintética y aumenta la fotoinhibición (Hu et al., 2007).

Existe poca información acerca de la fotoinhibición, la cual se da en condiciones de estrés y no tiene síntomas visibles en las hojas, pero se puede medir a través de diferentes métodos (Blanke, 2000). Los cítricos son plantas con metabolismo C3 y su máximo de fotosíntesis foliar está entre 700-900 μ mol fotones $m^{-2} s^{-1}$, donde se saturan, por lo que su punto de saturación es considerado bajo (Figura 3).

Medina et al. (2002) señalan que el umbral de luz PAR requerido por un cítrico para hacer el máximo de fotosíntesis se ubica entre 400-450 μ mol fotones $m^{-2} s^{-1}$. Sin embargo, estudios realizados por Iglesias et al. (2003) reportan que la saturación lumínica se da a 750 μ mol $CO_2 m^{-2} s^{-1}$ en hojas jóvenes mientras que en hojas adultas los resultados fueron más elevados.

Según Machado et al. (2005) el punto de saturación de la fotosíntesis en naranja 'Valencia', se ubicó en torno a $750 \mu \text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$ en mandarina 'Murcot' y en lima 'Tahiti' arriba de $1000 \mu \text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Hu et al. (2007) encuentran que con $460 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ una planta cítrica logra el 80% de su máxima fotosíntesis. Considerando esta información, el problema no sería la cantidad de luz incidente sino su distribución al interior del árbol de forma equitativa y cercana al punto de saturación.

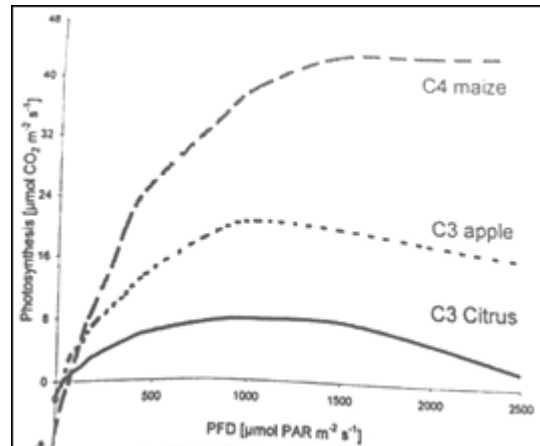


Figura 3. Respuesta de la luz en especies C3 y C4
Fuente: Blanke (2000).

De acuerdo a Iglesias et al. (2003) en mandarina 'Satsuma' la radiación mínima necesaria para la fijación de CO_2 en las hojas de cítricos es de $25 \mu \text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Machado et al. (2005) reportan para naranja 'Valencia', mandarina 'Murcot' y lima 'Tahiti', puntos de compensación de 14.6, 12.0, 17.5 $\mu \text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$ respectivamente; esos valores están dentro del rango de variación para otros árboles tropicales (Larcher, 1995).

Hu et al. (2007) explican que al mediodía el punto de compensación se incrementa, porque al aumentar la fotorespiración, necesitan ser fijados más $\mu \text{mol CO}_2$ en la fotosíntesis para lograr la misma eficiencia fotosintética. En una comparación de hojas expuestas a la luz y hojas expuestas a la sombra, aquellas que reciben radiación solar generan un balance diario de fotosíntesis neta positivo. Sin embargo, a las 12 del mediodía, es el único momento en el cual los gastos por respiración son mayores que las ganancias de la fotosíntesis, disminuyendo el balance diario. En conclusión, en ese momento del día, una hoja bajo sombra fija más CO_2 que una hoja expuesta a la radiación plena.

Arbiza et al. (2000) explican que la poda promueve un incremento directo en la intercepción de luz en el árbol, siendo mayor la penetración cuando se realizan podas severas en comparación con podas leves. Estos efectos decrecen a medida que avanza la temporada y en el mes de abril (hemisferio sur) ya no se detectan diferencias entre árboles podados y no podados. Golomb (1988) sin embargo, en un experimento con árboles de pomelo reporta resultados diferentes. Las modificaciones que se generaron en la copa no tuvieron un impacto en la penetración de luz. La radiación se midió a distintas alturas dentro de la copa y no se encontraron diferencias entre los tratamientos.

Estudios realizados por Iwagaky (1981) indican que cuando se trabaja con árboles jóvenes (8 años), la distribución de los frutos en la copa se da de forma homogénea y los mismos reciben iluminación de tal manera que se ven favorecidos, su color de piel y los sólidos solubles totales del jugo (°Brix), aumentando su calidad, en comparación con los frutos que se encuentran con iluminación limitada en zonas sombreadas. Los frutos que reciben hasta el 40% de radiación incidente mejoran significativamente en relación a esos parámetros de calidad. En árboles viejos (37 años) los frutos se ubican mayoritariamente en la periferia de la copa, mientras que en el centro de la misma, donde la iluminación se ve reducida, se desarrollan muy pocos. En árboles a los que se les realizó poda manual, se eliminó el porcentaje de área de la copa con luz incidente inferior al 10% y se redujeron zonas con iluminación menor al 20%.

2.9.2 Efecto de la poda en el crecimiento de las raíces

Los árboles cítricos luego de realizada la poda disminuyen el crecimiento de sus raíces, porque la planta prioriza la regeneración de la parte aérea en detrimento de las raíces. Las raíces modificadas son las de menor diámetro, raíces finas. Aquellas que se encuentran en profundidad, de mayor grosor no se ven afectadas. En árboles de naranja 'Valencia', a las tres semanas de realizada la poda se da la muerte de algunas raíces finas, porque los carbohidratos son re-direccionados a la copa, siendo esta la prioridad principal del árbol en ese momento. El tiempo de recuperación dependerá de la especie; en naranja 'Valencia' a los 50 días de la poda la partición de asimilados cambia estabilizándose el árbol en su conjunto y a los 80 días comienzan a crecer las raíces nuevamente. Recién a los dos meses se estabilizan los cambios y no se encuentran diferencias entre los árboles podados y no podados. Cabe mencionar que la edad de la planta y la época de poda modifican la respuesta a la recuperación (Eissenstat y Duncan, 1992).

2.9.3 Efecto de la poda en la producción

2.9.3.1 Rendimiento

El número de frutos que se generan en el árbol al año siguiente de la poda disminuye y esto fue reportado en la literatura científica para muchas especies de cítricos (Moss 1973, Craig 2005, Velázquez-Martí et al. 2013). Dalla Rosa et al. (2012) lo comprueban en un ensayo con árboles de mandarina 'Montenegrina', comparando árboles podados y no podados, redujeron el número de frutos cosechados por planta y la producción medida en kg planta⁻¹.

Zaragoza y Alonso (1981) afirman que la poda frecuente resulta en una reducción del rendimiento, por lo que los intervalos menos frecuentes darían mejores rendimientos, sin perjudicar el peso ni el diámetro del fruto y a su vez reducirían los costos. En el estudio que realizan, evaluando frecuencias de poda con intervalos anuales, bianuales y cada 3 y 6 años, los resultados demuestran que el rendimiento promedio se mantuvo sin diferencias significativas para las tres primeras frecuencias y en el caso de la frecuencia de 6 años el rendimiento fue mayor. En relación al peso y al diámetro de los frutos, no encuentran diferencias en ningún caso con respecto a esas variables.

Bevington (1980) señala que luego de realizada la poda, en el primer año de producción, el rendimiento se reduce de manera proporcional a la intensidad de la misma. Cuando la poda es liviana, las pérdidas de producción se compensan en el segundo año. Zaragoza et al. (2000) agregan que cuando la poda es severa la producción se reduce drásticamente. En mandarina 'Nova', cultivar de baja habilidad partenocárpica, Borges et al. (2005) llegan a la conclusión de que el rendimiento total y comercial alcanzado por la poda liviana fue superior al logrado por la poda severa.

Zurru et al. (2012) evaluaron el efecto de la frecuencia de poda anual o bianual en los componentes del rendimiento en mandarina 'Clementina', sin encontrar diferencias significativas entre ambos tratamientos.

La poda de raleo realizada al finalizar la caída fisiológica en naranja 'Valencia' de 17 años no mostró mejoras en los componentes del rendimiento (Arbiza et al., 2000).

2.9.3.2 Calidad de frutos

La calidad de la fruta se analiza en base a parámetros externos e internos. Entre los primeros se consideran: tamaño, color, sanidad, daños

cosméticos y en los internos, el porcentaje de jugo, la acidez titulable, los sólidos solubles totales y el ratio, principalmente.

La fruta que está en el interior de la copa, en la zona más sombría, es de menor calidad, presenta menos sólidos solubles totales, menos color y menos acidez titulable. En cambio, la que se encuentra en la periferia, que recibe más luz y temperatura, es mejor en todos los parámetros, incluso en el tamaño. Por eso es crucial mejorar la entrada de luz en el interior del árbol mediante la poda (Martiz, 2014a).

Son diversos los resultados obtenidos sobre el efecto de la poda en los parámetros que definen la calidad. Según Ingle et al. (2005) el porcentaje de jugo y los sólidos solubles totales se ven significativamente influenciados con la poda, pero no la acidez y la concentración de ácido ascórbico que contiene el jugo de la fruta. Ghosh y Bera (2014) en un experimento con árboles de naranja de 8 años de edad, en donde se realizaron cinco tratamientos de poda, la de más intensidad promovió un incremento significativo en el porcentaje de jugo del fruto y en los sólidos solubles totales. Ahmad (2006) demuestra que árboles podados aumentaron el porcentaje de jugo en sus frutos, sin embargo, para los sólidos solubles totales los resultados no fueron significativos estadísticamente.

Martiz et al. (2014b), en un ensayo con árboles de mandarina 'Parent Washington' de 6 años de edad, injertados sobre 'Citrange C – 35', en los que se probaron cuatro sistemas de poda, comprueban que la poda en ventana logró aumentar el porcentaje de jugo, los sólidos solubles totales, y disminuir el grosor de cáscara, evidenciando una mejora notoria en la calidad interna.

Oren (1988), Vilches y Perez (1998), Ahmad (2006) mencionan que la poda incrementa la calidad de los frutos a través de un aumento de tamaño. Martiz (2014a) menciona que "facilita el flujo que viene de las raíces porque recorre 'cañerías' mucho más cortas de modo que la nutrición mejora y la calidad de la fruta se incrementa, principalmente el calibre". Arbiza et al. (2000) determinaron un aumento en el tamaño de frutos, solo con la realización de tratamientos de poda temprana en mandarina 'Clementina de Nules', el cual se evidenció 100 días post floración.

Mendonça et al. (2005), demuestran luego de tres años de ensayos, que los árboles con tratamientos de poda más severa, recién al tercer año producen frutos de mayor peso; sin embargo, no sucede lo mismo para los demás parámetros de calidad, los cuales no presentaron una diferencia significativa en ninguno de los tres años de trabajo. Craig (2005) fundamenta que la poda severa en árboles de naranja 'Navel' disminuye el número de frutos

y mejora los calibres de alto valor comercial medidos en porcentaje, pero no así en el total de frutos por árbol medido en términos absolutos.

El color alcanzado por la fruta al momento de la cosecha constituye un parámetro de calidad muy importante para la comercialización. Borges et al. (2005), demuestran que la poda liviana mejora el color de los frutos en relación al testigo, durante dos años seguidos de trabajo en mandarina 'Nova'. Martiz (2014a) explica que el sistema de poda en ventana mejoró la coloración de la fruta en todas las especies estudiadas.

Otro aspecto que hace a la calidad externa de la fruta es el daño sobre la piel. El 'rameado' en nuestro país es una de las principales causas de descarte (Gravina et al., 2011) y mediante la poda se logra, al eliminar ramillas secas y ramas que se entrecruzan, disminuir ese daño cosmético (Rodríguez y Villalba, 2000). Borges et al. (2005) construyen un índice de daño, el cual agrupa: rameado, sarna, deformaciones, cochinilla y otros, y reporta que los árboles que son podados mejoran notoriamente en este aspecto, disminuyendo los daños en la piel del fruto.

Dalla Rosa et al. (2012) evaluaron diferentes intensidades de poda. Los tratamientos consistieron en realizar una abertura de la copa removiendo de 3 a 5 ramas de 2 a 4 cm de diámetro con el objetivo de promover la ventilación y la iluminación, eliminando también las ramas próximas al suelo. Los autores concluyen que la poda de menor intensidad no modificó ningún parámetro de calidad, entre ellos, acidez titulable, sólidos solubles totales, ratio, diámetro, peso, color y porcentaje de jugo.

2.10 PODA EN DISTINTAS VARIEDADES DE MANDARINAS

Es fundamental conocer la variedad en cuanto a su tendencia vegetativa, para realizar una poda adecuada de manera de optimizar el rendimiento (Vilches y Perez, 1998).

'Clementina Oronules' en las condiciones de Chile, reacciona de una forma muy débil a una poda enérgica, desvigorizándose, retrasando la entrada en producción y prolongando el periodo juvenil (Vilches y Perez, 1998). Sin embargo, otros estudios en España reportan lo contrario, concluyendo que la intensidad de la poda debe ser severa y la frecuencia de intervención anual, con el objetivo de facilitar la entrada de luz en la copa (Zaragoza y Alonso, 1981). Rodríguez y Villalba (2000) caracterizan a las 'Clementinas' como árboles de buen vigor y desarrollo de copa y establece como norma general que necesitan ser podados anualmente.

Estudios realizados por Zaragoza y Alonso (1981) con mandarina 'Satsuma' en las condiciones de España, indican que comúnmente esta variedad se poda con una frecuencia anual, la intensidad de la misma es severa y el momento en que se realiza es en enero (HN). Uno de los efectos más importantes que genera esta práctica cultural es la reducción del rendimiento y aumento de tamaño de la fruta.

De acuerdo a Rodríguez y Villalba (2000), la mandarina 'Ellendale' se caracteriza por tener gran vigor y buen desarrollo, con hábito de crecimiento erecto e irregular. La poda debe basarse en cortes de la zona terminal de las ramas que presenten crecimiento vertical, para promover las brotaciones laterales, que ayuden a ocupar las zonas bajas del árbol. La mandarina 'Nova' es de tamaño y vigor medio y su forma es globosa, compacta y con abundante follaje, por lo que la poda debe enfocarse a airear, iluminar y renovar la vegetación. Los árboles de 'Ortanique' son vigorosos, grandes y frondosos con una notoria tendencia pendular por lo que el podador debe respetar eso y hacer hincapié en eliminar las ramas próximas al suelo.

2.11 MANDARINA 'AFOURER'

La mandarina 'Afourer' fue descubierta en 1982 en Marruecos y se cree que surgió de una polinización cruzada entre la variedad 'Murcott' y un padre donador de polen de origen desconocido (USPTO 1998, Nadori 2004).

También es conocida con otros nombres comerciales como: INRA21W, INRA-W, W. Murcott, Nadorcott y Delite (Saunt 2000, Nadori 2004).

Es una variedad de rápida entrada en producción (15 a 20 t ha⁻¹ al tercer año) y es capaz de lograr altas productividades (30 a 60 t ha⁻¹, Saunt 2000, Nadori 2004).

Se caracteriza por su buena compatibilidad y destacada performance sobre muchos portainjertos como citrange 'Troyer', naranjo agrio y lima 'Rangpur' entre otros, siendo incompatible sobre citrumelo 'Swingle' (Nadori, 2004).

Su fruta posee muy buena calidad externa e interna y sus características más importantes radican en el fácil pelado, sin semillas en condiciones de auto polinización, coloración intensa, excelente aroma, sabor y tamaño de fruto medio (USPTO 1998, Saunt 2000, Nadori 2004).

Es una variedad de maduración tardía y su periodo óptimo de cosecha es a mediados del mes de febrero (HN, Saunt, 2000). Sin embargo, según

Nadori (2004) el periodo se extiende desde diciembre hasta mitad de marzo (HN).

Debido a que presenta alta productividad, rápida entrada en producción y su fruta es de alta calidad (fácil pelado, sin semillas en autopolinización, excelente coloración, sabor y aroma) tuvo un gran crecimiento a nivel mundial (USPTO 1998, Saunt 2000, Nadori 2004). Sin embargo, al ser árboles de hábito muy vigoroso, generaron una dificultad importante en cuanto a su manejo para lograr un equilibrio vegetativo y reproductivo año a año.

2.11.1 'Afourer' en Uruguay

La información disponible sobre el comportamiento reproductivo en Uruguay es relativamente abundante, aunque se verifica falta de consistencias en los resultados obtenidos.

2.11.1.1 Autoincompatibilidad

'Afourer' presenta autoincompatibilidad ya que sus gametos son viables pero la autopolinización natural no es capaz de producir semillas. El tipo de autoincompatibilidad es gametofítica porque el grano de polen germina en el estigma, pero el crecimiento del tubo polínico se detiene en el estilo (Fornero et al. 2012, Gambetta et al. 2013).

2.11.1.2 Control de la presencia de semillas en polinización abierta

La ausencia de semillas en el fruto es considerada un atributo importante de calidad (Gravina et al., 2016). Las alternativas para mitigar este problema pueden ser, el aislamiento territorial en el momento de instalar un monte, la aplicación de sustancias químicas como hormonas o repelentes de abejas y el aislamiento físico mediante el uso de mallas anti abejas. Estudios realizados en Uruguay comprueban que los tratamientos con repelentes no son efectivos y la aplicación de ácido giberélico logra disminuir las semillas, pero no eliminarlas. Según varios autores, el uso de mallas parece ser el tratamiento más eficiente (Gravina et al. 2014b, Rey 2014).

2.11.1.3 Capacidad partenocárpica en ausencia de polinización cruzada

Presenta partenocarpia facultativa ya que produce frutos sin semilla únicamente cuando la polinización es impedida. A su vez la partenocarpia es de tipo vegetativa porque cuando las flores se emasculan y embolsan pueden cuajar sin el estímulo del polen (Fornero et al., 2012).

Existen diferencias en el comportamiento productivo cuando se utilizan coberturas anti-abejas, sin efecto importante en el rendimiento (Gambetta et al., 2013) o con importante reducción del cuajado de frutos y el rendimiento (Gravina et al., 2014c, 2016) En este último caso es necesario tratamientos con GA₃ y anillado de tronco para lograr mejores resultados productivos. Los tratamientos que solo incluyen GA₃ no logran incrementar el cuajado final, el rendimiento ni el número de frutos por árbol. Sin embargo, la combinación de GA₃ en plena floración y anillado 30 días después, incrementa la productividad y permite alcanzar niveles similares a los obtenidos en libre polinización (Gravina et al. 2014c, Guimaraes 2016).

2.12 HIPÓTESIS

Con estos antecedentes, se plantean las siguientes hipótesis:

H1) La poda modifica la brotación interior de la copa incrementando los crecimientos vigorosos (chupones).

H2) El manejo de los chupones, eliminando el 80% y despuntando los remanentes, reduce su vigor y genera zonas productivas en el interior de la copa, aumentando su eficiencia.

H3) La poda incrementa la intercepción de luz en la copa del árbol en las primeras etapas del ciclo productivo.

H4) La poda modifica los componentes del rendimiento a través de una reducción en el número de frutos, pero con un incremento en el tamaño de los mismos.

H5) Los tratamientos de poda modifican positivamente la calidad interna y externa de los frutos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el establecimiento “El Espinillo”, localizado en el departamento de Montevideo (34°LS), en la zona de Punta Espinillo. Se utilizó como material vegetal plantas pertenecientes a un cuadro de mandarina ‘Afourer’ (*Citrus reticulata* Blanco) injertada sobre *Poncirus trifoliata* (L.). El marco de plantación es de 5.2 x 2 metros, en 1,2 hectáreas de superficie. El monte se instaló en el año 2007 con doble línea de riego por goteo y la fertilización se realiza en cobertura (Figura 4).



Referenciado con rojo el cuadro A1 de mandarina ‘Afourer’.
Figura 4. Imagen del predio "El Espinillo"

3.1 MATERIAL VEGETAL

Los árboles fueron elegidos en base a la homogeneidad en carga de fruta que presentaron del ciclo anterior, seleccionando aquellos de alta carga. El rendimiento del cuadro en 2016 fue 58 t/ha.

3.2 TRATAMIENTOS DE PODA

De acuerdo con la fenología del árbol la poda se realizó posterior a la cosecha y previo a la brotación de primavera, el 24 de agosto. Las herramientas utilizadas para podar fueron serrucho y tijeras manuales. Las ramas y el follaje removido se pesaron con un dinamómetro. Los tratamientos fueron definidos en base al tipo de poda y la asignación o no de deschuponado (Cuadro 1, Figura 5).



Figura 5. Pesado de la madera y follaje extraído con la poda.

Cuadro 1. Tratamientos aplicados.

Tratamiento:
1) Poda tradicional (PTND)
2) Poda tradicional + deschuponado (PTD)
3) Poda ventana (PVND)
4) Poda ventana + deschuponado (PVD)
5) Control (C)

La poda tradicional consistió en la eliminación de ramas secundarias en el interior de la copa generando una figura similar a un cono invertido. Se

eliminaron también ramas de crecimiento vigoroso (“chupones”) que sobrepasaban la altura definida para los árboles (3,1 m). Adicionalmente se eliminaron las ramas próximas al suelo y muertas o enfermas, rotas o mal posicionadas (Figura 6).



Figura 6. Árbol con poda tradicional.

En la poda ventana se removieron una o más ramas secundarias completas o parte de éstas, generando una abertura en forma de gajo orientada hacia el sureste. El volumen que representa esta poda es aproximadamente $1/8$ de la copa del árbol (Figura 7).

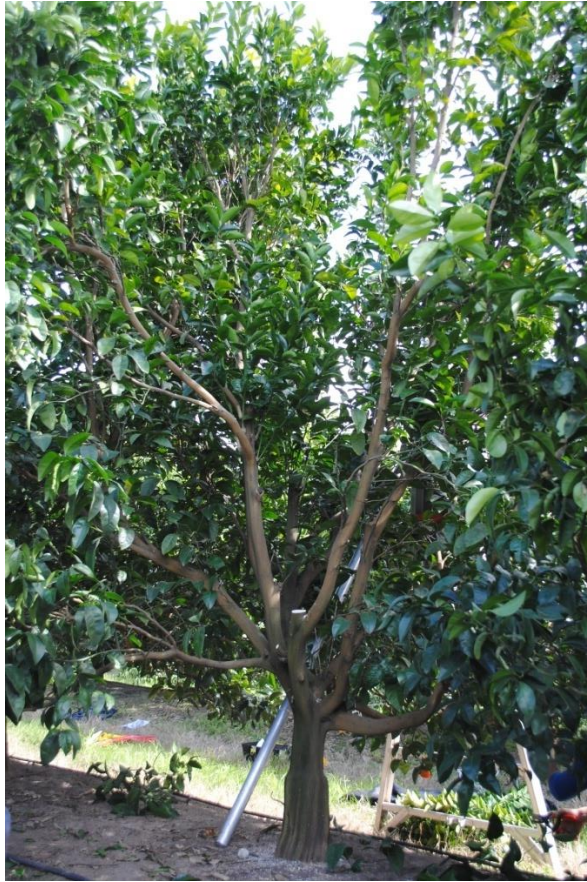


Figura 7. Árbol con poda ventana.

En el control no se realizan tareas de poda de ningún tipo (Figura 8).



Figura 8. Árbol no podado, tratamiento control.

El deschuponado se realizó el 25 de noviembre y consistió en la eliminación del 60-80% de los brotes vigorosos generados en el interior de la copa como respuesta a la poda, los cuales se midieron, y se les contaron las hojas. A los remanentes se los rebajó entre un 30 y 50% de su longitud.

3.3 EVALUACIÓN DE LA BROTACIÓN INTERIOR

La brotación interior se cuantificó contabilizando los brotes que emergieron por árbol como respuesta a la poda, en ramas primarias y secundarias 1 y 2 meses después de la poda.

3.4 MEDICIÓN DE LUZ

La radiación PAR se comenzó a medir a mediados de octubre y se realizó con una frecuencia semanal hasta fin de diciembre y quincenal entre enero y marzo. La medición se realizó entre las 11:30 y 13:00 horas en días

despejados. El instrumento utilizado fue un ceptómetro (AccuPAR LP-80), el cual mide la radiación PAR promedio de 80 sensores ubicados a lo largo de una varilla de 1 metro de longitud (Figura 9). Su rango de lectura comprende de 0 a $2500 \mu \text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$. La lectura de la radiación incidente se realizó en la entre-fila, ubicando el instrumento perpendicular a la fila y en posición horizontal. Al interior de la copa se realizaron dos lecturas a 1,5 metros de altura desde el centro del tronco hacia el noroeste y hacia el sureste.



Figura 9. Medición de la radiación PAR con ceptómetro a las 12:00 horas.

3.5 EVALUACIÓN DE LA FLORACIÓN Y EL CUAJADO

En plena floración (24-9-17) en cada árbol se seleccionaron dos ramas, orientadas una hacia el sureste y otra al noroeste, en las cuales se contabilizó el número de nudos (75-180 nudos) y flores totales. Con los datos obtenidos de ambas ramas, se determinó la intensidad de floración ($F/100$ nudos).

El cuajado final se evaluó el 29 de diciembre, contabilizándose el número de frutos presentes en cada rama y se calculó el porcentaje en relación a la floración (Figura 10).



Figura 10. Rama exterior del árbol en plena floración.

3.6 EVALUACIÓN DE LA BROTACIÓN DE VERANO

El 15/2/17 en las mismas ramas utilizadas para evaluar la floración, se cuantificó el número de brotes emergentes, correspondientes a la brotación de verano-otoño (Figura 11).



Figura 11. Ramas exteriores del flujo de brotación de verano - otoño.

3.7 DIÁMETRO ECUATORIAL DE LOS FRUTOS

Las mediciones se realizaron con calibres digitales desde febrero hasta julio (cosecha), con una frecuencia quincenal. Se midieron 30 frutos por árbol, 15 de cada lado de la copa, hacia los lados noroeste y sureste.

3.8 COLOR DE LOS FRUTOS

Se realizó con un colorímetro (PCE-TCR 200), midiendo 10 frutos por árbol, 5 frutos por lado con dos medidas en cada uno. El colorímetro arroja datos de luminosidad (L), evolución de rojo a verde (a) y gradiente del color azul (b) a través del sistema CIE Lab. Con los datos se calculó el índice de color para cítricos propuesto por Jiménez-Cuesta et al. (1981) quienes relacionan los tres parámetros: ICC: $a / (L * b) * 1000$.

3.9 COSECHA

La cosecha se realizó los días 13 y 14 de julio contabilizándose el total de frutos y el rendimiento (kg) por árbol (Figuras 12 y 13). Con esa información se estimó el peso promedio de frutos. Se extrajo una muestra al azar de 30 frutos por planta, a los cuales se les midió el diámetro y se evaluaron características de calidad.



Figura 12. Cosecha del cuadro de mandarina 'Afourer' A1.



Figura 13. Árboles previos a la cosecha.

3.10 VOLUMEN DE COPA

Mediante la fórmula del volumen de la esfera se estimó el volumen de copa de todos los árboles, con el objetivo de poder comparar el número de frutos en relación a los metros cúbicos de copa de cada tratamiento. Las mediciones realizadas para estimar el radio fueron tres: altura, ancho lateral y frontal de la copa. Para medir la altura, no se consideraron los chupones que superaban la altura general de la copa.

$$V = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3$$

3.11 CALIDAD EXTERNA E INTERNA

Se utilizó una muestra de 30 frutos para determinar los parámetros de calidad interna: acidez titulable (%), porcentaje de jugo y sólidos solubles totales (°Brix). La acidez se calculó en base a una titulación con NaOH (0,1 N) utilizando como reactivo tres gotas de fenolftaleína, en 10 ml de jugo colado y los sólidos solubles totales con un refractómetro manual (B&C 30103). La calidad externa comprendió: color en la cosecha, diámetro ecuatorial en la cosecha, peso promedio y daños externos, entre ellos: rameado, creasing, cochinillas y otros como deformaciones o rajado (Figura 14).



Figura 14. Evaluación de la muestra de cosecha: peso de 5 frutos (g).



1) leve, 2) moderado, 3) severo.

Figura 15. Severidad de los daños en la piel por rameado.

Para determinar las intensidades de rameado se utilizó como referencia una escala de 4 niveles (Gravina et al., 2005) donde 0 es fruta sin daño, 1 es fruta con menos del 5% de su piel afectada, 2 es fruta con 5-10% de piel afectada y 3 es más del 10% dañada (Figura 15).

3.12 FLORACIÓN INTERIOR DEL SEGUNDO AÑO

En plena floración (13 de setiembre), se contabilizaron las flores generadas en el interior de la copa, en todos los árboles evaluados.

3.13 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó un diseño completamente al azar con 5 tratamientos y 6 repeticiones, en el cual se usó un árbol como unidad experimental.

Los análisis estadísticos se realizaron con el software InfoStat versión 2017 interfaz en R versión 4.3.0. (Di Rienzo et al., 2015).

Las variables continuas se analizaron a través del Modelo Lineal General (ANAVA), asumiendo una distribución normal. Las diferencias entre medias se analizaron mediante el test de Tukey-Kramer con nivel de significancia de 0,05 (α).

El modelo utilizado es:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

- Y_{ij} : variable de respuesta
- μ : media general
- α_i : efecto del i-ésimo tratamiento
- ϵ_{ij} : error experimental
- Subíndice: i (tratamiento) = 1,2,3,4,5

Las variables continuas evaluadas fueron: peso de poda, brotación de primavera, floración, número de chupones, color y diámetro de fruta final, rendimiento (peso de fruto, quilogramos por árbol y número de frutos), sólidos solubles totales, acidez, volumen de copa y frutos m^{-3} de copa.

Para el porcentaje de frutos cuajados y porcentaje de respuestas de los chupones se utilizó el modelo lineal generalizado y mixto asumiendo distribución binomial y función logit. Se realizó mediante la prueba DGC para la separación de las medias con nivel de significancia de 0,05(α).

4. RESULTADOS

4.1 PESO DE MADERA Y FOLLAJE ELIMINADO EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS DE PODA

El peso de la madera y hojas eliminados con los diferentes tratamientos de poda (Cuadro 2). En promedio, los tratamientos de poda tradicional eliminaron significativamente más material que los de poda ventana. Para un mismo tipo de poda no se presentaron diferencias significativas entre deschuponado (D) y (ND), tratamiento que se realizó 3 meses después de la poda.

Cuadro 2. Peso de poda de las ramas y hojas removidas, según tratamiento, expresado en quilogramos.

Tratamiento	Kg de madera y hojas removidos (promedio por planta)
PTND	17,4 a
PTD	16,9 a
PVND	7,8 b
PVD	5,6 bc
C	0

4.2 BROTACIONES

4.2.1 Brotación interior

El número de brotes contabilizado 1 y 2 meses posteriores a la poda en el interior de la copa, como respuesta a los tratamientos de poda se presentan en Cuadro 3.

Cuadro 3. Número de brotes medidos en el interior de la copa, contabilizados uno y dos meses después de la poda y longitud de los mismos (cm).

Tratamiento	Número de brotes *	Número de brotes **	Longitud (cm) **
PTND	150 a	64 a	12,8 ns
PTD	128 a	77 a	12,0 ns
PVND	122 a	28 b	11,5 ns
PVD	104 ab	20 b	10,6 ns
C	36 b	1 b	9,3 ns

*Un mes después de la poda

**Dos meses después de la poda

Al mes de realizada la poda, el control fue el tratamiento que presentó significativamente menor número de brotes en promedio por árbol y estadísticamente no se diferencia del PVD, sin embargo, en términos numéricos lo triplica. Los cuatro tratamientos restantes no tienen diferencias significativas entre sí, pero existe una tendencia, en donde la poda tradicional fue el tratamiento con mayor número de brotes, seguido por la poda ventana.

Cuando se realizó un nuevo conteo un mes después de la emergencia de los brotes de primavera, en todos los tratamientos hubo disminuciones. Los tratamientos PTD y PTND presentaron diferencias estadísticas con los demás, y los de poda ventana no se diferenciaron del testigo en términos estadísticos. Sin embargo, existe una tendencia similar a la inicial. Las disminuciones de brotes desde un mes a dos meses de la poda fueron en PTND 58%, PTD 40%, PVND 77%, PVD 81% y en el control 97%.

La longitud de los brotes no presentó diferencias estadísticas, pero se observa una tendencia de brotes de mayor longitud en árboles podados tradicionalmente.

4.2.2 Intensidad de floración

La intensidad de floración, evaluada en dos ramas por árbol fue media a baja en general, entre 10 y 50 flores/100 nudos y sin diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 4). Sin embargo, se evidencia una tendencia en la que PTD es el tratamiento con mayor número de flores, seguido por C, PTND y finalizando con PVND y PVD.

Cuadro 4. Intensidad de floración expresada en promedio (flores/100nudos) según tratamiento de poda.

Tratamiento	Flores/100 nudos
PTD	47 ns
C	30 ns
PTND	17 ns
PVND	10 ns
PVD	9 ns

Entre los lados sureste y noroeste tampoco se registraron diferencias estadísticas (datos no presentados).

4.2.3 Brotación de verano – otoño

No hubo diferencias significativas en el número de brotes por rama que emergieron en el segundo flujo de brotación, ubicándose en un rango de 0 a 2 y sin una tendencia clara entre los tratamientos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Número de brotes contabilizados en la brotación de otoño en las ramas marcadas.

Tratamiento	Número de brotes de verano – otoño, por rama
PVND	2,3 ns
PVD	1,1 ns
PTD	0,8 ns
C	0,8 ns
PTND	0,5 ns

El tratamiento PTD generó 6 veces más chupones que PVD y como tendencia presentaron mayor longitud y mayor número de hojas. El tratamiento control no presentó chupones. En los árboles con chupones remanentes, se encontraron tres respuestas diferentes: 1) no brotaron, 2) brotaron uno o dos brotes por chupón y 3) el chupón ramifico al menos en 3 brotes. En los dos tratamientos con manejo de chupones (PVD y PTD) la mayoría de los mismos que quedaron en planta no brotaron. En el caso de la PTD fue igual la respuesta 1 y 2, mientras que en la PVD el rebrote de uno o dos brotes no superó a los chupones no brotados (Cuadros 6, 7 y Figura 16).

Cuadro 6. Número de chupones promedio eliminados por tratamiento, longitud (cm) y número de hojas promedio.

Tratamiento	No. Chupones eliminados	Longitud (cm)	No. Hojas
C	0	0	0
PTD	38 a	40 a	13 a
PVD	6 b	25 a	8 a

Cuadro 7. Número promedio de chupones remanentes por tratamiento, porcentaje de chupones con al menos una respuesta de brotación lateral y distribución porcentual por tipo de respuesta.

Tratamiento	Chupones remanentes	Tipos de respuestas		
		1*	2**	3***
C	0	-	-	-
PTD	5 a	2 a	2 a	1 a
PVD	2 b	1,5 a	0,5 ab	0

* Respuesta 1: No brotó

** Respuesta 2: Brotó con uno o dos brotes por chupón

*** Respuesta 3: Chupón ramificado con al menos 3 brotes.



Figura 16. Respuestas de los “chupones” remanentes en el interior de la copa.

4.3 EVOLUCIÓN DE LA RADIACIÓN PAR EN EL INTERIOR DE LA COPA

La radiación interceptada en los tratamientos de poda presentó una tendencia decreciente desde la primavera al inicio del otoño, mientras que en el control sin poda se mantuvo relativamente estable en todo el período evaluado (Figura 17, Cuadro 8 y Anexo 1)

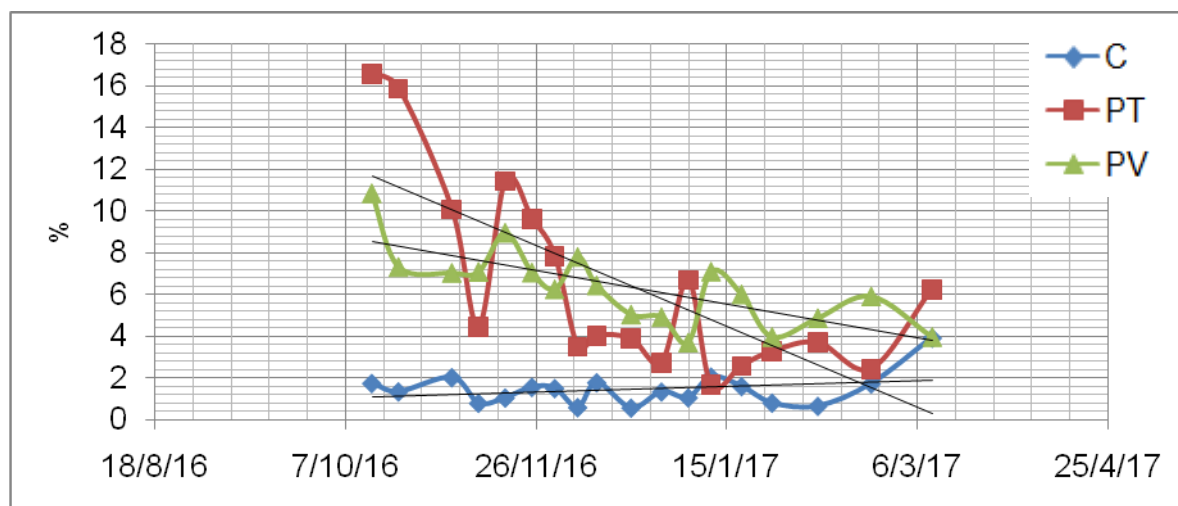


Figura 17. Porcentaje del total de la radiación PAR interceptada durante el período (27/09/2016 – 26/03/2017) en el interior de la copa, por tratamiento de poda.

Cuadro 8. Promedios, mínimos y máximos de radiación PAR interceptada en árboles con tratamiento de poda, expresada en μ mol fotones $m^{-2} s^{-1}$ y en porcentaje de la radiación total.

Tratamiento	C	PT	PV
	Valores absolutos (μ mol fotones $m^{-2} s^{-1}$)		
Promedio	21	95	92,2
Mínimo	9	41	50
Máximo	49	196	145
	Porcentaje (%)		
Promedio	1,4	6,5	6,3
Mínimo	0,6	3,0	3,7
Máximo	3,9	14,2	10,8

En valores absolutos la radiación incidente promedio total fue 1433 μ mol fotones $m^{-2} s^{-1}$ (variando entre 1266 y 1548 μ mol fotones $m^{-2} s^{-1}$) en el período 27/09/2016 – 26/03/2017. Las plantas del tratamiento control sin podar, presentaron valores promedios de 1,4%, mínimos de 0,6 % y máximos de 3,9 % del total de radiación incidente. En valores absolutos promedio, la radiación captada en las zonas de muestreo alcanzó los 21 μ mol fotones $m^{-2} s^{-1}$ en los árboles no podados. Estos presentaron la menor radiación interceptada, manteniéndose en todas las mediciones por debajo de los árboles con tratamientos poda ventana y poda tradicional. En los árboles con poda tradicional, el promedio de radiación interceptada fue 6,5% con amplias variaciones, que oscilaron entre 3% y 14,2% y que en valores absolutos representan en promedio, 95, 41 y 196 μ mol fotones $m^{-2} s^{-1}$ respectivamente. Los árboles con poda ventana presentó valores promedio de 6,3%, con mínimos de 3,7 % y valores de radiación máximos de 10,8%. En términos absolutos es equivalente a 92, 50 y 145 μ mol fotones $m^{-2} s^{-1}$, respectivamente. La radiación interceptada en los árboles de tratamiento no superó a los de poda tradicional y las variaciones fueron de menor magnitud.

4.4 CUAJADO, EVOLUCIÓN DEL CRECIMIENTO DEL FRUTO Y COLOR

4.4.1 Cuajado final del fruto

En términos generales el porcentaje de cuajado de frutos fue alto. Los resultados presentados en el Cuadro 9, muestran que los tratamientos de poda ventana, control y PTND presentaron porcentajes de cuajado similares, sin diferencias estadísticamente significativas. El tratamiento PTD disminuyó

significativamente el cuajado. Existe una relación inversa entre el cuajado de frutos y la floración con una correlación de 0,659 (Figura 18).

Cuadro 9. Cuajado final de frutos por tratamiento de poda, expresado en porcentaje, evaluado en dos ramas por planta.

Tratamiento	Cuajado de frutos (%)
PVND	26 a
PVD	24 a
C	24 a
PTND	18 a
PTD	8 b

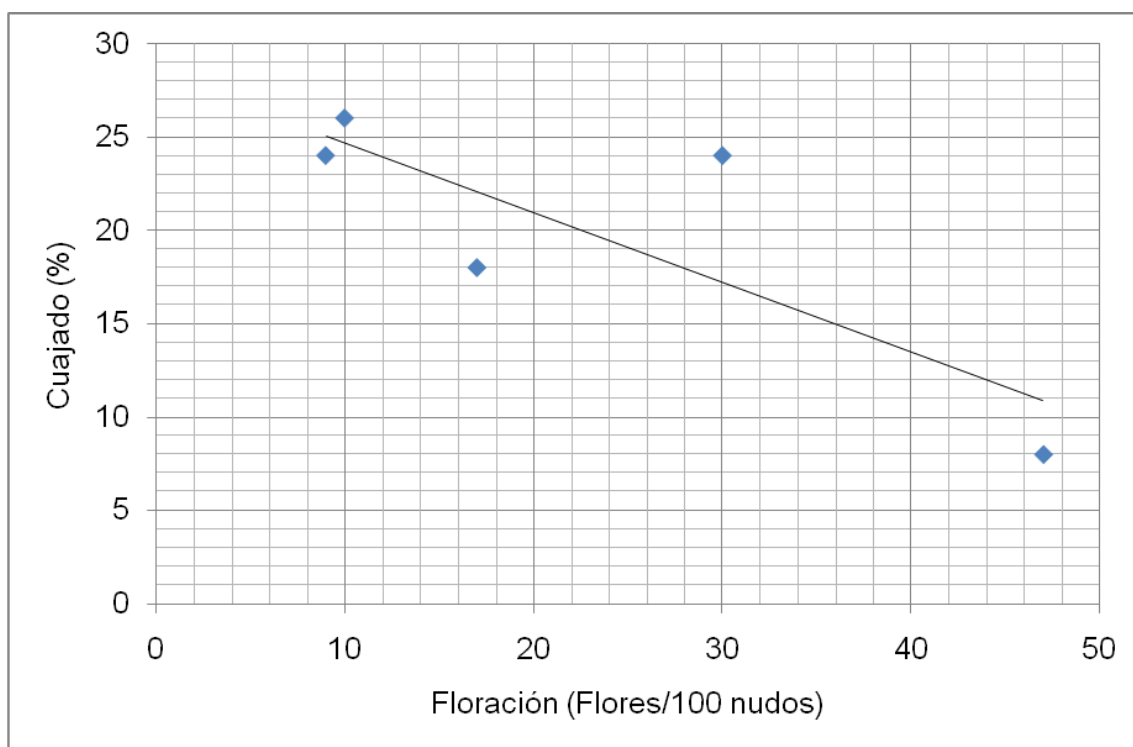


Figura 18. Correlación entre el cuajado de frutos (%) y la floración (flores/100nudos).

4.4.2 Evolución del diámetro ecuatorial del fruto

El crecimiento de los frutos presentó una tendencia similar en los árboles de todos los tratamientos. Tamaño de fruto se incrementó

progresivamente hasta lograr diámetros entre 50 y 60 cm como máximo (Figura 19).

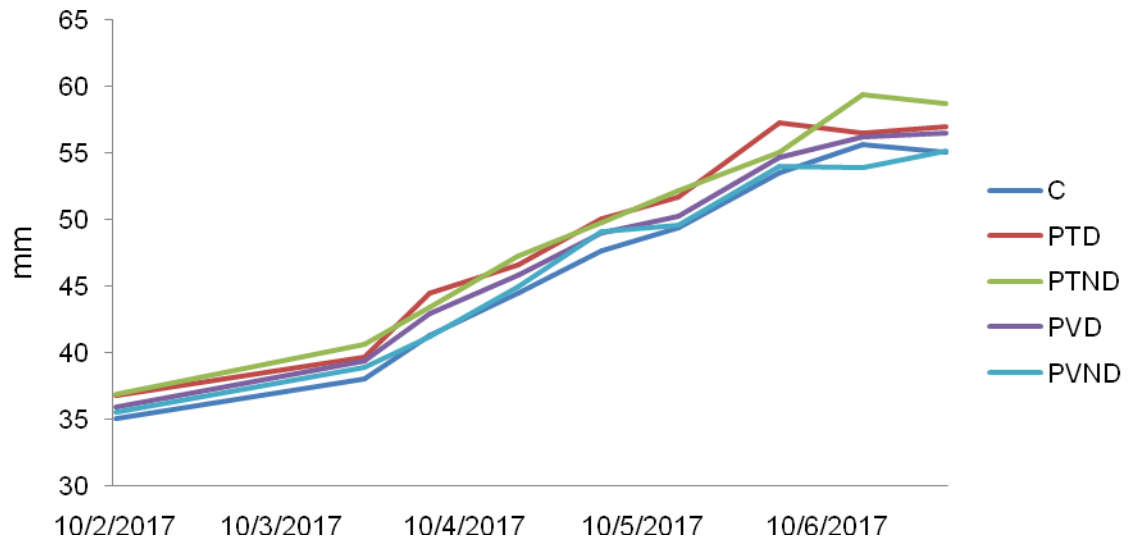


Figura 19. Evolución del diámetro ecuatorial del fruto evaluado en el período (08/02/2017 – 14/07/2017) por tratamiento de poda, medido en 30 frutos por planta (mm).

4.4.3 Evolución del color del fruto

La evolución del color del fruto fue similar en los árboles de todos los tratamientos y el índice de color se incrementó en todo el periodo hasta la cosecha. Los valores negativos representan las tonalidades verdes y a medida que el fruto vira su color el índice se transforma en positivo y aumenta conforme el fruto toma su color predominante (Figura 20). El inicio del cambio de color se dio a mediados de mayo. En los árboles control el cambio de color de los frutos se dio más lentamente y en las últimas mediciones el índice de color alcanzado por los frutos tendió a ser menor.

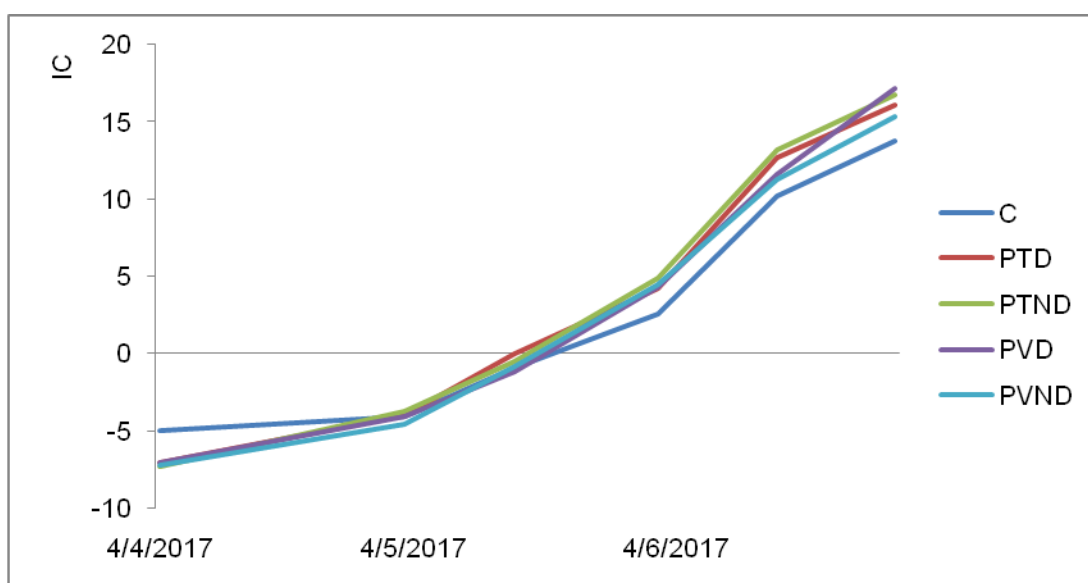


Figura 20. Evolución del color de la piel del fruto (ICC: $a/(L*b)*1000$) en el periodo (04/04/2017 – 14/07/2017) medido en 10 frutos por árbol, por tratamiento de poda.

4.5 COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

4.5.1 Rendimiento por planta

Todos los tratamientos de poda disminuyeron en forma significativa el rendimiento al igual que el número de frutos.

Cuadro 10. Rendimiento promedio (kg planta⁻¹), número de frutos por planta y por m³ de copa y peso promedio de fruto, por tratamiento de poda.

Tratamiento	kg planta ⁻¹	No. frutos / planta	Frutos/ m ³ copa	Peso del fruto (g)
C	69 a	1118 a	131 a	63 b
PVD	43 b	589 b	88 ab	74 ab
PTND	43 b	513 b	70 ab	84 a
PTD	38 b	520 b	85 ab	74 b
PVND	35 b	447 b	63 ab	80 ab

El número de frutos por planta, fue significativamente inferior en los árboles de todos los tratamientos de poda en relación al control (menor al 50% en promedio) y sin diferencias entre ellos. El peso medio de frutos fue en general bajo (Cuadro 10), en un rango de 63 g a 84 g; la poda tradicional sin deschuponado fue el único tratamiento en el que el peso de frutos fue estadísticamente superior al control. El incremento en el peso de frutos en los árboles podados, no fue suficiente para compensar la menor cantidad de los mismos.

El diámetro del fruto al momento de la cosecha no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, aunque se verificó una tendencia a mayor diámetro ecuatorial con los tratamientos de poda, que superó los 2 mm con la poda tradicional y poda ventana sin deschuponado en relación al control. Las variaciones dentro de cada tratamiento se encontraron entre 0,3 y 2,95 mm. (Cuadro 11).

Cuadro 11. Diámetro ecuatorial del fruto al momento de la cosecha (mm), según tratamiento de poda.

Tratamiento	Diámetro ecuatorial (mm)
PTND	57 ns ± 1,75
PVND	57 ns ± 1,05
PTD	56 ns ± 2,95
PVD	56 ns ± 0,65
C	55 ns ± 0,3

4.6 CALIDAD INTERNA

No se evidenciaron diferencias significativas entre los parámetros de calidad: sólidos solubles totales y acidez. Ambos parámetros se presentaron altos, por lo que el ratio se mantuvo entre valores de 9 y 10. El porcentaje de

jugo representó aproximadamente el 50% del peso de la fruta, siendo en el tratamiento PVND estadísticamente superior a los demás (Cuadro 12).

Cuadro 12. Parámetros de calidad interna de la fruta (sólidos solubles totales, acidez, ratio y porcentaje de jugo) por tratamiento de poda.

Tratamiento	SST (°Brix)	Acidez (%)	Ratio (SST/Acidez)	Jugo (%)
PVND	14,2 ns	1,3 ns	10,6 ns	52 a
PTND	13,2 ns	1,4 ns	9,3 ns	50 b
C	13,0 ns	1,4 ns	9,3 ns	51 b
PVD	12,9 ns	1,3 ns	9,6 ns	48 b
PTD	12,7 ns	1, 2 ns	10,2 ns	51 b

4.7 CALIDAD EXTERNA

El porcentaje de frutos rameados fue muy alto en los árboles de todos los tratamientos. El control presentó la mayor incidencia de frutos dañados diferenciándose estadísticamente de los restantes tratamientos (Cuadro 13).

Cuadro 13. Daños cosméticos en la piel del fruto causados por viento (rameado), según tratamiento de poda.

Tratamientos	Rameado de frutos (%)
C	76 a
PTD	72 b
PTND	72 b
PVND	71 b
PVD	68 b

En el rameado nivel 0 (frutos sin daño en la piel), el control es el que presentó menor porcentaje en relación a los podados. Los árboles del tratamiento PTND, alcanzaron diferencias significativas con los del control en los 3 niveles, siendo mayor en el nivel 1 (menor daño) y menor en los dos niveles de mayor daño. En el caso del nivel 3, el control y PVD fueron los tratamientos con mayor daño porcentual (Cuadro 14).

Cuadro 14. Niveles de daño por rameado

Tratamiento	Nivel 0*	Nivel 1**	Nivel 2***	Nivel 3****
PVD	32 a	53 b	9 b	6 a
PVND	29 a	59 b	10 b	2 b
PTND	28 a	65 a	6 b	1 b
PTD	28 a	57 b	12 a	3 b
C	24 b	57 b	14 a	5 a

* Nivel 0: sin daño

** Nivel 1: leve

*** Nivel 2: moderado

**** Nivel 3: severo

En el Cuadro 15 se muestra el color de la piel evaluado a través del índice de color $(a/L*b) * 1000$, que no presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Cuadro 15. Índice del color del fruto promedio por tratamiento, cuantificado al momento de la cosecha en una muestra de 30 frutos por árbol.

Tratamiento	Índice de color $(a/L*b)*1000$
PTND	18 ns
PVND	17 ns
PTD	19 ns
PVD	19 ns
C	18 ns

4.8 FLORACIÓN INTERIOR EN EL SEGUNDO AÑO

La medición de la floración interior en términos absolutos (flores planta⁻¹) presentó diferencias significativas entre los tratamientos, siendo los valores de los árboles con PTND, PTD y PVND superiores al control. El control presentó en promedio aproximadamente la mitad de las flores en relación a los restantes tratamientos y sin embargo PVD no se diferenció del mismo. En la contabilización se discriminó la emergencia de flores sobre chupones y sobre ramas secundarias del interior de la copa; el control no presentó chupones y los demás tratamientos no presentaron diferencias significativas entre ellos (Cuadro 16); sin embargo, en el caso de los tratamientos con deschuponado, el 35% de las flores de la copa emergieron sobre los chupones remanentes y en el caso de PTND y PTVD, el 23%.

Cuadro 16. Número total de flores totales en el interior de la copa, sobre chupones y en ramas secundarias (promedio por tratamiento), evaluada un año luego de realizada la poda.

Tratamiento	Número de flores totales en el interior de la copa	Número de flores en ramas secundarias del interior de la copa	Número de flores en los chupones
PTND	309 a	220 a	89 a
PTD	305 a	188 a	117 ab
PVND	288 a	234 a	54 ab
PVD	231 ab	163 a	68 ab
C	126 b	126 a	0

5. DISCUSIÓN

La intensidad de la poda aplicada en este experimento se programó en función de la alta carga de fruta cosechada en el ciclo anterior (58 t ha^{-1}), con promedios de peso de madera y hojas eliminadas de 17,1 kg y 5,6 kg en poda tradicional y poda ventana respectivamente.

Arbiza et al. (2000) en trabajos de poda en árboles de 'Clementina de Nules' y 'Ortanique', establecen una medida en kilogramos con la cual se puede evaluar la intensidad de la práctica. Los autores proponen que en plantas de 'Clementina de Nules' de similares dimensiones de copa, la extracción de 14-15 kg de madera y hojas por planta puede considerarse una poda leve y en el caso de 'Ortanique' 19 kg y 13 kg, poda moderada y leve respectivamente. De acuerdo a nuestros datos, las podas realizadas podrían catalogarse de moderada en la poda tradicional y liviana en la poda ventana.

Los tratamientos de poda tradicional presentaron brotes distribuidos homogéneamente en el interior del árbol, próximos a los cortes realizados; sin embargo, en el caso de la poda ventana, los brotes se concentraron en el interior de la copa, exclusivamente en la zona iluminada generada por las ramas y hojas eliminadas. La poda modificó en forma cuantitativa la brotación vegetativa ya que los árboles tienden a restaurar el equilibrio modificado luego de la poda (Arbiza et al. 2000, Gravina 2014a). A los dos meses de iniciada la brotación, el número de brotes evaluados disminuyó en todos los tratamientos, con un mínimo de 40% en la poda tradicional y un máximo de 95% en el control.

Esta disminución en el número de brotes que continuaron su desarrollo puede explicarse por una competencia entre los mismos por los recursos disponibles (fotoasimilados, agua y nutrientes minerales) y particularmente por la baja radiación incidente en una parte importante de la copa. La tendencia del crecimiento de los cítricos hace que se generen en el centro del árbol, zonas donde la cantidad de luz recibida es muy inferior a la incidente, por lo que la brotación es mínima o nula. Con la poda se logra incrementar la entrada de luz, aumentando la brotación y la eficiencia de la copa (Gravina, 2014a). Para manzano, Looney (1968), reporta que la zona interior-inferior de la copa recibe menos del 30% de la luz incidente. Nuestros resultados indican que en las plantas de 'Afourer' en la zona de medición, ese porcentaje nunca superó el 14,2% de la luz total, oscilando en promedio entre 3,9% en las plantas control y 14,2% en la poda tradicional. Esto sugiere que, en árboles sin podar, una alta proporción de las hojas interiores no alcanzan su punto de compensación lumínica a la hora de máxima intensidad (11-13 horas) y que los pocos brotes generados, no logran continuar su desarrollo por la reducida fuente disponible y su baja eficiencia, provocando su aborto.

En los tratamientos de poda tradicional, la disminución del número de brotes inicialmente generados fue de 49%, resultando el tratamiento con mayor persistencia de los mismos. Aunque la mayor cantidad de luz recibida por las ramas estructurales y secundarias puede ser la causa de esa mayor persistencia, se verificó que los brotes emergieron muy juntos entre sí, generando una competencia alta y eso también puede explicar la disminución (Figura 21).



Figura 21. Brotes interiores que surgieron como respuesta a un corte de poda.

En el caso de PVD y PVND, la reducción del número de brotes inicial fue 81,5 %. La abertura en la copa se realizó hacia la orientación sureste, esto favorece que la mayor parte de la luz penetre en esa zona, entre la salida del sol y las 11:00 de la mañana. El motivo por el cual la mayor parte de la luz solo penetra en ese horario es que la ventana realizada con la poda no abarcó el metro superior de la copa formando un “techo” que limitó la entrada directa al medio día, disminuyendo el tiempo de exposición en horas de mayor intensidad solar explicando el menor número de brotes y su disminución dos meses después de emergidos en este tipo de poda.

Las medidas realizadas con el ceptómetro representaron la cantidad de luz fotosintéticamente activa que llegaba a una zona de la copa ubicada a 1,5m de altura y de una longitud aproximada de 1,80m. En ella existe una gran variabilidad en las medidas de radiación PAR interceptada dentro de la copa del árbol. Son varios los motivos de las diferencias que presentó la variable: en las mediciones consecutivas resultó dificultoso colocar el ceptómetro exactamente en el mismo lugar en cada medición; adicionalmente, los árboles, aunque tenían un volumen de copa similar, presentaban un follaje con diferencias notorias.

Looney (1968), Jackson y Palmer (1979) en mediciones de luz realizadas en manzano, constataron una similar variabilidad en la luz interceptada en la zona interior de la copa de los árboles, y la dificultad de encontrar resultados de alta consistencia. Por lo tanto, los resultados obtenidos en 'Afourer' en este trabajo, deben considerarse indicativos, pero no de una alta precisión en términos de μ moles de fotones evaluados en cada fecha de muestreo.

En las primeras mediciones de primavera, se registraron los valores más altos de radiación interceptada, las cuales aumentaron progresivamente hasta su máximo en diciembre y a medida que avanzó la temporada se evidenció una tendencia decreciente. Similares resultados fueron reportados por Arbiza et al. (2000) en mandarina 'Clementina de Nules', quienes indican que la luz va decreciendo conforme avanza la temporada y las diferencias entre árboles podados y no podados se hacen nulas. En marzo, donde se registran las últimas mediciones, la radiación medida en cada tratamiento fue similar y eso puede estar explicado por el aumento de la brotación de primavera y de verano, que genera que los árboles podados aumenten su follaje y disminuya la luz que penetra en sus copas.

Iglesias et al. (2003) reportan que para la mayoría de las hojas de los cítricos el punto de saturación se ubica próximo a los $750 \mu \text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$, mientras que Medina (2002) propone que la luz óptima se ubicaría en el entorno de 400 y $450 \mu \text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$. En nuestro trabajo la zona interior de la copa no supera en promedio en las horas de mayor insolación $95 \mu \text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Con mínimos de 41 y $50 \mu \text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$, muy próximos al punto de compensación.

En lo que respecta al punto de compensación, el valor en el cual la fotosíntesis neta es cero, porque el gasto respiratorio es similar al carbono fijado por la fotosíntesis, existe muy poca bibliografía para la especie. Iglesias et al. (2003), señalan que con $25 \mu \text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ la tasa de fotosíntesis se ubica en torno a cero; Machado et al. (2005) reportan para naranja 'Valencia' $14,6 \mu \text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$, $12 \mu \text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para mandarina 'Murcott' y $17,5 \mu \text{mol}$

$\text{CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ en el caso de lima 'Tahiti'. En concordancia con estos autores, en el tratamiento control no se lograría cumplir con los requerimientos mínimos ($9 \mu \text{ mol fotones m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ya que la radiación interceptada por las hojas en una zona cuantitativamente importante de la copa estaría por debajo de ese valor.

El deschuponado se realizó con el objetivo de controlar el vigor de los brotes vigorosos que surgieron como respuesta a la poda. Raleando unos y despuntando otros, se buscó reducir su dominancia apical y vigor, promover su ramificación lateral y lograr el desarrollo de yemas capaces de inducirse a flor para el siguiente ciclo productivo en la zona interior de la copa. La poda tradicional generó 6 veces más chupones que PVD y como tendencia mayor longitud y mayor número de hojas. La mitad de los chupones remanentes en los árboles del tratamiento PTD no brotaron y la otra mitad generaron uno o dos brotes vigorosos por chupón, a diferencia del PVD en el cual la mayoría de los mismos no brotaron; esto puede explicar la mayor capacidad de desarrollo del PTD y su relación con las respuestas generadas en los chupones remanentes.

Debido a la alta carga de fruta en la cosecha previa, la intensidad de floración fue de media a baja, según lo propuesto por Guardiola (1992), y no hubo diferencias significativas entre tratamientos. El tipo de poda y la intensidad de la misma, en acuerdo con la carga del ciclo anterior (58 t ha^{-1}) no promovieron una disminución significativa en la intensidad de floración. La poda exterior pre-brotación en donde el raleo de ramas y el despunte en términos generales promueve una disminución de la floración como fue reportado por Krajewski y Pittaway (2000). En mandarina 'Nova' con la combinación de raleo y despunte de ramas, la floración cambió la distribución del tipo de brote, incrementando los vegetativos en detrimento de los reproductivos (Borges et al., 2005).

Existen varios reportes que afirman que la poda promueve un aumento en el tamaño de los frutos (Bevington 1980, Oren 1988, Vilches y Perez 1998, Arbiza et al. 2000, Craig 2005, Mendonça et al. 2005, Ahmad 2006, Martiz 2014a). En el presente trabajo esto no se comprobó. El tamaño del fruto cítrico se explica por lo menos en un 50% por el número de frutos que se obtuvo en la cosecha (Guardiola 1992, Ferenczi et al. 1999, Gravina et al. 2000). Nuestros resultados indican que el control presenta el doble del número de frutos que los tratamientos de poda, pero sin diferencias significativas en el tamaño de fruto con la mayoría de ellos. Aunque todos los tratamientos promovieron una disminución significativa en el número de frutos por planta y por m^3 de copa (Moss 1973, Craig 2005, Dalla Rosa et al. 2012, Velázquez-Martí et al. 2013), solamente el PTND promovió un incremento significativo en el peso promedio de fruto en relación al testigo. Dicho tratamiento alcanzó 25% más de peso que

los frutos de los árboles no podados. Aunque no tenemos una explicación para este incremento en relación a los otros tratamientos de poda, es sorprendente la falta de respuesta en el tamaño de los frutos, en relación al testigo.

En mandarina 'Afourer', Guimaraes (2016) reporta para 500 frutos por planta, un peso de frutos de casi 100g, lo que representa un 34 % más que nuestros resultados, para un número similar de frutos. Gambetta¹ en la misma variedad reportan valores similares, 986 frutos y peso promedio de 104 g, lo que equivale en nuestro trabajo a un incremento de 40%, en árboles de alta carga.

La baja eficiencia desde el punto de vista fotosintético de las hojas sombreadas al interior de la copa, que de acuerdo a nuestros resultados estuvieron por debajo de su punto de compensación, durante el periodo de división y elongación celular puede explicar al menos parcialmente la baja respuesta en el tamaño de fruto en los árboles podados (Looney 1968, Gravina 2014a).

El área foliar interior en los árboles podados, aunque aumentó la captación de luz se ubicó muy por debajo de la radiación necesaria para una adecuada fotosíntesis, explicado anteriormente. Podemos estimar que entre 40 y 60 % de la masa foliar se encontraba en una zona de muy baja iluminación y de acuerdo a los datos relevados, por debajo del punto de compensación. Por lo tanto esas hojas están actuando más como fosa que como fuente y podría ser una de las posibles explicaciones al bajo peso promedio de los frutos en los árboles podados.

Por otro lado, en las horas próximas al mediodía, periodo de máxima insolación, las hojas de la periferia del árbol, expuestas a la luz directa del sol, podrían presentar fotoinhibición por aumento de la temperatura foliar y cierre de estomas (Blanke 2000, Medina et al. 2002, Hu et al. 2007).

Considerado en su conjunto una gran parte de las hojas estarían presentando balances negativos desde el punto de vista de la fotosíntesis, unas por baja radiación y otras por exceso. Como consecuencia la producción de carbohidratos se ve reducida, tanto para la fase 1 de crecimiento del fruto (división celular) como para la fase 2 (elongación celular).

¹ Gambetta, G. 2017. Com. personal.

La variedad 'Afourer' se caracteriza por ser de hábito muy vigoroso (USTPO, 1998) y la dificultad en el manejo de los chupones que surgen como respuesta a la poda anual, es un problema en el manejo de la copa. Los brotes emergen en la brotación de primavera y aquellos que presentan marcada dominancia apical, se convierten en una fosa demandante durante la fase 1 del crecimiento del fruto, donde se define el número de células y por lo tanto el tamaño potencial de los frutos (Legaz et al. 1995, Gravina 2014a). En la medida que los componentes del rendimiento no fueron modificados significativamente entre los tratamientos de poda con o sin deschuponado, se sugiere que este manejo no afectó la competencia por carbohidratos durante la fase 1 de crecimiento del fruto.

La densidad en la cual están instaladas las plantas es de 910 árboles por hectárea, en un marco de plantación de 2m x 5m. Estas condiciones generan que las plantas estén muy próximas entre sí y que a medida que crecen el espacio definido entre ellas se reduzca. En las filas, las ramas de cada árbol se entrecruzan generando setos que limitan también la intercepción de luz en las copas. Bajo esta situación la poda no logra cumplir con el aumento de la luz solar en el interior del árbol ya que las hojas ubicadas en la fila quedan sombreadas (Figura 22).



Figura 22. Árboles del cuadro A1 en un marco de plantación 5m x 2m.

Por otro lado, la alta carga de fruta que presentaron las plantas en el ciclo pasado (58 t ha^{-1}) sugiere que las reservas acumuladas sean mínimas de acuerdo a Monselise y Goldschmidt (1981). Los frutos son la principal fosa durante el ciclo anual y requieren de elementos minerales y carbohidratos para su desarrollo (Legaz et al. 1995, Gravina 2014a). Durante la fase 1 del crecimiento del fruto, el árbol moviliza CHOS y nutrientes minerales de las reservas y en la fase 2 la principal fuente se obtiene a través de la fotosíntesis y el aporte del suelo respectivamente (Sanz et al., 1987).

El análisis foliar se utiliza como una base para determinar el estado nutricional de las plantas cítricas. La nutrición mineral es un factor determinante en el crecimiento y tamaño final del fruto, el cual puede verse modificado en sentido negativo en situación de carencias nutricionales. Los nutrientes con mayor incidencia en el crecimiento son el K y el Mg. La deficiencia de K reduce el tamaño del fruto y la carencia de Mg reduce la disponibilidad de asimilados debido a la acumulación de almidón en las hojas (Gravina y Gambetta, 2017).

Legaz et al. (1995) establecen valores de referencia de macro y micronutrientes en 'Clementina de Nules' y al ser comparados con los valores del análisis foliar 2017, concluimos que el rango de nutrientes de los árboles en estudio no presenta déficit ni excesos que puedan estar influyendo en el reducido tamaño de los frutos (Cuadro 17, Anexo 2).

Cuadro 17. Análisis foliar 2017 del cuadro de mandarina 'Afourer' A1.

Nutriente	Predio 'El espinillo' (mg g ⁻¹ materia seca)	Estado
N	23,4	Apenas bajo
P	1,5	Óptimo
K	11,3	Apenas alto
Ca	34	Óptimo
Mg	3,3	Óptimo

Los parámetros que definen la calidad externa de la fruta son el tamaño, color y calidad cosmética de la piel. Según nuestros resultados, no hubo diferencias significativas entre tratamientos en relación al color del fruto. Borges et al. (2005), Martiz (2014a) encuentran un incremento en el tono anaranjado de la piel en los tratamientos de poda en mandarina 'Nova' y naranjo 'Parent washington' con la poda; por el contrario, Dalla Rosa et al. (2012) no encuentran ninguna modificación en el color de los frutos en plantas podadas y no podadas.

Según Sites y Reitz (1949, 1950), el color de los frutos en la maduración se ve perjudicado por falta de luz solar. Estos autores explican que en el interior de la copa los frutos logran una menor evolución del color hacia el anaranjado, quedando con tonalidades verdes, determinando una menor calidad externa. Se ha demostrado en naranja 'Valencia Delta Seedles', 'Washington navel' y 'Navelate' que la concentración de carbohidratos y nitrógeno en el flavedo del fruto tiene gran influencia en el desarrollo del color de los frutos cítricos (Huff 1984, Sala et al. 1992, Holland et al. 1999). El metabolismo de N se asocia al retraso de la coloración, la fertilización alta o tardía con nitrógeno incrementa el porcentaje de frutos verdes en la cosecha (Sala et al., 1992), sin embargo, el estatus de este nutriente en los árboles estudiados no presenta concentraciones en exceso y la fertilización se realizó en todos los tratamientos por igual. Los carbohidratos promueven el cambio de color de los frutos (Iglesias et al., 2001); la menor coloración final lograda por los frutos de los árboles control, también podría asociarse a la escasez de fotoasimilados, explicada anteriormente.

La calidad de piel está determinada principalmente por los daños causados por el viento (rameado), daños sanitarios y desórdenes fisiológicos. El rameado es la principal causa de descarte de fruta cítrica para exportación en el Uruguay (Gravina et al., 2011) llegando a alcanzar altos porcentajes en las variedades más sensibles. Gravina² en el caso de 'Afourer' manifiesta que es una variedad de alta sensibilidad al rameado. Se ha demostrado que la poda mejora notoriamente este aspecto, disminuyendo los daños en la piel del fruto (Rodríguez y Villalba 2000, Borges et al. 2005).

Borges et al. (2005) construyen un índice de daño, el cual agrupa: rameado, sarna, deformaciones, cochinilla y otros, y reporta en los árboles que son podados se mejora notoriamente en este aspecto, disminuyendo los daños en la piel del fruto. En nuestros resultados el rameado fue el factor que más incidió en la calidad cosmética del fruto. Si bien todos los tratamientos presentaron altos porcentajes de este daño, el control se diferenció estadísticamente de todos los tratamientos de poda por presentar el mayor porcentaje de rameado. Estos resultados concuerdan con lo publicado por Rodríguez y Villalba (2000) en árboles de 'Clementina de Nules' y por Borges et al. (2005) en mandarina 'Nova'. Adicionalmente, en nuestro trabajo se estudiaron la severidad de rameado de acuerdo al porcentaje de piel afectada; los resultados obtenidos confirman que el control fue el tratamiento que

² Gravina, A. 2017. Com. personal.

presentó mayor porcentaje en las categorías más altas (2 y 3) reafirmando lo propuesto anteriormente.

Los daños sanitarios causados por enfermedades y plagas fueron mínimos y alcanzaron el 3% del total de la fruta muestreada. Se observaron casos aislados de 'cochinilla roja' (*Aonidiella aurantii*). El único desorden fisiológico que se detectó fue 'creasing', en muy bajo porcentaje (0,1 %).

Los tratamientos de poda no modificaron en forma significativa la calidad interna (% de jugo, SST y la acidez titulable). Existen varios estudios sobre los diferentes parámetros de calidad y con resultados variables. Mendonça et al. (2005) luego de 3 años de poda no encontraron diferencias significativas en ningún parámetro de calidad, al igual que Dalla Rosa et al. (2012). Sin embargo, otros autores explican que la poda sí genera cambios favorables en esos parámetros. Ingle et al. (2005), Ghosh y Bera (2014), Martiz et al. (2014b) encontraron aumentos en el porcentaje de jugo y en los sólidos solubles totales; Ahmad (2006) verificó ese resultado solo en el porcentaje de jugo y Martiz et al. (2014b) comprobaron la disminución del grosor de la cáscara.

Según Reitz (1949, 1950), los sólidos solubles totales y la acidez titulable disminuyen hacia el interior de la copa por la falta de luz solar. En la periferia del árbol esos parámetros se encuentran próximos a valores adecuados. En nuestro trabajo si bien no se evaluó la fruta por zona del árbol, no se comprobó estadísticamente ni como tendencia al comparar los árboles control con los podados (Anexo 3).

El aumento de la floración interior fue uno de los objetivos del presente trabajo. La poda logró aumentar la cantidad de las flores totales en el interior de la copa; sin embargo, no se registraron diferencias significativas de las flores sobre los chupones remanentes entre tratamientos, pero si con el control, el cual no presentó chupones. Es interesante la tendencia que se observa si comparamos los tratamientos con y sin deschuponado, en PTD y PVD el 35% de las flores totales del interior de la copa emergieron sobre los chupones y en el caso de PTND y PVND solo el 23%. La explicación puede enfocarse en que los tratamientos con deschuponado recibieron un manejo, el cual frenó el crecimiento vigoroso de los chupones. Si bien la mayoría de esas estructuras no ramificaron, pudieron generarse las condiciones para la inducción en las yemas latentes de los mismos.

En el siguiente esquema se presentan los factores que pueden afectar el resultado de la práctica de poda: en el extremo superior se detallan la época, frecuencia, intensidad y tipo; y en la parte basal del esquema aparecen los factores que modificó la poda en los árboles de mandarina 'Afourer' de este experimento: brotación vegetativa y reproductiva, rendimiento (número y peso de fruta) y calidad externa e interna (Figura 23).

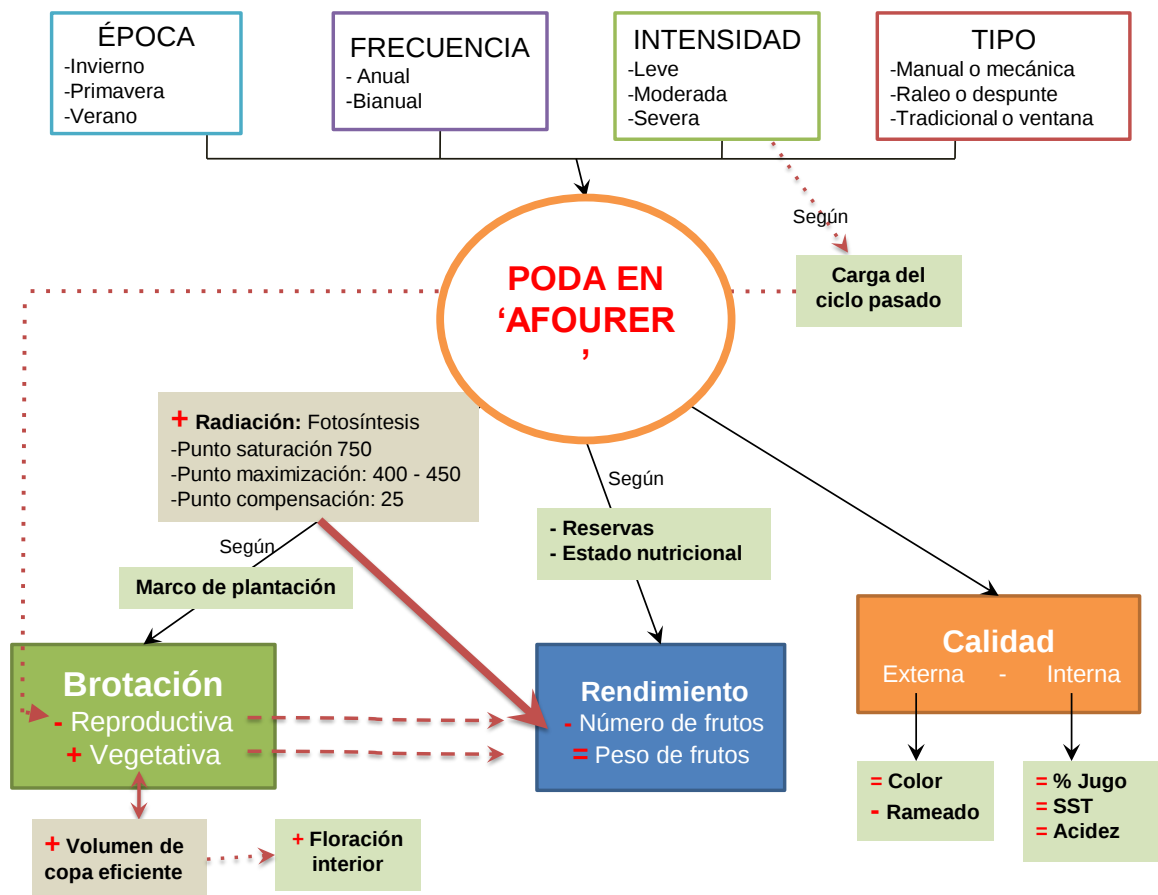


Figura 23. Esquema general de los factores y consecuencias que influyeron en la poda de mandarina 'Afourer'.

6. CONCLUSIONES

- Los tratamientos de poda aumentaron la brotación vegetativa en el interior de la copa en relación al control.
- La floración exterior no fue modificada debido a que la poda se realizó sobre las ramas interiores del árbol.
- La radiación interceptada por la copa de los árboles podados, presentó una tendencia decreciente en el periodo de evaluación, con valores que nunca alcanzaron el punto de maximización de la fotosíntesis estando más próximos al punto de compensación.
- La radiación incidente al interior de la copa en los árboles control no logró superar el punto de compensación, en prácticamente todo el período estudiado.
- El manejo de los chupones que se mantuvieron en los árboles podados no logró el objetivo de generar yemas con posibilidades de inducirse a flor. Si bien se logró reducir el vigor de los brotes, no se generaron cambios significativos en las ramificaciones o brotaciones laterales.
- El tamaño del fruto no logró compensar la disminución del rendimiento que generó la reducción del número de frutos, esto sucedió en todos los tratamientos a excepción de PTND.
- Resulta llamativo el bajo peso de los frutos en los tratamientos de poda que presentaron un número promedio de 500 frutos por planta.
- La poda no modificó los parámetros de calidad interna: sólidos solubles totales, acidez y porcentaje de jugo.
- El rameado, que fue alto en todos los tratamientos y se redujo con los tratamientos de poda.
- La floración interior en el ciclo siguiente fue significativamente superior en los árboles podados.

7. RESUMEN

En la producción comercial de cítricos existen determinados manejos que son necesarios en el ciclo de producción anual. La mandarina 'Afourer' es una variedad de alto valor comercial y es demandada por los mercados internacionales. Su crecimiento vegetativo tiende a ser vigoroso, por lo que resulta dificultoso manejar la poda y su rebrote. Existe muy poca información nacional e internacional de las prácticas de poda en cítricos. El objetivo de este trabajo fue contribuir a la temática, investigando la forma en que responde la variedad desde el punto de vista vegetativo y reproductivo, a dos tipos de poda. Adicionalmente se propuso estudiar el manejo de los brotes vigorosos ('chupones') tres meses después de realizada la poda. Se utilizó un monte de mandarina 'Afourer' (*Citrus reticulata* Bl.) injertada sobre *P. trifoliata* L., en un marco de plantación de 5 m x 2 m, bajo fertilización en cobertura y con doble línea de riego por goteo. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 6 repeticiones por tratamiento. Los cinco tratamientos fueron: poda tradicional con y sin deschuponado, poda ventana con y sin deschuponado y el control. La poda se realizó el 24 de agosto y el manejo de chupones el 25 de noviembre; se midieron y evaluaron los siguientes parámetros: flujos de brotación vegetativa, brotación reproductiva de dos años sucesivos, caída final de frutos, evolución de la radiación interceptada en el interior de la copa, evolución del diámetro de fruto y color, rendimiento final (número y peso promedio de frutos). También se analizó la calidad interna (porcentaje de jugo, sólidos solubles totales, acidez y ratio) y externa (tamaño, color y daños en la piel). La poda tradicional promovió una mayor brotación interior vegetativa que la poda ventana. La floración no presentó diferencias significativas entre tratamientos. La luz incidente en la copa no alcanzó los valores adecuados para maximizar el proceso de fotosíntesis e incluso estuvo apenas por encima del punto de compensación reportado para citrus. El deschuponado logró parcialmente su objetivo ya que redujo el vigor de los chupones, pero no generó ramificaciones laterales sin aumentar el número de flores al interior del árbol. El rendimiento se vio disminuido con las dos podas debido a la reducción en el número de frutos, que no fue compensado con el peso de los mismos. En ninguno de los árboles podados se registraron diferencias significativas en los parámetros de calidad interna y externa a excepción del rameado que disminuyó. La floración interior evaluada un año después de la poda fue estadísticamente diferente entre árboles podados y no podados, incrementando su valor absoluto en la zona interior de la copa.

Palabras clave: 'Afourer'; Poda; "Chupón"; Radiación interceptada.

8. SUMMARY

When dealing with the commercial production of citrus there are certain cares that are necessary to perform during the annual production cycle. "Afourer" is a high commercial value mandarin, highly demanded by international markets. Its vegetative growth tends to be vigorous, making the management of the pruning and its regrowth a very difficult task. There is very little information, both at national and international levels, on citrus pruning practices in citrus. The objective of this study was to make a contribution in this area by investigating the way in which this variety responds to two different types of pruning, from the vegetative and the reproductive point of view. In addition, we decided to study the handling of vigorous sprouts three months after pruning. In order to do so an orchard of "Afourer" mandarin (*Citrus reticulata* Bl.) grafted on *P. trifoliata* inserts in a planting frame of 5 m x 2 m, under dry fertilizer broadcast application and with double drip irrigation line was used. Complete random experimental design with 5 replicates per treatment was used. The five treatments were: traditional pruning with and without water sprout managements, window pruning with and without water sprout managements and control. Pruning was carried out on August 24th and water sprouts management on November, 25th. Vegetative and reproductive sprouting, final fruit set, evolution of the intercepted radiation inside the canopy, ecuatorial diameter, colour evolution, the water sprout managements and final yield (fruits number and average weight) were measured. The internal quality (juice percentage, total soluble solids, acidity and ratio) and external quality (size, colour and peel damage) were also analyzed. Traditional pruning promoted higher sprouting inside the canopy than windows pruning. No significant differences were found in outside flowering intensity due to the type of pruning. Intercepted light in the canopy did not reach the minimum thresholds to maximize the photosynthesis process and even in control treatment it did not reach the minimum value to achieve the compensation point reported for the citrus. The water sprout managements partially achieved its goal since it the its vigor but did not generate lateral ramifications and then, no flower number increment inside the canopy could be found. Yield was diminished with the two prunings due to the reduction of fruit number, in turn fruit size did not increse to compensate that decrease. In none of the pruning trees, differences in the internal and external quality parameters were significant, except for the wind damage, that decressed in pruning trees. The internal flowering evaluated one year after pruning was statistically different between pruned and non-pruned trees, increasing its absolute value in the inner zone of the canopy.

Keywords: 'Afourer'; Pruning; Water-sprout; Intercepted radiation.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Agustí, M. 2003. Citricultura. 2a. ed. rev. y ampl. Madrid, España, Mundi-Prensa. 422 p.
2. 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.
3. 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.
4. Bevington, K. B. 1980. Response of valencia orange trees in Australia to headgind and topping. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*. 98: 65-66.
5. 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.
6. 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.
7. Calabrese, F.; Panno, M. 1992. Pruning and Mineral Losses from Mandarin Orchards in Sicily. *In*: International Citrus Congress (7th., 1992, Acireale, IT). Proceedings. Catania, International Society of Citriculture. v.2, pp. 690-692.
8. Craig Kallsen, E. 2005. Topping and Manual Pruning Effects on the Production of Commercially Valuable Fruit in a Midseason Navel Orange Variety. *HortTechnology*. 15 (2): 335-341.

9. Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; Gonzáles, L.; Tablada, M.; Robledo, C. W. 2015. InfoStat versión 2017. (en línea). Córdoba, Universidad Nacional de Córdoba. FCA. s.p. Consultado 20 jul. 2017. Disponible en <http://www.infostat.com.ar/>
10. Dalla Rosa, R.; Nava, G. A.; Piva, L. P.; Mezzalana, E. J.; Paulus, D. 2012. Poda e raleio de tangerineira (*Citrus deliciosa* Tenore) cv. Montenegrina no Sudoeste do Paraná. Revista Ceres. 59 (2): 254-261.
11. Eissenstat, D. M.; Duncan, L. W. 1992. Root growth and carbohydrate responses in bearing citrus trees following partial canopy removal. Tree Physiology. 10: 245-257.
12. Ferenczi, A.; Gambetta, G.; 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 (Montevideo). 3(1): 51-57.
13. 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. Facultad de Agronomía. 54 p.
14. Gambetta, G.; Gravina, A.; Fasiolo, C.; Fornero, C.; Galiger, S.; Inzaurrealde, C.; Rey, F. 2013. Self-incompatibility parthenocarp and reduction of seed presence in 'Afourer' mandarin. Scientia Horticulturae. 164: 183-188.
15. García, M. 2011. Poda del limonero; 1ra. parte. (en línea). Buenos Aires, Horizonte Agroalimentario. 15. s.p. Consultado 25 ago. Disponible en http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-poda_limonero1.pdf
16. Gravina, A.; Arbiza, A.; Ferenczi, A.; Orlando, L.; Severino, V.; Gambetta, G.; Almela, G.; Agustí, M. 2000. Estudio del comportamiento alternante de la naranja 'Salustiana' [*Citrus sinensis* (L.) Osb.] en diferentes condiciones productivas. Agrociencia (Montevideo). 4(1): 17-22.
17. _____.; Espino, M.; Da Cunha Barros, M. 2005. Evaluación del viento, cortinas de abrigo, sus características y efecto sobre la calidad de los frutos cítricos. Parte II. Análisis del efecto del viento

en la calidad externa de los frutos cítricos. In: Simposio Investigación y Desarrollo Tecnológico en Citrus (2°. , 2005, Montevideo, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. 1 disco compacto.

18. _____.; Cataldo, J.; Gambetta, G.; Pardo, E.; Fornero, C.; Galiger, S.; Pienika, R. 2011. Relation on peel damage in citrus fruit to wind climate in orchard and its control. *Scientia Horticulturae*.129: 46-51.
19. _____. 2014a. Fisiología de citrus. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 145 p.
20. _____.; Gambetta, G.; Rey, F.; Fasiolo, C.; Pereira das Neves, V. 2014b. Producción de mandarina 'Afourer' bajo malla anti-abejas; I. efecto de diferentes mallas en la presencia de semillas y el rendimiento. In: Simposio de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Citrus (5°. , 2014, Salto). Trabajos presentados, Salto, Facultad de Agronomía. s.p.
21. _____.; _____.; Rey, F.; Fasiolo, C.; Guimaraes, N. 2014c. Producción de mandarina 'afourer' bajo malla anti-abejas; II. técnicas de mejora del cuajado y rendimiento en el sur de Uruguay. In: Simposio de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Citrus (5°. , 2014, Salto). Trabajos presentados, Salto, Facultad de Agronomía. s.p.
22. _____.; _____.; _____.; Guimaraes, N. 2016. Mejora de la productividad en mandarina 'Afourer' en aislamiento de polinización cruzada. *Agrociencia* (Montevideo). 21 (2): 22-28.
23. Ghosh, S. N.; Bera, B. 2014. Effect of pruning on productivity in sweet orange. *Journal of Horticultural Science*. 9 (2): 206-208.
24. Golomb, A.; Reinhartz, D.; Israeli, E. 1988. Management of Crowded Grapefruit Plots by Tree-Thinning or Pruning. In: International Citrus Congress (6th. , 1988, Middle-East, Tel Aviv, Israel) Proceedings. Philadelphia, Balaban. pp. 963-968.
25. Grünberg Isaac, P. 1952. La poda de los frutales. 5a. ed. Buenos Aires, El Ateneo. 385 p.

26. Guardiola, J. L. 1992. Fruit set and growth. In: International Seminar on Citrus (2nd., 1993, São Paulo, Brazil) Proceedings. São Paulo, Brazil, s.e. pp. 1-31.
27. Guimaraes Acuña, N. S. 2016. Optimización del rendimiento de mandarina 'Afourer' (*Citrus reticulata* Blanco) en aislamiento de polinización cruzada. Tesis Ing. Ag. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 69 p.
28. Holland, N.; Sala, J. M.; Menezes, H. C.; Lafuente, M. T. 1999. Carbohydrate content and metabolism as related to maturity and chilling sensitivity of cv. *Fortune mandarins*. Journal of Food Chemistry. 47: 2513-2518.
29. Hu, L.; Xia, R.; Xiao, Z.; Huang, R.; Tan, M.; Wang, M.; Wu, Q. 2007. Reduced leaf photosynthesis at midday in citrus leaves growing under field or screenhouse conditions. Journal of Horticultural Science & Biotechnology. 82 (3): 387-392.
30. Huff, A. 1984. Sugar regulation of plastid interconversions in the epicarp of Citrus fruit. Plant Physiology. 76: 307-312.
31. Iglesias, D. J.; Tadeo, F. R.; Legaz, F.; Primo-Millo, E.; Talon, M. 2001. In vivo sucrose stimulation of color change in citrus fruit epicarps: interactions between nutritional and hormonal signals. Physiologia Plantarum. 112:244-250.
32. _____.; _____.; Talón, M. 2003. Relación entre productividad, superficie foliar y fotosíntesis en cítricos. Levante Agrícola. 364: 30-36.
33. Ingle, H. V.; Zambare, S. G.; Shinde, B. B. 2005. Effect of severity of pruning on growth, yield and quality of old acid lime trees. Agricultural Science Digest. 25 (2): 127-129.
34. Iwagaky, I. 1981. Tree configuration and pruning of satsuma mandarin in Japan. In: International Citrus Congress (1982, Tokyo, JP). Proceedings. Shizuoka, International Society of Citriculture. v.1, pp. 169-172.
35. Jackson, J. E.; Palmer, J. W. 1979. A Simple Model of Light Transmission and Interception by Discontinuous Canopies. Annals of Botany. 44: 381-383.

36. Jahn, O.L. 1979. Penetration of Photosynthetically Active Radiation as a Measurement of Canopy Density of Citrus Trees. *American Society Horticultural Science*. 104 (4): 557-560.
37. 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.
38. Krajewski, A.; Pittaway, T. 2003. 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.
39. Larcher, W. 1995. Physiological plant ecology; ecophysiology and stress physiology of functional groups. Berlin, Verlag. 514 p.
40. Legaz, F.; Serna, M. D.; Primo-Millo, E. 1995. Mobilization of the reserve N in citrus. *Plant and Soil*. 173 (2): 205-210.
41. Looney, N. E. 1968. Light regimes within standard size apple trees as determined spectrophotometrically. *Proceedings of the American Society Horticultural Science*. 93:1-6.
42. 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.
43. Martín-Gorriz, B.; Porras Castillo, I. Torregrosa, A. 2014. Effect of mechanical pruning on the yield and quality of 'Fortune' mandarins. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 12 (4): 952-959.
44. Martiz, J. 2014a. Aumento de la eficiencia de la mano de obra en cítricos mediante manejos de poda. *Redagráfica*. 67: 36-41.
45. _____. Ramírez, E.; Cornejo, J. 2014b. Influencia de cuatro sistemas de poda sobre la calidad productiva y uso de mano de obra en naranjo 'Parent Washington'. In: Congreso Latinoamericano de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Citrus (1^o, 2014, Salto,

Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. s.p.

46. Medina, S. 1989. El cultivo moderno del naranjo, limonero y otros agrios. Barcelona, De Vecchi. 159 p.
47. Medina, C. L.; Souza, R. P.; Machado, E. C.; Ribeiro, R. V.; Silva, J. A. B. 2002. Photosynthetic response of citrus grown under reflective aluminized polypropylene shading nets. *Scientia Horticulturae*. 96: 115-125.
48. Mendonça, V.; Darlan Ramos, J.; Moraes Rufini, J. C.; de Araújo Neto, E. S.; Pretti Rossi, E. 2006. Qualidade de frutos da tangerineria 'Pokan' após poda de recuperação. *Ciência e Agrotecnologia*. 30 (2): 271-276.
49. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2006. Encuesta citrícola "primavera 2006". Montevideo. s.p.
50. _____. _____. 2016. Encuesta citrícola "primavera 2016". Montevideo. 10 p.
51. Monselise, S. P.; Goldschmidt, E. E. 1981. Alternate bearing in citrus and ways of control. In: International Citrus Congress (1981, Tokyo, Japan). Proceedings. Shizuoka, International Society of Citriculture. pp. 239 – 242.
52. Moss, G. I. 1973. Regrowth and flowering in sweet orange after pruning. *Australian Journal of Agricultural Research*. 24: 101-109.
53. Nadori, E. B. 2006. 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.
54. Oren, Y. 1988. Pruning Clementine Mandarin as a Method for Limiting Tree Volume and Increasing Fruit Size. In: International Citrus Congress (6th., 1988, Middle-East, Tel Aviv, Israel) Proceedings. Philadelphia, International Society of Citriculture. v.1, pp. 953-956.

55. Pilau, F. G.; Angelocci, L. R. 2015. Área foliar e interceptação de radiação solar pela copa de uma laranjeira. *Bragantia* (Campinas). 74 (4): 476-482.
56. Rey, F.; Gravina, A.; Gambetta, G.; Fasiolo, C. 2014. Alternativas para disminuir la presencia de semillas en mandarina 'Afourer'. *In*: Simposio de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Citrus (5º., 2014, Salto). Trabajos presentados. Salto, Facultad de Agronomía. s.p.
57. Rodríguez Pagazaurtundúa, J. J.; Villalba Buendía, D. 2000. Poda de los cítricos. *Fruticultura Profesional*. no. 111: 29-41.
58. Sala, J. M.; Cuñat, P.; Collado, M.; Mocholi, V, 1992. Effect of nitrogenous fertilization (quantity and nitrogen form) in precocity of color change of 'Navelina' oranges. *In*: International Citrus Congress (7th., Acireale, IT). Proceedings. Catania, International Society of Citriculture. v.1, pp. 598-602.
59. Sanz, A.; Monerri, C.; Gonzáles-Ferrer, J.; Guardiola, L. 1987. Changes in carbohydrates and mineral elements in Citrus leaves during flowering and fruit set. *Physiologia Plantarum*. 69: 93-98.
60. Saunt, J. 2000. Citrus varieties of the world; an illustrated guide. 2nd. ed. Norwich, Sinclair. 156 p.
61. Sites, J. W.; Reitz, H. J. 1949. The variation in individual Valencia orange from different locations of the tree as a guide to sampling methods and sport-picking for quality. 1. Soluble solids in the juice. *Proceedings of the American Society Horticultural Science*. 54:1-10.
62. _____; _____. 1950. The variation in individual Valencia orange from different locations of the tree as a guide to sampling methods and sport-picking for quality. II. Titrable acid ratio of the juice. *Proceedings of the American Society Horticultural Science*. 55: 73-80.
63. Uruguay XXI (Instituto de Promoción de Inversiones y Exportaciones del Uruguay, UY). 2015a. Producción y comercio exterior citrícola del Uruguay (en línea). Montevideo. 14 p. Consultado 15 jul. 2017. Disponible en <http://www.uruguayxxi.gub.uy/informacion/wp->

[content/uploads/sites/9/2015/09/Sector-C%C3%ADtricos-Setiembre-2015-Uruguay-XXI.pdf](http://www.uruguayxxi.gub.uy/informacion/wp-content/uploads/sites/9/2015/09/Sector-C%C3%ADtricos-Setiembre-2015-Uruguay-XXI.pdf)

64. _____. 2015b. Producción y comercio exterior citrícola del Uruguay. Sector Agronegocios. (en línea). Montevideo. 43 p. Consultado 15 jul. 2017. Disponible en <http://www.uruguayxxi.gub.uy/informacion/wp-content/uploads/sites/9/2017/07/Informe-Agronegocios-Diciembre-2016-Uruguay-XXI.pdf>
65. 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>
66. Velázquez-Martí, B.; Fernández-González, E.; López-Cortés, I.; Callejón-Ferre, A. J. 2013. Prediction and evaluation of biomass obtained from citrus trees pruning. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 11(3-4): 1485-1491.
67. Vilches, F.; Perez, J. 1998. Fundamentos y manejo de la poda en la clementina cv. Oronules. Influencia sobre la productividad y calidad. *Levante Agrícola*. 342: 23-28.
68. Zaragoza, S.; Alonso, E. 1981. Citrus pruning in Spain. *In*: International Citrus Congress (1981, Tokyo, Japan). Proceedings. Shizuoka, International Society of Citriculture. pp. 172-175.
69. _____.; Trénor, I.; Medina, A. 2000. Influence of Manual Pruning on Citrus Fruit Quality and Production. *In*: International Citrus Congress (9th, 2000, Orlando, Florida). Proceedings. Orlando, FL, International Society of Citriculture. pp. 513-514.
70. Zurru, R.; Deidda, B.; Mulas, M. 2012. Effects of different pruning intensity applications on plant shape and yield quality of 'SRA 63' Clementine. *Acta Horticulturae*. no. 928: 273-279.

10. ANEXOS

1. Radiación expresada en μ mol fotones $m^{-2} s^{-1}$ durante todo el periodo de medición.

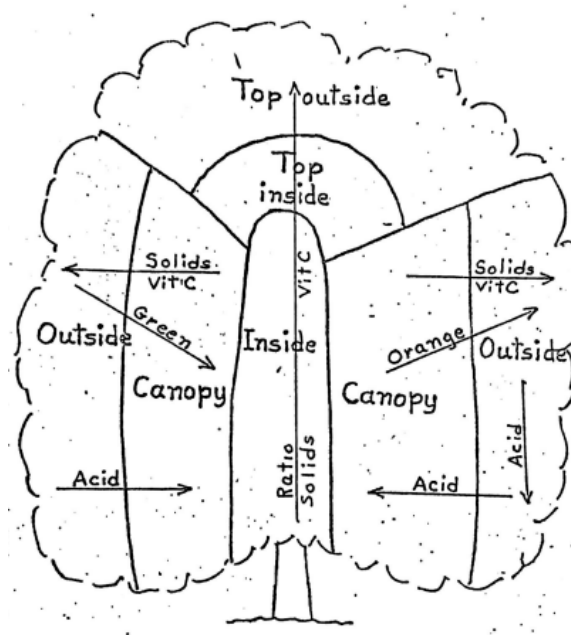
Fecha	C	μ mol fotones $m^{-2} s^{-1}$	PT	μ mol fotones $m^{-2} s^{-1}$	PV	μ mol fotones $m^{-2} s^{-1}$
14/10/2016	1355	23	135	1344	1348	145
21/10/2016	1446	19	191	1348	1436	106
04/11/2016	1366	27	196	1386	1373	96
11/11/2016	1462	12	88	1469	1461	103
18/11/2016	1466	16	126	1465	1469	131
25/11/2016	1481	23	127	1481	1485	105
01/12/2016	1512	23	139	1516	1512	94
07/12/2016	1472	9	64	1492	1478	115
12/12/2016	1547	28	88	1590	1581	100
21/12/2016	1548	9	93	1549	1554	79
29/12/2016	1466	20	69	1490	1471	72
05/01/2017	1500	16	80	1504	1502	56
11/01/2017	1437	30	48	1460	1456	103
19/01/2017	1519	25	47	1520	1517	90
27/01/2017	1503	12	64	1499	1552	62
08/02/2017	1464	9,5	50	1441	1447	70
22/02/2017	1388	24	41	1381	1388	82
10/03/2017	1266	49	66	1281	1268	50
Promedio	1455	21	95	1456	1461	92,2
Mínimo	1266	9	41	1281	1268	50
Máximo	1548	49	196	1590	1581	145

2. Análisis foliar de citrus, valores óptimos de macro y micronutrientes.

Nutriente	Óptimo teórico (g kg ⁻¹)
N	24 – 27
P	1,2 - 1,5
K	7 – 10
Ca	30 - 50
Mg	2,5 – 4,5

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

3. Parámetros de calidad de fruta en los diferentes estratos del árbol, según la intercepción de la luz solar.



Fuente: Sites y Reitz (1949, 1050).