

Tesis para optar al grado académico de
Magister en Cultivos Intensivos

**Reducción de la floración en ciruelo europeo (*Prunus domestica* L.)
con ácido giberélico como alternativa para mejorar el tamaño del
fruto**

Leoncelli, Georgina

Director: Dr. Gariglio, Norberto

Co-director: Dra. Micheloud, Norma

Esperanza, Santa Fe

Año: 2021

AGRADECIMIENTOS

Un trabajo de investigación es siempre fruto de ideas, proyectos y esfuerzos previos que corresponden a otras personas. En este caso mi más sincero agradecimiento a mi director de tesis Norberto Gariglio y mi co-directora Norma Micheloud, por su apoyo y dedicación brindado a este trabajo, por permitirme un espacio de enseñanza para una mejor formación académica, profesional y humana.

Pero un trabajo de investigación es también fruto del apoyo vital que nos ofrecen las personas que nos estiman, sin el cual no tendríamos la fuerza y energía que nos anima a crecer como personas y como profesionales. Por esto, quiero agradecer a mi familia, mi novio, y a mi compañero de trabajo Hilario Lázaro, porque me han brindado un gran apoyo moral y humano, necesarios en los momentos difíciles de este trabajo y esta profesión. No menos importante, es mi agradecimiento a la finca Labiano por ceder sus instalaciones y por la predisposición permanente.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	2
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
1. INTRODUCCION	12
1.1. EL CIRUELO	12
1.1.1. Clasificación botánica	12
1.1.2. Características morfológicas de los ciruelos europeos	12
1.1.3. El ciruelo “d’Agen”	12
1.1.4. Composición química y propiedades funcionales	12
1.1.5. Situación internacional	13
1.1.6. Panorama varietal	15
1.1.7. Situación nacional	16
1.1.8. Consumo de la ciruela deshidratada	18
1.1.9. Caracterización climática de la región	19
1.1.10. Formulación del problema	20
2. RALEO DE FRUTOS	20
2.1. Efectos del raleo de los frutos sobre la inducción floral	22
2.2. Efectos del raleo sobre el tamaño del fruto	24
2.3. METODOS DE RALEO	25
2.3.1. Raleo manual	25
2.3.2. Raleo mecánico	26
2.3.3. Raleo químico	27
2.3.3.1. Antecedentes del raleo químico	28
2.3.3.2. Reguladores del crecimiento	28
2.3.3.3. Sustancias químicas desecantes	30
2.3.3.4. Principales factores que afectan la eficiencia del raleo químico	31
2.4. GIBERELINAS	32
2.4.1. Aplicación comercial de las giberelinas	32

2.4.2. Efecto de las giberelinas sobre la inducción floral	33
3. HIPOTESIS	34
4. OBJETIVOS	34
4.1. Objetivo general	34
4.2. Objetivos específicos	35
5. MATERIALES Y METODOS	35
5.1. Ubicación espacial y temporal del ensayo	35
5.2. Condiciones climáticas durante la estación de crecimiento	35
5.3. Características del material vegetal	37
5.4. Metodología del experimento 1	38
5.4.1. Influencia de los estadios fenológicos de aplicación de giberelinas sobre la inducción floral (temporada 2018/19)	38
5.4.2. Evaluaciones realizadas: intensidad de floración y cuajado de frutos en ciruelo d'Agen	39
5.4.3. Parámetros evaluados previos a la cosecha en ciruelo d'Agen	40
5.4.4. Mediciones realizadas en postcosecha en las temporadas evaluadas	41
5.4.5. Diseño experimental	41
5.4.6. Análisis estadístico	42
5.5. Metodología del experimento 2	42
5.5.1. Influencia de la dosis de giberelina sobre la inducción floral (temporada 2019/20)	42
5.5.2. Intensidad de floración y cuajado de frutos en ciruelo d'Agen	43
5.5.3. Parámetros evaluados previos a la cosecha en ciruelo d'Agen	43
5.5.4. Mediciones realizadas en postcosecha en las temporadas evaluadas	43
5.5.5. Diseño experimental	43
5.5.6. Análisis estadístico	44
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
6.1. Resultados del experimento 1	45
6.1.1. Efecto de los estadios fenológicos de aplicación de giberelinas sobre la intensidad de floración (temporada 2018/19)	45
6.1.2. Evolución de la retención de las estructuras reproductivas para los distintos estadios fenológicos de aplicación del producto	46
6.1.3. Evolución de la tasa relativa de abscisión de frutos en función de los tratamientos	47

6.1.4. Cuajado de los frutos para los estadios fenológicos de aplicación de giberelinas	48
6.2. Productividad y calidad de los frutos en los distintos estadios fenológicos de aplicación del producto	49
6.2.1. Efecto de los tratamientos sobre el calibre en los frutos	49
6.2.2. Productividad de la ciruela “d’Agen” en los distintos tratamientos	52
6.3. Resultados del experimento 2	54
6.3.1. Efecto de las dosis de giberelinas sobre la intensidad de floración (temporada 2019/20)	54
6.3.2. Evolución de la retención de las estructuras reproductivas para las distintas dosis de AG ₃	56
6.3.3. Cuajado de los frutos para las distintas dosis del producto	58
6.4. Productividad y calidad de los frutos en función de las distintas dosis de AG ₃	59
6.4.1. Efecto de las distintas dosis sobre el tamaño de los frutos	59
6.4.2. Productividad de la ciruela “d’Agen” en los distintos tratamientos de dosis del producto	61
6.4.2.1. Diferencias en el tamaño de los frutos entre los años evaluados	63
6.4.3. Efecto de las distintas dosis de giberelinas en el peso de los frutos	64
6.4.3.1. Relación entre carga y peso de los frutos para ambos años	65
6.5. Relaciones entre las variables productivas vinculando ambas temporadas	66
6.5.1. Relación entre densidad floral y cuajado de frutos en los años evaluados	66
6.5.2. Relación entre número de flores y de frutos en los años evaluados	67
6.5.3. Relación entre carga frutal, rendimiento y calibre para las temporadas evaluadas	68
7. CONCLUSIONES	71
8. BIBLIOGRAFIA	73
9. ANEXO	88

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Evolución de la producción de ciruela deshidratada en los principales países productores.	14
Figura 1.2 Evolución de los exportadores mundiales de ciruela en los principales países oferentes.	15
Figura 1.3. Producción por campaña de ciruela deshidratada, en la provincia de Mendoza, Argentina.	16
Figura 1.4 Mapa de la provincia de Mendoza con detalle de la superficie implantada con ciruelo para industria por región.	17
Figura 1.5 Distribución porcentual de cultivares de ciruela para industria en la provincia	18
Figura 5.1: Evolución de las temperaturas mínima, media y máxima del mes de a: septiembre 2019 y b: octubre 2019 (San Rafael, Mza)	36
Figura 5.2: Evolución de las temperaturas mínima, media y máxima correspondientes al mes de octubre 2020 (San Rafael, Mza)	36
Figura 5.3: Plantas de ciruelo del cultivar “d’Agen” cultivadas bajo malla antigranizo y riego por goteo	37
Figura 5.4: Aplicación foliar de 100 ppm de AG ₃ con pulverizadora manual (izquierda) y punto de goteo (derecha)	39
Figura 5.5: Escala fenológica utilizada en ciruelo “d’Agen” según Bagiolini (Cancio y Tassara, 2017; IDR, 2020).	40
Figura 6.1: Densidad floral (flores.cm ⁻²) del ciruelo “d’Agen” en función de los distintos estadios de aplicación de ácido giberélico (AG ₃) a una dosis de 100 ppm, realizadas durante la estación de crecimiento previa. Medias con letras distintas indican diferencias significativas, DCG p< 0,05	45
Figura 6.2: Evolución de la retención (%) de estructuras reproductivas del ciruelo “d’Agen” para distintos estadios fenológicos de aplicación de ácido giberélico tendientes a reducir la densidad de floración. La aplicación hormonal se realizó en diferentes fechas de la estación de crecimiento previa	47
Figura 6.3: Evolución de la tasa relativa de abscisión de frutos (frutos.dia ⁻¹) desde plena floración del ciruelo “d’Agen” en función de diferentes estadios fenológicos de aplicación de ácido giberélico durante la estación previa de crecimiento.	48
Figura 6.4: Cuajado de frutos (%) del ciruelo “d’Agen” en función de los distintos de tratamientos con ácido giberélico (AG ₃) con la finalidad de reducir la densidad de floración al año siguiente. Medias con letras distintas indican diferencias significativas, DCG p< 0,05. Los tratamientos de ácido giberélico se realizaron en la estación de crecimiento previa.	49
Figura 6.5: Calibre promedio (mm) de los frutos cosechados según según estadios fenológicos de aplicación del ácido giberélico (AG ₃) durante la estación previa de crecimiento. Medias con letras distintas indican diferencias significativas, DGC p< 0,05	50
Figura 6.6: Relación entre calibre (mm) y peso (g) promedio de los frutos cosechados del cv. “d’Agen” durante el estadio fenológico H de aplicación del ácido giberélico (AG ₃) durante la estación previa de crecimiento.	52

- Figura 6.7: Relación entre el peso de los frutos (g) y la carga frutal (n° frutos/pl⁻¹) en ciruelo “d’Agen” para los distintos estadios fenológicos de aplicación del producto. 54
- Figura 6.8: Densidad floral (flores.cm⁻²) del ciruelo “d’Agen” en función de las distintas dosis de aplicación de ácido giberélico (AG₃), realizadas durante la estación de crecimiento previa, al momento de inicio de endurecimiento del carozo (Estado H). Medias con letras distintas indican diferencias significativas, DGC $p < 0,05$. 55
- Figura 6.9: Evolución de la retención (%) de estructuras reproductivas del ciruelo “d’Agen” para distintas dosis de ácido giberélico tendientes a reducir la intensidad de floración. La aplicación hormonal se realizó en la estación de crecimiento previa en el momento de endurecimiento del carozo. 57
- Figura 6.10: Evolución de la Tasa relativa de abscisión de frutos (frutos.dia⁻¹) desde plena floración del ciruelo “d’Agen” en función de diferentes dosis de aplicación de ácido giberélico durante la estación previa de crecimiento. Flecha vertical violeta: caída de pétalos 58
- Figura 6.11: Cuajados de frutos (%) del ciruelo “d’Agen” en función de las distintas dosis de ácido giberélico con la finalidad de reducir la intensidad de floración al año siguiente. Medias con letras distintas indican diferencias significativas, DGC $p < 0,05$. Los tratamientos de ácido giberélico se realizaron al momento de endurecimiento del carozo en la estación de crecimiento previa. 59
- Figura 6.12: Calibre promedio (mm) de los frutos cosechados según diferentes dosis de aplicación del ácido giberélico durante la estación previa de crecimiento. Medias con letras distintas indican diferencias significativas, DGC $p < 0,05$ 60
- Figura 6.13: Relación entre el peso (g) de los frutos y la carga frutal (n° frutos.pl⁻¹) en ciruela “d’Agen” para las distintas dosis del producto. 65
- Figura 6.14: Relación entre el peso (g) de los frutos y la carga frutal (n° frutos.pl⁻¹) para las temporadas de crecimiento en ciruela, cv. “d’Agen”: año 1 (2019/20) y año 2: (2020/21). 66
- Figura 6.15: Relación entre la densidad floral (n° flores.cm⁻²) y el cuajado de frutos (%) en ciruelo “d’Agen” en las temporadas de crecimiento: año 1 (2019/2020) y año 2: (2020/2021). 67
- Figura 6.16: Relación entre la intensidad de floración (n° flores.cm⁻²) y la carga frutal (n° frutos.pl⁻¹) en ciruelo, cv. “d’Agen”: año 1 (2019/2020) y año 2: (2020/2021). 68
- Figura 6.17: Relación entre carga frutal (n° frutos.pl⁻¹), rendimiento (kg. ha⁻¹) y calibre promedio (mm) en ciruelo, cv. “d’ Agen” para los años evaluados. 69

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tratamientos evaluados en el año 1 (temporada 2018/19), determinación de la fecha y/o estadios fenológicos (método Baggiolini) más adecuado de aplicación.	38
Tabla 2: Clasificación por tamaño de las unidades de ciruela fresca contenidas por kilogramo (CECIM, s/f)	41
Tabla 3: Tratamientos evaluados en el año 2 (temporada 2019/20), determinación de dosis de AG3 y estadio fenológico de aplicación más adecuado.	43
Tabla 4: Clasificación de las unidades de ciruelas frescas del cv. d'Agen por kilogramo, en función de los tratamientos de fechas de aplicación de AG ₃ .	51
Tabla 5: Componentes del rendimiento del cv. d'Agen en función de los estadios fenológicos de aplicación de giberelina (AG ₃).	52
Tabla 6: Clasificación de las unidades de ciruelas frescas por kilogramos en función de las distintas dosis de aplicación de AG ₃ .	60
Tabla 7: Componentes del rendimiento del cv. d'Agen en función de las distintas dosis de giberelinas aplicados en el estadio fenológico H (inicios de endurecimiento del carozo).	61

INDICE DE ANEXO

Anexo 1: Características climáticas durante el periodo comprendido en el ensayo	88
---	----

RESUMEN

Mendoza es la principal provincia productora de ciruela para industria. El ciruelo europeo cv. “d’Agen” representa el 90% de la superficie implantada. En esta variedad no se realiza la práctica del raleo de frutos, afectando negativamente al tamaño. Sin embargo, existen alternativas para la mejora del tamaño del fruto a través de la reducción de la competencia entre órganos en desarrollo a partir de la inducción floral. El objetivo de esta tesis fue determinar el efecto del ácido giberélico (AG_3) sobre la reducción de la inducción floral y la mejora del tamaño del fruto. Durante tres temporadas de crecimiento (2018/19, 2019/20 y 2020/21) se realizó un ensayo en árboles de ciruelo europeo cv. d’Agen, injertados sobre patrón Marianna 2624, establecidos a una distancia de 5x3m y riego por goteo en una finca ubicada en San Rafael, Mendoza. En la primera temporada se evaluaron 5 tratamientos considerando diferentes estadios fenológicos según la escala Baggiolini; T1: estado H, T2: estado I, T3: estado J, T4: postcosecha, T5: control. La aplicación fue con pulverizador manual a una dosis de 100 mg.L⁻¹ de AG_3 . Durante la temporada 2019/20 se ajustó la dosis a utilizar (0, 25, 50, 75 y 100 mg L⁻¹ de AG_3) en un único estadio fenológico determinado el primer año. Todos los tratamientos se realizaron mediante un diseño en bloques completamente al azar con 5 repeticiones. En la primera temporada, se determinó que T1 fue el estadio más efectivo por lo que se lo puede considerar el momento de inducción floral del cv. “d’Agen”. Se observó una reducción del 91,7% de la densidad de floración siguiente, mejoró el calibre de los frutos, aunque disminuyó significativamente la carga frutal y la productividad; mientras que en los otros estadios no hubo efecto. En la segunda temporada todas las dosis de AG_3 mostraron diferencias en la reducción de la floración siguiente con respecto al control. Las dosis de 75 y 100 mg L⁻¹ de AG_3 bajaron la densidad floral y el porcentaje de cuajado de los frutos, por lo que no son recomendables. En cambio, las dosis 25 y 50 mg L⁻¹ de AG_3 , no afectaron el porcentaje de cuajado de frutos y redujeron la densidad floral entre un 60 a 70% respectivamente. La dosis a aplicar de giberelina no pudo ser ajustada dada las condiciones climáticas del segundo año, que redujeron la carga final de frutos por planta, pero debería ser menor a 25 mg L⁻¹ de AG_3 . La mejora del tamaño del fruto a través de la reducción de la densidad de floración deberá complementarse con otras técnicas de estímulo directo de crecimiento del fruto.

Palabras clave: ciruela europea, raleo químico, dosis, carga frutal, productividad, inducción floral, tamaño fruto.

ABSTRACT

Mendoza is the main producing province of plum for industry in Argentina. The European plum cv “d’Agen” embraces 90% of the cultivated plum area. Fruit thinning is not an usual cultural practice for this variety, because it negatively affects its fruit size. Consequently, alternative practices for improving fruit size should be evaluated, such as the reduction of flower induction by chemical means. The aim of this thesis was to determine the effect of gibberellic acid (GA_3) on the reduction of flower density and its effect in fruit size. The research was carried out during three growing seasons (2018/19, 2019/20 and 2020/2021) on a commercial plum farm located at San Rafael, Mendoza. European plum trees (*Prunus domestica* L.), cultivar “d’Agen” grafted on “Mariana 2624” (*Prunus cerasifera* x *Prunus munsoniana*) rootstock were used, planted at 5 x 3 m, with drip irrigation by two lines at both side of the trees. During the first growing season GA_3 treatment was applied on the following phenological phases according to Baggiolini stage: T1 –H stage; T2 –I stage; T3 –J stage, T4 – postharvest; and T5 control. For each treatment 100 mg L⁻¹ of GA_3 was applied by hand pulverizer. According to the first growing season results in relation to time of GA_3 application, during 2019/20 different concentration of GA_3 (0; 25; 50; 75 and 100 mg L⁻¹) were applied at phenological stage H according to Baggiolini’s phenological Scale. All treatments were conducted under a completely randomized block design with five replications. In the first growing season T1 was the most effective treatment and this phenological stage can be considered as the bloom induction time of the cv “D’agen”; flower density was reduce 91.7%. Fruit size was improved although with a considerably decrease in the total number of fruit per plant and fruit yield. The other treatments did not show significant effects on response variables. In the second growing season all the treatments showed a reduction in flower density at the next spring with respect to control treatment. The 75 and 100 mg L⁻¹ of GA_3 treatments additionally decreased the percentage of fruit set, and then they are not suitable for recommendation. The 25 and 50 mg L⁻¹ of GA_3 treatments reduced flower density by 60% and 70%, respectively.

The most appropriate gibberellin dose could not be determined due to climate conditions during the second season; however, it should be lower than 25 mg L⁻¹. The improvement in fruit size as a consequence of the reduction of the floral density should be complemented with other direct stimulus techniques for fruit growth.

Key words: European plum, chemical thinning, dose, fruit load, flower induction, productivity, fruit size

1. INTRODUCCION

1.1. EL CIRUELO

1.1.1. Clasificación botánica

El ciruelo pertenece al orden Rosales, familia Rosaceae, subfamilia Prunoidea, género *Prunus*, sección Prunófera. Dentro de la especie *Prunus domestica* L. (ciruelo europeo), se encuentra el cv. “d’Agen”, destinado principalmente a la producción de fruta desecada (Cobianchi *et al.*, 1989).

1.1.2. Características morfológicas de los ciruelos europeos

El ciruelo europeo es un árbol frutal vigoroso, con hojas gruesas, de color verde oscuro, brillante en el haz, y color verde pálido y pubescente en el envés; el margen de la lámina es aserrado o dentado. La fruta se encuentra sobre ramos fructíferos cortos, denominados de diferentes maneras tales como ramilletes o dardos, y es de tamaño, color y forma variable según el cultivar (Cobianchi *et al.*, 1989).

1.1.3. El ciruelo “d’Agen”

El cultivar “d’Agen”, produce frutos de tamaño medio, con forma ovalada y piel de color rojo oscuro a púrpura. La pulpa es de sabor dulce, color amarillo y a veces posee una tonalidad verde. El fruto es una drupa redonda u oval, siendo el mesocarpio la parte comestible. El carozo es pequeño, liso, plano y largamente ovalado (U.C.C.A., 1981). La ciruela “d’Agen” se utiliza para deshidratar debido a su elevado contenido de azúcares (Somogyi, 2005).

1.1.4. Composición química y propiedades funcionales

La ciruela “d’Agen”, para ser deshidratada con un rendimiento óptimo, debe tener entre 23% y 25% de sólidos solubles (°Brix). Los grados Brix son utilizados como un criterio de calidad de la

materia prima, las industrias solicitan que las ciruelas posean más de 20 °Brix con el fin de lograr un rendimiento cercano a 3:1 (kilogramos frescos: kilogramos secos) (Somogyi, 2005).

El azúcar predominante en la fruta fresca es la glucosa con un contenido de 4,1%, seguido del sorbitol (4,04%), sacarosa (2,89%) y fructosa (2,48%) (Price *et al.*, 1997). En la ciruela deshidratada, los azúcares predominantes cambian ligeramente; siendo los más importantes los monosacáridos reductores, principalmente glucosa (21%), fructosa (14%), sorbitol (10,6%) y el disacárido no reductor sacarosa (0,9%) (Price *et al.*, 1997; Somogyi, 2005). La ciruela seca es una fuente excepcional de fibra dietaria, que aproximadamente en un 80% consiste en material soluble, principalmente pectina, hemicelulosa, celulosa y lignina (Somogyi, 2005). Además, la ciruela deshidratada aporta beneficios a la salud de los consumidores debido al contenido de flavonoides y ácidos fenólicos que actúan como antioxidantes naturales e inhibidores de ciertas enfermedades degenerativas (Urfalino, 2013).

1.1.5. Situación internacional

Los principales países productores de ciruela para industria son EEUU(California), Chile (O' Higgins), Francia (Lot-Et-Garonne) y Argentina (Mendoza) (Figura 1.1) (Chile Prunes Magazine, 2018). La producción mundial promedio de ciruela deshidratada durante el periodo 2010-2015 fue de 323.835 toneladas (t), y en los últimos años se ha estabilizado debido a las políticas de regulación de la oferta en los principales países productores (IDR, 2015).

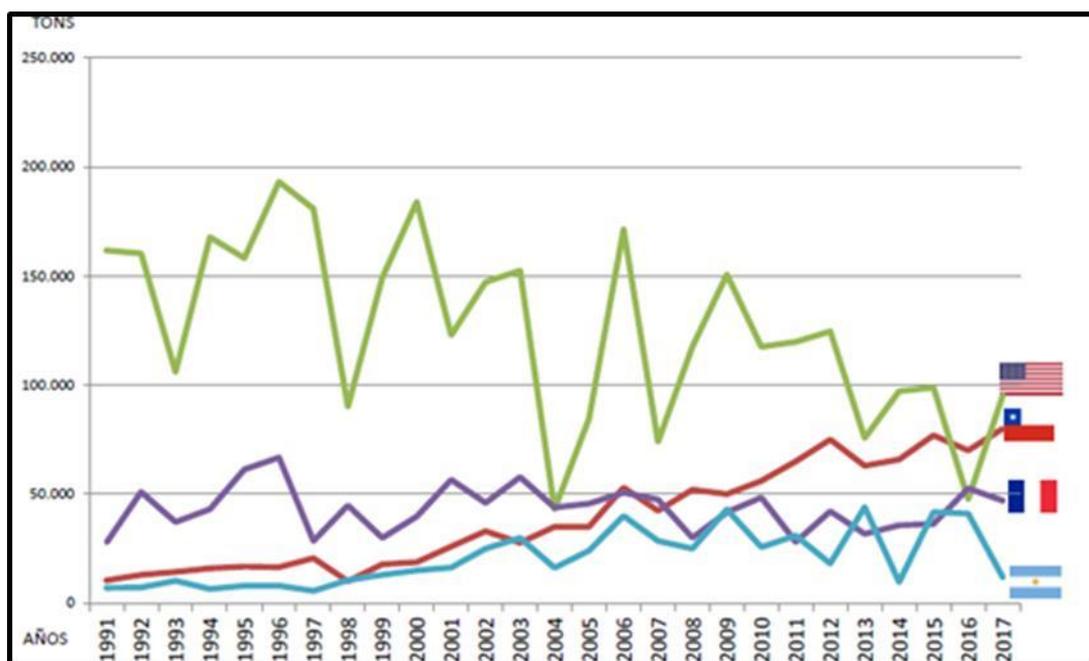


Figura 1.1 Evolución de la producción de ciruela deshidratada en los principales países productores. Fuente: Chile Prunes Magazine (2018).

Respecto a las exportaciones mundiales, entre el año 2004 y 2014 aumentaron un 11%, con un promedio aproximado de 200.000 t (IDR, 2015). Los principales países exportadores son Chile, EEUU, Argentina y Francia (Figura 1.2). Por su parte, los países demandantes son Rusia, Alemania, Brasil, México y Japón (Chile Prunes Magazine, 2018).

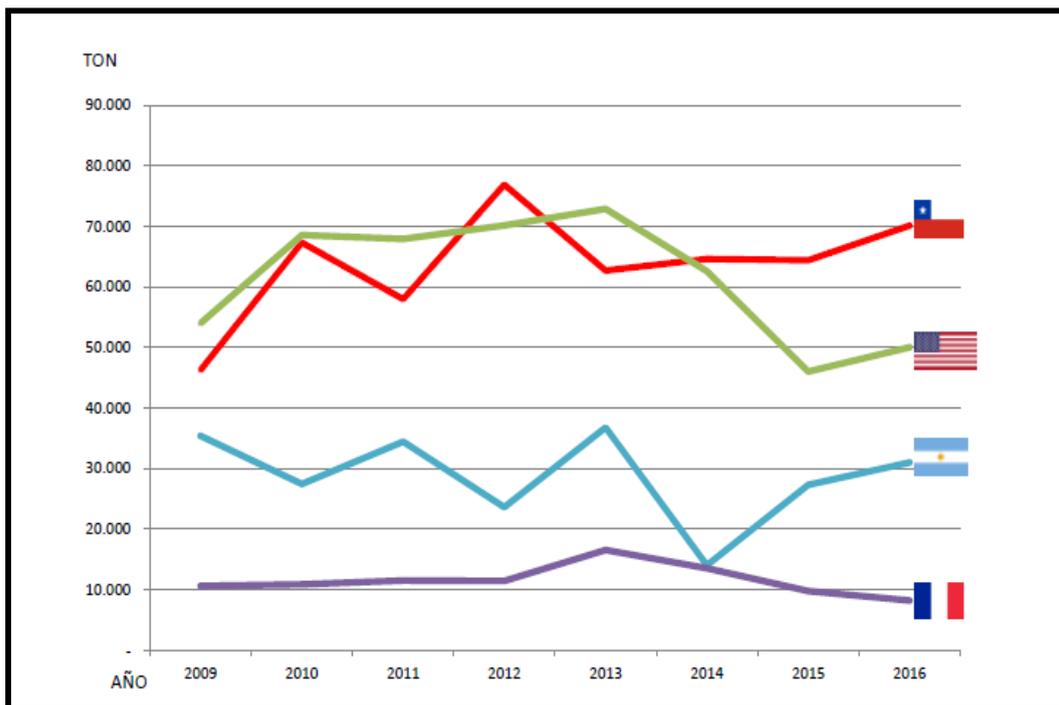


Figura 1.2 Evolución de los exportadores mundiales de ciruela en los principales países oferentes. Fuente: Chile Prunes Magazine (2018).

1.1.6. Panorama varietal

Los cultivares de ciruelo utilizados para deshidratar son aquellos que producen frutos con un alto contenido de sólidos solubles, entre ellos se pueden mencionar “d’Agen”, “d’Ente” (“d’Agen 707”) y “Stanley” (Forni *et al.*, 1992; Newman *et al.*, 1996).

Al respecto, la International Prune Association (IPA) informó que en el año 2015 la producción internacional de ciruela deshidratada de los principales países productores correspondió en un 98,2% a las variedades “d’Agen” y su clon “d’Agen 707”. El 1,8% restante correspondió a la variedad “Stanley” que representa el 80% de la superficie en Serbia (Congreso IPA, 2016).

1.1.7. Situación nacional

En el contexto nacional, Mendoza es la principal provincia productora de ciruela para industria, con una superficie productiva de 12.424 ha y un rendimiento promedio de 51.317 t frescas en la campaña 2018/19 (Figura 1.3) (IDR, 2019a).

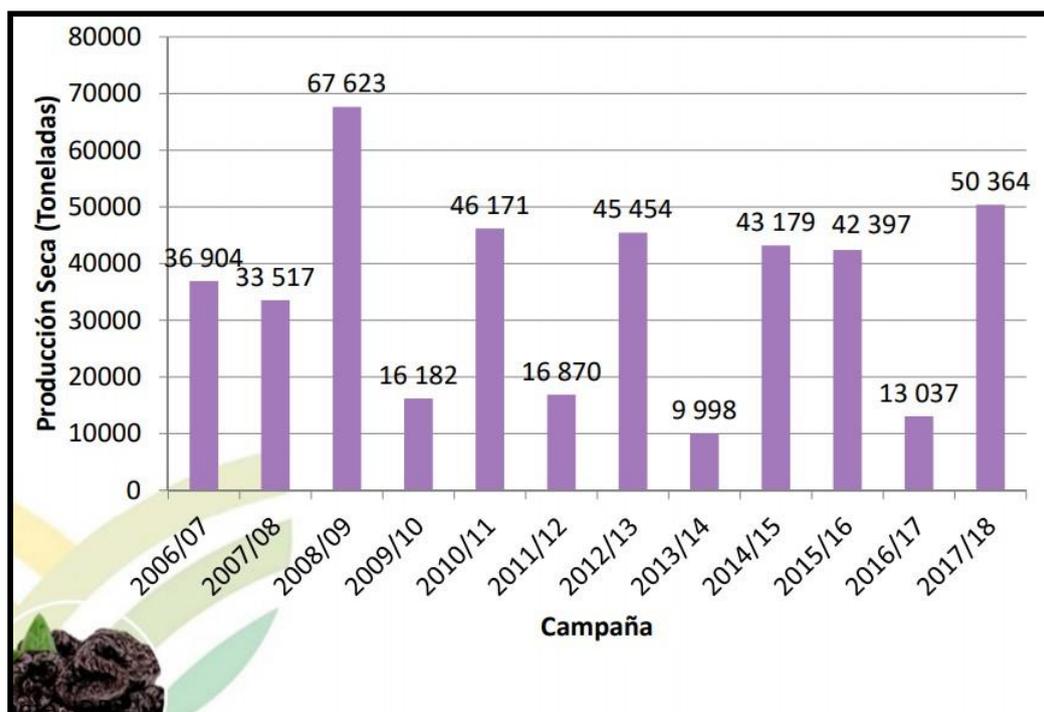


Figura 1.3. Producción por campaña de ciruela deshidratada, en la provincia de Mendoza, Argentina. Fuente: IDR (2018).

En los últimos tres censos la superficie implantada se ha expandido de 11.536 ha (1992), 12.090 ha (2002) a 18.275 ha (2010), concentrándose en la Región Sur de Mendoza (Figura 1.4) (IDR, 2015).

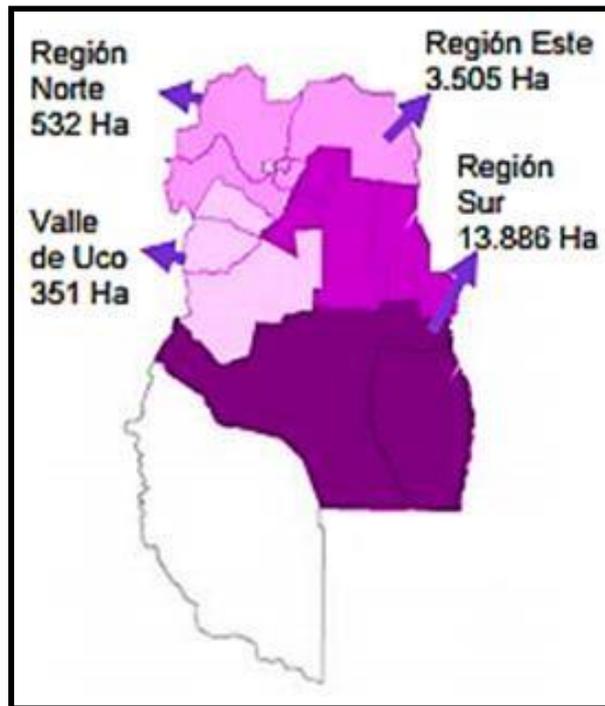


Figura 1.4 Mapa de la provincia de Mendoza con detalle de la superficie implantada con ciruelo para industria por región.
Fuente: IDR (2015).

El cultivar “d’Agen” representa el 90% de la superficie implantada en la provincia de Mendoza, mientras que solo un 8% corresponde a su clon mejorado “d’Agen 707” (IDR, 2010). Ambos cvs. poseen un alto contenido de sólidos solubles (Forni *et al.*, 1992; Newman *et al.*, 1996).

En la figura 1.5 se observa la distribución porcentual de cvs. de ciruela para industria.

En el sur de la provincia de Mendoza (departamentos San Rafael y General Alvear), se deshidrata aproximadamente el 70% de la ciruela “d’Agen” de Argentina (IDR, 2010). Su destino es mayormente la exportación (95% de la producción).

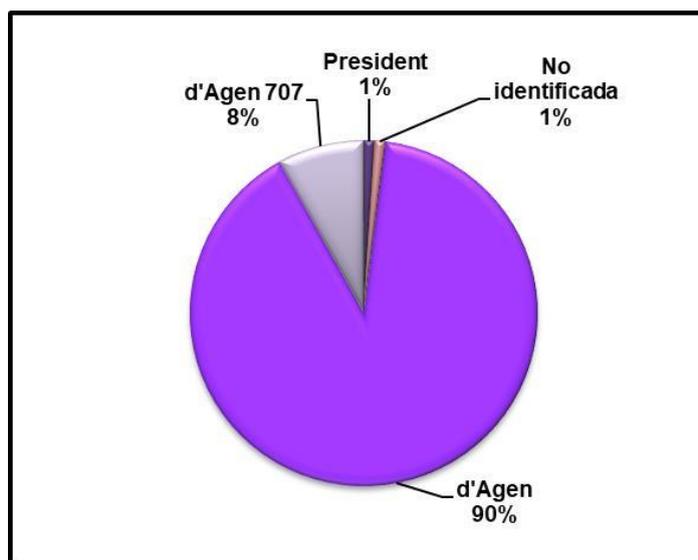


Figura 1.5 Distribución porcentual de cultivares de ciruela para industria en la provincia de Mendoza. Fuente: IDR (2010).

1.1.8. Consumo de la ciruela deshidratada

Los principales países consumidores de ciruela deshidratada son Francia y Estados Unidos, con promedios de 540 y 330 g por habitante y por año, respectivamente. En los demás países se observa un consumo medio de entre 150 y 200 g por habitante y por año. En Argentina, se consumen aproximadamente 3.500 toneladas anuales (IDR, 2015), y no se lo hace en forma directa sino en preparaciones como barras energéticas, yogures, compotas, entre otras (Sorroche *et al.*, 2007).

Los países productores han llevado a cabo distintas estrategias para fomentar el consumo. Francia realizó importantes inversiones para que los consumidores consideren a las ciruelas deshidratadas como una fruta, ubicándola en las góndolas de las frutas frescas y vendiendo productos con carozo. En Estados Unidos consideran a la ciruela como un snack, motivo por el cual orientaron su producción al descarozado, ubicándola como producto energético en los supermercados. La industria mendocina, atenta a las demandas de los mercados internacionales, produce actualmente dos tipos de productos; ciruela deshidratada con carozo y descarozada (Urfalino, 2019).

El consumo mundial mantiene una leve tendencia creciente, dada la estrategia de presentar el producto como un alimento natural y sano, fundamentalmente debido a las campañas de promoción que realizan los países miembros de la International Prune Association (IPA). El interés que despierta la

relación entre la dieta y la salud, en los consumidores, aumenta la demanda de información sobre el contenido nutricional de los alimentos; algunos previenen enfermedades crónicas, y se clasifican como alimentos funcionales. La ciruela podría encuadrar en esta categoría debido a que contiene flavonoides y ácidos fenólicos cuya función principal es actuar como antioxidantes naturales y como inhibidores de enfermedades degenerativas (Urfalino, 2019).

1.1.9. Caracterización climática de la región

La provincia de Mendoza posee una gran variedad de climas, en su mayor parte presenta un clima semiárido a árido, seco desértico, continental y típicamente templado, dando una gran gama climática a la región. El promedio anual de precipitaciones en el llano es de 200 mm. La actividad agropecuaria depende del sistema de riego captado de ríos y del agua subterránea, cuyos caudales son abastecidos de los deshielos de alta montaña. Los Oasis irrigados del sur provincial están determinados por tres cuencas principales: Diamante, Atuel y Malargüe, que generan un potencial de superficie regada según padrón, de 194.414 ha. En lo que respecta al agua disponible para realizar esas actividades, el 89% es requerido por el sector agrícola (Auge, 2004; Coniglio *et al.*, 2013). Las actividades agrícolas se desarrollan mayoritariamente en los oasis y los factores que pueden intervenir en la ocurrencia de los procesos fenológicos son muchos, pero el ambiente es el más influyente; es decir que la zona en donde esté el cultivo y sus características climáticas son las que finalmente determinarán su desarrollo. Es de suma importancia conocer en qué momento ocurren los cambios fenológicos en cada variedad y en cada zona en particular, para saber cómo influyen las características climáticas en los cultivos. Un aspecto fundamental que debe considerarse a nivel de los sistemas productivos de cultivo de frutales en el Oasis Sur es el riesgo climático, principalmente por afectación de los cultivos con granizo y heladas, lo que explica la gran variación en los volúmenes comercializados (IDR, 2020).

1.1.10. Formulación del problema

En Mendoza, los productores de ciruela cv. “d’Agen” no realizan el raleo de frutos, de esta manera, la calidad de la producción se ve afectada frente a cosechas abundantes, teniendo así un escaso valor comercial (menor tamaño) y afectando negativamente la siguiente floración, lo cual determina un patrón de añerismo (Chaar y Sánchez, 2010).

Cabe destacar que la demanda y el precio pagado por las ciruelas de calibre pequeño (49-62 unidades frescas por kg), se reducen año a año en el mercado internacional (Chile Prunes Magazine, 2018). El principal factor que determina el precio es el calibre, puesto que la demanda mundial está sobre-ofertada y exige calibres medianos (35-48 unidades frescas por kg) y grandes (< 34 un/kg). Para obtener unidades productivas competitivas, debe orientarse el manejo productivo a obtener frutos más grandes, sin sacrificar rendimiento en kilogramos por hectárea, ni otros factores de calidad (Chile Prunes Magazine, 2018). Sin embargo, no se dispone de datos experimentales sobre el uso de prácticas de raleo químico que podrían mejorar de manera significativa las posibilidades de manejo de la carga de frutos, y consecuentemente de la calidad del fruto (tamaño), y de la rentabilidad del cultivo en ciruelo cv. “d’Agen”. Así mismo, existe desconocimiento sobre el momento de inducción floral de este cultivar y del uso del ácido giberélico sobre la reducción de la misma y su influencia en la mejora del tamaño del fruto.

En el presente trabajo de investigación se evaluaron aplicaciones de ácido giberélico en diferentes estadios fenológicos y dosis de concentración, con la finalidad de determinar mediante la aplicación de este producto el momento de inducción floral y la dosis más adecuada para la mejora en el tamaño comercial del fruto. El conocimiento generado por este trabajo brindara herramientas para comprender y predecir el comportamiento del ciruelo europeo “d’Agen” contribuyendo a la toma de decisiones, optimizando el manejo agronómico del mismo y garantizando la calidad del producto final.

2. RALEO DE FRUTOS

El exceso de fructificación es un fenómeno frecuente en árboles frutales, salvo circunstancias excepcionales como insuficiente acumulación de frío invernal, heladas tardías, entre otros factores. En condiciones normales, fructifican más frutos de los que la planta es capaz de soportar para asegurar

suficiente calidad en cuanto a tamaño, color, firmeza y concentración de sólidos solubles (Reginato y Ojer, 2011). Un monte frutal con un adecuado manejo tecnológico asegura una diferenciación floral óptima, permitiendo una buena floración y cuajado inicial, siempre que las condiciones meteorológicas de invierno y primavera sean adecuadas. Luego del cuajado inicial de frutos se producen diferentes caídas naturales, proceso por el cual el árbol regula la carga frutal final. Sin embargo, ante condiciones de caídas normales de frutos, la carga continúa siendo excesiva para lograr una buena calidad para su comercialización (Arjona, 2007). Para atenuar estos efectos, se realiza el raleo de frutos, constituyendo una labor importante en el manejo del monte frutal, ya que determina su productividad y calidad (Reginato y Ojer, 2011). Adicionalmente, el raleo de frutos se realiza para mejorar las características organolépticas de los frutos (Cabrera, 2005), reducir roturas de ramas por sobrepeso (Dennis, 2000), mejorar el equilibrio vegetativo/reproductivo a través del ajuste de la relación hojas/fruto, y estimular la iniciación floral para la cosecha del año siguiente (Yañez Toro, 2019). Por su parte, Reginato (1997) define al raleo de frutos como una de las labores más importantes en el manejo de un monte frutal, ya que determina la productividad, y en el caso de manzano previene el añerismo, vecería, o alternancia de cosechas. Castro y Rodríguez (2004) concuerdan con estas afirmaciones y destacan que es una práctica que permite obtener producciones con la calidad demandada por los mercados. Si bien esta práctica disminuye los rendimientos totales, se compensa económicamente al mejorar la calidad de la fruta y evitar la alternancia de la producción (Arjona, 2007).

Todas las especies frutales responden al raleo, sin embargo, comercialmente se realiza en aquellos casos en los cuales el aumento del tamaño del fruto es compensado económicamente. Por otra parte, el raleo debe efectuarse eficientemente para compensar económica y fisiológicamente su ejecución. Ello implica evaluar dos factores: época e intensidad de raleo; y forma en que se puede realizar, ya sea manual, mecánica o químicamente (Arjona, 2007). En la ciruela para industria el costo del raleo manual no es compensado económicamente; por tal motivo es una práctica que no se realiza, y aun no existen otras alternativas que permitan su reemplazo.

2.1. Efectos del raleo de los frutos sobre la inducción floral

En la producción de frutas, todas aquellas prácticas de cultivo que favorezcan el desarrollo de las flores son indispensables para el éxito de las plantaciones. Así, el conocimiento del mecanismo desencadenante de la inducción y diferenciación floral resulta básico para influir en la cantidad de yemas florales presentes (Gil-Albert Velarde, 1991).

La formación de las estructuras reproductivas que dan origen a las flores en frutales de carozo se desarrolla en tres etapas: 1) inducción, 2) diferenciación de la yema floral, y 3) floración. Yuri *et al* (2002), definen la inducción floral como el estímulo a través del cual el meristema vegetativo de la yema cambia a un estado reproductivo. Es el cambio fisiológico que se produce en un determinado momento en una yema, y que condiciona su evolución a yema de flor. Este cambio fisiológico es seguido de una diferenciación morfológica, que conduce a la aparición de los primordios florales, y se denomina diferenciación floral. Por último, la floración es la culminación del proceso de formación de la flor; en la misma los estambres producen polen y el pistilo está receptivo a la polinización y fertilización, proceso que ocurre en la primavera siguiente a la inducción. No se conoce con precisión como se da ese estímulo para que tenga lugar la inducción de la yema floral. Las teorías clásicas sugirieron la existencia de una sustancia sintetizada en las hojas, que enviaba una señal al meristema e inducía la floración. Esa señal se denominó florigen (Turck *et al.*, 2008).

En la actualidad, la hipótesis más aceptada vincula la formación de yemas de flor a un complicado equilibrio hormonal interno a nivel de la propia yema, sobre el que influyen factores ambientales, nutricionales, fisiológicos y energéticos. Al respecto, está demostrado el efecto inhibitorio de las giberelinas sobre la inducción floral en varias especies de frutales (Gariglio *et al.*, 2007). Así, la producción de flores en las especies frutales es un proceso continuo que se encuentra bajo el control de un inhibidor de la floración (Martínez-Fuentes *et al.*, 2004), siendo las giberelinas las hormonas más relacionadas a este proceso (Sáez Reyes, 2016). Por su parte, Agustí (2004) indicó que el tiempo que transcurre entre la iniciación de dos primordios foliares sucesivos se conoce como plastocron. Cuando este tiempo es muy corto (menor a 9 días) las yemas se desarrollan vegetativamente el mismo año estando receptivas a la inducción floral. Por lo contrario, si el plastocron es largo (mayor a 9 días) la

yema nunca alcanza el estado necesario para ser receptiva a la inducción floral. El autor sugiere que las giberelinas podrían extender el plastocron y de esa manera inhibir la floración indirectamente.

Si bien en la práctica no es posible determinar exactamente cuándo tiene lugar la inducción floral, existen investigaciones que señalan a las giberelinas como inhibidoras de la inducción floral en frutales (Lobos y Yuri, 2006; Meland y Maas, 2017). La época de inducción floral depende de cada cultivo y especie, y está condicionada por factores climáticos y nutricionales. Además, el crecimiento vegetativo y reproductivo son dos procesos que compiten con el de inducción floral. Para los frutales caducifolios de clima templado, la época más común de inducción floral es luego del intenso crecimiento vegetativo de inicios de primavera (Gariglio *et al.*, 2007).

Es de suma importancia conocer la época de inducción para intervenir sobre la regulación de la intensidad floral. La reducción de la intensidad floral mediante la aplicación de giberelinas en el momento de inducción floral, es una práctica cultural que permite reducir los costos del raleo manual en frutales de carozo (González-Rossia *et al.*, 2006).

La presencia de frutos en la planta y los frutos con semillas son dos factores de relevada importancia que afectan la inducción floral. La alta carga de frutos reduce la inducción floral, esto explica la alternancia de las cosechas en determinados frutales. Por lo tanto, justifica el empleo del raleo de frutos como práctica cultural adecuada para mejorar la calidad de la producción y para estabilizar la producción en los años sucesivos. Con respecto a los frutos con semillas, son más propensos a afectar la inducción floral que los partenocárpicos. Esto es consecuencia de la alta capacidad de síntesis de giberelinas que tienen las semillas y a su efecto inhibitorio sobre la inducción floral (Gariglio *et al.*, 2007).

Reginato *et al.* (2001), mencionaron que, si bien el mecanismo de control de la inducción floral es desconocido y aún no se ha determinado el papel exacto de las diferentes hormonas en el proceso, es reconocido el papel de las semillas como el órgano que da la señal para inhibir la inducción floral para la siguiente temporada. Este autor menciona que el raleo químico que elimina tempranamente buena cantidad de frutos, es la práctica más efectiva en corregir la tendencia a producir en años alternos.

En el ciruelo europeo (*Prunus domestica* L.), la carga puede regularse mediante raleo manual,

mecánico o químico, para lograr un tamaño comercializable y superar las producciones alternantes (Meland *et al.*, 2013). A su vez, existen distintos métodos de raleo que permiten regular la carga del cultivo y mejorar el tamaño del fruto, tales como reducir el número de flores en el árbol a través de la inhibición floral, mediante el raleo de flores, o el raleo de frutos. La inhibición floral se realiza químicamente (Dennis, 2000; Webster y Spencer, 2000; Meland y Maas, 2017) mediante la aplicación del ácido giberélico (AG₃) durante el período de inducción floral, lo cual permite reducir la floración de la próxima temporada (Southwick y Glozer, 2000; González-Rossia *et al.*, 2006).

2.2. Efectos del raleo sobre el tamaño del fruto

De acuerdo a lo expresado previamente, el raleo de frutos produce un aumento en el tamaño de los frutos remanentes, debido a que remueve el exceso de frutos en el estado inicial de su crecimiento, disminuyendo la competencia entre órganos en desarrollo, pero dejando un número suficiente para obtener un rendimiento aceptable, con fruta de buen tamaño y calidad (Reginato y Ojer, 2011; Yañez Toro, 2019).

El calibre final de un fruto depende del tamaño y número de células que contenga, siendo este último parámetro el más determinante. Si el raleo se realiza dentro del periodo de división celular del fruto puede promover un mayor número de células determinando frutos potencialmente de mayor tamaño (Bergh, 1990; Gil Salaya, 1992).

Para que el raleo exprese su beneficio sobre el tamaño de los frutos, habrá que considerar tanto el momento como la intensidad con que se realiza (Dennis, 2000). Debe efectuarse lo más temprano posible luego de las caídas naturales. Sin embargo, es posible anticipar el raleo al momento inicial de la competencia; esto es durante la inducción y diferenciación floral (Arjona, 2007). En la práctica se puede conseguir este objetivo mediante la aplicación de ácido giberélico (AG₃) en el momento de la inducción floral (Yañez Toro, 2019).

En cítricos, se ha evaluado que la reducción de la floración permite aumentar el tamaño medio de los frutos. Por su parte, la reducción del número de frutos por árbol mediante el raleo de frutos al final de las caídas naturales también consigue aumentarlo, pero a costa de una importante reducción en

la cosecha, lo que no ocurre con la inhibición de la floración (Agustí *et al.*, 2003).

Adicionalmente, otras prácticas a considerar que influyen sobre el tamaño del fruto son: poda, riego, fertilización, edad de los árboles y factores genéticos. Si bien el tamaño de los frutos depende de varios factores, existe una relación inversa entre el número total de frutos por árbol y el tamaño final de los mismos (Arjona, 2007) bajo una misma condición de cultivo.

2.3. METODOS DE RALEO

En la actualidad existen diferentes métodos que se utilizan para el raleo de los frutos. Estos se clasifican en raleo manual, mecánico y químico.

2.3.1. Raleo manual

La forma de remover el exceso de frutos consiste en retirar manualmente yemas florales, flores y/o frutos, para así disminuir la carga frutal y favorecer su tamaño final (Webster y Spencer, 2000).

En fruticultura es usado en especies con deficiencias en su tamaño final y cuya exigencia comercial así lo recomiende (Agustí, 2004). Es una práctica utilizada en la región productora de durazno de Mendoza, y el objetivo principal consiste en obtener frutas de mayor calidad, constituyéndose en una de las labores más costosas en la producción (Reginato y Ojer, 2011).

La época de raleo es la variable más importante para obtener un buen tamaño de los frutos y es el factor crítico en variedades de cosecha temprana. El efecto del raleo sobre el tamaño es mayor mientras más temprano se realice; sin embargo, una de las limitaciones para adelantar la fecha de raleo es la caída natural de frutos (Reginato y Ojer, 2011). Los factores que deben considerarse son el ciclo del cultivar y la duración de cada una de las etapas de crecimiento del fruto, y debe ser realizado lo antes posible, antes de que la competencia de los frutos sea fuerte y afecte el tamaño (Casierra-Posada *et al.*, 2007). Ojer *et al.* (2001) indicaron en duraznos de maduración temprana que esta práctica debe realizarse entre 28 a 84 días después de plena floración, es decir, durante la etapa I o inicios de la etapa II del crecimiento del fruto. La época de raleo temprana durante la etapa I, realizados entre 30-50 días

después de plena floración mejoran el tamaño del fruto, en contraste con raleos realizados durante la etapa II (Ojer, 2008).

La intensidad del raleo está determinada por el potencial de la variedad, el manejo cultural y el destino de la producción. Si bien la relación hoja/fruto es un índice que permite diagnosticar la capacidad de los árboles para soportar frutos que logren tamaño comercial y satisfacer los requisitos de calidad de la industria, su aplicación resulta difícil en el campo. Es por ello que se prefiere usar como pauta de raleo la distancia entre frutos, que depende de la capacidad productiva de las distintas variedades (Reginato y Ojer, 2011). Para determinar la intensidad del raleo manual se debe estimar la producción en kilogramos que se espera obtener del árbol, considerando edad, vigor y producciones en años anteriores. Posteriormente se calcula el número de frutos que se deben obtener para esa producción estimada, en función del tamaño de fruto ideal. Una vez estimado el número de frutos, se debe distribuir esa cantidad de frutos por brindilla, lo que determina la cantidad de brindillas que deberán permanecer en la planta luego de la poda invernal (Cabrera *et al.*, 2014).

Las principales limitantes del raleo manual son su alto costo, la disponibilidad de mano de obra y sus dificultades operativas. Representa una importante fracción de los costos totales del manejo de un frutal, existiendo también un costo encubierto representado por la disminución del calibre final de los frutos. Sin embargo, permite seleccionar los frutos dañados o pequeños y distribuir mejor la fruta en el árbol (Arjona, 2007).

2.3.2. Raleo mecánico

Consiste en vibrar la planta o varear sus ramas con el objetivo de desprender los frutos en exceso. Se debe realizar en situaciones extremas de muy alta carga inicial y como complemento del raleo manual, como una medida para abaratar los costos (Arjona, 2007). Dennis (2000) hace referencia a los mismos métodos de raleo mecánico, agregando que se utilizan principalmente en frutales de carozo.

Cabrera *et al.* (2014) describen las siguientes formas de realizar el raleo mecánico:

1. Mediante la aplicación de un chorro de agua a alta presión producido por un pulverizador manual, efectuando un raleo efectivo en floración o poco después.
2. Eliminando flores o frutos pequeños utilizando una brocha de cerda rígida para barrer algunos frutos pequeños. Los equipos existentes son tipo Electro-Flor para plantaciones conducidas en vaso y las máquinas Darwin o Fuet para plantaciones conducidas con eje central y espalderas (Schupp *et al.*, 2008; Espada Carbo y Castañaer Royo, 2011).
3. Utilizar un vibrador, el cual permite ralear frutos con el inconveniente que siempre tienden a caer los frutos más grandes e indirectamente puede afectar el sistema radicular del árbol (Glenn *et al.*, 1994). Uno de los problemas de este sistema, es que los frutos grandes tienden a caer más fácilmente que los frutos pequeños, quedando estos últimos en el árbol. Por otra parte, hay que esperar la última parte de la fase II, cuando los frutos tienen alrededor de 2,5 cm de diámetro, para que el remecimiento resulte efectivo (Lemus, 1993).

2.3.3. Raleo químico

El raleo químico se define como la utilización de productos de síntesis que pueden aplicarse con diferente grado de anticipación, con el objetivo de disminuir la carga frutal (Arjona, 2007). Gil Salaya (1992) define al raleo químico como una posibilidad de actuar temprano y con rapidez para regularizar la producción y obtener el máximo beneficio en el calibre.

Las hormonas sintéticas y agentes desecantes se han utilizado para ralear duraznos. Sin embargo, en frutales de carozo no ha sido tan fácil encontrar los productos, dosis y momentos para realizar un raleo tan efectivo como el que se utiliza en manzanos (Byers, 1999). El uso de estos raleadores químicos presenta limitaciones en zonas con primaveras inestables y frías, por el riesgo que implica definir la carga en forma anticipada. Además, el uso del ácido giberélico continúa en evaluación en frutales de carozo, ya que los resultados obtenidos no resultaron consistentes (Arjona, 2007).

2.3.3.1. Antecedentes del raleo químico

Los primeros trabajos realizados con raleadores químicos se realizaron como consecuencia del escaso mercado frutícola durante la depresión de los años 30, donde se buscaron agentes químicos capaces de eliminar totalmente la cosecha, evitando al mismo tiempo la necesidad de aplicar fitosanitarios y de cosechar fruta que no se podía comercializar. Los trabajos posteriores fueron orientados a reducir la producción alternada, los cuales indicaron la factibilidad de utilizar las pulverizaciones químicas como formas de efectuar el raleo. A partir de los primeros resultados consistentes en el raleo químico de flores o frutos en manzanos, esta práctica ha sido de uso corriente en los montes comerciales de todo el mundo (Childers, 1982).

En 1939 se encontró que el dinitrilo-o-ciclohexilfenol se presentaba como un buen agente raleador. A principios de los años 40 se descubrió la eficiencia del ácido naftaleno acético (ANA) como raleador de frutos en manzanos. Posteriormente, esta sustancia se convirtió en uno de los agentes raleadores de frutos más usados por los productores de manzana (Dennis, 2000).

A partir de la década del 70 comienzan a surgir una gran variedad de productos de síntesis utilizados en el raleo de flores y frutos. Actualmente, entre los productos químicos utilizados como raleadores se pueden distinguir dos grandes grupos, según su forma de acción: los reguladores del crecimiento y las sustancias químicas desecantes (Cabrera *et al.*, 2014).

2.3.3.2. Reguladores del crecimiento

Los reguladores del crecimiento son aquellas sustancias naturales y/o sintéticas que en concentraciones bajas afectan el crecimiento y desarrollo de las plantas, tales como el grupo de las auxinas, citoquininas, giberelinas, ácido abscísico y el etileno. Agronómicamente, se clasifican en promotores de la abscisión de los frutos, los inhibidores de la inducción floral y los interruptores de la dormancia (Cabrera *et al.*, 2014).

1. Promotores de la abscisión del fruto: el efecto de estos reguladores de crecimiento consiste en un aumento de los niveles de auxinas, que indirectamente provocan un incremento del etileno, aumentando el potencial natural de abscisión de los frutos que posee la planta. El ácido 2-

cloroetil fosfónico (CEPA, Ethrel, Ethephon), en contacto con la planta, libera etileno e induce a la abscisión de los frutos por un mecanismo similar al de la caída natural de los mismos (Lemus, 1993).

El ácido naftaleno acético (ANA) es un compuesto químico de acción hormonal y se conoce como un tipo de regulador del crecimiento auxínico. El mecanismo de acción se basa en la inducción de la abscisión al promover la síntesis de etileno y la estimulación del crecimiento vegetativo que compite con los frutos más débiles (Arjona, 2007). Gil y Baroni (2002) trabajando en el raleo del cultivar de manzano “Royal Gala”, en Mendoza (Argentina), determinaron que la aplicación del ANA a 10 ppm tuvo efectos significativos en el peso y tamaño promedio de los frutos, aumentando el contenido de sólidos solubles y la firmeza de la pulpa. En el ciruelo europeo cv. “Victoria” la aplicación de 250 ppm de etefón, y de la mezcla de 10 ppm de ANA con 75 ppm de etefón en postfloración permitió reducir la carga frutal y mejorar la calidad de los frutos (Meland, 2007). Moyano *et al.* (2004) evaluaron que una dosis de 60 mg l⁻¹ de etefón favoreció el incremento en el tamaño de los frutos y fue tan efectivo como el raleo manual en durazno cv. “Red Globe”.

2. Inhibidores de la inducción floral: La competencia por reservas en las primeras etapas de la brotación de la planta es el factor principal a disminuir para poder llegar a la cosecha con frutos de buen tamaño. Por lo tanto, es necesario ajustar el número de flores presentes en el árbol, una de las sustancias utilizadas para este fin, ha sido el ácido giberélico. Cuando estas sustancias se aplican durante el periodo de inducción floral, interfieren con este proceso y reducen la floración de la primavera siguiente, por lo que se constituye en una alternativa a utilizar como método indirecto de raleo de frutos (Sáez Reyes, 2016; Yañez Toro, 2019).
3. Interruptores de la dormición: Una de las estrategias utilizadas para romper la dormición es la aplicación de productos cáusticos durante el reposo invernal y durante el periodo de floración. Los productos utilizados son la Cianamida Hidrogenada (Dormex) y la Alkyl polymer (Armobreak). Chanana *et al.* (2002), evaluaron la cianamida hidrogenada aplicada en plena floración, logrando con este producto una ganancia de peso del fruto de 35% y un incremento en el contenido de azúcares totales, con una reducción en la acidez.

2.3.3.3. *Sustancias químicas desecantes*

Byers (1999), determinó que las sustancias desecantes tienen un efecto cáustico cuando se aplican en el estado de botón rosado, y si se aplican en plena floración, interfiere con la fertilidad del óvulo, evitando así la fecundación. Esto permite la reasignación temprana de fotosintatos a menos cantidad de sumideros (Southwick *et al.*, 1998).

Entre los productos desecantes, se pueden distinguir la urea, armothin y wilthin.

- a) Urea: esta sustancia ha sido evaluada como raleador químico en duraznos, como desecante de flores y/o frutos recién cuajados, sin presentar efectos fitotóxicos. Por su parte, se ha comprobado que el efecto raleador de la urea depende de la interacción de la dosis con el avance de la floración (Chanana *et al.*, 2002). Cabrera y Rodríguez (2013) evaluaron la aplicación de urea (dosis 12%) en durazno durante plena floración y observaron que la cantidad de frutos que quedaron en planta con respecto al número total de flores fue del 55-60%, con un aumento en el tamaño comercial de los frutos
- b) Wilthin: esta sustancia aplicada en floración, ha sido empleada en frutales de pepita y carozo. Su componente activo es el AMADS (1-amino methanamide dihydrogen tetraoxosulfate). Byers (1999) observó una respuesta lineal a la concentración de wilthin utilizada en durazneros y nectarinos, sin daños por fitotoxicidad ni efectos adversos en la fruta. Por su parte, Osborne *et al.* (2014), evaluaron la aplicación de wilthin (0,75%) en durazneros en plena floración y observaron una mejora en el tamaño del fruto.
- c) Armothin: es un coadyuvante polimérico de ácidos grasos aminados, el cual produce raleo al aplicarlo en floración en frutales de carozo. Meland (2007) realizó la aplicación de armothin (1%) en plena floración, en el ciruelo europeo cv. "Victoria", y observó que la dilución reducía la carga de frutos y mejoraba la calidad a la cosecha (tamaño, sólidos solubles y firmeza). En durazno cv. "Loadel" se observó que la aplicación del 1 y 3% de armothin durante el 80% de la floración permitió mejorar el tamaño de los frutos, y reducir el tiempo requerido para el raleo manual (Southwick *et al.*, 1998).

2.3.3.4. Principales factores que afectan la eficiencia del raleo químico

Existen varios factores que afectan la eficiencia del raleo químico, entre los cuales se pueden mencionar factores genéticos, meteorológicos, momento, dosis y estabilidad del producto. En cuanto a los factores genéticos, los frutales de pepita responden de manera más significativa al raleo químico que los frutales de carozo. Entre los factores meteorológicos, la temperatura, la humedad, y la radiación influyen sobre la eficacia de los raleadores químicos. Una lluvia intensa puede lavar el principio activo, perdiendo eficiencia. El viento actúa desecando sobre la hoja la solución que contiene el producto (Arjona, 2007). En general, los raleadores químicos aumentan su efecto cuando durante su aplicación y los días sucesivos se presentan condiciones de alta nubosidad, baja temperatura y/o alta humedad relativa (Cabrera, 2005). Con respecto al momento, el raleo debe efectuarse en forma temprana, ya que de esa forma se logra mayor tamaño de fruta y control del añerismo, aumentando su productividad (Reginato, 1997). Los productos que se pueden usar con mayor anticipación son los que inhiben la inducción floral, como el AG₃ aplicado en la temporada anterior (Sáez Reyes, 2016). Esto es seguido por los productos cáusticos el Wilthin, que se utilizan durante floración. El resto de los raleadores químicos, se aplican después del cuajado, tales como el ANA y Etefón.

Las concentraciones para el ANA varían entre 5 y 30 ppm, según cultivares, condiciones climáticas y carga frutal (Arjona, 2007).

Con respecto a la estabilidad del producto, el pH y la calidad del agua actúan directamente sobre las características de los raleadores, como las auxinas, citocininas y el etefón; los agentes surfactantes reducen la tensión superficial, facilitando la absorción y la acción del agente raleador.

2.4. GIBERELINAS

Las giberelinas (AG_3) son hormonas de crecimiento diterpenoides tetracíclicos involucrados en varios procesos de desarrollo en vegetales. A pesar de existir más de 100 compuestos hallados en las plantas, sólo unas pocas demuestran actividad biológica. Las primeras investigaciones realizadas con estas hormonas fueron abordadas en 1930 por investigadores japoneses, quienes observaron en algunas plantas de arroz un excesivo crecimiento de los entrenudos, síntoma inducido por el hongo *Gibberella fujikuroi*. Posteriormente se logró aislar e identificar químicamente el agente proveniente del hongo, el cual se denominó ácido giberélico 1 (AG_1). En 1950, dos grupos, uno en la Estación de investigación de Imperial Chemical Industries (ICI) en Gran Bretaña, y otro en el departamento de agricultura de los Estados Unidos (USDA) en Illinois, confirmaron el trabajo de los científicos japoneses. Al mismo tiempo, los científicos de la Universidad de Tokio aislaron tres giberelinas de la original, y las denominaron giberelinas A_1 , A_2 y A_3 . Esta última y el ácido giberélico demostraron ser idénticas.

Cuando el ácido giberélico estuvo disponible, los fisiólogos comenzaron a evaluarlo en una amplia variedad de plantas. Las giberelinas intervienen en varios aspectos fisiológicos, tales como la elongación de tallos, la germinación de las semillas, la ruptura de la latencia y la movilización de reservas del endosperma. En el desarrollo reproductivo, la giberelina puede afectar la transición de la etapa juvenil a la madura, participan en el control de la inducción floral, en el crecimiento y producción de flores, en el cuajado, en el desarrollo y maduración de los frutos y en la determinación del sexo (Iglesias y Talón, 2008).

2.4.1. Aplicación comercial de las giberelinas

Los principales usos de las giberelinas (AG_3), aplicadas como pulverización o inmersión, se han llevado a cabo en la producción de árboles frutales, la cebada de malta, y para aumentar el rendimiento de la caña de azúcar. En algunos cultivos es utilizada para inhibir la inducción floral, para promover el crecimiento y desarrollo de las plantas, mientras que para la reducción de la altura de la

planta se utilizan inhibidores de su síntesis (Peer *et al.*, 2015). Las giberelinas se obtienen industrialmente por procesos de fermentación, éstas simulan a las giberelinas que poseen las plantas (Agustí *et al.*, 2003).

2.4.2. Efecto de las giberelinas sobre la inducción floral

La aplicación del ácido giberélico (AG₃) durante el período de inducción floral, permite reducir la floración de la próxima temporada (Wilkie *et al.*, 2008; Sáez Reyes, 2016; Yañez Toro, 2019). Se cree que las giberelinas producidas por los frutos se mueven hacia las axilas de las hojas e inhiben la inducción floral. Estos tratamientos hormonales basados en la aplicación de ácido giberélico durante la inducción floral permiten evitar intensidades de floración elevadas y altas cargas de frutos que desencadenan un patrón de añerismo.

Esta técnica ya ha sido empleada en cítricos (Benhamou *et al.*, 2004; Villagrán Reyes, 2008), manzanos (Lobos y Yuri, 2006), palta (Chaveli López, 2020) y frutales de carozo. Por ejemplo, Bradley y Crane (1960) realizaron las primeras experiencias referidas al uso de giberelinas para inhibir la iniciación floral en varias especies de *Prunus*. Por otro lado, Giovanaz *et al.* (2016), evaluaron con éxito la reducción del número de yemas florales y del tiempo empleado para el raleo manual de frutos en el duraznero cv. “Maciel”. Otros autores realizaron aplicaciones de AG₃ en diferentes variedades de duraznos, donde también se observó una disminución en el número de flores y una reducción del tiempo requerido para el raleo manual de frutos. Además, se observó que la inhibición floral varía según la posición proximal, media y distal del brote (Southwick *et al.*, 1995b, Taylor y Geisler-Taylor, 1998; Coneva y Cline, 2006; González-Rossia *et al.*, 2007).

En nectarinas, la aplicación de AG₃, resultó efectiva para reducir el número de flores, mejorar el tamaño de la fruta, y como una alternativa al raleo manual (García-Pallas *et al.*, 2001; Stern y Ben-Arie, 2009).

Lenahan *et al.* (2006), en investigaciones realizadas en cerezo, observaron que las distintas concentraciones de AG₃, durante la etapa I y II del crecimiento del fruto, se relacionaban de manera lineal y negativa con la floración y la necesidad de raleo manual.

En diferentes variedades de damasco, ciruelo, nectarinas y durazneros, también se encontró que las aplicaciones de ácido giberélico reducían el número de flores, el tiempo requerido para el raleo manual y mejoraban así la calidad de la fruta (Southwick y Fritts, 1995; Southwick y Yeager, 1995; Southwick *et al.*, 1995a; Southwick *et al.*, 1995b; Southwick *et al.*, 1997a; Southwick *et al.*, 1997b).

En ciruelos japoneses (*Prunus salicina*), el uso de giberelinas durante el periodo inductivo redujo de manera significativa la floración de la temporada siguiente (Gonzales-Rossia *et al.*, 2006; Eroglu y Sen, 2015). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Southwick y Fritts (1995) en ciruelo japonés cvs. “Black Amber” y “Friar”. Por otro lado, Meland *et al.* (2013), concluyeron que la aplicación de giberelina durante la etapa I del crecimiento del fruto en ciruelo “Opal”, resultó ser eficaz para inhibir la inducción floral y disminuir la carga del cultivo en el año posterior.

Sin embargo, no se han encontrado antecedentes del uso de AG₃ para inhibir la inducción floral en ciruelo europeo de la variedad “d’Agen”, ni tampoco se conocen estudios para la determinación del momento de la inducción floral. En esta variedad, no se realiza ningún tipo de raleo en las condiciones productivas de Mendoza, por lo que esta alternativa podría mejorar de manera significativa las posibilidades de manejo de la carga de frutos, y consecuentemente de la calidad del fruto (tamaño), y de la rentabilidad del cultivo, lo cual justifica este estudio.

3. HIPOTESIS

La reducción de la inducción floral está asociada a una mejora del tamaño final de los frutos al reducir la competencia en los estadios de diferenciación floral, floración y crecimiento de los frutos

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Evaluar el efecto del AG₃ sobre la reducción de la inducción floral y la mejora del tamaño del fruto en ciruelo d’Agen.

4.2. Objetivos específicos

- Determinar el estadio fenológico más efectivo de aplicación de giberelinas para reducir la densidad floral en ciruela para industria.
- Evaluar distintas dosis de giberelinas para reducir la inducción floral.
- Analizar el impacto de la modificación de la densidad de floración sobre el tamaño del fruto y el rendimiento

5. MATERIALES Y METODOS

5.1. Ubicación espacial y temporal del ensayo

El ensayo fue conducido en una finca de plantación de ciruelos ubicada en el departamento San Rafael, provincia de Mendoza (latitud $-34,6^{\circ}$; longitud $-68,33^{\circ}$). El mismo se realizó durante tres temporadas de crecimiento del cultivo, desde noviembre 2018 hasta febrero 2021.

5.2. Condiciones climáticas durante la estación de crecimiento

Durante la temporada 2019, a principios del mes de septiembre se presentaron temperaturas críticas, las cuales afectaron a los frutales dependiendo de la especie, variedad y zona de cultivo. Mientras que en el mes de octubre de esta temporada no se registraron heladas (Figura 5.1) (IDR, 2019b). Estas bajas temperaturas no afectaron el cultivo de ciruela ya que el mismo se encontraba en el estadio fenológico de botones visibles (estado D) tolerando en mayor medida los registros térmicos ocurridos. En el mes de octubre de 2020, se registraron temperaturas críticas en la madrugada del día 05 de octubre en algunas zonas productivas; en donde se pudieron ver afectados muchos productores frutícolas de la provincia.

Con respecto a las características de la helada ocurrida, se la considera una helada parcial, con diversidad de afectaciones de acuerdo a la localidad, al estado de las fincas, cultivo, estado fenológico y posibilidad o no de haber hecho defensa activa (IDR, 2020). Esta helada afectó al cultivo de ciruela ya que la mayor parte se hallaban en la sub fase más susceptible, que abarca desde plena floración hasta el cuajado de los frutos. En la figura 5.2 se representan los datos de temperaturas obtenidos de Contingencias Climáticas (Delegación Sur de Mendoza) (Anexo 1).

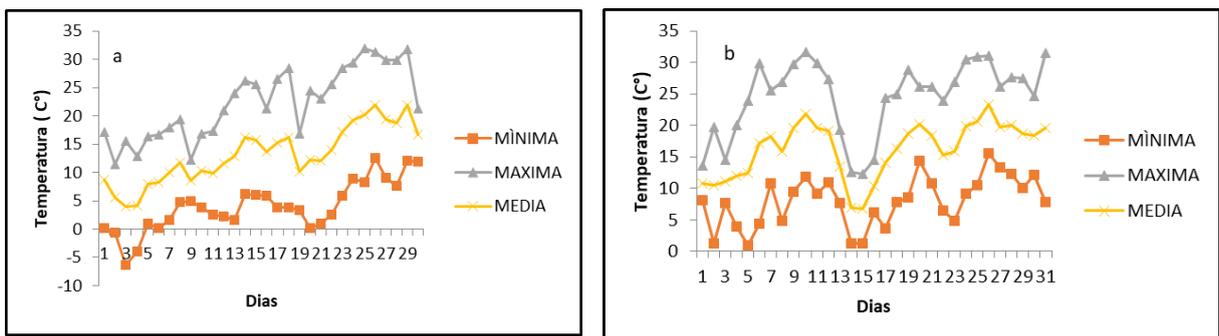


Figura 5.1: Evolución de las temperaturas mínima, media y máxima del mes de a: septiembre 2019 y b: octubre 2019 (San Rafael, Mza).

Fuente: Besa, R. (Dirección de Contingencias Climáticas, San Rafael-Mza).

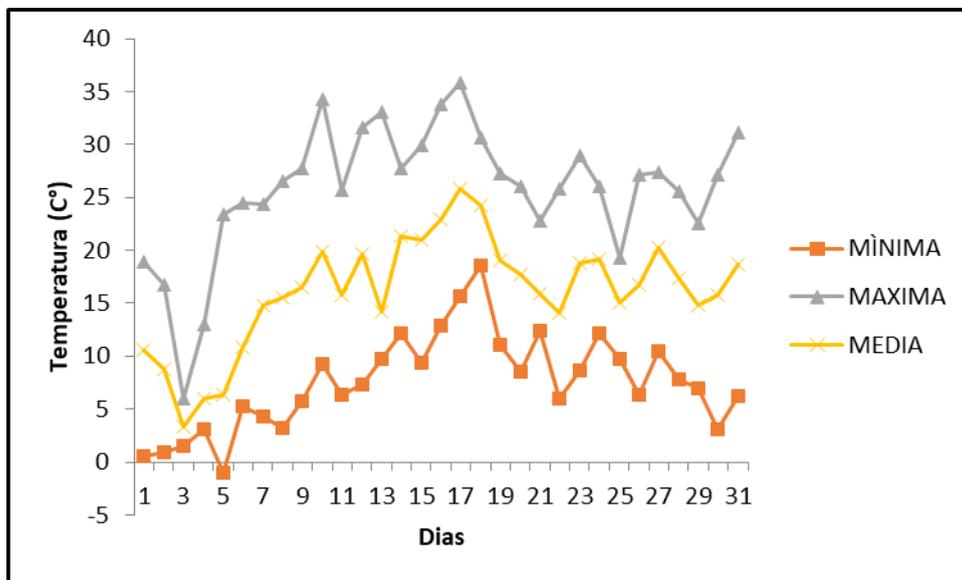


Figura 5.2: Evolución de las temperaturas mínima, media y máxima correspondientes al mes de octubre 2020 (San Rafael, Mza).

Fuente: Besa, R. (Dirección de Contingencias Climáticas, San Rafael-Mendoza).

5.3. Características del material vegetal

Se utilizaron plantas de ciruelo europeo (*Prunus domestica* L.) del cultivar “d’Agen”, de 12 años, injertadas sobre portainjerto Mariana 2624 (*Prunus cerasifera* x *Prunus munsoniana*), cultivadas en suelos de textura franco-limosa, con riego por goteo (doble manguera a cada costado de la planta, goteros cada 0,70 m, caudal 4 l h⁻¹) y cobertura de malla antigranizo. Las plantas fueron conducidas en un sistema de vaso angosto, plantadas en un marco de plantación de 5 x 3 m, lo que representa una densidad de 667 plantas por hectárea (Figura 5.3).



Figura 5.3: Plantas de ciruelo del cv. “d’Agen” cultivadas bajo malla antigranizo y riego por goteo.

5.4. Metodología del experimento 1

5.4.1. Influencia de los estadios fenológicos de aplicación de giberelinas sobre la inducción floral (temporada 2018/19)

Los tratamientos consistieron en rociar las plantas mediante un pulverizador manual (mochila) con una dosis de 100 mg l^{-1} (ppm) de ácido giberélico en cuatro estadios fenológicos diferentes (método Baggiolini) correspondientes a cuatro fechas distintas durante la temporada de crecimiento (Tabla 1).

Un grupo de plantas fue pulverizado con agua (control), de modo que quedaron conformados 5 tratamientos (Tabla 1). Las aplicaciones se llevaron a cabo mediante pulverización foliar hasta la saturación y goteo de la planta, utilizando un equipo de mochila y un volumen total de pulverización promedio de $2\text{-}3 \text{ l pl}^{-1}$ (Figura 5.4). Como fuente de ácido giberélico, se utilizó el producto comercial Giberelina KA (S. Ando y Cía. S.A, composición: 10g AG_3 , $100 \text{ g inertes c.s.p}$). La solución obtenida se ajustó con ácido acético hasta llevarla a pH 5.5, utilizando un peachímetro (Adwa- AD8000). No se utilizó ningún tipo de coadyuvantes en las aplicaciones para no incidir en la acción del raleador. El tratamiento fue aplicado en horas de la mañana una vez que las hojas estaban secas del rocío (9 a.m. aprox.). Se trabajó con plantas individuales previamente seleccionadas por su uniformidad en el tamaño de copa y diámetro de tronco, y en competencia perfecta.

Tabla 1: Tratamientos evaluados en el año 1 (temporada 2018/19), determinación del estadio fenológico (método Baggiolini) más adecuado de aplicación.

Tratamiento	Dosis de AG_3	Fecha aplicación	Estadio Fenológico
T1	100 mg l^{-1}	02/11/18	Estado H
T2	100 mg l^{-1}	20/11/18	Estado I
T3	100 mg l^{-1}	02/01/19	Estado J
T4	100 mg l^{-1}	15/02/19	Postcosecha
T5	0 mg l^{-1}	Control	



Figura 5.4: Aplicación foliar de 100 ppm de AG₃ con pulverizadora manual (izquierda) y punto de goteo (derecha).

5.4.2. *Evaluaciones realizadas: intensidad de floración y cuajado de frutos en ciruelo d’Agen*

Para evaluar el efecto sobre las plantas, en el invierno se seleccionaron cuatro ramas por planta de tamaño similar, distribuidas en los cuatro cuadrantes de la copa y a una altura uniforme de aproximadamente 1,5 m. Se midió la longitud total de las mismas y su diámetro en el punto de inserción, considerando como tal el punto a partir del cual se realizaron los recuentos de las estructuras reproductivas. Para ello, se utilizó un calibre digital SCHWYZ. En la primavera del mismo año, se hicieron recuentos semanales de las estructuras reproductivas (flores y frutos), y los datos se expresaron como número de flores por cm² de sección transversal de la rama. Para cada periodo comprendido entre fechas de observaciones, se calculó la tasa relativa de caída de frutos (TRCF) según Hunt (1990), $TRCF = \frac{\ln(F1) - \ln(F2)}{\text{Tiempo 2} - \text{Tiempo 1}}$, siendo F1 y F2 el N° de frutos por rama observados en el tiempo 1 y 2, respectivamente. El cuajado de frutos se expresó en forma porcentual relacionando el número de frutos al final del período de caída de los mismos sobre el número máximo de flores cuantificado en cada rama seleccionada. Para la determinación de los estadios fenológicos se utilizó la escala de frutales de carozo de Baggiolini (Cancio y Tassara, 2017; IDR, 2020) (Figura 5.5).



Figura 5.5: Escala fenológica utilizada en ciruelo “d’Agen” según Baggiolini (Cancio y Tassara, 2017; IDR, 2020).

5.4.3. *Parámetros evaluados previos a la cosecha en ciruelo d’Agen*

El 10 de febrero de 2020 se llevó a cabo la cosecha manual de todos los tratamientos una vez que los frutos alcanzaron el grado de madurez óptimo. Como parámetros para determinar el inicio de la

cosecha se tomó el contenido de sólidos solubles de 22 °Brix, los cuales se midieron mediante un refractómetro digital Arcano DBR0045nD, y una firmeza de pulpa de 3-4 libras por pulgada cuadrada, medidas a través de un penetrómetro Turoni FT327 con una punta de acero de 5/16 pulgadas (8 mm).

5.4.4. Mediciones realizadas en postcosecha en las temporadas evaluadas

El mismo día de la cosecha en cada planta se registró el peso total (PT) de las ciruelas.

Posteriormente, se pesaron 100 frutos al azar (PM) utilizando una balanza de 150 kg (marca Moretti). Con los datos obtenidos se determinó indirectamente el número de frutos por planta (NFP) a través de la siguiente ecuación:

$$NFP = (PT * 100) / PM$$

Para la determinación de los calibres comerciales se tomaron 3 muestras al azar de 1 kg cada una por árbol tratado, se contó el número de frutas y se clasificaron de acuerdo a la tabla en fresco del Comité de Exportadores de Ciruela de Mendoza (CECIM, datos no publicados) (Tabla 2). En cada unidad experimental, se tomó al azar una submuestra de 50 frutos en la que se midió el calibre individual de los mismos (calibre digital SCHWYZ), de modo de estimar la distribución de los diámetros. Estas evaluaciones se realizaron en el laboratorio de la EEA-RAMA CAIDA (San Rafael- Mendoza).

Tabla 2: Clasificación por tamaño de las unidades de ciruela fresca contenidas por kilogramo (CECIM, datos no publicados).

Unidades de CIRUELAS FRESCAS por kilogramo				
Se denomina	Grande	Mediana	Chica	Industrial
Un/kg	< 34	35-48	49-62	63

5.4.5. Diseño experimental

Se utilizó un diseño en bloques completamente al azar, con 5 repeticiones por tratamiento, utilizando un total de 25 plantas para el experimento 1; por lo tanto, la unidad experimental fue el árbol. El factor de bloqueo fue el riego (línea de plantación). Se realizó una pre selección de las plantas, donde

se midió el perímetro del tronco a todos los árboles a 20 cm por encima del injerto utilizando un centímetro, y se seleccionaron los árboles que tuvieron $46,6 \pm 5,6$ cm. Luego de tener los 25 árboles seleccionados se sortearon al azar los 5 tratamientos dentro de cada bloque y se identificaron.

5.4.6. Análisis estadístico

Para evaluar el efecto de los tratamientos sobre las diferentes variables observadas y/o cuantificadas se realizó el Análisis de la Varianza (ANOVA) correspondiente, verificando los supuestos de normalidad, independencia de errores; realizando los ajustes de funciones cuando fue necesario (Balzarini *et al.*, 2017). Para la comparación de las medias se utilizó el test DGC con un nivel de significancia del 5%, y el software INFOSAT, con el vínculo activado al programa R para el procesamiento de los datos. Las variables “Tasa relativa de abscisión de frutos” y “Evolución de la retención de flores y frutos”, fueron analizadas como medidas repetidas en el tiempo. (Balzarini *et al.*, 2017).

Para la evaluación de tamaño de fruto (calibre y peso) se realizaron análisis clásicos de Regresión lineal, utilizando como variable dependiente el peso de fruto y como variable independiente el calibre. Para la relación peso y carga frutal, se utilizó como variable dependiente el peso y como independiente la variable carga frutal. Para las variables productivas (cuaje y densidad floral; densidad floral y carga frutal) se realizó el mismo procedimiento. Como indicador de ajuste de los modelos se calculó el coeficiente de determinación (R^2).

5.5. Metodología del experimento 2

5.5.1. Influencia de la dosis de giberelina sobre la inducción floral (temporada 2019/20)

Para este ensayo se utilizó el estadio fenológico más efectivo, el que fue determinado en el experimento 1. Los tratamientos consistieron en rociar las plantas mediante un pulverizador manual (mochila) durante el inicio del endurecimiento del carozo (Estado H), el 1 de noviembre de 2019, con 4 dosis: 0, 25, 50, 75 y 100 mg l⁻¹ de ácido giberélico (Tabla 3). Se utilizaron los mismos procedimientos de aplicación y fuente de ácido giberélico del experimento 1.

Tabla 3: Tratamientos evaluados en el año 2 (temporada 2019/20), determinación de dosis de AG3 y estadio fenológico de aplicación más adecuado.

Tratamiento	Dosis de AG ₃ (mg.l ⁻¹)	Fecha aplicación	Estadio fenológico H*
T1	25	01/11/2019	IEC *
T2	50	01/11/2019	IEC *
T3	75	01/11/2019	IEC *
T4	100	01/11/2019	IEC *
T5	0	01/11/2019	IEC *

* Inicio de endurecimiento del carozo

5.5.2. *Intensidad de floración y cuajado de frutos en ciruelo d'Agen*

El procedimiento empleado para la determinación de las variables fue el mismo que en el experimento 1 (5.4.2).

5.5.3. *Parámetros evaluados previos a la cosecha en ciruelo d'Agen*

El 15 de febrero de 2021 se llevó a cabo la cosecha manual de todos los tratamientos una vez que los frutos alcanzaron el grado de madurez óptimo, al igual que lo explicado en el experimento 1 (5.4.3).

5.5.4. *Mediciones realizadas en postcosecha en las temporadas evaluadas*

Se utilizaron los mismos procedimientos remitidos en la sección correspondiente al experimento 1 (5.4.4).

5.5.5. *Diseño experimental*

Se utilizó el mismo diseño experimental que en el experimento 1, aunque se seleccionaron otras plantas con el mismo criterio especificado en el ensayo anterior (5.4.5).

5.5.6. *Análisis estadístico*

Para el ANOVA, las dosis evaluadas en los tratamientos fueron tomadas como factor, solo se compararon entre esas dosis fijas, de esta manera, el análisis de las variables analizadas se realizó de la misma manera que lo explicado para el experimento 1 (5.4.6).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Resultados del experimento 1

6.1.1. Efecto de los estadios fenológicos de aplicación de giberelinas sobre la intensidad de floración (temporada 2018/19)

A través del ANOVA, se comprobó que la aplicación de 100 ppm de AG₃ solamente fue efectiva durante el estadio fenológico H, (estadio fenológico de inicios de endurecimiento del carozo - 5 semanas DDPF), momento en que causó una drástica reducción en la densidad de floración (-91,7%). Por otro lado, los demás estadios de aplicación de giberelinas no afectaron la densidad de floración en comparación al control (Figura 6.1).

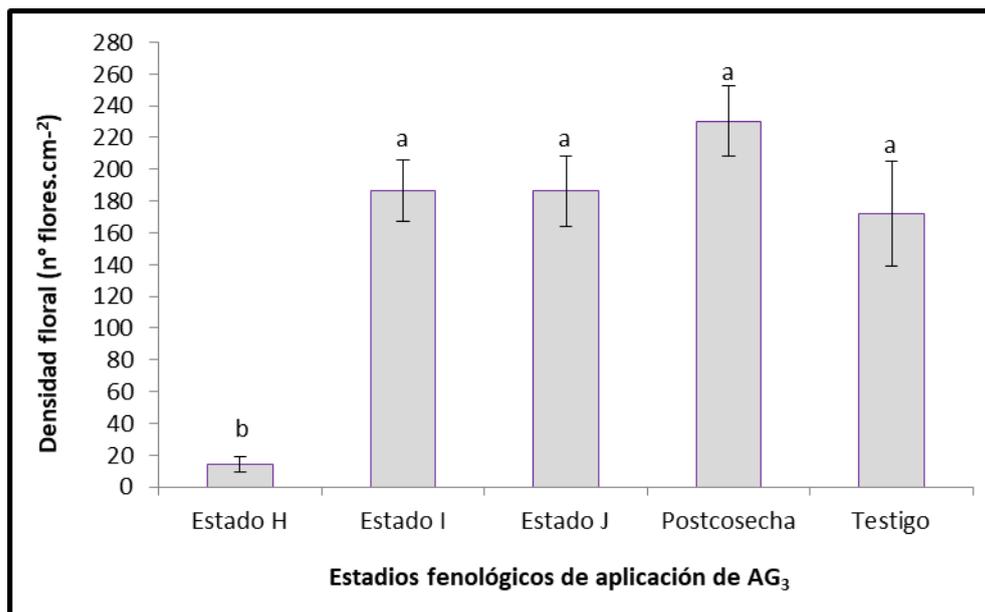


Figura 6.1: Densidad floral (flores.cm⁻²) del ciruelo “d’Agen” en función de los distintos estadios fenológicos de aplicación de ácido giberélico (AG₃) a una dosis de 100 ppm, realizadas durante la estación de crecimiento previa. Medias con letras distintas indican diferencias significativas, DCG $p < 0,05$. Las líneas verticales sobre cada barra indican el error estándar.

Estos resultados estarían indicando que el estadio fenológico H de aplicación del ácido giberélico corresponde con el momento de inducción floral del cv. “d’Agen”, ya que permitió una reducción casi total de la floración en la temporada siguiente. La giberelina (AG₃) parece capaz de reducir el número de yemas florales, inhibiendo la transición de los ápices meristemáticos desde la

fase vegetativa a la fase floral cuando se aplica antes de la diferenciación floral (Andreini y Bartolini, 2008). Estos resultados concuerdan con los obtenidos en ciruela europea cv. “Opal”, donde la aplicación del ácido giberélico 5 semanas después de plena floración (DDPF) resultó ser la fecha más eficaz para reducir la floración a una concentración de 50 y 100 ppm (Meland *et al.*, 2013).

En los restantes estadios fenológicos de aplicación, las AG₃ no fueron efectivas en reducir la floración, lo cual estaría indicando que la inducción floral ya habría sucedido, y los ápices ya se encontrarían en etapas más avanzadas de la diferenciación floral. La giberelina sólo es efectiva cuando se aplica antes o durante el proceso de inducción floral, mientras que no produce efectos durante la diferenciación floral (Chaveli López, 2020).

6.1.2. Evolución de la retención de las estructuras reproductivas para los distintos estadios fenológicos de aplicación del producto

La evolución de las estructuras reproductivas del ciruelo en los diferentes tratamientos a lo largo de la temporada de crecimiento mostró un patrón diferencial en el tratamiento del estado H de aplicación de giberelina (Figura 6.2), presentando una mayor caída de sus estructuras de manera anticipada con respecto al resto de los tratamientos y el testigo. Esto podría explicarse debido a que las giberelinas también afectan la diferenciación floral y la determinación sexual (Yu *et al.*, 2004). Esto determina que sea posible modificar la estructura floral y conducirla a flores femeninas o masculinas. Además, en este ensayo se decidió utilizar una dosis alta de giberelinas para asegurar su efecto y la determinación del momento de inducción.

En este caso podría suponerse que las giberelinas actuaron como masculinizantes, pudiendo haber anomalías en el ovario, lo que explica las caídas anticipadas en nuestro ensayo. Resultados similares han sido observados por otros autores, quienes encontraron altos porcentajes de pistilos dobles y triples en el momento de floración y una relación entre la giberelina exógena y las altas anomalías florales (García Pallas *et al.*, 2001; Reinoso *et al.*, 2002).

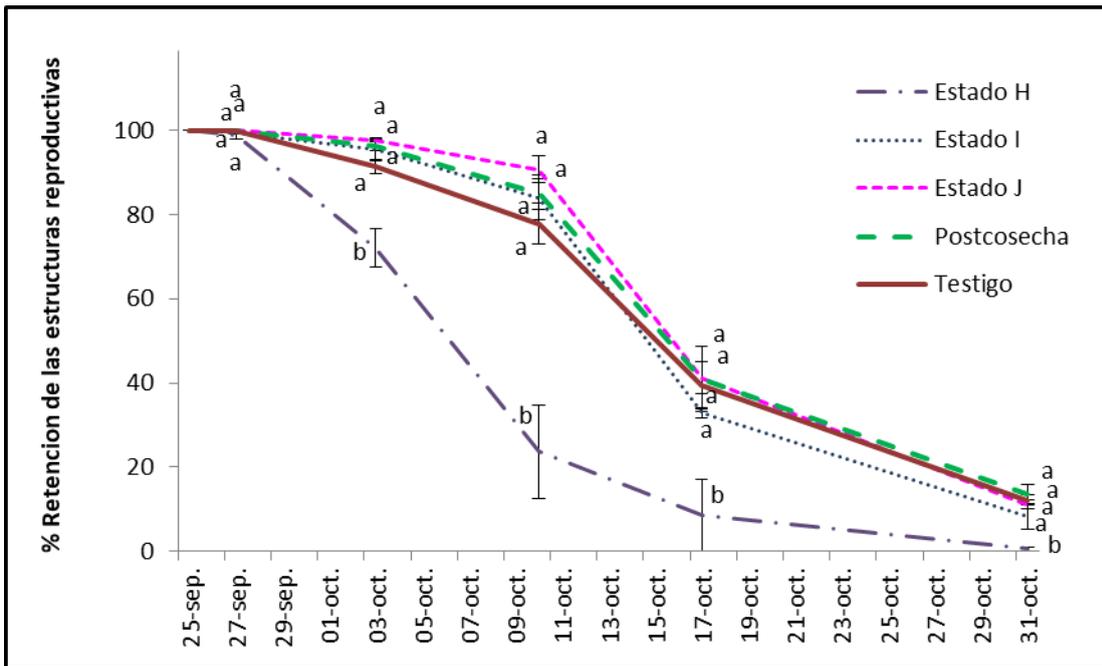


Figura 6.2: Evolución de la retención (%) de estructuras reproductivas del ciruelo “d’Agen” para distintos estadios fenológicos de aplicación de ácido giberélico tendientes a reducir la densidad de floración. La aplicación hormonal se realizó en diferentes estadios de la estación de crecimiento previa.

6.1.3. Evolución de la tasa relativa de abscisión de frutos en función de los tratamientos

En general, en todos los estadios de aplicación de giberelinas y en el testigo la tasa de abscisión aumentó bruscamente luego de la observación del 10/10, alcanzando el valor máximo en la fecha del 17/10, pero manteniéndose elevada hasta finales de octubre (Figura 6.3). Además, se observó que para la aplicación realizada durante el estado H se anticipó el momento de mayor abscisión con respecto a los demás estadios fenológicos y el testigo, aunque las caídas de este tratamiento son menores debido a que en la figura se muestran valores absolutos (Figura 6.3). La aplicación de AG₃ podría haber tenido un efecto de intensificación de las caídas 1 y 2 por producir flores disfuncionales. Las caídas 1-2 se producen en flores mal formadas, no polinizadas o polinizadas tardíamente (Podestá, 2007). Como la aplicación de AG₃ produjo flores mal formadas, entonces esas flores no fueron polinizadas y se cayeron anticipadamente.

En general, el momento de mayor tasa de caída de frutos coincidió con la fase I o etapa del crecimiento exponencial del fruto, y el estado fenológico de brotación en la planta.

Estas evidencias estarían demostrando una competencia de los frutos en desarrollo entre sí, y con el inicio del crecimiento vegetativo (Reginato y Ojer, 2001). Esto concuerda con las caídas fisiológicas, existiendo tres caídas naturales y una cuarta en precosecha. La primera y la segunda se dan siempre con intensidades variables según especie y otros factores, mientras que la tercera caída se da en algunos casos, estando influenciadas por la competencia entre los frutos por los recursos. La primera caída se produce al momento de la caída de pétalos, en este caso se produce la abscisión de flores defectuosas o no fecundadas, y una segunda caída por una fuerte influencia hormonal y nutricional, frutos débiles o malformados. (Gil Albert Velarde, 1991; Podestá, 2007).

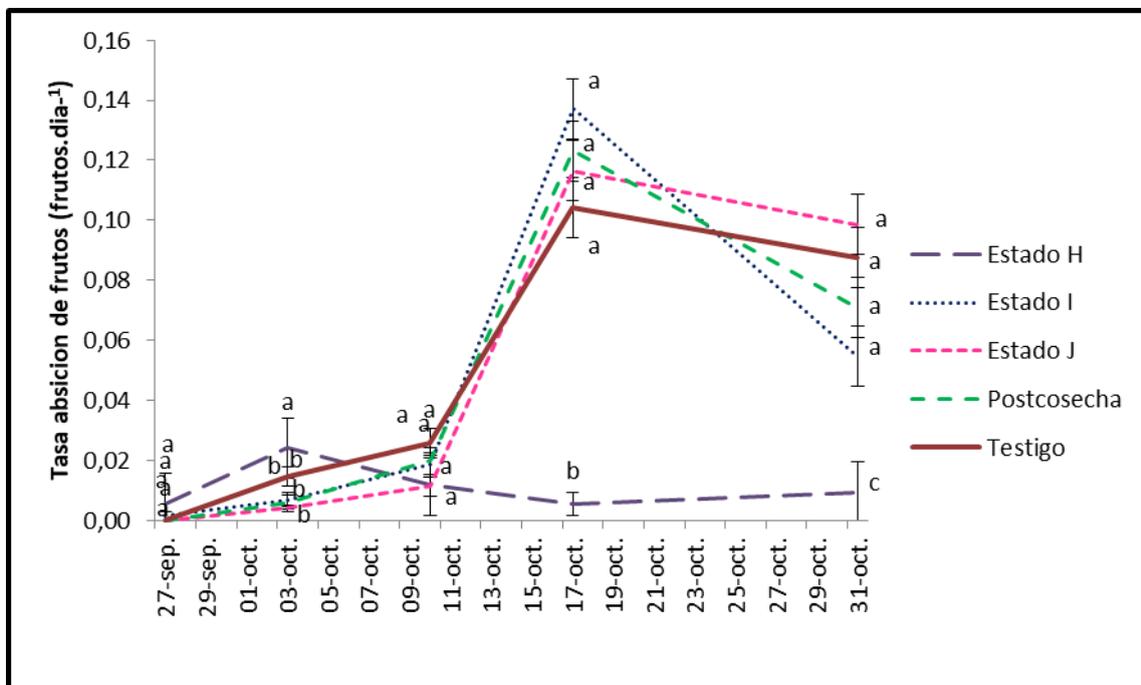


Figura 6.3: Evolución de la tasa relativa de abscisión de frutos (frutos.día⁻¹) desde plena floración del ciruelo “d’Agen” en función de diferentes estadios fenológicos de aplicación de ácido giberélico durante la estación previa de crecimiento.

6.1.4. Cuajado de los frutos para los estadios fenológicos de aplicación de giberelinas

Con relación al porcentaje de frutos cuajados, se observaron diferencias significativas entre los estadios fenológicos de aplicación con respecto al testigo. Los dos primeros estadios de aplicación de giberelinas mostraron diferencias entre sí y con el resto de los tratamientos (Figura 6.4). El estadio fenológico H presentó un cuajado casi nulo, mientras que el estado I mostró valores inferiores

en torno al 35%. Estas diferencias pueden ser atribuidas a lo explicado anteriormente, en cuanto al mecanismo de acción de las giberelinas. Sin embargo, en el estado I de aplicación, a diferencia de la primera, no se observaron diferencias en la reducción de la floración (Figura 6.1), pero sí en el cuajado final de frutos.

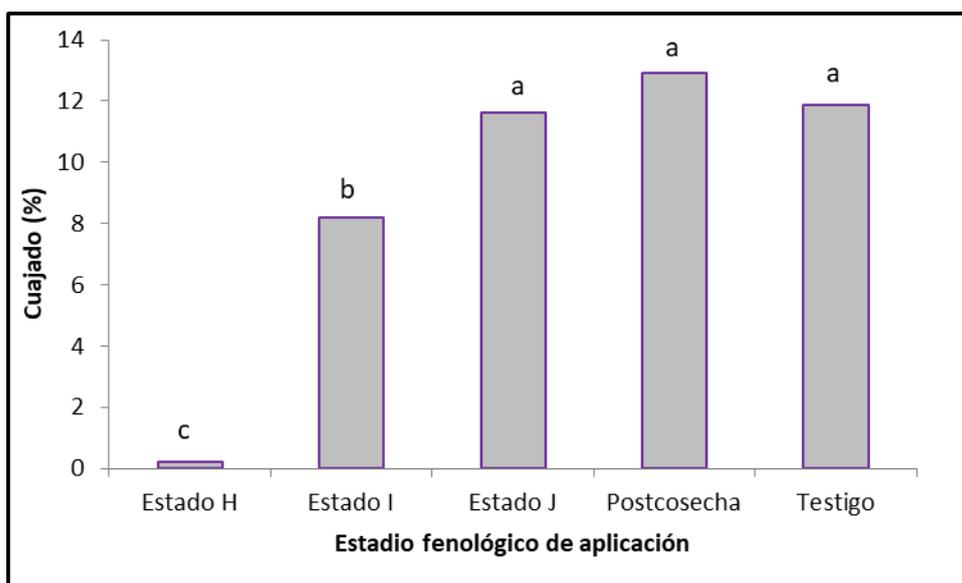


Figura 6.4: Cuajado de frutos (%) del ciruelo “d’Agen” en función de los distintos de tratamientos con ácido giberélico (AG_3) con la finalidad de reducir la densidad de floración al año siguiente. Medias con letras distintas indican diferencias significativas, DCG $p < 0,05$. Los tratamientos de ácido giberélico se realizaron en la estación de crecimiento previa.

6.2. Productividad y calidad de los frutos en los distintos estadios fenológicos de aplicación del producto

6.2.1. Efecto de los tratamientos sobre el calibre en los frutos

La aplicación de giberelinas durante el estadio fenológico H (inicios endurecimiento del carozo) mejoró el calibre de frutos a cosecha de la planta (Fig. 6.5). La prueba de comparación de medias mostró diferencias estadísticamente significativas para el estadio fenológico H de aplicación respecto a los estadios restantes y el testigo.

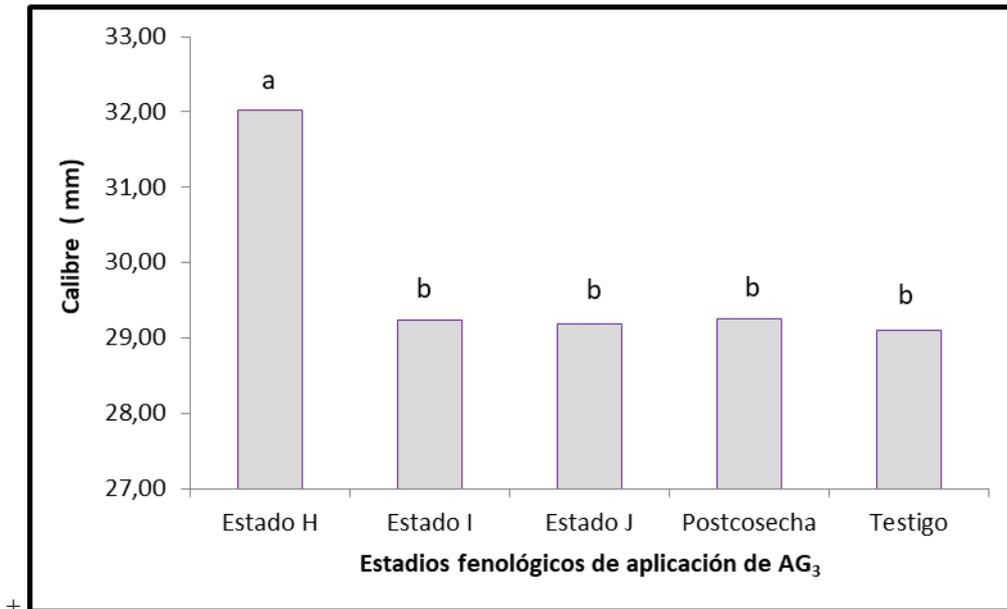


Figura 6.5: Calibre promedio (mm) de los frutos cosechados según estadios fenológicos de aplicación del ácido giberélico (AG_3) durante la estación previa de crecimiento. Medias con letras distintas indican diferencias significativas, DGC $p < 0,05$

El calibre final de un fruto depende del tamaño y número de células que contenga, siendo este último el más determinante (Bergh, 1990, Gil Salaya, 1992). Si el raleo se realiza dentro del periodo de división celular del fruto puede promover un mayor número de células determinando frutos potencialmente de mayor tamaño (Reginato y Ojer, 2011). Por su parte, Arjona (2007) afirmó que el raleo debe efectuarse lo más temprano posible, para que la respuesta sea mayor. La inhibición de la floración representa disminuir la competencia entre estructuras reproductivas desde su inicio, de esta manera, la aplicación de ácido giberélico permitió reducir la competencia al disminuir el número de flores y el número de frutos en la planta, promoviendo la división celular de los frutos restantes, y aumentando la potencialidad de obtener frutos de mayor tamaño. Sin embargo, la competencia se disminuye durante todo el periodo de crecimiento de los frutos. Por lo tanto, se contempla también la etapa III o de expansión celular, momento en que tiene lugar un crecimiento rápido del mesocarpo que promueve un rápido incremento en el tamaño y peso del fruto. Si bien el tamaño de los frutos depende de muchos factores, se reconoce ampliamente que existe una relación inversa entre el número de frutos por árbol y el tamaño final de los mismos (Arjona, 2007).

Según el Comité de Exportadores de Ciruela de Mendoza (CECIM) se denomina calibre “Mediano” a 35/48 unidades de ciruela fresca por kg. A partir de estos resultados, se puede observar que la aplicación de giberelinas durante el estado H permitió mejorar el calibre de los frutos con respecto a los demás estadios y al testigo, presentando diferencias estadísticamente significativas. A continuación, se presentan las unidades de ciruelas frescas contenidas en un kilogramo de fruta obtenida en función de los tratamientos, utilizando la clasificación CECIM (Tabla 4).

Tabla 4: Clasificación de las unidades de ciruelas frescas del cv. “d’Agen” por kilogramo, en función de los tratamientos de aplicación de AG₃.

Unidades de CIRUELAS FRESCAS por kilogramo				
	Grande	Mediana	Chica	Industrial
Tratamientos/Un.kg ⁻¹	< 34	35-48	49-62	>63
Estado H		45 a		
Estado I				63 b
Estado J			59 b	
Postcosecha			58 b	
Testigo			62 b	

Enfocando el análisis en el estadio fenológico H de aplicación del producto, la relación entre el calibre y el peso promedio de los frutos cosechados fue positiva, a mayor peso de los frutos mayor fue el calibre o diámetro de los mismos (Figura 6.6).

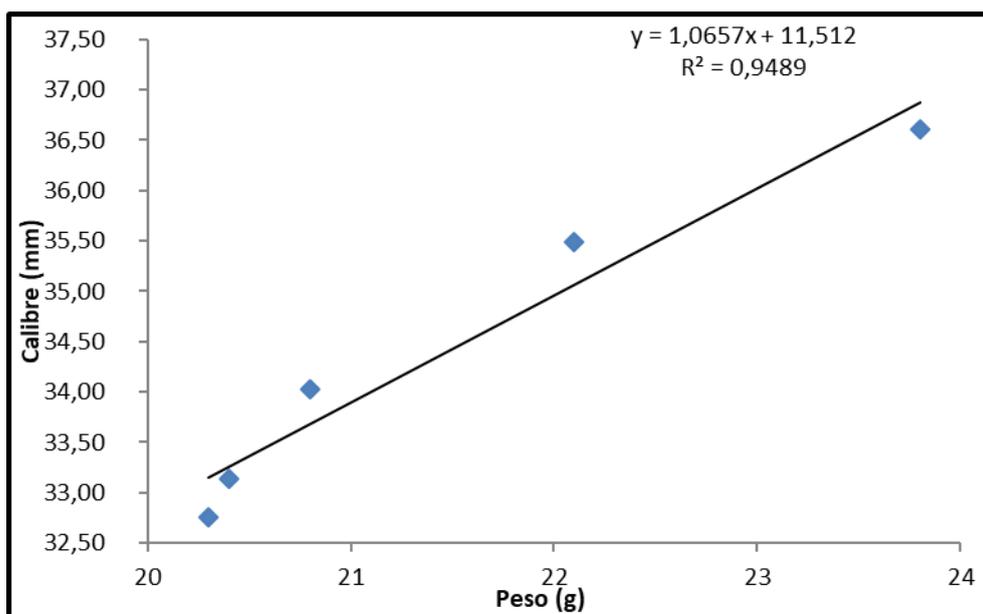


Figura 6.6: Relación entre calibre (mm) y peso (g) promedio de los frutos cosechados del cv. “d’Agen” durante el estadio fenológico H de aplicación del ácido giberélico (AG₃).

6.2.2. Productividad de la ciruela “d’Agen” en los distintos tratamientos

A través de un ANOVA, se comprobó que existen diferencias significativas en los distintos componentes del rendimiento. Asimismo, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, con un $\alpha=0,05$ (Tabla 5).

Tabla 5: Componentes del rendimiento del cv. “d’Agen” en función de los tratamientos de estadios fenológicos de aplicación de giberelina (AG₃).

Estadios fenológicos	Nº frutos.pl ⁻¹	Nº frutos. cm ⁻² ASTT	Peso (g)	Kg.pl ⁻¹
Estado H	377,84 c	6,81 b	21,50 a	8,14 b
Estado I	2111,37 b	38,36 a	15,63 b	30,86 a
Estado J	2180,72 a	39,45 a	15,90 b	32,44 a
Postcosecha	2182,57 a	39,48 a	16,84 b	35,68 a
Testigo	2178,68 a	38,73 a	15,71 b	34,64 a

(Medias con letras distintas de cada columna indican diferencias significativas entre tratamientos aplicados, DGC $p < 0,05$)

El número de frutos por planta y el rendimiento obtenido en kg.pl^{-1} fueron significativamente menores en el estadio fenológico H en relación al resto de los tratamientos.

Debido a la gran reducción en la densidad de floración, la carga de frutos de la planta se redujo, lo que permitió incrementar el tamaño de los frutos, pero comprometiendo la productividad con la dosis de 100 ppm, es decir, no compensa la gran reducción en la producción por planta. El peso de los frutos mostró una tendencia similar a la que se dio para la variable calibre, con un mayor peso individual en el estadio fenológico H de aplicación respecto a los demás tratamientos, aunque estos cambios no fueron suficientes para compensar la importante pérdida de rendimiento. En durazno cv. "Loadel", aplicaciones de AG_3 a una dosis de 100 ppm en junio (hemisferio norte) permitieron aumentar el peso y diámetro de sus frutos (Soutwick *et al.*, 1995b). Al igual que investigaciones en la misma variedad de durazno, no hubo diferencias en el rendimiento respecto al testigo, pero sí se observaron frutos de mayor peso con aplicaciones del producto (Southwick *et al.*, 1997a). Coneva y Cline (2006), también encontraron menor carga de frutos y rendimientos en árboles de durazno tratados con AG_3 en comparación al control, y tuvieron un mayor tamaño medio de fruta. En damasco cv. "Patterson" el rendimiento por árbol se redujo con aplicaciones de 100 ppm de ácido giberélico y se registraron aumentos en el peso promedio de los frutos (Soutwick y Fritts, 1995; Soutwick y Yeager, 1995; Southwick *et al.*, 1995a). El mismo patrón se observó en nectarinas y cerezas, con dosis de 100 ppm, tanto el número de frutos como el rendimiento se vieron reducidos significativamente, pero con aumentos en el diámetro de sus frutos (Lenahan *et al.*, 2006; Gonzales-Rossia *et al.*, 2007; Stern y Ben-Arie, 2009).

En ciruela de la variedad "Opal" y ciruelo japonés "Black Diamond" y "Black Gold", aplicaciones de 100 ppm a las 5 semanas después de plena floración (DDPF), redujeron el rendimiento de la temporada siguiente en los árboles tratados y en comparación con el control. (Gonzales-Rossia *et al.*, 2006; Meland *et al.*, 2013).

En cuanto a los resultados obtenidos expresando la carga frutal como número de frutos por unidad de ASTT (área de sección transversal de tronco), se observó el mismo comportamiento que el número de frutas por planta.

Con respecto al peso de los frutos, se observó una respuesta lineal negativa con la carga de frutos por árbol (Figura 6.7), con un r^2 de 0.6952. Al igual que en ciruelo japonés, se observó que a medida que aumentó la carga frutal el peso del fruto disminuyó, dada la alta demanda de fotoasimilados (Rojas, 2015). Numerosos trabajos coinciden con estos resultados; es así como en distintas variedades de duraznos a medida que se incrementó la carga frutal, se lograron aumentos en la producción total, aunque con disminuciones en el peso medio de los frutos (Ojer y Reginato, 2002; Ojer *et al.*, 2009). Este efecto también fue observado en damascos cv. “Patterson”, “Castlebrite”, “Robada” y “Supercot” (Rojas, 2011) y en nectarinas “Crimson Gold” (García Pallas *et al.*, 2001).

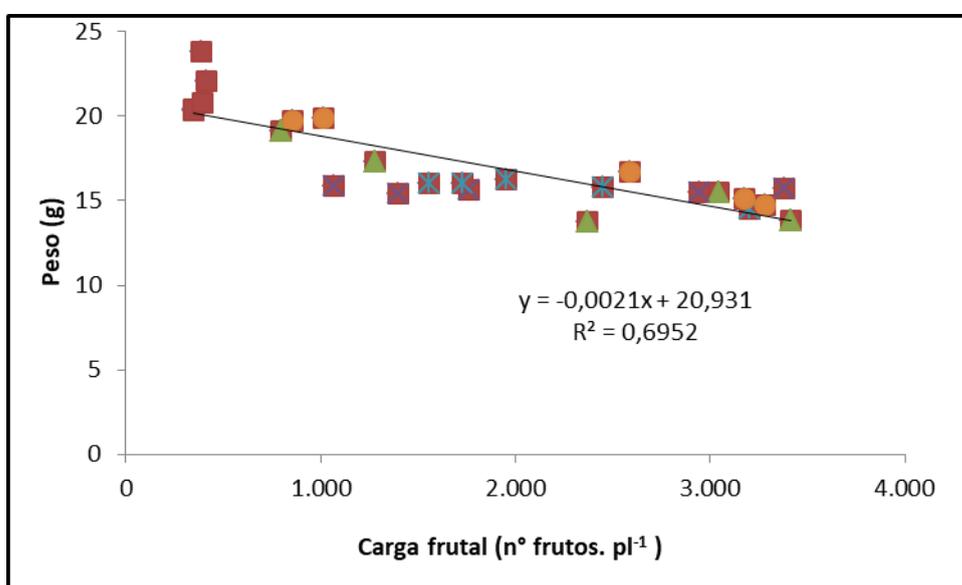


Figura 6.7: Relación entre el peso de los frutos (g) y la carga frutal (nºfrutos. pl⁻¹) en ciruelo “d’Agen” para los distintos estadios fenológicos de aplicación del producto.

6.3. Resultados del experimento 2

6.3.1. Efecto de las dosis de giberelinas sobre la intensidad de floración (temporada 2019/20)

A través del ANOVA, se comprobó que la aplicación de distintas dosis de ácido giberélico en el estadio fenológico H (inicios de endurecimiento del carozo) mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,0001$) en la reducción de la floración del año siguiente, entre los tratamientos y el testigo, con un $\alpha = 0,05$.

La reducción de la floración se hizo más notoria con el aumento de la dosis de giberelina

(Figura 6.8), La dosis más baja (25 ppm) causó una reducción de la floración cercana al 60%. Las dosis más elevadas, de 75 ppm y 100 ppm no difirieron entre sí y causaron una elevada reducción en la densidad de floración en comparación con los demás tratamientos y el testigo. Con respecto a la densidad floral observada en el testigo durante esta temporada, la misma fue alta, considerando le precede un año de elevada carga (primera temporada), de esta manera se obtiene una fuerte evidencia que demostraría que el cultivo de ciruelo “d’Agen” no manifestó ser una planta vecera, aunque estos datos deben confirmarse con mayores observaciones en el tiempo.

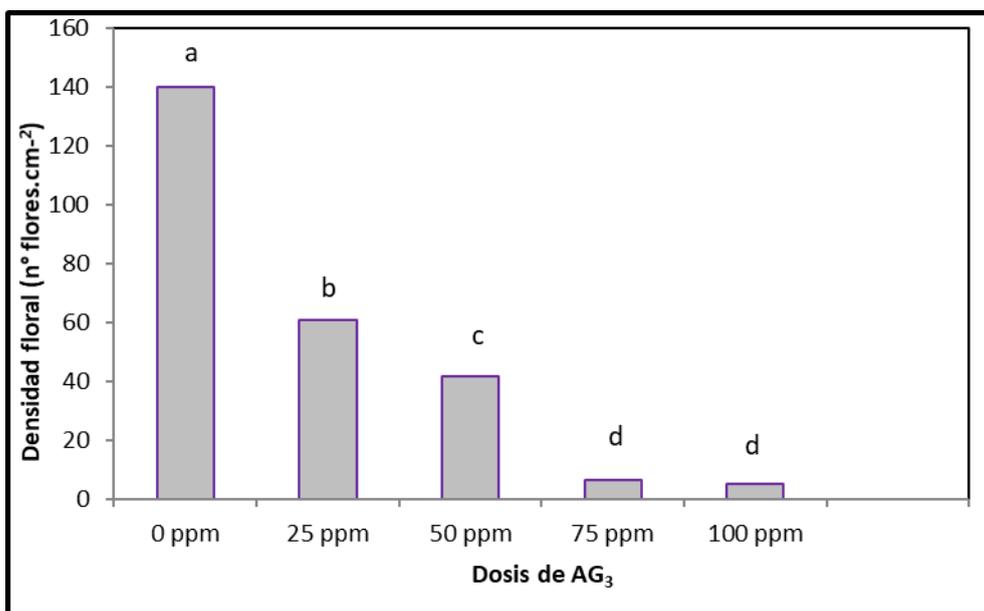


Figura 6.8: Densidad floral (flores.cm⁻²) del ciruelo “d’Agen” en función de las distintas dosis de aplicación de ácido giberélico (AG₃), realizadas durante la estación de crecimiento previa, al momento de inicio de endurecimiento del carozo (Estado H). Medias con letras distintas indican diferencias significativas, DGC p < 0,05

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por diferentes autores, donde aplicaciones crecientes de AG₃ causan una reducción proporcional en la densidad floral. De este modo, en ciruelos japoneses las aplicaciones de AG₃ a dosis de 25, 50, 75 y 100 ppm resultaron eficaces para inhibir la floración y reducir el número de flores del año próximo. La floración se redujo entre un 75 a 90% para dosis de AG₃ de 75 ppm o superiores aplicadas 106 días después de la antesis, previo a cosecha (Gonzales-Rossia *et al.*, 2006). En ciruela japonesa “Friar” y “Black Amber”, la aplicación de AG₃ a una dosis de 59,3 y 118 g ha⁻¹ durante la primera y segunda quincena de junio (hemisferio norte- 18 días previos a la cosecha) permitió reducir el número de flores.cm⁻² en la temporada siguiente

(Southwick y Fritts, 1995). También en duraznero, Giovanaz *et al.* (2016), demostraron que aplicaciones a los 60 días DDPF, permitieron disminuir el número de flores, reducir el tiempo requerido para el raleo manual en función del aumento en las concentraciones de giberelina. Estudios similares de aplicaciones de giberelinas también observaron disminuciones en el número de flores en la temporada siguiente, con marcada variación a mayores dosis empleadas y en función de los tiempos de aplicación (Southwick *et al.*, 1995b; Taylor y Geisler-Taylor, 1998; Coneva y Cline, 2006; Gonzales-Rossia *et al.*, 2007). En nectarinas cvs. “May Fire” y “May Glo”, con dosis de 118 ppm, se redujo en un 25-40% la floración en la temporada siguiente (Southwick y Fritts, 1995). En nectarinas del cv. “Zincal”, aplicaciones de AG₃ de 100 ppm mostraron una reducción del 65% en el número de flores con respecto al testigo, mientras que una dosis de 50 ppm redujo la floración en duraznero “Springlady” en un 50% respecto al control. En otras variedades de nectarinas se encontró una reducción en la densidad floral acorde al aumento de la concentración de AG₃ (García-Pallas *et al.*, 2001; Stern y Ben-Arie, 2009). En cultivares de damasco y cereza, aplicaciones de ácido giberélico a 100 ppm redujeron la floración en el año siguiente (Southwick y Fritts, 1995; Southwick *et al.*, 1995a; Southwick *et al.*, 1997a; Lenahan *et al.*, 2006).

6.3.2. Evolución de la retención de las estructuras reproductivas para las distintas dosis de AG₃

La evolución de la retención de las estructuras reproductivas del ciruelo “d’Agen” en respuesta a las diferentes dosis de AG₃ a lo largo de la temporada de crecimiento mostró un patrón diferencial con respecto al testigo (Figura 6.9). En este último, las caídas fueron más graduales en el tiempo, mientras que las distintas dosis aplicadas de giberelina acentuaron la caída relativa de sus flores/frutos en función del tiempo, con respecto al testigo y de manera proporcional a la dosis aplicada. Sin embargo, las dosis más bajas se acercan al testigo hacia el final del período de análisis con una retención relativa de frutos similar (Figura 6.9). De este modo, las giberelinas reducen la floración y además, las dosis más elevadas (75-100 ppm) acentúan las caídas de frutos. Esto podría explicarse debido a que las giberelinas inducen la formación de elementos florales y pueden afectar la determinación sexual, tal como fue explicado anteriormente en el primer año (Yu *et al.*, 2004).

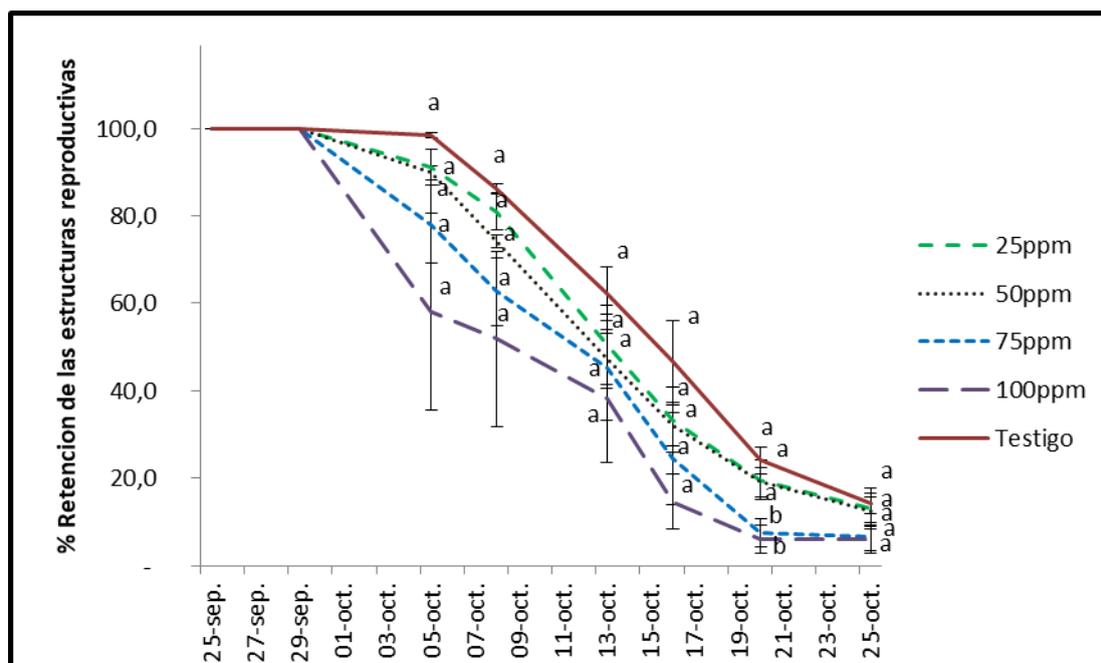


Figura 6.9: Evolución de la retención (%) de estructuras reproductivas del ciruelo “d’Agen” para distintas dosis de ácido giberélico tendientes a reducir la intensidad de floración. La aplicación hormonal se realizó en la estación de crecimiento previa en el momento de endurecimiento del carozo. Evolución de la tasa de abscisión de frutos para las distintas dosis de AG₃

Con respecto a la evolución de la tasa relativa de abscisión (TRA) de estructuras reproductivas a través del tiempo, se observaron diferencias entre las dosis de aplicación del producto. En general, en las dosis de aplicación de 25 y 50 ppm de giberelina, y en el testigo, la mayor tasa de abscisión se produjo a mediados de la temporada, aproximadamente el 17/10, mientras que en las dosis de 75 y 100 ppm se anticipó (Figura 6.10). Esta fecha de mediados de octubre coincide con la fase I o etapa del crecimiento exponencial del fruto y el estado fenológico de brotación y máxima expansión foliar en la planta, determinando una competencia de los frutos en desarrollo. Otros factores que han incidido en la planta son la presencia de temperaturas elevadas y viento zonda durante el periodo de floración, los cuales afectan la fecundación de las flores. En las dosis de 75 y 100 ppm la mayor tasa de abscisión se dio entre el 7/10 y 9/10, presentando un adelanto de una semana con respecto a los demás tratamientos. También es notoria la disminución de la caída de frutos en el tratamiento de 50 ppm hacia el final del período de análisis, en comparación con el testigo y el tratamiento de 25 ppm. Con respecto a la mayor caída de mediados de octubre, la misma coincide con los datos del primer año, pudiendo determinarse en ambos casos el momento de mayor abscisión de frutos del cv “d’Agen”, lo cual resulta de importancia agronómica.

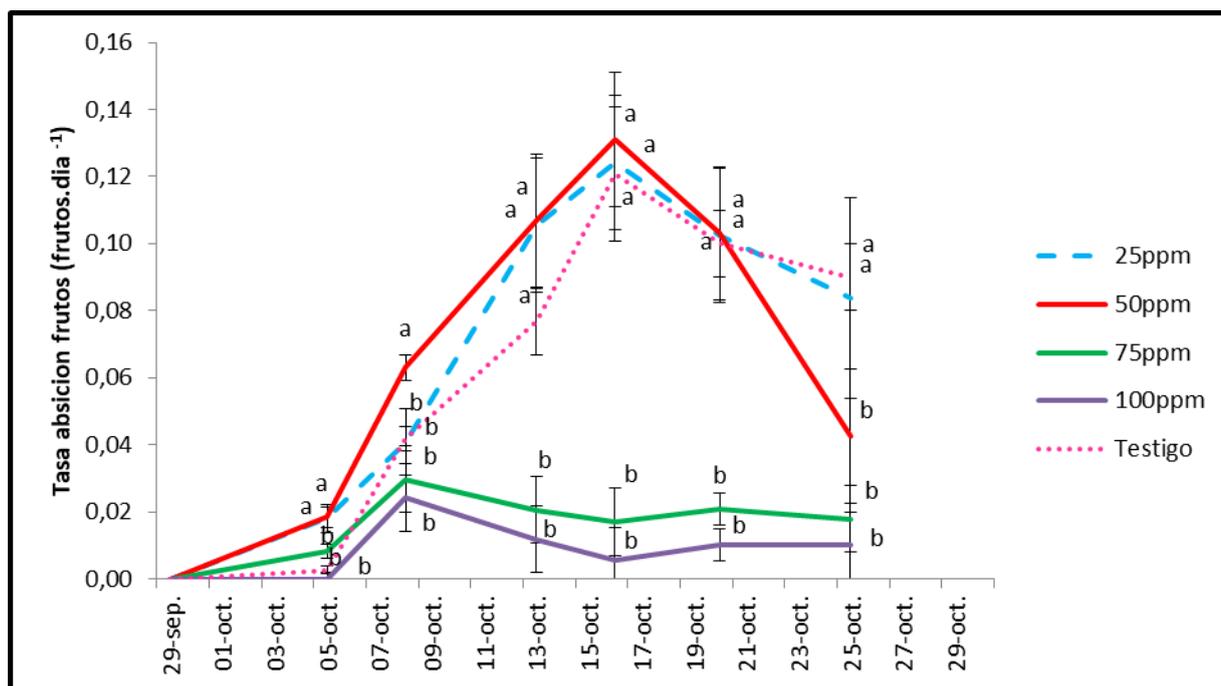


Figura 6.10: Evolución de la Tasa relativa de abscisión de frutos (frutos.día⁻¹) desde plena floración del ciruelo “d’Agen” en función de diferentes dosis de aplicación de ácido giberélico durante la estación previa de crecimiento. Flecha vertical violeta: caída de pétalos

6.3.3. Cuajado de los frutos para las distintas dosis del producto

Con respecto al cuajado promedio de frutos, se observaron diferencias significativas entre las diferentes dosis de giberelina (Figura 6.11). Las dosis más bajas, 25 y 50 mg. l⁻¹ y el testigo no presentaron diferencias significativas entre las mismas, pero si con respecto a las dosis más altas (75 y 100 mg. l⁻¹). En estas últimas, el cuajado se redujo drásticamente, lo cual puede ser atribuido al mecanismo de acción de las giberelinas; además, se reiteran los resultados observados durante el primer año. En damasco cv. “Patterson”, el cuajado de frutos no fue afectado por las aplicaciones de AG₃ (Southwick *et al.*, 1995a; Southwick *et al.*, 1997a). De la misma manera, en cerezo el cuajado no mostró diferencias significativas en sus respectivos tratamientos (Lenahan *et al.*, 2006). En cambio, en el ciruelo cv. “Opal” el cuajado de frutos del año siguiente se redujo significativamente para todos los tratamientos de AG₃ en relación al control (Meland *et al.*, 2013).

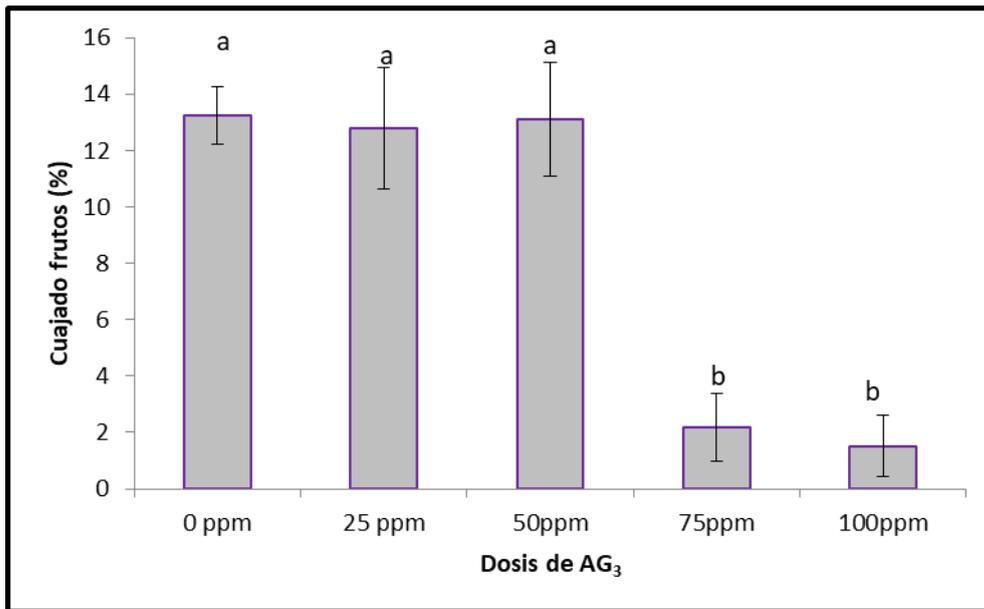


Figura 6.11: Cuajados de frutos (%) del ciruelo “d’Agen” en función de las distintas dosis de ácido giberélico con la finalidad de reducir la intensidad de floración al año siguiente. Medias con letras distintas indican diferencias significativas, DCG $p < 0,05$. Los tratamientos de ácido giberélico se realizaron al momento de endurecimiento del carozo en la estación de crecimiento previa.

6.4. Productividad y calidad de los frutos en función de las distintas dosis de AG₃

6.4.1. Efecto de las distintas dosis sobre el tamaño de los frutos

La prueba de comparación de medias para calibre de los frutos mostró diferencias estadísticamente significativas para las distintas dosis de aplicación del producto y el testigo (Figura 6.12). La dosis de 100 ppm de ácido giberélico, permitió un calibre promedio (32,01mm), seguido por las dosis de 75 ppm (31,28mm) y 50 ppm (31,14mm). De esta manera, mediante un oportuno raleo se reduce la competencia por carbohidratos entre los frutos que permanecen en el árbol, se dispone de mayores recursos, se promueve la división y el alargamiento celular y se asegura un adecuado tamaño comercial del fruto (Ben y DeJong, 2006). Cuando la competencia entre flores/frutos en crecimiento se reduce durante el periodo de división celular, el tamaño del fruto se incrementa por mayor número de células. El mayor tamaño de fruto se relaciona de manera positiva con un incremento en área foliar por fruto y negativamente con un incremento en el número de frutos (Parra *et al.*, 2014).

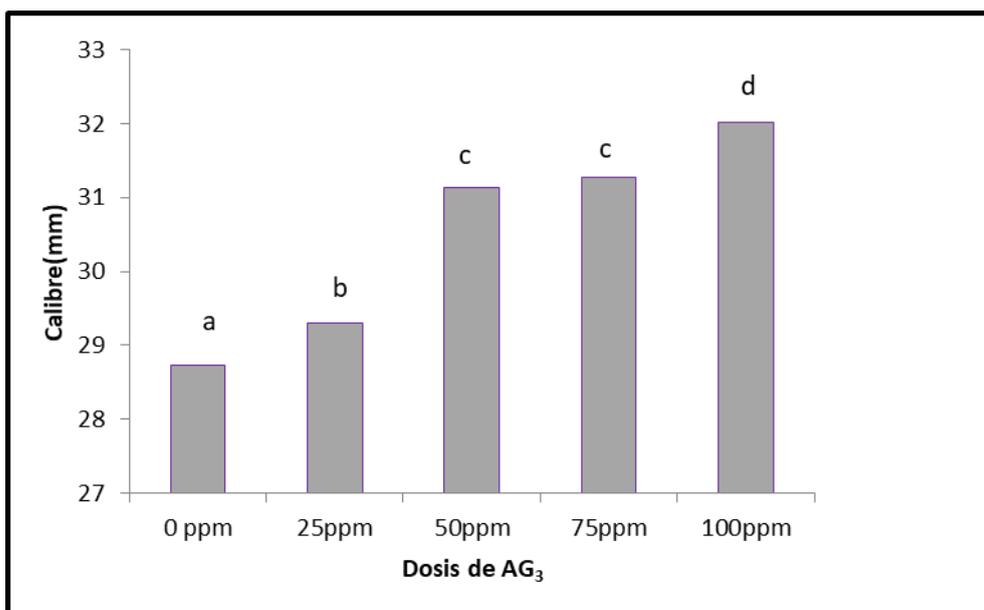


Figura 6.12: Calibre promedio (mm) de los frutos cosechados según diferentes dosis de aplicación del ácido giberélico durante la estación previa de crecimiento. Medias con letras distintas indican diferencias significativas, DGC $p < 0,05$

En función de las distintas dosis de aplicación y el testigo, y la clasificación de tamaño según el Comité de Exportadores de Ciruela de Mendoza (CECIM) de unidades de ciruelas frescas contenidas en un kilogramo de fruta; las dosis 100 ppm permitieron mejorar el tamaño del fruto con respecto a la dosis de 75 y 50 ppm, siendo a su vez estas de mayor tamaño con respecto a la menor dosis y el testigo (Tabla 6).

Tabla 6: Clasificación de las unidades de ciruelas frescas por kilogramos en función de las distintas dosis de aplicación de AG₃.

Unidades de ciruelas frescas por kilogramo				
	Grande	Mediana	Chica	Industrial
Tratamiento/ Un/kg	< 34	35-48	49-62	63
0 ppm			55 a	
25 ppm			54 a	
50 ppm		47 b		
75 ppm		46 b		
100 ppm		44 c		

6.4.2. Productividad de la ciruela “d’Agen” en los distintos tratamientos de dosis del producto

A través del ANOVA, se comprobó que existieron diferencias significativas en los componentes del rendimiento en función de las distintas dosis de ácido giberélico. Asimismo, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos con un $\alpha=0,05$ (Tabla 7).

Tabla 7: Componentes del rendimiento del cv. “d’Agen” en función de las distintas dosis de giberelinas aplicados en el estadio fenológico H (inicios de endurecimiento del carozo).

Dosis	N° frutos.pl ⁻¹	N° frutos cm ⁻² ASTT	Peso unitario (g)	Kg.pl ⁻¹
0 ppm	542,44 a	10.14 a	17,91 a	10,6 a
25 ppm	393,73 b	7.51 b	18,46 b	7,06 b
50 ppm	281,01 c	5.3 c	20,12 c	5,33 c
75 ppm	219,94 d	4.17 c	20,26 c	3,99 d
100 ppm	199,80 d	3.83 c	21,10 d	3,94 d

(Medias con letras distintas en cada columna indican diferencias significativas entre tratamientos, DGC $p < 0,05$)

Se obtuvieron diferencias significativas entre las distintas dosis de giberelinas aplicadas y el testigo en función del número de frutos por planta y el rendimiento. De esta manera, se observó que entre las dosis de 75 y 100 ppm no existieron diferencias significativas en cuanto a los componentes del rendimiento. Mientras que sí existieron entre las dosis de 25 y 50 ppm, y el testigo. Por lo tanto, puede establecerse que a mayor dosis de giberelina, mayor fue la reducción en el número de frutos por planta y en el rendimiento. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Giovanaz *et al.* (2016) quien probando la eficiencia del ácido giberélico en duraznos en diferentes momentos de aplicación, concluyó que con aplicaciones a los 60 DDPF el número de frutos y el rendimiento por planta se redujeron significativamente en la temporada siguiente con dosis crecientes del producto. Por el contrario, se lograron frutos de buen tamaño comercial sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos. En nectarinas “Crimson Gold”, el número de frutos y el rendimiento por planta mostraron una disminución lineal con concentraciones crecientes de AG₃. Por el contrario, el peso de los frutos se vio incrementado, logrando tamaños de buena calidad comercial (García-Pallas *et al.*, 2001). En otras

variedades de nectarinas y duraznos, las aplicaciones crecientes de ácido giberélico redujeron el número de frutos y el rendimiento por planta, pero con aumentos en el tamaño comercial de los frutos (Gonzales-Rossia *et al.*, 2007; Stern y Ben Arie, 2009). Al igual que en la ciruela japonesa “Black Diamond” y “Black Gold”, concentraciones crecientes de AG₃, de 25, 50, 75 y 100 ppm permitieron reducir el número de frutos por planta y el rendimiento, con incrementos en el tamaño final del fruto y el peso medio de los mismos (González Rossia *et al.*, 2006).

En durazno cv. “Loadel”, con aplicaciones de AG₃ de 50-75ppm en julio (hemisferio norte) no hubo diferencias significativas en cuanto al rendimiento y tamaño (Soutwick *et al.*, 1995b).

En cuanto a la carga frutal expresada como número de frutos cm⁻² de ASTT, los resultados siguieron la misma tendencia que en el caso del número de frutos por planta.

Por otra parte, los menores valores obtenidos en número de frutos y rendimiento por planta en comparación a los valores del primer año pueden explicarse debido a que los mismos fueron afectados por factores ambientales ocurridos durante la estación de crecimiento. Si bien es típico de la producción frutal estar sujeta a una serie de contingencias que restringen su potencial con diferente grado anualmente. Esto plantea la necesidad que las experiencias en frutales deban realizarse en mayor cantidad de temporadas a efecto de obtener resultados consistentes. En términos generales, la producción alcanzada en la mayoría de los montes frutales de ciruela en la provincia se vio afectada por eventos climáticos como temperaturas elevadas y viento zonda en plena floración, y temperaturas críticas como heladas primaverales tardías.

Teniendo en cuenta el estado fenológico en el cual se encontraba al momento de estas contingencias, la mayor parte de las especies de carozo (ciruelo) se hallaban en la sub fase más susceptible, que abarca desde plena floración hasta el cuajado de los frutos. De esta manera podrían explicarse los rendimientos disímiles observados entre los testigos de las dos temporadas evaluadas. En la segunda temporada se observó una disminución significativa en los componentes del rendimiento en comparación al testigo del primer año, lo cual puede ser explicado por las oscilaciones climáticas ocurridas durante la estación de crecimiento.

6.4.2.1. Diferencias en el tamaño de los frutos entre los años evaluados

El crecimiento de los órganos individuales de las plantas puede verse restringido por la capacidad de asimilación (limitación de la fuente) o de la capacidad por utilizar los asimilados (limitación del sumidero). A su vez, la limitación de la fuente puede resultar de la incapacidad del sistema de translocación para entregar asimilados disponibles a los órganos en crecimiento como resultado de una mayor distancia o alta resistencia a la translocación (limitación de transporte) o competencia de otros sumideros (limitación de la competencia) (Grossman y Dejong, 1995). La capacidad sumidero del fruto es considerada como el factor dominante en la competencia por fotoasimilados y está determinada inicialmente por la calidad de la flor, que a su vez depende de la naturaleza de la inflorescencia y del número de flores formadas en el árbol (Guardiola y García-Luís, 2000). También la capacidad sumidero puede ser afectada por heladas tardías u otras condiciones ambientales desfavorables que restringen la capacidad de crecimiento del embrión. Estos daños pueden provocar el desprendimiento prematuro de los frutos o producir lesiones que pueden manifestarse en la maduración, afectando a la forma del fruto, apariencia o tamaño (Rodrigo García y Herrero Romero, 2000). Esta situación quedó en evidencia durante el segundo año de estudio, ya que con cargas de frutos muy inferiores a la del primer año se alcanzaron tamaños de frutos que no difirieron demasiado con respecto al primer año, con cargas entre 3 y 4 veces mayores. Por otra parte, el ciruelo “d’Agen” produce mayoritariamente en dardos, y solo una pequeña fracción sobre brindillas, una poda de despunte sistemático favorece el crecimiento vegetativo sin modificar la cantidad de flores/frutos, que en cambio sí son eliminados con rebajes y raleo de ramas. Los dardos se forman en brindillas del año anterior (dardos de un año) o continúan a un dardo del año previo (dardos de 2 o más años). Se considera que dardos nuevos sostienen fruta de mayor tamaño y calidad que dardos viejos. De esta manera, se debe estimular anualmente con la poda una renovación parcial de viejas por nuevas estructuras reproductivas (Lázaro, 2018). En algunos establecimientos de ciruelo de esta variedad no se realiza anualmente la poda invernal, observándose copas excesivamente sombreadas en su interior, con madera improductiva y frutos de baja calidad (Chaar y Sánchez, 2010).

Esto determina la presencia de dardos más viejos, los cuales darán flores más pequeñas y de menor calidad, con ovarios más chicos, que afectan el tamaño potencial del fruto. Esto puede ser explicado por el hecho de que un mayor tamaño de ovario en anthesis se traduce en un crecimiento temprano más acelerado del fruto y un aumento en su tamaño final en el caso de los cítricos (Guardiola, 1988). De esta manera, el tamaño potencial del fruto en el ciruelo “d’Agen” pudo haber sido limitado por su capacidad sumidero relacionado con la forma tradicional de poda de esta variedad o por las condiciones ambientales del año, con presencia de viento Zonda y heladas tardías. A bajas cargas y en situaciones de cultivo adecuadas se puede considerar que no hay limitaciones por la fuente, y que es la fuerza del sumidero la que establece el crecimiento del mismo. En estas condiciones, que representa lo ocurrido en el segundo año de estudio, cada fruto tiende a expresar su tamaño o peso potencial.

6.4.3. Efecto de las distintas dosis de giberelinas en el peso de los frutos

La relación entre carga frutal y peso de los frutos fue lineal, con valores de $r^2 = 0,7992$ (Figura 6.13). Esto concuerda con lo obtenido en ciruela “Opal”, donde el peso de la fruta aumentó ligeramente con aplicaciones de giberelinas 5 semanas después de plena floración en comparación con los demás tratamientos y testigo (Meland *et al.*, 2013). En ciruela japonesa “Black Diamond” y “Black Gold”, la reducción en la floración permitió el aumento en el peso y diámetro de los frutos restantes (Gonzales-Rossia *et al.*, 2006). En duraznos, el número de frutos por planta se redujo con las mayores dosis aplicadas, determinando una reducción en la carga frutal de la planta, pero con un aumento considerable en el peso promedio y diámetro de la fruta (Giovanaz *et al.*, 2016). En cultivares de damasco, se incrementaron los pesos promedios de los frutos individuales al reducir la carga frutal en la planta como consecuencia de las aplicaciones de giberelina (Southwick y Fritts, 1995; Southwick *et al.*, 1995a; Southwick *et al.*, 1997a).

Cline *et al.* (2004) establecieron dos factores importantes de la aplicación de AG₃ sobre el peso del fruto, por un lado, la habilidad de reducir la carga del fruto la cual afecta indirectamente el peso del mismo, reduciendo la competencia entre ellos; y el efecto directo en el crecimiento del fruto.

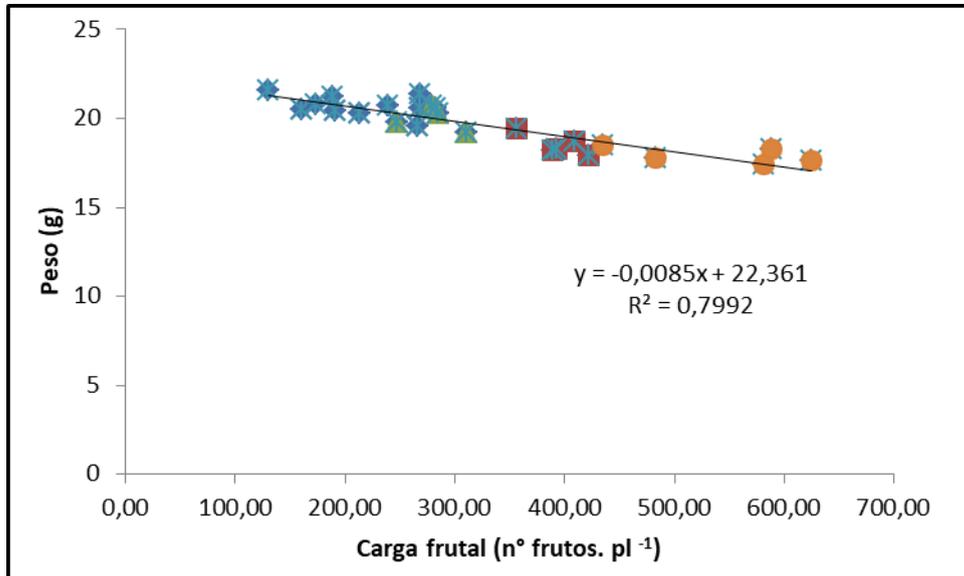


Figura 6.13: Relación entre el peso (g) de los frutos y la carga frutal (nº frutos.pl⁻¹) en ciruela “d’Agen” para las distintas dosis del producto.

6.4.3.1. Relación entre carga y peso de los frutos para ambos años

En la figura 6.14 se representa la relación entre el peso de los frutos y la carga frutal vinculando ambos años analizados, y permite observar en que parte de la curva está la carga en cada año. En la misma puede observarse que durante el primer año hubo una mayor distribución de la carga frutal y de los pesos de frutos, mientras que, en el segundo año, se observa una menor carga frutal con pesos de frutos más uniformes y elevados, pero con una elevada pendiente de caída del peso con la carga frutal. Se pone en evidencia que durante el segundo año hay otro factor que está limitando el tamaño del fruto. En general, en ambos años se repite la tendencia que existe entre ambas variables, una menor carga frutal se corresponde con un mayor peso de los frutos.

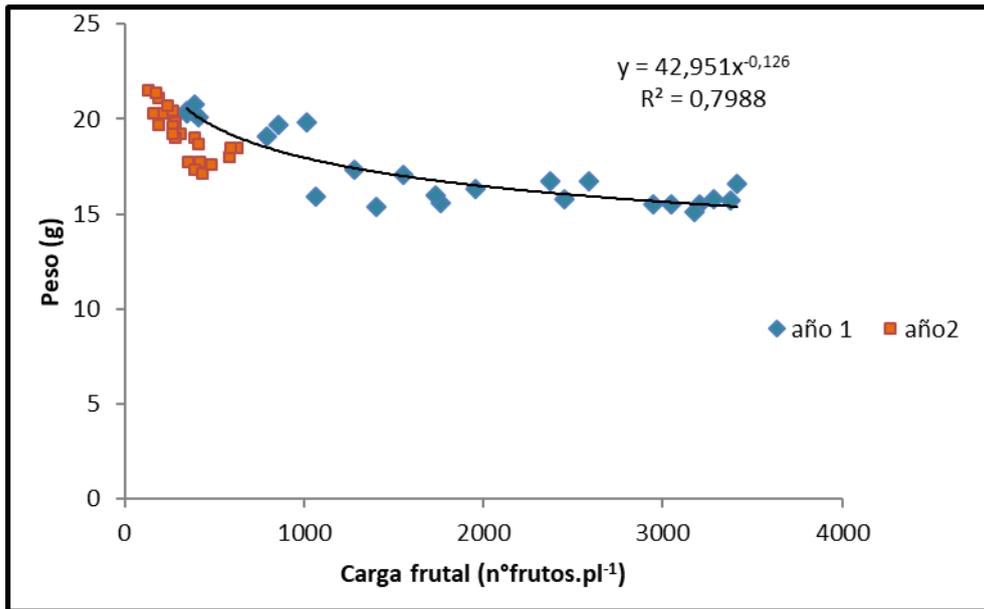


Figura 6.14: Relación entre el peso (g) de los frutos y la carga frutal (n°frutos.pl⁻¹) para las temporadas de crecimiento en ciruela, cv. “d’Agen”: año 1 (2019/20) y año 2: (2020/21).

6.5. Relaciones entre las variables productivas vinculando ambas temporadas

6.5.1. Relación entre densidad floral y cuajado de frutos en los años evaluados

La relación entre la densidad floral y el cuajado de los frutos presentó una relación positiva con un r^2 de 0.4304 para las dos temporadas de crecimiento evaluadas (Figura 6.15). En la figura puede observarse que las dosis de 75 y 100 ppm afectaron de manera significativa el cuajado de los frutos, por lo cual no serían recomendables ya que las mismas disminuyen la densidad floral y también el porcentaje de cuajado de los frutos. Mientras que las dosis de 25 y 50 ppm tienen un efecto raleador moderado sobre la densidad floral sin afectar el cuajado de los frutos. Si se quitan los tratamientos de 75 y 100 ppm de giberelina de los dos años evaluados (valores del extremo inferior izquierdo de la figura 6.15), se observa que el porcentaje de cuajado de frutos no fue afectado por la densidad floral; y esto ocurre en un amplio rango de floración (40 a 250 flores. cm²). Esto coincide con lo observado en otros frutales de carozo como el caso del duraznero (Weber *et al.*, 2013).

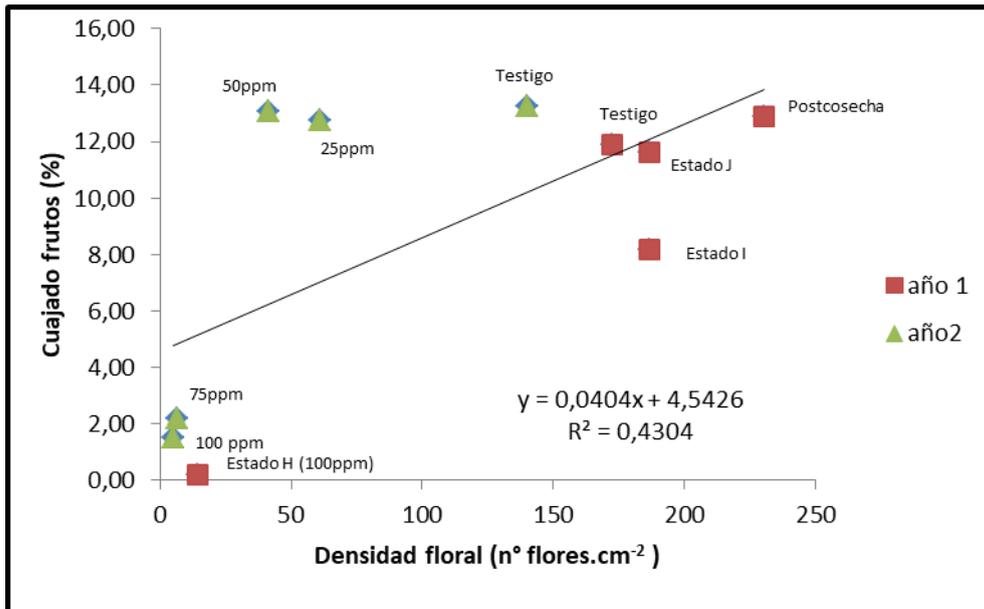


Figura 6.15: Relación entre la densidad floral (nº flores.cm⁻²) y el cuajado de frutos (%) en ciruelo “d’ Agen” en las temporadas de crecimiento: año 1 (2019/2020) y año 2: (2020/2021).

6.5.2. Relación entre número de flores y de frutos en los años evaluados

Debido a que no existe un efecto adverso de la densidad de floración sobre el cuajado de frutos, la carga frutal de la planta resulta ser proporcional a la densidad floral, con un $r^2 = 0.8424$ (Figura 6.16). Sin embargo, la carga frutal final terminó siendo modificada por los tratamientos que disminuyeron directamente el porcentaje de cuajado de frutos y por los eventos climáticos adversos ocurridos durante el segundo año.

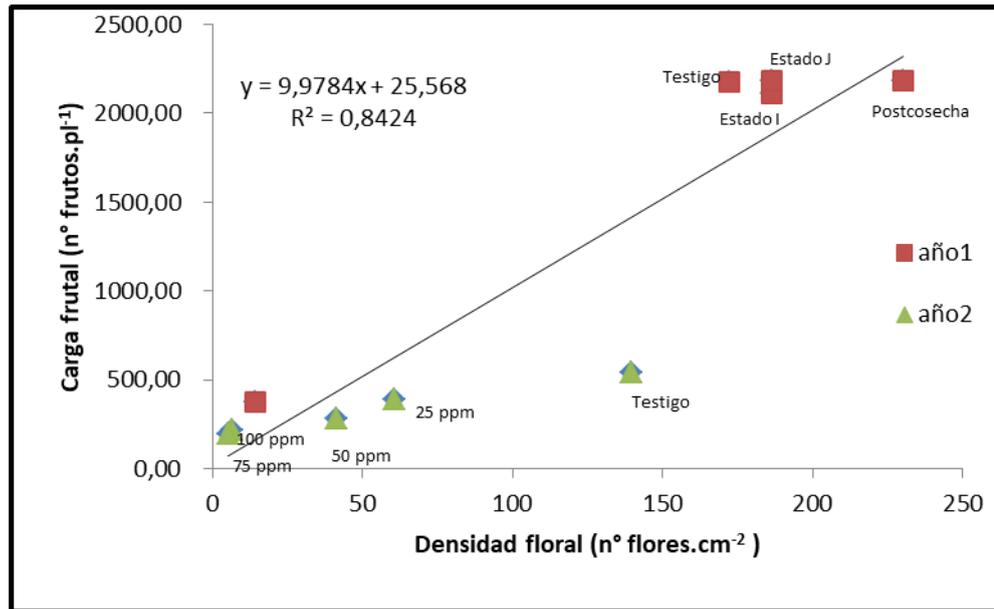


Figura 6.16: Relación entre la densidad floral (n°flores.cm²) y la carga frutal (n°frutos.pl⁻¹) en ciruelo, cv. “d’Agen”: año 1 (2019/2020) y año 2: (2020/2021).

6.5.3. Relación entre carga frutal, rendimiento y calibre para las temporadas evaluadas

En la figura 6.17 se expresa la relación entre las variables carga de frutos, tamaño de fruto y rendimiento. Teniendo en cuenta que para la ciruela “d’Agen” el rendimiento deseable estaría entre 20-25 mil kg ha⁻¹ (30-35 kg.pl⁻¹) (Gonzales, H. comunicación personal), para lo cual es necesario una carga frutal de entre 2000 y 2500 frutos.pl⁻¹, y se corresponde con un calibre promedio de aproximadamente 29 mm de acuerdo a los datos obtenidos en esta experiencia.

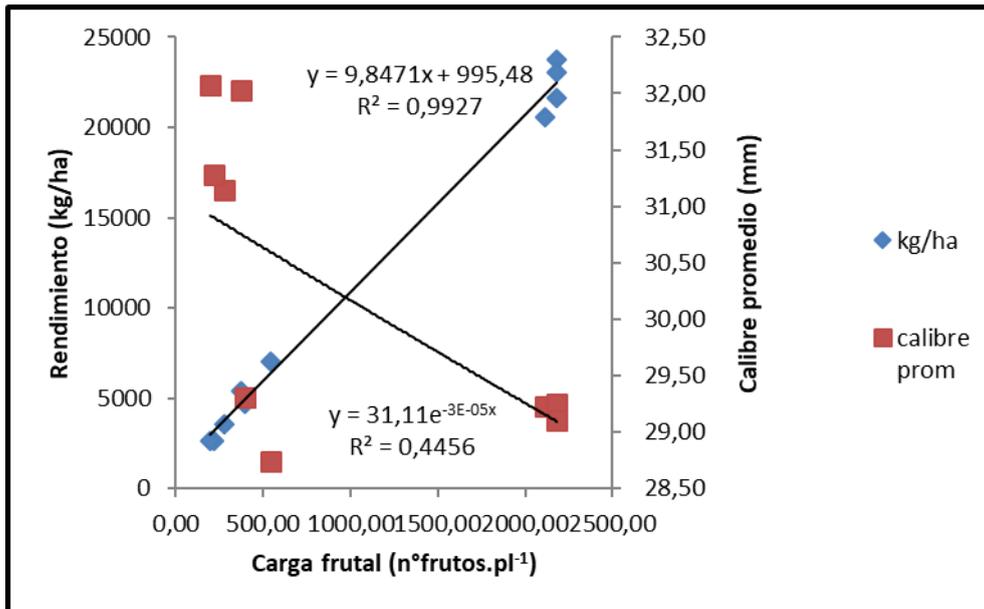


Figura 6.17: Relación entre carga frutal (nºfrutos.pl⁻¹), rendimiento (kg. ha⁻¹) y calibre promedio (mm) en ciruelo, cv. “d’ Agen” para los años evaluados.

A partir de estos datos, se observa que los valores deseables en cuanto a rendimiento, carga frutal y tamaño del fruto concuerdan con los obtenidos durante el primer año, para los tratamientos en los que no hubo reducción de la densidad de floración. En cambio, durante la segunda temporada se obtuvieron menores cargas frutales a causa de los tratamientos de raleo y/o a las condiciones ambientales, lo cual condujo a bajos rendimientos, aunque con aumentos moderados en el tamaño del fruto. Además, en la figura 6.17 se manifiestan dos años extremos, alta y baja carga frutal, sin que se haya podido generar información sobre valores intermedios, lo cual permitiría tomar las decisiones más adecuadas de acuerdo a los objetivos de producción y tamaño de fruta.

Por su parte, a partir de la relación carga frutal y peso de los frutos de ambos años analizados (Figura 6.14), para el valor de carga frutal establecido como más adecuado (2000-2500 frutos pl⁻¹) le corresponde un peso entre 16.5 a 16.02 gramos, respectivamente. Este valor es considerado un tamaño chico de ciruela debiéndose alcanzar al menos 20 gramos por fruta para cambiar a la categoría de mediana.

En complemento a lo analizado, para alcanzar los componentes de rendimiento anteriores sería necesaria una densidad floral superior a las 150 flores cm^{-2} (Figura 6.16). La dosis más baja de giberelina utilizada en los ensayos de esta tesis (25 ppm) produjo reducciones de la densidad de floración en torno al 60%, llevando los valores de densidad floral por debajo de 100 flores cm^{-2} , la cual resulta insuficiente para alcanzar los componentes de rendimiento esperables. Por lo tanto, la reducción de la densidad de floración para obtener mejoras en el tamaño del fruto del ciruelo “d’Agen”, pero sin que se produzca una reducción tan marcada del rendimiento, implicaría el uso de dosis de giberelinas menores a 25 ppm, las cuales deberán ser evaluadas en el futuro.

Por otro lado, la respuesta a la mejora en el tamaño del fruto se observó con cargas menores a 1000 frutos pl^{-1} , la que resulta insuficiente para un rendimiento aceptable. Por lo tanto, la disminución de la densidad floral debería ser menor a la obtenida en este trabajo, y el manejo agronómico complementarse con prácticas de manejo que estimulen el tamaño final del fruto. Entre estas, fomentar nuevos criterios de poda en el Oasis que permitan iluminar y renovar material fructífero (Lázaro, 2018), mantener niveles adecuados de fertilizaciones, priorizar los riegos durante los periodos críticos del cultivo, manejo fitosanitario durante la última etapa del crecimiento del fruto (roya y arañuelas), y aplicaciones de auxinas de síntesis y/o rayado de ramas durante el período III de crecimiento del fruto. En cuanto al manejo del riego, es esencial desde la segunda quincena de diciembre en adelante para evitar ‘cracking’, uniformar firmeza, mejorar sólidos solubles y aumentar el crecimiento de la fruta (diámetro) (Reginato y Sotomayor, 2020). La nutrición debe enfocarse en la primavera (aplicar un 60-70% de la fertilización total), complementado con aplicaciones de macro y micronutrientes que permiten el desarrollo del follaje y de los frutos, y que no afecte los rendimientos, el calibre y la calidad de la fruta (Reginato y Sotomayor, 2020).

7. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en el presente trabajo, se puede establecer que:

- La reducción de la densidad de floración con la aplicación de ácido giberélico permitió determinar que el estadio fenológico de inicios de endurecimiento del carozo (5 semanas DDPF) se corresponde con el momento de inducción floral del ciruelo “d’Agen”.
- Las distintas dosis de aplicación de ácido giberélico resultaron efectivas en reducir la densidad floral y en modificar el tamaño de los frutos a cosecha.
- Las dosis de 75 y 100 ppm reducen de manera excesiva la densidad floral, y además, afectaron el porcentaje de cuajado de los frutos, por lo cual no serían recomendables.
- Las dosis más bajas de giberelinas, 25 y 50 ppm, reducen la densidad floral entre un 60% (60.84 flores.cm⁻²) y 70% (41.43 flores.cm⁻²), respectivamente, y no afectan el porcentaje de cuajado de frutos.
- La dosis a aplicar de giberelina no pudo ser determinada dada las condiciones climáticas del segundo año, que redujeron la carga final de frutos por planta; sin embargo, los resultados preliminares indican que podrían estar por debajo de 25 ppm. De todos modos, los resultados obtenidos deben corroborarse en más años de investigación y experimentación adaptativa.
- De acuerdo a los rendimientos esperados para el ciruelo “d’Agen” en la provincia de Mendoza, se necesitan cargas frutales entre 2000 a 2500 frutos por planta, lo cual conduce a calibres de fruta promedio en torno a los 29 mm, que se corresponde con una fruta “chica”.

- La respuesta a la mejora del tamaño del fruto con la reducción de la carga de frutos por planta, se hace exponencial con una carga inferior a las 1000 frutas por planta, lo cual no es compatible con un rendimiento aceptable.
- La mejora del tamaño del fruto en el ciruelo “d’Agen” cultivado en Mendoza a través de la reducción de la densidad de floración a través del uso de giberelinas deberá complementarse con otras técnicas de estímulo directo de crecimiento del fruto.

8. BIBLIOGRAFIA

- AGUSTÍ, M.; MARTINEZ-FUENTES, A.; MESEJO, C.; JUAN, M. y ALMELA, V. 2003. Cuajado y desarrollo de los frutos cítricos. En: Generalitat Valenciana. Concelleria de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Agroforestal Mediterráneo. Universidad politécnica Valencia. España. 82 p.
- AGUSTÍ, M. 2004. Fruticultura. Barcelona, Mundi-Prensa. 493 p.
- ANDREINI, L. y BARTOLINI, S. 2008. Morphological changes in the apex of *Prunus persica* L. during floral transition and effects of gibberellin on flower bud differentiation. *Journal of Applied Horticulture* 10(2): 93-99
- ARJONA, C. 2007. Raleo. En: Sozzi, G.O. (ed.) Árboles frutales; ecofisiología, cultivo y aprovechamiento. Buenos Aires, UBA. Facultad de Agronomía, p. 333-341.
- ATENAS, C. 2014. Caracterización del crecimiento del fruto y productividad de duraznos 'Bowen' y 'Kakamas'. Memoria de título. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 46p.
- AUGÉ, M. 2004. Regiones hidrológicas de la República Argentina y provincias de Buenos aires, Mendoza y Santa Fe. La Plata, Buenos Aires. URL: <http://delriolujan.com.ar/Reg-Hidrogeo.pdf> Acceso: 02/06/2020.
- BALZARINI, M.; DI RIENZO, J.; TABLADA, M.; GONZALES, L.; BRUNO, C.; CÓRDOBA, M.; ROBLEDO, W. y CASANOVES, F. 2017. Estadística y Biometría. 2a ed. Córdoba. Ed. Brujas; Universidad Nacional de Córdoba. 426 p.

- BEN, M.M. y DEJONG, T.M. 2006. Effect of fruit crop load on peach root growth. *Acta Hort.* 713:169-175.
- BENHAMOU, L.; EL-OTMANI, M. Y TALHI, M. 2004. The potential use of GA3 and urea to manipulate flowering and reduce the alternate bearing pattern of the 'Nour' Clementine mandarin. *Proceedings of the International Society of Citriculture.* 2: 479-483.
- BERGH, O. 1990. Effect of time of hand-thinning on apple fruit size. *South Africa Journal of Plant and Soil.* 7(1):1-10.
- BRADLEY, M.V. y CRANE, J. 1960. Gibberellin-induced inhibition of bud development in some species of *Prunus*. *Science* 131:825-826.
- BYERS, R.E. 1999. Effects of bloom-thinning chemicals on peach fruit set. *Journal of the Tree Fruit Production* 2(2):59-79.
- CABRERA, D. 2005. Fruticultura; INIA ofrece una herramienta más para el raleo de frutos en manzano. Hoja de divulgación n° 93. INIA, Montevideo. 2 p.
- CABRERA, D. y RODRIGUEZ, P. 2013. Métodos eficientes de raleo en durazno. *Encuentro Nacional sobre Fruticultura de Clima Templado.* Fraiburgo, Santa Catarina. Abstract, p. 138.
- CABRERA, D.; FORMENTO, A. y RODRIGUEZ, P. 2014. Raleo de duraznos y nectarinas. En: Baraibar, J.S (ed). *Manual del duraznero: La planta y la cosecha.* Unidad de Comunicaciones y Transferencia de tecnologías del INIA. Uruguay, Montevideo, p. 195-215.

- CANCIO, H. y TASSARA, M. A. 2017. Escala fenológica de frutales de carozo Cartilla técnica. EEA INTA ALTO VALLE. Rio Negro. 1p.
- CASIERRA-POSADA, F.; RODRÍGUEZ PUERTO, J.I. y CÁRDENAS HERNÁNDEZ, J.L. 2007. La relación hoja: fruto afecta la producción, el crecimiento y la calidad del fruto en duraznero (*Prunus persica* L. Batsch, cv. 'Rubidoux'). Revista Facultad Nacional de Agronomía 60 (1):3657-3669.
- CASTRO, H.R. y RODRÍGUEZ, R.O. 2004. Raleo químico de frutos en cultivares no tradicionales de manzano en el Alto Valle del Río Negro, Argentina. Fruticultura Profesional 143:5-12.
- CHAAR, J. y SÁNCHEZ, E. 2010. Efecto de la carga frutal y del ambiente lumínico en ciruelo d'Agen (*Prunus domestica* L.). Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo. 42(1):125-133.
- CHAVELI LOPEZ, E. 2020. Efecto de la reducción de la floracion con ácido giberélico sobre la producción del aguacate. Trabajo final de grado. Universidad Politécnica de Valencia. Escuela técnica superior de ingeniería agronómica y del medio natural. 41p.
- CHANANA, Y.R.; KAUNDAL, G.S.; KANWAR, J.S.; ARORA, N.K. y SAINI, R.S. 2002. Effect of chemical and hand thinning on maturity, yield and fruit quality of peaches (*Prunus persica* (L.) Batsch.). Acta Horticulturae 592:309-315.
- CHILDERS, N.F. 1982. Fruticultura moderna; cultivo de frutales y arbustos frutales. V.1. Montevideo. Hemisferio Sur. 458 p.

- CHILE PRUNES MAGAZINE. 2018. 5th edition. URL: <http://www.chileprunes.cl/en/news/5th-edition-chile-prunes-magazine/>. Acceso: 19/03/2019.
- CLINE, J.; NICHOLS, D.; EMBREE, C. y JU, H.Y. 2004. Blossom and fruitlet thinners affect crop load, fruit weight, seed number, and return bloom of 'Northern Spy' apple. HortScience 39:1309-1312
- COBIANCHI, D.; BERGAMINI, A. y CORTESI, A. 1989. El ciruelo. Ediciones Mundi-Prensa, España. 281 p.
- CONEVA, E. y CLINE, J.A. 2006. Gibberellic acid inhibits flowering and reduces hand thinning of Redhaven peach. HortScience 41(7):1596-1601.
- CONGRESO IPA (International Prune Association). 2016. URL: <http://www.ipaprunes.org/index.php?subdir=congress&num=8>
- CONIGLIO, R.; CARNEVALE, F. y LEITES, R. 2013. Caracterización de la Región del Nuevo Cuyo. En: Coniglio, R. (ed.). Fruticultura Argentina: Regiones y Cultivos. UNR. Facultad de Agronomía. 3p.
- DENNIS, F.G. 2000. The history of fruit thinning. Plant Growth Regulation. 31(1-2):1-16.
- DI RIENZO, J.A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.G.; GONZALEZ, L.; TABLADA M.y ROBLEDO, C.W. 2017. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

- EROGUL, D. y SEN, F. 2015. Effects of gibberellic acid treatments on fruit thinning and fruit quality in Japanese plum (*Prunus salicina* Lindl.). *Scientia Horticulturae* 186:137-142.
- ESPADA CARBÓ, J.L. y CASTAÑER ROYO, P.M. 2011. Mejora de la calidad del fruto y reducción de costes de producción de melocotonero y nectarina: Innovaciones técnicas de poda y aclareo de flores y frutos. *Informaciones Técnicas* 229. Dirección General de Desarrollo Rural. 8 p.
- FORNI, E.; ERBA, M.L.; MAESTRELLI, A. y POLESELLO, A. 1992. Sorbitol and free sugar contents in plums. *Food Chemistry* 44(4):269-275.
- GARCÍA PALLAS, I.; VAL, J. y BLANCO, A. 2001. The inhibition of flower bud differentiation in “Crimson Gold” nectarine with GA3 as an alternative to hand thinning. *Scientia Horticulturae* 90:265-278.
- GARIGLIO, N.F.; PILATTI, R.A. y AGUSTI, M. 2007. Requerimientos ecofisiológicos de los árboles frutales. En: Sozzi, G.O. (ed.) *Árboles frutales; ecofisiología, cultivo y aprovechamiento*. UBA. Facultad de Agronomía, p. 43-82.
- GIL SALAYA, G. 1992. El raleo químico de manzanos. *Revista Frutícola* 13(2):57-67.
- GIL, F.E. y BARONI, A. 2002. Efecto del ANA, Carbaryl y BAP en raleo de manzanos. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNCuyo)* 34(1):31-38.
- GIL-ALBERT VELARDE, F. 1991. *Tratado de la arboricultura frutal. I. Morfología y fisiología del árbol frutal*. 3a Edición. Ed. Mundi prensa. Madrid, España. 103 p.

- GIOVANAZ, M.A.; FACHINELLO, J.C.; SPAGNOL, D.; WEBER, D. y CARRA, B. 2016. Gibberellic acid reduces flowering and time of manual thinning in “Maciel” peach trees. Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal-SP 38(2): e-692.
- GLENN, D.M.; PETERSON, D.L.; GIOVANNINI, D. y FAUST, M. 1994. Mechanical thinning of peaches is effective postbloom. HortScience 29(8):850-853.
- GONZÁLES ROSSIA, D.; JUAN, M.; REIG, C. y AGUSTÍ, M. 2006. The inhibition of flowering by means of giberellic acid application reduces the cost of hand thinning in Japanese plums (*Prunus salicina* Lindl.). Scientia Horticulturae 110(4):319-323.
- GONZÁLES ROSSIA, D.; REIG, C.; JUAN, M. y AGUSTÍ, M. 2007. Horticultural factors regulation effectiveness of GA3 inhibiting flowering in peaches and nectarines (*Prunus persica* L. Batsch). Scientia Horticulturae 111:352-357.
- GROSSMAN, Y.L. y DEJONG, T.M. 1995. Maximum fruit growth potential following resource limitation during peach growth. Annals of Botany 75:561-567.
- GUARDIOLA, J.L. 1988. Factors limiting productivity in Citrus. A physiological approach. Proc. Int. Soc. Citriculturae 2:381-394.
- GUARDIOLA, J.L. y GARCIA-LUIS, A. 2000. Increasing fruit size in Citrus. Thinning and simulation of fruit growth. Plant Growth Regulation 32:121-132.
- HUNT, R. 1990. Basic Growth Analysis. Unwin Hyman Ltd. London, UK. 111p.
- IDR (INSTITUTO DE DESARROLLO RURAL, Mendoza – Argentina). 2010. Ciruela para industria, censo frutícola provincial 2010, Mendoza – Argentina. URL:

<http://www.idr.org.ar/wp-content/uploads/2012/07/Informe-Ciruela-Industria.pdf/>. Acceso:
05/05/2019

- IDR (INSTITUTO DE DESARROLLO RURAL, Mendoza – Argentina). 2015. Informe por producto: Panorama del Sector Ciruela Deshidratada de Mendoza. URL: <http://www.idr.org.ar/wp-content/uploads/2016/04/Panorama-Ciruela-deshidratada-2015-.pdf/>. Acceso: 06/05/2019.
- IDR (INSTITUTO DE DESARROLLO RURAL, Mendoza – Argentina). 2019a. Pronostico de cosecha frutícola. URL: <https://www.idr.org.ar/pronost-cosecha-fruticola/>. Acceso: 07/06/2019.
- IDR (INSTITUTO DE DESARROLLO RURAL, Mendoza – Argentina). 2019b. Informe generales heladas en Mendoza: 3 y 4 de septiembre 2019. URL: https://www.idr.org.ar/wp-content/uploads/2019/09/Informe_Heladas_03_04_Setiembre_final_1.pdf. Acceso: 02/06/2020.
- IDR (INSTITUTO DE DESARROLLO RURAL, Mendoza – Argentina). 2020. Informe anual: Fenología de frutales 2020. URL: <https://www.idr.org.ar/fenologia-de-frutales/>. Acceso: 02/06/2020.
- IGLESIAS, D.J. y TALÓN, M. 2008. Giberelinas. En: Azcón-Bieto, J. y Talón, M. (Eds). Fundamentos de Fisiología Vegetal. Interamericana Mc Graw Hill Education, España, p. 339-420.
- LAZARO, H. 2018. Poda de ciruelos: algunos aspectos a considerar este año. Boletín Inta informa. EEA INTA RAMA CAÍDA. San Rafael, Mendoza. 21p.

- LEMUS, G. 1993. Raleo. En: Lemus, G. (Ed). El duraznero en Chile. Santiago de Chile, p. 102-114.
- LENAHAN, O.M.; WHITING, M.D. y ELFVING, D.C. 2006. Gibberellic acid inhibits floral bud induction and improves 'Bing' sweet cherry fruit quality. HortScience 41:654-659.
- LOBOS, G. y YURI, J. 2006. Inducción y diferenciación floral de cuatro cultivares de Manzano en Chile. Agric. Téc (Chile) 66(2):141-150.
- MANUAL DE CALIDAD EN LOS PROCESOS DE COSECHA Y SECADO AL SOL PARA CIRUELAS SECAS DE CHILE. 2012. URL: http://www.fedefruta.cl/pdf/manual_ciruelas.pdf
- MARTÍNEZ FUENTES, A.; MESEJO, C.; JUAN, M.; ALMELA, V. y AGUSTÍ, M. 2004. Restrictions on the exogenous control of flowering in Citrus. Acta Hort. 632:91-98.
- MELAND, M. 2007. Efficacy of chemical bloom thinning agents to European plums. Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science 57:235-242. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/09064710600914236>
- MELAND, M. y MAAS, F.M. 2017. Regulation of fruiting in plum production. Proceedings of the 6th Conference Innovation in Fruit Growing. URL: <http://arhiva.nara.ac.rs/handle/123456789/2084/>. Acceso 11/04/2019.
- MELAND, M.; BIRKEN, E.M. y KAISER, C. 2013. Managing alternate bearing of 'Opal' plum (*Prunus domestica* L.) trees with GA3 applications by increasing fruit size, and normalizing return bloom and yield in a Nordic climate. Acta Hort. 998:61-66 https://www.actahort.org/books/998/998_6.htm

- MOYANO, M.I.; FLORES, P.; LEONE, A. y SEVERIN, C. 2004. Alternativas de raleo de frutos en duraznero (*Prunus persicae*) cv. Red Globe. Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNR) IV(5):017-024.
- NEWMAN, G.M.; PRICE, W.E. y WOOLF, L.A. 1996. Factors influencing the drying of prunes 1. Effects of temperature upon the kinetics of moisture loss during drying. Food Chemistry 57(2):241-244.
- OJER, M. 2008. La época de raleo como factor de rentabilidad en duraznos conserveros de maduración temprana. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo XL(1):39-47.
- OJER, M. y REGINATO, G. 2002. Efecto de la carga frutal en durazneros. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo 34(1):39-46.
- OJER, M.; ARJONA, C. y REGINATO, G. 2001. Incidencia de la carga inicial de frutos sobre la producción y la calidad de frutos en duraznero cv. Bowen. Invest. Agr: Prod. Prot. Veg. 16(1):25-34.
- OJER, M.; REGINATO, G. y VALLEJOS, F. 2009. Manejo de la carga frutal y productividad de duraznos conserveros. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyoXLI(1):65-76.
- OSBORNE, J.; PARRA-QUEZADA, R.A.; ROBINSON, T.L. y ARREOLA-AVILA, J.G. 2014. El raleo químico en floración incrementa el tamaño del fruto y el valor de la producción en durazno variedad Zee Lady. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 5(3):353-365.

- PARRA, R.; JACOBO, J.; CASTRO, J. y SALMERÓN, J. 2014. Intensidad de raleo y calidad de fruto en durazno cv Baby Gold 8. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(4):549-559.
- PEER, W.; BEVERIDGE, C.; BUSOV, V.; MURPHY, A. y TAIZ, L. 2015. Regulators of plant height. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M. y MURPHY, A. (Eds). *Plant physiology and development*. 6th ed. U.S.A, Canada: Sinauer Associates Inc., p. 461-492.
- PODESTA, L. 2007. Capítulo 8: Floracion, polinización y cuaje. En: Sozzi, G.O. (Ed.) *Árboles frutales; ecofisiología, cultivo y aprovechamiento*. Ed: Buenos Aires, UBA. Facultad de Agronomía, p. 285-305.
- PRICE, W.E.; SABAREZ, H.; LAAJOKI, L.G. y WOOLF, L.A., 1997. Dehydration of prunes: Kinetic aspects. *Agro Food Industry Hi-Tech* 8(6):29-33.
- REGINATO, G. 1997. Raleo químico de manzanas. *Revista Frutícola* 18(2):73-75.
- REGINATO, G.; GARCÍA DE CORTÁZAR, V. y ROBINSON, T. 2007. Predicted crop value for nectarines and cling peaches of different harvest season as a function of crop load. *HortScience* 42(2):239-245.
- REGINATO, G. y OJER, M. 2011. Raleo de frutos. En: Ojer, M. (Ed). *Producción de duraznos para industria*. Facultad de Cs Agrarias. UNCUIYO. Mendoza, p. 103-120.
- REGINATO, G. y SOTOMAYOR, J.P. 2020. Como cosechar para obtener fruta de calidad en ciruelo europeo. Extension UC Davis Chile. disponible en: <https://www.plataformaextension.cl/ciclos/ciruelo-europeo/>

- REGINATO, G.; ESGUEP, F. y CALLEJAS, R. 2001. Evaluación de raleadores químicos en manzanos var. Braeburn. *Agricultura Técnica (Chile)* 61(4):401-412.
- REINOSO, H.; LUNA, V.; DAURÌA, C.; PHARIS, R.P. y BOTTINI, R. 2002. Dormancy in peach (*Prunus persica*) flower buds. VI. Effects of gibberellins and an acyclohexanedione (Trinexapac-ethyl) on bud morphogenesis in field experiments with orchard trees and on cuttings. *Can. J. Bot.* 80:664-674.
- RODRIGO GARCÍA, J. y HERRERO ROMERO, M. 2000. Efectos de heladas sobre frutos cuajados de albaricoquero. XXXII Jornadas de Estudio AIDA: Jornadas de Experimentación en Fruticultura 21:123-127.
- ROJAS, E.M. 2011. Efecto de la carga frutal y la radiación solar sobre la productividad y tamaño del fruto en damascos “Patterson”, “Castlebrite”, “Robada” y “Supercot”. Memoria de título. Santiago, Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. 38 p.
- ROJAS, M. 2015. Eficiencia de la poda mecanizada y efecto sobre la producción y tamaño de fruto en ciruelos japoneses ‘Friar’ y ‘Blackamber’. Memoria de título. Santiago, Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. 41 p.
- SÁEZ REYES, M.N. 2016. Usos de giberelinas de síntesis en la fruticultura chilena. Memoria de título. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Chile. 52p
- SCHUPP, J.P.; BAUGHER, T.; MILLER, S.; HARSH, R.M. y LESSER, K.M. 2008. Mechanical thinning of peach and apple trees reduces labor input and increases fruit size. *HortTechnology* 18(4):660-670.

- SOMOGYI, L.P. 2005. Plums and Prunes. En: Barret, D.M.; Somogyi, L.P.; Ramaswami, H. (Eds.). Processing Fruits Science and Technology. Second Edition. CRC Press Boca Raton London New York Washington, D.C. 841 pp.
- SORROCHE, D.; BARÓN, R.; MORBIDELLI, A. y ROLDÁN, A. 2007. Estudio del bajo consumo de ciruela desecada en Argentina. URL: http://www.edutecne.utn.edu.ar/coini_2014/trabajos/D_004.pdf
- SOUTHWICK, S.M. y FRITTS, R. 1995. Commercial chemical thinning of stone fruit in California by gibberellins to reduce flowering. Acta Hort. 394:135-147.
- SOUTHWICK, S.M. y YEAGER, J.T. 1995. Use of gibberellin formulations for improved fruit firmness and chemical thinning in 'Patterson' apricot. Acta Hort. 384:425-429.
- SOUTHWICK, S.M.; YEAGER, J.T. y ZHOU, H. 1995a. Flowering and fruiting in 'Patterson' apricot (*Prunus armeniaca*) in response to postharvest application of gibberellic acid. Sci. Hort. 60:267-277.
- SOUTHWICK, S.M., WEIS, K.G.; YEAGER, J.T. y ZHOU, H. 1995b. Controlling cropping in 'Loadel' cling peach using gibberellin: Effects on flower density, fruit distribution, fruit firmness, fruit thinning and yield. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120:1087-1095.
- SOUTHWICK, S.M.; YEAGER, J.T. y WEIS, K.G. 1997a. Use of gibberellins on 'Patterson' apricot (*Prunus armeniaca*) to reduce hand-thinning and improve fruit size and firmness: Effects over three seasons. J. Hort. Sci. 72:645-652.

- SOUTHWICK, S.M.; WEIS, K.G.; YEAGER, J.T.; HASEY, J. y RUPERT, M. 1997b. Chemical thinning of cling peach. Proc. 9th Annu. Conf., West. Plant Growth Reg. Soc. 9:54-61.
- SOUTHWICK, S.M.; WEIS, K.G.; YEAGER, J.T.; HASEY, J.K. y RUPERT, M.E. 1998. Bloom thinning 'Loadel' cling peach with a surfactant: effects of concentration, carrier volume, and differential applications within the canopy. Journal of the American Society for Horticultural Science 8:(1):55-58. doi: <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.8.1.55>
- SOUTHWICK, S.M. y GLOZER, K. 2000. Reducing flowering with gibberellins to increase fruit size in stone fruit trees: applications and implications in fruit production. HortTech. 10(4):744-751.
- STERN, R.A. y BEN-ARIE, R. 2009. GA3 inhibits flowering, reduces hand-thinning, and increases fruit size in peach and nectarine. The journal Horticultural Science & Biotechnology 84:119-124.
- TAPIA, F. 2011. Efecto de la carga frutal y época de cosecha sobre la productividad y calidad de fruto en ciruelo europeo variedad d'Agen. Memoria Ingeniero Agrónomo, Mención Producción Frutícola. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 37p.
- TAYLOR, B.H. y GEISLER - TAYLOR, D. 1998. Flower bud thinning and winter survival of "Redhaven" and "Cresthaven" peach in response to GA3 sprays. J. Am. Soc. Hort. Sci. 123(4):500-508.
- TURCK, F.; FORNARA, F. y COUPLAND, G. 2008. Regulation and identity of florigen: flowering locus T Moves Center Stage. Ann. Rev. Plant Biol. 59:573-94.

- U.C.C.A. (UNIVERSITY OF CALIFORNIA COOPERATIVE AGRICULTURE). 1981. Prune orchard management, Berkeley, California, Agricultural Science Publication, USA.
- URFALINO, D.P. 2013. Etapas de proceso para la obtención de ciruelas pasas variedad d'Agen. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. URL: <http://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta- ciruelas pasas.pdf>
- URFALINO, D.P. 2019. Deshidratado de ciruelas d Agen en tuneles de configuración inversas. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Facultad de Agronomía y Agroindustria. Santiago del Estero. 210 p.
- VILLAGRAN REYES, B. 2008. Efecto de la aplicación de ácido giberélico y 2,4-d, sobre la carga frutal en mandarino variedad fortune. Memoria de título. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago de Chile. 39 p.
- WEBER, M.E.; CASTRO, D.; MICHELOUD, N.; BOUZO, C.; BUYATTI, M.; GARIGLIO, N. 2013. Changes in the reproductive traits of low-chill peach tree in response to reproductive shoot pruning after harvesting. *European Journal of Horticultural Science* 78(1):1-7.
- WEBSTER, A.D. y SPENCER, J.E. 2000. Fruit thinning plums and apricots. *Plant Growth Regulation* 31:101-112.
- WILKIE, J.D; SEDGLEY, M. y OLESEN, T. 2008. Regulation of floral initiation in horticultural trees. *Journal of Experimental Botany* 59:3215-3228. doi:10.1093/jxb/ern188
- YAÑEZ TORO, R.M. 2019. Regulación de la carga frutal en duraznero y nectarino (*Prunus pérsica*) cvs. Elegant Lady y Ruby Diamond mediante el uso de giberelinas y su efecto sobre el retorno floral bajo las condiciones de Chile central. Tesis de Maestría. Santiago de Chile,

Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. 22p.

- YU, H.; TOSHIRO, I.; ZHAO, Y.; PENG, J.; KUMAR, P. y MEYEROWITZ, EM. 2004. Floral homeotic genes are targets of gibberellin signaling in flower development. Proc Natl Acad Sci USA. 101(20):7827-32. doi: 10.1073/PNAS.0402377101
- YURI, J.A.; LOBOS, G. y LEPE, V. 2002. Inducción floral. Boletín técnico. Centro de Pomáceas. Universidad de Talca. 2(5):1-4. doi: <http://pomaceas.otalca.cl>

9. ANEXO

Anexo 1: Características climáticas durante el periodo comprendido en el ensayo

Datos Octubre	2018	2019	2020
Mín. absoluta °C	1	1	-1
Máx. absoluta °C	32,7	31,5	35,9
Mínima media °C	7,84	7,96	7,56
Máxima media °C	24,2	24,61	25,83
Precipitación (mm)	1,3	13,1	17
Heladas	SIN HELADAS	SIN HELADAS	1 DÍA CON HELADA