

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**RESPUESTA DE MANZANOS 'ROSY GLOW' A LA PODA
MECÁNICA EN VERDE**

por

Juan Mauricio CAZZOLA MALANGA

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2023**

Trabajo final de grado aprobado por:

Director:

Dra. Ing. Agr. Vivian Severino

MSc. Ing. Agr. Danilo Cabrera

Dra. Ing. Agr. Mercedes Arias

Dr. Ing. Agr. Bruno Carra

Fecha: 13 de febrero de 2023

Autores: -----

Juan Mauricio Cazzola

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), por brindar sus instalaciones, servicios, personal e investigadores, quienes fueron el pilar fundamental para la realización de todo el ensayo. Entre ellos a Bruno Carra, qué, al principio, aunque sin hablar español, logramos entendernos y llevar a cabo todas las mediciones.

A Ivan Cescatto, productor que brindó su monte comercial de manzanos y su podadora mecánica para la realización del ensayo.

Especialmente agradecer a Danilo Cabrera, por el apoyo, conocimiento y contribución en todas las etapas del trabajo, las cuales fueron claves para concretar el mismo.

Un agradecimiento afectuoso a Vivian Severino, la directora de este trabajo final; la cual, desde el primer día al último, siempre apoyó con su conocimiento, carisma y actitud positiva a la realización de la tesis.

Gracias a mi familia, la cual fue la base de toda mi formación, con el apoyo diario a lo largo de todos estos años. En especial gratitud a mi hermana, la cual me brindó la motivación de concluir esta etapa importante de mi vida.

TABLA DE CONTENIDO

| | Página |
|---|--------|
| PÁGINA DE APROBACIÓN..... | II |
| AGRADECIMIENTOS..... | III |
| TABLA DE CONTENIDO..... | IV |
| LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES..... | VI |
| | |
| 1. <u>INTRODUCCIÓN</u> | 1 |
| 1.1. OBJETIVO GENERAL..... | 2 |
| 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 2 |
| 2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> | 3 |
| 2.1 CULTIVO DE MANZANA | 3 |
| 2.1.1 <u>Grupo Cripps Pink</u> | 3 |
| 2.1.2. <u>Sistema de Plantación: Muro Frutal</u> | 5 |
| 2.1.3. <u>Poda en el manzano</u> | 6 |
| 2.1.4. <u>Poda en verde</u> | 7 |
| 2.1.4.1. Efectos sobre la planta | 8 |
| 2.1.4.2. Efectos sobre los frutos | 9 |
| 2.2. MECANIZACIÓN DE CULTIVOS | 10 |
| 2.2.1. <u>Mecanización de la poda en frutales</u> | 11 |
| 2.2.2. <u>Poda mecánica en manzano</u> | 11 |
| 3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> | 13 |
| 3.1 SITIO Y MATERIAL VEGETAL | 13 |
| 3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS | 13 |
| 3.2.1 <u>Diseño experimental y tratamientos</u> | 13 |
| 3.2.2 <u>Mediciones en el cultivo</u> | 15 |
| 3.2.3 <u>Mediciones a cosecha</u> | 18 |
| 3.2.4 <u>Análisis estadístico</u> | 20 |

| | | |
|-----|---|----|
| 4. | <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> | 21 |
| 4.1 | CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL CICLO | 21 |
| 4.2 | CRECIMIENTO VEGETATIVO..... | 22 |
| 4.3 | INTERCEPCIÓN DE LUZ | 24 |
| 4.4 | PRODUCCIÓN DE MANZANAS Y CALIDAD DE FRUTA | 28 |
| 4.5 | DAÑOS CAUSADOS POR LA PODA | 34 |
| 5. | <u>CONCLUSIONES</u> | 37 |
| 6. | <u>RESUMEN</u> | 38 |
| 7. | <u>SUMMARY</u> | 39 |
| 8. | <u>BIBLIOGRAFÍA</u> | 40 |

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

| Figura N°. | Página |
|---|--------|
| Figura 1. Manzana del cultivar ‘Rosy Glow’ | 4 |
| Figura 2. Maquinaria utilizada para la poda, (sin datos sobre el modelo). | 14 |
| Figura 3. Tamaño de la fila definido para realizar la Poda Mecánica..... | 15 |
| Figura 4. Momento en el cual comenzaron las mediciones 20 DDPF | 16 |
| Figura 5. Esquema de mediciones de luz. | 18 |
| Figura 6. Instrumentos utilizados para las mediciones de calidad de fruta. De izquierda a derecha: Penetrómetro; Colorímetro; Refractómetro..... | 19 |
| Figura 7. Evolución de las precipitaciones y la temperatura media durante el ciclo productivo 2019-20 en base a los datos de la estación meteorológica de INIA Las Brujas. | 21 |
| Figura 8. Estimación del consumo y del aporte de agua del cultivo (Precipitaciones + Riego – ETP) durante el ciclo productivo de la manzana 2019-20 en base a los datos de la estación meteorológica de INIA Las Brujas. | 22 |
| Figura 9. Evolución del largo de brindilla en los cuatro tratamientos según días después de plena floración (DDPF). | 23 |
| Figura 10. Análisis de correlación de Pearson entre las medidas de intercepción de luz del ceptómetro e intercepción de luz PAR medidas con la placa. | 25 |
| Figura 11. Evolución del porcentaje de intercepción de luz PAR medido con el ceptómetro, 46, 47, 75, 94 y 216 días después de plena flor (DDPF)..... | 26 |
| Figura 12. Evolución del porcentaje de intercepción de luz medido con la placa, 46,47,75 y 216 días después de plena flor (DDPF)..... | 28 |
| Figura 13. Porcentaje de cada categoría de frutos cosechados 216 DDPF | 30 |
| Figura 14. Porcentaje de cada categoría de frutos cosechados 228 DDPF | 31 |
| Figura 15. Características Cromo, Hue y L del color de la fruta cosechada por tratamiento. | 32 |
| Figura 16. Daño de la poda en la rama de la planta. | 35 |
| Figura 17. Ejemplos de frutos dañados por poda mecánica..... | 36 |

| Cuadro N°. | Página |
|--|--------|
| Cuadro 1. Cronología (DDPF y fecha calendario) de intervenciones y evaluaciones del experimento..... | 20 |
| Cuadro 2. Número de frutos raleados por planta y resultado final a cosecha por tratamiento..... | 29 |
| Cuadro 3. Frutos que alcanzan la calidad Pink Lady a los 228 DDPF | 32 |
| Cuadro 4. Número de frutos cosechados en cada fecha de cosecha con los remanentes por árbol..... | 33 |
| Cuadro 5. Parámetros de composición de las manzanas de la primera cosecha (216 DDPF). | 34 |
| Cuadro 6. Parámetros de composición de las manzanas de la segunda cosecha (228 DDPF). | 34 |
| Cuadro 7. Número de frutos promedio dañados por la poda. | 35 |

1. INTRODUCCIÓN

El manzano (*Malus x domestica*, *Borckh*) es el principal frutal de pepita cultivado a nivel mundial y se encuentra presente en más de 80 países en el mundo. En cuanto a superficie, es la segunda especie frutal más cultivada en el mundo con 6,9 millones de hectáreas, por detrás de la vid (FAO, 2021).

En Uruguay, el manzano es el principal frutal de hoja caduca, con 472 productores que cultivan una superficie de 2.677 hectáreas. El rendimiento promedio general del país es de 17,7 ton/ha y el rendimiento del grupo ‘Cripps Pink’ al cual pertenece al cultivar ‘Rosy Glow’ es de 22 ton/ha (MGAP. DIEA, 2017). El principal destino de la producción es el consumo en fresco (93 %) y el principal sitio de comercialización es el mercado interno (94 %; MGAP. DIEA, 2017). Sin embargo, en los últimos años ha aumentado el interés por exportar manzanas, por consiguiente, el sector se encuentra demandante de tecnologías que le permitan ser más eficientes con los recursos para aumentar la rentabilidad de la actividad.

La exportación de fruta fresca presenta una tendencia al alza, aunque exhiben grandes variaciones entre años. Los problemas productivos y de mercados no consolidados han limitado la posibilidad de generar y fortalecer exportaciones estables en cantidad y calidad (Rava et al., 2011, citado por Dini Viñoly, 2013). Las exportaciones tienen como destino Europa, y en menores volúmenes Brasil y Arabia Saudita (Uruguay XXI, 2016). La exportación al hemisferio norte tiene como ventaja la contra estación, alcanzando buenos precios, pero siendo un mercado más competitivo y exigente. Una de las amenazas más destacadas en la producción de manzanas es el incremento de oferta con respecto a la demanda (Perazzolo, citado por Dini Viñoly, 2013).

Junto con el mayor interés por la exportación, la baja disponibilidad de mano de obra y el alto costo que representa ésta en la actividad productiva, han llevado a la implementación de tecnologías que buscan mejorar la eficiencia de la actividad humana y aumentar el rendimiento de la mano de obra como: podadoras, raleadoras mecánicas, raleadores químicos, automatización de riegos, plataformas para cosecha, entre otras. Con ellas se pretende disminuir los tiempos de las prácticas realizadas en el cultivo reduciéndose los costos de producción (De Angelis, 2010).

El manzano es un frutal de hoja caduca, que presenta un crecimiento vegetativo en cada primavera. La poda se realiza cada año para controlar la canopía, de esta forma las plantas permanecen en su espacio asignado, sin interferir y competir por recursos con

otras plantas. Otro beneficio de la poda es la mayor intercepción de luz. Las yemas del manzano necesitan luz para inducir la floración, por lo cual la poda es una actividad fundamental en la producción de manzanas tanto en la formación estructural como en el rendimiento de las plantas. Además de la luz, la poda inhibe la translocación de hormonas desde el ápice hacia la base, de esta forma las ramas tendrán mayor cantidad de yemas (Robinson et al., 1991, Jackson y Palmer, 1977).

La poda es una actividad que se realiza tradicionalmente en Uruguay de forma manual y en la época invernal. Sin embargo, en los últimos años ha aumentado la mecanización de esta actividad, desarrollándose principalmente en primavera-verano (llamada comúnmente “en verde”, dado el desarrollo vegetativo de las plantas). Asimismo, en busca de obtener menores costos de producción, la mecanización de una de las etapas más importantes del cultivo como lo es la poda, y de las que requiere mayor esfuerzo y tiempo de mano de obra, puede ser una solución económica y estandarizada para el sector. La poda en verde disminuye en mayor medida las reservas ya que elimina follaje fotosintéticamente activo, reduciendo el vigor de la planta, pero aumentando la inducción floral por mayor incidencia de luz (Sansavini y Corelli-Grappadelli, 1997, Canepa Delano, 1998).

Dada la importancia productiva del manzano y su comercialización es imprescindible evaluar nuevas tecnologías que contribuyan al desarrollo del sector y a la calidad del producto obtenido. Tanto la exportación, como la menor oferta de mano de obra disponible, son factores que impulsan el uso de nuevas tecnologías. Partiendo de la base fisiológica del cultivo se evaluará la respuesta del manzano a la poda mecánica. Para ello se plantean los siguientes objetivos.

1.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la poda mecánica en verde sobre la intercepción de luz, el crecimiento vegetativo y la calidad de fruta.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir y analizar el efecto de la poda mecánica sobre la calidad y producción de fruta
- Cuantificar el daño de la poda mecánica en verde en frutos y en plantas de manzanos
- Evaluar el efecto de la poda mecánica en verde en la intercepción de la luz y el crecimiento vegetativo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CULTIVO DE MANZANA

La producción de manzana en Uruguay está fuertemente arraigada a la cultura frutícola del país. El manzano fue introducido por los inmigrantes europeos en el siglo XIX, desde entonces es el principal frutal de hoja caduca cultivado. Ocupando un total de 2.667 ha, cultivado por 472 productores, se concentra en la zona sur del Uruguay, principalmente en los departamentos de Canelones, Montevideo, San José y Colonia (MGAP. DIEA, 2017).

El promedio nacional del rendimiento en los últimos 10 años es de 17,5 ton/ha (MGAP. DIEA, 2017). Sin embargo, De Iacovo y Tachini (2018) demuestran que es posible llegar a las 53,1 ton/ha en montes de alto potencial en el cultivar ‘Cripps Pink’. Debido a la brecha de rendimiento existente en el país, los productores, en los últimos años han buscado adaptar nuevas tecnologías para poder aumentar los márgenes económicos. El cambio empleado es el de la intensificación de la producción lo que permite ser más eficiente por unidad de superficie. Las herramientas agronómicas utilizadas entre otras son: plantas de menor vigor, mayor densidad de plantación, uso de porta injertos clonales, plataformas para la cosecha, mecanización de tareas, uso de nuevas variedades (principalmente las del grupo de las bicolors), manejos de poda, raleo, fertilización y riego localizado (Calcetto et al., 2007, Disegna et al., 2003).

Buschiazzo y Díaz (2017) demuestran que, para equiparar los costos de producción en una hectárea de cultivo, se deben producir al menos 21 toneladas de fruta. Sabiendo que la media nacional es de 17,7 ton/ha, es imprescindible aumentar la producción por hectárea para generar rentabilidad en el rubro.

El mercado interno uruguayo consume aproximadamente 40.000 toneladas de manzana al año (MGAP. DIEA, 2018), lo cual es menor que el total producido en el país, por lo que se hace necesario comercializar fruta en mercados internacionales (Ferraro et al., 2011). Dichos mercados son exigentes en calidad de fruta, teniendo principal afinidad por manzanas del tipo bicolor, como es el caso de los cultivares del grupo ‘Gala’ y ‘Cripps Pink’, que son demandados a contra estación por países del hemisferio norte.

2.1.1 Grupo Cripps Pink

‘Cripps Pink’ (Pink Lady™) es resultado de un programa de mejoramiento en Western Australia del cruzamiento entre ‘Lady Williams’ y ‘Golden Delicious’, a finales

de los años 1960 y liberada comercialmente en 1986 (Cripps et al., 1993). El objetivo principal era combinar la buena firmeza de pulpa, potencial de almacenamiento y baja susceptibilidad a la enfermedad Bitter Pit de ‘Lady Williams’, con la calidad organoléptica y baja incidencia al escaldado de ‘Golden Delicious’ (Calvo et al., 2008). Es una variedad libre de ser cultivada, no obstante, la comercialización de la manzana bajo el nombre Pink Lady™ se encuentra regulado por los obtentores de la misma (figura 1).

En Uruguay, esta variedad es cultivada desde el año 1999 (Cabrera et al., 2002) y para la zafra 2014-2015, ocupó el 7% de la superficie total de manzanos y un 9% de la producción, donde su composición está definida prácticamente en su mayoría por el clon ‘Cripp’s Pink’ y su clon mejorado ‘Rosy Glow’ (MGAP. DIEA, 2016).

Los árboles son vigorosos (ligeramente más vigorosos que los de la cultivar Gala) y tienen un crecimiento de brotes denso con hojas grandes (Cabrera et al., 2002). La fructificación es en dardos, yemas terminales y laterales de brindilla (rama que crece al inicio de cada ciclo). Es una variedad con un requerimiento de 650 horas de frío (Candan et al., 2006), equivalentes a 500 unidades de frío según la escala de Ferree y Warrington (2003).

La cosecha es tardía; en Uruguay se da generalmente en los meses de abril a mayo (Cabrera et al., 2002). El clon ‘Rosy Glow’ tiene un fruto de un tamaño medio a grande (70-75 mm), bicolor, con un 30 a 60% de la superficie verde-amarillenta y 40 a 70% rosado-rojizo liso, y de forma cónica-oblonga (De Iacovo y Tachini, 2018). La pulpa es blanca, firme, jugosa y con buen sabor (Candan et al., 2006).



Figura 1. Manzana del cultivar ‘Rosy Glow’

Para que la fruta pueda ser categorizada con la marca Pink Lady™ debe cumplir una serie de atributos, entre los cuales se destacan el porcentaje de sobrecolor rojo. Éste debe ser superior al 60% de la superficie en algunos mercados y 40% para otros, con un rosado brillante, sobre un croma verde pálido, sin fondo amarillo. Los valores de acidez titulable deben ser 0,4 – 0,8%, y la firmeza de pulpa promedio superior a 15,4 lbf/in². Ello significa que la cosecha debe ser realizada entre 17-20 lbf/in² y una concentración de sólidos solubles de 15° Brix, con un mínimo no inferior a 13° Brix, dado su impacto en el sabor (Iglesias, 2016).

2.1.2. Sistema de Plantación: Muro Frutal

El Muro Frutal es un tipo de sistema de plantación para el manzano. Fue iniciado en Francia a partir de 1990, con el objetivo principal de disminuir el uso de la mano de obra y poder automatizar actividades (Masseron et al., 2002). Fue diseñado para plantas de bajo vigor, las cuales necesitan de una estructura (tutores fijos) que les brinden sostén. Este sistema de conducción presenta una densidad de plantación mayor a 1500 plantas por hectárea, en cambio en condiciones de plantaciones tradicionales (conducción libre) la densidad no alcanza las 1500 plantas en la hectárea (Masseron et al., 2002). El muro o pared frutal presenta un ancho máximo de copa de 0.8 metro y una altura de hasta 3.2 metros.

Por otro lado, se demostró que tanto el rendimiento como el tamaño de fruto no se ven afectados en la conducción del muro frutal. Ensayos en Francia demuestran que, si se compara una conducción tradicional con un muro frutal, la fruta obtenida tiene una mayor cantidad de sólidos solubles, debido que hay menores áreas de sombra en la copa del árbol (Masseron et al., 2002).

Con el paso del tiempo se demostró que, en el muro frutal, el quemado de frutos debido a la luz solar es menor que en otros sistemas de plantación. Esto se explica debido a su estructura, ya que en la hora del día donde se produce la mayor radiación solar, los frutos afectados son los que están en la parte superior del muro, representando la menor cantidad de ellos (Mika et al., 2016).

Para lograr una fruta con la calidad requerida, es necesario el manejo adecuado del cultivo a lo largo de los años. Es imprescindible regular la relación entre el área vegetativa y el área fructífera, y una de las prácticas realizada para ajustar la producción, es la poda (Mika et al., 2016).

2.1.3. Poda en el manzano

La poda consiste en la reducción del área vegetativa de los árboles, la finalidad de la misma en el caso de poda de producción es regular la relación copa/raíz para generar una respuesta del árbol produciendo mayor cantidad de nuevos brotes. También se busca lograr un equilibrio hoja/brindilla (Cabrera et al., 2014). De esta forma se alcanza un equilibrio de la relación vegetativa con la reproductiva, lo que se conoce como relación fuente/fosa. Varios autores (Heinicke, 1966, Westwood, 1982, Mika, 1986, Palmer, 1989, Dejong y Day, 1991, Khemira et al., 1993) reportan que uno de los beneficios más importantes de la poda es el aumento de la incidencia de luz en el centro de la copa, lo que en manzano se traduce en un aumento de inducción de las yemas florales.

Según Rom (1991) la luz actúa en varios procesos de la planta como la fotosíntesis, el desarrollo morfológico de las hojas y brotes, la inducción floral, el cuajado de fruta y el desarrollo y calidad de la fruta. Robinson et al. (1991) agregan que en los montes donde existen copas discontinuas, se afecta la intercepción total de la luz, la producción de materia seca y de esta manera el rendimiento potencial. Además, afecta la fotosíntesis y la calidad de fruto en el color, sabor y en la relación acidez / sólidos solubles (Arthey, 1975, Barrit et al., 1987, Marini et al., 1991, Campbell y Marini, 1992).

La producción de frutos por hectárea esta correlacionada con la intercepción de la luz y los máximos rendimientos se logran cuando la luz total interceptada es próxima al 70% de la radiación incidente (Jackson y Palmer, 1977).

La intercepción de luz en un monte de manzanos se incrementa rápidamente a inicios de la temporada vegetativa, se estabiliza hacia fines de la primavera, manteniéndose constante hasta cosecha. Una práctica para lograr mayor intercepción de radiación solar, según Mesa (2007) es manejar las brotaciones anuales y ajustar la carga de fruta sobre los árboles. De esta forma se mejora la intercepción de la radiación solar, la cual es responsable de la producción de fruta.

Investigaciones de Barrit et al. (1987) demuestran que la luz dentro de la copa del árbol de manzano influye sobre las características de los dardos. El autor menciona que frutos de manzanas ‘Oregon Spur Delicious’, presentan un PEH (Peso Específico de las Hojas) de dardos con fruta de 33 % menor en la base, lugar donde se recibía una PAR (Radiación Fotosintéticamente Activa) del 9 %, comparado a la parte superior de la planta donde la PAR era del 48 %. El PEH puede ser usado como un indicador de la distribución de luz dentro de la copa del árbol, ya que el sombreado lo reduce (Barden, 1977).

Westwood (1982), Jackson (2003) y De Angelis (2010) afirman que la luz afecta directamente la síntesis de antocianinas en los frutos, las cuales son las responsables de alcanzar la coloración deseable para una excelente calidad comercial. Westwood (1982), más específicamente reporta que los frutos que reciben un 70% o más de luz plena desarrollan una excelente coloración, mientras que los frutos que reciben entre 40-70% de luz plena desarrollarían una coloración suficiente y frutos que reciben menos de esa intensidad desarrollarían una coloración insuficiente.

Los cultivares que pertenecen al grupo de las manzanas rojas presentan menores requerimientos de luminosidad que los del grupo de las manzanas bicolors como es el ejemplo de Gala que requieren mayores cantidades de luz sobre la fruta para alcanzar las características de calidad que el mercado demanda (De Angelis, 2010).

Otras medidas que afectan de forma importante la coloración de los frutos son, el raleo, la fertilización y la aplicación de compuestos hormonales (Sozzi, 2007).

Wunscheet et al. (1996) establecen que luego de instalar un monte frutal el único proceso manejable para actuar sobre la intercepción de la luz, es la poda, tanto de formación como de producción. Estos autores clasifican a la poda de producción como poda invernal o poda en verde, según el momento del año en el cual se realiza.

La poda en verde, a diferencia de la invernal, provoca menor rebrote vigoroso. Este rebrote es indeseado para la producción de fruta, ya que es infértil, provoca sombreamiento al interior de la planta y consume fotoasimilados. En cambio, la poda en verde mantiene la estructura de la planta sin comprometer la calidad de la fruta, ya que elimina algunos brotes exteriores y aumenta la intercepción de la luz por parte de los frutos (Ferree y Rhodus, 1993).

2.1.4. Poda en verde

Bajo el concepto de poda en verde o poda de verano, se incluyen todas las intervenciones de poda realizadas durante el período vegetativo. La poda realizada en un árbol en actividad es una práctica que tiene un gran impacto ya que al eliminar follaje se disminuyen las reservas, especialmente cuando se realiza durante la última parte de la temporada (Canepa Delano, 1998).

2.1.4.1. Efectos sobre la planta

La producción de frutos por hectárea esta correlacionada con la intercepción de la luz (Jackson y Palmer, 1977), a mayor área iluminada de la planta, su potencial de producción se ve incrementado. Khemira et al. (1993) durante varios años evaluaron distintos momentos e intensidades de poda sobre variedades de manzanos, determinando que son las características de la copa, tales como, altura, ancho, forma y densidad de las hojas las que controlan la intercepción total de la luz, la productividad de la materia seca y, así, el rendimiento potencial.

Sansavini y Corelli-Grappadelli (1997) demuestran que la poda en verde mejora la penetración de la luz en la copa del árbol, y así es posible manejar los carbohidratos en la planta, condicionando el crecimiento y el desarrollo del árbol dado el momento de realizada la poda. Efectuarla durante la formación del árbol, simplemente es correctiva, pero en las etapas productivas (a partir del tercer o cuarto año) la poda en verde ayuda a equilibrar la carga de ramas y frutos de la planta. El momento de realizar la poda, sería el determinante del efecto de la misma. Realizar la poda al inicio del ciclo vegetativo del árbol (primavera temprana) causaría una pérdida importante de vigor, disminuyendo las reservas de los árboles responsables del crecimiento y de la producción de fruta del próximo año, (Wunscheet et al., 1996). Lo mismo ocurre con podas inmediatamente luego de la cosecha (Ferree y Rhodus, 1993).

La inducción floral en árboles de manzanos, se ha estudiado a lo largo de los años. Muchos autores (Scaramuzzi, 1968, Baldini, 1970, Barden, 1977, Westwood, 1982, Bordas et al., 2012, Mika, 1986) concuerdan que la principal responsable de la inducción es la luz que llega a las estructuras del árbol, el año previo. Mika et al. (2016) específicamente demostraron con sus ensayos en manzanos del cultivar Red Delicious de varias edades, y en varios años que realizar la poda en verde aumenta la floración del año siguiente. Esto concuerda con Marini et al. (1991), quienes evaluaron en dos años consecutivos este tipo de poda donde se vio incrementada la inducción de yemas florales para el siguiente año. Mika (1986) concluye que no solo el efecto de la poda es responsable de la inducción floral, sino también el tamaño de la copa de los árboles, debido al sombreado existente en la parte central del árbol. Esto puede ser atribuido al sistema de plantación de los árboles.

Canepa Delano (1998) cita que la poda en verde además de reducir el vigor aumenta la floración, puede mejorar la exposición de la fruta al sol y tener efecto sobre la calidad de la fruta.

2.1.4.2. Efectos sobre los frutos

Yuri et al. (2000) reportan que la poda en verde puede tener efectos negativos si se realiza muy tarde en el ciclo de desarrollo de los frutos. Puede causar quemado de sol por una violenta exposición a la luz solar, y además causar pérdida excesiva de vigor a la planta, reflejando en una disminución del rendimiento (Canepa Delano, 1998).

Jackson y Palmer (1977), Wunscheet et al. (1996), Campbell y Marini (1992), concuerdan en el efecto negativo del quemado de frutos en la poda en verde. Sin embargo, lo atribuyen a las primeras etapas del fruto donde la luz directa sobre ellos provoca una lesión epidémica, causando pérdida de calidad comercial de frutos. Robinson et al. (1991) específicamente en un estudio de dos años, en cinco localidades de Nueva York, Estados Unidos, probaron distintos momentos de poda en verde y diferentes anchos de copa, para evaluar pérdida de calidad por quemado de fruta. Los resultados no demostraron quemado de fruto, si encontraron diferencias en el color de los frutos. Esto evidencia una correlación entre el menor ancho de copa con mejor calidad de color en frutos, por efecto de la luz.

Yuri et al. (2000) plantean una serie de factores propios de la plantación y/o del fruto, que determinan la incidencia de daño solar. Resaltan el estado hídrico de los mismos, destacando como beneficiosos aquellos frutos bien hidratados por su capacidad de refrigeración. Por lo tanto, el quemado de fruto no solo puede atribuirse a la exposición de los mismos a la radiación solar, sino como todo sistema está relacionado a varios factores entre ellos el estado hídrico. Siendo así, puede darse quemado de fruto por déficit hídrico de la planta. Lo que a su vez esta correlacionado tanto a la demanda atmosférica como a la disponibilidad de agua para el cultivo.

De acuerdo con Barrit et al. (1987) la luz afecta la calidad interna de los frutos, a mayor cantidad de luz, se vería incrementada la calidad organoléptica de los frutos. La relación acidez / sólidos solubles, aumentaría. En lo que respecta a la presión de la pulpa, se encuentran frutos con mayor presión en manejos de poda en verde, reportado en variedades Red Delicious (Iglesias, 2016). Dussi et al. (2004) reportan una respuesta positiva al tamaño y coloración de frutos en un ensayo realizado en Neuquén, Argentina

en árboles del cultivar Red Delicious, donde realizaron una poda severa en verde, (retirando 2/3 de material vegetal del árbol) en el mes de diciembre. Sin embargo, no encontraron respuestas en lo que respecta a la calidad interna de los frutos. Esto es coincidente con lo reportado por Masseron et al. (2002) en tres variedades de manzanas, donde no se encontraron diferencias en la relación acidez / sólidos solubles.

2.2. MECANIZACIÓN DE CULTIVOS

En la mayoría de los árboles frutales, para lograr una producción estable a lo largo de los años se deben realizar tareas en momentos específicos del ciclo. Si las tareas se realizan fuera de esos momentos se podría afectar la estabilidad de la producción a lo largo de los años. Por consiguiente, cuando se trata de grandes extensiones productivas, se dificulta poder cumplir con toda el área.

Asimismo, se requiere mano de obra calificada, la cual debe tener experiencia en las tareas para un resultado exitoso. Gallardo et al. (2010) estima que el costo de la mano de obra utilizada en la poda anual de manzano representa un 20% de los costos totales de producción.

Para poder disminuir los costos de mano de obra en los últimos años se ha intentado buscar tecnologías para la automatización de las tareas (Calvin y Martin, 2010). La automatización facilita las labores y reduce el número de personas necesarias para su realización y ha sido implementado en los cultivos extensivos (Zhang y Pierce, 2016). En el caso de los cultivos de árboles frutales la automatización de varias tareas, incluida la cosecha es muy difícil, debido a la complejidad de las operaciones y diversidad de los sistemas, por lo que aún se sigue utilizando gran cantidad de mano de obra para realizar las tareas en el sector (Karkee y Zhang, 2012, Zhang y Pierce, 2016).

En muro frutal otra de las tareas mecanizadas que se han implementado a lo largo de los últimos años es el uso de raleadores mecánicos sobre flores de los manzanos que actualmente son utilizados en producciones comerciales. Los investigadores se han enfocado en evaluar intensidades de raleos (tipos de raleadores, velocidad del rotor, velocidad de avance) en distintas variedades de manzanos y comparando con el raleo químico, reportando respuestas positivas sobre muro frutal en variedades Red Delicious (Masseron et al., 2002).

Actualmente a nivel mundial, las líneas de investigación apuntan a sistemas robóticos de visión artificial para detectar y localizar la fruta para la cosecha, y la

detección y reconstrucción de ramas, dentro del árbol, para una poda robótica, almacenando en una base de datos los cortes realizados (He y Baugher, 2018).

2.2.1. Mecanización de la poda en frutales

La poda mecánica se comenzó a utilizar en la década del 60 en Estados Unidos en montes de citrus (Childers et al., 1983), debido a que estos no requieren podas selectivas dentro de la copa a diferencia del manzano (Días et al., 2012). Es por ello que es una práctica incorporada y utilizada en la producción actual de citrus y en la vid (Bordas et al., 2012).

En Italia a partir de 1965 se comenzó a investigar sobre el efecto de la poda mecánica en frutales. Varios autores (Scaramuzzi, 1968, Baldini, 1970, 1975) reportaron con sus investigaciones que utilizar una podadora mecánica en la poda invernal de frutales de hoja caduca, provoca que en el interior de la copa haya un exceso de sombra, impidiendo que dichos frutos alcancen un color adecuado para ser comercializados. Mika (1986) demostró que depende del sistema de conducción el efecto de la poda sobre los frutales de hoja caduca, y estableció que, en sistemas de alta densidad de plantas, donde las plantas eran de menor tamaño, la poda mecánica tendría un efecto muy promisorio. Masseron et al. (2002) también plantean que la poda mecánica tiene efecto positivo en sistemas de plantación del tipo muro frutal.

En Estados Unidos se realizó un ensayo en un monte de ciruelos en un muro frutal al cual se le efectuó una poda invernal mecánica en dos años consecutivos (Ferguson, citado por Mika et al., 2016). Los resultados obtenidos muestran que los árboles podados mecánicamente tuvieron mejor rendimiento que los árboles podados manualmente. En cambio, Mika et al. (2016) demostró que en manzanos en ensayos de tres años consecutivos solamente con poda mecánica invernal causaría un sombreado central en el interior de la planta, causando pérdida de calidad de coloración de frutos y disminución del rendimiento para el próximo año, debido a una menor inducción floral. Sin embargo, afirma que es posible obtener resultados satisfactorios cuando la poda mecánica se combina con la poda manual.

2.2.2. Poda mecánica en manzano

En los últimos años las nuevas tecnologías han permitido implementar varios tipos de máquinas podadoras en los montes de manzanos. Se encuentran principalmente

tres tipos de máquinas: con cuchillas rotativas, con discos giratorios de bordes aserrados, y máquinas con barra de cuchilla y dientes. Pueden ser de accionamiento hidráulico o de accionamiento mecánico. Su utilidad está condicionada por el grosor de la rama a cortar. Existen máquinas que realizan un corte en la planta de manera vertical a la vez que realizan uno de manera horizontal en la altura (Masseron et al., 2002).

Varios autores (Robinson et al., 1991, Masseron et al., 2002, De Angelis, 2010, Mika et al., 2016) coinciden que el daño que puede ocasionar la podadora mecánica a los frutos y/o a las estructuras vegetativas de los árboles, son mínimos e irrelevantes. No encontraron disminución de rendimiento por daños de la podadora de los árboles, pero si afirman que se debe mantener criterios similares entre años al realizar los cortes (mantener anchos de la fila similares).

Masseron et al. (2002) concluyen que la poda mecánica en verde, en un muro frutal, mejora el porcentaje de sobrecolor en variedades bicolors, aumenta la cantidad de sólidos solubles y promueve mayor inducción floral para el siguiente año. Con sus ensayos demostraron dos momentos en los cuales se debe realizar la poda. En años en los cuales las condiciones primaverales son muy favorables (días soleados y precipitaciones abundantes) se deberá realizar una intervención cuando la brindilla tiene 12 hojas verdaderas y luego otra intervención a las 20 hojas. En años en que las condiciones primaverales no son tan satisfactorias, se debe observar el desarrollo de las brindillas y optar por realizar una poda a las 12 o a las 20 hojas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 SITIO Y MATERIAL VEGETAL

El ensayo se realizó en un establecimiento comercial ubicado en la zona de Rincón del Colorado, Canelones (LS 34°42'04,26''; LW 56°16'43,61''), en la zafra 2019-2020.

Los árboles utilizados correspondieron a manzanos cultivar 'Rosy Glow', injertados sobre porta injerto Malling 9 (M9), de nueve años de edad con un 5% de polinizadores, cultivar 'Granny Smith'. El cuadro se encuentra plantado en orientación norte-sur, conducidos en muro frutal, con un marco de plantación de 4 metros por 1 metro, siendo la densidad de plantación de 2500 plantas/ha. El sistema de riego es por goteo localizado. La lámina de riego aplicada corresponde a 8 mm cada 3 días durante los meses de verano. La información climática (temperatura media, precipitaciones y evapotranspiración potencial), fue obtenida de la estación meteorológica de INIA Las Brujas ubicada a 9 km de la plantación (INIA. GRAS, 2019).

3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS

3.2.1 Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. En cuatro filas del cuadro (bloques) se marcaron cuatro parcelas de 10 árboles cada una (dejando los bordes fuera). Dentro de cada parcela se eligieron 4 árboles correspondiendo cada uno a una unidad experimental. Se buscó contar con unidades experimentales homogéneas, siendo el diámetro del tronco de cada árbol de $6,6 \text{ cm} \pm 0,3 \text{ cm}$ a la altura de 20 cm por encima del portainjerto (medido con un calibre manual). Los árboles seleccionados no mostraban limitantes hídricas ni nutricionales.

El experimento contó con un total de 64 plantas, las cuales se agruparon en 16 parcelas, presentando los 4 tratamientos en 4 repeticiones cada uno de ellos. Se seleccionó una brindilla por árbol (64 brindillas en total), alternando brindillas de cada lado de la planta resultando, 32 brindillas del lado este y 32 del lado oeste.

Las parcelas se les asignó un tratamiento al azar: Testigo sin poda (SP), Poda a las 12 hojas (P1), Poda a las 20 hojas (P2), y Poda a las 12 y a las 20 hojas (P12).

La poda se realizó con la máquina propia del productor, de accionamiento hidráulico, la cual cuenta con nueve cuchillas y la posibilidad de colocar tres de ellas en posición horizontal, posibilitando realizar cortes de manera vertical y a la vez horizontal (Figura 2). La máquina tiene la posibilidad de cambiar las cuchillas por discos aserrados y de utilizar seis, tres o los nueve elementos, según necesidad. Se utilizó un ancho de canopía de 50 cm al metro de altura y de 40 cm a los dos metros de altura, medido desde la estructura de sostén de la fila hacia la entre fila (Figura 3).

El raleo de la fruta se realizó de forma manual en todos tratamientos a los 51 días luego de plena flor (DDPF) correspondiendo al 25 de noviembre y se mantuvo el criterio del productor de no más de 2 frutas por ramillete, teniendo un valor objetivo aproximado de 120 frutos por planta, lo que equivale a un rendimiento estimado de 55 ton/ha ($120 * 0.185 * 2500 = 55.000 \text{ kg/ha}$).



Figura 2. Maquinaria utilizada para la poda, (sin datos sobre el modelo).

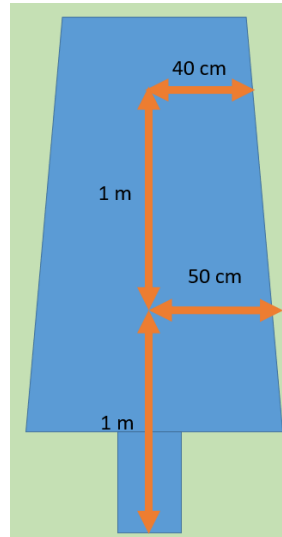


Figura 3. Tamaño de la fila definido para realizar la Poda Mecánica

3.2.2 Mediciones en el cultivo

A cada brindilla marcada se le midió longitud, de brotación a cosecha, con una frecuencia aproximada de 10 días. En un marco de $0,25 \text{ m}^2$ ($0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$) colocado sobre la brindilla marcada, se contabilizó el número de flores, el número de frutos y estado de los mismos a lo largo de todo el periodo de evaluación.

Las mediciones comenzaron el 25 de octubre del 2019, correspondiente a 20 días después de plena floración (20 DDPF), y brindillas con 3-4 hojas (Figura 4). El 20 de noviembre (47 DDPF) con el promedio de las brindillas en doce hojas, se decidió realizar la primera poda, en las parcelas indicadas para la P1 y para la P12.



Figura 4. Momento en el cual comenzaron las mediciones 20 DDPF

Fueron realizadas también mediciones de la radiación, tanto radiación incidente total (Amper/m^2) como, radiación fotosintéticamente activa (PAR) incidente más reflejada (flujo de fotones fotosintéticos $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$) debajo de los árboles, las cuales se realizaron antes y después de ambas podas y previo a cosecha integrando una totalidad de cinco mediciones (cuadro 1). La radiación se midió al mediodía solar, bajo condiciones de cielo despejado, respetando siempre el mismo orden de los tratamientos.

Las mediciones de radiación PAR se realizaron con un ceptómetro de 80 cm (modelo ACCUPAR LP-80) que posee 80 sensores que miden la cantidad de radiación incidente más la cantidad de radiación reflejada ($\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$). Se realizaron doce mediciones en cada planta (Figura 5), seis medidas de cada lado (este-oeste), de las cuales tres medidas fueron contra el tronco del árbol y las otras tres a continuación hacia la entre fila. Se tomo como valor de referencia, una medición a plena luz, determinando la

intercepción cero, luego con las doce mediciones de la planta, se corrigió el valor a porcentaje de intercepción de la planta en cada lugar y con ello un valor total de intercepción por planta. Según la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Intercepción} = \left(\frac{(\text{PAR de referencia} - \text{PAR incidente de la planta})}{\text{PAR de referencia}} \right) \times 100$$

Los resultados obtenidos del porcentaje de intercepción por planta, se promediaron por parcela y luego por repeticiones obteniéndose un valor promedio del porcentaje de intercepción de luz por tratamiento en cada fecha.

Las mediciones de radiación incidente se realizaron mediante un instrumento denominado placa, el cual cuenta con sensores que miden la radiación incidente en un área de 0,3 m². La metodología de medidas con placa fue igual al ceptómetro, seis mediciones de cada lado del árbol, tomando el valor de radiación incidente de cada medida y se corrigió por un valor de referencia, evaluando así la totalidad de la luz interceptada por la planta al mediodía solar. Según la siguiente ecuación: radiación

$$\% \text{ Intercepción Placa} = \left(\frac{(\text{Radiación incidente de referencia} - \text{Radiación incidente de la planta})}{\text{Radiación incidente de referencia}} \right) \times 100$$

Los resultados obtenidos se promediaron por parcela y luego por repeticiones (cuatro plantas por parcela con cuatro repeticiones, totalizando 16 plantas por tratamiento), obteniendo un valor promedio de porcentaje de intercepción de luz medida por la placa en cada fecha de muestreo.

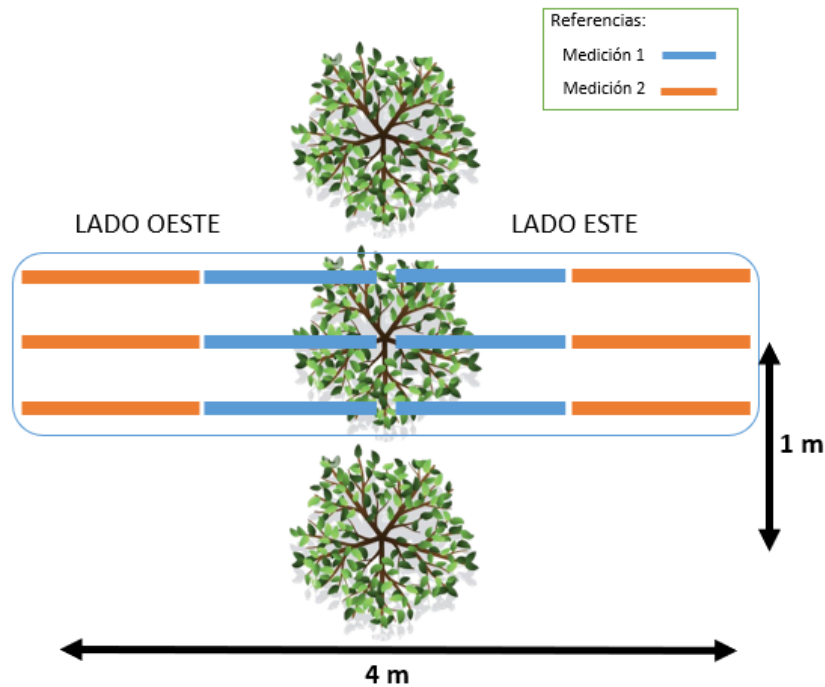


Figura 5. Esquema de mediciones de luz.

A los 81 días DDPF (El 27 de diciembre) el promedio de hojas por brindilla alcanzaba las 21 hojas, allí se realizó la segunda poda, efectuando el tratamiento P2 y P12 manteniendo los mismos criterios de la primera poda. Además, se midió la intercepción de la luz previo a la poda y luego de ella para determinar el grado de poda a los árboles.

Para la medida de crecimiento de brindilla, los casos en que la brindilla marcada fue cortada por la poda, se incluyó en la medida del largo total de brindilla el recrecimiento observado luego de la poda.

Las mediciones de largo de brindilla, número de hojas y frutos en crecimiento realizadas desde la segunda fecha de poda a cosecha, tuvieron una frecuencia de 20 días.

3.2.3 Mediciones a cosecha

A los 201 DDPF (24 de abril), se aplicó Aminoetoxivinilglicina (Nombre comercial Retain), hormona inhibidora de la síntesis de etileno. A los 216 DDPF (8 de mayo 2020) se realizó la primera cosecha de frutos, tomando como criterio los frutos que presentaban mayor cantidad de sobrecolor rojo, y se cuantificó el total de frutos que había en cada una de las plantas marcadas. En la totalidad de los frutos cosechados se evaluó el

porcentaje de sobrecolor en cuatro categorías: 0 a 25%; 25% a 50%; 50% a 75% y 75% a 100%. Adicionalmente se tomaron aleatoriamente 5 frutos de los cosechados para realizar análisis de color (con colorímetro Chroma Meter CR-400), sólidos solubles °Brix (con refractómetro Atago ATC-1), firmeza de pulpa (con penetrómetro Digital Vaiseshika 6003E), diámetro y peso individual de fruto (Figura 6).

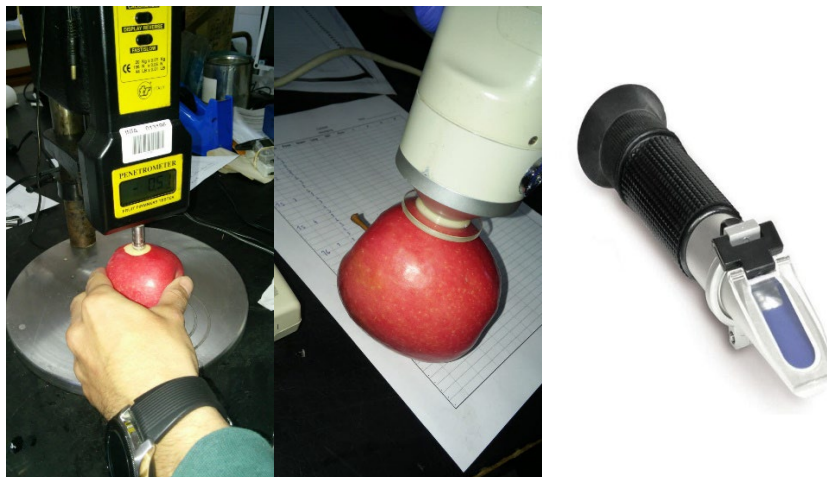


Figura 6. Instrumentos utilizados para las mediciones de calidad de fruta. De izquierda a derecha: Penetrómetro; Colorímetro; Refractómetro.

A los 228 DDPF (20 de mayo) se realizó la segunda cosecha de frutos, en la que se realizó el mismo procedimiento que la anterior. En este caso el muestreo para la realización de muestreos de calidad fue de 3 frutos por árbol.

Se cuantificaron los frutos que no se cosecharon al final de la segunda fecha por no alcanzar los parámetros de calidad estipulados (frutos remanentes).

A continuación, se presenta un cuadro resumen con todas las mediciones realizadas durante todo el ensayo.

Cuadro 1. Cronología (DDPF y fecha calendario) de intervenciones y evaluaciones del experimento

| Fecha calendario | DDPF | Tratamiento | Medición |
|------------------|------|-------------------|---|
| 25/10/19 | 20 | - | Comienzo de largo de brindilla |
| 20/11/19 | 46 | - | Primera medición de intercepción de luz |
| 20/11/19 | 46 | P1 | - |
| 21/11/19 | 47 | - | Segunda medición de intercepción de luz |
| 25/11/19 | 51 | Raleo Manual | - |
| 20/12/19 | 75 | | Tercera medición de intercepción de luz |
| 27/12/19 | 81 | P2 | - |
| 9/01/20 | 94 | - | Cuarta medición de intercepción de luz |
| 24/04/20 | 201 | Aplicación Retain | Hormona, inhibe Etileno |
| 8/05/20 | 216 | - | Quinta medición de intercepción luz |
| 8/05/20 | 216 | Primera cosecha | - |
| 20/05/20 | 228 | Segunda cosecha | - |

3.2.4 Análisis estadístico

Para las variables evaluadas en el ensayo se ajustó el siguiente modelo general:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

donde:

- Y_{ij} es la variable de respuesta
- μ es la media poblacional
- τ_i es el efecto del i -ésimo tratamiento
- β_j es el efecto del j -ésimo bloque
- ϵ_{ij} es el error experimental asociado al i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición

Las variables evaluadas y analizadas bajo este modelo fueron: crecimiento de frutos, crecimiento de brindillas, frutos raleados por la poda, color de fruto, número de frutos por planta e intercepción de luz por la planta.

El análisis estadístico fue realizado mediante análisis de la varianza (ANOVA). La comparación entre las medias de los tratamientos se realizó mediante la prueba de comparación múltiple de DUNCAN (p-valor $\leq 0,05$). Se utilizó el programa estadístico Infostat.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL CICLO

El ciclo 2019-20 se presentó con una temperatura media de 20,3°C entre los meses de octubre a abril. El mes más caluroso fue febrero con una temperatura media de 22,7°C. El acumulado de lluvias fue de 593 mm y se distribuyeron durante todo el periodo de crecimiento, sin mostrar una estacionalidad (Figura 7).

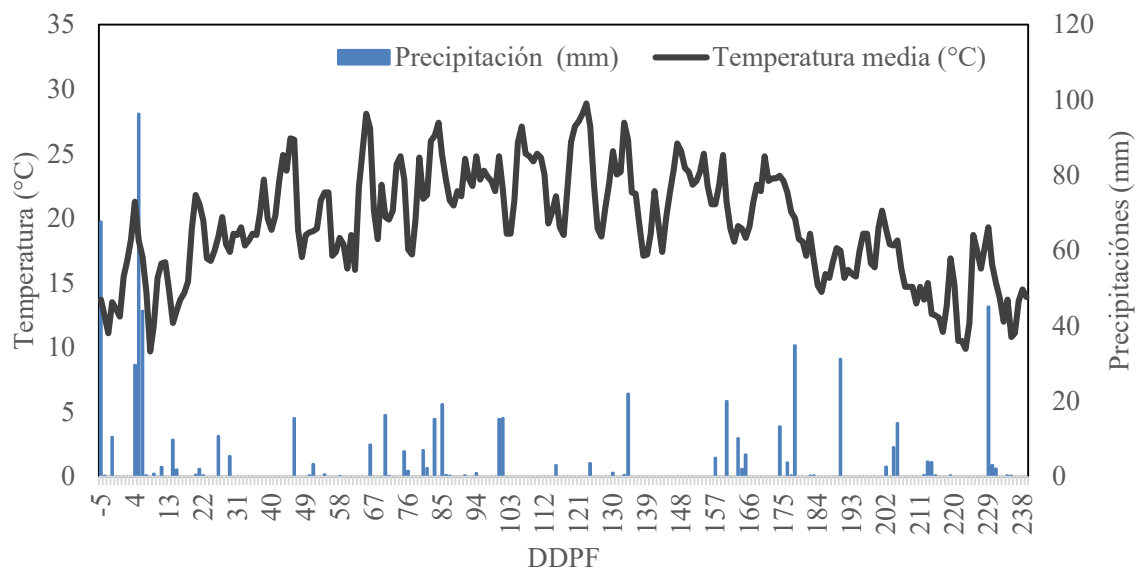


Figura 7. Evolución de las precipitaciones y la temperatura media durante el ciclo productivo 2019-20 en base a los datos de la estación meteorológica de INIA Las Brujas.

Para evaluar la disponibilidad hídrica de la planta se realizó una estimación del consumo y aporte de agua para el cultivo, el cual contempló las precipitaciones, la evapotranspiración potencial (ETP) y el riego suministrado (Figura 8). Se observa como en los meses de enero y febrero principalmente la sumatoria entre las precipitaciones y el riego no cubren la ETP. Sin embargo, los valores así obtenidos son únicamente orientativos dado que este análisis se realizó sin contemplar la capacidad de almacenamiento propio del suelo y corrección de la ETP para obtener la evapotranspiración del cultivo, por lo tanto, no es un balance hídrico propiamente dicho. Los valores de precipitaciones y riego a lo largo de todo el ciclo alcanzaron un total de 1003 mm, 113 mm mayor a la ETP estimada para el período (890 mm). Si bien en el global del ciclo el agua que ingresó al sistema fue superior a la demanda de un cultivo de

referencia, los valores obtenidos indican que se pudieron haber generado periodos de déficit hídrico en los momentos de mayor demanda atmosférica.

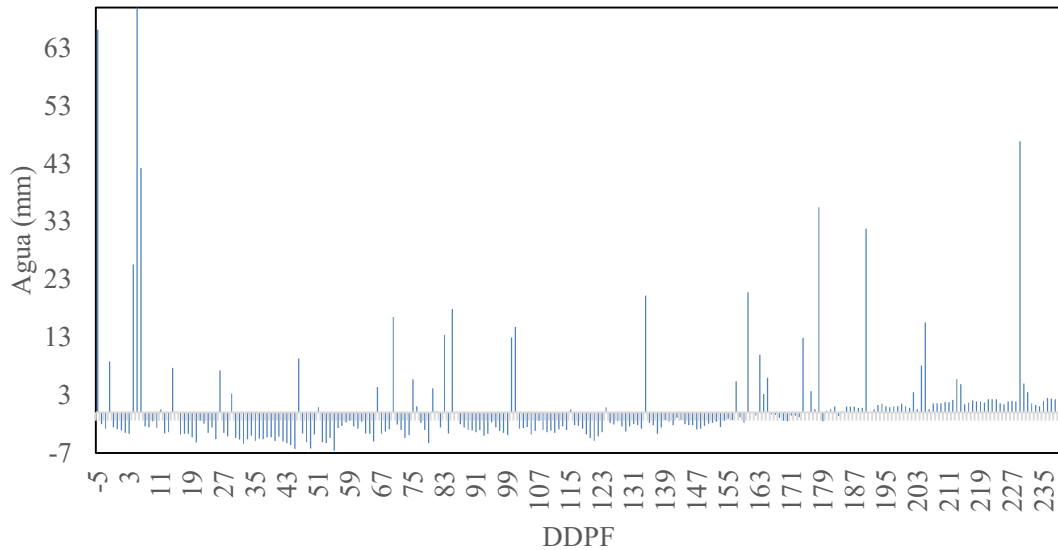


Figura 8. Estimación del consumo y del aporte de agua del cultivo (Precipitaciones + Riego – ETP) durante el ciclo productivo de la manzana 2019-20 en base a los datos de la estación meteorológica de INIA Las Brujas.

4.2 CRECIMIENTO VEGETATIVO

En la siguiente figura (figura 9) se muestra el crecimiento promedio de las brindillas por tratamiento, desde que se comenzó el ensayo hasta cosecha. El tratamiento SP describió una curva de crecimiento a tasas decrecientes, de 9 a 48 cm en el período (figura 7). El tratamiento sin podar presentó las mayores tasas de crecimiento en el mes de noviembre (9 a 25 cm) y las menores en el mes de abril (47 a 48 cm), este crecimiento concuerda con lo presentado por Sozzi (2007), donde el periodo de máxima expansión sucede en primavera hasta el comienzo del verano.

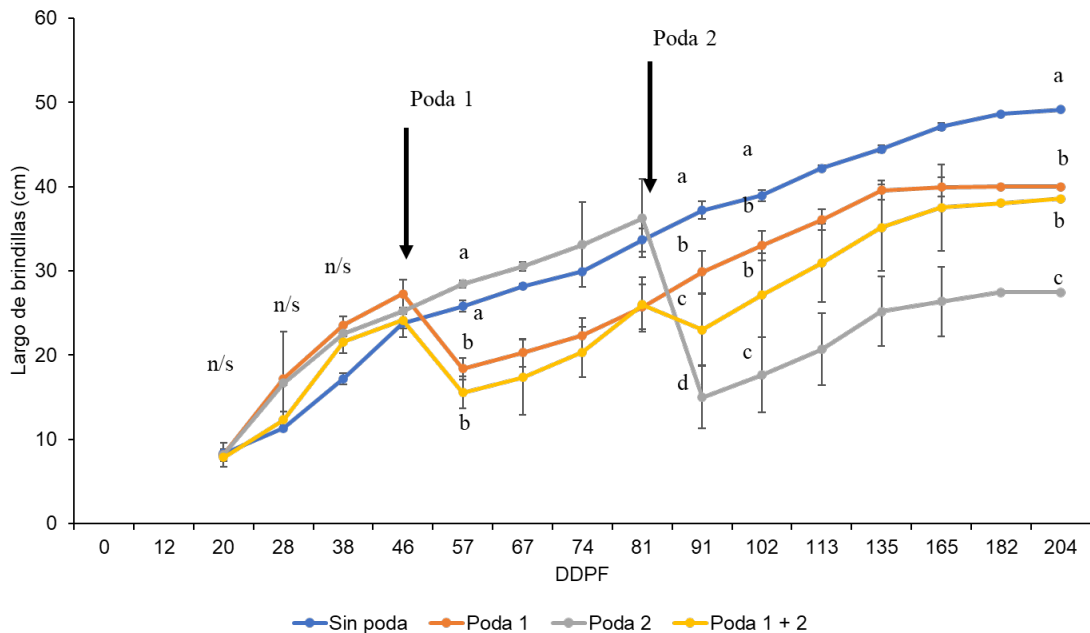


Figura 9. Evolución del largo de brindilla en los cuatro tratamientos según días después de plena floración (DDPF).

Letras distintas en cada fecha indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$; Test Duncan).

En las 4 primeras mediciones de largo de brindilla no hay diferencias entre los tratamientos, lo que demuestra que el crecimiento inicial fue homogéneo para todos tratamientos. A partir de los 57 DDPF se visualiza el efecto de la primera poda (12 hojas, 46 DDPF), con una reducción de 10 cm de longitud de brindilla en los tratamientos podados, no apreciándose diferencias entre ellos.

El efecto de la segunda poda realizada 81 DDPF (20 hojas), resultó en una reducción del largo de brindilla de 25 cm en el tratamiento Poda 2 y de 4 cm en el tratamiento Poda 12. A partir de la segunda poda los 4 tratamientos presentan largos de brindilla diferentes. SP es el tratamiento con mayor largo de brindilla (37 cm), el cual mantiene las diferencias hasta la última medición.

Los tratamientos P1 y P12 presentan diferencias únicamente en la evaluación posterior a la segunda intervención de poda, correspondiente a 91 DDPF. A los 102 DDPF el crecimiento de las brindillas se iguala y se mantiene así hasta el final del ensayo. Los

tratamientos P1 y P12 mantienen los crecimientos totales siempre por debajo del tratamiento SP.

De acuerdo con lo reportado por Masseron et al. (2002), una poda temprana correspondiente a 12 hojas, disminuye el área foliar del árbol, disminuye el vigor de la planta por la movilización de reservas y provoca un segundo flujo de brotación que aumenta la intercepción de luz lo que provoca un crecimiento similar a un árbol no podado. Esto se cumple si las condiciones primaverales son apropiadas (días soleados y ausencia de déficit hídrico). Estos autores indican que se debería repetir la poda para quitar el crecimiento nuevo y así tener una planta balanceada de vigor y más iluminada lo cual influirá en la coloración de los frutos, obteniendo frutos de mejor cantidad de sobrecolor. Si las condiciones primaverales no son las apropiadas, alcanzaría solo con una poda a las 12 hojas, ya que el crecimiento vegetal se vería disminuido. En ambos casos la inducción floral para el siguiente año se vería incrementada por el efecto de la luz. Por el contrario, si las condiciones primaverales al inicio de la misma no son óptimas (días nublados, de temperatura baja y de escasa precipitación) los autores proponen que se debería realizar una poda a las 20 hojas, donde el flujo de brotación es menor que a las 12 hojas, debido a que el árbol se encuentra en una etapa más avanzada del ciclo, y si se adiciona el efecto del déficit hídrico, el crecimiento de la brindilla sería muy limitado, causando una pérdida alta de vigor. Esto derivará en una buena relación fuente fosa, mejorando la calidad de fruta cosechada. De acuerdo a la descripción del comportamiento del crecimiento de brindillas en respuesta a la poda realizada por estos autores, las condiciones para crecimiento presentes en el ensayo no permitieron la recuperación de los brotes luego de la primer poda por lo que podrían considerarse como condiciones no óptimas para el crecimiento.

4.3 INTERCEPCIÓN DE LUZ

Los valores de intercepción de luz evaluados con ambos instrumentos (placa y ceptómetro) muestran una correlación positiva de $r^2 0,75$ (Coeficiente de correlación lineal de Pearson) (figura 10).

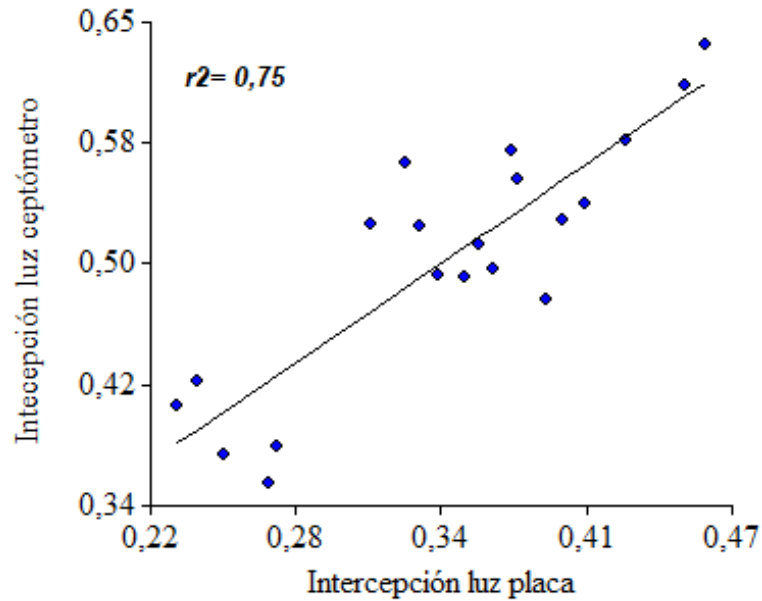


Figura 10. Análisis de correlación de Pearson entre las medidas de intercepción de luz del ceptómetro e intercepción de luz PAR medidas con la placa.

Como se observa en la figura 11 la intercepción de luz PAR en la primera medición (previo a la primera poda, cuando las brindillas tenían 12 hojas) fue igual para todos los tratamientos, indicando un punto de partida similar. La intercepción de luz fue evaluada nuevamente al día siguiente del tratamiento de poda. Para los tratamientos P1 y P12 la intercepción de luz PAR posterior a la poda bajó un 11% con respecto al tratamiento SP (sin poda). Esta reducción de la intercepción provoca un aumento de radiación incidente sobre las yemas ubicadas en posiciones internas del árbol favoreciendo la inducción y diferenciación de flores para el siguiente ciclo (Koutinas et al., 2010). El tratamiento P2 no presentó diferencias con respecto a SP, ya que no fue intervenido en ese momento.

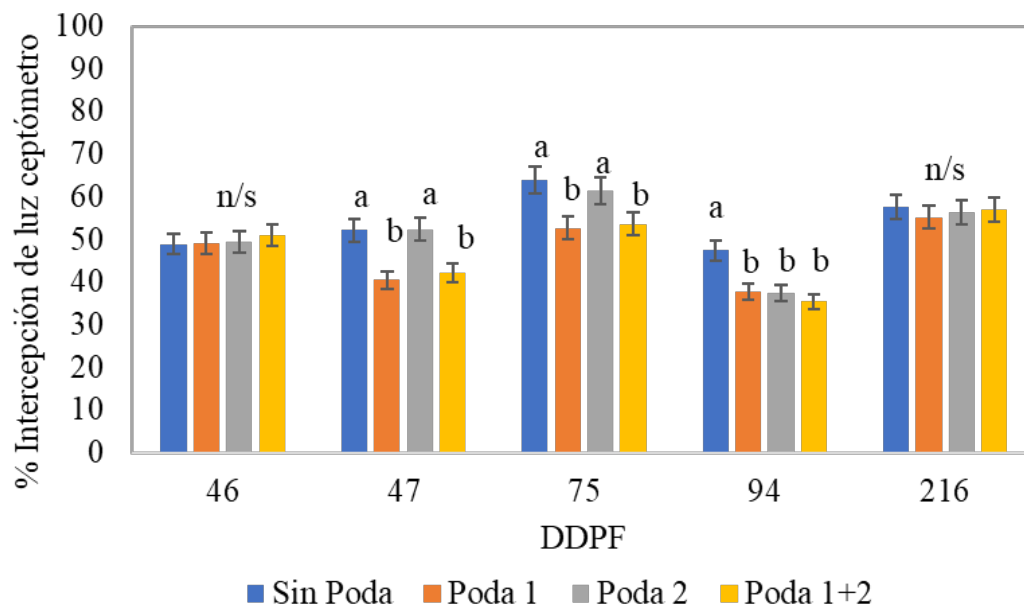


Figura 11. Evolución del porcentaje de intercepción de luz PAR medido con el ceptómetro, 46, 47, 75, 94 y 216 días después de plena flor (DDPF).

Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$; Test Duncan).

Cabe destacar que la primera poda se realizó 46 DDPF luego de la primera medición de intercepción de luz, la segunda poda se realizó 81 DDPF.

La intercepción de luz PAR evaluada previo a la segunda poda, muestra la misma tendencia que la fecha anterior. Los tratamientos sin poda logran una intercepción de luz PAR 10% mayor a los tratamientos intervenidos anteriormente. Lo que se explica por la mayor área foliar de los tratamientos sin podar, ya que la luz interceptada depende de la cantidad de follaje del árbol (Rom, 1991). Robinson et al. (1991) establecen que las hojas de la planta son las encargadas de controlar la intercepción total de luz de la planta, lo que repercute en el aumento de rendimiento potencial de la misma.

La cuarta medición, se realizó el primer día soleado luego de la segunda poda (20 hojas, 81 DDPF), 6 días luego de la misma, donde se intervinieron los tratamientos P2 y P12. La intercepción de luz PAR fue menor en todos los tratamientos podados (P1, P2 y P12) respecto al tratamiento SP (figura 11). Se destaca que los tratamientos podados no

presentaron diferencias estadísticas entre sí. Siendo coherente con lo afirmado por Mesa (2007), el porcentaje de luz interceptada se iguala en los tratamientos intervenidos; debido a la remoción de área vegetativa en todos los casos. El tratamiento SP se diferencia estadísticamente de los tratamientos podados, mostrando mayor porcentaje de luz interceptada.

Cabe destacar que la luz interceptada en todos los tratamientos a los 94 DDPF es menor que a los 75 DDPF, dicho comportamiento es explicado de acuerdo a Mesa (2007), por un aumento en el desarrollo vegetativo y reproductivo de SP, generando sombreado central de la planta, lo que se traduce en menor radiación PAR interceptada por SP con respecto a la fecha anterior de medición.

Con respecto a la última medición de luz PAR, realizada a cosecha (216 DDPF), no se evidencian diferencias estadísticas entre los tratamientos, se observa que todos los tratamientos igualan en el porcentaje de intercepción de luz PAR.

El porcentaje de luz interceptada (medido por la placa) mostro la misma tendencia en los resultados medidos en el caso de la luz PAR, tanto para las fechas, correspondientes a las dos podas realizadas (figura 12). Sin embargo, en la medición de 216 DDPF (primera cosecha) fue diferente. Los tratamientos P1 y P12 interceptaron 5% menos que SP, este resultado puede ser explicado ya que algunas de las plantas del tratamiento P12, previo a la segunda poda, presentaban menores ramas por lo que la cantidad de ramas extraídas fue menor, causando así que el crecimiento sea muy similar a lo que fue el tratamiento P1. El tratamiento P2 presentó 12% menos de intercepción de luz que SP, debido a que el recrecimiento de las plantas fue menor, ya que cuando se realizó la poda, las plantas estaban en un punto más avanzado del ciclo (crecimiento de frutos), causando un menor crecimiento vegetativo, explicando así la menor intercepción de luz a cosecha (216 DDPF).

Las mediciones con la placa mostraron que la luz interceptada a los 216 DDPF, fue mayor en el tratamiento SP (no podado) con respecto a los tratamientos podados; resultado coherente cuando una planta presenta mayor área foliar. Sin embargo, estos valores de intercepción de luz fueron menores al porcentaje de luz PAR medidos con el ceptómetro en la misma fecha. De acuerdo con Barrit et al. (1987), Wunscheet y Lakso (2000) y Mesa (2007) la diferencia puede estar explicada por el tipo de radiación que se mide, la radiación incidente es la cantidad de fotones que están llegando a la planta, la cual varía según el follaje existente, SP presenta mayor intercepción dada su mayor cantidad de ramas y hojas, los tratamientos podados interceptan menos luz, porque la intervención de la poda disminuye el volumen de la copa y por ende su área foliar. Las

diferencias entre los tratamientos podados se atribuyen al largo de rama y por ende a la cantidad de follaje y tamaño de rama. En cambio, la radiación PAR no presentó diferencias significativas entre tratamientos, dado que es la aditividad de la radiación incidente y la reflejada, totalizando una misma cantidad de radiación total.

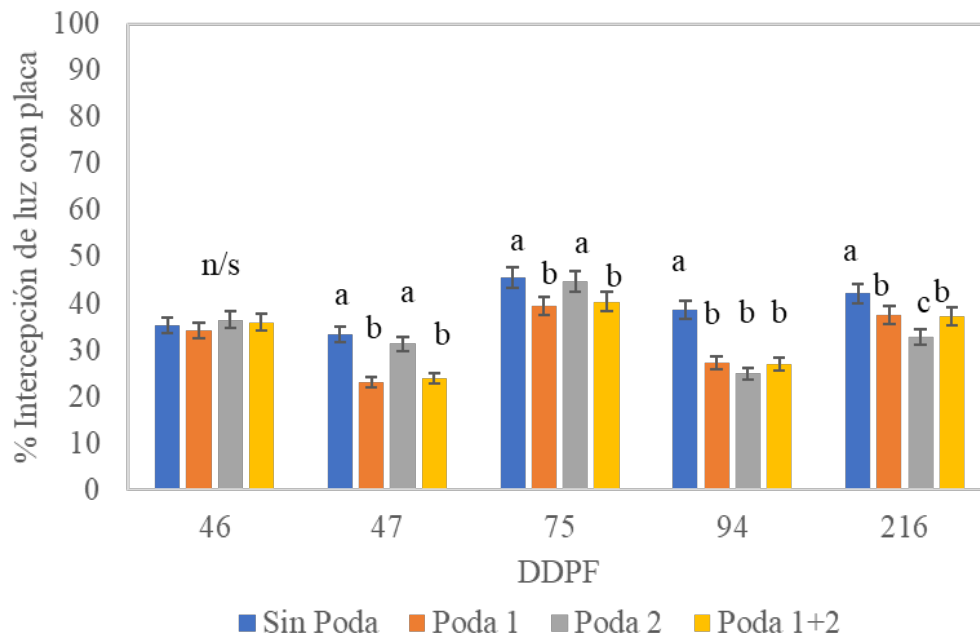


Figura12. Evolución del porcentaje de intercepción de luz medido con la placa, 46,47,75 y 216 días después de plena flor (DDPF).

Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$; Test Duncan).

La luz del interior de la planta también condiciona la inducción floral, principalmente entre los 40 a 90 DDPF. Por lo cual, las intervenciones con podas podrían estar favoreciendo la cantidad de luz incidente en el interior de la planta, donde la luz es escasa (Koutinas et al., 2010).

4.4 PRODUCCIÓN DE MANZANAS Y CALIDAD DE FRUTA

El número final de frutos en manzanos está condicionado por varios factores, entre ellos prácticas agronómicas como la poda y el raleo (Sozzi, 2007). La primera poda (12 hojas) raleó indirectamente 135 frutos por planta promedio en los tratamientos donde se realizó (Cuadro 2).

Todos los tratamientos se sometieron a un raleo manual para establecer el número final de frutos (51 DDPF). En el caso de P1 y P2 tuvieron solo una intervención mecánica de raleo (consecuencia de la poda), siendo P12 el único tratamiento que posee tres instancias de raleo (poda 1, raleo manual y poda 2). Al final de la zafra, no se detectaron diferencias significativas en el número de frutos por planta para los distintos tratamientos, lo cual dependió de los frutos raleados en las podas, diferencias en el raleo manual posterior y un posible efecto sobre el cuajado que no pudo ser evaluado en el diseño experimental planteado. Mesa (2007), establece que la carga frutal es directamente proporcional al índice de área foliar, por lo tanto, el número de frutos abortados o flores no cuajadas se correlaciona al área de hojas y ramas retiradas en las sucesivas podas, efecto que no se puede corroborar en el ensayo.

Cuadro 2. Número de frutos raleados por planta y resultado final a cosecha por tratamiento.

| Tratamiento | Frutos raleados por P1 por planta | Frutos raleados por P2 por planta | Frutos raleados manualmente por planta | Frutos totales a cosecha por planta |
|-------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|-------------------------------------|
| SP | 0 a | 0 a | 36 a | 195 a |
| P1 | 135 b | 0 a | 23 b | 193 a |
| P2 | 0 a | 49 c | 39 a | 192 a |
| P12 | 135 b | 8 b | 17 b | 154 a |

Letras distintas en las filas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$; Test Duncan).

Con respecto al sobrecolor de los frutos cosechados, los tratamientos muestran ciertas diferencias en los dos momentos de cosecha (216 DDPF, 8/5/2020; 228 DDPF, 20/5/2020) (figura 10 y 11). Para la cuantificación del porcentaje de sobrecolor el criterio de cosecha fue retirar los frutos que a la vista del cosechador presentan un área mayor de 60% de sobrecolor rojo.

Para la cosecha a los 216 DDPF (8/5/2020) no hubo diferencias significativas entre los tratamientos podados (P1, P2 y P12) en las categorías, según porcentaje de sobrecolor de los frutos (figura 13). Si existe diferencia entre los tratamientos intervenidos y el SP cuya diferencia se encuentra solamente en la categoría de 25 a 50% y de 50 a 75%, siendo mayor la cantidad de frutos en la categoría de 25 a 50% que en los tratamientos podados y por ende (ya que es acumulativo) la de 50 a 75 % fue menor que en los demás.

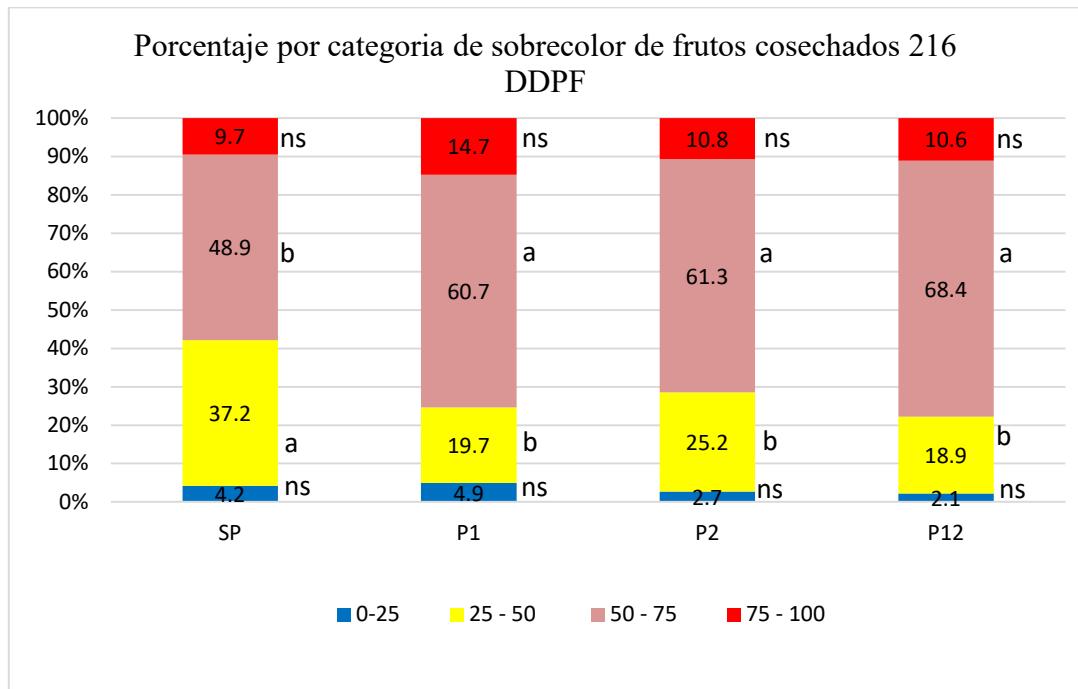


Figura 13. Porcentaje de cada categoría de frutos cosechados 216 DDPF

Letras distintas indican diferencias significativas del porcentaje de frutos de cada categoría entre tratamientos. ($p \leq 0,05$; Test Duncan)

Con respecto a la cosecha de los 228 DDPF (20/5/2020) ocurre un comportamiento similar, existen diferencias de los tratamientos intervenidos con poda, con respecto al tratamiento SP (figura 14), solo para las categorías intermedias. Todos los tratamientos presentan la misma cantidad de frutos por categoría para las frecuencias de 0 a 25% y de 75 a 100% de sobrecolor. Sin embargo, para la categoría 50 a 75% el efecto no se diferencia abruptamente entre tratamientos intervenidos y el tratamiento sin intervención de poda. Si existiendo diferencias a favor de los tratamientos P2 y P12 con respecto al SP, en cuanto al P1 su efecto no se diferencia de los demás tratamientos. En cambio, para la frecuencia de 25 a 50%, existen diferencias a favor del tratamiento SP.

Los resultados de sobrecolor de fruta obtenidos en ambas cosechas, se pueden explicar por el efecto de la poda, la cual permite mayor iluminación interna de la copa del árbol, además de una mayor exposición de los frutos a la radiación solar; coincidiendo con las investigaciones de Masseron et al. (2002), los tratamientos podados alcanzan mayor coloración en los frutos que los tratamientos no podados.

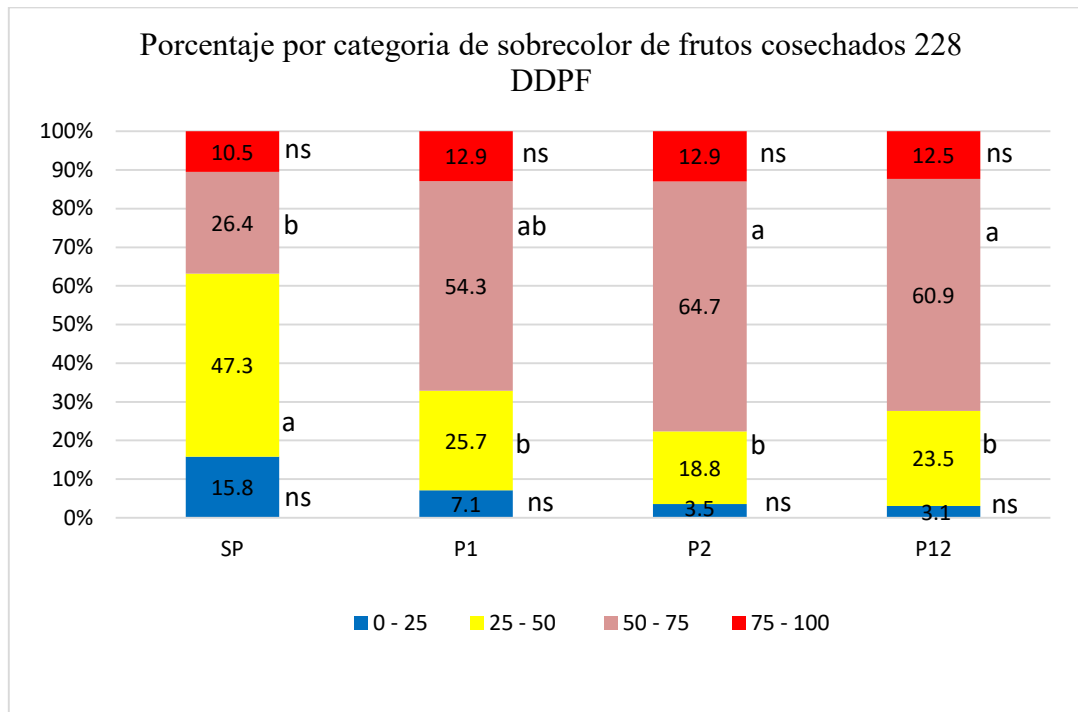


Figura 14. Porcentaje de cada categoría de frutos cosechados 228 DDPF

Letras distintas indican diferencias significativas del porcentaje de frutos de cada categoría entre tratamientos. ($p \leq 0,05$; Test Duncan)

Por otro lado, la evaluación del color de frutos realizado con el colorímetro (frutos elegidos al azar sobre la cosecha de cada árbol) en los parámetros Croma, Hue y L, muestra diferencias solo en el parámetro luminosidad (L) (figura 15). Se observa que, los tratamientos P2 y P12 se diferenciaron entre sí, pero no alcanzaron a diferenciarse de SP y P1. Siendo mayor el porcentaje de L en P2 con respecto a P12. Esto se explica debido a que P2 tiene mayor luz sobre los frutos ya que tuvo una sola poda en una etapa más avanzada del ciclo de crecimiento de la fruta. Según De Angelis (2010) la poda de verano puede mejorar la coloración, al mejorar la intercepción y distribución de luz. Pero este efecto varía según el momento en el que se realiza, ya que puede favorecer el desarrollo de daño del fruto por quemado.

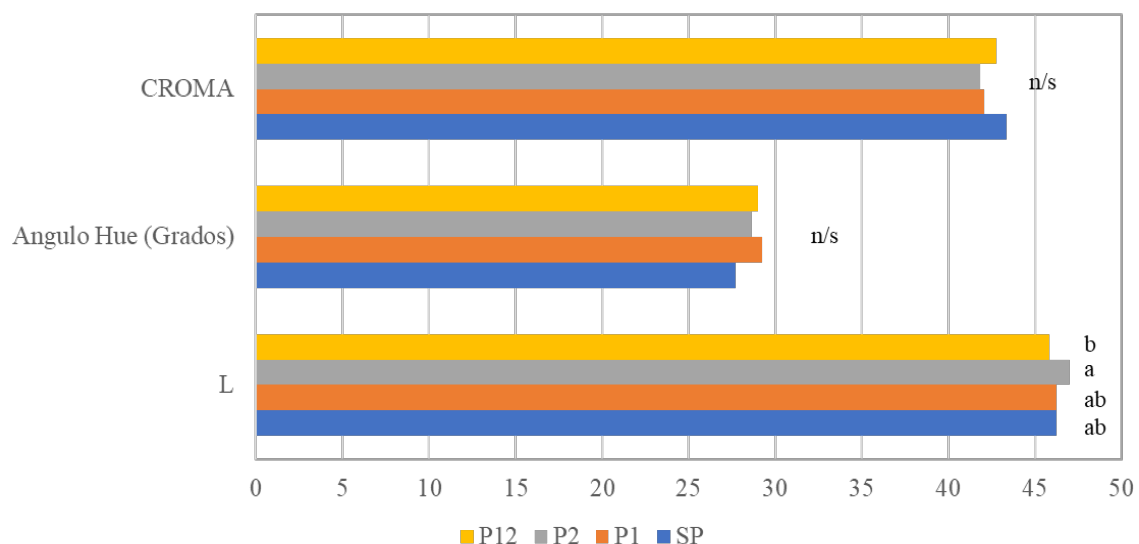


Figura 15. Características Croma, Hue y L del color de la fruta cosechada por tratamiento.

Letras distintas indican diferencias significativas de cada fila entre tratamientos ($p \leq 0,05$; Test Duncan).

En el cuadro 3, se observan las diferencias en el porcentaje del total de frutas de la planta que alcanzan la calidad de 'Pink Lady' en relación al porcentaje de sobrecolor rojo (>50%) a los 228 DDPF. En el tratamiento SP solo el 41% de los frutos alcanza en el nivel de calidad requerido. Los tratamientos podados no se diferenciaron entre sí en el porcentaje de frutos de calidad 'Pink Lady'. Este resultado concuerda con lo presentado por Raffo e Iglesias (2004) y Dussi et al. (2004) para quienes la mayor exposición a la radiación directa de la fruta provoca una mayor coloración de estos (Sobrecolor).

Cuadro 3. Frutos que alcanzan la calidad Pink Lady a los 228 DDPF

| Tratamiento | N° de Frutos por árbol | % frutos calidad Pink Lady 8/5 | % frutos calidad Pink Lady 20/5 | % frutos calidad Pink Lady |
|-------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| SP | 195 a | 31% | 10% | 41% b |
| P1 | 193 a | 45% | 25% | 70% a |
| P2 | 192 a | 36% | 30% | 66% a |
| P12 | 154 a | 38% | 28% | 66% a |

Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$; Test Duncan).

Cabe destacar que, en el ensayo, solo se manejaron dos momentos de cosecha de la fruta, debido a que una de las hipótesis planteadas al comienzo del mismo, fue evaluar la concentración de la cosecha de la fruta por el efecto de la poda mecánica. Mayor nivel de frutos sin calidad comerciable ‘Pink Lady’ traerá mayores costos de cosecha (tres, cuatro, momentos de cosecha), así como también los árboles estarán cargados de fruta más tiempo y compitiendo unos con otros (Masseron et al., 2002, Dussi et al., 2004). La cantidad de frutos cosechados en cada fecha de cosecha se presentan en el cuadro 4, en donde se puede observar que el porcentaje de frutos cosechados en todos los tratamientos en la primer fecha, se aproxima a la mitad de frutos que poseía cada árbol. En la segunda cosecha el porcentaje de frutas cosechadas presenta una notoria diferencia de los tratamientos intervenidos al sin poda (SP), siendo mayor el porcentaje de frutos cosechados en los tratamientos intervenidos. Como resultado de los frutos remanentes en el árbol luego de las dos cosechas, se observa una clara tendencia de frutos que quedan para un tercer o cuarto repase en los tratamientos podados es mínima. Siendo el tratamiento SP el tratamiento con mayor cantidad de fruta remanente en el árbol para los próximos repases.

Cuadro 4. Número de frutos cosechados en cada fecha de cosecha con los remanentes por árbol

| Tratamientos | Frutos totales por árbol | 8 de mayo | | 20 de mayo | | Restantes | |
|--------------|--------------------------|-----------|------|------------|------|-----------|------|
| | | Cantidad | % | Cantidad | % | Cantidad | % |
| SP | 195 | 91 | 47 a | 38 | 19 c | 66 | 34 a |
| P1 | 193 | 100 | 52 a | 70 | 36 b | 23 | 12 b |
| P2 | 192 | 112 | 58 a | 60 | 31 b | 20 | 10 b |
| P12 | 154 | 66 | 43 a | 74 | 48 a | 14 | 9 b |

Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$; Test Duncan).

Las variables peso de fruto, sólidos solubles y firmeza, no presentaron diferencias entre los tratamientos en ninguna de las dos fechas de cosecha. Para ambas fechas los criterios de cosecha fueron iguales (cuadro 5 y 6). Sin embargo, Dussi et al. (2004) encuentran que la poda en verde aumenta el color rojo de los frutos y disminuye la firmeza de la pulpa, en manzanas de la variedad Red Delicious.

Cuadro 5. Parámetros de composición de las manzanas de la primera cosecha (216 DDPF).

| Parámetro | SP | P1 | P2 | P12 |
|--|-----------|-----------|-----------|------------|
| Peso de fruto (g) | 186 | 173 | 166 | 186 |
| SST (°brix) | 15,7 | 15,1 | 15,3 | 15,5 |
| Firmeza de la pulpa (lbf/in ²) | 14,7 | 15,0 | 14,5 | 13,8 |

No hay diferencias significativas entre los resultados ($p \leq 0,05$; Test Duncan).

Cuadro 6. Parámetros de composición de las manzanas de la segunda cosecha (228 DDPF).

| Parámetro | SP | P1 | P2 | P12 |
|--|-----------|-----------|-----------|------------|
| Peso de fruto (g) | 163 | 172 | 148 | 161 |
| SST (°brix) | 14,8 | 14,8 | 14,6 | 15,0 |
| Firmeza de la pulpa (lbf/in ²) | 13,3 | 13,0 | 13,5 | 13,1 |

No hay diferencias significativas entre los resultados ($p \leq 0,05$; Test Duncan).

Si bien los resultados obtenidos, no muestran una diferencia en los parámetros de calidad interna en función de los tratamientos de poda, cabe destacar que los mismos corresponden a un solo ciclo de crecimiento del cultivo por lo que no se puede concluir al respecto.

4.5 DAÑOS CAUSADOS POR LA PODA

Las tareas de poda mecánica produjeron daños en hojas, madera y frutos. El daño en las ramas de la planta se basa en cortes realizados sobre madera de uno y dos años como se observa en la figura 16.



Figura 16. Daño de la poda en la rama de la planta.

El número de frutos dañados por la poda no supera el 0,5% del total de frutos a cosecha en todos los tratamientos (cuadro 7), de esta manera el descarte generado por esta práctica de manejo no afecta el rendimiento final. Esto concuerda con los ensayos reportados por varios autores (Robinson et al., 1991, Masseron et al., 2002, De Angelis, 2010, Mika et al., 2016) que concluyen que el daño en frutos por poda mecánica es insignificante. En la figura 17 se observan frutos dañados por la poda mecánica P1 (figura 17, izquierda) y poda mecánica P2 (figura 17, derecha).

Cuadro 7. Número de frutos promedio dañados por la poda.

| | N° de frutos promedio dañados por planta por la poda | % del total de frutos |
|------------|--|-----------------------|
| SP | - | - |
| P1 | 1,4 | 0,5 |
| P2 | 0,9 | 0,3 |
| P12 | 1,2 | 0,5 |



Figura 17. Ejemplos de frutos dañados por poda mecánica.

Nota. Izquierda: Frutos dañados por la intervención del tratamiento P1 (12 hojas). Derecha: Frutos en un estado más avanzado de crecimiento (mayor tamaño), dañados por la intervención del tratamiento P2 (20 hojas).

Al cuantificar número de frutos, se observó la presencia de daño por el uso de la poda mecánica, así como el efecto negativo de la exposición de la luz solar en los mismos. No se evidenciaron daños por quemado de sol en los frutos de los tratamientos podados. No se encuentran diferencias entre SP y los tratamientos podados en este aspecto.

5. CONCLUSIONES

El presente trabajo, constituye una de las primeras evaluaciones de poda mecánica en las condiciones del sur de Uruguay. La extensión temporal del mismo (un ciclo) determina que debe ser considerado como un aporte al estudio del tema, en donde se pudo concluir que:

La poda mecánica en verde, a las 12 hojas, 20 hojas y su combinación, lograron reducir la intercepción de luz por la planta y mejoraron significativamente la calidad de la fruta cosechada en la variable sobrecolor. En el tratamiento SP (Sin poda) se obtuvo la mayor intercepción de luz, y el rendimiento de fruta calidad 'Pink Lady' fue 25% menor en relación a los tratamientos podados.

Los parámetros de calidad de fruta: SST, firmeza de la pulpa y peso de fruta no se diferenciaron entre tratamientos, en ninguna de las fechas de cosecha.

Las podas realizadas en la segunda fecha (20 hojas) no provocaron respuestas en crecimiento de brindillas. Habría que incrementar el número de brindillas marcadas para mejorar la evaluación de ese parámetro y así concluir el efecto de la poda. La limitante del ensayo radica en que no todas las brindillas marcadas fueron podadas en los tratamientos. Por lo tanto el efecto de la intercepción de luz no se evidencia claramente. El tratamiento P2 con P12 mostro diferencias significativas en el parámetro de luminosidad de los frutos, siendo mayor P2.

Los daños causados en la planta y en la fruta por la podadora mecánica son insignificantes. En el caso de los frutos no alcanza el 1%.

La poda mecánica en verde realizada a las 12 hojas tiene un efecto de raleo, reduciendo el número de frutos por planta previo a la ejecución del raleo manual, por lo que podría entonces reducir los costos operativos (raleo y repasos en cosecha).

La poda mecánica en verde en manzanos es una tecnología promisoriosa.; Los resultados obtenidos en la temporada de realización de esta tesis establecen que la medida mejoró los porcentajes de fruta de calidad respecto del tratamiento sin poda y no se observaron pérdidas de rendimiento, ni daño mecánico en la estructura vegetativa de las plantas. La evaluación en un ciclo no permite evaluar el efecto sobre la inducción y diferenciación floral para la siguiente temporada ni evaluar el efecto de la medida considerando la variabilidad climática anual, aspectos a considerarse en futuros trabajos para alcanzar resultaos más concluyentes

6. RESUMEN

El manzano es el principal cultivo de hoja caduca en Uruguay. En los últimos años ha aumentado el interés de los productores a exportar, sin embargo, la alta variabilidad climática anual, junto con la escasez de mano de obra han llevado a adaptar nuevas tecnologías que puedan levantar estas restricciones. Es así, que la poda mecánica surge como una opción a ser evaluada. Por consiguiente, el objetivo de la tesis es evaluar el efecto de la poda mecánica en verde sobre la intercepción de luz, el desarrollo de la planta, producción y la calidad de la fruta producida en el cultivar ‘Rosy Glow’. Para ello se seleccionó un establecimiento comercial en la zona de Canelones, Uruguay en la zafra 2019-20. Se utilizaron árboles de Crips Pink ‘Rosy Glow’ sobre M9, dispuestos sobre un diseño de bloques completos al azar. Los tratamientos evaluados fueron: Testigo sin poda (SP), Poda a las 12 hojas (P1), Poda a las 20 hojas (P2), y Poda a las 12 y a las 20 hojas (P12). Dentro del experimento se evaluaron: largo de brindilla, radiación PAR, rendimiento, porcentaje de sobrecolor, análisis del color, sólidos solubles, firmeza de pulpa, diámetro y peso de fruto. Entre los principales resultados obtenidos se destaca que el tratamiento SP (Sin poda) presentó la mayor intercepción de luz, con un rendimiento de fruta calidad ‘Pink Lady’ (en función del sobrecolor) 25% menor que los tratamientos podados. En cuanto a los parámetros de calidad de fruta: SST, firmeza de la pulpa y peso de fruta no se diferenciaron entre tratamientos, en ninguna de las fechas de cosecha. Los tratamientos con poda mecánica a las doce hojas (tratamientos P1 y P12) redujeron el número de frutos por planta como consecuencia de la poda disminuyendo el número de frutos raleados de forma manual. Las podas realizadas en la segunda fecha (20 hojas) no provocaron respuestas en crecimiento de brindillas, ni en el número de frutos. En conclusión, el presente trabajo, constituye una de las primeras evaluaciones de poda mecánica en las condiciones del sur de Uruguay y presenta resultados promisorios. Son necesarios más años de estudio y evaluaciones del efecto sobre el siguiente ciclo productivo, para realizar consideraciones más concluyentes sobre el uso de esta tecnología.

Palabras clave: *Malus doméstica*, poda mecánica, intercepción de luz

7. SUMMARY

The apple tree is the main deciduous crop in Uruguay. In recent years the interest of producers to export has increased, however, the high annual climatic variability, together with the shortage of labor have led to adapting new technologies that can lift these restrictions. Thus, mechanical pruning emerges as an option to be evaluated. Therefore, the objective of the thesis is to evaluate the effect of mechanical green pruning on light interception, plant development, production and the quality of the fruit produced in the cultivar 'Rosy Glow'. For this, a commercial establishment was selected in the area of Canelones, Uruguay in the 2019-20 harvest. Crips Pink 'Rosy Glow' trees were used on M9, arranged in a randomized complete block design. The evaluated treatments were: Control without pruning (SP), pruning at 12 leaves (P1), pruning at 20 leaves (P2), and pruning at 12 and 20 leaves (P12). Within the experiment, toast length, PAR radiation, yield, overcolor percentage, color analysis, soluble solids, pulp firmness, fruit diameter and weight were evaluated. Among the main results obtained, it stands out that the SP treatment (without pruning) presented the highest interception of light, with a yield of 'Pink Lady' quality fruit (depending on the overcolor) 25% lower than the pruned treatments. Regarding the fruit quality parameters: TSS, pulp firmness and fruit weight did not differ between treatments, on any of the harvest dates. Treatments with mechanical pruning at twelve leaves (treatments P1 and P12) reduced the number of fruits per plant as a consequence of pruning, decreasing the number of manually thinned fruits. The pruning carried out on the second date (20 leaves) did not provoke responses in the growth of toast, nor in the number of fruits. In conclusion, the present work constitutes one of the first evaluations of mechanical pruning in the conditions of southern Uruguay and presents promising results. More years of study and evaluations of the effect on the next productive cycle are necessary to make more conclusive considerations about the use of this technology.

Keywords: *malus domestica*, mechanical pruning, light interception

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Arthey, V. 1975. Quality of horticultural products. London, Butterworths. 228 p.
2. Baldini, E. 1970. Meccanizzare la potatura e la raccolta. L'Italia Agricola. 5: 411 - 416.
3. _____. 1975. Trends in training systems for deciduous trees. In: International Horticultural Congress (19th., 1974, Varsovia). Proceedings. Varsovia, Polish National Organizing Committee for the Congress. s.p.
4. Barden, J. A. 1977. Apple tree growth, net photosynthesis, dark respiration, specific leaf weight, and growth of young apple trees as affected by continuous and intermittent shade. Journal of the American Society for Horticultural Science. 103: 391 - 394.
5. Barrit, B. C.; Rom, C. R.; Guelich, K. R.; Drake, S. R.; Dilley, M. A. 1987. Canopy position and light effects on spur, leaf, and fruit characteristics of Delicious apple. Horticultural Science. 22: 402 - 405.
6. Bordas, M.; Torrents, J.; Arenas, F. J.; Hervalejo, A. 2012. High density plantation system of the Spanish citrus industry. Acta Horticulturae. no. 965: 123 - 130.
7. Buschiazzo, D.; Díaz, A. 2017. Costo de producción y estudio de punto de equilibrio. In: Seminario de Actualización Técnica en Frutales de Pepita (2017, Las Brujas, Canelones). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 10 - 14.
8. Cabrera, D.; Feippe, A.; Rodríguez, P. 2002. Resultados experimentales portainjertos, sistemas de conducción y postcosecha en manzana. Montevideo, INIA. 7 p. (Actividades de Divulgación no. 283).

9. _____.; Formento, A.; Rodríguez, P. 2014. Sistemas de conducción y poda. (en línea). In: Soria Baráibar, J. ed. Manual del duraznero: la planta y la cosecha. Montevideo, INIA. pp. 165 - 194. (Boletín de divulgación no. 108). Consultado jul 2021. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8749/1/bd-108-p.165-194.pdf>
10. Calcetto, J.; Campi, P.; Guerino, G. 2007. Respuesta a la aplicación de diferentes dosis y épocas de riego sobre el crecimiento vegetativo del manzano (*Malus domestica* Borkh) cv. Red Chief. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 67 p.
11. Calvin, L.; Martin, P. 2010. The U.S. produce industry and labor: facing the future in a global economy. (en línea). Technical Bulletin. no. 106: 57 p. Consultado dic. 2021. Disponible en <https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/44764/err-106.pdf?v=7788>
12. Calvo, G.; Candan, A. P.; Gomila, T.; Villarreal, P. 2008. Cripp's Pink: investigación regional sobre el comportamiento de la variedad en cosecha y postcosecha. Rio Negro, INTA. 68 p.
13. Campbell, R. J.; Marini, R. P. 1992. Light environment and time of harvest, affect, Delicious apple fruit quality characteristics. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 117: 551 - 557.
14. Candan, A. P.; Calvo, G.; Gomila, T. 2006. Cripp's Pink: una manzana con marca propia. *Fruticultura & Diversificación*. no. 48: 22 - 30.
15. Canepa Delano, A. 1988. Principios de poda en frutales de hoja caduca. *Revista Frutícola*. 9(2): 57 - 60.

16. Childers, N. F.; Morris, J. R.; Sibbett, G. S. 1983. Modern Fruit Science: Orchard and Small Fruit Culture. 9a. ed. rev. y exp. Gainesville, Horticultural Publications. 583 p.
17. Cripps, J. E. L.; Richards, L. A.; Mairata, A. M. 1993. "Pink Lady" Apple. HortScience. 28(10): 1057.
18. De Angelis, V. 2010. Factores que influyen en el color de las manzanas. Fruticultura y Diversificación. no. 62: 12 - 17.
19. De Iacovo, M.; Tachini, R. 2018. Determinación de factores que limitan la productividad de cultivos de manzana de alto potencial. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 72 p.
20. Dejong, T. M.; Day, K. R. 1991. Relationship between shoot productivity and leaf characteristics in peach canopies. Horticulturae Science. 26(10): 1271 - 1273.
21. Días, A. B.; Peca, J. O.; Pinheiro, A. 2012. Long-term evaluation of the influence of mechanical pruning on olive growing. Agronomical Journal. 104(1): 22 - 25.
22. Dini Viñoly, M. 2013. Manejo de la carga frutal en manzano del grupo 'Gala' con diferentes tratamientos químicos y manuales. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 99 p.
23. Disegna, E.; Cabrera, D.; Soria, J.; Feippe, A. 2003. La salud está a la vuelta de la manzana: producción, desarrollo del cultivo, estrategias comerciales en el mundo, el enfoque uruguayo. El País Agropecuario. 9(98): 25 - 28.
24. Dussi M. C.; Sosa, D.; González Junyent, R.; Giardina, G. 2004. Poda de verano en manzanos Red Delicious: efecto sobre la calidad de la fruta y las hojas de los dardos. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo. 36(2): 15 - 22.

25. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2021. FAOSTAT Producción agrícola. (en línea). Roma. s.p. Consultado mar. 2023. Disponible en <https://www.fao.org/faostat/es/#data/>
26. Ferraro, B.; Lanfranco, B.; Rava, C. 2011. Beneficios privados y beneficios sociales en la cadena de la manzana para exportación en el Uruguay. Montevideo, INIA. 29 p. (Serie técnica no. 192).
27. Ferree, D. C.; Rhodus, W. T. 1993. Apple tree performance with mechanical hedging or root pruning in intensive orchards. Journal of the American Society for Horticultural Science. 118: 707 - 713.
28. _____.; Warrington, I. J. 2003. Apples: botany, production and uses. Wallingford, CABI. 672 p.
29. Gallardo, K.; Taylor, M.; Hinman, H. 2010. 2009 Cost Estimates of Establishing and Producing Organic Apples in Washington. Washington, Washington State University. 9 p
30. He, L.; Baugher, T. 2018. Engineering opportunities for fruit growers. PA Fruit News. 4: 10 - 12.
31. Heinicke, D. R. 1966. The effect of natural shade on photosynthesis and light intensity in Red Delicious apple trees. Journal of the American Society for Horticultural Science. 88: 1 - 8.
32. Iglesias, I. 2016. Innovación varietal en manzanos y perales. (en línea). Pomáceas: boletín técnico. 16(3): 2 - 10. Consultado dic. 2022. Disponible en https://pomaceas.utralca.cl/wp-content/uploads/2016/06/Boletin_N16_3_Innovacion_varietal.pdf

33. INIA. GRAS (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Grupo Agroclima y Sistemas de información, UY). 2019. Banco de datos agroclimático. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado dic. 2022. Disponible en <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>
34. Jackson, J. E.; Palmer, J. 1977. Effects of shade on the growth and cropping of apples trees: I. Experimental details and effects on vegetative growth. *Journal of Horticultural Science*. 52: 245 - 252.
35. _____. 2003. *Biology of apples and pears*. Cambridge, Cambridge University Press. 488 p.
36. Karkee, M.; Zhang, Q. 2012. Mechanization and automation technologies in specialty crop production. *Resource Magazine*. 19: 16 - 17
37. Khemira, H.; Lombard, P. B.; Sugar, D.; Azarenko, A. 1993. Hedgerow orientation affects canopy exposure, flowering, and fruiting of Anjou pear trees. *Horticultural Science*. 28(10): 984 - 987.
38. Koutinas, N.; Pepelyankov, G.; Lichev, V. 2010. Flower induction and flower bud development in apple and sweet cherry. *Biotechnology & Biotechnological Equipament*. 24(1): 1549 - 1558.
39. Marini, R. P.; Sowers, D.; Marini, M. C. 1991. Peach fruit quality is affected by shade during final swell of fruit growth. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 116: 183 - 389.
40. Masseron, A.; Roche L.; Berud, M. 2002. *Pommier, le Mur fruitier*. Paris, Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes. 114 p.

41. Mesa, K. 2007. Efecto de la intercepción de la radiación solar y la carga frutal sobre la productividad y peso de fruto en manzanos variedad Royal Gala. (en línea). Tesis Ing. Agr. Santiago, Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. 32 p. Consultado jun. 2021. Disponible en https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/101872/mesa_k.pdf?sequence=4&isAllowed=y
42. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2016. Anuario estadístico agropecuario 2016. Montevideo. 198 p.
43. _____. _____. 2017. Anuario estadístico agropecuario 2017. Montevideo. 214 p.
44. _____. _____. 2018. Anuario estadístico agropecuario 2018. Montevideo. 211 p.
45. Mika, A. 1986. Physiological responses of fruit trees to pruning. Horticultural Reviews. 8: 337 - 378.
46. _____.; Zbigniew, B.; Treder, W. 2016. Mechanical pruning of apple trees an alternative to manual pruning. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus. 15(1): 113 - 121.
47. Palmer, J. W. 1989. Canopy manipulation for optimum utilization of light. In: Wright, C. J. ed. Manipulation of Fruiting. London, Butterworths. pp. 245 - 262.

48. Raffo, M. D.; Iglesias, N. 2004. Efecto de la intercepción y distribución de la radiación fotosintéticamente activa en manzanos cv. Fuji, bajo cuatro sistemas de conducción en alta densidad. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. 33(2): 29 - 42.
49. Robinson, T.; Lakso, A.; Ren, Z. 1991. Modifying Apple Tree Canopies for Improved Production Efficiency. *Horticultural Science*. 26(8): 1005 - 1011.
50. Rom, C. R. 1991. Light thresholds for apple tree canopy growth development. *Horticultural Science*. 26(8): 989 - 992.
51. Sansavini, S.; Corelli-Grappadelli, L. 1997. Yield and light efficiency for high quality fruit in apple and peach high density planting. *Acta Horticulturae*. no. 451: 559 - 569.
52. Scaramuzzi, F. 1968. Evoluzione nella potatura degli alberi da frutto. *L'Italia Agricola*. 105(1): 72 - 82.
53. Sozzi, G. 2007. Árboles frutales: ecofisiología, cultivo y aprovechamiento. Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía. 511 p.
54. Uruguay XXI. 2016. Producción y comercio exterior: frutas frescas. (en línea). Montevideo. 16 p. Consultado jul. 2022. Disponible en https://nanopdf.com/download/frutas-frescas_pdf
55. Westwood, M. 1982. Fruticultura de zonas templadas. Madrid, Mundi-Prensa. 461 p.
56. Wunscheet, J. N.; Lakso, A.; Robinson, T.; Lenz, F.; Denning, S. 1996. The bases of productivity in apple production systems: the role of light interception by different shoot types. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 121(5): 886 - 893.

57. _____.; _____. 2000. The relationship between leaf area and light interception by spur and extension shoot leaves and apple orchard productivity. Horticultural Science. 35(7): 1202 - 1206.
58. Yuri, J. A.; Torres, C.; Vásquez, J. 2000. Golpe de sol en manzanas: evaluación del daño y métodos de control. Agro-Ciencia. 16(5): 13 - 21.
59. Zhang, Q.; Pierce, F. J. 2016. Agricultural automation: fundamentals and practices. Boca Raton, CRC. 411 p.