

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**MANEJO DE LA CARGA EN MANZANOS 'EARLY
RED ONE' Y 'ROSY GLOW'**

por

**Fernando ARMESTO CORUJO
Ismael NÚÑEZ RUSSI**

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2023**

Página de aprobación

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a:

Ing. Agr. Bruno Carra

Ing. Agr. Vivian Severino

Tribunal:

Ing. Agr. Danilo Cabrera

Ing. Agr. Maximiliano Dini

Ing. Agr. Mercedes Arias

Fecha:

01 de noviembre de 2023

Estudiante:

Fernando Armesto Corujo

Ismael Núñez Russi

Agradecimientos

“A mi familia y amigos por la constante ayuda, motivación y paciencia durante todo el tiempo transcurrido en facultad.

A Bruno Carra por el apoyo y la dedicación.

Al equipo de fruticultura de INIA Las Brujas por abrirnos las puertas, por la disponibilidad y la colaboración de todo el personal.

A los productores Iván Cescato y Dante Macías por permitirnos realizar los ensayos en sus predios.

A la Facultad de Agronomía por haberme acercado a esta hermosa profesión.”

Fernando Armesto Corujo

“En primer lugar a mi familia, amigos y a Lula por el apoyo y la motivación durante toda la carrera.

A Bruno Carra por su dedicación y aportes durante todo el proceso de la tesis.

A todo el equipo de fruticultura de INIA Las Brujas por la ayuda y colaboración durante la realización de los tratamientos y mediciones.

A Iván Cescato y Dante Macías por permitirnos realizar los ensayos en sus predios.

A la Ing. Agr. Adriana Zumarán y al Ing. Agr. Miguel Núñez por enseñarme a amar mi profesión.

A Nicolás Vignolo, amigo fiel e incondicional que me regaló la facultad.”

Ismael Núñez Russi

Tabla de contenido

Página de aprobación	2
Agradecimientos.....	3
Lista de tablas y figuras	7
Resumen.....	9
Abstract	11
1. Introducción.....	13
2. Objetivo general	15
2.1 Objetivos específicos	15
3. Revisión bibliográfica	16
3.1 Origen y características del manzano	16
3.2 Características del fruto	17
3.3 Grupos de manzanas	17
3.3.1 Grupo de Manzanas Bicolores:.....	18
3.3.2 Grupo de Manzanas amarillas (tipo Golden Delicious):.....	18
3.3.3 Grupo de Manzanas rojas (grupo Delicious):.....	19
3.3.4 Grupo de Manzanas verdes (Granny Smith):	20
3.4 El cultivo de manzano a nivel mundial.....	20
3.5 El cultivo de manzano en Uruguay	25
3.6 Problemática nacional.....	30
3.7 Alternativas para mejorar la situación	33
3.7.1 Raleo mecánico	34
3.7.2 Raleo manual	34
3.7.3 Raleo químico	34
3.8 Eficiencia del raleo químico	35
3.8.1 Sensibilidad del cultivar	35
3.8.2 Tamaño de la fruta	36

3.8.3 Balance de carbono: efectos de temperatura y luz solar	37
3.9 Alternativas de raleadores.....	39
3.9.1 Carbaril.....	39
3.9.2 Metamitron	39
3.9.3 Ácido naftalenacético (ANA).....	40
3.9.4 Polisulfuro de calcio (mezcla sulfocálcica).....	41
3.9.5 Benciladenina.....	41
4. Materiales y métodos	43
4.1 Descripción del sitio	43
4.2 Descripción del material vegetal.....	43
4.3 Diseño experimental.....	44
4.4 Tratamientos de raleo	44
4.5 Análisis cosecha y postcosecha.....	47
4.6 Análisis económico	49
4.7 Análisis estadístico	49
5. Resultados y discusión.....	51
5.1 Cuajado y raleo de frutos.....	51
5.1.1 Early Red One.....	51
5.1.2 Rosy Glow	53
5.2 Producción	58
5.2.1 Early Red One.....	58
5.2.2 Rosy Glow	59
5.3 Características externas de la fruta.....	61
5.3.1 Early Red One.....	61
5.3.2 Rosy Glow	63
5.4 Características internas de la fruta.....	66
5.4.1 Early Red One.....	66

5.4.2 Rosy Glow	67
5.5 Evaluación económica	68
5.5.1 Costo raleo manual.....	68
5.5.2 Costo raleo químico	69
6. Conclusiones	74
7. Bibliografía.....	76
8. Anexos	84

Lista de tablas y figuras

Tabla N.º

Tabla 1 <i>Producción, superficie y rendimiento mundial de manzanas</i>	22
Tabla 2 <i>Exportadores e importadores mundiales con promedio en toneladas y porcentaje de participación</i>	24
Tabla 3 <i>Clones del cultivar Gala más plantados en Uruguay</i>	26
Tabla 4 <i>Número de productores, superficie, existencia de plantas y producción</i>	27
Tabla 5 <i>Destinos de exportación, volumen y precio de las manzanas producidas en Uruguay en 2019</i>	29
Tabla 6 <i>Clasificación de cultivares según susceptibilidad a la alternancia productiva</i>	32
Tabla 7 <i>Sensibilidad al raleo químico de diferentes grupos de cultivares de manzano</i>	36
Tabla 8 <i>Resumen de los factores que afectan al raleo químico</i>	38
Tabla 9 <i>Tratamientos, productos, momentos, fechas de aplicación y dosis en manzanos 'Early Red One'</i>	45
Tabla 10 <i>Tratamientos, productos, momentos, fechas de aplicación y dosis en manzanos 'Rosy Glow'</i>	45
Tabla 11 <i>Cuajado, frutos raleados y tiempo de raleo por planta en manzanos 'Early Red One'</i>	52
Tabla 12 <i>Cuajado, frutos raleados y tiempo de raleo por planta en manzanos 'Rosy Glow'</i>	54
Tabla 13 <i>Frutos por planta, peso promedio del fruto, producción, productividad y eficiencia productiva en 'Early Red One'</i>	59
Tabla 14 <i>Frutos por planta, peso promedio del fruto, producción, productividad y eficiencia productiva en 'Rosy Glow'</i>	60
Tabla 15 <i>Diámetro, altura, relación altura/diámetro del fruto, porcentaje de rojo y roñado en manzanos 'Early Red One'</i>	62
Tabla 16 <i>Diámetro, altura, relación altura/diámetro del fruto, porcentaje de rojo y roñado en manzanos 'Rosy Glow'</i>	63
Tabla 17 <i>Clasificación según % de rojo al momento de la cosecha en manzanos 'Rosy Glow'</i>	65

Tabla 18 <i>Firmeza del fruto, almidón, SST y cantidad de semillas en manzanos 'Early Red One' según tratamiento</i>	66
Tabla 19 <i>Firmeza del fruto, almidón, SST y cantidad de semillas en manzanos 'Rosy Glow' según tratamiento</i>	67
Tabla 20 <i>Costos económicos de los tratamientos evaluados para 'Early Red One' en la zafra 2020/2021</i>	70
Tabla 21 <i>Costos económicos de los tratamientos evaluados para 'Rosy Glow' en la zafra 2020/2021</i>	72

Figura N.º

Figura 1 <i>Producción en porcentaje de clones del grupo de manzanas Rojas en Uruguay</i>	25
Figura 2 <i>Producción en porcentaje de los cultivares bicolors en Uruguay</i>	26
Figura 3 <i>Ingreso de manzanas por cultivar en el año 2019 en el mercado modelo</i>	28
Figura 4 <i>Exportación uruguaya de manzanas en toneladas en 2019</i>	30
Figura 5 <i>Importaciones uruguayas de manzanas en el año 2019</i>	30
Figura 6 <i>Temperatura, precipitaciones y radiación solar en los momentos de aplicación 2021/2022, INIA Las Brujas, Uruguay</i>	46
Figura 7 <i>Porcentajes de centros florales con los distintos números de frutas en los tratamientos realizados en manzanos 'Early Red One'</i>	53
Figura 8 <i>Cuajado en ramas bajas, medias y altas según el tratamiento realizado</i>	55
Figura 9 <i>Porcentajes de centros florales con los distintos números de frutas en los tratamientos realizados en manzanos 'Rosy Glow'</i>	56

Resumen

Los manzanos cuajan más frutos de lo deseado, por lo tanto, es necesario hacer un ajuste de la carga del cultivo para lograr un mejor tamaño de fruta y un adecuado retorno de floración, evitando de esta forma el añersmo. El objetivo de esta tesis fue evaluar distintos productos químicos con efecto raleador. Se hicieron aplicaciones de: polisulfuro de calcio (Mezcla sulfocálcica), Metamitron, Ácido naftalenacético (ANA) y benciladenina (6-BA). Se realizaron dos ensayos en el departamento de Canelones, Uruguay, durante la temporada 2021/2022 en dos cultivares de manzanos: 'Early Red One' y 'Rosy Glow'. En 'Early Red One' se evaluaron cinco tratamientos: 1) arboles sin aplicación (control); 2) polisulfuro de calcio al 3% de concentración (2 aplicaciones, 60% de las flores abiertas y cuatro días después); 3) Metamitron a 100 mg L⁻¹ aplicado entre 8-12 mm del fruto; 4) Metamitron a 200 mg L⁻¹ aplicado entre 8-12 mm del fruto; y 5) ANA a 10 mg L⁻¹ en plena floración junto con ANA a 7,5 mg L⁻¹ + 6-BA a 100 mg L⁻¹ en caída de pétalos. En el cultivar 'Rosy Glow' también se evaluaron cinco tratamientos: 1) árboles sin aplicación (control); 2) polisulfuro de calcio al 3% de concentración (3 aplicaciones, 80% de flores abiertas, a los dos y cuatro días después de la primera aplicación); 3) Metamitron a 200 mg L⁻¹ aplicado entre 8-12 mm del fruto; 4) Metamitron a 400 mg L⁻¹ aplicado entre 8-12 mm del fruto; y 5) ANA a 10 mg L⁻¹ en plena floración junto con ANA a 10 mg L⁻¹ + 6-BA a 100 mg L⁻¹ en caída de pétalos. En todos los tratamientos se efectuó raleo manual alrededor de los 50 días después de plena floración. Se evaluó porcentaje de cuajado, cantidad de fruta raleada, tiempo incurrido en el ajuste de carga (raleo manual), número de frutos por planta, peso promedio del fruto, producción por planta, productividad, eficiencia productiva, diámetro y altura de la fruta, relación altura/diámetro, porcentaje de sobrecoloración roja, daño por roñado, resistencia a la penetración (firmeza), índice de almidón, sólidos solubles totales y cantidad de semillas. El ranking de eficiencia de los tratamientos varió según el cultivar. En 'Early Red One' el tratamiento que resultó más eficiente fue la aplicación de ANA en plena floración junto a ANA + 6-BA en caída de pétalos y en el cultivar 'Rosy Glow' fue el tratamiento de Metamitron a 400 mg L⁻¹. El menor tiempo de raleo necesario para ajustar la carga se observó en los tratamientos de ANA en plena floración junto a ANA + 6-BA en caída de pétalos y Metamitron a 400 mg L⁻¹ (cultivares Early Red One y Rosy Glow

respectivamente). En 'Early Red One' no se observaron diferencias en el tamaño de fruta entre tratamientos. En el cultivar Rosy Glow los tratamientos que presentaron fruta de mayor diámetro fueron: Mezcla sulfocálcica al 3% aplicada a 80% de flor abierta repitiendo aplicación a los dos y cuatro días después, Metamitron a 200 mg L⁻¹ en 8-12mm y ANA 10 mg L⁻¹ en plena floración + ANA 10 mg L⁻¹ y 6-BA 100 mg L⁻¹ en caída de pétalos. En 'Early Red One' la productividad no se vio afectada en ninguno de los tratamientos en comparación al control y en 'Rosy Glow' se constató una diferencia de 18 ton ha⁻¹ aproximadamente entre el control y los demás tratamientos. El costo para efectuar el ajuste de carga del tratamiento más eficiente en 'Early Red One' fue de USD 978,31 ha⁻¹ y en 'Rosy Glow' fue de USD 437,78 ha⁻¹. En ambos cultivares la mayor parte de estos costos se vieron afectados por el ajuste manual de carga (necesario en cualquiera de los tratamientos evaluados para alcanzar el número final de frutos árbol⁻¹ deseados).

Palabras Clave: Malus × domestica Borkh., cuajado, raleo, rendimiento

Abstract

Apple trees set more fruit than desired, thus it is necessary to adjust the crop load to achieve a better fruit size and an adequate return bloom, thereby avoiding biennial bearing. The objective of this thesis was to evaluate different chemical products with a thinning effect. Applications were made of: calcium polysulfide (calcium sulfide mixture/sulfocalcic mixture), Metamitron, naphthaleneacetic acid (NAA), and 6-benzyladenine (6-BA). Two trials were conducted in the province of Canelones, Uruguay, during the 2021/2022 season on two apple cultivars: 'Early Red One' and 'Rosy Glow'. In 'Early Red One' apple, five treatments were evaluated: 1) trees without application (control); 2) calcium polysulfide at 3% concentration (2 applications, 60% of open flowers and four days later); 3) 100 mg L⁻¹ Metamitron applied between 8-12 mm of the fruit; 4) 200 mg L⁻¹ Metamitron applied between 8-12 mm of the fruit; and 5) NAA at 10 mg L⁻¹ at full bloom along with NAA at 7.5 mg L⁻¹ + 6-BA at 100 mg L⁻¹ at petal fall. In 'Rosy Glow' apples, five treatments were also evaluated: 1) trees without application (control); 2) calcium polysulfide at 3% concentration (3 applications, 80% of open flowers, two and five days after the first application); 3) 200 mg L⁻¹ Metamitron applied between 8-12 mm of the fruit; 4) 400 mg L⁻¹ Metamitron applied between 8-12 mm of the fruit; and 5) NAA at 10 mg L⁻¹ at full bloom along with NAA at 10 mg L⁻¹ + 6-BA at 100 mg L⁻¹ at petal fall. In all treatments, manual thinning was carried out around 50 days after full bloom. The following parameters were evaluated: percentage of fruit set, amount of thinned fruit, time spent in crop load adjustment (manual thinning), number of fruits per plant, average fruit weight, yield per plant, estimated yield, yield efficiency, fruit diameter and height, height/diameter ratio (constructed variable), percentage of red color in the fruit, russeting, penetration resistance (flesh firmness), starch index, total soluble solids, and number of seeds. The efficiency ranking of the treatments varied according to the cultivar. In 'Early Red One', the most efficient treatment was the application of NAA at full bloom along with NAA + 6-BA at petal fall, and in 'Rosy Glow', it was the application of 400 mg L⁻¹ Metamitron. The shortest thinning time required to adjust the load was observed in the NAA treatments at full bloom together with NAA + 6-BA at petal fall and 400 mg L⁻¹ Metamitron ('Early Red One' and 'Rosy Glow' cultivars respectively). In 'Early Red One', no differences in fruit size were

observed between treatments. In 'Rosy Glow', the treatments that presented larger fruit diameter were: 3% calcium sulfide mixture/sulfocalcic mixture applied at 80% of open flower, 200 mg L⁻¹ Metamitron at 8-12mm, and NAA at 10 mg L⁻¹ at full bloom + NAA 10 mg L⁻¹ + 6-BA 100 mg L⁻¹ at petal fall. In 'Early Red One' estimated yield was not affected in any of the treatments compared to the control, but in 'Rosy Glow', there was a difference of approximately 18 tons ha⁻¹ between untreated control trees and the other treatments. The cost to carry out the load adjustment of the most efficient treatment in 'Early Red One' was USD 978.31 ha⁻¹, and in 'Rosy Glow' it was USD 437.78 ha⁻¹. In both cultivars, most of these costs were affected by the manual load adjustment (required in any of the evaluated treatments to reach the final number of desired fruit tree⁻¹/ the desired final number of fruits per tree).

Keywords: *Malus × domestica* Borkh., fruit set, thinning, yield

1. Introducción

La producción de manzanas a nivel mundial en las últimas décadas ha crecido de forma considerable como consecuencia del aumento en la demanda de frutas para consumo humano (importante para una nutrición saludable).

En Uruguay el frutal de hoja caduca más cultivado es el manzano y se basa principalmente en la producción de los grupos “Red Delicious”, “Cripps Pink” y “Gala”. Debido a que los cultivares que componen estos grupos presentan requerimientos de frío medios-altos, la mayoría de las plantaciones se encuentran ubicadas en el sur del país donde el frío efectivo es mayor, permitiendo así levantar la dormición. El principal destino de la producción nacional es el mercado interno.

Uno de los principales problemas productivos que presentan los cultivares de los grupos “Cripps Pink” y “Red Delicious” es el cuajado excesivo, el cual repercute directamente de forma negativa en el tamaño de frutos y en la producción equilibrada entre años. El raleo de flores/frutos es una herramienta muy importante capaz de levantar estas limitantes productivas. Este procedimiento puede ser realizado de forma manual, mecánica o química. Tradicionalmente el raleo de frutas se realizaba de forma manual, lo cual significaba un alto costo de mano de obra (generalmente no calificada) y muchas veces la imposibilidad de culminar la tarea a tiempo. Esto último desencadena el no poder obtener los resultados esperados a raíz del raleo, como son la mejora del tamaño de fruta y la inducción floral del año siguiente (Cabrera et al., 2014; Dussi et al., 1998).

En los últimos años el uso de raleadores químicos por parte de los productores en Uruguay ha aumentado debido a su eficiencia, aunque se debe tener en cuenta un abanico de factores que pueden afectar su acción. Dentro de estos factores se encuentran el cultivar, el porta injerto, la carga inicial del cultivo, la edad y el vigor de la planta, el momento en el cual se aplica el producto (estado fenológico), el estado nutricional de la planta, el principio activo utilizado y la dosis del mismo y las condiciones climáticas no sólo del día de la aplicación, sino también de los días anteriores y posteriores a ésta (Robinson et al., 2016).

Los productos más utilizados en el país como raleadores químicos son el Ácido naftalenacético (ANA) y el carbaril (registrado como insecticida y como agente raleador para frutales). Este último presenta dos inconvenientes principales: el primero es que afecta la supervivencia de insectos, entre ellos algunos que son

benéficos como las abejas y el segundo es que en algunos países se ha prohibido su uso por presentar residuo en cosecha (Carra et al., 2023).

Las restricciones de los mercados a nivel mundial demandan nuevas opciones de raleadores químicos como alternativa al carbaril. Sustancias con acción hormonal como la benciladenina (6-BA), el ácido naftalenacético (ANA) y el Metamitron solos o en combinación pueden ser utilizados en el raleo químico de manzanos en las condiciones edafoclimáticas de Uruguay. El ANA es una auxina sintética, de alta acción raleadora en concentraciones que van de 2,5 a 20 mg L⁻¹ de ingrediente activo (Schupp, 2011). La 6-BA es una citoquinina sintética que se ha utilizado en varios programas de raleo químico de manzanas con resultados prometedores. Otra opción es el polisulfuro de calcio (PC) o mezcla sulfocálcica, sustancia cáustica que podría ser una opción para la producción orgánica. La mezcla sulfocálcica ralea las flores al inhibir la germinación del polen y el crecimiento del tubo polínico, evitando la polinización de las flores (Riquelme et al., 2018).

Se vienen llevando a cabo diversos trabajos donde se analiza la eficiencia de los diferentes raleadores químicos en programas de raleo a nivel mundial (Petri et al., 2016; Robinson et al., 2016; Stander et al., 2018) y nacional (Cabrera, 2005; Cabrera et al., 2014; Carra et al., 2023; Dini, 2013; Nuñez, 2006) donde la aplicación de los mismos en diferentes dosis y épocas tiene un efecto positivo en el raleo, comparado a plantas sin aplicación.

El objetivo del presente estudio fue evaluar diferentes raleadores como ANA, 6-BA y Metamitron aplicados de forma individual o en combinación en diferentes estados fenológicos además de la mezcla sulfocálcica y su efecto en el raleo de manzanos 'Early Red One' y 'Rosy Glow' en las condiciones edafoclimáticas de Uruguay, generando opciones para un programa de raleo químico eficiente para el manejo de carga frutal en manzano.

2. Objetivo general

El objetivo general de este trabajo fue evaluar el efecto raleador de distintos productos químicos y generar herramientas que ayuden a determinar un programa de raleo para regular la carga frutal en dos cultivares de manzano, 'Rosy Glow' y 'Early Red One' mejorando la producción en volumen y calidad de fruta.

2.1 Objetivos específicos

-Evaluar la eficiencia de diferentes productos químicos como ANA, 6-BA, Metamitron y Mezcla sulfocálcica, solos o en combinación en el raleo de flores/frutos en manzanos 'Early Red One' y 'Rosy Glow'.

-Evaluar parámetros productivos en manzanos 'Early Red One' y 'Rosy Glow' sometidos a distintos tratamientos de raleo químico.

-Evaluar calidad de fruta en manzanos 'Early Red One' y 'Rosy Glow' sometidos a distintos tratamientos de raleo químico.

-Evaluar y comparar costos económicos entre las diferentes opciones de raleo (químico y manual) en manzanos 'Early Red One' y 'Rosy Glow'.

3. Revisión bibliográfica

3.1 Origen y características del manzano

La manzana es una fruta pomácea comestible, fruta del manzano doméstico (*Malus × domestica*), es oriunda de las zonas templadas de Europa, de las regiones del Cáucaso y Asia Central. La manzana pudo ser la primera especie frutal cultivada por el hombre. Su origen prehistórico se sitúa en el sudoeste asiático. En Europa existe desde Escandinavia hasta España. En Asia desde Siberia, Japón hasta la India. En Oceanía, Australia y Nueva Zelanda. En América se cultiva en Estados Unidos, Canadá, México, Costa Rica, Colombia, Argentina, Perú, etc. En África y en las Islas Canarias se plantan cultivares de bajo requerimiento de horas frío, también en Egipto y Nigeria, demostrando la gran importancia comercial de este cultivo (Vigil, 2018, p. 13).

Existen diferentes tipos de crecimiento en los árboles de manzano, fuertemente influenciados por su vigor. En el grupo 'Red Delicious', existen árboles que presentan un crecimiento concentrado, con “entre nudos cortos” y precoces que se conocen como cultivares del tipo “Spur” y árboles con mayor crecimiento, de “entrenudos más largos” y menor precocidad conocidos como cultivares del tipo “Standar”. No existe esta diferenciación para los restantes cultivares producidos a nivel local por ser árboles del tipo “Standar”. Estos árboles presentan yemas mixtas. La yema floral genera una inflorescencia que generalmente tiene cinco flores. Las yemas se diferencian sobre estructuras de soporte cortas (dardos) que luego de un proceso evolutivo de dos y tres temporadas son reconocidas como lamburdas y están prontas para florecer y fructificar. También se puede encontrar fructificaciones sobre yemas apicales localizadas en ramas de crecimiento más largo, de unos 15 a 20 centímetros, reconocidas como brindillas coronadas y sobre bolsas en crecimiento (V. Severino, comunicación personal, s.f.).

La mayoría de los cultivares de manzanos tienen autoincompatibilidad (Stern et al., 2007), por lo cual se hace necesaria la presencia de un cultivar polinizante para asegurar una producción sustentable a lo largo de los años.

En el cultivo de manzanos, al día de hoy, se pueden diferenciar dos grandes grupos de sistema de conducción, que son los sistemas tridimensionales y los bidimensionales. En el primer sistema el árbol cuenta con un eje principal

individual o múltiples ejes de vigor similar en forma de cono y el sistema bidimensional se caracteriza por formar murallas o muros frutales con uno o varios ejes (Coeto, 2022). Los sistemas bidimensionales se caracterizan por proporcionar a los árboles un menor volumen de copa que favorece la poda, la cosecha y los tratamientos fitosanitarios; también mejora la iluminación de las copas obteniéndose así una mejor coloración y uniformidad en los frutos. Para Cabrera y Rodríguez (2006) la implementación de eje central a 0,5 m entre plantas, en el cultivar Pink Lady permite obtener no sólo buenos rendimientos y ser fácil de formar para el productor, sino que logra obtener fruta en cantidad y en calidad.

El aumento en la densidad de plantación resulta en un mayor rendimiento acumulado (Robinson, 2007). Cada cultivar presenta un óptimo diferente de densidad de plantación, el cual va a influir en el manejo químico de la carga frutal (Lordan et al., 2018).

3.2 Características del fruto

Es un pomo, presenta una forma globosa variable, aunque generalmente redondeada. El color de la epidermis del fruto puede variar entre amarillo, rojo o verde. Dependiendo del cultivar, su pulpa puede ser crujiente o arenosa y su sabor puede variar del ácido al dulce. Las semillas se encuentran en el corazón de la manzana y son de color marrón oscuro (Requena, 2013).

Los tejidos que rodean a las semillas denominados pericarpo están formados por tres capas: exocarpo, mesocarpo y endocarpo. El crecimiento del fruto está directamente influenciado por el crecimiento de la parte comestible del mismo. Éste presenta tres fases de crecimiento. En la fase I predomina la división celular que da lugar a una curva exponencial; luego de que se alcanza la máxima actividad la mitosis cesa y da a lugar la fase II donde se comienzan a engrosar y expandir las células (alcanzando hasta el 80% de su tamaño final). Cuando cesa el crecimiento se da la transición a la fase III de maduración, donde el fruto cambia su color (Agustí, 2010).

3.3 Grupos de manzanas

Al día de hoy se han diferenciado cuatro grupos de manzanas en función de su aspecto visual (M. Dini, comunicación personal, s.f.), donde en cada grupo se

destacan diferentes cultivares comerciales. A continuación, se mencionan los diferentes grupos y los cultivares comerciales más comunes a nivel mundial (V. Severino, comunicación personal, s.f.).

3.3.1 Grupo de Manzanas Bicolores:

Este grupo de manzanas tiene la particularidad de presentar una coloración roja dominante sobre un fondo verde o amarillo. A este grupo pertenecen Gala y sus clones, Fuji y sus clones, Braeburn y sus clones y Cripps Pink y sus clones (Disegna et al., 2003).

El cultivar Cripps Pink también conocido por su nombre comercial 'Pink Lady[®]' se originó a partir del cruzamiento de 'Lady Williams' y 'Golden Delicious', en Australia en el año 1979. Presenta una rápida entrada en producción y es poco sensible a la alternancia, tiene problemas de adaptación en regiones de estación corta de crecimiento ya que es la más tardía de los cultivares actualmente en cultivo. Su fruto es cilíndrico-cónico, de tamaño mediano a grande, un peso entre 185 a 220g y presenta un calibre entre 80 y 85 mm. Este cultivar alcanza el estado de madurez comercial hacia los últimos días de abril-primera quincena de mayo (V. Severino, comunicación personal, s.f.).

El cultivar Rosy Glow es una mutación de 'Cripps Pink' que presenta una mayor intensidad en coloración y, por lo tanto, permite el desarrollo de color en partes sombreadas de la copa del árbol y en zonas productivas donde el clima es una limitante que impide una buena coloración. Al ser un cultivar derivado directamente de 'Cripps Pink', la fruta que cumpla con los estándares puede ser comercializada bajo la marca Pink Lady[®] (Pinto et al., 2005). El clon 'Rosy Glow' permite una cosecha más temprana que 'Cripps Pink' (entre 7 a 10 días antes) (Galdames & Mesa, 2013).

3.3.2 Grupo de Manzanas amarillas (tipo Golden Delicious):

Es uno de los cultivares más conocidos y su distribución es cosmopolita. En algunos países ocupa un lugar preponderante en la producción nacional de manzanas y en otros ha perdido participación en los últimos años. Es originario de Estados Unidos y fue descubierto hacia fines del siglo XIX. Es una planta muy productiva y si se hace un manejo adecuado de la carga de fruta se pueden evitar

los problemas de alternancia productiva. Presenta un fruto de forma tronco-cónica (regular y alargado), el peso promedio varía entre 190 a 210 g, presenta un calibre entre 75 a 85 mm y pedúnculo largo. Su fruta madura a mediados del mes de febrero (en Argentina) y su período de cosecha se extiende por 15 a 20 días (Iglesias et al., 2001b).

3.3.3 Grupo de Manzanas rojas (grupo Delicious):

El origen de esta manzana se remonta al año 1879, en los Estados Unidos. En 1915 y 1926 aparecieron dos mutaciones rojas lisas que fueron denominadas 'Richared Delicious' y 'Starking Delicious' respectivamente. Esta última tuvo una mayor difusión y fue cultivada en el mundo entero (Delgado & Ramírez, 2018).

Se pueden identificar dos tipos de árboles dentro de este grupo: tipo standard y tipo spur. Esta clasificación se realiza de acuerdo con el hábito de crecimiento y fructificación de las plantas. En los clones standard originales la entrada en producción resulta más tardía. Este grupo presenta una productividad media a alta, puede presentar dificultades en el cuajado debido a su condición de autoestéril y necesariamente debe ser polinizada por otros cultivares. La polinización puede verse afectada de forma negativa debido a dificultades climáticas, y esto se traduce en aborto o falta de parte de las semillas (la viabilidad puede variar entre temporadas, llegando a ser inferior al 40% en algunos frutos) y en la falta de uniformidad en la forma de las manzanas, presentando una mitad más desarrollada que la otra (V. Severino, comunicación personal, s.f.).

El fruto presenta una forma tronco-cónica, con cinco lóbulos (o protuberancias) bien definidos, muchas veces de forma algo irregular debido a deficiencias en la polinización, con peso entre 160 a 240 g y un tamaño de 70 a 85 mm de diámetro y 85-90 mm de altura. Presenta un pedúnculo mediano y algo curvo, su cáliz es más o menos abierto (varía entre años) y su epidermis presenta un color verde con estrías rojo brillante en la mayor parte de la superficie. Esta coloración roja varía dependiendo de la ubicación del fruto en la planta y de la exposición del mismo al sol. La pulpa del fruto es de color blanco-amarillenta, presenta una textura finamente granulada, jugosa, un poco perfumada y de buen sabor (dulce) (Delgado & Ramírez, 2018).

El cultivar 'Early Red One' se origina a partir de una mutación de 'Red King Delicious' (obtenida en 1966), es de tipo estándar y presenta poco vigor. Presenta

una buena coloración, buena productividad y facilidad para su conducción. Este último aspecto la diferencia del tipo spur. Es un cultivar que presenta buena adaptación a climas calurosos (Iglesias et al., 2001a).

3.3.4 Grupo de Manzanas verdes (Granny Smith):

Es originario de Nueva Gales del Sur, Australia, hacia mediados del siglo XIX. Es un cultivar productivo y su nombre proviene de las personas que lo cultivaron Thomas y Mary Ann Smith. Es el tercer cultivar más difundido en el mundo, luego de Red Delicious y Golden Delicious. Su fruto es tronco-cónico, regular y homogéneo, mediano a grande, con un peso de 190 a 210 g y 75 a 80 mm de calibre, presenta un pedúnculo mediano. Su epidermis es grasa y presenta una coloración verde intensa (Delgado & Ramírez, 2018).

3.4 El cultivo de manzano a nivel mundial

En el mundo la Manzana (*Malus × domestica* Borkh.) se cultiva ampliamente, con una producción mundial estimada en 2021 de 93 millones de toneladas producidas principalmente en el hemisferio norte (información obtenida con software FAOSTAT). La producción de China supera los 40 mil millones de toneladas de promedio anual y representa casi la mitad de la producción mundial, distribuida en dos millones de hectáreas aproximadamente y el cultivar más utilizado son las manzanas del tipo 'Fuji' (Ackermann & Díaz, 2019). En segundo lugar, respecto de la producción de fruta aparece la Unión Europea (Polonia, Italia, Francia los de mayor relevancia), donde predominan las manzanas del tipo 'Golden'. En tercer lugar, se encuentra Estados Unidos donde predomina 'Gala' seguido de 'Red Delicious'. En lo que respecta al hemisferio sur y más precisamente en la región, la situación resulta ser un poco más diversa, por ejemplo en Argentina predominan los cultivares 'Red Delicious', Chile presenta una distribución más equilibrada, y la producción en Brasil está distribuida principalmente entre los cultivares 'Gala' y 'Fuji' (Gerlach, 2022; Nuñez, 2006).

Tres cuartas partes de la producción mundial se concentra en diez países. Según Ackermann y Díaz (2019), Uruguay se encuentra en la posición 64 (de un total de 93) del ranking de países productores, con una producción de 47 mil toneladas promedio. Los rendimientos promedio por hectárea son de 16,4 ton

aproximadamente. Chile, Italia, Estados Unidos y Francia se destacan en dicho ranking debido a sus altos rendimientos promedio que rondan las 40 toneladas por hectárea (Tabla 1).

La siguiente tabla resume la producción promedio, la participación a nivel mundial, la superficie cultivada promedio y los rendimientos promedio (ton ha^{-1}). Se puede observar que la producción promedio de Uruguay se encuentra en los 16,4 ton ha^{-1} aproximadamente, encontrándose en una situación similar a la mayoría de los países productores con excepción de los países mencionados anteriormente.

Tabla 1*Producción, superficie y rendimiento mundial de manzanas*

País	Producción Promedio 2013-2017 (miles de toneladas)	Participación (%)	Superficie promedio 2013-2017 (ha cosechadas)	Participación	Rendimiento promedio (ton ha ⁻¹) 2013-2017
China continental	40.257	48%	2.294.596	45%	17,5
EEUU	4.996	6%	130.465	3%	38,3
Polonia	3.098	4%	180.746	4%	17,1
Turquía	2.827	3%	172.935	2%	16,3
Irán	2.485	3%	167.161	3%	14,9
Italia	2.308	3%	55.632	1%	41,5
India	2.266	3%	305.208	6%	7,4
Francia	1.806	2%	45.944	1%	39,3
Chile	1.736	2%	36.592	1%	47,5
Rusia	1.658	2%	192.340	4%	8,6
Resto del mundo	20.379	24%	1.518.126	30%	13,4
Total	83.822	100%	5.099.745	100%	16,4
Uruguay	47	0,06%	2.842	0,06%	16,7

Nota. Adaptado de Ackermann y Díaz (2019).

En lo que respecta al comercio internacional, China es quien encabeza la lista de los países exportadores a nivel mundial, exportando cerca del millón de toneladas, lo que representa el 2.5% del total de su producción y el 12% del volumen total exportado. Italia, Polonia y Francia resultan ser países muy relevantes

ya que destinan entre el 30 y el 40% del total de su producción a la exportación. Los 10 principales exportadores representan tres cuartas partes del total del volumen exportado a nivel mundial.

El país que se destaca como el mayor importador es Rusia, adquiriendo aproximadamente el 9% de la producción mundial. Le siguen Alemania, Bielorrusia y Reino Unido con participaciones de 8, 5 y 5%, respectivamente. Las importaciones muestran un menor grado de concentración que las exportaciones, los 10 primeros países importadores de manzanas concentran algo menos de la mitad de las toneladas comercializadas.

Tabla 2

Exportadores e importadores mundiales con promedio en toneladas y porcentaje de participación

Exportadores			Importadores		
País	Promedio 2014-2018 (toneladas)	Participación	País	Promedio 2014-2018 (toneladas)	Participación
China	426.599	15%	Rusia	282.690	11%
Países Bajos	347.521	13%	Alemania	171.119	6%
Argentina	329.870	12%	Brasil	169.739	6%
Bélgica	313.679	11%	Reino Unido	152.408	6%
Sudáfrica	230.086	8%	Bielorrusia	142.635	5%
Italia	154.735	6%	Países Bajos	129.709	5%
Estados Unidos	154.054	6%	Indonesia	128.448	5%
Chile	133.934	5%	Francia	118.381	4%
Lituania	113.114	4%	Lituania	116.522	4%
España	112.975	4%	Italia	86.175	3%
Resto del mundo	445.743	16%	Resto del mundo	1.143.227	43%
Total	2.762.311	100%	Total	2.641.052	100%
Uruguay	1.100		Uruguay	1.039	

Nota. Adaptado de Ackermann y Díaz (2019).

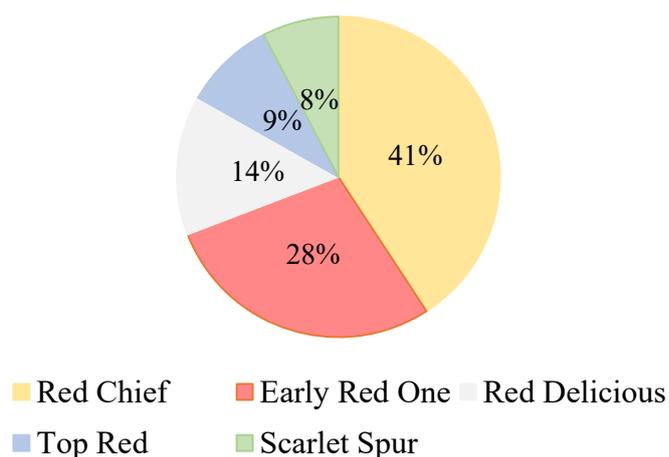
3.5 El cultivo de manzano en Uruguay

Históricamente la producción de manzana es el rubro de mayor importancia dentro de la producción de frutales de hoja caduca. La producción de manzanas en Uruguay se basa principalmente en cultivares que presentan medios a altos requerimientos de frío. Los cultivares del grupo 'Red Delicious' alcanzan el 65% de la producción total (Figura 1). Las plantaciones más nuevas incluyen cultivares de los grupos Gala (Tabla 3), Fuji y Cripps Pink (Figura 2) ocupando un 30% de la producción total (Dirección General de la Granja [DIGEGRA], 2022). El hecho de tener un 30% de producción de manzanas que no sean del grupo 'Red Delicious', permite que se mantenga el producto por un tiempo más prolongado debido a los diferentes momentos de cosecha.

La mayor parte de las plantaciones se encuentran ubicadas en el sur del país, donde se logra cumplir con los requisitos de frío necesarios para este cultivo. Las plantaciones se ubican principalmente en los departamentos de Montevideo, Canelones, San José y Colonia. Hay un total de 1987 hectáreas cultivadas con una producción de 49840 toneladas (DIGEGRA, 2022).

Figura 1

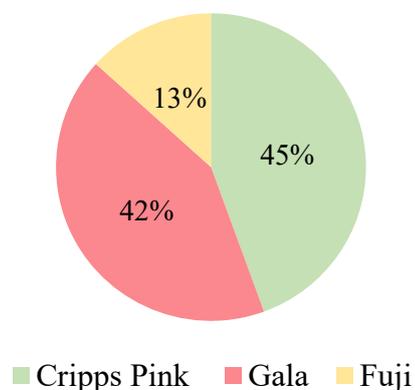
Producción en porcentaje de clones del grupo de manzanas Rojas en Uruguay



Nota. Adaptado de Oficina de Estadísticas Agropecuarias (DIEA, 2020).

Figura 2

Producción en porcentaje de los cultivares bicolors en Uruguay



Nota. Adaptado de DIEA (2020).

Tabla 3

Clones del cultivar Gala más plantados en Uruguay

Variedades	Superficie total (ha)	Producción (toneladas)
Royal Gala	101	1.833
Mondial Gala	74	1.349
Maxi Gala	37	930
Galaxy	37	644
Total	249	4.756

Nota. Adaptado de DIEA (2020).

La mayoría de los productores posee poca cantidad de hectáreas y bajo número de plantas, mientras un número reducido de productores cuenta con la mayor superficie y tiene un mayor número de plantas (Tabla 4).

Tabla 4*Número de productores, superficie, existencia de plantas y producción*

Tamaño de plantación (N° de plantas)	Productores (N°)	Productores (%)	Superficie de manzanas		
			Total (ha)	En producción (ha)	En producción (%)
Total	472	100%	2.677	2.481	100%
Menos de 1.000	172	36%	135	135	5%
1.001 a 3.000	113	24%	239	225	9%
3.001 a 5.000	54	11%	252	216	9%
5.001 a 10.000	58	12%	327	293	12%
10.001 a 20.000	46	10%	619	570	23%
Más de 20.000	29	6%	1.105	1.042	42%

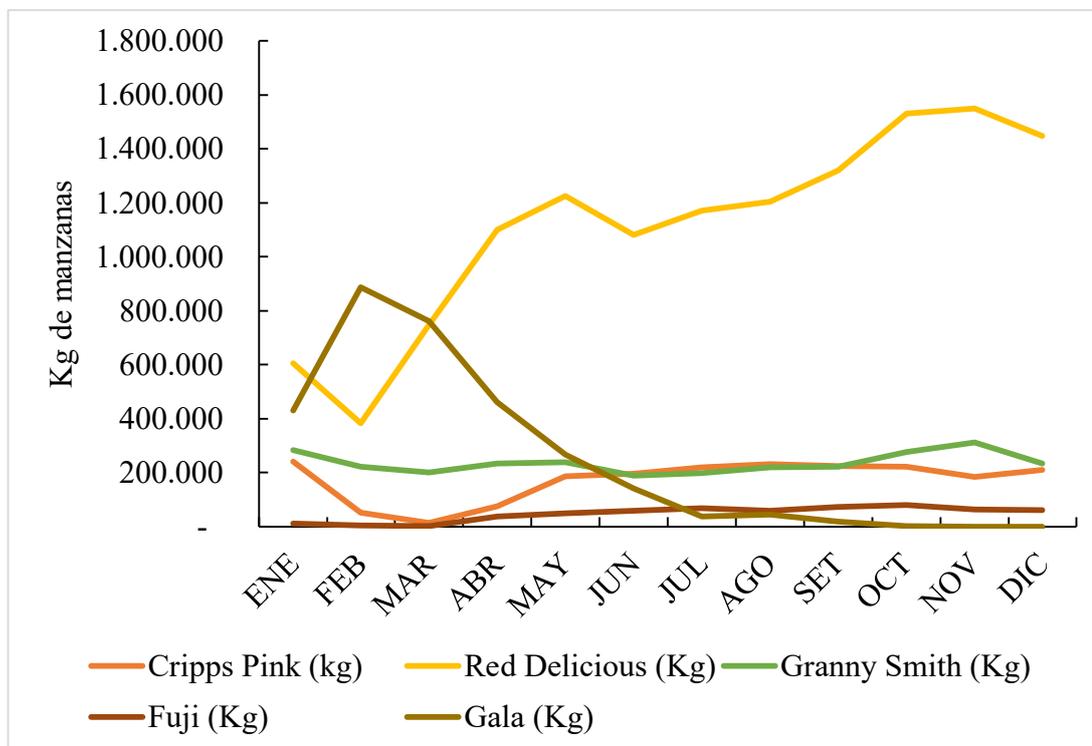
Nota. Adaptado de DIEA (2016).

El mercado interno es el principal destino de la producción, con un 85% aproximadamente del total, seguido por las exportaciones y la industria (varían año a año por diferentes factores) (DIEA, 2016).

Ackermann y Díaz (2019) estimaron la producción de manzanas, peras y duraznos y extrapolaron los volúmenes que ingresaron al Mercado Modelo (ajustado por la importación), para luego complementar la información con los resultados de los registros frutícolas (Figura 3). Después compararon los resultados obtenidos con la opinión de referentes del sector a los efectos de validar las cifras obtenidas. En el año 2019 la producción de manzanas se estimó en el entorno de las 60 mil toneladas.

Figura 3

Ingreso de manzanas por cultivar en el año 2019 en el mercado modelo



Nota. Adaptado de Unidad Agroalimentaria Metropolitana (UAM, 2020).

Las exportaciones se presentan como un gran desafío para la producción nacional, debido a que se debe aportar un volumen constante y de calidad. Los principales destinos son la Unión Europea, Rusia y Brasil. En la Tabla 5 se detalla el volumen exportado en toneladas a cada destino y el precio por tonelada, mostrando en Brasil y la Unión Europea los mejores precios (Ackermann & Díaz, 2019).

Tabla 5

Destinos de exportación, volumen y precio de las manzanas producidas en Uruguay en 2019

Destinos	Volumen (Ton)	Volumen (%)	Precio (U\$S/Ton)
Unión Europea	1.416	41%	780
Brasil	870	25%	956
Rusia	985	28%	548
Otros	189	5%	707
Total	3.461	100%	754

Nota. Adaptado de Ackermann y Díaz (2019).

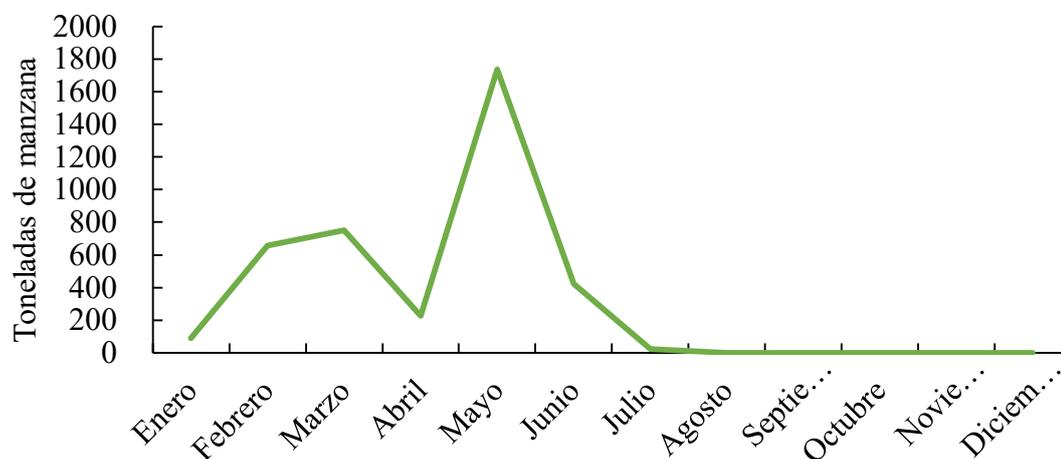
No fue posible obtener información sobre los cultivares más exportados por destino. El principal destino de la Unión Europea es Italia, seguido de Portugal y España. En el año 2019 Rusia fue un destino de exportación que se destacó, pero no resultó ser un destino constante. Brasil ocupa el tercer puesto como destino presentando mayores precios a la compra. En la categoría “otros” están incluidos países como Emiratos Árabes, Arabia Saudita y Omán (Ackermann & Díaz, 2019).

Las exportaciones a lo largo de 2019 se encuentran representadas en la figura 4, concentradas en la primera mitad del año, haciendo que la fruta llegue a destino lo más fresca posible y aprovechando la contra estación con respecto al hemisferio norte. La asociación de exportadores de fruta de hoja caduca del Uruguay (ADEFHCU) está conformada por un grupo de productores responsables de exportar cerca del 80% de las manzanas producidas.

Las importaciones a nivel nacional no resultan relevantes, ya que se dan en un período corto de tiempo y las toneladas importadas varían según las toneladas producidas en la zafra local. Como se muestra en la Figura 5, para el año 2019 las importaciones se dan entre los meses de noviembre y enero, donde no hay producción local y la manzana en cámaras de atmósfera controlada escasea o no es de calidad apta para el consumo (Ackermann & Díaz, 2019).

Figura 4

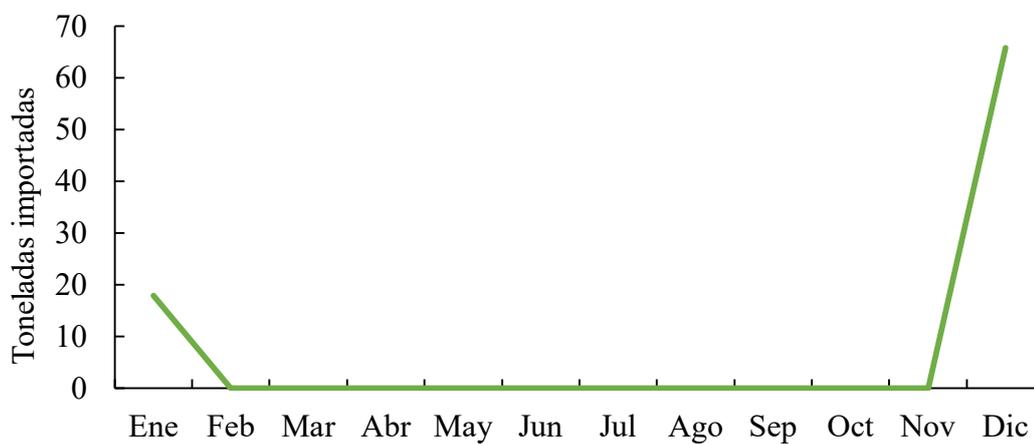
Exportación uruguaya de manzanas en toneladas en 2019



Nota. Adaptado de UAM (2020).

Figura 5

Importaciones uruguayas de manzanas en el año 2019



Nota. Adaptado de UAM (2020).

3.6 Problemática nacional

Existen limitantes productivas para el cultivo del manzano en Uruguay: características del suelo, factores climáticos, agua, añerismo, entre otros. El manzano generalmente cuaja un número excesivo de frutos (Iwanami et al., 2012).

Si todos permanecen en la planta presentarán tamaño reducido y bajo valor comercial (Robinson et al., 2013). El cuajado excesivo, además de bajar la calidad de la fruta y el valor comercial, genera una alta carga en el período de inducción floral de los manzanos, inhibiendo la misma, y por tanto, bajando la floración y la producción para la zafra siguiente (Carra et al., 2022). Este fenómeno es conocido como producción bienal o añerismo. La alternancia productiva se caracteriza por presentar años de alta producción (“año on”) y años de baja producción (“año off”). Aun siendo regulada internamente por la planta, la alternancia es producida por factores externos a ésta, como condiciones climáticas desfavorables o manejo inadecuado de la producción. La alternancia productiva es un problema económico para muchos cultivos frutales en todo el mundo. En un “año on” el principal problema es la presencia de una gran cantidad de frutos de tamaño pequeño y bajo valor comercial y en el “año off”, los frutos son generalmente muy grandes y de baja calidad, con un alto potencial de presentar desordenes fisiológicos (Embree et al., 2007; Robinson et al., 2009; Schupp, 2011). Así, la alternancia de la producción en manzanos se traduce en inestabilidad de precios y un retorno económico errático para los productores. La sensibilidad a este fenómeno varía entre cultivares (Tabla 6) y depende también del vigor del porta injerto, la edad del árbol y el tamaño de las ramas. Una vez iniciados los ciclos de alternancia, éstos pueden mantenerse durante varios años debido a sus propiedades de autopertuación (Atay et al., 2013; Wünsche & Ferguson, 2010).

Tabla 6

Clasificación de cultivares según susceptibilidad a la alternancia productiva

Grupos	Ejemplo de cultivares
1. No susceptible	Braeburn
2. Susceptibilidad media	Granny Smith, Mondial Gala y Clear Red.
3. Susceptible	Red Cheif, Golden Delicious y Fuji
4. Susceptibilidad alta	Golden Reinders®

Nota. Adaptado de Atay et al. (2013).

Además de afectar la inducción floral en manzanos, se sabe que altas cargas de fruta junto con condiciones climáticas cálidas, afectan el equilibrio de nutrientes en frutas y hojas. Esto puede afectar la calidad de la fruta y la susceptibilidad a desórdenes fisiológicos en la instancia de postcosecha (Serra et al., 2016).

Cuando las cargas del cultivo son altas, tanto el crecimiento vegetativo como el área foliar se ven reducidos, pero la cantidad de materia seca puede aumentar, lo que da como resultado una eficiencia fotosintética mayor. En este caso, la fruta presenta concentraciones altas de sólidos solubles, firmeza y concentraciones aceptables de calcio (Ca) que proporcionan buena calidad postcosecha. En árboles que presentan una cosecha más ligera, la fruta madura antes, es más grande y tiende a presentar un mejor color, los niveles de sólidos solubles, ácidos titulable y firmeza son buenos, pero presentan niveles bajos de Ca aumentando las posibilidades de tener disturbios fisiológicos postcosecha. Los montes con cargas bajas de fruta pueden presentar también disturbios fisiológicos como corazón acuoso, núcleo mohoso, pudriciones de núcleo, oscurecimiento interno, oscurecimiento vascular y agrietamiento (Wünsche & Ferguson, 2010).

Por otro lado, la firmeza de la fruta puede verse afectada dependiendo del número y tamaño de las células, el espacio intercelular y la materia seca. En árboles que presentan altas cargas de cultivo, la fruta compite por carbohidratos, las reservas insuficientes de estos mismos limitan el desarrollo de la pared celular y en consecuencia, afectan la firmeza de la fruta. A su vez, los árboles con baja carga producen frutos con mayor materia seca y firmeza (Serra et al., 2016).

En conclusión, la cantidad de fruta que posee el árbol afecta directamente el rendimiento, tamaño y calidad al momento de la cosecha, lo que determina en gran

medida su valor. Con cargas altas el rendimiento es muy alto, pero con menor tamaño de fruta que redonda en menor valor. En cosechas con menor carga, el valor de ésta aumenta de forma considerable debido a un mayor tamaño de fruta (si la carga de la planta es muy baja aumenta de forma considerable la incidencia de desórdenes fisiológicos). El valor de la cosecha alcanza su punto máximo cuando el rendimiento y el tamaño de la fruta se encuentran equilibrados. A partir de ese punto, si se disminuye el número de fruta por árbol, el valor de cosecha baja debido a que el rendimiento más bajo no se ve compensado con el tamaño de fruta más grande y aumenta la incidencia de disturbios fisiológicos (Robinson et al., 2016). Está comprobado que hay una alta relación entre la carga del cultivo, la calidad de la fruta, el rendimiento y la productividad. Por lo tanto, es muy importante hacer una gestión precisa de las cargas del cultivo para optimizar la calidad, la capacidad de almacenamiento y la productividad futura en los montes de manzano (Serra et al., 2016).

3.7 Alternativas para mejorar la situación

El raleo de frutos es una práctica realizada comúnmente en cultivos de manzanos con el fin de obtener fruta de buen calibre y rendimientos regulares en el tiempo. Esta práctica tiene otros beneficios, como por ejemplo una mejora en la coloración e incremento en la calidad interna de la fruta (Cabrera, 2005). El raleo de flores/frutos y por lo tanto, el ajuste de carga del cultivo, parece ser el método más eficiente para lograr un equilibrio entre la reducción de producción del cultivo excesivo en el año “on” y el aumento de floración en el año “off” (Wünsche & Ferguson, 2010), logrando de esta forma un tamaño óptimo de fruta y un adecuado retorno de floración sin reducir excesivamente el rendimiento (Robinson et al., 2016).

El raleo se puede realizar de forma manual, mecánica y/o química. En la mayoría de las regiones productoras de manzana se utiliza como herramienta principal el raleo químico asociado al raleo manual. La variabilidad y la imprevisibilidad del raleo químico, se ha convertido en un problema para los productores de manzana en todo el mundo. Esto se debe a variaciones intrínsecas de las propias plantas y al ambiente que las rodea, por lo tanto esta alternativa para control de carga de fruta puede utilizarse, pero aún sigue siendo impredecible y

puede haber variaciones entre años y dentro del mismo año, debido principalmente a condiciones climáticas (Carra et al., 2023). Los tiempos y costos necesarios para realizar el raleo en su totalidad de forma manual al día de hoy lo hacen inviable, por lo tanto, el raleo químico junto al mecánico parece ser una alternativa para reducir intervenciones manuales en los montes de manzanos (de igual manera se necesita un ajuste manual), aumentando así la eficiencia productiva y el retorno económico al sector productivo.

3.7.1 Raleo mecánico

El raleo mecánico se usa para desprender el exceso de frutos en el árbol y se logra a partir de la vibración de la planta o el vareado de ramas. Es un procedimiento que suele realizarse temprano en la temporada, durante la primera etapa de crecimiento del fruto y ayudando a definir las caídas naturales. Es importante remarcar que es necesario hacer un ajuste manual luego de esta práctica para sacar frutos que pudieron ser dañados por la máquina (De Iacovo & Tachini, 2018).

3.7.2 Raleo manual

El raleo manual es una práctica común en los cultivos de frutales de hoja caduca que consiste en eliminar frutos defectuosos, con enfermedades, dañados o pequeños de forma manual hasta lograr la carga esperada por árbol (De Iacovo & Tachini, 2018).

El raleo manual tiene un alto costo debido a que la mayoría de los montes se encuentran sobre porta injertos vigorosos que dan como resultado árboles grandes y por lo tanto demanda mayor mano de obra (Berlanga-Reyes et al., 2008).

3.7.3 Raleo químico

Este proceso consiste en la utilización de sustancias químicas que al ser aplicadas estimulan la abscisión y senescencia de las flores y/o frutos (Dussi et al., 1998).

Existen tres estrategias dependiendo del objetivo del raleo: dirigido a flores, a frutos y una tercera que puede estar dirigido a ambos. Según Byers (2003) los raleadores pueden ser distinguidos entre aquellos de acción cáustica y acción hormonal. Entre las sustancias de acción cáustica se encuentra la mezcla sulfocálcica, cuyo uso ha sido limitado por la fitotoxicidad a niveles inaceptables en hojas y “russeting” en frutos (Greene, 2002). En los últimos años los productos de acción cáustica volvieron a ser utilizados en los programas de raleo químico en función de nuevas herramientas que ayudan en la elección del momento óptimo para su aplicación y también en montes destinados a producción orgánica de frutas. Entre los raleadores de acción hormonal, (reguladores de crecimiento vegetal) los más utilizados son el ácido 1-naftalenacético (ANA) y benciladenina (6-BA), ambos utilizados en programas de raleo químico en manzanos (Wertheim, 2000). Estas sustancias son preferidas en el raleo químico con relación a los raleadores cáusticos, debido a una mayor selectividad en el raleo de frutos.

3.8 Eficiencia del raleo químico

Se ha estudiado que la eficacia de estos productos raleadores varía significativamente entre años y dentro de un mismo año. Esta variabilidad puede explicarse a través de múltiples factores como, por ejemplo: concentración del producto químico, tamaño de la fruta, temperatura y humedad al momento de la aplicación, cobertura de la aplicación, condiciones de secado y composición de la cutícula, sensibilidad del árbol y sensibilidad del cultivar. La sensibilidad del árbol está relacionada a la etapa de desarrollo de la fruta, la carga inicial que tiene, la temperatura, la luz solar y el vigor (Robinson et al., 2016).

3.8.1 Sensibilidad del cultivar

Hay diferencias entre cultivares de manzanos (tabla 7), algunos de ellos presentan mucha dificultad para el raleo, como por ejemplo 'Golden Delicious' y los clones de los grupos 'Gala' y 'Fuji' (Cabrera, 2005).

Los manzanos del grupo “Gala” presentan una floración prolongada y es recomendable realizar aplicaciones dobles del raleador químico. Es recomendable una menor agresividad en el raleo químico en aquellos montes que presentan mayor

vigor, baja densidad de flores y en montes que tienen menos de cuatro años de edad (Curetti, 2017).

Tabla 7

Sensibilidad al raleo químico de diferentes grupos de cultivares de manzano

Grupo de cultivares	Baja	Media	Alta
'Red Delicious' standard		X	
'Red Delicious' spur	X		
'Granny Smith'			X
'Gala'	X		
'Fuji'	X	X	
'Braeburn'		X	
'Cripps Pink'	X		

Nota. Adaptado de Cabrera (2005).

Los clones de 'Red Delicious' que tienen un crecimiento standard junto con el cultivar 'Granny Smith' son variedades que tienen buena respuesta a los raleadores químicos, si se aplican oportunamente. Los clones de 'Red Delicious' de crecimiento “spur” son variedades de difícil raleo, hay que realizar la aplicación de productos químicos en la floración o inmediatamente después del cuaje. Por otro lado, los clones del grupo 'Gala' se caracterizan por tener una floración muy extensa y sobre madera de distintas edades, por lo tanto, es muy probable que en el mismo momento encontremos sobre la planta diferentes estados fenológicos. Ésta es una característica intrínseca de la variedad y obliga en muchos casos a realizar más de una aplicación (Villareal & Santagni, 2004).

3.8.2 Tamaño de la fruta

La acción y la eficiencia de estos productos varían dependiendo del tamaño del fruto: cuando los frutos son pequeños (alrededor de 4 mm de diámetro) la sensibilidad a los raleadores químicos hormonales es baja, cuando el diámetro de los frutos es de 8-15 mm, la sensibilidad es mayor y nuevamente vuelve a ser baja cuando los diámetros superan los 18-20 mm (Robinson et al., 2016).

3.8.3 Balance de carbono: efectos de temperatura y luz solar

La sensibilidad de la fruta a los raleadores químicos varía en función de los balances de carbono. La fruta es menos sensible al raleo en períodos de excedentes de carbono y se vuelve cada vez más sensible en períodos de déficit de carbono (McArtney & Obermiller, 2014).

Las condiciones que mejoran la respuesta de los árboles a los raleadores químicos son las altas temperaturas, especialmente altas temperaturas nocturnas (aumenta la actividad respiratoria), junto a bajos niveles de luz durante el día (baja actividad fotosintética) y alta carga de fruta (alta demanda de carbohidratos). Todas estas características mencionadas hacen referencia a un balance deficitario de carbono. Por otro lado, las condiciones que dificultan la respuesta de los árboles a los raleadores son las temperaturas frescas (baja respiración), mucha luz solar (alta actividad fotosintética) y una carga liviana de fruta (baja demanda total de carbohidratos). Todas estas características se relacionan con un excedente de carbono. Los días nublados pueden no ser necesariamente un problema si coincide con temperaturas frías, ya que tanto la oferta como la demanda de carbohidratos se ven afectadas de forma similar y de esta forma se sigue manteniendo el equilibrio (Robinson & Lakso, 2011).

En la tabla 8 se resumen las condiciones que hacen a los árboles más o menos sensibles a la aplicación de un raleador químico:

Tabla 8*Resumen de los factores que afectan al raleo químico*

Los árboles son fáciles de ralear cuando:	Los árboles son difíciles de ralear cuando:
1. Las lamburdas se localizan en la parte baja, sombreada dentro de las ramas con poco vigor.	1. Los frutos cuajan en lamburdas bien iluminadas (en la parte más alta y periférica del árbol).
2. Hay un inadecuado suministro de agua o nitrógeno.	2. Los árboles presentan buen vigor sin deficiencias nutricionales.
3. El sistema radicular se encuentra debilitado por enfermedades o daños físicos.	3. Los árboles son adultos y con buen vigor.
4. La floración es intensa, en especial seguido a una temporada muy productiva.	4. La floración o el cuajado son pobres, con la excepción de los árboles jóvenes.
5. Los árboles son jóvenes con muchas ramas verticales vigorosas.	5. Los árboles presentan ramas cargadas en posición horizontal.
6. La polinización es pobre.	6. Se da una buena polinización cruzada.
7. El cuajado es excesivo y en variedades fáciles de ralear.	7. Presentan ramas y lamburdas que han sido levemente anilladas seguido de un daño leve en el invierno.
8. Los cultivares son propicios a descartar muchos frutos en la “caída de diciembre”.	8. En producciones alternantes, cuando ocurre un año con poca carga.
9. Los frutos cuajan en racimos más que en yemas simples.	9. Los frutos cuajan más en yemas simples que en racimos.
10. Se usan raleadores en floración y el período de floración es corto.	10. Se aplican en cultivares como “Golden Delicious” y con buen cuajado sobre lamburdas.
11. La temperatura y la humedad son altas, antes o después de la aplicación.	11. Ocurre un buen crecimiento de los frutos antes o después de la aplicación.
12. Las flores y hojas son dañadas por heladas, previo o posterior a la aplicación.	12. Ocurren condiciones de baja humedad que favorecen el secado rápido del químico.
13. Las hojas están condicionadas a absorber más regulador debido a bajas temperaturas prolongadas.	13. Ocurren períodos de frío sin estrés para el árbol después de la floración.
14. Se registran lluvias antes o después de la aplicación.	14. La producción endógena de etileno es baja.
15. Se da un periodo nublado prolongado, que reduzca la fotosíntesis, antes o después de la aplicación.	15. La floración es pobre y la relación hoja/frutos es alta.

Nota. Adaptado de Nuñez (2006).

3.9 Alternativas de raleadores

Dentro de los raleadores químicos que se pueden utilizar para controlar la carga en manzanos se encuentran: Carbaril, Metamitron, Ácido naftalenacético (ANA), Polisulfuro de Calcio, Benciladenina (BA), entre otros. A continuación, se presentan características de cada uno de éstos.

3.9.1 Carbaril

Este producto se encuentra registrado como insecticida y como agente raleador para manzano. La recomendación para ser utilizado como raleador es la aplicación cuando los frutos poseen entre 12 y 14 mm de diámetro (Cabrera et al., 2014). El modo de acción del producto se basa en la concentración en los haces vasculares del fruto, impidiendo el movimiento de los componentes esenciales de su crecimiento (Reginato et al., 2001).

Si bien en Uruguay es un producto muy utilizado, en algunos de los mercados internacionales es un producto prohibido o con restricciones, dado que se ha demostrado que puede matar insectos benéficos como las abejas. Por esto mismo es pertinente buscar sustitutos a este producto (Carra et al., 2023).

3.9.2 Metamitron

Este producto es un herbicida perteneciente al grupo químico de las triazinonas, actúa inhibiendo el proceso de fotosíntesis. Se ha reportado como un buen raleador de fruta en manzano, su máxima acción se alcanza dos días después de ser aplicado, logrando reducir casi un 50% de la fotosíntesis, provocando un déficit de carbohidratos y de esta forma induciendo la abscisión de frutos (Riquelme et al., 2018).

Este principio activo es un inhibidor de la fotosíntesis que actúa interrumpiendo el aparato fotosintético al inhibir de forma temporal la transferencia de electrones entre las quinonas primarias y secundarias del fotosistema II. Por esto mismo, se inhibe la fijación de carbono y la producción de adenosina 5'-trifosfato (Stander et al., 2018).

Como se mencionó anteriormente, las condiciones ambientales en el momento previo, durante y luego de la aplicación son factores importantes en la

eficiencia del uso de los raleadores. En el caso del Metamitron, debido a su modo de acción, presenta una mayor sensibilidad a las condiciones de radiación (nubosidad). Si las condiciones ambientales coinciden con períodos de bajas temperaturas y poca luz ambiental, la aplicación de este producto podría resultar en un severo estrés por déficit de carbohidratos que puede conducir a una abscisión excesiva de frutos (Stander et al., 2018).

Al ser un herbicida pueden existir reacciones de fitotoxicidad en la planta, pero si las dosis de aplicación no superan los 2.5 kg ha^{-1} no deberían ocurrir. En investigaciones en el Alto Valle se pudo observar síntomas de fitotoxicidad con dosis superiores a 3.0 kg ha^{-1} (Raffo & Curetti, 2017). Según Petri et al. (2016) en trabajos con raleo químico realizados en Brasil, cuando las dosis superan los 350 mg L^{-1} se pueden observar síntomas de quemado en los bordes laterales de las hojas. De igual manera, si ocurre esto ni la producción, ni la calidad de fruta ni el retorno de la floración se verían afectados negativamente

El cultivar Cripps Pink presenta mayor sensibilidad al daño fitotóxico seguido por manzanos 'Royal Gala' y 'Red Delicious' (Rosa et al., 2018).

3.9.3 Ácido naftalenacético (ANA)

Es un compuesto químico de acción hormonal que fue sintetizado artificialmente y es conocido como un regulador de crecimiento auxínico. Hay varias hipótesis sobre el modo de acción del ANA, siendo la competencia entre órganos una de las más respaldadas. Esta hormona estimula el crecimiento y la actividad consumidora en el tejido vegetativo, lo que desencadenaría la abscisión. El estrés inicial que se genera en las hojas tiene el mismo efecto en consecuencia de la reducción de la fotosíntesis (Dini, 2013).

Este producto puede ser aplicado desde botón rosado hasta que el fruto tenga 6 mm de diámetro, pero el momento óptimo para su aplicación es desde la floración hasta caída de pétalos. En manzanas pertenecientes al grupo “Red Delicious” se deben ajustar las dosis (disminuirlas) en comparación a las dosis utilizadas en manzanas bicolors. Es un producto que en condiciones de clima fresco y húmedo se absorbe con mucha rapidez y facilidad, por esto mismo se aconseja aplicarlo en condiciones de baja humedad relativa. El ANA se puede

aplicar de forma individual cuando se usa desde botón floral hasta caída de pétalos o puede aplicarse en conjunto con otros raleadores, por ejemplo: Carbaryl, NAD, Benciladenina, Metamitron, etc dependiendo del estado fenológico de la planta (Cabrera et al., 2014).

Sin embargo, el uso de ácido naftalenacético puede llegar a generar efectos indeseables luego de ser aplicado, como ser: daños en el follaje, reducción del tamaño de los frutos y retención de frutos pequeños conocidos como “frutos pigmeos”. Estos últimos son frutos que luego de la aplicación del regulador de crecimiento persisten en la planta, siguen con su desarrollo, pero no crecen en tamaño. Otras definiciones dicen que son frutos que no superan los 40 mm de diámetro o que no superan los 90 gramos (Nuñez, 2006).

3.9.4 Polisulfuro de calcio (mezcla sulfocálcica).

Es un producto generado a partir de la mezcla de azufre en polvo y cal, catalogado como orgánico y puede ser utilizado como insecticida, fungicida y acaricida (Triadani, s.f.).

En fruticultura también puede ser utilizado con otros fines, ya que debido a su acción cáustica desencadena la senescencia de las flores. Su modo de acción radica en el quemado de estilos y estigmas de la flor, impidiendo de esta forma la fecundación del óvulo por el polen. Es importante remarcar que tanto las flores que ya fueron fecundadas como las que aún no han abierto, no son afectadas (Riquelme et al., 2018).

3.9.5 Benciladenina

Es un fitoregulador derivado de las citoquininas, que se utiliza para el raleo de fruta y que tiene efectos tanto en la ganancia de peso como en el tamaño final de la fruta. Esto se genera a partir de la estimulación sobre la división celular aumentando de esta forma el número de células. Se ha estudiado también que al utilizar este producto se obtiene un aumento en el retorno de floración a la siguiente temporada (Riquelme et al., 2018). Este efecto puede estar relacionado a la menor carga de fruta en el período de inducción floral. Desde la floración hasta el cuajado de la fruta la demanda de carbohidratos por parte de la fruta excede lo que la planta puede proporcionar, la aplicación de este producto cambia la relación

demanda/suministro aumentando así la competencia entre frutos y el crecimiento vegetativo. Esto último desencadena que los frutos laterales (más débiles) abscionen y los frutos centrales (más fuertes) sean los que permanezcan en la planta (*MAXCEL*, s.f.).

Este producto debe ser aplicado cuando el diámetro de los frutos alcanza en promedio entre 6-14 mm y cuando las temperaturas promedio superen los 18°C el día de la aplicación y 2-3 días después, pudiendo aplicarse solo o combinado con otros raleadores como el ANA (Cabrera et al., 2014).

4. Materiales y métodos

4.1 Descripción del sitio

El experimento se realizó en dos montes comerciales ubicados en las unidades territoriales de El Colorado (34°41'59" S, 56°16'43" O) y Cuatro Piedras (34°38'3" S, 56°17'42" O), departamento de Canelones, Uruguay, durante la temporada 2021/2022. Según Severino et al. (2020) y Bernardi et al. (2016), el clima de la región se clasifica como neotropical. La temperatura promedio de la región es de 16,1°C, donde el mes más cálido es enero (temperatura promedio de 22,2°C) y julio el más frío (temperatura promedio de 10,0°C). La precipitación media anual es de 950 mm y la acumulación de horas de frío (horas por debajo de 7,2°C) es en promedio de 565 horas. Dichos datos fueron extraídos en la estación INIA Las Brujas (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria [INIA], s.f.).

4.2 Descripción del material vegetal

El material vegetal utilizado en la quinta del productor Iván Cescato (El Colorado) consistió en manzanos 'Rosy Glow' de 9 años sobre portainjerto 'M9-337', con un sistema de conducción de eje central con canopia angosta (muro frutal). El marco de plantación de este monte era de 1,2m × 4,0m (distancia entre árboles y entre fila, respectivamente), contabilizando un total de 2083 árboles ha⁻¹. Para superar la dormancia se realizó una aplicación de cianamida hidrogenada al 1% (nombre comercial: Dormex) + aceite mineral al 3% durante la primera quincena de agosto.

El material vegetal utilizado en la quinta de los productores Dante y Raúl Macías (Cuatro Piedras) consistió en manzanos 'Early Red One' de 16 años sobre portainjerto M7, con un sistema de conducción de líder central. El marco de plantación de este monte es de 1,5m x 4,0m (distancia entre árboles y entre fila, respectivamente), contabilizando un total de 1666 árboles ha⁻¹. En este monte se realizó una aplicación de aceite mineral (7%) para superar la dormancia durante la primera quincena de agosto.

4.3 Diseño experimental

Se dispuso el experimento en base a un diseño en bloques completos al azar (DBCA) con 5 tratamientos y 5 repeticiones en el monte de 'Rosy Glow' y 5 tratamientos y 4 repeticiones en el monte de 'Early Red One'. Cada parcela experimental constaba de un árbol y se encontraba separada por dos árboles de guarda. Los árboles fueron seleccionados en función a la uniformidad de floración y su tamaño (visualmente) y luego se utilizó el área de la sección transversal del tronco (ASTT) para definir los bloques.

4.4 Tratamientos de raleo

Los tratamientos consistieron en un control sin aplicación, Metamitron en diferentes concentraciones (muestra proporcionada por la empresa Lanafil; 70% de principio activo), Mezcla sulfocálcica (3% de concentración; porcentaje en volumen 230 g L⁻¹ y Baume 28°), Ácido naftalenacético (ANA) y 6-benciladenina (6-BA) en diferentes estadios solos y en combinación. Como fuente de ANA se utilizó Ana[®], Proquimur SA (24,2% de principio activo), y el 6-BA fue MaxCel[®], Valent BioSciences LLC (2% de principio activo). Los mismos están presentados en las Tablas 9 ('Early Red One') y Tabla 10 ('Rosy Glow').

Es importante aclarar que al tratamiento control no se le realizó ninguna aplicación, pero sí se raleó de forma manual dejando un fruto por centro floral al igual que en el resto de los tratamientos (luego de la abscisión de frutos natural e inducida por los raleadores, 40 días después de la plena floración).

Tabla 9

Tratamientos, productos, momentos, fechas de aplicación y dosis en manzanos 'Early Red One'

Tratamiento	Producto	Momento de aplicación	Fecha de aplicación	Dosis
1. Control	-	-	-	-
2. MS1 3%	Mezcla sulfocálcica	60% flores abiertas hasta plena floración	14/10 y 18/10	3%
3. MET 1	Metamitron	8-12 mm	26/10	100 mg L ⁻¹
4. MET 2	Metamitron	8-12 mm	26/10	200 mg L ⁻¹
5. ANA+6-BA1	ANA ANA + 6-BA	Plena floración Caída de pétalos	14/10 20/10	10 mg L ⁻¹ 7.5 mg L ⁻¹ + 100 mg L ⁻¹

Tabla 10

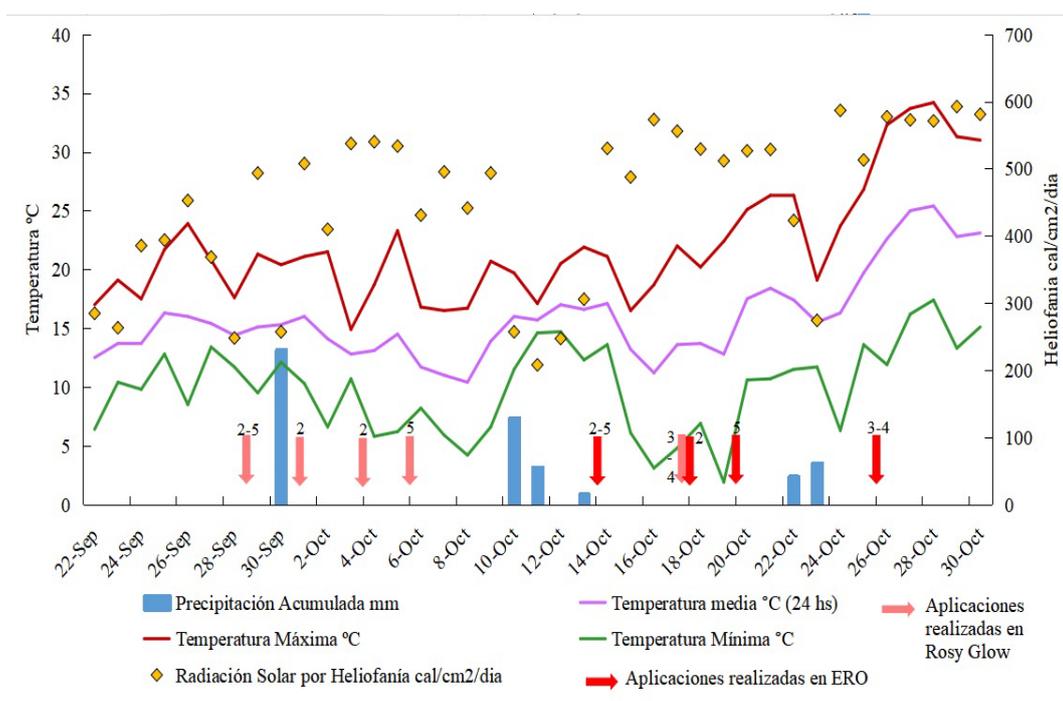
Tratamientos, productos, momentos, fechas de aplicación y dosis en manzanos 'Rosy Glow'

Tratamiento	Producto	Momento de aplicación	Fecha de aplicación	Dosis
1. Control	-	-	-	-
2. MS2 3%	Mezcla sulfocálcica	80% flores abiertas hasta plena floración	29/09, 01/10 y 04/10	3%
3. MET 2	Metamitron	8-12 mm	18/10	200 mg L ⁻¹
4. MET 3	Metamitron	8-12 mm	18/10	400 mg L ⁻¹
5. ANA+6-BA2	ANA ANA + 6-BA	Plena floración Caída de pétalos	29/09 06/10	10 mg L ⁻¹ 10 mg L ⁻¹ + 100 mg L ⁻¹

Las aplicaciones de los tratamientos se realizaron con un pulverizador de mochila motorizado manual (STIHL SR 450) con una capacidad de tanque de 14 L y un caudal máximo de aire de 1.300 m³ h⁻¹. El volumen de caldo aplicado fue de 1000 L ha⁻¹ aproximadamente y el pH del agua utilizada de 6.95. Las aplicaciones se realizaron en la mañana con temperaturas entre 20 y 25°C para todos los tratamientos menos la aplicación de mezcla sulfocálcica en el día 4 de octubre, donde la temperatura de aplicación fue entre 15 y 20°C (Figura 6). Durante las aplicaciones se utilizó una pantalla de nylon (4 m de largo × 3 m de altura) ubicada atrás de los árboles rociados para evitar la deriva de los productos (Figura 20).

Figura 6

Temperatura, precipitaciones y radiación solar en los momentos de aplicación 2021/2022, INIA Las Brujas, Uruguay



Nota. Las flechas de color rojo representan las aplicaciones realizadas en 'Early Red One' y las de color rosa las aplicaciones en 'Rosy Glow'. Los números representan el tratamiento que fue aplicado en dichas fechas (tratamientos 2, 3, 4 y 5). Se utilizaron datos diarios de la estación INIA Las Brujas desde el 22 de sep. de 2021 hasta el 30 de oct. de 2021 para las variables precipitación acumulada (mm), temperatura máxima (°C), radiación solar por heliofanía (cal/cm²/día), temperatura media (°C, 24 h) y temperatura mínima °C. Adaptado de INIA (s.f.).

Para la evaluación del cuajado se seleccionaron y marcaron tres ramas por árbol. Se contaron todos los centros florales en dichas ramas en el estado de botón floral y posteriormente los frutos remanentes por centro floral a los 45 días después de plena floración (DDPF), esto se expresó como el número de frutos dividido el número de centros florales por planta (número de frutos centro floral⁻¹). Para manzanos 'Rosy Glow' las ramas estaban ubicadas en tres estratos diferentes (inferior, medio y superior) y se pudo observar diferencia en cuajado entre los mismos. Esto sólo se pudo realizar en 'Rosy Glow' ya que en 'Early Red One' la estructura de la planta no permitió evaluarlo en los tres estratos y debimos seleccionar las mejores tres ramas. La plena floración se produjo el 28-29 de setiembre en 'Rosy Glow' y 12 de octubre en 'Early Red One' (año 2021).

Además de cuajado promedio, se evaluó la distribución del cuajado en los distintos tratamientos y se contó la cantidad de centros con 1, 2, 3, 4, 5 y 6 frutos en cada una de las ramas marcadas (expresado en porcentaje de centros florales con los distintos números de frutos). Las plantas fueron raleadas manualmente por el personal de INIA (45 DDPF) y con un cronómetro de mano se evaluó el tiempo que llevaba dicha tarea hasta alcanzar el número de frutos deseados (120-140 frutos planta⁻¹). Se contabilizó la cantidad de frutas que tuvieron que ser raleadas a mano en cada uno de los tratamientos para dejar los centros florales con un único fruto.

4.5 Análisis cosecha y postcosecha

En la cosecha comercial (07/03/2022 y 27/04/2022, 'Early Red One' y 'Rosy Glow' respectivamente), se contó el número total de frutos por árbol, se pesaron y se calculó la producción por planta (kg planta⁻¹). Con los datos de kg planta⁻¹ y el número de fruta final se estimó el peso promedio de fruto (g) y la productividad (ton ha⁻¹).

La eficiencia productiva se calculó dividiendo la producción en kilogramos por planta sobre el área de sección transversal del tronco. Expresada en Kg cm⁻². Todas las medidas de la circunferencia del tronco fueron tomadas 20 centímetros por encima de la unión del portainjerto con el cultivar.

Se midió el diámetro, la altura y se calculó la relación altura/diámetro del fruto, para esto se utilizó un calibre digital de mano (Stanley, EEUU).

Sobre la fruta cosechada se determinó el porcentaje de sobre color de piel, firmeza de la pulpa, contenido de sólidos solubles totales, número de semillas por fruto y se realizó el test de yodo. Las mediciones fueron realizadas por el mismo operario para disminuir el margen de error. Para ello se tomaron 50 frutos por planta y se midió el sobre color de la piel de cada fruto en dos ubicaciones a 180° una de otra sobre el plano ecuatorial con la finalidad de cuantificar la diferencia de color entre las dos caras de la manzana. Estas dos mediciones se corresponden una al lado expuesto a la luz del sol (ES) y la otra al lado sombreado (LS). El sobre color se determinó en el campo de manera visual en una escala del 0 al 100% en función de la coloración roja del fruto.

De la muestra utilizada para medir sobre color se tomaron 10 frutas al azar por planta y se utilizaron para estimar otros atributos de calidad en el laboratorio de fruticultura de INIA Las Brujas.

La firmeza fue medida en dos lados opuestos con un penetrómetro sobre la pulpa de la fruta, para esto se retiró con una navaja un trozo de cascara con un tamaño un poco mayor a 11mm en los dos lugares elegidos para la medición, para posteriormente medir la resistencia a la penetración. El instrumento utilizado es de la marca Tr. Turoni modelo 53205 (Italia), equipado con un émbolo de 11mm de diámetro. Los resultados se expresaron en Lb pulg^{-2} .

Los sólidos solubles totales (SST) se evaluaron en jugo proveniente de las mediciones de la firmeza de pulpa (solución que quedaba en el émbolo del penetrómetro) utilizando un refractómetro de mano (Atago, Tokio, Japón) y los resultados se expresaron como porcentaje de sacarosa equivalente en el jugo. El rango de medida del instrumento es de 0-50° Brix.

El test de yodo se realizó en la mitad inferior de cada manzana aplicando la solución de yodo (24 g de yoduro potásico + 12 g I₂ por litro) como spray directamente sobre el fruto y se evaluó utilizando una escala visual de la degradación del almidón elaborado por INIA en el año 2003 (Figuras A5 y A6) con una escala del 1 al 6 (1, almidón completo; 6, sin almidón). Al momento de realizar el corte se procedió a contar la cantidad de semillas presentes en cada fruta.

Para estimar el daño por roñado se utilizó una escala visual de 0 a 4, donde 0 representaba aquellos frutos que no presentaban roñado y 4 frutos con daño superior a 80-90% de la superficie.

4.6 Análisis económico

Se cuantificó el impacto de las aplicaciones de raleadores y se comparó con los costos de un raleo 100% manual. En primera instancia, como ya se mencionó en materiales y métodos, se controló el tiempo que lleva ralear un árbol de forma manual, se multiplicó por la cantidad de árboles que hay en una hectárea (depende del marco de plantación), se dividió entre ocho para calcular la cantidad de jornales necesarios y se multiplicó por el costo (en dólares) de un jornal.

Para calcular los costos de aplicación se partió del siguiente supuesto: Costo de aplicación = costos fijos + costos variables + costo del producto + ajuste manual de carga (jornales necesarios para ajustar la carga deseada por el productor, raleo manual). Cuando realizamos estos cálculos despreciamos los costos fijos (costo anual de oportunidad, depreciación y reparación) ya que el productor deberá incurrir en estos costos anuales realice o no las aplicaciones de raleadores.

Los costos variables analizados fueron el gasto de combustible y lubricante, la mano de obra y los costos de mantenimiento. Para esto se utilizaron las siguientes fórmulas:

- Tiempo operativo (ha h^{-1}) = $(\text{Velocidad de avance} * \text{Ancho operativo} * \text{Ef}) / 10$
- Gasto de combustible ($\text{L CV}^{-1} \text{h}^{-1}$) = $\text{Potencia (CV)} * \text{Aprovechamiento} * 0.1$
- Gasto de lubricante (L h^{-1}) = $\text{Consumo de combustible} * 2\%$
- Mantenimiento = $\text{Costo de combustible} * 15\%$

Para calcular el costo del producto aplicado se multiplicó el precio en plaza (por kg) por la cantidad utilizada por hectárea.

Todos estos costos variables se multiplicaron por la cantidad de aplicaciones realizadas.

4.7 Análisis estadístico

Se ajustó el siguiente modelo general para las variables estudiadas en el ensayo: $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$

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: área de sección transversal de troncos (ASTT), cuajado, fruta raleada, tiempo de raleo, número de frutos por planta, peso del fruto, producción por planta, productividad por hectárea, eficiencia productiva, diámetro del fruto, altura del fruto, relación altura/diámetro del fruto, porcentaje de rojo, roñado, firmeza del fruto (resistencia a la penetración), almidón, sólidos solubles totales (SST) y cantidad de semillas.

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software R. Se realizó análisis de varianza (ANOVA), cuando los datos expresados como porcentaje o recuentos no presentaban distribución normal (según test de normalidad de Shapiro-Wilk) se transformaron mediante análisis arcoseno [raíz cuadrada $(n + 1)$] y raíz cuadrada $(n + 0,5)$, respectivamente. En las tablas se presentaron los valores no transformados. Cuando la prueba F resultó significativa, los datos se sometieron a comparación de medias mediante la prueba de Duncan al 5% de significancia.

5. Resultados y discusión

5.1 Cuajado y raleo de frutos

5.1.1 Early Red One

Se observaron diferencias significativas en el cuajado de fruto, siendo el control quien presentó un mayor cuajado, seguido por tratamientos de Mezcla sulfocálcica al 3% aplicado con 60% de flores abiertas, repitiendo cuatro días después (MS1 3%) y Metamitron aplicado en ambas dosis (100 y 200 mg L⁻¹) a los 8-12 mm de fruto (MET 1 y MET 2 respectivamente) sin diferencias significativas entre ellos. El tratamiento con ANA 10 mg L⁻¹ en plena floración + ANA 7,5 mg L⁻¹ y 6-BA 100 mg L⁻¹ en caída de pétalos (ANA + 6-BA 1) fue el que presentó la mayor reducción del cuajado (efecto raleante) comparado a los demás tratamientos (Tabla 11). Estas diferencias se pudieron observar también en la Figura 6 donde se evaluó la cantidad de frutas por centro floral en cada tratamiento. El tratamiento ANA + 6-BA 1 presentó un mayor porcentaje de centros florales con un único fruto en comparación a los demás (Figura 7). Por otra parte, fue el tratamiento que presentó menor número de centros florales con más de cuatro frutos.

Una disminución en el cuajado repercute en un número menor de frutas por árbol y por lo tanto se espera que el efecto inhibitor de las giberelinas (presentes en las semillas de los frutos) sobre la floración del año siguiente sea menor, pudiendo mantener una producción similar año a año, evitando de esta forma la alternancia productiva (Jackson, 2003). Davenport (2000) propuso un modelo en el que la diferenciación de yemas en flores o ramas se define por el equilibrio entre inductores florales (citoquininas) y promotores de crecimiento vegetativo (auxinas y giberelinas). Según este modelo, cuando la relación entre inductores florales y promotores del crecimiento vegetativo es baja, se forman preferentemente ramas y la inducción de yemas florales resulta menor. Además de la menor cantidad de giberelinas, resultado del menor número de semillas, al haber un número menor de frutas la competencia entre frutos disminuye y la relación hoja/fruto aumenta, permitiendo a los frutos alcanzar tamaños mayores. Que el árbol presente un mayor porcentaje de centros florales con un único fruto es una característica altamente positiva, ya que permite obtener frutos con mejor forma, color y una menor probabilidad de ataques de *Cydia pomonella* (carpocapsa) (Dussi et al., 1998).

La cantidad de fruta raleada a mano y el tiempo de raleo por planta presentaron las mismas diferencias que en el cuajado, siendo mayor en el control, seguido por los tratamientos de MS1 3%, MET 1 y 2 y por último el tratamiento ANA + 6-BA 1. En el control el raleo se realizó sólo de forma manual y como era de esperarse fue el que presentó mayor tiempo y número de frutos raleados por planta. Los tratamientos que le siguieron en tiempo y número de frutos raleados fueron los de Mezcla sulfocálcica y los dos de Metamitron. El tratamiento que presentó menor tiempo de raleo fue ANA + 6-BA 1, debido a una mayor respuesta a los productos aplicados.

Tabla 11

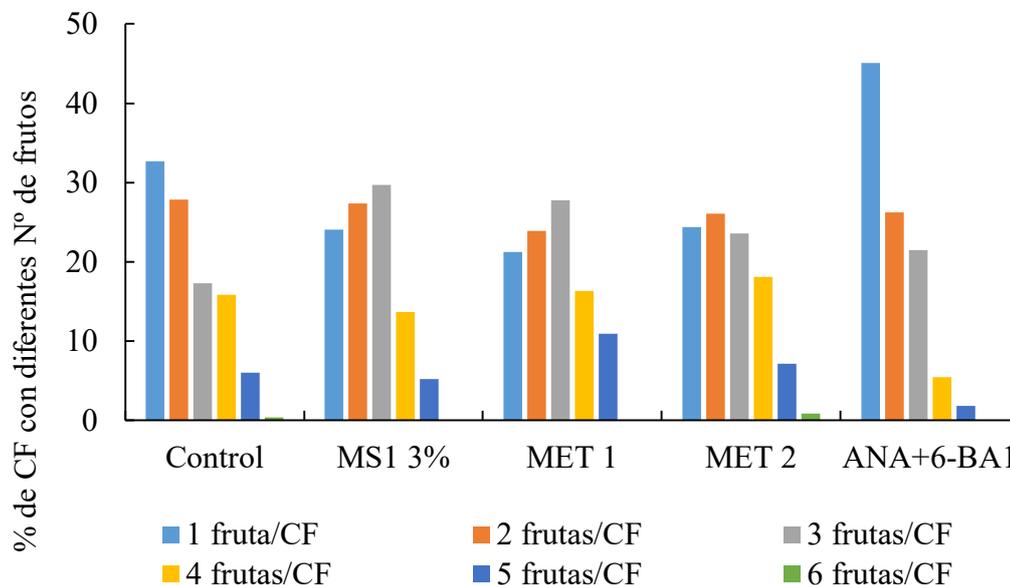
Cuajado, frutos raleados y tiempo de raleo por planta en manzanos 'Early Red One'

Tratamiento	Cuajado	Fruta Raleada	Tiempo de Raleo (s)
Control	2,187 a	387,0 a	576,3 a
MS1 3% ¹	1,721 b	266,2 b	442,4 b
MET 1 ²	1,824 b	269,5 b	424,8 b
MET 2 ³	1,870 b	255,4 b	413,4 b
ANA + 6-BA1 ⁴	1,403 c	161,0 c	308,3 c
CV (%)	12,85	20,34	17,75
<i>p</i> -valor	0,0014	0,0002	0,0011

Nota. ¹Dos aplicaciones de Mezcla sulfocálcica a 3% de concentración, aplicado en 60% de flores abiertas (14/10/2021), repitiendo la aplicación cuatro días después (18/10/2021). ²Metamitron a 100 mg L⁻¹ (26/10/2021). ³Metamitron a 200 mg L⁻¹ (26/10/2021). ⁴Ácido naftalenacético (ANA) a 10 mg L⁻¹ aplicado en plena floración (PF, 14/10/2021) + ANA a 7.5 mg L⁻¹ + 6-Benciladenina (6-BA) a 100 mg L⁻¹ en caída de pétalos (CP, 20/10/2021). Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$; Test Duncan).

Figura 7

Porcentajes de centros florales con los distintos números de frutas en los tratamientos realizados en manzanos 'Early Red One'



Nota. (CF= centro floral).

5.1.2 Rosy Glow

En este cultivar se realizaron las mismas mediciones que en 'Early Red One'. El cuajado de frutas de los distintos tratamientos presentó diferencias significativas, siendo la aplicación con ANA 10 mg L⁻¹ en plena floración + ANA 10 mg L⁻¹ y 6-BA 100 mg L⁻¹ en caída de pétalos (ANA + 6-BA 2) el que mayor cuajado presentó sin diferencias significativas con el control, seguido por los tratamientos con Mezcla sulfocálcica al 3% aplicada en 80% de flores abiertas y repitiendo aplicación dos veces más, dos y cuatro días después (MS2 3%) y Metamitron ambas dosis (200 y 400 mg L⁻¹) aplicado a los 8-12mm (MET 2 y 3 respectivamente), que presentaron un menor cuajado en comparación al control y al ANA + 6-BA 2 (Tabla 12).

Tabla 12*Cuajado, frutos raleados y tiempo de raleo por planta en manzanos 'Rosy Glow'*

Tratamiento	Cuajado	Fruta Raleada	Tiempo de Raleo (s)
Control	1,178 a	168,0 a	367,0 a
MS2 3% ¹	0,791 b	77,8 c	195,6 c
MET 2 ²	0,875 b	111,5 b	239,8 bc
MET 3 ³	0,671 b	39,8 d	136,5 d
ANA + 6-BA ⁴	1,290 a	153,8 a	285,3 b
CV (%)	21,51	18,7	17,5
<i>p</i> -valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Nota. ¹Tres aplicaciones de Mezcla sulfocálcica a 3% de concentración, aplicado en 80% de flores abiertas (29/09/2021), repitiendo la aplicación cada dos días (1/10/2021 y 4/10/2021, respectivamente). ² Metamitron a 200 mg L⁻¹ (18/10/2021). ³ Metamitron a 400 mg L⁻¹ (18/10/2021). ⁴ Ácido naftalenacético (ANA) a 10 mg L⁻¹ aplicado en plena floración (PF, 29/09/2021) + ANA a 10 mg L⁻¹ + 6-Benciladenina (6-BA) a 100 mg L⁻¹ en caída de pétalos (CP, 06/10/2021). Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$; Test Duncan).

En cuanto a la cantidad de fruta raleada en el raleo manual, en el tratamiento MET 3 fue en el que menos frutas se raleó, seguido por MS2 3%, luego el tratamiento MET 2 y ANA + 6-BA 2, donde en ese último, no se observaron diferencias significativas en el número de frutos raleados en comparación al control (sin aplicación, solo raleo manual).

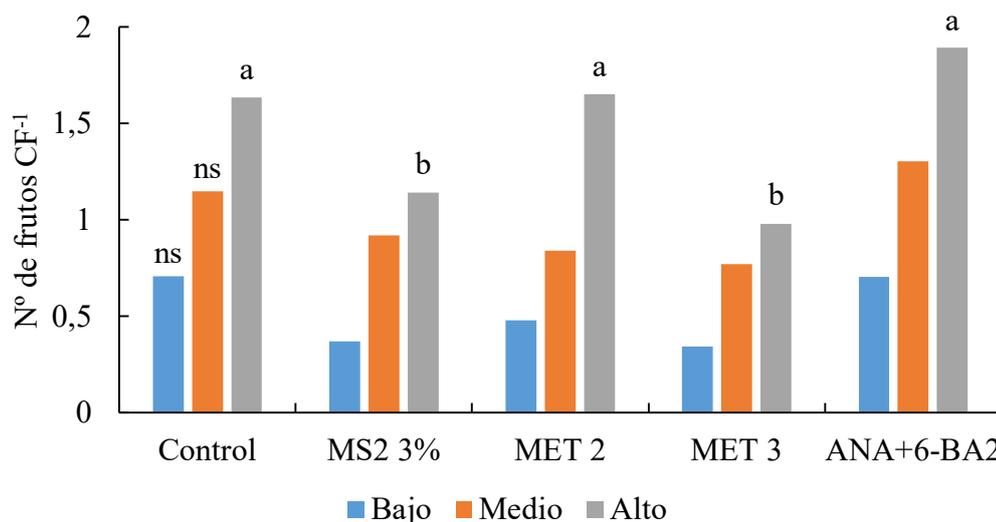
En el tiempo de raleo se observaron diferencias significativas en todos los tratamientos en comparación al control (sólo raleo manual). El tratamiento con menor tiempo de raleo manual fue MET 3, donde el mismo tuvo un promedio de 136,5 segundos por planta en dicha operación. MS2 3% y MET 2 fueron los tratamientos que presentaron la segunda mejor reducción en el tiempo de raleo en comparación al control y por último ANA + 6-BA 2 presentó la tercera mejor reducción en tiempo de raleo seguido del control.

En la figura 8 se puede observar el cuajado separado en tres estratos de la planta (bajo, medio y alto). Como se pudo observar, el cuajado de la parte baja es

siempre menor que el del medio, seguido por la parte alta de la planta (independientemente del tratamiento evaluado). Esto mismo fue relatado por distintos autores, quienes mencionan que la parte alta de la planta es más difícil de ralear que la parte del medio y la parte baja. Esa respuesta al raleo químico es en función de la radiación que reciben las respectivas secciones de la planta, donde la zona con más radiación (parte alta de la planta) cuaja más que la parte a la que le llega una menor radiación (parte baja de la planta) (De Iacovo & Tachini, 2018; Raffo et al., 2006; Rom, 1991; Wünsche & Lakso, 2000). Los tratamientos MS2 3% y MET 3 disminuyeron el cuajado de la parte alta de la planta en comparación a los demás tratamientos (Figura 8). En los demás estratos de la planta (bajo y medio) no hubo diferencias significativas entre los distintos tratamientos. El porcentaje de centros florales con sus respectivos números de frutos en cada uno de los tratamientos se muestran en la Figura 9, donde los tratamientos con Mezcla sulfocálcica y las distintas dosis de Metamitron presentaron una mayor cantidad de centros con un fruto y menos cantidad de centros con dos frutos o más en relación al control.

Figura 8

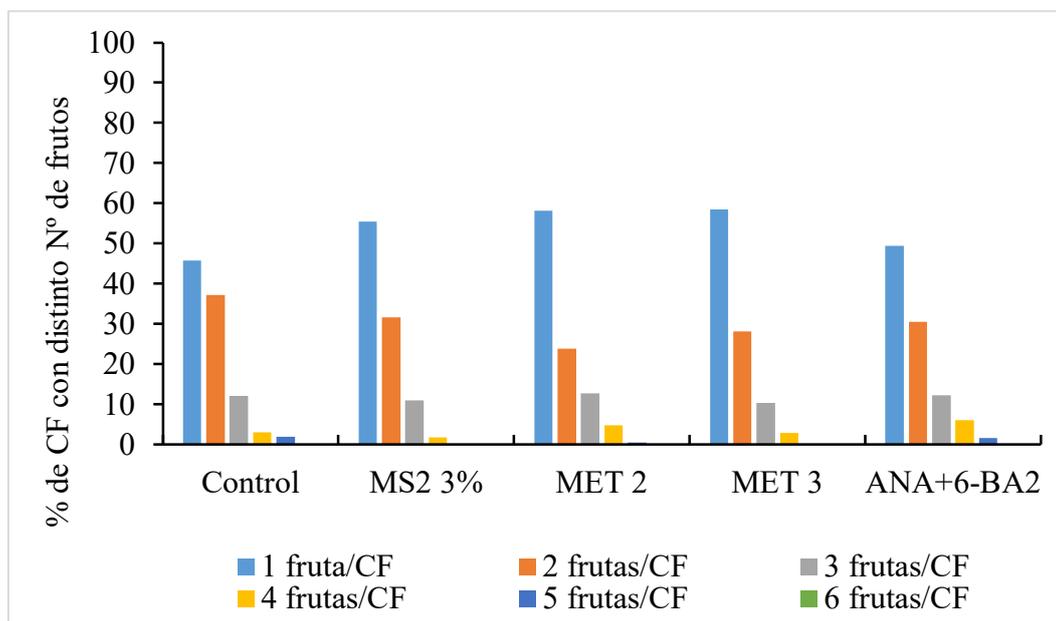
Cuajado en ramas bajas, medias y altas según el tratamiento realizado



Nota. Letras distintas en las barras indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$; Test Duncan). (CF= centro floral).

Figura 9

Porcentajes de centros florales con los distintos números de frutas en los tratamientos realizados en manzanos 'Rosy Glow'



Nota. (CF= centro floral).

Se observó respuesta en ambos cultivares en la variable cantidad de fruta raleada, en los distintos tratamientos evaluados. Cabrera (2005) plantea que la respuesta al raleo varía dependiendo del cultivar (Tabla 7). Tanto los cultivares Red Delicious como Cripps Pink tienen una sensibilidad media al raleo químico.

El mayor cuajado en manzanos 'Early Red One' en comparación a manzanos 'Rosy Glow' en el presente estudio, además de las distintas respuestas a los productos químicos aplicados, puede estar relacionado a la edad de la planta. Núñez (2006) menciona que aquellos árboles de mayor edad tienen menor respuesta al raleo químico y en este caso hay una diferencia notoria entre los dos montes evaluados, 'Early Red One' y 'Rosy Glow' (16 y 9 años respectivamente).

Se pudo observar daño fitotóxico (Figura A8) cuando se aplicó Metamitron como raleador en el tratamiento MET 3 (400 mg L⁻¹) en el cultivar Rosy Glow. Este daño observado coincide con lo que plantea Petri et al. (2016) afirmando que existe posibilidad de observar fitotoxicidad en los bordes laterales de las hojas cuando la concentración del raleador supera los 350 mg L⁻¹. Es importante remarcar que solamente se observó en las plantas del tratamiento MET 3 y en las que estaban a

su lado debido a la deriva. La razón por la que dicho daño se observó en manzanos 'Rosy Glow' y no en 'Early Red One' puede deberse a que en este último se utilizaron dosis menores a 350 mg L^{-1} (100 y 200 mg L^{-1} ; tratamiento MET 1 y 2, respectivamente). Por otro lado, Raffo y Curetti (2017) también plantean la posibilidad de aparición de fitotoxicidad en las plantas tratadas cuando las dosis aplicadas superan los $3,0 \text{ kg ha}^{-1}$.

En lo que respecta a la cantidad de fruta raleada se pudo observar que los tratamientos se comportaron de forma distinta en cada uno de los cultivares (Tablas 11 y 12). En el caso del cultivar Early Red One el tratamiento que resultó más efectivo fue ANA + 6-BA 1 y en el cultivar Rosy Glow el tratamiento MET 3. La diferencia en la respuesta entre los dos cultivares evaluados pudo deberse a las condiciones climáticas los días antes, durante y después de la aplicación (Figura 6), la sensibilidad del cultivar a los distintos productos, edad de la planta, portainjerto, entre otros. Las aplicaciones entre cultivares se realizaron en momentos distintos debido a las diferencias en las fechas de floración. Este efecto ambiental sobre la eficiencia del raleador aplicado la plantean varios autores, entre ellos Robinson y Lakso (2011), McArtney y Obermiller (2014).

Rosa et al. (2018) plantean que el cultivar Cripps Pink presenta una mayor sensibilidad al raleo con Metamitron que los cultivares Gala y Red Delicious, siendo este último el cultivar más difícil de ralear y recomienda que las dosis deben ajustar en función a dicha sensibilidad (menores dosis en 'Cripps Pink' y mayores en 'Red Delicious').

Por último, se pudo observar distintos tiempos de raleo entre tratamientos al momento de ajustar la carga (dejar centros florales con un único fruto), pero en cualquiera de los cultivares el raleo manual en el control siempre fue la que más tiempo insumió (Tablas 11 y 12). Esto coincide con Cabrera (2005), Núñez (2006) y Dini (2013) cuando plantean que este método insume mayor tiempo para su realización y muchas veces impide realizar en tiempo y forma la tarea, influyendo directamente en el retorno de la floración. También agregan que, aunque se realice raleo químico, va a ser necesario realizar un ajuste manual de la carga del cultivo (se puede aprovechar a descartar frutos defectuosos, atacados por insectos o con presencia de enfermedades).

Robinson et al. (2016) mencionan que el raleo manual insueme un mayor tiempo para ser realizado (culminando dicha actividad entre 40-80 días después de la floración), dando como resultado una inadecuada repetición de la floración al año siguiente y no maximiza el tamaño potencial de la fruta remanente. Estudios confirman que el raleo manual realizado de forma temprana (en floración o poco después de la floración) mejora tanto el tamaño final de la fruta como el retorno de la floración al año entrante en comparación al raleo manual realizado en etapas más tardías.

El raleo químico realizado de forma temprana durante la estación de crecimiento disminuye de forma considerable la cantidad de fruta que se tendrá que ralear a mano y por lo tanto va a disminuir tanto el tiempo como la intensidad de mano de obra necesaria en el repase manual (Flores et al., 2013).

5.2 Producción

5.2.1 Early Red One

En el caso de las variables peso de fruto, producción por planta, productividad y eficiencia productiva no hubo diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 13). Sin embargo, en la cantidad de frutos por plantas se pudo observar diferencias entre el tratamiento MS1 3% y el resto de los tratamientos con excepción del control (éste no presentó diferencias significativas con ninguno de los tratamientos evaluados, debido al raleo manual que se le realizó para ajustar carga).

Tabla 13

Frutos por planta, peso promedio del fruto, producción, productividad y eficiencia productiva en 'Early Red One'

Tratamiento	Frutos planta ⁻¹	Peso (g)	Producción (kg planta ⁻¹)	Productividad (Ton ha ⁻¹)	Ef. productiva (kg cm ⁻²)
Control	240,6 ab	170,0	40,88	54,49	0,685
MS1 3%	263,2 a	161,0	42,38	56,49	0,701
MET 1 ²	194,5 b	161,4	31,06	41,41	0,563
MET 2 ³	196,6 b	179,2	35,45	47,25	0,664
ANA+ 6-BA1 ⁴	194,8 b	171,4	33,33	44,42	0,645
CV (%)	17,4	6,9	17,35	17,35	15,94
<i>p</i> -valor	0,0290	0,1214	0,5426	0,0543	0,2939

Nota. ¹Dos aplicaciones de Mezcla sulfocálcica a 3% de concentración, aplicado en 60% de flores abiertas (14/10/2021), repitiendo la aplicación cuatro días después (18/10/2021).² Metamitron a 100 mg L⁻¹ (26/10/2021). ³ Metamitron a 200 mg L⁻¹ (26/10/2021).⁴ Ácido naftalenacético (ANA) a 10 mg L⁻¹ aplicado en plena floración (PF, 14/10/2021) + ANA a 7.5 mg L⁻¹ + 6-Benciladenina (6-BA) a 100 mg L⁻¹ en caída de pétalos (CP, 20/10/2021). Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$; Test Duncan).

5.2.2 Rosy Glow

En la cantidad de frutas por planta se observaron diferencias significativas entre la situación control y el resto de los tratamientos (tabla 14). Esta misma diferencia se observó en las variables producción, productividad y eficiencia productiva, donde fue mayor el valor del control comparado con el resto de los tratamientos.

Tabla 14

Frutos por planta, peso promedio del fruto, producción, productividad y eficiencia productiva en 'Rosy Glow'

Tratamiento	Frutos planta ⁻¹	Peso (g)	Producción (kg planta ⁻¹)	Productividad-ad (Ton ha ⁻¹)	Ef. productiva (kg cm ⁻²)
Control	203,3 a	174,92 bc	35,57 a	74,08 a	0,811 a
MS2 3% ¹	144,4 b	190,51 ab	27,25 b	56,77 b	0,606 b
MET 2 ²	151,3 b	182,46 abc	27,49 b	57,26 b	0,563 b
MET 3 ³	151,0 b	170,05 c	25,47 b	53,05 b	0,539 b
ANA+ 6-BA2 ⁴	147,8 b	192,73 a	28,50 b	59,36 b	0,589 b
CV (%)	12,18	6,25	11,45	11,45	13,95
p-valor	0,0009	0,0265	0,0019	0,0019	0,0010

Nota. ¹Tres aplicaciones de Mezcla sulfocálcica a 3% de concentración, aplicado en 80% de flores abiertas (29/09/2021), repitiendo la aplicación cada dos días (1/10/2021 y 4/10/2021, respectivamente). ²Metamitron a 200 mg L⁻¹ (18/10/2021). ³Metamitron a 400 mg L⁻¹ (18/10/2021). ⁴Ácido naftalenacético (ANA) a 10 mg L⁻¹ aplicado en plena floración (PF, 29/09/2021) + ANA a 10 mg L⁻¹ + 6-Benciladenina (6-BA) a 100 mg L⁻¹ en caída de pétalos (CP, 06/10/2021). Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$; Test Duncan).

En cuanto al peso de la fruta, se pudo observar que el tratamiento ANA + 6-BA 2 fue el que presentó mayor tamaño de frutos, no difiriendo significativamente de plantas pertenecientes a los tratamientos MS2 3% y MET 2. Los demás tratamientos no presentaron diferencias significativas con la situación control (sólo raleo manual).

En el cultivar Early Red One no se observaron diferencias significativas en la cantidad de fruta por planta entre la situación control y el resto de los tratamientos. Sin embargo, el cultivar Rosy Glow sí presentó efecto de los productos aplicados para el raleo de frutas.

En los indicadores de producción en el cultivar Rosy Glow se pudo observar diferencias significativas entre la situación control y el resto de los tratamientos. En manzanos 'Early Red One' no se observaron diferencias significativas en estas variables, pero eso puede deberse al ajuste manual realizado en el tratamiento

control, ya que afecta directamente el número de frutas por árbol, el peso de la fruta, producción y productividad. En este cultivar, que el raleo químico no haya afectado el tamaño de la fruta puede explicarse debido a la carga inicial de frutas en relación al tamaño de la planta (asimilados suficientes para los frutos, mayor relación fuente-fosa) y también por el raleo manual haber sido realizado en tiempo y forma (alrededor de los 40 DDPF).

En manzanos 'Rosy Glow' se pudo observar diferencias en el peso de fruta entre tratamientos, como se detalló anteriormente en el cuadro de resultados. En el caso del tratamiento MET 3 el peso promedio del fruto fue menor que en los tratamientos MS2 3% y ANA + 6-BA 2, sin embargo, no tuvo diferencias significativas con el tratamiento de MET 2 ni con la situación control. En lo que respecta a la producción y productividad, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos y sí con la situación control. Esto coincide con lo observado por Raffo y Curetti (2017) donde, aunque existan reacciones de fitotoxicidad luego de una aplicación de Metamitron, la producción no debería verse afectada negativamente en comparación a otros tratamientos químicos. También se pudo observar que el tratamiento ANA + 6-BA 2 fue uno de los que presentó valores más altos en el peso de fruto. Esto puede explicarse debido a la acción de la 6-benciladenina, citoquinina que estimula la división celular de los frutos (Cabrera et al., 2014). Núñez (2006) y Dini (2013) también obtuvieron en aquellos árboles que fueron tratados con ANA un tamaño mayor de frutos en comparación al control debido a la eliminación de competencia por asimilados.

Según Flores et al. (2013) la utilización de raleadores químicos en etapas tempranas de la floración estimula la división y elongación celular apoyando el crecimiento de la fruta y obteniendo de esta forma mayores tamaños. También mencionan que el raleo químico realizado en esta etapa es capaz de reducir el tiempo y la magnitud de la mano de obra empleada en el repaso manual.

5.3 Características externas de la fruta

5.3.1 Early Red One

En lo que respecta a las características externas de la fruta en este cultivar, no se observaron diferencias entre tratamientos para las variables diámetro, altura y relación altura/diámetro (Tabla 15).

Tabla 15

Diámetro, altura, relación altura/diámetro del fruto, porcentaje de rojo y roñado en manzanos 'Early Red One'

Tratamiento	Diámetro (mm)	Altura (mm)	A/D	% Rojo	Roñado
Control	77,3	69,8	0,902	89,83 a	0,7 b
MS1 3% ¹	73,5	65,2	0,887	81,80 ab	1,2 a
MET 1 ²	76,1	68,0	0,893	71,50 b	0,7 b
MET 2 ³	78,6	69,3	0,882	89,70 a	0,4 b
ANA + 6-BA1 ⁴	76,4	68,4	0,896	70,90 b	0,6 b
CV (%)	3,64	5,0	3,0	9,89	27,18
<i>p</i> -valor	0,1081	0,2823	0,7831	0,0022	0,0001

Nota. ¹Dos aplicaciones de Mezcla sulfocálcica a 3% de concentración, aplicado en 60% de flores abiertas (14/10/2021), repitiendo la aplicación cuatro días después (18/10/2021).² Metamitron a 100 mg L⁻¹ (26/10/2021).³ Metamitron a 200 mg L⁻¹ (26/10/2021).⁴ Ácido naftalenacético (ANA) a 10 mg L⁻¹ aplicado en plena floración (PF, 14/10/2021) + ANA a 7.5 mg L⁻¹ + 6-Benciladenina (6-BA) a 100 mg L⁻¹ en caída de pétalos (CP, 20/10/2021). Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$; Test Duncan).

Los tratamientos control, MS1 3% y MET 2 presentaron la fruta con un mayor porcentaje de coloración roja seguidos por los tratamientos de MET 1 y ANA + 6-BA 1, que no presentaron diferencias significativas con el tratamiento de mezcla, pero sí con el control y con MET 2. Generalmente las manzanas aumentan su coloración en el período previo a su recolección, por lo tanto, el desarrollo de color se produce en la mayoría de las variedades cuando restan 20-25 días para su recolección. Este fenómeno se debe principalmente al incremento en la concentración de antocianos que ocurre durante las dos o tres semanas previas a la cosecha (Chalmers et al., 1973).

En cuanto al índice de fruta roñada en manzanos 'Early Red One', el único tratamiento que presentó diferencias significativas fue MS1 3%, donde el promedio de roñado se comparó con una escala de 0 a 4 (donde 0 representa aquellos frutos que no presentan roñado y 4 frutos con daño superior 80-90% de la superficie), el tratamiento MS1 3% tuvo valores de 1,2 mientras que los demás tratamientos presentaron valores cercanos al 0,5 (Tabla 15).

5.3.2 Rosy Glow

Para las variables altura, relación altura/diámetro y porcentaje de rojo no se observaron diferencias entre tratamientos (Tabla 16). Los tratamientos MS2 3%, MET 2 y ANA + 6-BA 2 presentaron un diámetro de fruta mayor al tratamiento MET 3 y a la situación control (no hubo diferencias entre el tratamiento MET 2 y estos últimos dos mencionados). En esta variedad no se evaluó el porcentaje de roñado ya que no se evidenció dicho daño en ninguno de los tratamientos.

Tabla 16

Diámetro, altura, relación altura/diámetro del fruto, porcentaje de rojo y roñado en manzanos 'Rosy Glow'

Tratamiento	Diámetro (mm)	Altura (mm)	A/D	% rojo
Control	73,89 b	69,38	0,939	64,68
MS2 3% ¹	77,74 a	71,30	0,917	65,45
MET 2 ²	75,43 ab	68,95	0,914	60,96
MET 3 ³	74,48 b	68,47	0,919	68,90
ANA + 6-BA ⁴	77,18 a	71,34	0,925	67,76
CV (%)	2,5	2,6	2,68	12,45
<i>p</i> -valor	0,0212	0,5390	0,5390	0,5957

*Nota.*¹Tres aplicaciones de Mezcla sulfocálcica a 3% de concentración, aplicado en 80% de flores abiertas (29/09/2021), repitiendo la aplicación cada dos días (1/10/2021 y 4/10/2021, respectivamente).²Metamitron a 200 mg L⁻¹ (18/10/2021). ³ Metamitron a 400 mg L⁻¹ (18/10/2021).⁴ Ácido naftalenacético (ANA) a 10 mg L⁻¹ aplicado en plena floración (PF, 29/09/2021) + ANA a 10 mg L⁻¹ + 6-Benciladenina (6-BA) a 100 mg L⁻¹ en caída de pétalos (CP, 06/10/2021). Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$; Test Duncan).

En 'Early Red One' el daño por roñado se observó únicamente en el tratamiento con mezcla sulfocálcica y esto se debe a su modo de acción (cáustica). Según Riquelme et al. (2018) el efecto raleante se logra a partir del quemado de los estilos y estigmas de la flor, impidiendo que ocurra la fecundación. Este modo de acción puede explicar el daño observado sobre la fruta, ya que al momento de las aplicaciones había tanto flores como fruta cuajada, debido a la baja homogeneidad

de la floración en ese cultivar. Este daño se pudo observar también en montes donde se aplicó Mezcla sulfocálcica para el control de *Venturia inaequalis* (datos personales).

La aparición de este daño no se observó en el cultivar Rosy Glow. Esto puede deberse a una diferencia en la homogeneidad de la floración entre variedades, lo que generó que al momento de las aplicaciones hubiera un mayor número de frutos cuajados que fueron afectados en 'Early Red One'. Por otro lado, una diferencia en el espesor de la epidermis del fruto (característica varietal) puede conferirle a éste una menor sensibilidad al daño por roñado. En un ensayo realizado en Alto Valle se determinó que en los diferentes cultivares de manzana se observan distintas sensibilidades al quemado por sol de acuerdo a las propiedades fisicoquímicas que presenta la piel del fruto. Dentro de estos factores se encuentran el grosor y la composición de la cera superficial, la homogeneidad y la concentración y cantidad de pigmentos presentes en la piel confiriéndole cierta protección al daño por sol (Raffo et al., 2013). Siendo así, el daño por roñado también puede estar relacionado a las diferencias en las características de la epidermis de los frutos de los distintos cultivares en el presente estudio.

En el cultivar Early Red One no se observaron diferencias ni en el diámetro ni en la altura del fruto. Sin embargo, en la variable diámetro en manzanos 'Rosy Glow' sí. Los tratamientos que presentaron un mayor diámetro de fruta fueron MS2 3% y ANA + 6-BA 2, a pesar de presentar un mayor diámetro no hubo diferencias entre tratamientos en la relación altura/diámetro. Por otra parte, en los árboles que pertenecen al tratamiento ANA + 6-BA 2 no se observaron frutos pigmeos (frutos que no superan los 40mm de diámetro), según Núñez (2006) la aplicación de ANA como raleador puede generar en un porcentaje de frutos este efecto no deseado.

Según López (2006) el raleo, aparte de mejorar el tamaño de fruto mejora el color entre otras características. En 'Early Red One' se observó que la totalidad de la fruta evaluada superó el 70% de sobre color, expresado como porcentaje de rojo. Los tratamientos que presentaron mayor porcentaje de rojo fueron la situación control, MET 2 y MS1 3% (89.83, 89.70 y 81.8% respectivamente). En el cultivar Rosy Glow a diferencia de 'Early Red One' donde el porcentaje de coloración roja era alto (superior a 70%) pudimos observar que no todos los individuos evaluados presentaban una distribución homogénea de coloración.

La Tabla 17 muestra el porcentaje de fruta perteneciente a diferentes categorías entre los tratamientos evaluados en 'Rosy Glow'. Según Valiente (2010) los códigos de color para clasificar la fruta son los siguientes : Categoría A (porcentaje de color > 75%), Categoría B (porcentaje de color > 50%), Categoría C (porcentaje de color > 25 %) y Categoría D (porcentaje de color < 25%). Existe también otra clasificación dependiendo de la ubicación geográfica para considerarse 'Pink Lady®': para toda Asia y el Golfo el color debe cubrir más del 60% de la superficie y para el resto de los territorios el color debe cubrir al menos un 40% de la misma.

Tabla 17

Clasificación según % de rojo al momento de la cosecha en manzanos 'Rosy Glow'

Categoría	Tratamientos				
	Control	MS2 3% ¹	MET 2 ²	MET 3 ³	ANA + 6-BA 2 ⁴
A	33%	32%	27%	19%	41%
B	62%	59%	63%	77%	52%
C	5%	9%	10%	4%	7%
D	-	-	-	-	-

Nota. ¹Tres aplicaciones de Mezcla sulfocálcica a 3% de concentración, aplicado en 80% de flores abiertas (29/09/2021), repitiendo la aplicación cada dos días (1/10/2021 y 4/10/2021, respectivamente). ² Metamitron a 200 mg L⁻¹ (18/10/2021). ³ Metamitron a 400 mg L⁻¹ (18/10/2021). ⁴ Ácido naftalenacético (ANA) a 10 mg L⁻¹ aplicado en plena floración (PF, 29/09/2021) + ANA a 10 mg L⁻¹ + 6-Benciladenina (6-BA) a 100 mg L⁻¹ en caída de pétalos (CP, 06/10/2021).

Para la variable porcentaje de rojo en dicho cultivar en el campo, se observó que el tratamiento ANA + 6-BA 2 fue el que mayor porcentaje de fruta de categoría "A" presentó, mientras los tratamientos MET 2 y MET 3 los que menor porcentaje de rojo presentaron. La mayor parte de la fruta evaluada se concentra en la categoría "B", lo que corresponde con los datos presentados en la Tabla 16 (68,90% > porcentaje de rojo > 60,96%). Menos del 10% del material evaluado se encontraba

en la categoría “C” y ningún tratamiento presentó fruta con menos de 25% de coloración roja.

5.4 Características internas de la fruta

5.4.1 Early Red One

Se observaron diferencias en la resistencia a la penetración (firmeza) entre el tratamiento MS1 3% y el resto (Tabla 18), siendo esta mayor en dicho tratamiento. Para las variables almidón (test de yodo) y cantidad de semillas no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. La concentración de sólidos solubles totales fue mayor en los tratamientos MS1 3% y MET 1 en comparación al control, mientras que los tratamientos MET 2 y ANA + 6-BA 1 no presentaron diferencias significativas con el resto.

Tabla 18

Firmeza del fruto, almidón, SST y cantidad de semillas en manzanos 'Early Red One' según tratamiento

Tratamiento	Firmeza	Almidón	SST (%Brix)	Semillas
Control	15,51 b	4,4	12,2 b	6,7
MS1 3% ¹	16,10 a	4,3	13,5 a	6,9
MET 1 ²	15,14 b	4,3	13,3 a	6,5
MET 2 ³	15,35 b	4,4	12,8 ab	6,3
ANA + 6-BA1 ⁴	15,44 b	4,5	12,9 ab	6,3
CV (%)	2,47	9,85	4,34	9,42
<i>p</i> -valor	0,0146	0,9749	0,0174	0,5107

Nota. ¹Dos aplicaciones de Mezcla sulfocálcica a 3% de concentración, aplicado en 60% de flores abiertas (14/10/2021), repitiendo la aplicación cuatro días después (18/10/2021). ²Metamitron a 100 mg L⁻¹ (26/10/2021). ³ Metamitron a 200 mg L⁻¹ (26/10/2021). ⁴ Ácido naftalenacético (ANA) a 10 mg L⁻¹ aplicado en plena floración (PF, 14/10/2021) + ANA a 7.5 mg L⁻¹ + 6-Benciladenina (6-BA) a 100 mg L⁻¹ en caída de pétalos (CP, 20/10/2021). Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$; Test Duncan).

5.4.2 Rosy Glow

Para este cultivar las variables firmeza, almidón, sólidos solubles totales y cantidad de semillas no presentaron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 19).

Tabla 19

Firmeza del fruto, almidón, SST y cantidad de semillas en manzanos 'Rosy Glow' según tratamiento

Tratamiento	Firmeza	Almidón	SST (%Brix)	Semillas
Control	14,97	5,8	14,78	7,4
MS2 3% ¹	14,23	6,11	14,60	7,0
MET 2 ²	15,50	6,37	14,46	7,7
MET 3 ³	15,26	5,85	15,31	8,0
ANA + 6-BA 2 ⁴	14,74	6,05	14,94	7,5
CV (%)	5,54	5,77	3,7	6,54
<i>p</i> -valor	0,1884	0,119	0,0921	0,1051

*Nota.*¹Tres aplicaciones de Mezcla sulfocálcica a 3% de concentración, aplicado en 80% de flores abiertas (29/09/2021), repitiendo la aplicación cada dos días (1/10/2021 y 4/10/2021, respectivamente). ²Metamitron a 200 mg L⁻¹ (18/10/2021). ³Metamitron a 400 mg L⁻¹ (18/10/2021). ⁴Ácido naftalenacético (ANA) a 10 mg L⁻¹ aplicado en plena floración (PF, 29/09/2021) + ANA a 10 mg L⁻¹ + 6-Benciladenina (6-BA) a 100 mg L⁻¹ en caída de pétalos (CP, 06/10/2021). Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$; Test Duncan).

En manzanos 'Rosy Glow' no se observaron diferencias significativas entre tratamientos en ninguna de las variables estudiadas, pero en 'Early Red One' sí.

López (2006) plantea que hay una relación donde a medida que disminuye el número de frutas por centro floral aumenta el número de semillas por fruta. Este comportamiento puede explicarse por una mayor acumulación de nutrientes y alta actividad metabólica en un fruto por racimo que aumenta la viabilidad de las semillas. En este caso no se observan diferencias significativas en ninguna de las variedades estudiadas sobre dicho comportamiento, ya que la situación control presentó la misma cantidad de semillas que el resto. La misma autora plantea que

en algunas variedades se observó disminución de semillas por fruta con el uso de 'ANA' y otras en las cuales no hubo efecto sobre esta variable.

En la cantidad de semillas por fruto no se vieron diferencias significativas entre tratamientos en ninguno de los dos cultivares. Esto puede explicar también que no haya diferencias en el tamaño de fruto debido a la acción que ejercen las giberelinas presentes en la semilla en el tamaño final de fruto (Jordán & Casaretto, 2006). De igual manera consideramos importante evaluar dicho parámetro ya que éste puede influir directamente en la floración del siguiente año. Esto se debe a que las semillas son ricas en giberelinas (GA) y la translocación de esta hormona puede inhibir la formación de flores en la siguiente temporada (Nuñez, 2006; Wünsche & Ferguson, 2010)

5.5 Evaluación económica

El raleo químico se vuelve una estrategia necesaria no solamente por la reducción de costos por hectárea, sino que también permite realizar las tareas en un período menor de tiempo. Esto es muy importante en aquellos cultivares que presentan una mayor sensibilidad al añerismo ya que el raleo realizado de forma temprana mejora la inducción floral para el año siguiente (Riquelme et al., 2018). El raleo químico debe ser acompañado siempre por un posterior ajuste de carga realizado manualmente si se busca alcanzar un número concreto de frutos por árbol.

Por otro lado, alguna de estas aplicaciones podría realizarse con un doble propósito como por ejemplo la Mezcla sulfocálcica, si bien se aplica buscando un efecto raleador de frutas también existe efecto sobre el control de *Venturia inaequalis* (sarna del manzano) logrando así reducir costos.

5.5.1 Costo raleo manual

A continuación, se muestran los cálculos económicos para realizar la estimación de los costos de ajuste manual de carga en los cultivares evaluados. La fórmula utilizada para dicho cálculo es la siguiente:

Costo raleo manual = ((Tiempo raleo planta⁻¹ (hs) × Cantidad de plantas ha⁻¹) / 8) *
Jornal USD)

Para estimar el costo del jornal se preguntó a cinco productores y el promedio fue \$1200 líquidos, por lo tanto, a la empresa contratante le está costando por jornal un total de \$1600. Considerando el tipo de cambio del período estudiado \$39,8 por dólar el costo fue de U\$D 40.2 por jornal.

5.5.1.1 Early Red One

Costo raleo manual = $((0.16 \text{ hs planta}^{-1} \times 1666 \text{ plantas}) / 8 \text{ hs}) * \text{U\$D } 40.2$

Costo raleo manual = U\$D 1339,46

5.5.1.2 Rosy Glow

Costo raleo manual = $((0.102 \text{ hs planta}^{-1} \times 2083 \text{ plantas}) / 8 \text{ hs}) * \text{U\$D } 40.2$

Costo raleo manual = U\$D 1067,64

La diferencia en los costos entre los montes puede deberse en parte al tamaño de las plantas (condicionado por el marco de plantación) resultando en que las plantas de menor tamaño resultan más fáciles para ralear y también por la diferencia en cantidad de frutos a ralear entre cultivares.

5.5.2 Costo raleo químico

A continuación, se presentan los costos totales por tratamiento en cada una de las variedades.

Los tiempos operativos (duración de cada aplicación) varían entre montes, se manejaron velocidades de avance de 4,0 y 4,5 km/h ('Rosy Glow' y 'Early Red One', respectivamente).

Para realizar estos cálculos sustituimos las velocidades de avance y ancho operativo en la fórmula planteada en materiales y métodos y estimamos que el coeficiente de eficiencia era igual a 100%, debido a que no existe solapamiento entre pasadas. Dentro del tiempo operativo no está contemplado lo que se demora en preparar el caldo.

Tiempo operativo monte 'Early Red One' = $((4 \times 4,5 \times 1) / 10) = 1,8 \text{ ha h}^{-1}$, por lo tanto, el tractorista realiza la pulverización de una hectárea en 33,3 minutos (0,55 hs).

Tiempo operativo monte 'Rosy Glow' = $((4 \times 4 \times 1) / 10) = 1,6 \text{ ha h}^{-1}$, por lo tanto, el tractorista realiza la pulverización en 37,5 minutos (0,625 hs).

5.5.2.1 Early Red One

Utilizando las fórmulas planteadas en materiales y métodos se estimaron los costos variables de cada uno de los tratamientos evaluados. La Tabla 20 resume los costos por actividad y costos totales en cada uno de los tratamientos para el cultivar Early Red One.

Tabla 20

Costos económicos de los tratamientos evaluados para 'Early Red One' en la zafra 2020/2021

Costos (U\$D)	Tratamientos				
	Control	MS1 3% ¹	MET 1 ²	MET 2 ³	ANA+6-BA1 ⁴
Combustible	-	9,73	4,86	4,86	9,73
Lubricante	-	1,92	0,96	0,96	1,92
Mantenimiento	-	1,46	0,729	0,729	1,46
Producto	-	126	10,22	20,44	248,09
Mano de obra	-	5,52	2,76	2,76	5,52
Ajuste manual de carga	1339,46	1021,3	987,85	954,36	711,59
Total	1339,46	1165,93	1007,38	984,11	978,31
% Control	100	87,04	75,21	73,47	73,04

*Nota.*¹Dos aplicaciones de Mezcla sulfocálcica a 3% de concentración, aplicado en 60% de flores abiertas (14/10/2021), repitiendo la aplicación cuatro días después (18/10/2021).² Metamitron a 100 mg L⁻¹ (26/10/2021).³ Metamitron a 200 mg L⁻¹ (26/10/2021).⁴ Ácido naftalenacético (ANA) a 10 mg L⁻¹ aplicado en plena floración (PF, 14/10/2021) + ANA a 7.5 mg L⁻¹ + 6-Benciladenina (6-BA) a 100 mg L⁻¹ en caída de pétalos (CP, 20/10/2021).

El tratamiento que resultó ser el más económico fue el de ANA + 6-BA 1 (USD 978,31 ha⁻¹), seguido por MET 2 (USD 984,109 ha⁻¹), MET 1 (USD 1007,38 ha⁻¹) y por último el tratamiento MS1 3% (USD 1165,93 ha⁻¹). Todos los tratamientos resultaron ser más económicos que el raleo realizado de forma 100% manual.

Las diferencias en los costos de combustible, lubricante, mantenimiento y mano de obra varían en función del número de aplicaciones realizadas. Si bien el tratamiento que presentó un costo económico mayor en el producto utilizado fue ANA + 6-BA 1 (USD 248) su costo total fue el menor de los tratamientos evaluados, esto se debe principalmente a la necesidad de realizar un menor ajuste manual de carga. La diferencia entre dicho tratamiento y el raleo realizado de forma 100% manual fue de USD 361,15 ha⁻¹ (Tabla 20).

5.5.2.2 Rosy Glow

La Tabla 21 resume los costos por actividad y costos totales en cada uno de los tratamientos para el cultivar Rosy Glow.

Tabla 21

Costos económicos de los tratamientos evaluados para 'Rosy Glow' en la zafra 2020/2021

Costos (U\$D)	Tratamientos				
	Control	MS2 3% ¹	MET 2 ²	MET 3 ³	ANA+6-BA2 ⁴
Combustible	-	14,6	4,86	4,86	9,73
Lubricante	-	2,88	0,96	0,96	1,92
Mantenimiento	-	2,19	0,729	0,729	1,46
Producto	-	189	20,44	40,82	248,41
Mano de obra	-	9,42	3,14	3,14	6,28
Ajuste manual de carga	1066,64	565,22	690,82	387,28	826,89
Total	1066,64	783,31	720,949	437,789	1094,69
% Control	100	73,44	67,59	41,04	102,63

*Nota.*¹Tres aplicaciones de Mezcla sulfocálcica a 3% de concentración, aplicado en 80% de flores abiertas (29/09/2021), repitiendo la aplicación cada dos días (1/10/2021 y 4/10/2021, respectivamente).²Metamitron a 200 mg L⁻¹ (18/10/2021).³ Metamitron a 400 mg L⁻¹ (18/10/2021).⁴Ácido naftalenacético (ANA) a 10 mg L⁻¹ aplicado en plena floración (PF, 29/09/2021) + ANA a 10 mg L⁻¹ + 6-Benciladenina (6-BA) a 100 mg L⁻¹ en caída de pétalos (CP, 06/10/2021).

El tratamiento que resultó ser el más económico fue MET 3 (U\$D 437,78 ha⁻¹), seguido por MET 2 (U\$D 720,94 ha⁻¹), MS2 3% (U\$D 783,31 ha⁻¹) y por último ANA + 6-BA 2 (U\$D 1094,69 ha⁻¹). Este último tratamiento resultó ser más costoso que el raleo realizado de forma 100% manual debido a que no tuvo un efecto raleante considerable y fue necesario ajustar un mayor número de frutos de forma manual, aumentando de esta forma los costos por hectárea.

Las diferencias en los costos variables (combustible, lubricante, mantenimiento y mano de obra) varían en función del número de aplicaciones realizadas. El tratamiento MET 3 presentó costos de producto mayores a MET 2 (U\$D 40,82 y U\$D 20,44 respectivamente) pero el costo total de dicho tratamiento

fue considerablemente menor (USD 437,8 frente a USD 720,9), esto se debe principalmente a una mayor eficiencia del raleo químico generando de esta forma una menor necesidad de ajuste de carga manual. La diferencia entre dicho tratamiento y el raleo realizado de forma 100% manual fue de USD 629,85 ha⁻¹.

Por otro lado, el tratamiento MS2 3% se posiciona como el segundo producto de mayor costo, pero resultó ser el segundo tratamiento más eficiente en el raleo, por lo tanto, el ajuste manual de carga se ve reducido. En los dos cultivos todos los tratamientos evaluados resultaron en un gasto económico menor al raleo manual (excepto el tratamiento ANA + 6-BA 2).

6. Conclusiones

- ❖ Luego de definido el criterio de cada uno de los tratamientos a aplicar es necesario ajustarlo a las condiciones del año. Diferentes factores climáticos afectan directamente el efecto del producto utilizado y los momentos a aplicar.
- ❖ La producción de manzanos 'Early Red One' no fue afectada por los distintos tratamientos en comparación al control, mientras que en manzanos 'Rosy Glow', la producción fue menor en plantas sometidas a los distintos tratamientos químicos en comparación al control.
- ❖ En manzanos 'Early Red One' el raleo químico realizado con ANA 10 mg L⁻¹ en plena floración junto con ANA 10 mg L⁻¹+ 6-BA 100 mg L⁻¹ en caída de pétalos (ANA + 6-BA1) fue el tratamiento que logró ralear un mayor número de frutos y por lo tanto el ajuste de carga manual fue menor que el resto de los tratamientos. También fue el tratamiento que presentó un mayor número de centros florales con una única fruta y menos centros florales con 4 o más frutas. El costo de este tratamiento fue de USD 978,31 ha⁻¹ (el ajuste manual de carga realizado costó USD 711,59 ha⁻¹) frente a USD 1339,46 ha⁻¹ del raleo realizado de forma 100% manual.
- ❖ En manzanos 'Rosy Glow' el raleo químico realizado con Metamitron a 400 mg L⁻¹ aplicado a los 8-12 mm (MET 3) fue el tratamiento que logró ralear un mayor número de frutos y por lo tanto el ajuste de carga manual fue menor que el resto de los tratamientos. El costo de este tratamiento fue de USD 437,78 ha⁻¹, que presentó una diferencia de USD 629,86 ha⁻¹ menos que el raleo realizado de forma 100% manual (USD 1067,64 ha⁻¹).
- ❖ La diferencia en términos económicos entre el raleo manual y el raleo químico es significativa (únicamente costos variables y costos de aplicación), volviéndose más estrecha cuando se le suman los costos del ajuste manual de carga.
- ❖ Es indispensable realizar un ajuste de carga manual luego de la abscisión natural y por medio de raleadores químicos de los frutos. Ningún tratamiento evaluado logró la carga ideal esperada sin el ajuste manual (120-140 frutos por planta).

- ❖ Las aplicaciones con Metamitron a dosis de 400 mg L⁻¹ en el cultivar 'Rosy Glow' mostraron daño fitotóxico en hojas; sin embargo, el rendimiento no se vio afectado.
- ❖ La aplicación con Mezcla sulfocálcica al 3% de concentración mostró daño por roñado en el cultivar Early Red One; dicho daño no condicionó la venta del producto.

7. **Bibliografía**

- Ackermann, M. N., & Díaz, A. (2019). Frutales de hoja caduca: Situación y perspectivas. En *Anuario OPYPA 2019* (pp. 225-244). MGAP.
<https://descargas.mgap.gub.uy/OPYPA/Anuarios/Anuario%202019/ORIGINAL%202019%20OPYPA%20INTERACTIVO%20agregado%2018-12-2019.pdf>
- Agustí, M. (2010). *Fruticultura* (2ª ed.). Mundi-Prensa.
- Atay, A. N., Koyuncu, F., & Atay, E. (2013). Relative susceptibility of selected apple cultivars to alternate bearing. *Journal of Biological and Environmental Sciences*, 7(20), 81-86.
- Berlanga-Reyes, D. I., Romo-Chacón, A., Martínez-Campos, Á. R., & Guerrero-Prieto, V. M. (2008). Apple fruit chemical thinning in Chihuahua, Mexico. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31(3), 243-250.
<https://doi.org/10.35196/rfm.2008.3.243>
- Bernardi, R. E., Holmgren, M., Arim, M., & Scheffer, M. (2016). Why are forests so scarce in subtropical South America? The shaping roles of climate, fire and livestock. *Forest Ecology and Management*, 363, 212-217.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.12.032>
- Byers, R. E. (2003). Flower and fruit thinning and vegetative: Fruiting balance. En D. C. Ferree & I. J. Warrington (Eds.), *Apples: Botany, production, and uses* (pp. 409-436). CABI.
- Cabrera, D. (2005). *INIA ofrece una herramienta más para el raleo de frutos en manzano*. INIA.
- Cabrera, D., & Rodríguez, P. (2006). Evaluación de prácticas de manejo en manzana Pink LADY™ Cripps Pink. *Revista INIA*, (8), 25-27.
- Cabrera, D., Rodríguez, P., Vazquez, E., & Dini, M. (2014). *Nuevas herramientas para la regulacion de la carga frutal*. INIA.
- Carra, B., Francescatto, P., Kovaleski, A. P., Sander, G. F., Pasa, M. S., Racsko, J., & Robinson, T. L. (2022). Early flower bud development and plant growth regulators to improve return bloom of pears. *Acta Horticulturae*, 1342, 351-358. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1342.50>
- Carra, B., Francescatto, P., Rodríguez, P. B., Cabrera, D., Falero, M., & Dini, M. (2023). Crop load management on apples: Alternatives to carbaryl and an

- organic thinning option on the Uruguay conditions. *Acta Horticulturae*, 1366, 111-120. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2023.1366.13>
- Chalmers, D. J., Faragher, J. D., & Raff, J. W. (1973). Changes in anthocyanin synthesis as an index of maturity in red apple varieties. *Journal of Horticultural Science*, 48(4), 387-392. <https://doi.org/10.1080/00221589.1973.11514541>
- Coeto, J. (2022). *Sistemas de Conducción en Manzano*. INTAGRI.
- Curetti, M. (2017). *Raleo químico en manzanos y perales*. INTA. https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/2585/INTA_CRPatagoniaNorte_EEAAltoValle_Curetti_M_Raleo_quimico_en_manzanos_y_perales.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Davenport, T. (2000). Processes influencing floral initiation and bloom: The role of phytohormones in a conceptual flowering model. *HortTechnology*, 10(4), 733-739.
- De Iacovo, M., & Tachini, R. (2018). *Determinación de factores que limitan la productividad en cultivos de manzana de alto potencial* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibrí. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/28230/1/DeIacovoSteffanoMat%C3%ADasJos%C3%A9.pdf>
- Delgado, M., & Ramírez, A. (2018). *Diseño de una planta elaboradora de colaciones a base de frutas* [Trabajo final de grado, Universidad de Mar del Plata]. RINFI. <http://rinfi.fi.mdp.edu.ar/bitstream/handle/123456789/434/MMDelgado%2bAJRamirez-TFG-IA-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Dini, M. (2013). *Manejo de la carga frutal en manzano del grupo "Gala" con diferentes tratamientos químicos y manuales* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibrí. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/1739/1/3869din.pdf>
- Dirección General de la Granja. (2022). *Fruticultura 2022: Registro Nacional Frutihortícola*. MGAP.
- Disegna, E., Cabrera, D., Soria, J., & Feippe, A. (2003, abril). La salud está a la vuelta de la manzana. *El País Agropecuario*, 9(98), 25-28.

<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8224/1/La-salud-esta-a-la-vuelta-de-la-manzana.pdf>

- Dussi, M., Sánchez, E., & Veronesi, A. (1998). Efecto del aclareo químico de frutos en cultivares de manzanos 'Fuji', 'Royal Gala' y 'Red Delicious'. *Información Técnica Económica Agraria*, 94(3), 138-147.
- Embree, C. G., Myra, M. T. D., Nichols, D. S., & Wright, A. H. (2007). Effect of Blossom Density and Crop Load on Growth, Fruit Quality, and Return Bloom in 'Honeycrisp' Apple. *HortScience*, 42(7), 1622-1625.
<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.42.7.1622>
- Flores, L., Dussi, M. C., Machuca, Y., & Toselli, M. (2013). Efecto de las fitohormonas sobre el control de la fructificación en manzanos. *Horticultura Argentina*, 32(77), 23-31.
<https://cris.unibo.it/retrieve/e1dcb335-7cf9-7715-e053-1705fe0a6cc9/Plant%20hormones%20effects%20in%20apple%20crop%20regulation.pdf>
- Galdames, R., & Mesa, F. (2013). Nuevas variedades de manzanos en Chile. *Revista Frutícola*, (1), 14-24. https://www.copefrut.com/wp-content/themes/copefrut/img/revistas/2013_N1.pdf
- Gerlach, C. (2022). *Industry outlook 2022*. USApple; AgroFresh.
<https://usapple.org/wp-content/uploads/2022/08/USAPPLE-INDUSTRYOUTLOOK-2022.pdf>
- Greene, D. W. (2002). Chemicals, Timing, and Environmental Factors Involved in Thinner Efficacy on Apple. *HortScience*, 37(3), 477-481.
<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.37.3.477>
- Iglesias, I., Carbó, J., Bonany, J., Dalmau, R., Guanter, G., Monserrat, R., Moreno, A., & Pages, J. M. (2001a). Principales cultivares de manzana en el ámbito nacional (I). *Vida Rural*, (131), 50-52.
https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_vrural/Vrural_2001_131_50_52.pdf
- Iglesias, I., Carbó, J., Bonany, J., Dalmau, R., Guanter, G., Monserrat, R., Moreno, A., & Pages, J. M. (2001b). Principales cultivares de manzana en el ámbito nacional (II). *Vida Rural*, (132), 46-48.
https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_vrural/Vrural_2001_132_46_48.pdf

- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (s.f.). *Banco datos agroclimatico*. <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>
- Iwanami, H., Moriya-Tanaka, Y., Honda, C., Wada, M., Moriya, S., Okada, K., Haji, T., & Abe, K. (2012). Relationships among apple fruit abscission, source strength, and cultivar. *Scientia Horticulturae*, 146, 39-44. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.08.017>
- Jackson, J. E. (2003). *The Biology of Apples and Pears*. Cambridge University Press.
- Jordán, M., & Casaretto, J. (2006). Hormonas y reguladores del crecimiento: Auxinas, Giberelinas y Citocininas. En F. A. Squeo & L. Cardemil (Eds.), *Fisiología Vegetal* (pp. 1-28). Universidad de la Serena. http://www.biouls.cl/librofv/web/pdf_word/Capitulo%2015.pdf
- López, A. (2006). *Efecto del número de frutos por racimo y del portainjerto sobre la calidad de variedades de manzana producidas en distintos huertos* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Querétaro]. TESIUAQ. <https://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/4820/1/RI002161.pdf>
- Lordan, J., Francescatto, P., Dominguez, L. I., & Robinson, T. L. (2018). Long-term effects of tree density and tree shape on apple orchard performance, a 20 year study: Part 1, agronomic analysis. *Scientia Horticulturae*, 238, 303-317. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.04.033>
- MAXCEL (s.f.). DM Agro. <https://www.dmagro.uy/?q=es/productobase/maxcel>
- McArtney, S. J., & Obermiller, J. D. (2014). Use of shading and the PSII inhibitor metamitron to investigate the relationship between carbohydrate balance and chemical thinner activity in apples. *Acta Horticulturae*, 1042, 27-31. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1042.2>
- Nuñez, P. (2006). *Efecto de la época de aplicación de dos reguladores de crecimiento sobre el raleo de manzanas del cultivar 'Galaxy'* [Trabajo final de grado, Universidad de la República]. Colibrí. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/33723/1/Nu%c3%blezPablo.pdf>
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2016). *Encuesta frutícola de hoja caduca: Zafra 2016*. MGAP. https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/encuesta_fruticola_de_hoja_caduca_zafra_2016_1.pdf

- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2020). *Anuario Estadístico Agropecuario 2020*. MGAP.
<https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2020/ANUARIO2020.pdf>
- Petri, J. L., Couto, M., Gabardo, G. C., Francescato, P., & Hawerth, F. J. (2016). Metamitron replacing carbaryl in post bloom thinning of apple trees. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 38(4), Artículo e903.
<https://doi.org/10.1590/0100-29452016903>
- Pinto, L., Chile, A. N. A., & Fernández, L. (2005). Nuevos cvs de pomáceas. *Pomáceas*, 11(1), 1-4. https://pomaceas.atalca.cl/wp-content/uploads/2016/06/Boletin_N11_1.pdf
- Raffo, D., & Curetti, M. (2017). Metamitrona, un nuevo raleador químico para manzano y peral. *Fruticultura y Diversificación*, (79), 18-21.
https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/707/CR%20Patagonia%20Norte_EEA%20Alto%20Valle_Curetti_M_Metamitrona%20c%20un%20nuevo%20raleador%20qu%3%admico%20para%20manzano%20y%20peral.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Raffo, D., Rodríguez, A., Gomila, T., & Muñoz, A. (2013). *Daño por asoleado en manzanas*. INTA.
- Raffo, D., Rodríguez, R., & Rodríguez, A. (2006). Distribución lumínica en diferentes combinaciones portainjerto/ variedad en manzana cv. mundial gala y su efecto sobre la calidad de la fruta y parámetros vegetativos. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 35(2), 53-69.
<https://www.redalyc.org/pdf/864/86435204.pdf>
- Reginato, G. M., Esguep, G. F., & Callejas, R. R. (2001). Evaluación de raleadores químicos en manzanos var. Braeburn. *Agricultura Técnica*, 61(4), 401-412. <https://doi.org/10.4067/S0365-28072001000400002>
- Requena, J. (2013). Frutas y frutos secos. *Revista digital innovación y experiencias educativas*, (59), 1-11.
https://archivos.csif.es/archivos/andalucia/ensenanza/revistas/iee/Numero_59/JOSE_REQUENA_2.pdf
- Riquelme, F., Ormeño, J. P., & Núñez, A. (2018). Raleo químico en manzanas. *Revista Frutícola*, 40(2), 20-25.

<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/62735/NR41343.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Robinson, T. L. (2007). Effects of tree density and tree shape on apple orchard performance. *Acta Horticulturae*, 732, 405-414.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.732.61>
- Robinson, T. L., & Lakso, A. N. (2011). Predicting chemical thinner response with a carbohydrate model. *Acta Horticulturae*, 903, 743-750.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.903.103>
- Robinson, T., Lakso, A. N., Greene, D., & Hoying, S. (2013). *Precision Crop Load Management*. Cornell University.
- Robinson, T. L., Lakso, A. N., Greene, D., Reginato, G., & Rufato, A. (2016). Managing fruit abscission in apple. *Acta Horticulturae*, 1119, 1-14.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1119.1>
- Robinson, T., Lopez, S., Iungerman, K., & Reginato, G. (2009). Crop Load Management for Consistent Production of Honeycrisp Apples. *New York Fruit Quarterly*, 17(1), 24-28. <https://nyshs.org/wp-content/uploads/2016/10/Crop-Load-Mangement-for-Consistent-Production-of-Honeycrisp-Apples.pdf>
- Rom, C. R. (1991). Light Thresholds for Apple Tree Canopy Growth and Development. *HortScience*, 26(8), 989-992.
<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.26.8.989>
- Rosa, N., Verjans, W., Oliveira, C., Bylemans, D., & Remy, S. (2018). Comparison between 6-benzyladenine and met amitron as thinning agents in 'Royal Gala', 'Cripps Pink' and 'Red Delicious' apple cultivars. *Acta Horticulturae*, 1221, 51-58.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1221.8>
- Schupp, J. (2011). *Alternate Bearing in Fruit Crops*. Penn State Extension.
- Serra, S., Leisso, R., Giordani, L., Kalcsits, L., & Musacchi, S. (2016). Crop Load Influences Fruit Quality, Nutritional Balance, and Return Bloom in 'Honeycrisp' Apple. *HortScience*, 51(3), 236-244.
<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.51.3.236>
- Severino, V., Arias-Sibillotte, M., Dogliotti, S., Frins, E., Gonzalez-Talice, J., & Yuri, J. A. (2020). Climatic and physiological parameters related to the progress and prediction of apple sunburn damage in a neotropical climate.

Advances in Horticultural Science, 34(4), 431-440.

<https://doi.org/10.13128/ahsc-9764>

Stander, O. P. J., Botes, J., & Krogscsheepers, C. (2018). The Potential Use of Metamitron as a Chemical Fruit-thinning Agent in Mandarin.

HortTechnology, 28(1), 28-34.

<https://doi.org/10.21273/HORTTECH03913-17>

Stern, R. A., Sapir, G., Shafir, S., Dag, A., & Goldway, M. (2007). The appropriate management of honey bee colonies for pollination of Rosaceae fruit trees in warm climates. *Middle Eastern and Russian Journal of Plant Science and Biotechnology*, 1(1), 13-19.

[http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOnline/images/0712/MERJPSB_1\(1&2\)/MERJPSB_1\(1\)13-19o.pdf](http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOnline/images/0712/MERJPSB_1(1&2)/MERJPSB_1(1)13-19o.pdf)

Triadani, C. O. (s.f.). *Cartilla práctica n°2: Caldo Sulfocálcico (Polisulfuro de Calcio)*. ProHuerta; INTA; Ministerio de Salud y Desarrollo Social; Ministerio de Producción y Trabajo.

https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/6646/INTA_CR%20Cordoba_EEA%20Manfredi_Triadani%20C_Caldo_sulfocalcico.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Unidad Agroalimentaria Metropolitana. (2020). *Importaciones y exportaciones de frutas y hortalizas frescas*.

https://www.uam.com.uy/images/DESARROLLO_COMERCIAL/Planilla_sExcel/agosto_2023/Importaciones_y_Exportaciones_de_Frutas_y_Hortalizas_-_082023.xlsx

Valiente, P. (2010). *Norma para las manzanas: CODEX STAN 299-2010*. FAO.

https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B299-2010%252FCXS_299s.pdf

Vigil, A. (2018). *Fenología de seis variedades de manzano (malus domestica) en el primer año de instalación en la ecorregión puna, Castilla – Arequipa 2017* [Trabajo final de grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. UNSA.

<https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/8dcffbc2-12ed-4234-bd82-cacd5a823c0c/content>

- Villareal, P., & Santagni, A. (Coords.) (2004). *Pautas tecnológicas: Frutales de pepita: Manejo y análisis económico – financiero*. INTA.
<https://docplayer.es/61150783-Pautas-tecnologicas-frutales-de-carozo-manejo-y-analisis-economico-financiero.html>
- Wertheim, S. J. (2000). Developments in the chemical thinning of apple and pear. *Plant Growth Regulation*, 31, 85-100.
- Wünsche, J. N., & Ferguson, I. B. (2010). Crop Load Interactions in Apple. En J. Janick (Ed.), *Horticultural Reviews* (pp. 231-290). Wiley.
<https://doi.org/10.1002/9780470650882.ch5>
- Wünsche, J. N., & Lakso, A. N. (2000). Apple Tree Physiology: Implications for Orchard and Tree Management. *Compact Fruit Tree*, 33(3), 82-80.
<http://virtualorchard.com/idfta/cft/2000/july/cftjuly2000p82.pdf>

8. Anexos

Figura A1

Ubicación georreferenciada del predio de los productores Dante y Raúl Macías, Cuatro Piedras, Canelones, Uruguay



Nota. El contorno blanco delimita el monte de 'Early Red One' y líneas naranjas las filas evaluadas. Adaptado de Google Earth (2023a) 34°38'3" S, 56°17'42.0" O y editado en Sutton et al. (2023), en el programa QGIS.

Figura A2

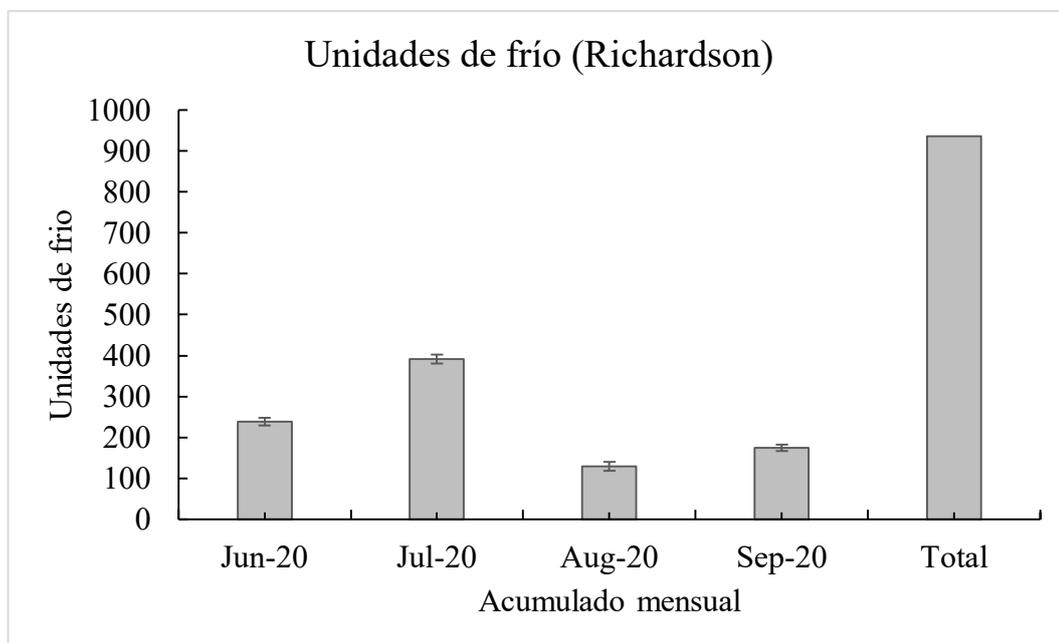
Ubicación georreferenciada del predio del productor Iván Cescato El Colorado, Canelones, Uruguay



Nota. El contorno blanco delimita el monte de 'Rosy Glow' y líneas naranjas las filas evaluadas. Adaptado de Google Earth (2023b) 34°41'59" S, 56°16'43" O y editado en Sutton et al. (2023), en el programa QGIS.

Figura A3

Unidades de frío de Richardson acumuladas durante los meses de junio-septiembre del año 2021 y el total acumulado



Nota. Se seleccionaron datos diarios en la estación INIA Las Brujas desde el 20 de junio de 2021 hasta el 20 de septiembre de 2021 para la variable unidades de frío (Richardson). Adaptado de INIA (s.f).

Figura A4

Selección y marca de las ramas estudiadas por estratos (alto, medio y bajo) de los árboles seleccionados



Figura A5

Escala visual de la degradación del almidón para determinar el contenido del mismo en fruta



Figura 1.- Test de Yodo. Grado de madurez de manzanas rojas, referida a la reacción almidón – yodo, en una escala del 1 – 6. (Fotografía: UTT, INIA Las Brujas)



Figura 2.- Test de Yodo. Grado de madurez de manzana Royal Gala, referida a la reacción almidón – yodo, en una escala del 1 – 5.5 (Fotografía: UTT, INIA Las Brujas)

Nota. Tomado de Feippe (2003).

Figura A6

Escala visual de la degradación del almidón para determinar el contenido del mismo en fruta



Figura 3.- Test de Yodo. Grado de madurez de manzana Granny Smith, referida a la reacción almidón – yodo, en una escala del 1 – 3.5 (Fotografía: UTT, INIA Las Brujas)



Figura 4.- Test de Yodo. Grado de madurez de manzana Cripps Pink – Pink Lady™, referida a la reacción almidón – yodo, en una escala del 1 – 6 (Fotografía: UTT, INIA Las Brujas)

Nota. Tomado de Feippe (2003).

Figura A7

Daño fitotóxico observado en plantas del tratamiento de Metamitron a 400 mg L⁻¹ en 'Rosy Glow'



Figura A8

Daño por roñado en fruto al momento de la cosecha en árboles a los que se le aplicó Mezcla sulfocálcica al 3% en 60% de flor abierta



Figura A9

Ilustración de la contención de la deriva al momento de las aplicaciones

**Bibliografía anexo**

Feippe, A. (2003). *Test de Yodo*. INIA.

<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807153445.pdf>

Google Earth. (2023a). [Cuatro Piedras, Canelones, Uruguay. Mapa]. Recuperado el 24 de mayo de 2023, de

https://earth.google.com/web/search/34%c2%b038%2733.8%27%27+S,+56%c2%b017%2742.0%27%27+W+/@-34.6427222,-56.295,32.09750348a,680.69714755d,35y,0h,0t,0r/data=CmQaOhI0GeO0lrhEUkHAIfu0XI_CJUzAKiAzNMKwMzgnMzMuOCcnIFMsIDU2wrAxNyc0Mi4wJycgVxgCIAEiJgokCY381wz_IjVAEYz81wz_IjXAGRV_Rn3k3ojJAIXBpO1eZHFXA0gMKATA

Google Earth. (2023b). [El Colorado, Canelones, Uruguay. Mapa]. Recuperado el 24 de mayo de 2023, de

<https://earth.google.com/web/search/34%c2%b041%2759%27%27+S,+56%c2%b016%2743%27%27+W+/@-34.6997222,-56.2786111,18.79003779a,680.08978362d,35y,0h,0t,0r/data=CmAaNhIwGYCkPn-QWUHAIbtmTYepI0zAKhwzNMKwNDEnNTknJyBTLCA1NsKwMTYnNDMnJyBXGAIgASImCiQJIR23fgJSQcARZGDE8IZSQcAZNamBhR8ITMAhtag2mWUmTMA6AwoBMA>

Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (s.f.). *Banco datos*

agroclimatico. <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>

Sutton, T., Dassau, O., Sutton, M., Nsibande, L., & Mthombeni, S.

(2017). *QGIS* (versión 2.18.3) [Software]. Equipo desarrollador QGIS.

<https://download.qgis.org/downloads/qgis-2.18.2.tar.bz2>