PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
FACULTAD DE AGRONOMIA E INGENIERIA FORESTAL
DIRECCION DE INVESTIGACION Y POSTGRADO
MAGISTER EN FISIOLOGÍA Y PRODUCCIÓN VEGETAL

"CARACTERIZACION DE LOS COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN LA COMBINACION DE CEREZO DULCE 'LAPINS'/'COLT' CONDUCIDO COMO KGB Y BAJO DIFERENTES EPOCAS DE SUPLEMENTO FOLIAR DE NITROGENO EN LA ZONA CENTRAL DE CHILE"

Tesis presentada como requisito para optar al grado de

Magister en Fisiología y Producción Vegetal

por:

Pablo Rodríguez Yáñez

Comité de Tesis
Profesor Guía: Marlene Ayala
Profesor Informante:
Juan Pablo Zoffoli

Noviembre 2020

Santiago-Chile

Agradecimientos

Agradecer al proyecto FONDECYT N° 1181939 que permitio el financiamiento de esta investigación.

Agradecer a todas las personas que colaboraron en la realización de este estudio a Bruno Diaz, Catalina Stappung, Raphael San Martín, Andres Valenzuela, Katherine Walls y especialmente a Sebastian Ponce quien me ayudo arduamente para sacar adelante este proyecto, agradezco profundamente tu disposición y compañía cuando la necesité.

Agradecer a la profesora Marlene Ayala por su apoyo y guía en todo momento, por sobre todo en los más difíciles. Gracias por sus consejos de vida y por su transparencia al hablar conmigo, valoro mucho esas cosas.

Agradecer a Arturo Badilla por ser una extraordinaria persona y por sobre todo un gran amigo. Vivímos infinidades de historias juntos con el pasar los años en la universidad que jamás olvidaremos. Nunca abandones tus convicciones que te hacen ser una persona única en este mundo.

Agradecer a María Paz Quiroz, quien fue mi principal compañera y amiga en esta investigación, gracias por nunca darme la espalda y siempre estar ahí para apoyarme y darme los mejores consejos cuando los necesité. Gracias por ser siempre tu y fiel a tus ideales, no sabes cuanto aprendí de ti y de tu forma de ver la vida.

Agradecer a mis amigos y especialmente a mi familia que siempre fueron mi principal motivación al comenzar un nuevo día.

Dedicado a mis amigos y familia, especialmente a mi padre y a mi madre, quienes admiro mucho por los valores que han inculcado en mi persona

INDICE

Abstract *2*

1. Introducción *3*

1.1. Mercado actual **3**

1.2. Desarrollo del Fruto **4**

1.3. Productividad y Distribución de Asimilados **5**

1.4. Regulación de carga y relaciones fuente-sumidero **6**

1.5. Sistemas de conducción utilizados en la actualidad **8**

1.6. Combinación comercial 'Lapins'/'Colt' conducido como KGB **10**

2. Materiales y Métodos *12*

2.1. Material vegetal y condición climática y de suelo del campo **12**

2.2. Tratamientos con aplicación nitrogenada **13**

2.3. Evaluaciones **13**

2.3.1. Evaluaciones de Campo 13

2.3.3. Rendimiento y Calidad de Fruta a cosecha 15

2.4. Análisis Estadístico **15**

3. Resultados *16*

3.1. Crecimiento vegetativo-reproductivo y relaciones fuente-sumidero **16**

3.1.1. Área foliar 16

3.1.2. Crecimiento del brote 18

3.1.3. Crecimiento del fruto y de dardos 19

3.1.4. Distribución de materia seca en ramas de KGB 22

3.2. Rendimiento y calidad de fruta **23**

4. Discusión *27*

5.1. Crecimiento vegetativo-reproductivo y relaciones fuente-sumidero **27**

5.2. Rendimiento y calidad de fruta **30**

6. Conclusiones *33*

7. Resumen *34*

8. Referencias Bibliográficas *35*

9. Anexo *42*

Titulo de tesis: Caracterización de los componentes de rendimiento en la combinación de cerezo dulce 'Lapins'/'Colt' conducido como KGB y bajo diferentes épocas de suplemento foliar de nitrógeno en la Zona Central de Chile.

Autor: Pablo Ignacio Rodríguez Yáñez
Afiliación: FONDECYT N° 1181939

Abstract

Marlene Ayala. Pablo Rodríguez. Characterization of the yield components in the combination of sweet cherry 'Lapins' / 'Colt' conducted as KGB under different periods of foliar nitrogen supplement in the central zone of Chile. Tesis, *magíster* en fisiología y producción vegetal, facultad de agronomía e ingeniería forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 47 pp. The present study consisted of a performance characterization in sweet cherry (Prunus avium L.) of the combination "Lapins" on "Colt" in trees of five years old conducted as KGB (King Green Bush) in San Francisco Mostazal, Chilean central valley (34 ° 00 '01.9 "S, 70 ° 41' 40.8" W). The trees were randomly selected in random blocks and no fruit load regulation was performed. We evaluated weekly from the beginning of the season until the harvest: annual shoot growth (cm/day), spurs (leaves and wood, g), fruits (g), leaf area (AF, cm^2), and leaf-fruit ratio (H:F; cm^2 / fruits). Additionally, the yield (kg/tree) and the quality of fruits were evaluated at the orchard commercial harvest (87 DDPF). An application of foliar urea (1%) was made to the trees during the different fruit development stages. The treatments were: treatment 1 (TR_1) trees without nitrogen application (control), TR_2 nitrogen application during the division stage cellular (25 DDPF), TR_3 nitrogen application during the stone hardening stage (42 DDPF), and TR_4 nitrogen application during the fruit filling stage (68 DDPF). At harvest, the main components of KGB yield were analyzed, which resulted in 924-942 spurs/tree; 273.6-286.2 cm^2 leaf area/spur; 1376.7-1690.3 cm^2 leaf area/terminal shoot; 28.2-29.7 m^2 leaf area/tree; 1671-1933 fruits/tree; and H:F ratio (fruit leaf) fluctuated between 154 and 185 cm^2/fruits between TRs. Also, it presented a dry matter distribution of 58.9%, 16.3%, 21.7%, and 3.1% in wood, spurs, fruits, and shoots respectively, these results obtained in 19-22 productive branches per tree. No significant differences were observed in the fruit yield or the quality at harvest between TRs, possibly due to the low dose of the application. Carrying out some type of load regulation may likely allow a correct balance in the system source, raising the H: F relay, and with it the quality standards.

Keywords: *Prunus avium*, leaf area, fruit quality, KGB system, fruit load, shoot growth, spurs, leaf-fruit ratio.

1. Introducción

1.1. Mercado actual

En Chile, la rentabilidad de varias especies frutales ha disminuido significativamente en el último tiempo, lo que ha generado que los productores renueven sus cultivos enfocados hacia frutales con mayores retornos, como es el caso del cerezo dulce (*Prunus avium* L.) (Odepa, 2020b). Este aumento en las plantaciones ha producido simultáneamente la introducción de nuevos portainjertos enanizantes y cultivares autofértiles, lo que ha permitido desarrollar huertos de cerezos en alta densidad con árboles más pequeños (en volumen y altura), más precoces y productivos (Robinson, 2005).

Chile representa el 94% de la oferta exportada de los países productores de cerezas del Hemisferio Sur, siendo el tercer frutal más relevante a nivel país en términos de volumen y retornos totales (iQonsulting, 2020).

Actualmente corresponde a uno de los cultivos más rentable de fruta fresca, donde el 94% de la fruta es destinada al lejano oriente, principalmente China con 228.548 ton en la temporada 2019/2020 (iQonsulting, 2020).

Se espera que estas exportaciones chilenas de cerezas continúen aumentando debido a una alta proporción de huertos en formación y el clima favorable para la producción de cerezas (iQonsulting, 2020).

Las plantaciones de cerezo dulce en Chile se estiman en 38,396 hectáreas (ha), repartidas principalmente en las regiones del Maule (17,659 ha) y del Libertado B. O´ Higgins (13,699 ha), con volúmenes exportados de 94.749 ton y 87.696 ton, respectivamente (Odepa, 2020a). Estas dos regiones de la Zona Central de Chile representan el 80% de los envíos del país (iQonsulting, 2020).

Actualmente, Lapins (Long *et al.,* 2007) es el cultivar autoféril principal exportado, representando el 31% del total de envíos, con 10.781 ha plantadas a nivel nacional, le siguen los cultivares Santina y Regina (iQonsulting, 2020; Odepa, 2020a). Para Lapins, el portainjerto Colt es el patrón mayormente utilizado a nivel productivo.

1.2. Desarrollo del Fruto

El cerezo dulce es un árbol caducifolio perteneciente a la familia de las Rosáceas que comienza su ciclo productivo temprano en la temporada a salida de invierno con una floración a expensas de las reservas acumuladas la temporada anterior (Lang, 2001). Estas reservas suelen sustentar parte de la brotación (aprox. tres semanas) y desarrollo de las hojas (Flore & Layne, 1999; Grassi *et al.*, 2003; Ayala & Lang, 2004; Whiting & Lang, 2004).

Su fruto presenta un patrón de crecimiento doble sigmoide, lo cual implica que crece poco en la etapa I (EI) (15% del total) y bastante en la III (EIII) (80% del total) (Roper *et al*., 1987). La principal diferencia en el momento de maduración entre los distintos cultivares se debe a distintas duraciones de la etapa II (EII), correspondiente al endurecimiento del endocarpio (Tukey, 1934). Presenta un breve período de maduración de fruto entre los frutales caducifolios, ya que el desarrollo de la fruta suele extenderse de 60 a 80 d desde la floración hasta la madurez (San-Martino *et al.*, 2010).

La división celular es una actividad importante que atrae fotoasimilados a los órganos sumideros en las primeras etapas de desarrollo (Ayala & Lang, 2018). En esta especie, el reparto o distribución de la materia seca depende de la etapa de crecimiento del fruto, con una mayor acumulación de carbohidratos (CHO) en los frutos durante el desarrollo de la pulpa (EIII) (Ayala & Lang, 2018). El tamaño del fruto dependerá principalmente del número de células definidas genéticamente por las divisiones celulares que ocurren antes de la antesis (Olmstead *et al*., 2007).

Los frutos de cereza se producen principalmente en dardos, generalmente cada uno con cuatro a seis frutos de yemas simples con dos a tres flores por yema y cinco a siete hojas, dependiendo del cultivar y su vigor correspondiente (Gil, 2012). El desarrollo de los frutos ocurre al mismo tiempo que crecen los brotes terminales, estableciéndose una estrecha competencia en el sistema (Ayala & Lang, 2015), por lo cual, una limitación del suministro de fotoasimilados producirá una reducción de la tasa de crecimiento e incluso caídas de frutos (Ayala, 2004; Blanusa *et al*., 2006; Ayala & Lang, 2018).

Las hojas de los dardos se desarrollan rápidamente en primavera (30-40 días después de plena floración, DDPF), mientras que las hojas del brote de la temporada continúan creciendo durante la temporada (hasta 180 - 200 DDPF) (Flore & Layne, 1999; Ayala *et al.*, 2018).

1.3. Productividad y Distribución de Asimilados

La producción y distribución de los CHO es un determinante del rendimiento y calidad de la porción cosechada generalizable para todos los cultivos. Las relaciones entre las fuentes de CHO (hojas maduras y reservas de almacenamiento) y los sumideros (frutos, brotes de la temporada, raíces y hojas jóvenes) en etapas fenológicas específicas no se conocen con claridad para el cerezo dulce (Whiting & Lang, 2004b; Ayala & Lang, 2018) conducido en KGB.

Los factores principales que determinan la eficiencia fotosintética en cerezos son la temperatura, la concentración de dióxido de carbono (CO_2), la actividad de las hojas, el estado hídrico del árbol, la concentración de los nutrientes, la demanda de fotoasimilados y la intercepción lumínica (Biscoe & Gallagher, 1977; Usenik *et al.*, 2010).

En cerezos las principales fuentes de fotoasimilados durante la temporada de crecimiento son: las hojas de los brotes de la temporada actual (una hoja por nudo), las hojas de dardos no fructíferos en madera de un año y las hojas de dardos fructíferos en madera de dos años o más en combinaciones con portaijertos desvigorizantes (Ayala & Lang, 2018). En general, el área foliar (AF) de la sección o segmento fructífera es una fuente insuficiente de CHO para el fruto, por lo que el suministro proviene también de otras fuentes tales como brotes, dardos no fructíferos y/o reservas (Cittadini *et al*., 2008a; Ayala & Lang, 2018).

Los frutos ejercen un fuerte efecto depresivo en el crecimiento, especialmente de las raíces y, por tanto, de los brotes de la siguiente temporada (Artacho & Bonomelli, 2016). Después que las reservas de CHO se agotan a principios de la primavera, el dosel del árbol debe producir nuevos CHO para el resto del crecimiento de la temporada y un nuevo suministro de reservas para el crecimiento inicial de la próxima primavera (Grassi *et al*., 2003; Ayala; 2004; Ayala & Lang, 2015).

Los atributos de calidad de los frutos (el peso, tamaño y SS) se relacionan estrecha y positivamente con la relación fuente/sumidero (relación hoja:fruto, H : F) (Whiting & Lang, 2004b). Esto coincide con lo reportado por Roper y Loescher (1987) quienes encontraron una correlación positiva entre la calidad del fruto y el área foliar disponible, dado que SS en los frutos fue más sensible al aumento del AF de las hojas, seguido por el peso y el color de la fruta.

1.4. Regulación de carga y relaciones fuente-sumidero

El uso de combinaciones de cultivares más productivas injertadas en portainjertos de vigor medio y bajo, permite mayores rendimientos y precocidad (Ayala & Andrade, 2009). Sin embargo, este tipo de combinaciones requiere una frecuente regulación de carga para evitar un deterioro en la calidad de la fruta y el envejecimiento prematuro del huerto (Ayala & Andrade, 2009; Villasante *et al.*, 2012). Una situación intermedia es el uso de cultivares autocompatibles injertados sobre portainjertos vigorosos, lo cual permite un alto rendimiento y reduce el riesgo de cargas excesivas (Ayala & Andrade, 2009).

Una vez que los árboles del huerto han entrado en producción, si la carga del cultivo no se reduce, se produce una baja en el tamaño de los frutos debido a una deficiencia en el número de hojas disponibles para apoyar el crecimiento del fruto (Ayala, 2008; Villasante *et al.*, 2012).

Para un cultivar en específico, la rel H : F es determinante para lograr óptimos valores de los parámetros de calidad mencionados (Ayala, 2004; Whiting & Lang, 2004; Cittadini *et al*., 2008a).

El valor óptimo de la relación H : F sugerido por Whiting y Lang (2004) es aproximadamente 240 cm^2/frutos en la combinación ‘Bing’ sobre el portainjerto ‘Gisela 5’, un valor de referencia que asegura que el crecimiento de la fruta no estará limitado por el suministro de fotoasimilados, bajo este nivel la calidad de la fruta comienza a disminuir (Ayala, 2004; Cittadini *et al*., 2008b).

Una alta rel H : F estimula el crecimiento de los frutos, en desmedro del crecimiento vegetativo, lo que permite una producción de alto rendimiento y calidad (Cittadini *et al*.,

2008a). Un estudio realizado por Ayala y Andrade (2009) utilizando la eliminación de dardos temprano en la temporada en la combinación 'Lapins'/'Mazzard' indicó que los fotoasimilados disponibles para el crecimiento del fruto están disponibles hasta cierto punto, pero más allá de este no existe una respuesta en la calidad. Esto podría ser el resultado de una limitación impuesta por el sumidero, ya que los tratamientos con relaciones H : F superiores a los propuestos por Whiting y Lang (2004a) no incrementaron necesariamente la calidad del fruto (Ayala & Andrade, 2009).

El desarrollo de técnicas de regulación de carga serán fundamentales para el éxito de los sistemas de huertos de cerezos en altas densidades ya que apuntan a lograr un óptimo balance entre la parte vegetativa y reproductiva del árbol (Usenik *et al*., 2010). Esta información no está disponible para el sistema KGB en el Valle Central de Chile.

Una forma de mantener y asegurar una óptima rel H : F en combinaciones altamente productivas es a través de la poda y el raleo de yemas, flores y/o frutos (Ayala & Andrade, 2009).

La poda constituye una estrategia efectiva para reducir la carga en combinaciones de cereza dulce, ya que permite ajustar las fuentes de fotoasimilados (hojas de dardos y del brote de la temporada) y la demanda de los sumideros (flores, frutos y hojas pequeñas) (Villasante *et al*., 2012; Ayala *et al.,* 2018; Ayala & Lang, 2018).

Además, la poda permite el control de la altura de árbol, promueve el crecimiento vegetativo, facilita la renovación de la madera reproductiva y optimiza la intercepción de luz (Ayala *et al.*, 2018). La poda de invierno tiene un efecto importante en el equilibrio fuente-sumidero al reducir las estructuras florales y promover el crecimiento vegetativo en cerezas (Ayala *et al*., 2018).

El raleo de yemas, flores y/o frutos pequeños complementa la poda anual en combinaciones de cerezo dulce altamente productivas, optimizando la rel H : F y mejorando la distribución de los fotoasimilados entre los frutos restantes (Ayala & Lang, 2004; Ayala *et al*., 2018). Ajustes de carga tempranos ya sea de flores, frutos o yemas como estrategia adicional a la poda, provocan efectos beneficiosos en el rendimiento,

calidad de la fruta y crecimiento vegetativo a través de los años (Ayala & Andrade, 2009; Usenik *et al*., 2010; Robinson *et al.*, 2014; Ayala & Lang, 2018).

Un estudio realizado por Ayala et al. (2018) sobre la regulación de carga mediante poda de invierno demostró el aumento del AF de los brotes de la temporada y de los dardos, mejorando la rel H : F en la combinación 'Bing'/'Gi.® 6'. Arboles no podados tuvieron mayores rendimientos, pero el tamaño de fruto fue más pequeño y un crecimiento de brotes y desarrollo del AF más reducidos (Villasante *et al.,* 2012). Un menor crecimiento vegetativo en árboles no podados no sólo reduce la rel H : F, sino que también afecta la capacidad para renovar la madera fructífera y, mantener la calidad, el rendimiento y el vigor vegetativo (Whiting & Lang, 2004b; Villasante *et al*., 2012; Ayala *et al.,* 2018).

1.5. Sistemas de conducción utilizados en la actualidad

La tendencia actual sobre la producción de cerezas se centra en producir huertos en altas densidades que garanticen una alta calidad y cantidad de fruta, aumentando los rendimientos acumulados durante los primeros años (Robinson, 2005; Musacchi *et al*., 2015; Csihon *et al.,* 2018). Los objetivos de los sistemas intensivos en cerezo buscan reducir el tiempo en que el árbol entra en producción, lograr huertos peatonales (2.5 a 3.5 m altura) para facilitar las labores y, aumentar la calidad de los frutos sin efectos negativos en el rendimiento (Lauri & Claverie, 2005; Whiting *et al.*, 2005; Ampatzidis *et al*., 2013).

Debido al aumento en los costos de producción, la limitante mano de obra calificada cada vez más escasa y el aumento de la competencia en el mercado mundial obligan en cierta forma a los productores a optar por estos sistemas de conducción modernos utilizados en los huertos de alta densidad (Long *et al.,* 2015). A lo largo de los años se han realizado múltiples investigaciones para entregar soluciones mediante la introducción de nuevos cultivares y portainjertos, el desarrollo de nuevos sistemas de conducción que permiten reducir el tamaño de los árboles (De Salvador *et al*., 2005; Whiting *et al.*, 2005; James 2011; Musacchi *et al*., 2015).

Los sistemas de conducción en cerezos proporcionan una modificación del hábito de crecimiento natural del árbol (Long *et al.,* 2015), sin embargo, muchos de los sistemas tradicionales crean estructuras complejas que tardan mucho tiempo en desarrollarse completamente y, generalmente, carecen de una estrategia sistémica para renovar la madera fructífera (Whiting *et al.*, 2005: James; 2011; Long *et al.,* 2015).

El sistema de conducción, la combinación productiva y los manejos adecuados provocarán un equilibrio entre área foliar con la carga del cultivo, promoviendo frutos de mayor tamaño, además de permitir la formación de estructuras reproductivas, vegetativas y la renovación de madera al mismo tiempo (Long *et al.,* 2015; Robinson *et al.,* 2014).

Entre los diversos factores que atribuyen la rentabilidad de un huerto, dos elementos sobresalen al resto: las técnicas de manejo que controlen el vigor y la reducción de los costos laborales a través de una correcta conducción de los árboles (Lauri & Claverie, 2005; Ampatzidis *et al*., 2013; Stanley *et al.,* 2018).

En Chile el sistema de conducción más difundido es el Eje Central (CL), el cual forma un árbol de un solo eje central con brotes de fructificación renovables que promueven rendimientos tempranos en huertos de densidades moderadamente altas. El CL fomenta la precocidad mediante la poda temprana, requiere trabajos laborales relativamente altos en los primeros años de establecimiento, pero bajos durante la madurez. La forma piramidal del árbol promueve una buena distribución de la luz en todo el dosel (Long *et al*., 2015). Debido a la naturaleza de un único eje se requiere de portainjertos desvigorizantes para ayudar a mantener la altura de los árboles reducida, creando un huerto semi peatonal (Long *et al*., 2015).

Recientemente en Chile, uno de los sistemas de conducción utilizados en la producción de cerezo dulce en la actualidad es el KGB, el cual posee una estructura con múltiples ramas fructíferas verticales con el objetivo de distribuir y moderar el vigor, lo que permite que se adapte con portainjertos vigorosos o de vigor moderado (James, 2011; Long *et al*., 2015). Estas ramas se renuevan regularmente para mantener dardos jóvenes y productivos.

El sistema permite el establecimiento de huertos totalmente peatonales, que se pueden cosechar sin necesidad de escaleras ni plataformas. La formación del árbol es fácil y requiere un mínimo trabajo, la poda en plena producción es simple y sigue un plan repetible.

Además del KGB, resaltan los sistemas Spanish Bush (SB), Steep Leader (SL), Super Slender Axe (SSA), Tall Spindle Axe (TSA), Upright fruiting offshoots (UFO) y "Y" Trellis (UFO-Y) en los sistemas de alta densidad de cerezo dulce (Lang, 2005; James, 2011; Long *et al*., 2015; Musacchi *et al*., 2015). Algunos de estos sistemas se están evaluando en Chile y en ciertas zonas ha comenzado a predominar el KGB.

1.6. Combinación comercial 'Lapins'/'Colt' conducido como KGB

El cultivar cv. 'Lapins' ha sido tradicionalmente muy bien aceptado por parte de los productores y del mercado debido a su alta productividad (15-20 ton/ha) dada principalmente por su carácter autofértil (FDF, 2010) y por la menor susceptibilidad a partiduras, haciéndolo actualmente un cultivar muy rentable. Además, tiene la particularidad de formar buen calibre (Csihon *et al.,* 2018) y requerimientos medios de acumulación de frío para la brotación (500-700) (FDF, 2010). Es por estas características que en Chile se injerta comúnmente sobre un patrón o portainjerto 'Colt' (*Prunus avium* x *Prunus pseudocerasus*) ya que este patrón proporciona un mayor vigor, logrando así un óptimo equilibrio vegetativo/reproductivo maximizando los rendimientos (Long *et al.,* 2007). Además, este patrón se adapta a suelos con excesos de humedad y asfixia (suelos arcillosos), pero el vigor que otorga requiere de muchas veces realizar podas de verano. Además 'Colt' es compatible con la gran mayoría de los cultivares comerciales de cerezo dulce aunque es sensible a agallas del cuello (Csihon *et al.,* 2018).

La combinación comercial 'Lapins`/'Colt' se adapta bien al sistema de conducción KGB ya que el cv. Lapins produce la fruta preferentemente en dardos. Los objetivos del sistema de conducción KGB son producir alto volumen de fruta de alta calidad en un árbol de baja altura (3 m aprox.) y promover un uso eficiente de la mano de obra (Green, 2005; James, 2011). El KGB permite huertos peatonales que facilitan todo tipo de prácticas, especialmente la cosecha ya que el cosechero sólo debe inclinar la rama manualmente desde el suelo para remover la fruta sin la necesidad de usar escaleras.

El KGB resulta ser un sistema fácil de entender y de implementar en el corto y largo plazo, con bajos costos de implementación y de fácil renovación del material productivo. Ocupa rápidamente el espacio asignado del huerto e intercepta una alta proporción de luz disponible y la distribuye uniformemente en el todo el dosel (Green, 2005). Para una misma AF por árbol, una mejor distribución de la luz puede contribuir a un mayor suministro de CHO a los frutos y como consecuencia un mayor tamaño de estos (Cittadini *et al.,* 2008a). Sin embargo, este sistema es más propenso a sufrir daños por bajas temperaturas debido a su arquitectura con forma de vaso. También, requiere de la remoción de ramas viejas que impiden la óptima intercepción lúminica, especialmente en los dardos basales (Green, 2005).

Considerando lo anterior, la hipótesis de este estudio considera que la combinación semi vigorosa “Lapins”/”Colt” conducida con el sistema KGB requiere regulación de carga, al entrar en plena producción, debido a una limitación de la fuente durante el período de desarrollo del fruto. Para lo cual se analizaron los componentes de rendimiento y la calidad de fruta sin regulación de carga en la Zona Central de Chile. Adicionalmente, se espera que la época de aplicación foliar de nitrogeno durante el período de desarrollo del fruto influya en la calidad de este a cosecha.

2. Materiales y Métodos

2.1. Material vegetal y condición climática y de suelo del campo

El estudio se llevó a cabo en un huerto comercial de cerezo dulce localizado en San Francisco de Mostazal, Región VI, Chile (34° 00' 01.9" latitud Sur, 70° 41' 40.8" longitud Oeste) usando árboles de la combinación “Lapins” / “Colt” con cinco años de edad. El huerto fue formado bajo un sistema de conducción KGB y plantado a 3,8 x 2,0 metros (1.316 árboles/ha). Los árboles estaban bajo un sistema de riego por goteo con dos líneas de 2 l/h. La programación de riego consistía en dos riegos de 14 h por semana. El estado fenológico de plena floración ocurrió el día 30 de agosto de 2019 (0 DDPF). No se realizó ningún manejo de poda o raleo de ningún tipo para regular la carga frutal durante la temporada. La acumulación de horas frío (HF) de la temporada fue de 565 medidas desde el 1 de mayo hasta el 15 de agosto. El área del estudio presenta un clima templado mediterráneo con una acumulación térmica medida como grados día (GD) de 106, 84 y 309 para el estado de división celular (hasta 35 DDPF), estado de endurecimiento del carozo (hasta 52 DDPF) y estado de maduración o llenado de fruto (hasta los 87 DDPF, cosecha comercial), respectivamente, calculado según Bonomelli et al. (2012) (Tabla 1).

Tabla 1. *Etapas de desarrollo del fruto de cerezo dulce cv. ‘Lapins’ sobre ‘Colt’ a cosecha (87 DDPF; 25/11/19), localizado en San Francisco de Mostazal, Región VI, Chile*

Etapa	Desarrollo del fruto	DDPF	GD
I	división celular	32	106
II	endurecimiento del carozo	52	84
III	llenado de fruto	87	309

A cada etapa de desarrollo del fruto se le registró la duración medida como días después de plena flor (DDPF) y la acumulación térmica medida como grados días (GD), respectivamente. Este último se determinó según Bonomelli et al. (2012).

La precipitación anual de la temporada hasta cosecha fue de 90 mm. El sistema no contaba con infraestructura de protección contra lluvias. Los árboles recibieron un plan de fertilización y fitosanitario acorde a los manejos comerciales del huerto.

2.2. Tratamientos con aplicación nitrogenada

Se establecieron cuatro bloques aleatorios en el huerto con 4 TRs incluyendo el TR control (sin aplicación de urea foliar). Se definieron tres repeticiones aleatorias por tratamiento por bloque, obteniendo un total de 12 repeticiones por tratamiento. Los árboles fueron definidos de forma aleatoria y separados entre sí cada dos árboles para que no se produjera interferencia entre TR al momento de las aplicaciones. La aplicación de urea foliar se realizó durante la etapa de desarrollo de fruto: TR_1: control; TR_2 = aplicación en estado de división celular del fruto; TR_3 = aplicación en estado de endurecimiento del carozo; TR_4 = aplicación en estado de expansión y maduración de fruto. A cada repetición se le aplicó una concentración de urea al 1% [$CO(NH_2)_2$; 46% N] en forma foliar pulverizada (árbol completo), siguiendo el protocolo de Ayala et al. (2014). El volumen de aplicación de la solución por árbol fue de 3,5 litros.

Las aplicaciones a los árboles con urea convencional se realizaron mediante el uso de una mochila pulverizadora a motor (Nitro Tools, 14 L, 42 cc, Santiago, Chile). Estas aplicaciones se realizaron a los 25 DDPF (24 de septiembre), 43 DDPF (11 de octubre) y 68 DDPF (5 de noviembre), correspondientes a los TR 2, 3 y 4 respectivamente.

2.3. Evaluaciones

2.3.1. Evaluaciones de Campo

Previo al establecimiento de los TRs, se realizó una caracterización a 30 árboles de un total de 5.250 árboles. A estos árboles se les midió el perímetro del tronco (cm), y se seleccionaron 3 ramas aleatorias por árbol para medir el largo (cm), perímetro (a 10 cm de la unión con el tronco; cm) y, número de dardos reproductivos y totales. Luego se seleccionaron tres dardos por rama, a los cuales se les contabilizó el numero de hojas y frutos. El número promedio de ramas madres por árbol fue de 19 - 22 ramas/árbol.

Adicionalmente, a las ramas madres se les cortó todos los brotes de la temporada con excepción de brote terminal.

Semanalmente se realizó un seguimiento fenológico para determinar el momento de las aplicaciones y de cosecha. Además, cada semana se realizó un muestreo de dardos de cada TR (dos árboles por TR), desde 12 DDPF (11/09/19) hasta 82 DDPF (20/11/19), del cual se extrajeron tres dardos aleatorios de cada rama madre seleccionada anteriormente. A estos dardos se les midió: el número de hojas, área foliar (AF, cm^2) el peso fresco (PF, g) de hojas, frutos y madera, número de frutos, peso seco (PS, g) de hojas, frutos y madera y, diámetro de fruto. El PF y PS fueron medidos utilizando una escala de precisión de 0,001 g (GRAM, Labtech 1500, Ontario, Canadá). El diámetro de fruto fue medido utilizando un pie de metro digital (Hubermann, Santiago, Chile). El área foliar (AF) se cuantificó con un medidor de área de hojas (LI-COR LI-3100, Lincoln, NE, USA).

Adicionalmente, se llevó un registro del crecimiento del brote de la temporada (cm) para cada rama marcada por árbol desde inicio de la temporada hasta cosecha (12 ramas por TR), utilizando una huincha de medir (m). Para determinar el AF del árbol completo y la relación H : F a cosecha de cada TR se siguió el protocolo de Whiting y Lang (2004).

2.3.2. Distribución de biomasa (% materia seca)

A cosecha (87 DDPF; 25/11/19) se removieron 12 ramas (una por árbol) por TR que fueron llevadas a laboratorio. A estas ramas se les dividió en los distintos órganos/tejidos, los cuales fueron: madera reproductiva de cuatro (t 2015/2016), tres (t 2016/2017) y dos (t 2017/2018) años (madera y corteza), madera vegetativa de un año (madera y corteza), dardos reproductivos posicionados en la madera reproductiva (trozo de madera y hojas), dardos vegetativos posicionados en la madera vegetativa (trozo de madera y hojas), frutos posicionados en dardos en madera reproductiva (pedicelo, pulpa y carozo) y brote terminal de la temporada (tallo y hojas). Luego se registró el peso fresco de cada uno de estos tejidos para luego medir el peso seco, secando en un horno a 70º C hasta alcanzar peso constante (modelo AD 810 L) utilizando una balanza digital (GRAM, Labtech 1500, Ontario, Canadá) para luego establecer la distribución de

biomasa de cada uno de estos tejidos con relación al total de biomasa de la rama completa, medido como % de materia seca.

2.3.3. Rendimiento y Calidad de Fruta a cosecha

La fecha comercial de cosecha (87 DDPF) para los TRs fue establecida mediante el color del fruto, utilizando la escala colores cereza desarrollada en la Pontificia Universidad Católica de Chile. Cinco árboles por TR fueron cosechados para medir rendimiento y evaluar la calidad de fruta. El rendimiento (kg/árbol) fue medido utilizando una balanza digital (Sudstar, China). Para los parámetros de calidad de la fruta medidos en laboratorio, se tomaron muestras de 20 frutos por repetición para determinar el tamaño o diámetro de fruto (mm), peso fresco (g), S.S (%, Refractómetro Veto, Santiago, Chile), acidez titulable (AT) (g L^{-1}, pHmetro Veto, Santiago, Chile), firmeza (se utilizó un rango de 0 (suave) a 100 (firme)) usando un durómetro (Setop, Cavaillon, Francia) y partidura (% IP) siguiendo el protocolo descrito por Christensen (1972), sumergiendo en agua destilada (pH 7) 20 frutos por repetición que fueron examinados en las posteriores 2,4 y 6 h, mediante la formula: 5a + 3b + c / 100, donde: a, b y c fueron los números de frutos partidos a las 2, 4 y 6 h, respectivamente.

Para medir la distribución de calibres (mm), firmeza (N) y color se utilizaron muestras de 50 frutos por cada árbol cosechado a través de una máquina de recepción automatizada Cherry tracker desarrollada por PT&I (Poscosecha Tecnología e Innovación) que cuenta con múltiples sensores que miden los parámetros mencionados. La firmeza fue separada en muy firme, firme, sensible y blanda que corresponde a ≥1,91; 1,61-1,9; 1,31-1,6; ≤1,3 N/mm; respectivamente, el color en R Rojo (R); Caoba rojo claro (CRC); Caoba rojo oscuro (CRO) y que corresponden a los valores Hue de 15-10°; 9,9-7° y 6,0-3,0° respectivamente.

2.4. Análisis Estadístico

El análisis de varianza para determinar las diferencias entre tratamientos fue ANOVA, ($p = 0.05$). Los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando STATGRAPHICS Centurion XVII software (StatPoint Technologies, Warrenton, Virginia, USA).

3. Resultados

3.1. Crecimiento vegetativo-reproductivo y relaciones fuente-sumidero

3.1.1. Área foliar

No hubo diferencias significativas entre TRs en cuanto a los parámetros asociados al AF de dardos y brotes de la temporada. Los árboles tuvieron entre 924 a 942 dardos por árbol (Tabla 2). Se determinaron 17,5 a 17,9 dardos/metro lineal entre TRs sin diferencias significativas. No se observaron diferencias significativas en el número de hojas del dardo, el cual fluctuó entre 8,7 a 9,1 hojas. El número de hojas del brote terminal tampoco mostró diferencias significativas, con rangos de valor entre 21,2 a 26,1 hojas (Tabla 2).

El AF de los dardos no presentaron diferencias significativas entre TRs, alcanzando valores entre los 273,6 a 286,2 cm^2. El AF del brote terminal tampoco presentó diferencias significativas, con rangos de valores entre 1376,7 a 1690,3 cm^2.

Por su parte, la rel H : F tampoco registró diferencias significativas a cosecha entre los TRs, con un rango entre 153,7 a 184,7 cm^2/fruto (Tabla 3).

Tabla 2. *Área foliar individual de dardos y brote terminal (AF, cm²) para cada tratamiento de cerezo dulce cv. 'Lapins' sobre 'Colt' a cosecha (87 DDPF; 25/11/19), localizado en San Francisco de Mostazal, Región VI, Chile.*

		Dardo				Brote terminal	
Tratamiento	Aplicación en DDPF	Número de dardos	Número de dardos por metro lineal	Número de hojas	AF (cm^2)	Número de hojas	AF (cm^2)
TR1	control	(933,3 ± 22,4)[1]	(17,8 ± 1,3)	(9,0 ± 0,3)	(273,6 ± 11,7)	(21,2 ± 0,9)	(1376,7 ± 48,1)
TR2	25	(924,0 ± 38,3)	(17,6 ± 2,2)	(8,7 ± 0,4)	(286,2 ± 13,9)	(22,0 ± 1,9)	(1427,7 ± 123,7)
TR3	42	(940,3 ± 23,5)	(17,5 ± 1,3)	(8,7 ± 0,2)	(284,5 ± 7,0)	(26,1 ± 1,5)	(1690,3 ± 97,8)
TR4	68	(942,7 ± 32,2)	(17,9 ± 1,8)	(8,7 ± 0,2)	(274,9 ± 6,1)	(23,9 ± 2,2)	(1549,4 ± 145,1)
p-valor		0,972	0,972	0,878	0,508	0,204	0,204

[1]Los valores de cada tratamiento son medias ± SE calculadas a partir de cada repetición de cada tratamiento, basados en ANOVA ($p<0,05$). Los TRs corresponden a los distintos momentos de aplicación de urea foliar realizados durante la etapa de desarrollo de fruto. TR_1 = tratamiento sin aplicación nitrogenada (control); TR_2 = aplicación de urea foliar durante el estado de división celular del fruto (25 DDPF); TR_3 = aplicación de urea foliar durante el estado de endurecimiento del carozo (42 DDPF); TR_4 = aplicación de urea foliar durante el estado de expansión y maduración de fruto (68 DDPF).

No hubo diferencias significativas en AF total del árbol completo y el número de frutos por árbol entre TRs. El AF fluctuó entre 28,2 a 29,7 m^2/árbol y el nº de frutos por árbol varió entre 1671,5 a 1933,6.

Tabla 3. *Área foliar total (AF, m^2) por árbol, número total de frutos (F, n°) por árbol y relación de área foliar por fruto (AF/F, cm^2 $fruta^{-1}$) para cada tratamiento de cereza dulce 'Lapins' en 'Colt 'a cosecha (87 DDPF; 25/11/19), localizado en San Francisco de Mostazal, Región VI, Chile.*

Tratamiento	Aplicación en DDPF	Total AF $árbol^{-1}$ (m^2)	nº frutos $árbol^{-1}$	H:F (cm^2 $frutos^{-1}$)
TR1	control	(28,2 ± 0,6)[1]	(1793,1 ± 84,8)	(158,8 ± 9,4)
TR2	25	(28,9 ± 1,2)	(1691,3 ± 223,1)	(184,7 ± 28,1)
TR3	42	(29,7 ± 0,7)	(1671,5 ± 121,8)	(181,9 ± 14,5)
TR4	68	(29,1 ± 0,8)	(1933,6 ± 223,2)	(153,7 ± 13,9)
p-valor		0,638	0,587	0,523

[1]Los valores de cada tratamiento son medias ± SE calculadas a partir de cada repetición de cada tratamiento, basados en análisis de comparación de medias (ANOVA) ($p<0,05$). Los TRs corresponden a los distintos momentos de aplicación de urea foliar realizados durante la etapa de desarrollo de fruto. TR_1 = tratamiento sin aplicación nitrogenada (control); TR_2 = aplicación de urea foliar durante el estado de división celular del fruto (25 DDPF); TR_3 = aplicación de urea foliar durante el estado de endurecimiento del carozo (42 DDPF); TR_4 = aplicación de urea foliar durante el estado de expansión y maduración de fruto (68 DDPF).

3.1.2. Crecimiento del brote

No se observaron diferencias significativas entre TRs en cuanto a la tasa de crecimiento absoluto del brote terminal entre los 26 y 82 DDPF (Fig. 1). En la Fig. 1 se observa el decaimiento de la tasa de crecimiento del brote al avanzar la temporada. Durante la EI de división celular del fruto se observaron los mayores valores, los cuales variaron entre 0,6 y 0,7 cm/día. Desde los 35 a 52 DDPF, es decir, EII o endurecimiento del carozo, la tasa de crecimiento descendió en todos los TRs, alcanzando valores entre 0,6 a 0,2 cm/día. Entre los 53 a 82 DDPF, EIII de llenado del fruto, los primeros días se observó una pequeña alza en el crecimiento del brote por parte de todos los TR, pero luego este volvió a descender alcanzando valores cercanos a 0,1 cm/día una semana antes de cosecha.

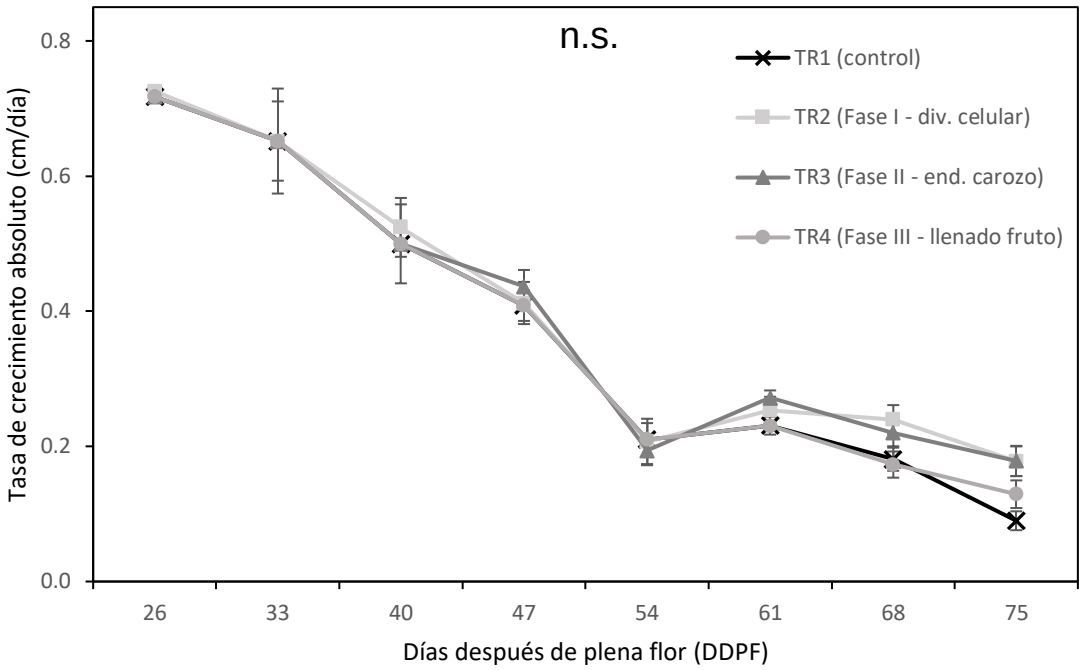

Fig. 1. Crecimiento de brotes desde los 26 DDPF hasta 82 DDPF medida como tasa de crecimiento absoluto (cm/día) para cada tratamiento de cerezo dulce "Lapins" sobre "Colt". Cada punto de datos representa la media semanal ± SE (n=8). n.s. indica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos basados en el análisis de comparación de medias (ANOVA) ($p<0.05$). Los TRs corresponden a los distintos momentos de aplicación de urea foliar realizados durante la etapa de desarrollo de fruto. TR_1 = tratamiento sin aplicación nitrogenada (control); TR_2 = aplicación de urea foliar durante el estado de división celular del fruto (25 DDPF); TR_3 = aplicación de urea foliar durante el estado de endurecimiento del carozo (42 DDPF); TR_4 = aplicación de urea foliar durante el estado de expansión y maduración de fruto (68 DDPF).

3.1.3. Crecimiento del fruto y de dardos

No se observaron diferencias significativas entre TRs en cuanto al crecimiento semanal de los frutos medido como PS (g) (Fig. 2). En la Fig. 2 se observa que el PS aumentó hasta 82 DDPF, siendo la etapa de mayor acumulación durante el llenado del fruto (entre los 52 a 82 DDPF), alcanzando valores de 1,97 y 2,11 g de PS por fruto a cosecha comercial.

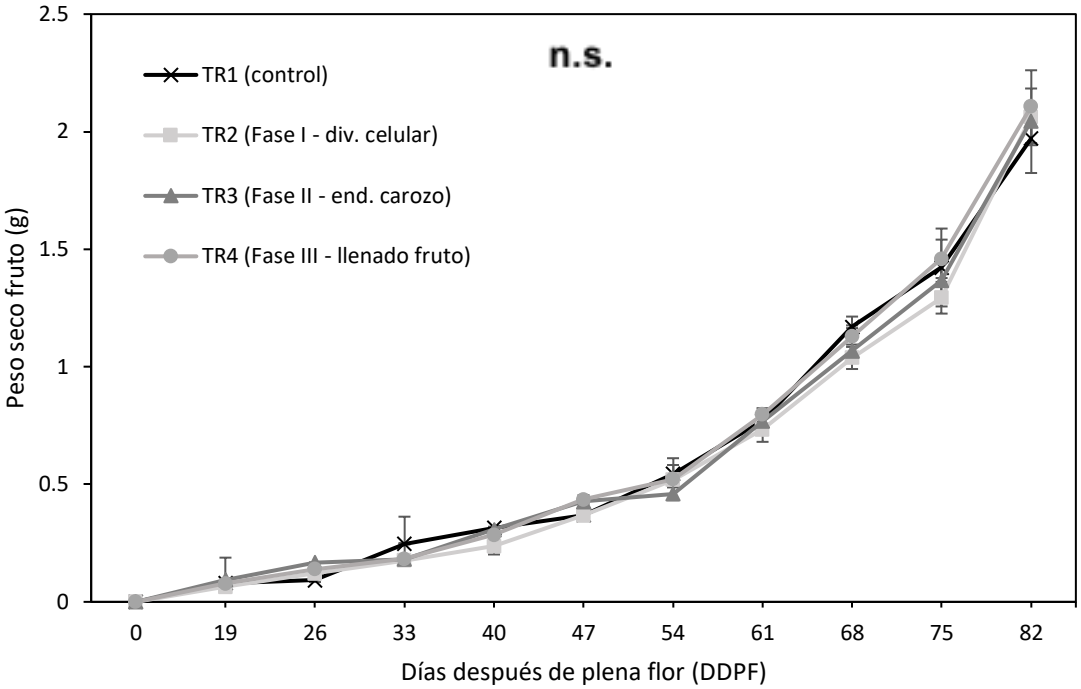

Fig. 2. Peso seco (PS) de los frutos de dardos muestreados al azar semanalmente desde inicio de la temporada hasta 82 DDPF para cada tratamiento de cerezo dulce "Lapins" sobre "Colt". Cada punto de datos representa la media semanal ± SE (n=9). n.s. indica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos basados en el análisis de comparación de medias (ANOVA) ($p<0.05$). Los TRs corresponden a los distintos momentos de aplicación de urea foliar realizados durante la etapa de desarrollo de fruto. TR_1 = tratamiento sin aplicación nitrogenada (control); TR_2 = aplicación de urea foliar durante el estado de división celular del fruto (25 DDPF); TR_3 = aplicación de urea foliar durante el estado de endurecimiento del carozo (42 DDPF); TR_4 = aplicación de urea foliar durante el estado de expansión y maduración de fruto (68 DDPF).

No se observaron diferencias significativas entre TRs respecto al crecimiento semanal acumulado de PS en los dardos (Fig. 3). En la Fig. 3 se observa que el aumento del PS fue casi constante, alcanzando valores de 4,1 y 4,4 g a los 82 DDPF. La madera de los dardos alcanzó valores promedios de 0,9, 1,5 y 2,8 g durante el estado de división celular, endurecimiento del carozo y llenado de fruto, respectivamente (datos no mostrados). En relación con el crecimiento de las hojas de los dardos, estas alcanzaron valores promedios de 0,5, 0,8 y 1,5 g durante el estado de división celular, endurecimiento del carozo y llenado de fruto, respectivamente (datos no mostrados).

Entre estos dos componentes, la madera y las hojas aportaron un 65 y 35% del PS total del dardo, respectivamente.

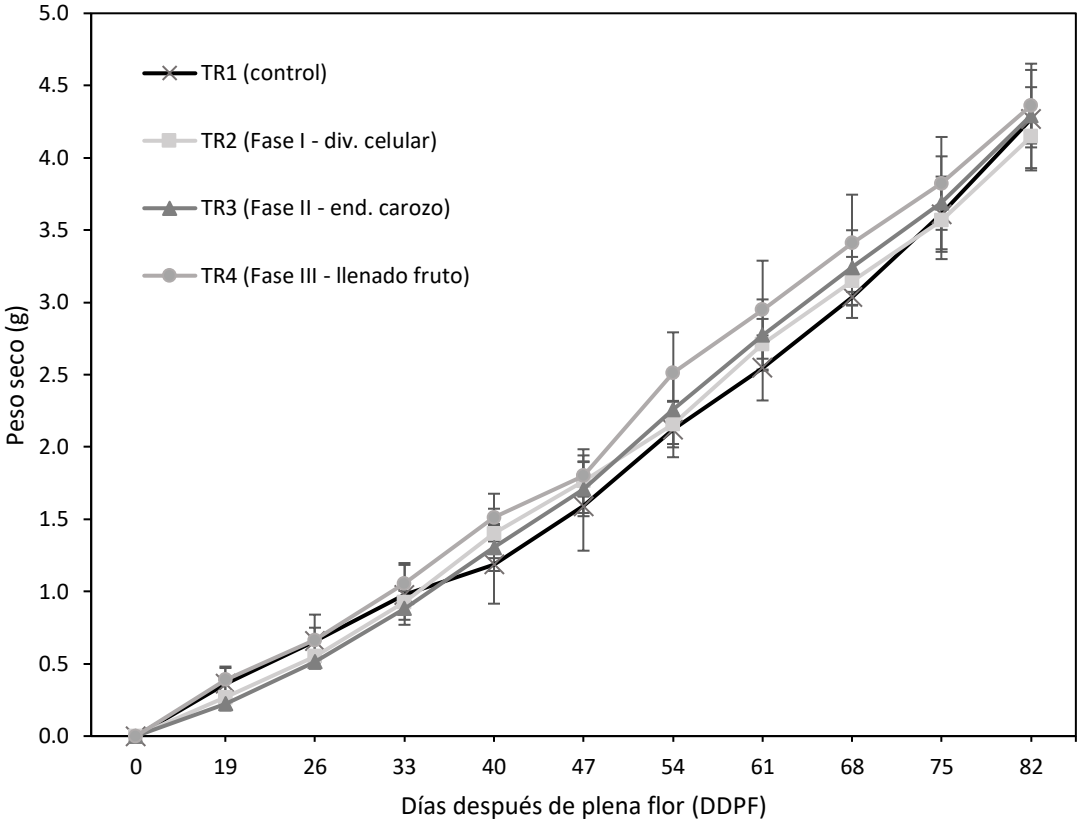

Fig. 3. Peso seco (PS) acumulado de dardos (corteza + hojas) tomados al azar semanalmente desde inicio de la temporada hasta 82 DDPF para cada tratamiento de cerezo dulce "Lapins" sobre "Colt". Cada punto de datos representa la media semanal ± SE (n=9). n.s. indica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos basados en el análisis de comparación de medias (ANOVA) ($p<0.05$). Los TRs corresponden a los distintos momentos de aplicación de urea foliar realizados durante la etapa de desarrollo de fruto. TR_1 = tratamiento sin aplicación nitrogenada (control); TR_2 = aplicación de urea foliar durante el estado de división celular del fruto (25 DDPF); TR_3 = aplicación de urea foliar durante el estado de endurecimiento del carozo (42 DDPF); TR_4 = aplicación de urea foliar durante el estado de expansión y maduración de fruto (68 DDPF).

3.1.4. Distribución de materia seca en ramas de KGB

No se observaron diferencias significativas en la distribución de biomasa entre los distintos tejidos de las ramas verticales entre los TR al momento de cosecha (Tabla 4 y Anexo, figuras 7, 8, 9 y 10). La mayor parte de la biomasa de las ramas fue registrada hacia el segmento de la madera reproductiva (cuatro, tres y dos años), alcanzando valores entre 52 al 58% de la materia seca total de la rama. Los frutos de la rama lograron valores de materia seca que fluctuaron entre el 20 al 24%. Los dardos reproductivos y vegetativos de las ramas alcanzaron porcentajes de la rama de 14 y 3%, respectivamente (datos no mostrados). La madera vegetativa de un año alcanzó valores de 3 a 4% de la materia seca total de la rama. El crecimiento de la temporada logró valores promedios del 3% respecto al total de biomasa a cosecha (87 DDPF) (Tabla 4 y Anexo, figuras 7,8,9 y 10).

Tabla 4. *Distribución de materia seca (%) de los diferentes tejidos en ramas de cerezo dulce "Lapins" sobre "Colt" conducido en KGB a cosecha (87 DDPF; 25/11/19), localizado en San Francisco de Mostazal, Región VI, Chile.*

Tratamiento	DDPF	Madera %	Dardos %	Frutos %	Brote %
T1	control	61,52[1]	15,28	20,35	2,85
T2	25	60,25	17,56	19,46	2,73
T3	42	55,93	17,08	23,34	3,66
T4	68	57,95	15,13	23,68	3,24
p valor		0,507	0,217	0,521	0,357

[1]Los valores de cada tratamiento son medias (%) calculadas a partir de cada repetición de cada tratamiento, basados en análisis de comparación de medias (ANOVA) ($p<0,05$) (n=12). Los TRs corresponden a los distintos momentos de aplicación de urea foliar realizados durante la etapa de desarrollo de fruto. TR_1 = tratamiento sin aplicación nitrogenada (control); TR_2 = aplicación de urea foliar durante el estado de división celular del fruto (25 DDPF); TR_3 = aplicación de urea foliar durante el estado de endurecimiento del carozo (42 DDPF); TR_4 = aplicación de urea foliar durante el estado de expansión y maduración de fruto (68 DDPF).

3.2. Rendimiento y calidad de fruta

No se observaron diferencias significativas entre TRs en cuanto al rendimiento a cosecha, los cuales fluctuaron entre 18 a 20 kg/árbol (Tabla 5). No se observaron diferencias significativas respecto a la calidad de la fruta entre los distintos TRs. Estas incluyeron el PF unitario del fruto (10,3 a 11,3 g), diámetro del fruto (27,2 a 28,5 mm), firmeza (70,2 a 72,8 unidades durofel), SSC (16,0 a 16,8%) y acidez (0,95 a 0,98%) (Tabla 5).

Tampoco hubo diferencias significativas en cuanto al porcentaje de partidura en los frutos sumergidos en un medio neutro (pH; pH 7), obteniendo valores de índice de partidura (IP) de 16,4 a 23,2% entre TRs (Tabla 5).

Tabla 5. *Efecto de los distintos tratamientos aplicados sobre los parámetros de rendimiento y calidad de cereza dulce bajo la combinación "Lapins" en "Colt" a cosecha (87 DDPF; 25/11/19), localizado en San Francisco de Mostazal, Región VI, Chile.*

Tratamiento	Rendimiento (Kg/árbol)	PF Unitario Fruto (g)	Diámetro (mm)	Firmeza (Unidad Durofel)	SSC (%)	Acidez TA (%)	IP (%)
T1 (control)	(19,7 ± 2,3)[1]	(11,0 ± 0,2)	(28,3 ± 0,4)	(70,2 ± 1,2)	(16,7 ± 0,8)	(0,98 ± 0,19)	(18,8 ± 1,9)[2]
T2 (25 DDPF)	(18,0 ± 2,8)	(10,6 ± 0,7)	(27,2 ± 0,6)	(70,6 ± 1,6)	(16,6 ± 0,3)	(0,97 ± 0,03)	(19,8 ± 3,3)
T3 (42 DDPF)	(18,9 ± 2,9)	(11,3 ± 0,5)	(28,5 ± 0,5)	(72,8 ± 1,3)	(16,8 ± 0,3)	(0,95 ± 0,04)	(23,2 ± 2,6)
T4 (68 DDPF)	(20,1 ± 1,3)	(10,4 ± 0,7)	(27,3 ± 0,7)	(71,6 ± 0,7)	(16,0 ± 0,6)	(0,97 ± 0,02)	(16,4 ± 2,1)
p-valor	0,530	0,643	0,302	0,478	0,713	0,983	0,330

[1]Los valores de cada columna son medias calculadas a partir de cada repetición cosechada de cada tratamiento, basado en el análisis de comparación de medias (ANOVA) ($p<0,05$) ($n=20$). Los TRs corresponden a los distintos momentos de aplicación de urea foliar realizados durante la etapa de desarrollo de fruto. TR_1 = tratamiento sin aplicación nitrogenada (control); TR_2 = aplicación de urea foliar durante el estado de división celular del fruto (25 DDPF); TR_3 = aplicación de urea foliar durante el estado de endurecimiento del carozo (42 DDPF); TR_4 = aplicación de urea foliar durante el estado de expansión y maduración de fruto (68 DDPF).

[2]El índice de partidura (IP) se calculó con 20 frutas por repetición como: IP = (5a + 3b + c) / 100, donde: a, b y c fueron los números de frutos partidos a las 2, 4 y 6 h respectivamente posterior a ser sumergidos en agua destilada (pH 7) (Christensen, 1972). El procedimiento se realizó 24 horas después de cosecha.

Respecto a la distribución de calibre a cosecha tampoco se observaron diferencias significativas entre TRs. Los calibres promedios a cosecha fueron 41, 39 y 8% para los frutos de 28 a 30 mm, 30 a 32 mm y sobre 32 mm, respectivamente (Fig. 4). El color no mostró diferencias significativas entre TRs con una distribución promedio de 40, 77 y 13% para los colores rojo, rojo caoba claro y rojo caoba oscuro, respectivamente (Fig. 5). De forma similar, no hubo diferencias significativas de firmeza entre TRs fluctuando entre 4, 21, 47 y 28% para los parámetros de B, S, F y MF, respectivamente (Fig. 6).

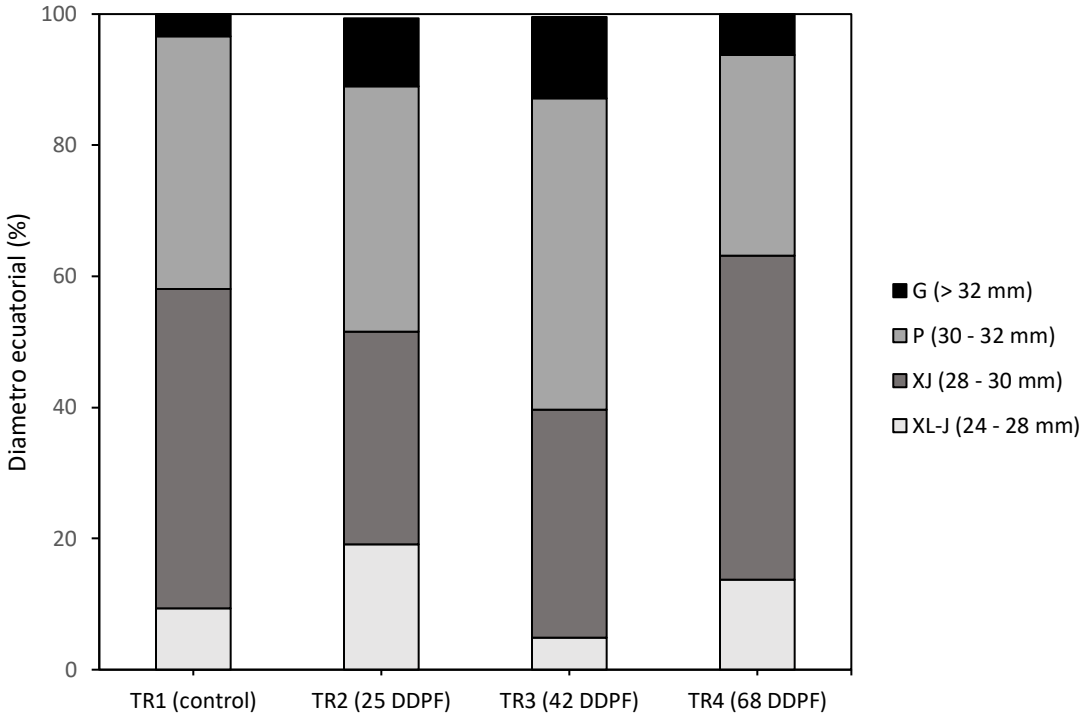

Fig. 4. Distribución del diámetro ecuatorial de la fruta a cosecha (n = 50) para cada tratamiento en cerezo dulce 'Lapins' sobre 'Colt' luego de aplicaciones foliares de nitrógeno durante la etapa de desarrollo de fruto. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, basado en el análisis de comparación de medias (ANOVA) ($p<0,05$). Escala de calibre ecuatorial: Extra large (XL) – Jumbo (J); Extra jumbo (XJ); Premium (P); Giant (G). Los TRs corresponden a los distintos momentos de aplicación de urea foliar realizados durante la etapa de desarrollo de fruto. TR_1 = tratamiento sin aplicación nitrogenada (control); TR_2 = aplicación de urea foliar durante el estado de división celular del fruto (25 DDPF); TR_3 = aplicación de urea foliar durante el estado de endurecimiento del carozo (42 DDPF); TR_4 = aplicación de urea foliar durante el estado de expansión y maduración de fruto (68 DDPF).

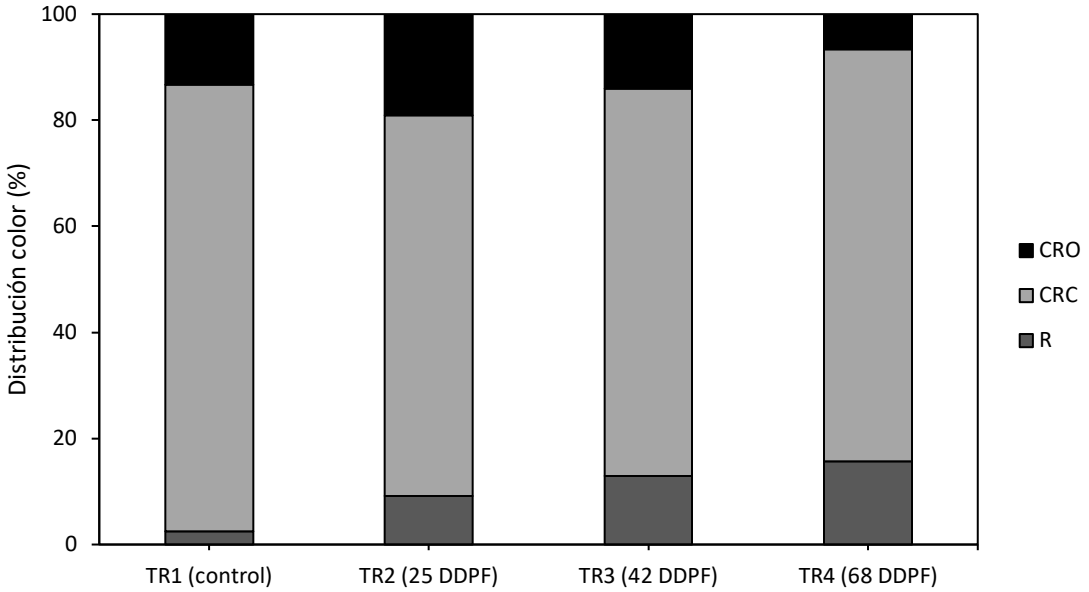

Fig. 5. Distribución del color de la fruta a cosecha (n = 50) para cada tratamiento en cerezo dulce 'Lapins' sobre 'Colt' luego de aplicaciones foliares de nitrógeno durante la etapa de desarrollo de fruto. Escala de colores: Rojo claro (RC); Rojo (R); Caoba rojo claro (CRC); Caoba rojo oscuro (CRO) correspondientes a los valores Hue de 15-10°; 9,9-7° y 6,0-3,0° respectivamente. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, basado en el análisis de comparación de medias (ANOVA) ($p<0,05$). Los TRs corresponden a los distintos momentos de aplicación de urea foliar realizados durante la etapa de desarrollo de fruto. TR_1 = tratamiento sin aplicación nitrogenada (control); TR_2 = aplicación de urea foliar durante el estado de división celular del fruto (25 DDPF); TR_3 = aplicación de urea foliar durante el estado de endurecimiento del carozo (42 DDPF); TR_4 = aplicación de urea foliar durante el estado de expansión y maduración de fruto (68 DDPF).

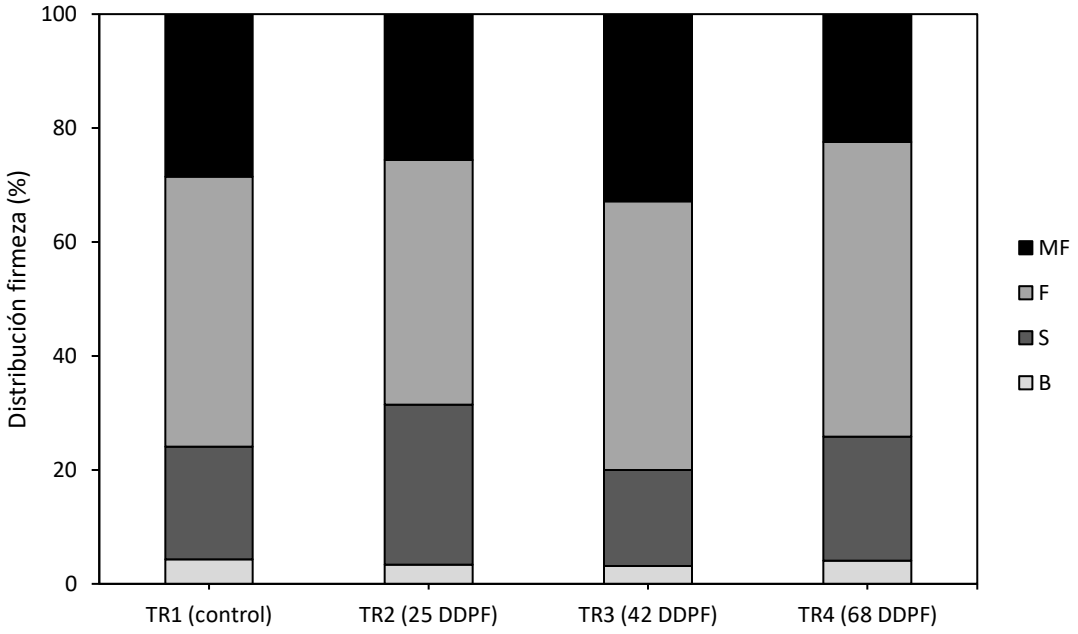

Fig. 6. Distribución de la firmeza de la fruta a cosecha (n = 50) para cada tratamiento en cerezo dulce 'Lapins' sobre 'Colt' luego de aplicaciones foliares de nitrógeno durante la etapa de desarrollo de fruto. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, basado en el análisis de comparación de medias (ANOVA) ($p<0,05$). Los TRs corresponden a los distintos momentos de aplicación de urea foliar realizados durante la etapa de desarrollo de fruto. TR1 = tratamiento sin aplicación nitrogenada (control); TR2 = aplicación de urea foliar durante el estado de división celular del fruto (25 DDPF); TR3 = aplicación de urea foliar durante el estado de endurecimiento del carozo (42 DDPF); TR4 = aplicación de urea foliar durante el estado de expansión y maduración de fruto (68 DDPF). Firmeza muy firme (MF), firme (F), sensible (S) y blanda (B) correspondiente a ≥1,91; 1,61-1,9; 1,31-1,6; ≤1,3 N/mm; respectivamente.

4. Discusión

5.1. Crecimiento vegetativo-reproductivo y relaciones fuente-sumidero

Las aplicaciones foliares de N durante el período de desarrollo del fruto no tuvieron impacto en el AF de las ramas en el sistema KGB en ningún estado fenológico, probablemente por el bajo número de aplicaciones y la dosis utilizada para el huerto en un buen equilibrio nutricional. El uso de dosis mas elevadas durante la etapa de desarrollo de frutos podría tener efectos significativos en el AF dado la mayor eficiencia de absorción del nutriente (Ayala *et al.,* 2014), sin embargo, podría ser perjudicial para la calidad de la fruta (Drake, 2002; Rettke, 2006; Maheswari *et al.,* 2017).

Walls (2018) al anliazar los componentes productivos del cv. 'Lapins' sobe 'Colt' conducido en KGB, identificó que el número de dardos por metro lineal de rama era en promedio de 16 dardos, lo cual coincide con lo registrado en este estudio con un promedio de 17,5 a 17,9 dardos por metro lineal (Tabla 2). Esto podría sugerir que la cantidad de dardos por metro lineal podria estar previamente definida geneticamente bajo esta combinación comercial.

La rel H : F de todos los TR (promedio 170 cm^2/fruto) estuvo por debajo de lo mínimo propuesto por Whiting y Lang (2004a) quienes señalan que una rel H : F de 240 cm^2/fruto para obtener frutos de calidad en la combinación "Bing"/"Gisela 5". Una óptima rel H : F garantiza la disponibilidad de fotoasimilados en la obtención de frutos de calidad (Ayala, 2004; Cittadini, 2008a; Villasante *et al.,* 2012; Ayala *et al.,* 2018). Sin embargo, las rel H : F fueron superiores al óptimo de 99 cm^2/fruto indicado por Usenik et al. (2010) para la combinación "Lapins"/"Gisela 5". El hecho de lograr una rel H : F de 154 a 185 cm^2/fruto sin ningún tipo de regulación de carga, puede deberse en parte al patrón 'Colt' que otorga un importante crecimiento vegetativo al cultivar `Lapins´ que es altamente productivo y, adicionalmente, al sistema de conducción KGB que permitió diluir el vigor del árbol entre las 19-22 ramas verticales. Además bajo este sistema de conducción es posible que la relación de fuente sumidero cambie especialmente en las hojas del año que se desarrollan verticalmente en este caso en el crecimiento del cuarto año sin poda desde sus inicios.

En cuanto al crecimiento de la temporada (cm/día), no se observaron diferencias significativas entre los TRs. La tasa de crecimiento del brote durante las EI y EII, tuvo un crecimiento acelerado hasta los 51 DDPF. Sin embargo, luego se observó una disminución del crecimiento hasta la cosecha (87 DDPF), lo cual podría estar explicado por la competencia por fotoasimilados con los frutos (Ayala & Lang, 2004; Ayala & Lang, 2015). El crecimiento observado durante la semana antes de cosecha coincide con lo reportado por Walls (2018) en el cv. 'Lapins' sobre 'Colt' quien registró similares tasas (0,1 cm/día), lo que indica la fuerza sumidero de los frutos durante la EIII y su efecto depresivo en el crecimiento del brote de la temporada. Ayala y Lang (2018) sugieren que, aunque exista competencia por fotoasimilados entre el crecimiento vegetativo y productivo, los frutos serán el principal órgano sumidero en la combinación "Ulster"/"Gi. 6".

El crecimiento de la fruta siguió un patrón doble sigmoide (Coombe, 1976; Flore & Layne, 1999) para todos los TRs. El período de maduración tuvo una duración de 87 DDPF lo cual coincide con Walls (2018) quien reportó que esta combinación presenta un breve período de maduración de los frutos en la combinación "Lapins"/"Colt".

Temprano en la temporada los frutos compiten por fotoasimilados con otros tejidos sumideros (brotes, hojas pequeñas y otros frutos) (Ayala & Lang, 2004; Ayala & Lang, 2015; Ayala & Lang, 2018) siendo la principal fuente las hojas de los dardos (primeras tres semanas después de plena flor) y parte de las reservas de almacenaje acumuladas (Loescher *et al*., 1986; Flore & Layne, 1999). Ayala y Lang (2018) observaron que el área foliar de dardos reproductivos son la principal fuente de CHO para los frutos, sin embargo, se requiere también de CHO proporcionados por las hojas de los dardos vegetativos y del brote terminal de cada rama bajo el sistema de conducción KGB para maximizar la calidad de los frutos a cosecha.

La distribución de la materia seca es el resultado del flujo de fotoasimilados de los órganos fuente a través de una vía de transporte a los órganos sumideros y a la posterior transformación en material estructural (Flore & Layne, 1999; Cittadini *et al.,* 2008c). Aproximadamente un 55% de la materia seca de la rama del KGB correspondió a la madera reproductiva, debido a que esta sección de reserva poseía tres temporadas de

crecimiento. Es altamente posible que la alocación de los fotoasimilados estuviera distribuida principalmente en favor de los órganos cosechables de la rama (Flore & Layne, 1999; Ayala & Lang, 2018). En relación con esto, los frutos aportaron el 20% de la materia seca total de la rama.

El crecimiento de la madera y hojas de los dardos mostró un aumento de materia seca hasta cosecha, lo que refleja la autosuficiente producción de fotoasimilados por los tejidos fuentes a lo largo de la temporada. En el caso de las hojas aumentando la expansión del área foliar y, en caso de la madera como aumento de biomasa al tejido estructural del dardo. Grassi et al. (2003) señalan que posterior al agotamiento de las reservas de CHO a principios de la temporada, el dosel del árbol debe producir nuevos carbohidratos para el resto del crecimiento estacional y un nuevo grupo de reservas para el crecimiento inicial de la próxima primavera.

El crecimiento vegetativo de la temporada (madera de 1 año, dardos vegetativos y brote terminal) constituyó el 10% de la materia seca total de la rama (datos no mostrados). Estos órganos son vitales como tejidos fuente durante la temporada de crecimiento al aportar CHO hacia los frutos (Ayala & Lang, 2018) y garantizar la producción del año siguiente (Ayala & Lang, 2015).

Los dardos reproductivos ubicados en madera de 2,3 y 4 años de edad alcanzaron el 14% del total (datos no mostrados), lo cual fue superior a lo registrado por los dardos vegetativos (3.6% del total) respecto al total de la rama. Ayala & Lang (2004) describieron que la distribución de fotoasimilados hacia los frutos provenía de distintos tipos de órganos fuentes, especialmente de los dardos más cercanos, lo que sugeriría que los dardos reproductivos al producir la mayor cantidad de CHO son la principal fuente de fotoasimilados hacia los frutos.

Los frutos lograron un promedio del 20% de acumulación de materia seca respecto al total de la rama de cinco años de edad, con alto rendimiento y calidad de fruta exportable, lo cual permite sugerir una óptima producción y distribución de CHO en las ramas ‘Lapins’/’Colt’ conducido como KGB con una rel H : F de 154 a 185 cm^2/frutos.

Sin embargo, sería interesante determinar esta relación H : F sin la práctica de poda a los demás brotes de la temporada de las ramas verticales y analizar la calidad de dichos frutos.

Los frutos presentaron una mayor acumulación de materia seca que el crecimiento vegetativo hasta cosecha, lo que confirma su gran actividad sumidero durante la temporada (Whiting & Lang, 2004b; Ayala & Lang, 2015). El contenido de materia seca en cerezo dulce es considerado en gran parte azúcares, pero también contiene residuos de pared celular, ácidos y en menor proporción proteínas (Toivonen, 2017). En los cerezos, el aumento de materia seca en la temporada se produce fuertemente en la EIII de llenado de fruto antes de la cosecha (Ayala & Lang, 2018). Lo que coincide con lo observado en este estudio donde un 75% de la biomasa de los frutos fue adquirida desde comienzos de la EIII hasta cosecha (datos no mostrados)

5.2. Rendimiento y calidad de fruta

El momento de la aplicación foliar N no influyó en la fecha de cosecha de los TRs, llevándose a cabo para todos los TR a los 87 DDPF. El rendimiento no mostró diferencias significativas entre TR alcanzando altos valores de 18 a 20 kg/árbol. Una investigación realizada por Robinson et al. (2014) reportó rendimientos similares (23,3 kg/árbol) en la combinación enanizante y precoz 'Lapins'/'Gi. 5' conducido como eje central sin regulación de carga y con una rel H : F de 152,7 cm^2/frutos. Sin embargo, el tamaño promedio de los frutos fue más bajo que el registrado en este estudio (7.5 vs 10.8 g). La relación fuente sumidero evaluada por Robinson et al. (2014) está por debajo de lo registrado en este estudio (154 a 185 cm^2/frutos) lo que podría explicar en parte la diferencia de tamaño de los frutos, al producirse una mayor limitación de la fuente. Por otro lado, esto también podría estar dado por uso del portainjerto 'Colt' que promueve mayor tamaño de frutos (Robinson & Hoying, 2014) y debido al importante vigor que proporciona al cv. Lapins logrando así una menor competencia de fotoasimilados por parte de los frutos. Este vigor proporcionado tanto por el portainjerto como por la variedad logra ser bien diluido entre las múltiples ramas verticales del cultivar autofértil 'Lapins' producto del sistema de conducción KGB utilizado y la carga frutal por rama (0,91 kg).

Los resultados de este estudio coinciden con lo reportado por Walls (2018) quien obtuvo rendimientos de 17,5 kg/árbol en cv. Lapins sobre el portainjerto Colt conducido bajo el sistema KGB sin regulación de carga.

En este estudio todos los parámetros de calidad cumplieron con los requisitos para clasificación de fruta exportable, sin embargo, el C.S.S alcanzó valores de 16,0 a 16,8% que está por debajo de lo señalado por Long et al. (2007) para el cultivar 'Lapins' (17 %C.S.S.). No hubo diferencias significativas en los atributos de calidad a cosecha entre TRs (SSC, AT, tamaño (mm), color, firmeza y partidura). Los mercados internacionales exigen un peso de fruta de 9 g como mínimo (Sarisu *et al.,* 2016). Sin embargo, el tamaño óptimo para los cultivares de cereza dulce se considera entre 11 a 12 g. Así mismo, el calibre óptimo para frutos Premium de exportación es superior a los 28 mm (Sarisu *et al.,* 2016) sin embargo, sobre los 26 mm se considera fruta exportable (FDF, 2010).

Los valores inferiores de C.S.S (< 17%) observados en este estudio, podrían explicarse por la rel H : F que varió de 154 y 185 cm^2/frutos, la cual es inferior a la señalada por Whiting y Lang (2004a) de 244 cm^2/frutos. Es probable que se haya producido una limitación de la fuente en relación con la cantidad de frutos presentes en el árbol. Una posible recomendación para aumentar esta rel H : F y con ello la cantidad de C.S.S es realizar algún tipo de regulación de carga durante la temporada que logre aumentar y equilibrar las relaciones fuente-sumidero mejorando la distribución de los fotoasimilados en los frutos restantes (Ayala & Andrade, 2009; Villasante *et al.,* 2012; Ayala *et al.,* 2018). Según lo reportado por Walls (2018) en cv. Lapins sobre el portainjerto Colt conducido como KGB, la practica de ralear el 50% de los dardos reproductivos durante el estado fenológico de "yema hinchada" permitió elevar los C.S.S. a 22,6%, respecto a 19,8º Brix obtenidos al no realizar ningún tipo de regulación de carga.

En cuanto a la firmeza del fruto todos los TRs mostraron una firmeza adecuada para los mercados de exportación con valores > 70 unidades Durofel (Kappel *et al.,* 1996; Martínez-Romero *et al.,* 2006). Esto coincide con lo reportado por Walls (2018) en la combinación 'Lapins'/'Colt' conducido como KGB quien reportó valores de 76.5 unidades Durofel. Esto podría sugerir que este sistema de conducción permite interceptar y distribuir de forma eficiente los fotones fotosintéticamente activos en todo el dosel

contribuyendo a la formación de frutos de calidad, característica particular del KGB (Lewallen & Marini, 2003; Green, 2005), lo cual es un factor clave en la obtención de frutos exportables. Sin embargo, pese a su carácteristica de formar un eficiente dosel captador de luz, este requiere de regulación de carga durante la temporada para equilibrar el sistema vegetativo-reproductivo y lograr fruta de calidad.

El sistema de conducción podría afectar la distribución de luz en el dosel y con ello la tasa fotosintética de este, donde una mejor distribución de luz puede contribuir a un mayor suministro de los CHOs a los órganos sumideros, lo que resulta en un mayor tamaño de frutos. El aumento de la tasa fotosintética efectiva del sistema permite maximizar la producción de CHOS y con ello elevar los atributos de calidad del fruto.

Posiblemente la rel H : F de la próxima temporada comprometa con mayor fuerza la calidad de la fruta en caso de no realizar algún tipo de regulación de carga antes de cosecha. Sin embargo, si se realizan podas y/o raleos de algún tipo disminuirá la limitación de la fuente existente logrando subir la rel H : F del sistema y con ello los atributos de calidad del fruto a cosecha.

6. Conclusiones

La aplicación de urea foliar aplicada durante la etapa de desarrollo del fruto no tuvo efectos sobre los componentes de rendimiento y calidad de fruta a cosecha debido posiblemente a la dosis utilizada.

En cerezo dulce existe un simultanéo crecimiento vegetativo y reproductivo en la temporada donde se genera una fuerte competencia por los CHO producidos. Los frutos serán quienes ejerzan una mayor fuerza sumidero por los CHO, especialmente durante la EIII de llenado de fruto, sin embargo, se debe lograr un óptimo balance en la rel H:F del sistema que asegure un crecimiento vegetativo que sustente gran parte de la producción de la actual y próxima temporada, y un crecimiento reproductivo que asegure rendimientos con óptimos estándares de calidad de fruta en el tiempo.

La combinación comercial cv. “Lapins” sobre el portainjerto “Colt” de cinco años (un año después de su entrada en producción) conducido en KGB requiere de algún tipo de regulación de carga a partir del sexto año. Si bien la última producción obtuvo altos rendimientos con estándares de calidad exportables, estos no fueron de categoria premium o superior, especialmente con relación al C.S.S.

Se sugiere profundizar los estudios o prácticas de regulación de carga en este tipo de combinación conducido en KGB frecuentemente utilizado en la producción de cerezo dulce en la zona central de Chile con el fin de maximizar y hacer más eficiente la producción.

7. Resumen

El presente estudio consistió en una caracterización de los componentes de rendimiento de la combinación de cerezo dulce (*Prunus avium* L.) “Lapins” sobre “Colt” de cinco años conducido como KGB en la zona central de Chile, en la localidad de San Francisco de Mostazal (34° 00' 01.9" S, 70° 41' 40.8" O). Los árboles fueron seleccionados de forma aleatoria en bloques al azar y no se les realizó ningún tipo de regulación de carga. Se evaluó semanalmente desde comienzos de la temporada hasta cosecha: el crecimiento del brote anual (cm/día), dardos (hojas y madera, g) y frutos (g), área foliar (AF, cm^2) y relación hoja fruto (Rel H : F cm^2/frutos). Adicionalmente, se evaluó el rendimiento (kg/árbol) y la calidad de frutos a la cosecha comercial del huerto (87 DDPF). Se realizó una aplicación de urea foliar (1%) a los árboles durante las distintas etapas de desarrollo de fruto, donde el tratamiento 1 (TR_1) fueron los árboles sin aplicación nitrogenada (control), el TR_2 con aplicación nitrogenada durante la etapa de división celular (25 DDPF), el TR_3 con aplicación nitrogenada durante la etapa del endurecimiento del carozo (42 DDPF) y el TR_4 con aplicación nitrogenada durante la etapa de llenado de fruto (68 DDPF). Simultáneamente se analizaron los principales componentes de rendimiento del KGB que resultaron 924-942 dardos/ árbol, 273,6-286,2 cm^2 area foliar/dardo, 1376,7-1690,3 cm^2 area foliar/brote terminal, 28,2-29,7 m^2 area foliar/árbol, 1671-1933 frutos/árbol y una rel H : F (hoja fruto) fluctuó de 154 y 185 cm^2/frutos entre TRs. Además, presentó una distribución de materia seca de 58,9%, 16,3%, 21,7% y 3,1% en madera, dardos, frutos y brotes respectivamente, estos resultados obtenidos en 19-22 ramas productivas por árbol. No se observaron diferencias significativas en el rendimiento ni en la calidad de fruta evaluada a cosecha entre TRs debido posiblemente a la baja dosis de la aplicación. Es probable que la realización de algún tipo de regulación de carga permita equilibrar la presente limitación de la fuente del sistema, subiendo la rel H : F y con ello los estándares de calidad.

Palabras clave: *Prunus avium*, área foliar, calidad de fruta, sistema KGB, carga frutal, crecimiento del brote, dardos, relación hoja-fruto.

8. Referencias Bibliográficas

Ampatzidis, Y. G., & Whiting, M. D. (2013). Training system affects sweet cherry harvest efficiency. *HortScience*, *48*(5), 547–555. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.48.5.547

Artacho, P., & Bonomelli, C. (2016). Changes in fine-root production, phenology and spatial distribution in response to N application in irrigated sweet cherry trees. *Tree Physiology*, *36*(5), 601–617. https://doi.org/10.1093/treephys/tpw002.

Ayala, M., 2004. Carbon partitioning in sweet cherry (Prunus avium L.) on dwarfing precocious rootstocks during fruit development. Ph.D. dissertation. Michigan State University, East Lansing.

Ayala, M. 2008. Combinaciones enanizantes de cerezo: los retos de los portainjertos. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Revista de Extensión Agronomía y Forestal UC 34: 12-16.

Ayala, M., & Lang, G., 2004. Examining the influence of different leaf populations on sweet cherry fruit quality. *Acta Horticulturae*, *636*, 481–488. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.636.59

Ayala, M., & Lang, G. A. (2015). 13C photoassimilate partitioning in sweet cherry (Prunus avium) during early spring. *Ciencia e Investigacion Agraria*, *42*(2), 191–203. https://doi.org/10.4067/S0718-16202015000200006

Ayala, M., & Lang, G. (2018). Current season photoassimilate distribution in sweet cherry. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *143*(2), 110–117. https://doi.org/10.21273/JASHS04200-17

Ayala, M., & Andrade, M. P., 2009. Effects of fruiting spur thinning on fruit quality and vegetative growth of sweet cherry (Prunus avium). *Ciencia e Investigación Agraria*, *36*(3), 443–450. https://doi.org/10.4067/s0718-16202009000300011

Ayala, M., Bañados, P., Thielemann, M., & Toro, R., 2014. Distribución de reservas aéreas de nitrógeno en ramas de cerezo dulce (Prunus avium) después de una aplicación foliar de 15N-urea. *Ciencia e Investigacion Agraria*, *41*(1), 71–79.

Ayala, M., Mora, L., & Torreblanca, J. (2018). Effect of prebloom pruning on13C and15N distribution during early spring in sweet cherry. *HortScience*, *53*(6), 805–809. https://doi.org/10.21273/HORTSCI12351-17

Biscoe, P.V., y J.N. Gallagher. 1977. *In: Environmental Effects on Crop Physiology, p. 75-100, J.J. Landsberg and C.V. Cutting (Eds). Academic Press, San Francisco. EE. UU.*

Bonomelli, C., Bonilla, C., Acuña, E., & Artacho, P. (2012). Seasonal pattern of root growth in relation to shoot phenology and soil temperature in sweet cherry trees (Prunus avium): A preliminary study in central Chile. *Ciencia e Investigación Agraria*, *39*(1), 127–136. https://doi.org/10.4067/s0718-16202012000100010

Blanusa, T.; Else, M. A.; Davies, W. J.; Atkinson, C. J., 2006. Regulation of sweet cherry fruit abscission: The role of photo-assimilation, sugars and abscisic acid. Journal of Horticultural Science & Biotechnology 81(4): 613-620.

Christensen, J.V., 1972. Cracking in cherries. III. Determination of cracking susceptibility. Acta Agric. Scand. 22, 128–136.

Cittadini, E. D., De Ridder, N., Peri, P. L., & Van Keulen, H. (2008a). Relationship between fruit weight and the fruit-to-leaf area ratio, at the spur and whole-tree level, for three sweet cherry varieties. *Acta Horticulturae*, *795 PART 2*(9100), 669–672. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.795.105

Cittadini, E. D., Vallés, M., Peri, P., Van Keulen, H., De Ridder, N., & Rodríguez, M., 2008b. Effect of Fruit-to-Leaf Area Ratio on fruit quality and vegetative growth of “Bing” sweet cherry trees at optimal leaf area index. *Acta Horticulturae*, *795 PART 2*, 677–680. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.795.107

Cittadini, E. D., Van Keulen, H., De Ridder, N., Peri, P. L., & Rodríguez, M. J. (2008c). Fruit Dry Weight and quality of “Bing” sweet cherries grown without Source limitations. *Acta Horticulturae*, *795 PART 2*, 639–644. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.795.99

Coombe, B.G., 1976. The development of fleshy fruits. Ann. Rev. Plant. Physiol. 27, 507–528.

Crisosto, C. H., Crisosto, G. M., & Metheney, P. (2003). Consumer acceptance of "Brooks" and "Bing" cherries is mainly dependent on fruit SSC and visual skin color. *Postharvest Biology and Technology*, *28*(1), 159–167. https://doi.org/10.1016/S0925-5214(02)00173-4

Csihon, Á., Bicskei, D. K., Dremák, P., & Gonda, I. (2018). Performance of sweet cherry cultivars grafted on Colt rootstock. *International Journal of Horticultural Science*, *24*(1–2), 7–10. https://doi.org/10.31421/ijhs/24/1-2./1540.

De Salvador, F. R., Di Tommaso, G., Piccioni, C., & Bonofiglio, P. (2005). Performance of new and standard cherry rootstocks in different soils and climatic conditions. *Acta Horticulturae*, *667*, 191–200. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.667.28

Drake, S. R., Raese, J. T., & Smith, T. J. (2002). Time of nitrogen application and its influence on "golden delicious" apple yield and fruit quality. *Journal of Plant Nutrition*, *25*(1), 143–157. https://doi.org/10.1081/PLN-100108786

Fedefruta (FDF)**.** (2010). Fichas Técnicas Variedades. Recuperado de, http://www.fdf.cl/ biblioteca/publicaciones/2010/archivos/10_fichas_variedades_cerez.pdf

Flore, J. A., & Layne, D. R. (1999). Photoassimilate production and distribution in cherry. *HortScience*, *34*(6), 1015–1019. https://doi.org/10.21273/hortsci.34.6.1015

Gil, G. 2012. *Fruticultura: La Producción de Fruta. Volúmen 2. Ediciones Universidad Católica. Santiago, Chile. 342 pp.*

Grassi, G., Millard, P., Gioacchini, P., & Tagliavini, M., 2003. Recycling of nitrogen in the xylem of Prunus avium trees starts when spring remobilization of internal reserves declines. *Tree Physiology*, *23*(15), 1061–1068. https://doi.org/10.1093/treephys/23.15.1061

Green, K. (2005). High density cherry systems in Australia. *Acta Horticulturae*, *667*, 319–324. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.667.46

iQonsulting, (2020). ANUARIO 2019/2020. Mercado Internacional de Cerezas. Producido y editado por iQconsulting. abril 2020. http://www.iqonsulting.com/files/Anuario-Cerezas-2020-iQonsulting-Final.pdf

James, P. (2011). *Australian Cherry Production Guide*. (July).

Lang, G.A. 2001. Critical concepts for sweet cherry training systems. Compact Fruit Tree 34: 78-80.

Lang, G. A. (2005). Underlying principles of high density sweet cherry production. *Acta Horticulturae*, *667*, 325–336. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.667.47

Lauri, P. E., & Claverie, J. (2005). Sweet cherry training to improve fruit size and quality -An overview of some recent concepts and practical aspects. *Acta Horticulturae*, *667*(September), 361–366. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.667.51

Lewallen, K. S., & Marini, R. P. (2003). Relationship between flesh firmness and ground color in peach as influenced by light and canopy position. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *128*(2), 163–170. https://doi.org/10.21273/jashs.128.2.0163

Loescher, W.H., Roper, T.R. and Keller, J.1986. Carbohydrate partitioning in sweet cherry. Proc. Wash. State Hort. Assn. 81:240-248.

Long, L.E., Whiting, M., Núñez-Elisea, R., & Extension, P.N. (2007). Sweet cherry cultivars for the fresh market.

Long, L., Lang, S. (2015). Cherry training Systems. *A Pacific Northwest Extension Publication*, (February), 1–69.

Maheswari, M., Murthy, A. N. G., & Shanker, A. K. (2017). Nitrogen Nutrition in Crops and Its Importance in Crop Quality. In *The Indian Nitrogen Assessment: Sources of Reactive Nitrogen, Environmental and Climate Effects, Management Options, and Policies*. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811836-8.00012-4

Martínez-Romero, D., Alburquerque, N., Valverde, J. M., Guillén, F., Castillo, S., Valero, D., & Serrano, M. (2006). Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by Aloe vera treatment: A new edible coating. *Postharvest Biology and Technology*, *39*(1), 93–100. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.09.006

Musacchi, S., Gagliardi, F., & Serra, S. (2015). New training systems for high-density planting of sweet cherry. *HortScience*, *50*(1), 59–67. https://doi.org/10.21273/hortsci.50.1.59

Odepa (2020a). Boletín de fruta febrero 2020 con información a enero de 2020. *Publicación de la oficina de estudios y política agrarias (Odepa) del ministerio de agricultura, Gobierno de Chile.* Recuperado de www.odepa.gob.cl

Odepa (2020b). Evolución de la Fruticultura Chilena en los últimos 20 años. https://bibliotecadigital.odepa.gob.cl/bitstream/handle/20.500.12650/70234/evolucionFruticulturachilena.pdf

Olmstead, J.W., A.F. Iezzoni, and M.D. Whiting. 2007. Genotypic difference in sweet cherry fruit size are primarily a function of cell number. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 132: 697-703.

Rettke, M. A., Pitt, T. R., Maier, N. A., & Jones, J. A. (2006). Quality of fresh and dried fruit of apricot (cv. Moorpark) in response to soil-applied nitrogen. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, *46*(1), 123–129. https://doi.org/10.1071/EA04211

Robinson, T. L. (2005). Developments in high density sweet cherry pruning and training systems around the world. *Acta Horticulturae*, *667*, 269–272. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.667.39

Robinson, T. L., & Hoying, S. A. (2014). Training system and rootstock affect yield, fruit size, fruit quality and crop value of sweet cherry. *Acta Horticulturae*, *1020*, 453–462. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1020.62

Robinson, T. L., Bujdoso, G., & Reginato, G. (2014). Influence of pruning severity on fruit size of “Sweetheart”, “Lapins” and “Hedelfingen” sweet cherry grown on Gisela rootstocks. *Acta Horticulturae*, *1020*, 441–452.

Roper, T.R., Loesher, W.H., Keller, K. and Rom, C.R. 1987. Sources of photosynthate for fruit growth in 'Bing' sweet cherry. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112:808-812.

Roper, T.R.; Loescher, W.; Keller, J. & Rom, C., 1987. Producing big firm fruit studied at Cherry Institute. Good Fruit Grower 38: 33–36.

San-Martino, L., Sozzi, G. O., San-Martino, S., & Lavado, R. S., 2010. Isotopically-labelled nitrogen uptake and partitioning in sweet cherry as influenced by timing of fertilizer application. *Scientia Horticulturae*, *126*(1), 42–49. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.06.011

Sarisu, H. C., Karamürsel, Ö. F., Öztürk, F. P., Demirtaş, İ., Koçal, H., Gür, İ., … Şevik, İ. (2016). Fruit characteristics, phenology and yield of six sweet cherry cultivars. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, *26*(4), 547–555. https://doi.org/10.29133/yyutbd.282764

Stanley, J., Scofield, C., Marshall, R., & Tustin, D. S. (2018). Early canopy development and production precocity in new orchard system designs for cherry. *Acta Horticulturae*, *1228*, 45–50. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1228.6

Toivonen, P. M. A., Batista, A., & Lannard, B. (2017). Development of a predictive model for 'lapins' sweet cherry dry matter content using a visible/near-infrared spectrometer and its potential application to other cultivars. *Canadian Journal of Plant Science*, *97*(6), 1030–1035. https://doi.org/10.1139/cjps-2017-0013

Tukey, H.B., 1934. Growth of the embryo, seed, and pericarp of the sour cherry (*Prunus cerasus*) in relation to season of fruit ripening. Proc*. Amer. Soc. Hort. Sci. 31: 125-144.*

Usenik, V., Orazem, P., & Stampar, F. (2010). Low leaf to fruit ratio delays fruit maturity of "Lapins" sweet cherry on Gisela 5. *Scientia Horticulturae*, *126*(1), 33–36. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.06.008

Villasante, M., Godoy, S., Zoffoli, J. P., & Ayala, M. (2012). Pruning effects on vegetative growth and fruit quality of "Bing'/'Gisela®5" and "Bing'/'Gisela®6" sweet cherry trees (Prunus avium). *Ciencia e Investigación Agraria*, *39*(1), 117–126. https://doi.org/10.4067/s0718-16202012000100009

Walls, K. (2018). Efecto del raleo de yemas en la distribución de fotoasimilados y calidad de la fruta en cerezos (*Prunus avium* L.) con sistemas de conducción KGB y UFO (Tesis de pregrado). Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile.

Whiting, M. D., & Lang, G. A. (2004a). “Bing” sweet cherry on the dwarfing rootstock “Gisela 5”: Thinning affects fruit quality and vegetative growth but not net CO2 exchange. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *129*(3), 407–415. https://doi.org/10.21273/jashs.129.3.0407

Whiting, M. D., & Lang, G. A. (2004b). Effects of leaf area removal on sweet cherry vegetative growth and fruit quality. *Acta Horticulturae*, *636*, 467–472. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.636.57

Whiting, M. D., Lang, G., & Ophardt, D. (2005). Rootstock and training system affect sweet cherry growth, yield, and fruit quality. *HortScience*, *40*(3), 582–586. https://doi.org/10.21273/hortsci.40.3.582

9. Anexo

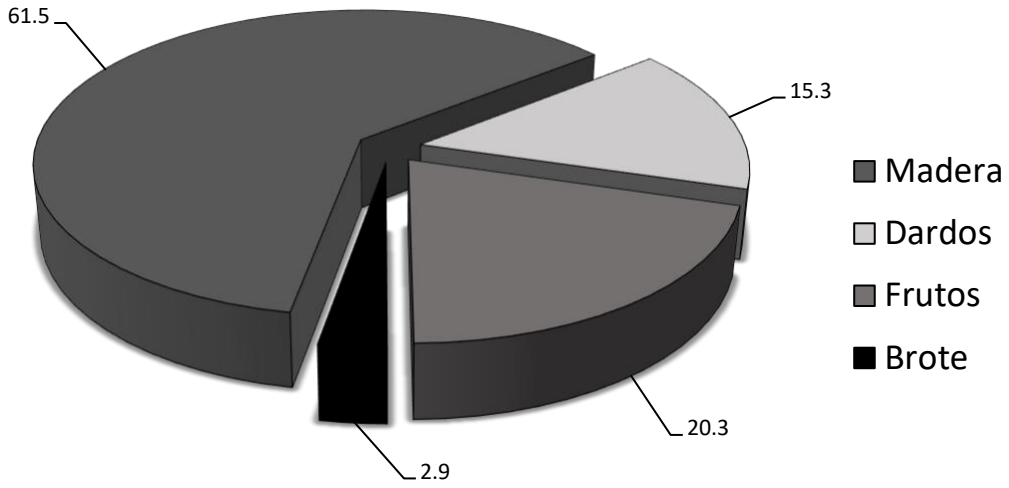

Fig. 7. Distribución porcentual de materia seca (% MS) en ramas de cinco años de cerezo dulce "Lapins" sobre "Colt" conducidas en KGB sin aplicación foliar nitrogenada (TR_1) a cosecha (87 DDPF).

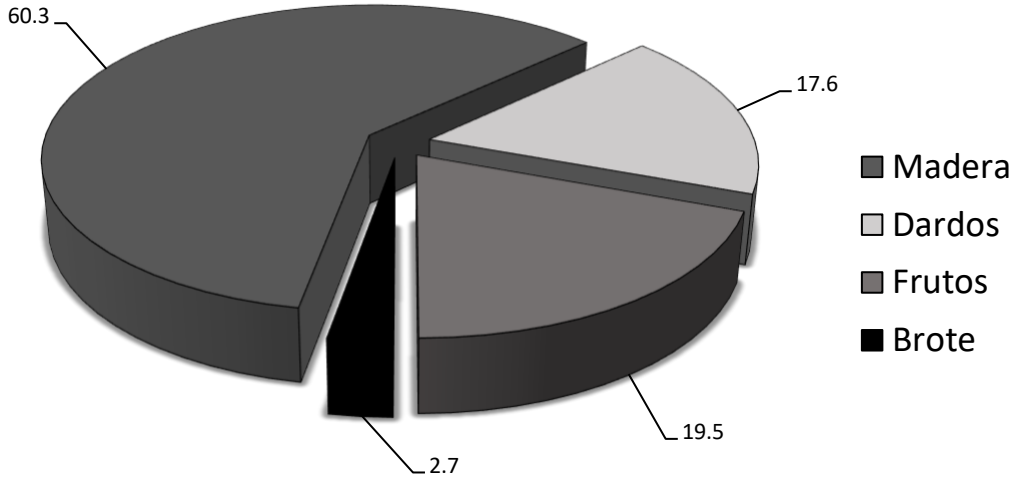

Fig. 8. Distribución porcentual de materia seca (% MS) en ramas de cinco años de cerezo dulce "Lapins" sobre "Colt" conducidas en KGB con aplicación foliar nitrogenada al 1% en estado I de división celular de fruto (TR_2, 25 DDPF) a cosecha (87 DDPF).

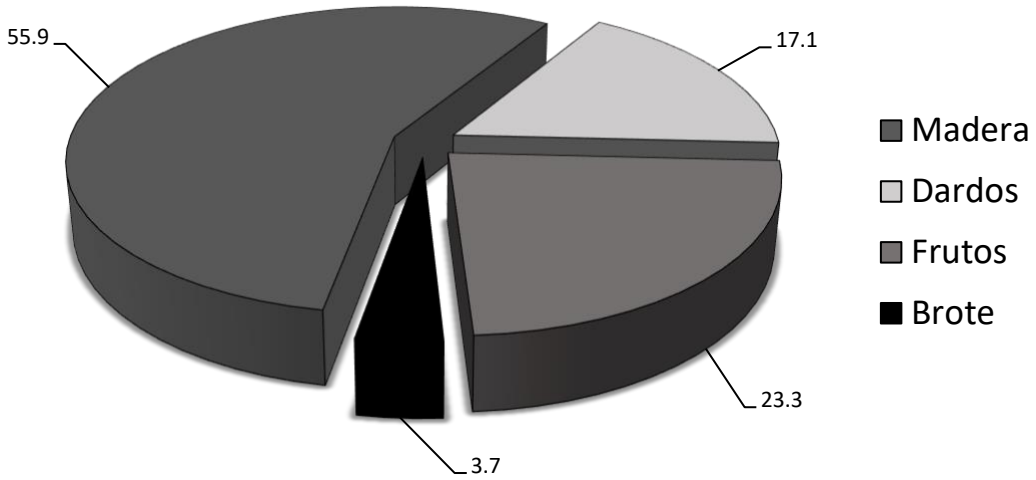

Fig. 9. Distribución porcentual de materia seca (% MS) en ramas de cinco años de cerezo dulce “Lapins” sobre “Colt” conducidas en KGB con aplicación foliar nitrogenada al 1% en estado II de endurecimiento del carozo (TR_3, 42 DDPF) a cosecha (87 DDPF).

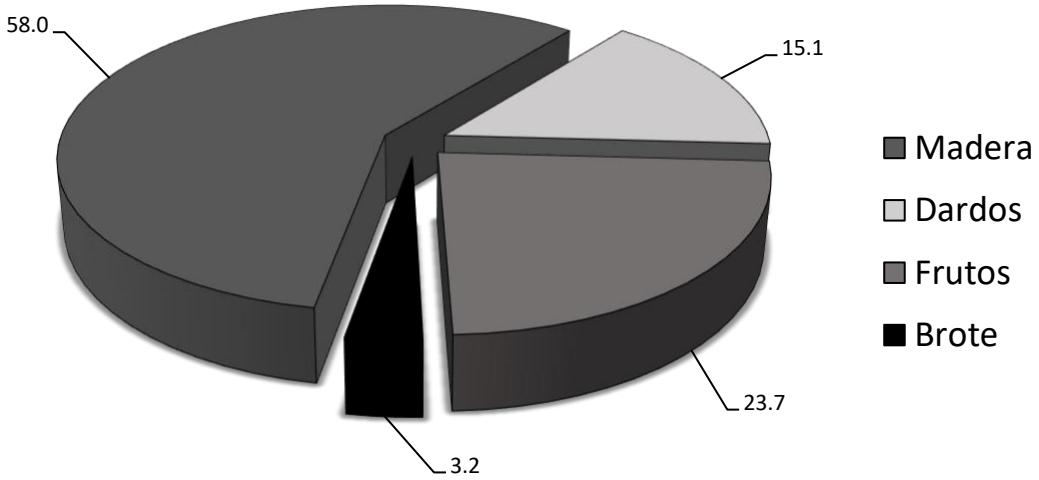

Fig. 10. Distribución porcentual de materia seca (% MS) en ramas de cinco años de cerezo dulce “Lapins” sobre “Colt” conducidas en KGB con aplicación foliar nitrogenada al 1% en estado III de maduración o llenado del fruto (TR_4, 68 DDPF) a cosecha (87 DDPF).