

PRODUCCIÓN DE CIRUELO EUROPEO PARA FRESCO:

DIRECTRICES TECNOLÓGICAS
DE PRE Y POSTCOSECHA

Karen Mesa Juliani
Andrea Albornoz Zamorano
EDITORAS

Autores: Karen Mesa Juliani, Loreto Contador Cárdenas,
Andrea Albornoz Zamorano y Camila Cubillos Bustamante

Editoras: Karen Mesa Juliani
Andrea Albornoz Zamorano

PRODUCCIÓN DE CIRUELO EUROPEO PARA FRESCO:

DIRECTRICES TECNOLÓGICAS DE PRE Y POSTCOSECHA

 Universidad
de O'Higgins

San Fernando, Universidad de O'Higgins
Instituto de Ciencias Agroalimentarias, Animales y Ambientales - ICA3, septiembre 2023
Serie ICA3 N°2
96 páginas

Financiamiento



GOBIERNO REGIONAL
REGIÓN DE O'HIGGINS



Proyecto financiado a través del Fondo de Innovación para la Competitividad del Gobierno Regional de O'Higgins y su Consejo Regional, enmarcado en la Estrategia Regional de Innovación.

ISBN: 978-956-6031-09-3

Instituto de Ciencias Agroalimentarias, Animales y Ambientales - ICA3
Universidad de O'Higgins

Ruta I-90 S/N
San Fernando, Región de O'Higgins
Edición: 200 ejemplares

Fotografía de la portada: *Prunus domestica* L. var. D'agen

Permitida su reproducción total o parcial citando la fuente y los autores.

Diseño: Innova Difusión-Tandem Design

Impresión: Gráfica Andes



CONTENIDO

PRÓLOGO

1

INTRODUCCIÓN

- 1.1 Producción y mercado del ciruelo europeo en Chile
- 1.2 Prácticas de Manejo enfocadas a la producción de ciruela D'Agén para mercado fresco
 - 1.2.1 Poda
 - 1.2.2 Reguladores de crecimiento
 - 1.2.3 Postcosecha y calidad de la fruta

2

INVESTIGACIÓN

- 2.1 Ubicación unidades experimentales
- 2.2 Prácticas de manejo enfocadas a la producción de ciruelo europeo para mercado fresco
 - 2.2.1 Poda
 - 2.2.1.1 Metodología
 - 2.2.1.2 Evaluaciones
 - 2.2.1.3 Resultados
 - 2.2.1.4 Conclusiones
 - 2.2.2 Reguladores de crecimiento
 - 2.2.2.1 Metodología
 - 2.2.2.2 Evaluaciones
 - 2.2.2.3 Resultados
 - 2.2.2.4 Conclusiones
 - 2.2.3 Postcosecha
 - 2.2.3.1 Metodología
 - 2.2.3.2 Evaluaciones
 - 2.2.3.3 Resultados
 - 2.2.3.4 Conclusiones

3

CONCLUSIONES GENERALES



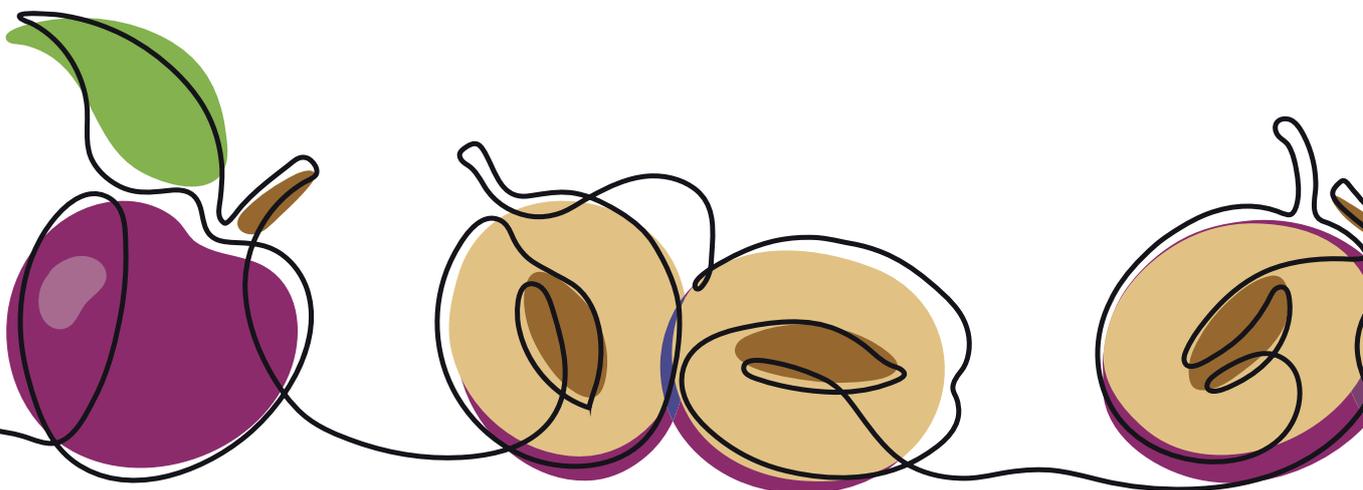
PRÓLOGO

No es de desconocimiento que nuestra fruticultura regional y nacional atraviesa un período complejo, tanto por factores económicos como productivos, los que mantienen a la industria y todos sus actores, en la búsqueda de alternativas de producción. La situación actual, principalmente, por acción del calentamiento global, prevé un cambio de los escenarios de producción, en la demanda de productos inocuos por parte de los consumidores, en la existencia de recambio varietal, y apertura de nuevos mercados, entre otros, lo que plantea el desafío de una producción sostenible y responsable. En este punto la academia en su misión de contribución a la generación y transferencia de conocimiento juega un rol fundamental.

El cultivo del ciruelo europeo, que ha sido tradicionalmente destinado a la industria de deshidratado, se basa principalmente en una única variedad, 'D'Agen'. El consumo de esta fruta entrega una serie de beneficios nutricionales, que sumadas a las de calidad organolépticas han determinado que sea un producto de alta demanda, no sólo para deshidratado sino también para su consumo en fresco.

En Chile, y en nuestra región de O'Higgins, que concentra gran parte de la superficie nacional del cultivo, se ha producido un cambio de objetivo en el destino de la producción de ciruelo europeo 'D'Agen', que ha generado la necesidad de modificar el manejo comúnmente dado a sus huertos, pues éstos se caracterizan por tener árboles de gran altura y cosecha mecanizada. Por otro lado, poca literatura plantea el cómo se desarrolla el fruto y cómo madura, lo que impide definir los parámetros de calidad óptimos para obtener fruta fresca de alta calidad homogénea. El estándar de calidad que exige el mercado fresco, no sólo se basa en alto dulzor, sino que también en calibres grandes, uniformidad en el color de la piel, y ausencia de problemas fisiológicos en postcosecha. Si bien la industria de la ciruela europea para exportación en fresco no es nueva, existe desinformación general, a nivel intrapredial y extrapredial, en cuanto a las directrices de producción de pre y postcosecha para la exportación de esta fruta para fresco.

A partir de este problema, surgió la oportunidad de plantear un proyecto por parte de investigadores, liderados por el Instituto de Ciencias Agroalimentarias, Animales y Ambientales - ICA3, de la Universidad de O'Higgins, a los Fondos de Innovación para la Competitividad (FIC) del Gobierno Regional de O'Higgins (GORE - O'Higgins) y su Consejo Regional que buscará abordar las problemáticas planteadas. El proyecto se denominó Transferencia: D'Agen para exportación en fresco (FIC 40017956-0). El objetivo del proyecto fue incrementar la competitividad



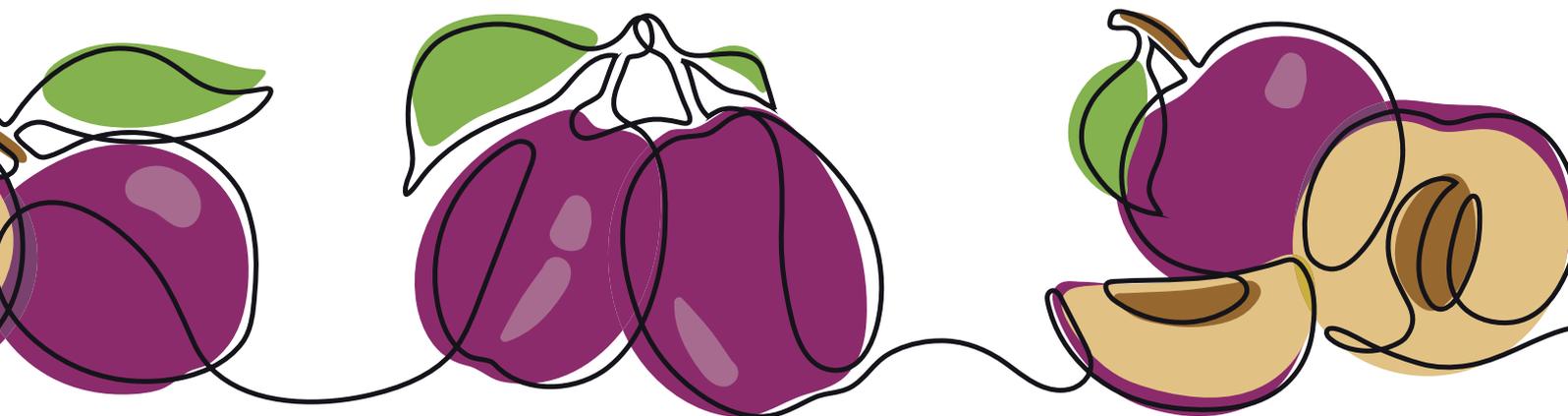
de la industria de la ciruela D'agen en la región de O'Higgins, mediante el desarrollo de directrices tecnológicas de producción en pre y postcosecha para la obtención de fruta de calidad y condición óptima de exportación a mercados distantes.

Así, durante tres temporadas se realizaron diversos ensayos en campo y laboratorio en las tres provincias de la región de O'Higgins, en conjunto con las empresas y productores beneficiarios, que comprometieron tiempo y experiencia en las actividades de mesa de discusión de resultados, salidas a terreno y días de campo. En este sentido, nuestros agradecimientos a las empresas: Cooperativa Campesina Intercomunal Peumo Ltda. (COOPEUMO), Frutera San Fernando (FRUSAN), Copefrut, Inversiones J&J Limitada, Sociedad Agrícola Kaulen Westermayer Limitada, Mercofrut S.A., y Soc. Agrícola Alianza Ltda. A los productores, y administradores de campo, Manuel Yañez Jara, Nora Zuñiga Araya, Leonel Bustamante, Mauricio Bolivar, y Hardy Moras.

Por otra parte, la colaboración con el laboratorio de Mejoramiento Genético y Calidad de la Fruta, de la Universidad de Chile, mediante la participación de la investigadora Dra. Loreto Contador Cárdenas, quien en conjunto con el asesoramiento del profesional Ing. Agr. Daniel Manríquez Becerra, permitió realizar investigación en el área de tecnologías de postcosecha y análisis sensorial. Así mismo agradecer a los y las profesionales del ICA3 de la Universidad de O'Higgins: Carolina Guerrero Pontigo, Fabián Farías Arenas, Camila Cubillos Bustamante, Jeissy Olguín Cáceres, y Andrea Albornoz Zamorano. Por último, destacar también la participación de estudiantes de Ingeniería Agronómica como tesis de pregrado, en la formación de capital humano: Juan Vásquez, Nicolás Romero, Franco Galaz, Camila Pereira, y José Pereira.

La presente iniciativa, y publicación de principales resultados y conclusiones, corresponde a la difusión y transferencia de conocimiento, con el propósito de generar y agregar valor a la industria frutícola del ciruelo europeo, considerando la variabilidad temporal y espacial (geográfica) declaradas para entendimiento de los lectores.

Karen Mesa Juliani





1. INTRODUCCIÓN

 Karen Mesa, Andrea Albornoz, Loreto Contador y Camila Cubillos.

1.1 Producción y Mercado del ciruelo europeo en Chile

La superficie plantada de ciruelo europeo (*Prunus domestica* L.) en Chile se ha incrementado considerablemente en los últimos años, siendo hoy cercana a las 12.530 hectáreas, convirtiéndose en el noveno frutal más plantado (Odepa, 2021). La región de O'Higgins cuenta con 8.602 hectáreas, lo que representa un 68,7% de la superficie plantada a nivel nacional; mientras que, a nivel regional, es el tercer cultivo después del cerezo y vid de mesa. La representación de este cultivo en Chile, se basa únicamente en la variedad 'D'Agen', que concentra el 94% de la producción (IQconsulting, 2023), lo que se debe principalmente a las buenas características productivas y organolépticas que presenta (Guzmán, 2000), pero, además, a la favorable adaptabilidad que tiene a las condiciones edafoclimáticas presentes en la región de O'Higgins. Dentro de las características de calidad que distinguen a esta variedad, está su palatabilidad dada por el alto contenido de azúcar (Lavín y Silva, 2001), y otras cualidades que le permiten un buen proceso de secado. Es por esto que la mayor parte de la fruta producida hoy es destinada a la industria. El Catastro Frutícola Regional 2021 para la región de O'Higgins, señala que, del total de la producción, un 88,9% de ella se destina a la industria y tan sólo un 10,9% a exportación de fruta en fresco.

El consumo de esta fruta entrega una serie de beneficios nutricionales, siendo uno de los más populares la capacidad de prevenir problemas intestinales y estomacales, debido a su alto contenido de fibras, además de reducir y regular los niveles de colesterol del cuerpo (Jonker, 2010). Estas características funcionales sumadas a las de calidad organolépticas, han determinado que sea un producto de alta demanda, no sólo como deshidratado sino también para su consumo en fresco. Es por esto, que en los últimos años ha existido una demanda creciente de esta fruta para producción en fresco, observándose además que dicho producto genera una atractiva rentabilidad para los productores. No obstante, la producción para deshidratado sigue siendo el mayor y más importante destino de esta fruta, por lo que los sistemas de producción actuales están adaptados a la mecanización de las labores agrícolas del huerto.

La existencia de una mayor difusión de los beneficios que otorga el consumir frutas ofrece a los productores es una oportunidad irreplicable para incrementar su producción y participar en nuevos mercados (FAO, 2003). Pero, por otro lado, la tendencia mundial hacia economías más abiertas basadas en la globalización, exige que se alcancen mayores niveles de competitividad en los sectores que se proyectan con capacidad de incrementar sus exportaciones (Recalde, 2003). Al analizar el comportamiento del mercado de las ciruelas frescas estas últimas temporadas, se evidencia que el mercado asiático, y en especial China, han incrementado el consumo y demanda de ciruelas D'Agen en fresco, básicamente por su preferencia por frutas con alto contenido de azúcares y baja acidez, condición característica de las ciruelas del grupo denominado "sugar plums". Esta situación ha repercutido

en la producción nacional evidenciándose un incremento exponencial de los volúmenes de exportación desde Chile a este mercado. Es así como en la temporada 2017-18 del total de ciruelas exportadas por Chile, un 9,9% del volumen correspondió a ciruelas D'Agen, equivalente a 11.949 toneladas (IQonsulting, 2023). Este volumen corresponde a más del triple del exportado la temporada anterior (3.268 toneladas). El retorno a productor en la temporada 2017-2018 fue entre 1,3 a 1,5 US\$/kilo de fruta, cifra muy atractiva para los productores. Este resultado, influyó notoriamente en el comportamiento del sector productor-exportador en la temporada posterior (2018-2019), observándose que el volumen de exportación en fresco llegó a una cifra excepcional cercana a las 49.000 toneladas (IQonsulting, 2023). Esto representó un crecimiento aproximado de un 300% en relación con la temporada anterior. Sin embargo, el retorno a productor para esa temporada, sólo significó entre 0 a 0,4 US\$/kilo, cifra muy por debajo de lo esperado (Hurtado, 2019). El principal problema fue la falta de consistencia en calidad y condición de la fruta exportada. Fruta pequeña, verde, blanda y con baja cantidad de azúcar fueron algunos de los problemas reportados en destino.

En las temporadas siguientes, 2019-20, y 2020-21, los volúmenes exportados disminuyeron en 1,6 y 1,7 respectivamente (28.952, y 27.262 toneladas). Sin embargo, en la actualidad, Chile es el principal exportador de ciruelas frescas, con un 22% de participación (158.122 toneladas) a nivel mundial, lo que significó un incremento de 32% en el volumen exportado en la temporada 2021-22 (IQonsulting, 2023). En el caso de las ciruelas europeas, éstas alcanzaron un volumen 60.197 toneladas, mientras que las ciruelas japonesas representan un volumen de 98.099 toneladas del total exportado. Lo reportado para esta última temporada (2022-23), mostró una disminución del volumen exportado en un 2,9% (58.395 toneladas), donde la región de O'Higgins, tuvo una participación del 75,8% con 44.305 toneladas. El precio promedio de temporada para Chile fue de 9 USD/kg (IQonsulting, 2023).

El cambio de objetivo en la producción de ciruelo europeo D'Agen ha generado la necesidad de modificación del manejo comúnmente dado a los huertos, pues éstos en su mayoría están adaptados para facilitar los manejos agronómicos (riego, fertilización, poda, ajuste de carga, aplicaciones de agroquímicos, y cosecha) para producción de ciruelas destinadas a deshidratado. Por otra parte, existe desconocimiento de cómo se desarrolla el fruto y cómo madura, lo que impide definir los parámetros de madurez óptimos para obtener fruta fresca de alta calidad. La exigencia del mercado en fresco, no sólo se basa en alto dulzor, sino también en el tamaño o calibre de los frutos, desarrollo de color de cubrimiento (superficie de la piel coloreada de rojo) y baja acidez (Butac, 2015; Crisosto y Kader, 2000).

Las ciruelas 'D'Agen', al igual que otras variedades de ciruelas japonesas y europeas, son frutos climatéricos. En éstos la hormona vegetal etileno juega un rol primordial ya que coordina muchos de los procesos de maduración y senescencia. Si bien los frutos de la variedad 'D'Agen' no producen altos niveles de etileno cercano a la cosecha, o en la misma cosecha, son frutos muy sensibles a éste. El comportamiento de postcosecha de las ciruelas y otras especies, es muy dependiente de la variedad. En estudios preliminares se ha observado que los frutos de ciruela D'Agen muestran, en general, una corta vida de postcosecha, siendo la pérdida de firmeza de pulpa y desarrollo de pardeamiento interno y pudrición los principales problemas.

En general, la vida de postcosecha de las frutas destinadas para mercado en fresco, dependen del estado de madurez a cosecha (Goulao y Oliveira, 2008). Éste determina en gran medida el tiempo potencial de almacenamiento y su calidad sensorial a consumo. Hoy no existen claros índices de cosecha que permitan llegar al mercado de destino con la calidad y condición que los consumidores demandan. Además, es importante determinar qué las tecnologías de postcosecha (enfriamiento, uso de atmósfera controladas (AC) y modificadas (AM), inhibidores de la acción del etileno, uso de fungicidas y sanitizantes entre otras) permiten llegar con frutas en condición luego de un tiempo de tránsito de más de 45 días.

Actualmente, los estudios en Chile no están enfocados en la calidad sensorial de la ciruela europea como producto fresco, pues la mayoría de la investigación en esta fruta ha sido enfocada en el producto deshidratado. La calidad es un concepto complejo y no es posible definirla por un parámetro absoluto. Está relacionada con las propiedades intrínsecas del producto que satisfacen al consumidor (Shewfelt, 1999). Es primordial entender qué quieren los consumidores para así ayudar a definir las directrices de producción y exportación de las ciruelas europeas 'D'Agen'. Los consumidores en general, y los asiáticos en particular, han cambiado en sus gustos y preferencias, haciendo aún más desafiante el llegar con un producto que satisfaga a la creciente demanda.

Literatura consultada

Butac, M., Militaru, M., Plopa, C. & Sumadrea, M. (2015). Evaluation of some new plum cultivars for fresh consumption in correlation with consumer preferences. *Fruit Growing Research*; 31(1):38-43.

Crisosto, C.H., & Kader, A.B. (2000). Plum and Fresh Prune Postharvest Quality Maintenance Guidelines.

FAO. (2003). Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas. Boletín de servicios agrícolas de la FAO 151. Capítulo 5. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. 179 p.

Goulao, L.F. & Oliveira, C.M. (2008). Cell wall modifications during fruit ripening: when a fruit is not the fruit. *Trends in Food Science & Technology*; 19(1):4-25.

Hurtado, R. (2019). Chile: gran alza de exportaciones de ciruela D'agen a China provocan caída de los precios. Portal Frutícola. Disponible en <https://www.portalfruticola.com/noticias/2019/04/03/chile-gran-alza-deexportaciones-de-ciruelas-dagen-a-china-provocan-caida-de-los-precios/>

IQonsulting (2023). Anuarios de Mercado 2023. Frutas de carozo. 76 p.

Jonker, I. (2010). A consumer views on the promotion and sales of a healthy product like prunes. In congress to commemorate 20 years of IPA. Cape Town, South Africa. October 25-26, 2010. Cape Town, South Africa.

Lavín A. & R. Silva. (2001). Ciruelo europeo (*Prunus domestica* L). pp 131-147. In: Frutales para el secano interior: Comportamiento de carozos y pomáceas. INIA, Cauquenes, Chile. 275p.

ODEPA. (2021). Catastro frutícola. Distribución de la superficie frutal, número de huertos y árboles de ciruelo europeo en la Región de O'Higgins 2021. Disponible en: <https://bibliotecadigital.odepa.gob.cl/bitstream/handle/20.500.12650/71122/Ohiggins202109.pdf>

Recalde, M. (2003). Estudio de la competitividad de la producción de cítricos y sus derivados. Univ. Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Económicas. Córdoba, Argentina. 24p.

Shewfelt, R.L. (1999). What is quality?. *Postharvest Biology and Technology*; 15(3):197-200.

1.2 Prácticas de manejo enfocadas a la producción de ciruela 'D'Agen' para destino exportación en fresco

1.2.1 Poda

La poda es una práctica de manejo ampliamente utilizada en frutales; caducos y persistentes, con diferentes objetivos; formación, producción, y rejuvenecimiento (Razeto, 2006). La acción de la práctica de podar se refiere al proceso de cortar las ramas que no se requieren de los árboles frutales (Zhang et al., 2018). En general, en la poda de formación el objetivo es dar una forma y estructura adecuada para producir abundante fruta de calidad, mientras que para producción consiste en la renovación anual de la madera que permita mantener esa producción durante el mayor tiempo posible. En ambos casos el aprovechamiento de la luz es un factor común para la eficiencia de la práctica. En cuanto a la poda de rejuvenecimiento o renovación, consiste en el rebaje de las ramas poco productivas o envejecidas, eliminando el exceso de madera de forma progresiva en árboles seniles. La renovación se debe realizar al momento en el que la planta presente los primeros síntomas de envejecimiento y, no se debe esperar a que se produzca para llevarla a cabo. Los síntomas que se presentan son el desequilibrio entre el crecimiento vegetativo y reproductivo, lo cual induce a una disminución en la cosecha y baja calidad en los frutos. De esta manera se puede afrontar el envejecimiento que se da de forma natural en la planta asegurando ramas productivas (Malvicini y Gómez, 2011).

Para la producción de ciruela 'D'Agen' para destino fresco, el calibre de la fruta es determinante para el cálculo del rendimiento, y retorno al productor. Así, el tamaño de fruto se convirtió en una variable importante de considerar para la exportación de esta fruta. Dentro de la poda de producción en los frutales de carozo, ésta es una práctica de manejo fundamental como estrategia para regular la carga con el objetivo de obtener un óptimo económico, que es función del tamaño de la fruta, rendimiento total y del precio (Reginato et al., 2007). La carga frutal es el factor más importante, de todos aquellos que influyen en el tamaño del fruto, por lo que la eliminación de parte de esta carga es la manera más efectiva para mejorar el tamaño de la fruta (Racskó, 2006). De esta manera, esta práctica mantiene un equilibrio entre la cantidad de fruta y el follaje, resultado que posteriormente puede ser complementado con la práctica del raleo de frutos, mediante un raleo mecánico (shakers) o manual, mejorando los resultados de una poda manual. Adicionalmente, en frutales de carozo se recomiendan otras prácticas para mejorar el tamaño del fruto, como el "anillado" o la aplicación de auxinas de síntesis, lo que podría mejorar la distribución de los calibres de exportación (Guzmán, 2021).

En esta operación es determinante considerar diferentes factores como la intensidad de la poda, su frecuencia y manejos complementarios como la carga frutal y tratamientos fitosanitarios (Casierra y Fischer, 2012). Como característica, la poda disminuye el número de puntos de crecimiento en la planta, y por tanto, aunque es desvigorizante, tiende a aumentar el vigor en los brotes que permanecen. Así mismo, se reduce el número de centros de producción, disminuyendo la carga frutal y promoviendo el crecimiento vegetativo. Este es el equilibrio entre crecimiento reproductivo y vegetativo que se logra con esta práctica de manejo (Ellena y Contreras, 2015). Por otra parte, la escasez de esta práctica induce a una reducción en la actividad fotosintética generada por la superposición del dosel dentro de la copa, lo cual induce una reducción de la radiación interceptada por la planta (Chaar y Sanchez, 2010). Estudios realizados en duraznos indican que la relación entre la posición de la luz afecta a parámetros de calidad como la firmeza y el color de fondo del fruto (Lewallen y Marini, 2003). Por otro lado, Chaar y Sánchez, (2010) mencionan también que junto con disminuir el rendimiento y aumentar el tamaño, aumenta el porcentaje de sólidos solubles, incrementando así la proporción de fruta con elevado valor comercial.

La poda puede lograr el efecto de mejorar la calidad de los frutos, por modificación del equilibrio de C: N (carbohidratos: nitrógeno) (Sharma et al., 2018). Además de determinar la carga potencial que tendrá el frutal, lo

cual depende de cuán intensa sea la poda. Es por lo anterior que el productor debe considerar la intensidad de la poda de manera cualitativa, es decir si esta es poco intensa, media o intensa. Estos son parámetros que permiten asegurar la disponibilidad de madera fructífera para la temporada en transcurso (Boulet *et al.*, 2011). En cuanto a la intensidad de la poda, existen algunos estudios que reportan en arándano cv. 'Brigitta', que una poda más intensa disminuye el rendimiento, y la acidez de la fruta, pero aumenta el peso, y tamaño de la fruta, así como también el CSS, en comparación al tratamiento control sin podar (Muñoz-Vega *et al.*, 2017). Por otra parte, un estudio realizado en mango, determinó el efecto de tres tipos de intensidades de poda; 10,16, 20,32 y 30,48 cm desde el ápice hasta la base de la rama, sobre la eficiencia fotosintética y la penetración de la luz, concluyendo que eran parámetros afectados, sin embargo la materia seca de la hoja no presentó una respuesta a los diferentes tratamientos (Vasquez-Valdivia *et al.*, 2009).

Es difícil establecer pautas rígidas y uniformes, pues el tipo y la cantidad de madera que es necesario remover depende de cada caso en particular, y son demasiadas las variables involucradas en el proceso. Principalmente, el hábito de fructificación de la especie y variedad, que involucra el tipo de madera y el lugar donde se ubican las yemas florales (Sharman *et al.*, 2018). Por ejemplo, en duraznero, la fructificación es en ramillas de 1 año; en manzano, peral, ciruelo y damasco fructifican principalmente en dardos, ubicados en madera de 2 a 3 años, mientras que en cerezo, fructifica en dardos sobre madera de 2 (base) o 3 años. Otros factores a considerar corresponden a la edad, destino de producción, longitud de los entrenudos, y el momento de floración de una variedad en particular.

Esta práctica ha evolucionado durante el transcurso del tiempo desde una forma tradicional a una mecanizada, optimizando los costos de producción, que abarcan un 75% del manejo tradicional (Niederholzer *et al.*, 2018). Además, ante una poda mecanizada existe una reducción de los costos de operación, ya que esta es más eficiente y reduce la mano de obra. Sin embargo, no discrimina entre el tipo de brote a cortar, presentando el riesgo de reducir la producción. Es por esta razón que se debe llevar a cabo de manera adecuada para evitar el daño en la madera fructífera (Bates y Morris, 2009).



Literatura consultada

Bates, T. & Morris, J. (2009). Mechanical Cane Pruning and Crop Adjustment Decreases Labor Costs and Maintains Fruit Quality in New York 'Concord' Grape Production. *HortTechnology*, 19(2), 247-253. Retrieved Sep 1, 2023, from <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.19.2.247>

Chaar, J. E. & Sánchez, E. E. (2010). Efectos de la carga frutal y del ambiente lumínico en ciruelo D'Agen (*Prunus domestica* L.). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 42(1), 125-133.

Casierra-Posada F. & G. Fischer (2012). Poda de árboles frutales. In: *Manual para el Cultivo de Frutales en el Trópico*. G. Fischer (ed.). Produmedios, Bogotá. pp:169-185.

Ellena, M. & M. Contreras (2015). Poda. En Ellena, M. (Ed.), *Formación y sistemas de conducción del cerezo dulce* [en línea]. Temuco: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias no. 247. Disponible en: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR38439.pdf>

Guzmán B., D. A. (2021). Efecto de la aplicación de auxinas de síntesis en el tamaño de fruto y la productividad de ciruelo 'D'Agen'. 48 p.

Lewallen, K., & 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, 163-170.

Malvicini, G. L., & Gómez Sierra, L. A. (2011). Nociones sobre la poda de árboles frutales caducifolios. *Cultura Científica*, (9), 90-98. Recuperado a partir de https://revista.jdc.edu.co/index.php/Cult_cient/article/view/222

Muñoz-Vega, P., Serri, H., López, M.D., Faúndez, M., & P. Palma. (2017). Effect of different pruning intensities on yield and fruit quality of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Brigitta. *Chilean Journal of Agricultural and Animal Science* 33:285-294.

Niederholzer, F., Jarvis-Shean, K., Lightle, D., Milliron, L., Stewart, D., & Summer, D.A. (2018). Sample Costs to Establish an Orchard and Produce Prunes (Sacramento Valley, USA: UCCE, UC- AIC, UC DAVIS-ARE), pp. 23.

Ojer, M., Reginato, G., Vallejos, F., & Boulet, A. (2011). Poda de formación y producción.

Razeto, B. (2006). Para Entender la Fruticultura. 509 p.

Reginato, G. H., de Cortázar, V. G., & Robinson, T. L. (2007). Predicted crop value for nectarines and cling peaches of different harvest seasons as a function of crop load. *HortScience*, 42(2), 239-245.

Sharma, S., Barman, K., Siddiqui, M. W. & V. Nath. (2018). Preharvest Modulation of Post-harvest Fruit and Vegetable Quality Training and Pruning for Improved Post-harvest Fruit Quality 257- 276

Vázquez-Valdivia, V., Pérez-Barraza, M. H., Osuna-García, J. A., & Urías-López, Mario A. (2009). Intensidad de poda sobre el vigor, producción y peso del fruto, del mango 'Ataulfo'. *Revista Chapingo*. Serie horticultura, 15(2), 127-132. Recuperado en 01 de septiembre de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2009000200004&lng=es&lng=es.

Zhang, L., Koc, A. B., Wang, X. N., & Y. X. Jiang. (2018). A review of pruning trees. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 153 062029



1.2.2 Reguladores de crecimiento

Las hormonas vegetales son sustancias fabricadas en un determinado lugar de una planta y que se trasladan a otro donde actúan a muy bajas concentraciones, regulando el crecimiento, desarrollo o metabolismo del vegetal. Los cambios en la concentración de la hormona y la sensibilidad de los tejidos provocan una amplia gama de respuestas en las plantas, muchos de los cuales involucran interacciones con el ambiente como un tipo de adaptación, considerando que las plantas son organismos inmóviles. Para diferenciarlos de las hormonas vegetales de origen natural, los compuestos que producen efectos fisiológicos pero que son de origen sintético se denominan reguladores del crecimiento (Clouse *et al.*, 2011; Sauer *et al.*, 2013; Peres *et al.*, 2019). Los reguladores del crecimiento de las plantas se utilizan para modificar un cultivo cambiando la tasa o patrón, o ambos, de su respuesta a los factores internos y externos que gobiernan el desarrollo desde la germinación hasta el crecimiento vegetativo, el desarrollo reproductivo, la madurez y la senescencia o envejecimiento, así como preservación en postcosecha (Comstock *et al.*, 1994).

Los reguladores del crecimiento vegetal (PGR en inglés, Plant Growth Regulators) son sustancias capaces de interferir con el sistema hormonal de la planta que controla varios procesos fisiológicos en los árboles. Desde el descubrimiento de las hormonas vegetales, el uso de reguladores de crecimiento ha ofrecido la posibilidad de controlar diferentes etapas de producción, desde el vivero hasta el campo abierto. Incluso en un período caracterizado por cierta reticencia hacia los agroquímicos, la investigación sobre el uso de reguladores de crecimiento sigue en curso y las principales industrias químicas han introducido nuevas moléculas en el mercado. Los reguladores de crecimiento tradicionales están encontrando nuevos usos interesantes y los nuevos pueden representar una solución a las demandas cada vez más apremiantes de los productores. Además, estos compuestos podrían representar una herramienta adicional para ayudar a resolver problemas relacionados con los cambios climáticos que afectan a diversos procesos fisiológicos de las plantas (cumplimiento de los requisitos de frío, color de la piel de la fruta, carga de frutos) logrando equilibrar el crecimiento de la copa y la fructificación (Peres *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2022).

Se reconocen comúnmente como hormonas vegetales cinco tipos de compuestos: auxinas, citoquininas, giberelinas, etileno y ácido abscísico. Cada uno de éstos tiene efectos fisiológicos propios. Además de estas cinco fitohormonas, consideradas clásicas, en la década pasada se obtuvieron fuertes evidencias científicas de que existen otros compuestos involucrados en diferentes procesos del desarrollo de las plantas, como las poliaminas, el ácido jasmónico, el ácido salicílico y los brasinoesteroides (Mandava, 1988; Clouse *et al.*, 2011; Sauer *et al.*, 2013; Zhang *et al.*, 2022). La hormona vegetal ácido indol-3-acético (AIA) es la principal auxina en las plantas. El AIA controla diversos procesos fisiológicos como la elongación y división celular, la diferenciación de tejidos y las respuestas a la luz y la gravedad. Las auxinas son un grupo de fitohormonas que funcionan como reguladoras del crecimiento vegetal, esencialmente provocan la elongación de las células. Se sintetizan en las regiones meristemáticas del ápice de los tallos y se desplazan desde ahí hacia otras zonas de la planta, principalmente hacia la base, estableciéndose así un gradiente de concentración. Este movimiento se realiza a través del parénquima que rodea a los haces vasculares. La síntesis de auxinas se ha identificado en diversos organismos como plantas superiores, hongos, bacterias y algas, y casi siempre relacionadas con etapas de intenso crecimiento (Ljung *et al.*, 2001; Sauer *et al.*, 2013).

El crecimiento y desarrollo de los frutos se ha relacionado ampliamente con la disponibilidad de asimilados y varios estudios han establecido funciones reguladoras de las hormonas. Los mecanismos de acción y efectos de los reguladores de crecimiento de las plantas son diversos y están asociados con diferentes fases de desarrollo del fruto (Barač *et al.*, 2022).

Las aplicaciones de auxinas sintéticas, de acuerdo a su ingrediente activo y momento de aplicación, aumentan el tamaño de los frutos ya sea por su capacidad de mejorar la atracción de hidratos de carbono hacia el fruto o por un efecto raleador favoreciendo el crecimiento de los frutos que quedan en el árbol (Agustí *et al.*, 1999). La presencia e importancia de las hormonas vegetales se estableció gracias al estudio de las auxinas. Sobre

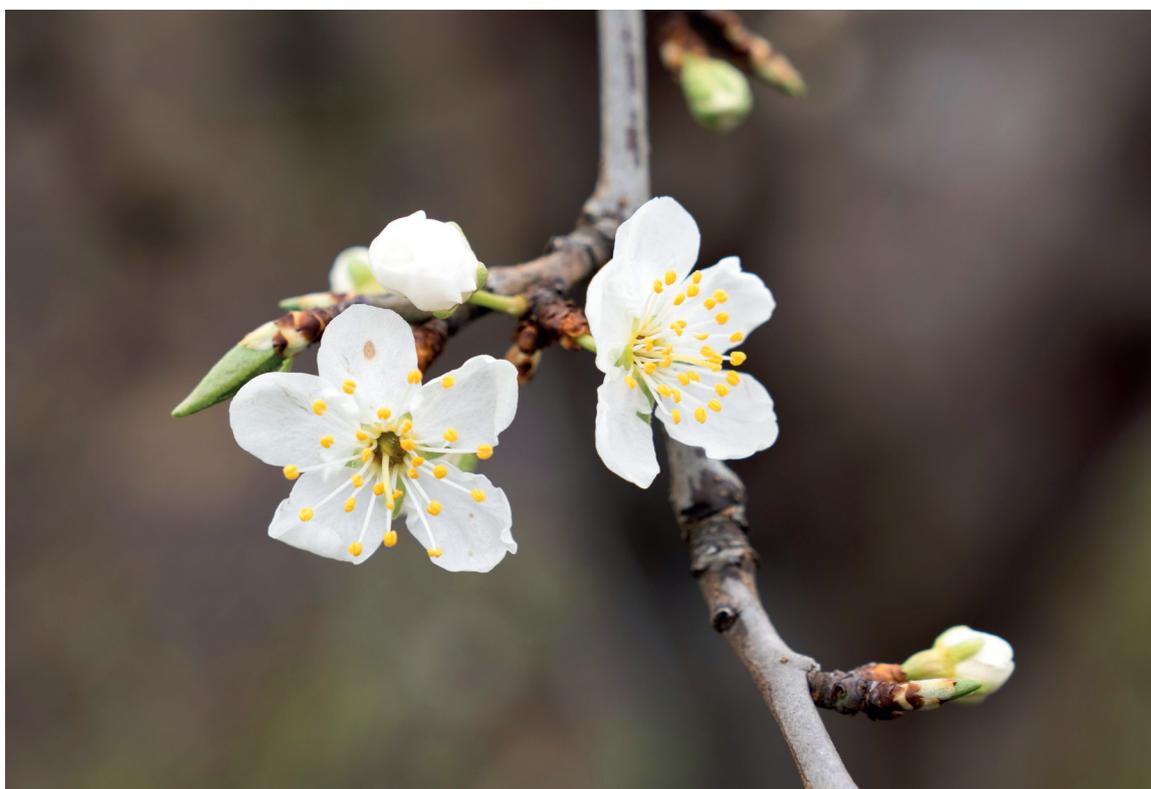


ellas hay una amplia y profunda información científica, lo que ha permitido conocer con más precisión cómo funcionan éstas hormonas en las plantas. Junto con las giberelinas (Gas) y las citoquininas (CKs), las auxinas regulan múltiples procesos fisiológicos en las plantas, aunque no son los únicos compuestos con esa capacidad. En general, los efectos de las auxinas dependen de las concentraciones, ya que en concentraciones bajas promueven el crecimiento induciendo elongación de hipocotilos, tallos y raíces, en tanto que en concentraciones elevadas los efectos son opuestos inhibiendo la elongación celular (Munguía y Trujillo, 2018).

El Ácido naftalenacético (NAA) y 3,5,6-TPA (Ácido 3,5,6-tricloro-2-piridiloxiacético) son auxinas con efecto raleador ya que tienen la capacidad de activar la ruta endógena del etileno, lo que promueve las zonas de abscisión tanto del pedúnculo como del cáliz y se distinguen de otros reguladores auxínicos por presentar una alta afinidad con una enzima clave en la ruta del etileno, que es la ACC sintasa (Agustí *et al.*, 1999). La sensibilidad de los frutos a caer es mayor al inicio de la caída, y va disminuyendo a medida que avanza el tiempo hasta perder totalmente la sensibilidad a desprenderse una vez terminadas las caídas naturales. Por otra parte el 2,4-DP (Ácido 2,4-diclorofenoxiacético) es una auxina con efecto de “engorde” por su capacidad de mejorar la atracción de hidratos de carbono hacia el fruto, pero sin inducir síntesis endógena de etileno. Estas auxinas son recomendadas cuando los frutos tienen ya un cierto diámetro de tamaño, para ejercer su efecto como “engordadoras”. Sin embargo, es muy recomendable hacer las aplicaciones de estos reguladores de crecimiento auxínicos “de engorde”, en estado de botón floral, lo que tiene dos grandes ventajas: ayudar a la formación del sistema vascular del pedúnculo (“cañería” que está encargada de nutrir al fruto en savia elaborada) que es dependiente de auxinas y que aún se está formando en el estado de botón floral, y que el regulador de crecimiento se degrade totalmente antes de cosecha (Fichet, 2019).

Las giberelinas por su parte estimulan la división celular y la expansión celular. Entre los isómeros GA, el ácido giberélico, también conocido como GA3, ha resultado eficaz para aumentar el tamaño y el peso del fruto, así como el peso del endocarpio seco en la cereza dulce (Zeman *et al.*, 2012, Zhang *et al.*, 2013).

Por otra parte, la aplicación de reguladores de crecimiento en precosecha tiene efectos en la calidad y condición de los frutos una vez cosechados, los cuales han sido poco estudiados. En términos de ciruelas, la mayoría de la investigación en postcosecha se ha realizado en ciruelas japonesas en comparación a lo que se ha realizado con variedades de ciruela europea (Barač *et al.*, 2022).



Literatura consultada

Agustí, M., Almela, V., Andreu, I., Juan, M., & Zacarias, L. (1999). Synthetic auxin 3, 5, 6-TPA promotes fruit development and climacteric in *Prunus persica* L. Batsch. *J. Hort. Sci. Biotechnol*, 74, 556-560.

Barać, G.; Mastilović, J.; Kevrešan, Ž.; Milić, B.; Kovač, R.; Milović, M.; Kalajdžić, J.; Bajić, A.; Magazin, N.; Keserović, Z. (2022). Effects of Plant Growth Regulators on Plum (*Prunus domestica* L.) Grown on Two Rootstocks at Harvest and at the Postharvest Period. *Horticulturae*, 8, 621. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8070621>

Clouse, S. D. (2011). Brassinosteroid Signal Transduction: From Receptor Kinase Activation to Transcriptional Networks Regulating Plant Development. *The Plant Cell*, 23(4), 1219-1230.

Comstock, M. J., & Comstock, M. J. (Eds.) (1994). Bioregulators for Crop Protection and Pest Control, Copyright, Advisory Board, Foreword.

Fichet, T. (2019). Ampliando el conocimiento y usos de las auxinas de síntesis en frutales. *Revista RedAgrícola*. <https://redagricola.com/ampliando-el-conocimiento-y-usos-de-las-auxinas-de-sintesis-en-frutales/>

Ljung, K., A. Östin, L. Lioussanne & G. Sandberg. (2001). Developmental Regulation of Indole-3-Acetic Acid Turnover in Scots Pine Seedling. *Plant Physiology*: 125, pp. 464-475.

Munguía R., A. G., & M. M. Trujillo. (2018). Las auxinas: síntesis, transporte y señalización. *Biológicas*, 20(1): 1 - 7

Mandava, n. b. (1988). Plant growth-promoting brassinosteroids. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 39, 23-52.

Peres, A. L., Soares, J. S., Tavares, R. G., Righetto, G., Zullo, M. A., T., Mandava, N. B. & M. Menossi. (2019). Brassinosteroids, the sixth class of phytohormones: A molecular view from the discovery to hormonal interactions in plant development and stress adaptation. *International Journal of Molecular Sciences* 20, 331; doi:10.3390/ijms20020331

Sauer, M., Robert, S., & J. Kleine-Vehn. (2013). Auxin: simply complicated. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 64, No. 9, pp. 2565-2577, 2013 doi:10.1093/jxb/ert139

Zeman, S., Čmelík Z., & T. Jemric' (2012). Size and weight of sweet cherry (*Prunus avium* L. 'Regina') fruit treated with 3, 5, 6-TPA and GA3. *Agric. Conspec. Sci.* 77, 45-47.

Zhang, C., & M. Whiting. (2013). Plant growth regulators improve sweet cherry fruit quality without reducing endocarp growth. *Scientia Horticulturae*: 150, 73-79.

Zhang, H., Zhao, D., Tang, Z., Zhang, Y., Zhang, K., Dong, J. & F. Wang. (2022). Exogenous brassinosteroids promotes root growth, enhances stress tolerance, and increases yield in maize, *Plant Signaling & Behavior*, 17:1, 2095139, DOI: 10.1080/15592324.2022.2095139

1.2.3 Postcosecha y calidad de la fruta

Las ciruelas, en general, son altamente perecibles y, por lo tanto, tienen una corta vida de postcosecha. Al ser un organismo vivo, una vez cosechada, la fruta continúa su metabolismo produciéndose algunos cambios deseables y no deseables para su comercialización y posterior consumo. Al tratarse de un fruto climatérico, la cosecha debe hacerse previo a esta alza en la respiración, de manera de que, ocurra deseablemente cuando llega al consumidor final y la ciruela alcance su madurez de consumo con todo su potencial organoléptico. Sin embargo, el desconocimiento de los manejos tanto de pre y postcosecha de la ciruela europea D'Agen producida para consumo en fresco, ha ocasionado una serie de problemas en el principal mercado de destino: China. Por una parte, se desconoce el momento en el cual se debe hacer la cosecha para que la fruta llegue con madurez homogénea y excelente calidad sensorial. El estado de madurez de la fruta al momento de la cosecha incide en su desempeño posterior de postcosecha, y para la ciruela D'Agen el momento óptimo de cosecha requiere de la combinación de una serie de parámetros, como firmeza, concentración de azúcares y color, por lo que es más complejo de determinar. Además, hay ciertos manejos particulares que la diferencian de otras frutas del género *Prunus*: esta ciruela debe cosecharse con pedicelo para evitar heridas en las que se pueden generar enfermedades fúngicas y desde la cosecha en adelante, se debe evitar el manipuleo excesivo de la fruta para mantener su cera natural y evitar machucones y heridas.

Durante los últimos años la utilización de propiedades ópticas de la luz visible (VIS) y cercana al infrarrojo (NIR), han permitido desarrollar diferentes tecnologías que son ampliamente utilizadas en la industria agrícola y alimentaria. Es común en líneas de selección y clasificación de la fruta fresca la utilización de dispositivos basado en esta tecnología. En la búsqueda de un índice de cosecha simple, confiable y no destructivo se desarrolló un dispositivo que mide la diferencia de la absorbancia entre dos longitudes de onda (670 y 720 nm) cercanas al *peak* de la clorofila a (Ziosi *et al.*, 2008) y que ha demostrado ser útil en diferentes especies del género *Prunus* (Infante *et al.*, 2011 a; Shinya *et al.*, 2013) incluida la ciruela europea (Infante *et al.*, 2011b). Como está indirectamente relacionado con la firmeza y coloración de la fruta, se muestra como una alternativa viable para determinar fácilmente el mejor momento de cosecha de la ciruela D'Agen.

Si el estado de madurez a la cosecha influye sobre el desempeño de la fruta durante la postcosecha también lo hacen los diferentes manejos agronómicos que se hacen durante la precosecha. Así, diferentes condiciones y manejos que se ejecuten al huerto durante este período podrían incluso influir en la aceptación por parte de los consumidores. La regulación de la carga frutal es uno de los manejos más determinantes en la calidad de la fruta. En ciruela europea la regulación de carga frutal, mediante poda o raleo químico de frutos, mejoró la calidad y el retorno económico (Lammerich *et al.*, 2020). La poda invernal garantiza la producción regular de frutos de calidad (Sharma *et al.*, 2018) ya que favorece el equilibrio fisiológico (reproductivo-vegetativo), la iluminación y la distribución de fotoasimilados en la planta.

La extrema lejanía de Chile con el mercado asiático determina que la fruta pase un largo período en almacenaje refrigerado. La refrigeración es la principal herramienta utilizada para disminuir el metabolismo de la fruta y sin su utilización, sería improbable que Chile se posicionara como uno de los principales exportadores de fruta fresca en contraestación del hemisferio norte. Aun cuando los beneficios de la mantención de la fruta refrigerada son evidentes, el tiempo de la exposición a bajas temperaturas y el tipo y variedad de fruta son factores de riesgo en la aparición de los desórdenes fisiológicos inducidos por el frío (Candan *et al.*, 2008). En general, los frutos de carozo son sensibles a la aparición de estos daños que se manifiestan, desafortunadamente, cuando llegan a los consumidores finales. Pardeamiento interno y translucidez de la pulpa son los principales problemas detectados en las ciruelas (Crisosto *et al.*, 1999). Debido al desconocimiento general del manejo de la ciruela D'Agen para fresco es de suma importancia estudiar con detalle qué factores

influyen en la aparición e intensidad del pardeamiento en la pulpa, porque como ha sido reportado para otras especies del género *Prunus*, factores relacionados a la precosecha, cosecha y manejos de postcosecha inciden en la severidad de éste (Kader, 2011).

Finalmente, siendo el objetivo último de la producción, manipulación y distribución de frutas y verduras frescas satisfacer al consumidor, es crucial que al evaluar la calidad se considere al consumidor final. Si bien es igual de importante medir instrumentalmente la calidad de la fruta, es también relevante entender y cuantificar la percepción humana de las características de los alimentos (Shewfelt, 1999). El análisis sensorial no es sustituible por métodos instrumentales, ya que en última instancia son las personas las que deben valorar la calidad de un alimento, expresar la compleja apreciación sensorial y valorar su grado de satisfacción al ser degustado. En los últimos años se han desarrollado nuevas metodologías de análisis con consumidores que permiten obtener respuestas no sólo hedónicas, sino que también la descripción del alimento en estudio. Una de esas pruebas es la "Check All That Apply" o CATA (Jaeger *et al.*, 2020) la cual consiste en presentar a los consumidores una lista de descriptores para que luego seleccionen todos aquellos que consideren apropiados para describir la muestra en degustación. Este análisis, en conjunto con las pruebas instrumentales y hedónicas, permiten tener un perfil completo de la fruta y con ello analizar el efecto de diferentes tratamientos de pre y postcosecha y su incidencia en la calidad final de la fruta.



Literatura consultada

Candan, A. P., Graell, J., & Larrigaudière, C. (2008). Roles of climacteric ethylene in the development of chilling injury in plums. *Postharvest Biology and Technology*, 47(1), 107-112.

Crisosto, C. H., Mitchell, F. G., & Ju, Z. (1999). Susceptibility to chilling injury of peach, nectarine, and plum cultivars grown in California. *HortScience*, 34(6), 1116-1118.

Infante, R., Contador, L., Rubio, P., Mesa, K., & Meneses, C. (2011a). Non-destructive monitoring of flesh softening in the black-skinned Japanese plums 'Angeleno' and 'Autumn beaut'on-tree and postharvest. *Postharvest Biology and Technology*, 61(1), 35-40.

Infante, R., Rubio, P., Contador, L., Noferini, M., & Costa, G. (2011b). Determination of harvest maturity of D'Agen plums using the chlorophyll absorbance index. *Ciencia e investigación agraria: revista latinoamericana de ciencias de la agricultura*, 38(2), 199-203.

Jaeger, S. R., Chheang, S. L., Jin, D., Roigard, C. M., & Ares, G. (2020). Check-all-that-apply (CATA) questions: Sensory term citation frequency reflects rated term intensity and applicability. *Food Quality and Preference*, 86, 103986.

Kader, A. A. (Ed.). (2011). Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas. UCANR Publications.

Lammerich, S., Kunz, A., Damerow, L., & Blanke, M. (2020). Mechanical crop load management (CLM) improves fruit quality and reduces fruit drop and alternate bearing in European plum (*Prunus domestica L.*). *Horticulturae*, 6(3), 52.

Sharma, S., Barman, K., Siddiqui, M. W., & Nath, V. (2018). Training and pruning for improved postharvest fruit quality. In *Preharvest Modulation of Postharvest Fruit and Vegetable Quality* (pp. 257-276). Academic Press.

Shewfelt, R. L. (1999). What is quality?. *Postharvest biology and technology*, 15(3), 197-200.

Shinya, P., Contador, L., Predieri, S., Rubio, P., & Infante, R. (2013). Peach ripening: Segregation at harvest and postharvest flesh softening. *Postharvest Biology and Technology*, 86, 472-478.

Ziosi, V., Noferini, M., Fiori, G., Tadiello, A., Trainotti, L., Casadoro, G., & Costa, G. (2008). A new index based on vis spectroscopy to characterize the progression of ripening in peach fruit. *Postharvest biology and technology*, 49(3), 319-329.





2. INVESTIGACIÓN

 Andrea Albornoz y Karen Mesa.

2.1 Ubicación unidades experimentales

Dentro del proyecto participaron cinco unidades experimentales descritas en el Cuadro 1. Todos los huertos corresponden a ciruelo europeo cv. 'D'Agen' sobre portainjerto Mariana 2624, a excepción del huerto de propiedad de Manuel Yañez Jara donde los árboles más antiguos estaban injertados sobre el portainjerto Myrobalan (Cuadro 2). Los ensayos de prácticas de manejo de poda y reguladores de crecimiento que se presentan en este documento se realizaron en tres unidades experimentales: Manuel Yañez Jara; Inversiones J&J Limitada y Sociedad Agrícola Kaulen Westermayer Limitada; nombradas en adelante como las unidades experimentales de San Vicente de Taguatagua, El Huique y Graneros respectivamente. En la Figura 1 se muestra la ubicación geográfica de las unidades experimentales del proyecto.

Cuadro 1. Unidades experimentales de ciruelo europeo 'D'Agen', proporcionados por los beneficiarios del proyecto.

Nombre del Productor	Empresa Beneficiaria	Localidad/ Comuna	Provincia	Coordenadas geográficas
Manuel Yañez Jara	COOPEUMO	La Laguna / San Vicente de Taguatagua	Cachapoal	34°28'55.7"S 71°08'43.8"W
Inversiones J&J Limitada	FRUSAN	El Huique /Palmillla	Colchagua	34°28'40"S 71°20'05"W
Sociedad Agrícola Kaulen Westermayer Limitada	FRUSAN	Graneros	Cachapoal	34°05'46.7"S 70°43'22.4"W
Nora Adriana Zuñiga Araya	COOPEUMO	Pataguas Cerro/ Pichidegua	Cachapoal	34°18'23,6"S 71°23'27,7"W
Mercofrut S.A.	FRUSAN	Chimbarongo	Colchagua	34°43'38,4"S 71°04'47,9"W
Soc. Agrícola Alianza Ltda.		Peralillo	Peralillo	34°27'27.4"S 71°22'49.1"W

Cuadro 2. Características de los huertos proporcionados por los beneficiarios del proyecto.

Nombre del Productor	Portainjerto	Superficie (ha)	Año de plantación	Distancia de plantación (SH x EH)	Sistema de riego	Destino de la producción
Manuel Yañez Jara	Mariana 2624 y Myrobalan	6	Huerto antiguo más de 30 años	3,5 x 7	Modificación riego por surco a riego por goteo en la temporada 2018-2019	100% deshidratado
Inversiones J&J Limitada	Mariana 2624	75	2009	3,5 x 5,5	Tecnificado por goteo	100% fresco
Sociedad Agrícola Kaulen Westermayer Ltda.	Mariana 2624	12	1996	4,0 x 5,2	Tecnificado por goteo	100% fresco
Nora Adriana Zuñiga Araya	Mariana 2624	7,1	2008 (1,6 ha) 2009 (2 ha) 2018 (3,5 ha)	3,0 x 5,0 3,0 x 5,0 2,8 x 5,0	Tecnificado por goteo	100% deshidratado
Mercofrut S.A.	Mariana 2624	114	2007	3,5 x 5	Tecnificado por goteo	100% fresco
Soc. Agrícola Alianza Ltda.	Mariana 2624	18	2007 2001	3,5 x 5,5 3,0 x 6,0	Tecnificado por goteo	Mixto

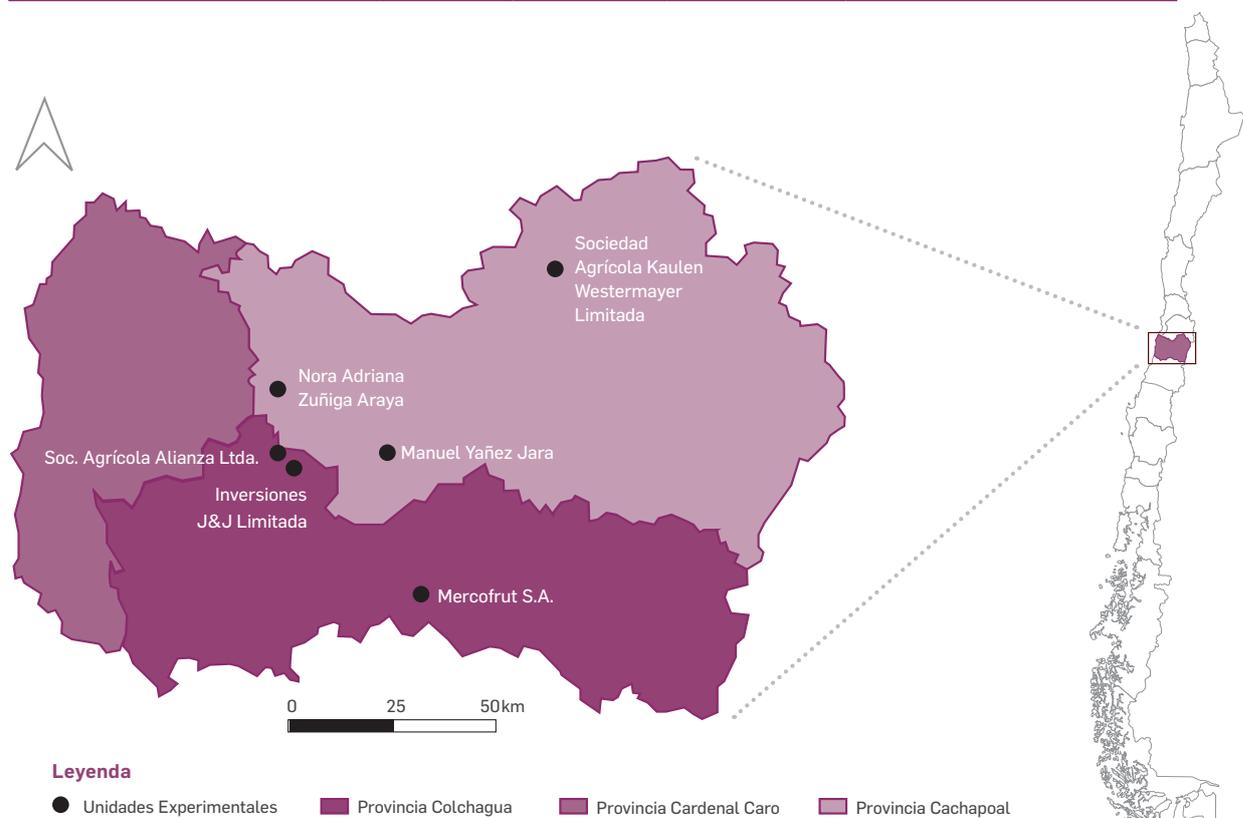


Figura 1. Ubicación unidades experimentales. Proyecto FIC 40017956-0 "Transferencia: D'Agen para exportación en Fresco".

2.2 Prácticas de manejo enfocadas a la producción de ciruelo europeo para mercado fresco

2.2.1 Poda

2.2.1.1 Metodología

La práctica de manejo agronómica, poda invernal, se ejecutó durante dos temporadas; 2020-2021 y 2021-2022, en tres localidades de la región de O'Higgins, San Vicente de Taguatagua, Graneros y El Huique. Para ambas temporadas se aplicaron dos tratamientos en función de la intensidad de la poda, poda tradicional del huerto (T0) y poda de mayor intensidad (T1). La mayor intensidad de poda se evaluó en base al porcentaje de eliminación de estructuras reproductivas (dardos), respecto a la poda tradicional del huerto. Este porcentaje varió entre unidades experimentales y temporadas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos de poda realizados durante las temporadas 2020-2021 y 2021-2022, para las tres unidades experimentales existentes del proyecto.

Temporada	Tratamiento	Descripción
2020-2021	T0	Testigo: práctica de poda habitual del huerto
	T1	Intensidad de poda 20% mayor respecto a la práctica de poda habitual del huerto
2021-2022	T0	Testigo: práctica de poda habitual del huerto
	T1	Intensidad de poda mayor respecto a la práctica de poda habitual del huerto:
		SAN VICENTE: 65%
		GRANEROS: 43%
	EL HUIQUE: 28%	

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado (DCA), correspondiendo el árbol a la unidad experimental, con seis repeticiones por tratamiento. Para determinar la existencia de diferencias significativas entre tratamientos para las diferentes variables evaluadas a cosecha, se utilizó un análisis de varianza con nivel de significancia del 5%. En caso de existir diferencias significativas, se realizó la comparación de medias con la prueba de comparación múltiple LSD de Fisher. Se trabajó con el programa de análisis estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2020).

2.2.1.2 Evaluaciones

En ambas temporadas de estudio, las variables evaluadas a cosecha, se describen en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Variables evaluadas a cosecha en ambas temporadas de estudio, para las diferentes unidades experimentales del proyecto.

Variable	Unidad	Equipo/Instrumento
Área de Sección Transversal de Tronco - ASTT	cm ²	Huincha medir tipo sastre
Producción	kg/árbol	Balanza pedestal 60 kg x 20 g
Radiación Fotosintéticamente Activa - PAR	Umol/m ² *s	Ceptómetro AccuPar LP-80 (Decagon, USA)
Productividad / eficiencia productiva	Kg/ cm ² de ASTT	
	kg/PARm ²	
Carga frutal	Nº de frutos/árbol	
	Nº frutos/cm ² de ASTT	
	Nº de frutos/PARm ²	
Peso de frutos	g/fruto	Balanza digital de sobremesa 5 kg x 0,1 g
Diámetros frutos; ecuatorial de mejilla y sutura, y polar	mm	Pie de metro digital
Índice de absorbancia de clorofila (I _{AD})	Índice I _{AD} - adimensional	DA-Meter
Firmeza no destructiva	g/mm	FirmPro
	UD (unidades durofel)	Durofel
Firmeza destructiva	lbf	Presionómetro manual FT- 327, Effegi
Tonalidad (Hue) de piel y pulpa	h°	Colorímetro CR-400, Konica Minolta
Saturación (Croma) de piel y pulpa	C*	
Concentración de sólidos solubles	°Brix	Refractómetro digital portátil modelo PAL-BX/ACID11, ATAGO
Acidez	% (g/100ml)	
Distribución de calibre	% por categoría de calibre	Calibrador metálico

El área de sección transversal de tronco (ASTT) se obtuvo a partir de la medición del perímetro de tronco a 40 cm desde el suelo y utilizando la fórmula ((Perímetro * Perímetro) /12,56), determinando de esta manera el tamaño de árbol que fue el criterio utilizado para selección de plantas homogéneas a inicios de temporada, y posteriormente, a cosecha para expresar la producción en función del tamaño del árbol (kg/cm² ASTT).

La producción (kg/árbol) se obtuvo a cosecha pesando todos los frutos cosechados por árbol.

La radiación fotosintéticamente activa (PAR) interceptada por árbol, se obtuvo evaluando en cada uno de los árboles cosechados la interceptación de radiación solar utilizando un equipo ceptómetro AccuPAR LP-80 (Decagon, USA), para posteriormente expresar la carga frutal y la productividad en función del PARm² interceptado, como frutos/PARm² y kilos/PARm² respectivamente.

La carga frutal se refiere al número total de frutos cosechados por árbol. Para obtenerla, se contó el número de frutos en tres cajas cosechadas por árbol. A partir de esta información y con el dato de kilos de fruta de cada caja se obtuvo un valor promedio de peso de fruto por planta. Posteriormente, se estimó el número de frutos de las cajas cosechadas, pero no contadas, con el dato de peso medio estimado anteriormente.

Las evaluaciones de índice de absorbancia de clorofila (I_{AD}), firmeza no destructiva y destructiva y color de piel y pulpa, se realizaron por ambas mejillas de cada fruto, a 32 frutos/tratamiento. El contenido de sólidos solubles se realizó a cada uno de los 32 frutos/tratamiento y la acidez a una muestra compuesta de cuatro frutos por tratamiento.

Para obtener la distribución de calibre se evaluó a una muestra de 50 frutos por árbol, en los seis árboles por tratamiento (300 frutos totales por tratamiento) el calibre con un calibrador metálico.

2.2.1.3 Resultados

Tamaño de árbol

El tamaño de árbol, en función del vigor a cosecha, expresado como área de sección transversal de tronco (ASTT) se presenta en las Figuras 1 y 2, para las unidades experimentales de Graneros y El Huique. Los resultados no presentaron diferencias estadísticas entre ambos tratamientos de poda, para las dos temporadas de evaluación. El comportamiento en la localidad de San Vicente de Taguatagua, al ser un huerto antiguo; árboles de más de 30 años de edad con replantes, fue diferente. Los árboles presentaron diferencias en tamaño, con la medición del ASTT al inicio de temporada, por esto fueron clasificados en árboles de tamaño grandes y chicos, de manera de utilizar esta clasificación como un factor en el análisis estadístico. Esto, sumado al factor tratamiento (Figura 3). Para la segunda temporada de estudio; 2021-2022 se presentan los resultados de vigor de árboles evaluados al momento de seleccionar los árboles en el caso de San Vicente de Taguatagua, ya que el destino de producción del huerto fue 100% deshidratado al término de esta temporada, por lo que no se realizaron evaluaciones de cosecha.

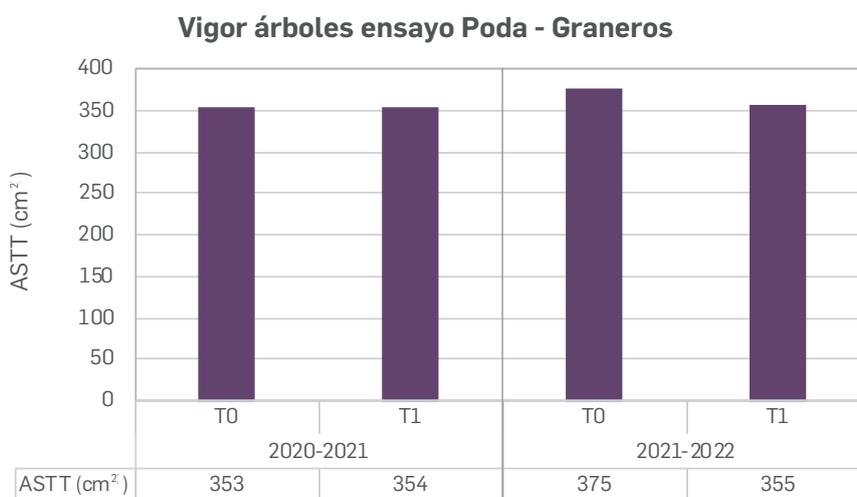


Figura 1. Vigor de árboles a cosecha, expresado como área de sección transversal de tronco (ASTT), en la unidad experimental de Graneros, para ambas temporadas de estudio.

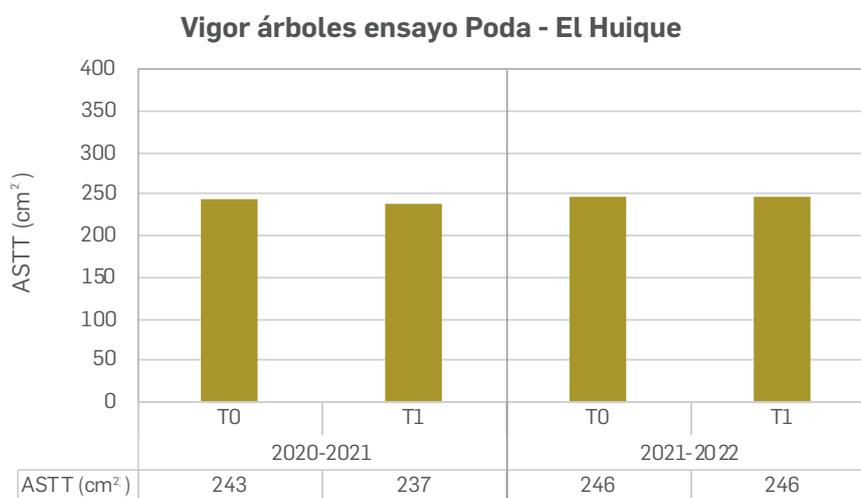


Figura 2. Vigor de árboles a cosecha, expresado como área de sección transversal de tronco (ASTT), en la unidad experimental de El Huique, para ambas temporadas de estudio.

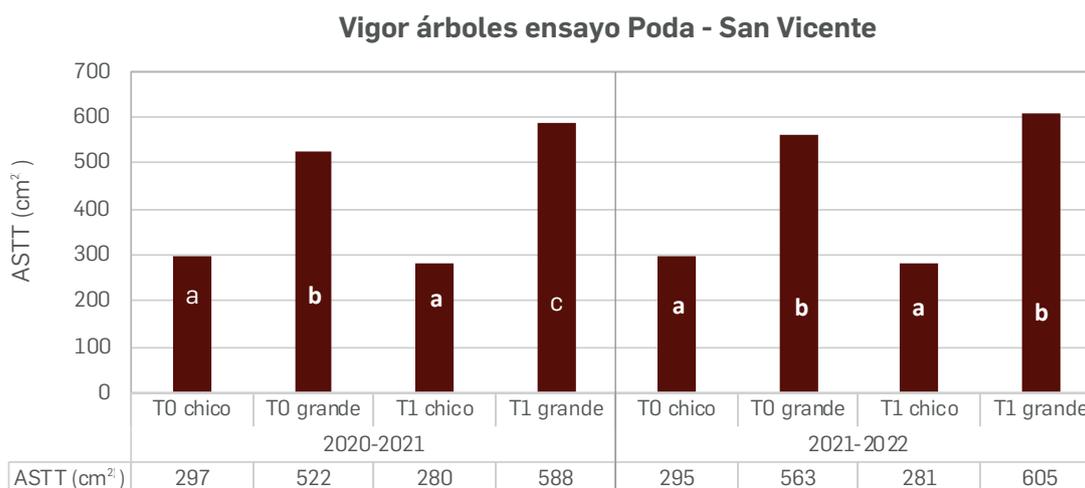


Figura 3. Vigor de árboles a cosecha, expresado como área de sección transversal de tronco (ASTT), en la unidad experimental de San Vicente de Taguatagua, para ambas temporadas de estudio.

Letras diferentes entre tratamientos para una misma temporada de estudio, indican que hay diferencias significativas, p-valor \leq 0,05, LSD Fisher.

Carga, productividad y tamaño medio de frutos

Los resultados obtenidos para las variables de carga frutal (frutos/árbol), producción (kg/árbol) y tamaño medio de fruto (g/fruto), para el huerto en la localidad de San Vicente de Taguatagua, solo se presentan la primera temporada (2020-2021), puesto que para la segunda temporada el destino de producción del huerto fue 100% deshidratado (Cuadro 3). Es importante mencionar que en este huerto la interacción entre el factor tamaño de árbol (árboles chicos y grandes) no fue significativa (p-valor $>$ 0,05) para ninguna de las variables evaluadas (carga frutal, productividad y tamaño medio de frutos).

La carga frutal (frutos/árbol) no presentó diferencias significativas entre tratamientos en las tres unidades experimentales en la primera temporada, siendo el huerto de San Vicente de Taguatagua el que presentó los menores valores (Cuadro 3). Si bien existen diferencias numéricas importantes, el número de árboles muestreados no fue suficiente para observar diferencias estadísticas. Mientras que para la segunda temporada solo la unidad experimental de El Huique presentó diferencias estadísticas significativas, donde el tratamiento de poda tradicional (4.134 frutos/árbol) (T0) fue significativamente superior en un 71% respecto del tratamiento de poda de mayor intensidad (T1), el cual obtuvo 2.422 frutos/árbol (Cuadro 3).

Para la variable de producción (kg/árbol) no se presentaron diferencias significativas en la primera temporada para las localidades de San Vicente de Taguatagua y El Huique. En la localidad de Graneros el tratamiento de poda de mayor intensidad (T1) superó en un 60,9% al tratamiento de poda tradicional del huerto (T0). Los valores correspondieron a 57 kg/árbol para el tratamiento T0, mientras que el tratamiento T1 obtuvo 92 kg/árbol. En la segunda temporada, en la unidad experimental de El Huique el tratamiento de poda tradicional (T0) fue superior en producción en un 52% respecto del tratamiento de poda de mayor intensidad (T1) (Cuadro 3). Los valores de producción correspondieron a 93,9 kg y 62 kg promedio por árbol, para los tratamientos T0 y T1, respectivamente.

Respecto del tamaño medio de frutos (g/fruto), se presentaron diferencias significativas solo en la segunda temporada de estudio, para los huertos en las localidades de Graneros y El Huique. El resultado fue similar, donde el tratamiento de poda de mayor intensidad (T1) obtuvo un peso de fruto superior en un 26,7% y 15,1% respecto del tratamiento de poda tradicional (T0), para Graneros y El Huique, respectivamente. Los valores para el tratamiento T1 correspondieron a 21,3 y 25,8 gramos, respectivamente.



En el Cuadro 3 se presentan, además, los valores de la producción expresados en ton/ha. Este resultado varió entre 10 y 49 ton/ha, dependiendo del huerto y temporada de evaluación.

Cuadro 3. Carga frutal, producción y tamaño medio de frutos, obtenidos en los tratamientos de poda a cosecha durante las temporadas 2020-2021 y 2021-2022.

Huerto	Tratamiento	Carga frutal* (frutos/árbol)		Producción* (kg/árbol)		Ton/ha		Tamaño medio de frutos* (g/fruto)	
		TEMP 2020-2021	TEMP 2021-2022	TEMP 2020-2021	TEMP 2021-2022	TEMP 2020-2021	TEMP 2021-2022	TEMP 2020-2021	TEMP 2021-2022
SN VICENTE	T0	1095 a		25,64 a		10		23,96 a	
	T1	1018 a		25,87 a		11		25,66 a	
	<i>p-valor</i>	0,8312		0,9784				0,3492	
GRANEROS	T0	2972 a	2179 a	56,93 a	35,93 a	27	17	19,33 a	16,83 a
	T1	4501 a	2467 a	91,62 b	51,70 a	44	25	20,71 a	21,28 b
	<i>p-valor</i>	0,0784	0,639	0,0349	0,1723			0,2534	0,8312
EL HUIQUE	T0	3419 a	4134 b	76,09 a	93,90 b	40	49	22,39 a	22,66 a
	T1	2413 a	2422 a	59,27 a	61,98 a	31	32	24,66 a	25,76 b
	<i>p-valor</i>	0,1365	0,0007	0,2797	0,0034			0,1629	0,8312

*Letras diferentes en la vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, p -valor $\leq 0,05$.

Se analizó también la carga frutal y la producción en función del área de sección transversal de tronco (ASTT), esto para normalizar las diferencias en tamaño de árboles, como las encontradas en San Vicente (Figura 3). En la primera temporada, la carga frutal (frutos/cm² ASTT) no presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos para ninguno de los tres huertos (Cuadro 4), siendo la unidad experimental de San Vicente de Taguatagua la que presentó los menores valores. En tanto que, para la segunda temporada de evaluación, el huerto ubicado en la localidad de El Huique, presentó diferencias significativas entre los tratamientos, donde el tratamiento T0 obtuvo una carga superior en un 70,6% respecto a T1 (Cuadro 4). Los valores correspondieron a 16,88 y 9,88 frutos/cm² ASTT, respectivamente.

Para el análisis de la productividad, expresada en kg/cm² ASTT, se utilizó la carga frutal (frutos/cm² ASTT) como covariable, presentándose la primera temporada, diferencias significativas entre los tratamientos solo para el huerto de Graneros, donde T1 obtuvo un 62,5% más de productividad que T0 (Cuadro 4). En la segunda temporada también fue el huerto ubicado en la localidad de Graneros donde se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos para la productividad, siendo el tratamiento T1 superior en un 55,5% respecto a T0.



Cuadro 4. Carga frutal y productividad, expresadas en función del área de sección transversal de tronco (cm^2 ASTT), obtenidos en los dos tratamientos de poda a cosecha durante las temporadas 2020-2021 y 2021-2022.

Huerto	Tratamiento	Carga frutal* (frutos/ cm^2 ASTT)		Productividad* (kg/cm^2 ASTT)	
		TEMP 2020-2021	TEMP 2020-2022	TEMP 2020-2021	TEMP 2020-2022
Sn Vicente	T0	2,69 a		0,06 a	
	T1	2,77 a		0,07 a	
	<i>p</i> -valor	0,9366		0,796	
	<i>p</i> -valor covariable			<0,0001	
Graneros	T0	8,56 a	5,66 a	0,16 a	0,09 a
	T1	12,62 a	6,81 a	0,26 b	0,14 b
	<i>p</i> -valor	0,0636	0,4484	0,0186	0,0314
	<i>p</i> -valor covariable			<0,0001	0,0001
El Huique	T0	14,29 a	16,86 b	0,32 a	0,38 a
	T1	10,39 a	9,88 a	0,26 a	0,25 a
	<i>p</i> -valor	0,2285	0,0007	0,4039	0,0862
	<i>p</i> -valor covariable			<0,0001	<0,0001

*Letras diferentes en la vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, p -valor $\leq 0,05$.

Al utilizar todos los datos obtenidos a cosecha independiente del tratamiento de poda, para la temporada 2020-2021, se observó que la carga frutal (frutos/cm² ASTT) se correlacionó positiva y significativamente con la productividad (kg/cm² ASTT) con un coeficiente de determinación R²=0,95 y un p-valor pendiente <0,0001; mientras que la misma carga frutal se correlacionó negativa y significativamente con el tamaño de frutos (g/fruto) con un R²=0,236, p-valor pendiente de 0,0042 (Figura 4).

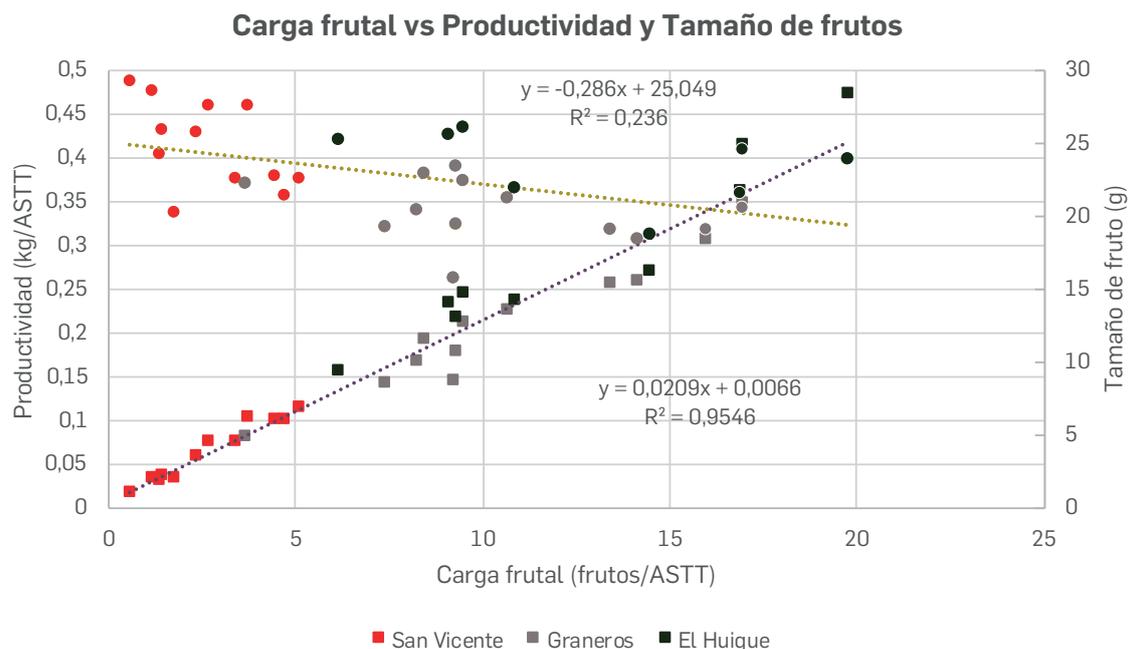


Figura 4. Productividad (kg/cm² ASTT) y tamaño de frutos (g) en función de la carga frutal (frutos/cm² ASTT). Valores obtenidos de los tres huertos del ensayo la temporada 2020-2021.

La temporada 2021-2022, al usar los datos de los dos huertos evaluados a cosecha; Graneros y El Huique, la carga (frutos/cm² ASTT) se correlacionó positiva y significativamente con la productividad (kg/cm² ASTT) con un R²=0,95 y un p-valor pendiente <0,0001, no así el tamaño de frutos que no presentó correlación con un R²=0,11 y un p-valor pendiente <0,1178.

En las Figuras 5 y 6, se presenta para las localidades de Graneros y El Huique, por separado, la representación gráfica de las relaciones entre variables de productividad (kg/cm² ASTT) y de tamaño de fruto (g/fruto), en función de la carga frutal (frutos/ASTT). La productividad presentó una correlación positiva significativa con la carga frutal, con un p-valor para la pendiente <0,0001 para El Huique (Figura 5) y de 0,0001 en Graneros (Figura 6). La correlación negativa entre el tamaño de frutos y la carga frutal, solo fue significativa en El Huique con un p-valor para la pendiente de 0,0025 (Figura 5), no así para Graneros donde se obtuvo un p-valor para la pendiente de 0,819 (Figura 6).

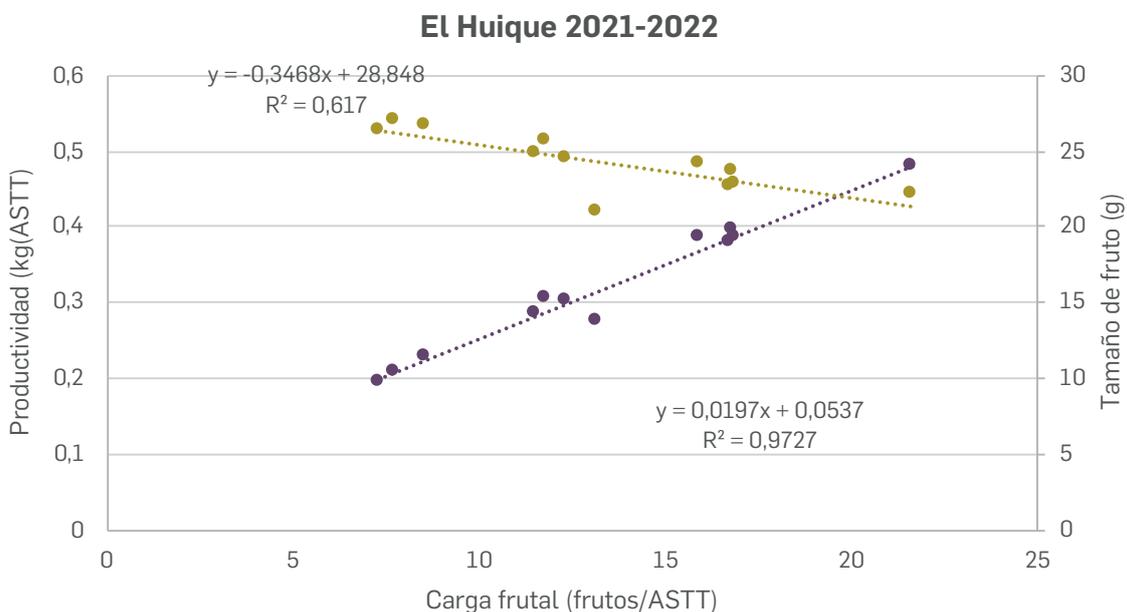


Figura 5. Productividad (kg/cm² ASTT) y tamaño de frutos (g) en función de la carga frutal (frutos/cm² ASTT). Unidad experimental El Huique, temporada 2021-2022.

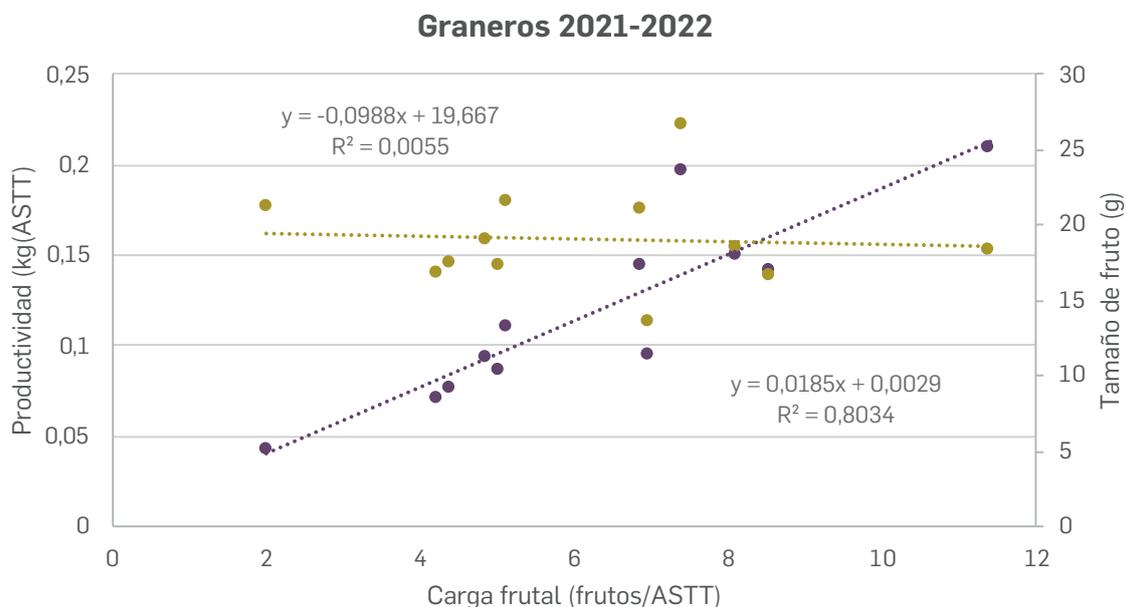
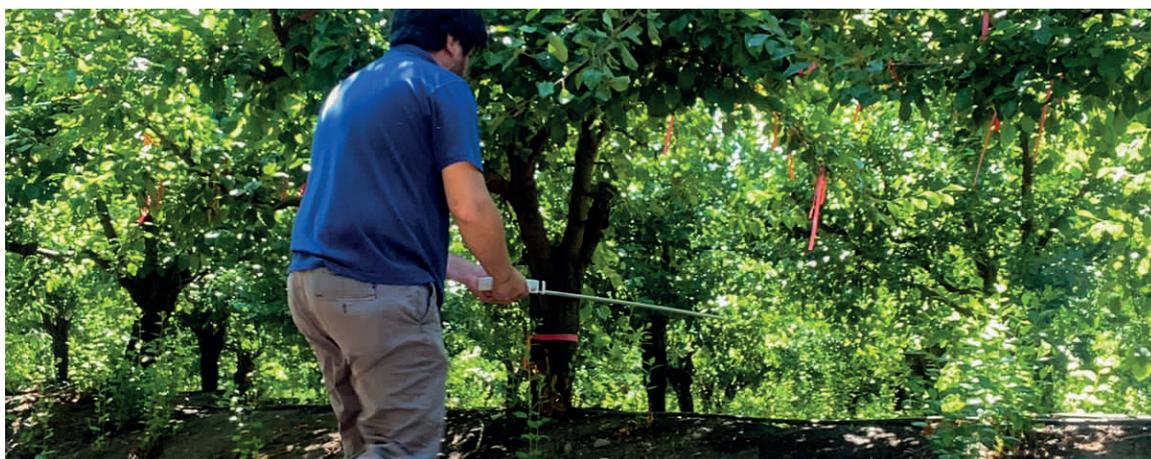


Figura 6. Productividad (kg/cm² ASTT) y tamaño de frutos (g) en función de la carga frutal (frutos/cm² ASTT). Unidad experimental Graneros, temporada 2021-2022.

La correlación positiva entre carga frutal y productividad, y negativa entre carga frutal y tamaño de frutos ha sido ampliamente respaldada en diversos trabajos agronómicos; donde al tener una mayor carga frutal el tamaño del fruto es menor, y se logra mayor producción (kg/árbol) (Reginato, 1996).

En la segunda temporada de estudio (2021-2022), la carga frutal y productividad también fueron analizadas en función de la radiación fotosintéticamente activa interceptada por la superficie (PARm²) obtenida a cosecha, expresándose como frutos/PARM² y kg/PARM² (Cuadro 5). Para analizar la productividad (kg/PARM²) se utilizó la carga frutal (frutos/PARM²) como covariable, la cual resultó ser significativa, para los huertos de las localidades de Graneros y El Huique. En el caso de Graneros, no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos de poda, para las variables de carga frutal y productividad (Cuadro 5).

En el huerto de la localidad de El Huique, la carga frutal presentó diferencias significativas entre los tratamientos. Se observó que el tratamiento T0 presentó una carga de 348 frutos/PARM², siendo superior en un 67% respecto a T1, el cuál presentó una carga de 208 frutos/PARM² (Cuadro 5). La productividad (kg/PARM²) no presentó diferencias significativas entre tratamientos de poda para esta localidad (Cuadro 5).



Cuadro 5. Carga frutal y productividad, expresadas en función la radiación fotosintéticamente activa interceptada por la superficie (PARm²) obtenidos en los tratamientos de poda a cosecha durante la temporada 2021-2022.

HUERTO	TRATAMIENTO	Carga frutal (frutos/PARM ²)*	Productividad (kg/PARM ²)*
GRANEROS	T0	194 a	3,5 a
	T1	252 a	5,3 a
	<i>p-valor</i>	0,3246	0,0681
	<i>p-valor covariable</i>		<0,0001
EL HUIQUE	T0	348 b	7,9 a
	T1	208 a	5,3 a
	<i>p-valor</i>	0,0002	0,1745
	<i>p-valor covariable</i>		<0,0001

*Letras diferentes en la vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, *p-valor* ≤ 0,05.

Distribución de calibres

Para determinar la distribución de calibres, a cosecha, se clasificó cada fruto evaluado; de una muestra de 50 frutos/árbol, dentro de una categoría de calibre (Cuadro 6).

Cuadro 6. Categorías de calibre utilizadas para ciruela europea cv. 'D'Agen' en fresco, en función del diámetro ecuatorial (mm).

CATEGORÍA DE CALIBRE					
	PC	XL	J	2J	3J
Diámetro (mm)	<30	≥30 Y <33	≥33 Y <36	≥36 Y <39	≥39

Fuente: Elaboración propia a partir de datos entregados por la empresa exportadora Frusan.

En la primera temporada de estudio (2020-2021) para el huerto ubicado en la localidad de Graneros el mayor porcentaje de frutos se encontró en la categoría XL (≥ 30 y < 33), con una representación de 45% de los frutos para tratamiento de poda tradicional (T0), mientras que para el tratamiento de poda de mayor intensidad (T1), se concentró el 57% de los frutos en esta categoría (Figura 7A). Sin embargo, no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, para ninguna de las categorías de calibres. Las otras categorías con mayor porcentaje de frutos, correspondieron a PC y J (Figura 7A). La segunda temporada de estudio (2021-2022) no presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos para ninguna de las categorías de calibre (Figura 7B). En ambos tratamientos el mayor porcentaje de frutos estuvo en la categoría XL, al igual que la primera temporada, con un 51% y 48%, para los tratamientos T0 y T1, respectivamente.

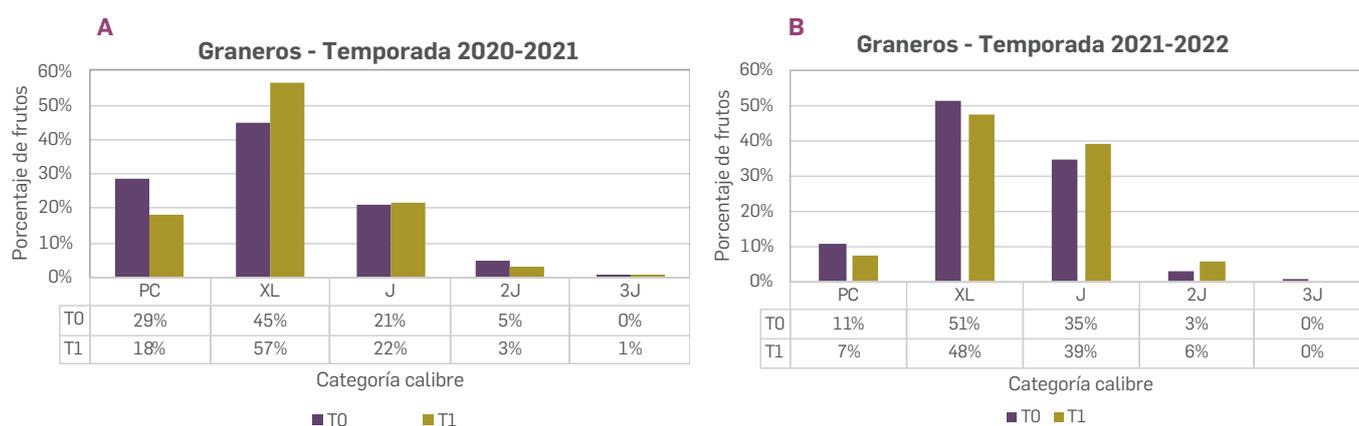


Figura 7. Distribución de calibres de los tratamientos de poda, para ciruela europea cv. 'D'Agen' para producción en fresco, en el huerto de la localidad de Graneros. A) Temporada 2020-2021. B) Temporada 2021-2022.

El comportamiento del huerto ubicado en la localidad de El Huique fue distinto a Graneros, donde se presentó el mayor porcentaje de los frutos de ambos tratamientos en la categoría J, con un 44% y 54% de los frutos, para T0 y T1. Posteriormente, la categoría XL, concentró un 36% y 23% de los frutos, para ambos tratamientos, respectivamente. Éstas dos categorías, concentraron el 80% de los frutos para T0 y el 77% para T1 (Figura 8A). No se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, en ninguna de las categorías de calibre, aunque se observa una distribución de la curva de calibre desplazada hacia las categorías de mayor tamaño en el tratamiento de poda de mayor intensidad (T1). Este desplazamiento se hizo más evidente la segunda temporada (2021-2022), donde el tratamiento de poda tradicional (T0) presentó el mayor porcentaje de los frutos en las categorías XL (54%) y J (37%) (Figura 8B) y el tratamiento de poda de mayor intensidad (T1) presentó el mayor porcentaje de los frutos en las categorías J (48%) y 2J (34%). Diferencias estadísticas se presentaron en las categorías de calibre XL y 2J, siendo T0 el tratamiento que presentó el mayor porcentaje de frutos en la categoría XL y el tratamiento T1 el que presentó el mayor porcentaje de frutos en la categoría 2J.

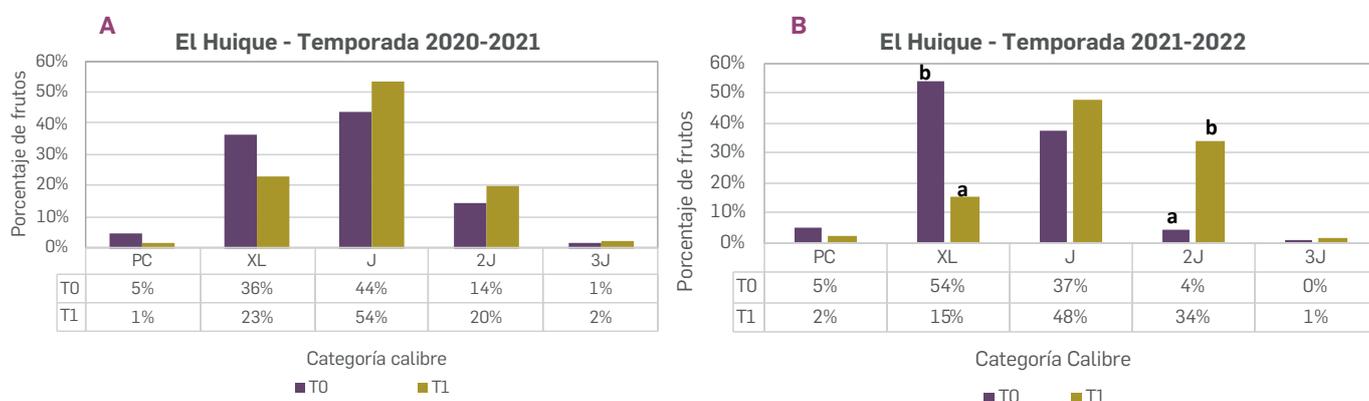


Figura 8. Distribución de calibres de los tratamientos de poda, para ciruela europea cv. 'D'Agen' para producción en fresco, en el huerto de la localidad de El Huique. A) Temporada 2020-2021. B) Temporada 2021-2022.

En el huerto de la localidad de San Vicente de Taguatagua, la respuesta fue distinta a los otros dos huertos. En ambos tratamientos, los frutos se concentraron en los calibres XL y J, con un porcentaje de 68% de los frutos para el tratamiento de poda tradicional (T0) y un 76% de los frutos para el tratamiento de poda de mayor intensidad (T1) (Figura 9A). En T0 el mayor porcentaje de frutos se encontró en el calibre J (41%) y en T1 en el calibre XL (45%). Solo en la categoría PC se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, siendo T1 el que presentó un mayor porcentaje de frutos (13%). En la segunda temporada (2021-2022) el tratamiento de poda tradicional (T0) presentó un mayor porcentaje de frutos (32%) en la categoría de pre-calibre que el tratamiento de poda más intensa (T1; 12%), diferenciándose estadísticamente (Figura 9B). La mitad de los frutos evaluados de T0 se encontró en la categoría XL sin diferenciarse estadísticamente de T1. En las categorías J y 2J, T1 presentó un mayor porcentaje de frutos, diferenciándose significativamente de T0. Solo se encontraron frutos en la categoría de mayor calibre (3J) en T1, pero no se diferenció estadísticamente de T0.

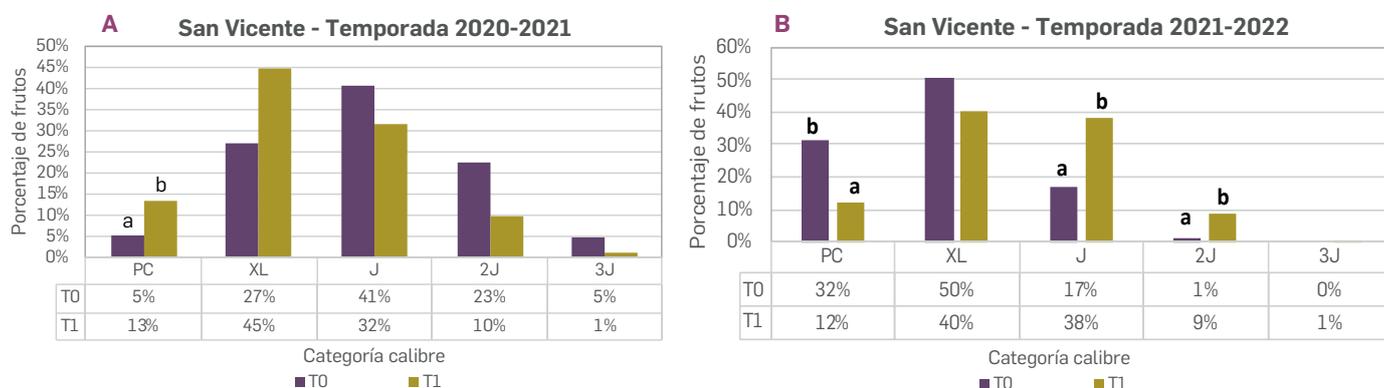


Figura 9. Distribución de calibres de los tratamientos de poda, para ciruela europea cv. 'D'Agén' para producción en fresco, en el huerto de la localidad de San Vicente. A) Temporada 2020-2021. B) Temporada 2021-2022.

Calidad de frutos a cosecha

En ambas temporadas 2020-2021 y 2021-2022 se realizó a la cosecha, un análisis de calidad en el Laboratorio de Fisiología Vegetal del ICA3, Campus Colchagua de la Universidad de O'Higgins. Las evaluaciones no destructivas correspondieron a peso de fruto (g), índice de absorbancia de clorofila (I_{AD}), resistencia de la pulpa a la presión, diámetros ecuatorial, polar y sutura (mm), color de piel (C^* y ángulo hue). En tanto que, las evaluaciones destructivas correspondieron a color de pulpa (C^* y ángulo hue), resistencia de la pulpa a la presión con presionómetro manual (Ibf), contenido de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) y acidez (%).

El peso de fruto (g) presentó diferencias significativas entre los tratamientos de poda, para ambas temporadas y en las tres unidades experimentales. En todos los huertos, excepto en San Vicente de Taguatagua, para la primera temporada de evaluación 2020-2021, el tratamiento de poda de mayor intensidad (T1) obtuvo un valor promedio superior a la poda tradicional (T0) (Cuadro 7). Para la segunda temporada 2021-2022, el comportamiento fue similar en todos los huertos, manteniéndose un valor de peso de fruto mayor para el tratamiento T1, el cual se diferencié estadísticamente del tratamiento T0. Para la localidad de Graneros, T1 fue superior en un 10% y 28% a T0, para la primera y segunda temporada, respectivamente. En el caso de la localidad de El Huique, T1 obtuvo valores de peso de fruto superiores a T0 en un 30% y 43%, para la primera y segunda temporada, respectivamente (Cuadro 7).

Los resultados para los diámetros de mejilla, sutura y polar, fueron similares a los presentados para peso de fruto. Así, para los tres huertos, y para ambas temporadas, el tratamiento de poda de mayor intensidad (T1) fue superior estadísticamente respecto a la poda tradicional (T0), excepto en la primera temporada para la localidad de San Vicente (Cuadro 7), en los diámetros de mejilla y polar, donde las diferencias mostraron mayores valores para T0, respecto a T1.

Cuadro 7. Peso de fruto (g) y diámetros de mejilla, sutura y polar (mm), evaluados a cosecha para ambos tratamientos de poda, durante las temporadas 2020-2021 y 2021-2022.

Huerto	Tratamiento	Peso* (g/fruto)		Diámetro mejilla* (mm)		Diámetro sutura* (mm)		Diámetro polar* (mm)	
		TEMP 2020-2021	TEMP 2021-2022	TEMP 2020-2021	TEMP 2021-2022	TEMP 2020-2021	TEMP 2021-2022	TEMP 2020-2021	TEMP 2021-2022
SN VICENTE	T0	20,29 b	16,86 a	32,22 b	28,95 a	30,25 a	27,39 a	37,21 b	36,58 a
	T1	18,10 a	25,05 b	30,27 a	33,63 b	30,21 a	31,04 b	34,41 a	40,97 b
	<i>p-valor</i>	0,0164	<0,0001	0,0016	<0,0001	0,9781	<0,0001	0,0029	<0,0001
GRANEROS	T0	16,91 a	16,83 a	30,55 a	29,50 a	28,31 a	28,53 a	32,99 a	35,34 a
	T1	18,58 b	21,52 b	31,31 a	32,19 b	28,79 a	30,28 b	33,82 a	37,87 b
	<i>p-valor</i>	0,0106	<0,0001	0,0743	0,0001	0,1449	0,0003	0,0703	0,0002
EL HUIQUE	T0	24,20 a	20,16 a	34,07 a	31,04 a	31,41 a	28,86 a	38,88 a	38,64 a
	T1	31,53 b	28,76 b	37,26 b	35,13 b	34,47 b	32,97 b	42,65 b	43,90 b
	<i>p-valor</i>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

*Letras diferentes en la vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, *p*-valor ≤ 0,05.

En el Cuadro 8 se muestran los resultados obtenidos para los parámetros de calidad a cosecha de índice de absorbancia de clorofila (I_{AD}), contenido de sólidos solubles (°Brix) y acidez (%), para ambos tratamientos, en los tres huertos, y ambas temporadas. Los valores de I_{AD} obtenidos, variaron entre 1,29 y 1,64, para la primera temporada, mientras que correspondió a un rango entre 1,15 y 1,78, en la segunda temporada. El huerto de San Vicente de Taguatagua no presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos, mientras que, para el huerto de El Huique, solo se presentó en la segunda temporada, y en el caso de la localidad de Graneros, en ambas temporadas. Sin embargo, la respuesta no fue coincidente entre temporadas y tratamientos. El contenido de sólidos solubles varió entre temporadas; no obstante, las diferencias estadísticas cuando existieron, mostraron que el tratamiento de poda de mayor intensidad (T1), presentó mayores valores respecto al tratamiento de poda tradicional (T0). En el caso de la acidez el resultado estadístico se presentó solo para ambas temporadas en la localidad de Graneros, mientras que en San Vicente de Taguatagua ocurrió para la segunda temporada, y en El Huique no se presentaron diferencias. Las diferencias estadísticas en la localidad de Graneros no fueron consistentes entre temporadas (Cuadro 8).

Cuadro 8. Índice de absorbancia de clorofila (I_{AD}), contenido de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) y acidez (%), evaluados a cosecha para ambos tratamientos de poda, en los tres huertos. Temporadas 2020-2021 y 2021-2022.

Huerto	Tratamiento	I_{AD}^*		CSS ($^{\circ}$ Brix)*		Acidez (%)*	
		TEMP 2020-2021	TEMP 2020-2022	TEMP 2020-2021	TEMP 2020-2022	TEMP 2020-2021	TEMP 2020-2022
SN VICENTE	T0	1,34 a	1,44 a	17,04 a	13,32 a	0,48 a	0,95 a
	T1	1,29 a	1,46 a	17,77 a	17,65 b	0,59 a	1,06 b
	<i>p-valor</i>	0,1832	0,9946	0,3867	<0,0001	0,1427	0,0232
GRANEROS	T0	1,58 a	1,78 b	19,65 a	19,96 a	0,95 b	1,10 a
	T1	1,64 b	1,66 a	20,78 b	19,23 a	0,87 a	1,22 b
	<i>p-valor</i>	0,015	<0,0001	0,0307	0,1111	0,0238	0,0005
EL HUIQUE	T0	1,52 a	1,15 a	16,29 a	15,17 a	0,64 a	0,98 a
	T1	1,45 a	1,21 b	18,75 b	19,04 b	0,66 a	0,95 a
	<i>p-valor</i>	0,1143	0,0135	0,0001	< 0,0001	0,5709	>0,999

*Letras diferentes en la vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, p -valor $\leq 0,05$.

Los resultados para el parámetro de firmeza de pulpa, evaluada en forma no destructiva y destructiva, se presentan en el Cuadro 9. En general, los frutos cosechados desde la unidad experimental de Graneros presentaron una mayor firmeza, que los frutos provenientes de San Vicente.

Cuadro 9. Firmeza evaluada a cosecha en ambos tratamientos en los diferentes huertos. Temporadas 2020-2021 y 2021-2022.

Huerto	Tratamiento	FIRMEZA*					
		Presionometro manual (lb)		Durofel (UD)		FirmPro (g/mm)	
		TEMP 2020-2021	TEMP 2020-2022	TEMP 2020-2021	TEMP 2020-2022	TEMP 2020-2021	TEMP 2020-2022
SN VICENTE	T0	4,65 a	7,39 a	56,78 a	87,52 b	279,34 a	833,17 a
	T1	4,51 a	7,40 a	69,39 b	87,56 a	282,80 a	729,28 a
	<i>p-valor</i>	0,6562	0,9625	<0,0001	0,0466	0,8924	0,1146
GRANEROS	T0	9,77 a	12,00 a	95,64 a	98,02 a	1078,06 a	1406,74 b
	T1	10,38 a	11,14 a	97,72 b	98,50 a	1059,25 a	1197,79 a
	<i>p-valor</i>	0,0858	0,1069	0,0099	0,1241	0,5723	0,0004
EL HUIQUE	T0	6,18 a	7,38 a	74,45 a	88,81 a	468,97 a	494,56 a
	T1	6,79 b	7,72 a	88,03 b	86,78 a	605,64 b	591,66 b
	<i>p-valor</i>	0,0174	0,2973	<0,0001	0,0513	<0,0001	0,0073

*Letras diferentes en la vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, p -valor $\leq 0,05$.

Los valores de saturación (Chroma, C*) y tonalidad (hue) de piel y pulpa obtenidos por tratamiento en cada huerto, y en ambas temporadas, se presentan en el Cuadro 10. Con respecto a la saturación y tonalidad de la piel, el huerto en San Vicente de Taguatagua presentó diferencias estadísticas para ambas temporadas, sin embargo, los resultados no fueron consistentes entre temporadas. En el caso de la localidad de Graneros, solo se presentaron diferencias en la tonalidad de la piel, para ambas temporadas, donde se observó que el tratamiento de poda tradicional (T0), presentó un valor inferior respecto a la poda de mayor intensidad (T1). Finalmente, en la localidad de El Huique solo se presentaron diferencias estadísticas en la segunda temporada de evaluación, tanto para la saturación como tonalidad de piel. Los valores de ambos parámetros fueron inferiores para el tratamiento T1 respecto a T0.

Los resultados para saturación y tonalidad de pulpa, no mostraron diferencias estadísticas entre tratamientos y temporadas para el huerto ubicado en la localidad de El Huique. Para el huerto en la localidad de San Vicente de Taguatagua se presentaron sólo diferencias en la primera temporada para la tonalidad (h°), donde el T1 obtiene un valor mayor (100,14 h°), respecto al tratamiento T0, con un valor de 98,74 h°. En la segunda temporada ambos parámetros, saturación y tonalidad, presentan diferencias estadísticas, donde el tratamiento T0 presenta valores mayores a T1. En cuanto a Graneros, se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos, y para ambas temporadas. La saturación de pulpa presentó un comportamiento similar entre temporadas, con el tratamiento T0 con mayores valores respecto a T1. No obstante, la tonalidad de pulpa (h°) el comportamiento fue inverso entre temporadas (Cuadro 10).

Cuadro 10. Saturación (C*) y tonalidad (h°) de la piel y la pulpa evaluados a cosecha para ambos tratamientos en los diferentes huertos. Temporadas 2020-2021 y 2021-2022.

Huerto	Tratamiento	C* piel*		h° piel*		C* pulpa*		h° pulpa*	
		TEMP 2020-2021	TEMP 2021-2022						
SN VICENTE	T0	17,03 a	31,24 b	70,75 a	98,73 b	23,30 a	29,83 b	98,74 a	103,82 b
	T1	20,18 b	26,04 a	89,08 b	92,29 a	23,98 a	27,48 a	100,14 b	102,40 a
	<i>p-valor</i>	0,0029	0,0001	0,0033	0,0426	0,2033	0,0029	0,0045	0,0017
GRANEROS	T0	18,52 a	26,92 a	65,34 a	84,30 a	35,23 b	39,25 b	98,06 a	103,11 b
	T1	20,32 a	28,18 a	77,17 b	94,55 b	32,39 a	32,43 a	100,42 b	100,14 a
	<i>p-valor</i>	0,0693	0,2374	0,006	0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
EL HUIQUE	T0	19,26 a	30,92 b	76,58 a	99,12 b	24,05 a	26,44 a	98,34 a	98,48 a
	T1	19,19 a	24,03 a	74,85 a	84,79 a	24,48 a	27,30 a	97,94 a	98,17 a
	<i>p-valor</i>	0,955	<0,0001	0,6961	<0,0001	0,3597	0,3902	0,432	0,1433

*Letras diferentes en la vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, *p*-valor ≤ 0,05.

2.2.1.4 Conclusiones

De los resultados, y análisis de dos temporadas de evaluación, se puede concluir que la carga frutal se correlacionó significativa y positivamente con la productividad, tanto al considerar los datos de los tres huertos en conjunto como al ser evaluados en forma separada. Sin embargo, esta correlación fue significativa pero negativa con el tamaño de frutos, al considerar los datos de los tres huertos en conjunto para la primera temporada. Así mismo, esta correlación no fue significativa al separar los datos por huerto y por tratamiento, lo que podría indicar que la reducción en carga frutal por el tratamiento de poda de mayor intensidad (20% superior a la poda tradicional) no fue significativa para un efecto positivo en el tamaño de los frutos. Esto también es respaldado por las evaluaciones de peso de fruto y distribución de calibres, donde no existieron diferencias estadísticas para la temporada 2020-2021. En el caso de la segunda temporada, la carga frutal se correlacionó significativa y negativamente con el tamaño de frutos solo en el huerto ubicado en la localidad de El Huique.

La temporada 2020-2021, la respuesta al tratamiento de poda intensa para los parámetros de calidad de peso de fruto y diámetros (mejilla, sutura y polar) solo fue significativa en la localidad de El Huique, superando estadísticamente el tratamiento de poda de mayor intensidad a los frutos provenientes del tratamiento de poda tradicional. Mientras que, para la temporada 2021-2022 el manejo de poda influyó positivamente sobre el tamaño de los frutos en las tres unidades experimentales.

La práctica de manejo de poda no presentó un efecto claro sobre los parámetros de I_{AD} , CSS, acidez y firmeza de frutos en la primera temporada. La segunda temporada, con un mayor porcentaje de intensidad de poda, se observó una respuesta positiva del CSS a este tratamiento. Esto último se condice con lo mencionado por Chaar y Sánchez (2010), que señalan que la disminución de la carga frutal junto con disminuir el rendimiento y aumentar el tamaño, aumenta el porcentaje de sólidos solubles, incrementando así la proporción de fruta con elevado valor comercial. Por otra parte, Tapia (2011) obtuvo dentro de sus resultados que la concentración de sólidos solubles se ve afectada por la intensidad de poda y la época de cosecha; los mayores valores se logran frente a una cosecha tardía y un nivel de poda severo.

Literatura consultada

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez, L., Tablada M., Robledo C.W. (2008). *InfoStat*, versión 2008, Grupo InfoStat. FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Chaar, J. y E. Sánchez. (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.

Reginato M., G. (1996). *Tecnificación del raleo de frutales de carozo* [en línea]. Santiago: INIA. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/39979>

Tapia Carreño, F. I. (2011). Efecto de la carga frutal y época de cosecha sobre la productividad y calidad del fruto en ciruelo europeo variedad D'agen. 37 p.

2.2.2 Reguladores de crecimiento

2.2.2.1 Metodología

La aplicación de reguladores de crecimiento, como práctica de manejo, se realizó durante las tres temporadas de duración del proyecto, 2020-2021, 2021-2022 y 2022-2023. Las dos primeras temporadas las aplicaciones se realizaron en tres de las unidades experimentales del proyecto, San Vicente de Taguatagua, Graneros y El Huique; mientras que para la tercera temporada (2022-2023) el ensayo se realizó solo en la unidad experimental ubicada en la localidad de Graneros.

Las dos primeras temporadas (2020-2021 y 2021-2022) se aplicaron cuatro tratamientos de reguladores de crecimiento (Cuadro 1). Posteriormente, considerando los resultados obtenidos, para la tercera temporada se realizaron cinco tratamientos, conservando dos ingredientes activos evaluados las temporadas anteriores, cambiando dosis y momentos de aplicación, y agregando un nuevo ingrediente activo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos de aplicación de reguladores de crecimiento realizados durante las temporadas 2020-2021; 2021-2022 y 2022-2023.

Temporada	Tratamiento	Estado fenológico			
		Ramillete expuesto	Caída de "chaqueta"	Brote 15 cm	Fin 2ª caída – endurecimiento de carozo
2020-2021 Y 2021-2022	T0: testigo, sin aplicación	sin aplicación			
	T1: Ácido naftalenacético (NAA 800®)		16 mg i.a./L	16 mg i.a./L	
	T2: 2,4 DP (Stone Gross®)	75 mg i.a./L			
	T3: 3,5,6 TPA (Maxim®)				20 mg i.a./L
2022-2023	T0: testigo, sin aplicación	sin aplicación			
	T1: 2,4 DP (Stone Gross®)	55,5 mg i.a./L			55,5 mg i.a./L
	T2: 2,4 DP (Stone Gross®)			111 mg i.a./L	
	T3: 3,5,6 TPA (Maxim®)	20,8 mg i.a./L			
	T4: 3,5,6 TPA (Maxim®)	10,4 mg i.a./L			10,4 mg i.a./L
	T5: NOA, 4-CPA y GA3 (Propulse®)				150 tabletas/ha

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado (DCA), correspondiendo el árbol a la unidad experimental, con 6 repeticiones por tratamiento como mínimo. Para determinar la existencia de diferencias significativas entre tratamientos para las diferentes variables evaluadas a cosecha, se utilizó un análisis de varianza con nivel de significancia del 5%. En caso de existir diferencias significativas, se realizó la comparación de medias con la prueba de comparación múltiple LSD de Fisher. Se trabajó con el programa de análisis estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2008).

2.2.2.2 Evaluaciones

Durante las temporadas del estudio se realizaron las siguientes evaluaciones:

Tamaño de árboles: Al momento de seleccionar los árboles de cada tratamiento se midió su perímetro de tronco a 40 cm desde el suelo, de manera de obtener el área de sección transversal de tronco (ASTT, cm^2) a través de la fórmula $(\text{Perímetro} \times \text{Perímetro}) / 12,56$.

Seguimiento fenológico: en las dos últimas temporadas (2021-2022 y 2022-2023), a partir de septiembre, se realizó un seguimiento de los estados fenológicos según Bagglioni (2011) en 2 ramas/árbol en 4 árboles del tratamiento testigo.

Seguimiento de crecimiento de frutos en huerto: A inicios de noviembre se marcaron 32 frutos/tratamiento y se midió cada 15 días, los diámetros de mejilla, sutura y polar con pie de metro digital y el índice de absorción de clorofila (I_{AD}) en ambas mejillas de cada fruto con el equipo DA Meter.

Seguimiento crecimiento de frutos en laboratorio: En forma paralela a las evaluaciones en huerto (inicios de noviembre), se realizó un muestreo de otros 32 frutos por tratamiento, para evaluar en laboratorio (ICA3-Campus Colchagua) las variables de peso de fruto, diámetros ecuatoriales de mejilla y sutura y diámetro polar, índice de absorbancia de clorofila (I_{AD}), firmeza no destructiva con el equipo Firmpro, y color con equipo colorímetro minolta CR-400 (saturación de piel y de pulpa (C^* piel y pulpa) y de tonalidad (h° piel y pulpa), incorporando a partir de la tercera semana de diciembre mediciones destructivas a los parámetros de calidad; correspondientes al contenido de sólidos solubles (CSS) y acidez con un refractómetro digital portátil modelo PAL-BX/ACID11, marca ATAGO, exclusivo para especies de ciruela. Posteriormente a partir de la última semana de diciembre se incorporaron evaluaciones de firmeza no destructiva de frutos con Durofel (unidades durofel) y destructiva con presionómetro manual (FT- 327, Effegi) con un émbolo de 7,9 mm de diámetro a una profundidad de penetración de 10 mm.

A cosecha se realizaron las siguientes evaluaciones

Tamaño de árboles: Se midió el perímetro de tronco para calcular la producción en función de su tamaño (kg/cm^2 ASTT).

Radiación fotosintéticamente activa (PAR) interceptada por árbol: Las dos últimas temporadas (2021-2022 y 2022-2023), en los árboles cosechados, se evaluó la interceptación de radiación solar utilizando el equipo ceptómetro AccuPAR LP-80 (Decagon, USA), para posteriormente expresar la carga frutal y la producción en función del PARm^2 interceptado, expresándose como frutos/ PARm^2 y kilos/ PARm^2 , respectivamente.

Carga frutal/árbol: Se refiere al número total de frutos cosechados por árbol. Se contó el número de frutos en tres cajas cosechadas por árbol. A partir de esa información y con el dato de kilos de fruta de cada caja se obtuvo un valor promedio de peso de fruto por planta. Posteriormente, se estimó el número de frutos de las cajas cosechadas, pero no contadas, con el dato de peso medio.

Tamaño medio de frutos: Se obtuvo a partir del peso y conteo de número de frutos cosechados.

Calibre: Se tomó una muestra de 50 frutos por árbol por tratamiento, evaluando a cada fruto el peso, diámetro de mejilla y calibre (con un calibrador metálico).

Calidad de frutos a cosecha: Se realizó un análisis de calidad a una muestra de 32 frutos por tratamiento. Las evaluaciones no destructivas fueron: peso de fruto, índice de absorbancia de clorofila (I_{AD}), resistencia de la pulpa a la presión (equipos Durofel y FirmPro), diámetros ecuatorial, polar y sutura (mm), color de piel (saturación; Cromo (C^*) y tonalidad; ángulo hue) con equipo colorímetro minolta CR-400 y registro de presencia o ausencia de partidura en cada fruto. En tanto que, las evaluaciones destructivas correspondieron a: color de pulpa (saturación; Cromo (C^*) y tonalidad; ángulo hue) evaluado con el mismo equipo utilizado para el color de piel, resistencia de la pulpa a la presión con presionómetro manual (FT- 327, Effegi), contenido de sólidos solubles (CSS; °Brix) y acidez (%; g/100 ml) con un refractómetro digital portátil modelo PAL-BX/ACID11, marca ATAGO, exclusivo para especies de ciruela.



2.2.2.3 Resultados

Tamaño de árbol

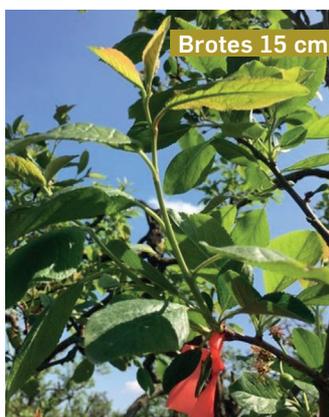
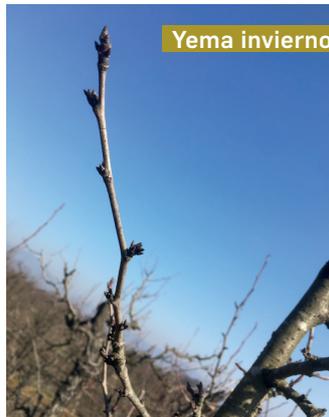
El tamaño de árbol, en función del vigor a cosecha; expresado como área de sección transversal de tronco (ASTT, cm^2) no presentó diferencias estadísticas entre tratamientos, para ninguna de las temporadas de evaluación, en ninguno de los huertos evaluados.

Seguimiento fenológico

En las temporadas 2021-2022 y 2022-2023, se comenzó a realizar un seguimiento de los estados fenológicos en las cuatro unidades experimentales. En la Imagen 1 se muestran los estados fenológicos observados.

Imagen 1. Estados fenológicos observados las temporadas 2021-2022 y 2022-2023.

Fuente: Elaboración propia Andrea Albornoz (2023)



A partir del seguimiento de los estados fenológicos se determinó la fecha de ocurrencia de cada estado para realizar las aplicaciones de los distintos reguladores de crecimiento en las diferentes unidades experimentales y temporadas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Fecha de ocurrencia de los diferentes estados fenológicos en cada una de las unidades experimentales, para las diferentes temporadas de estudio.

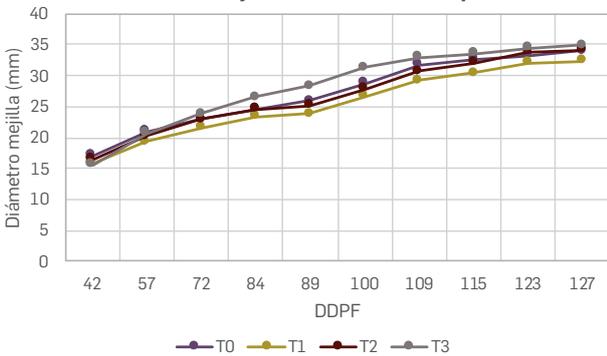
Tratamiento	San Vicente		El Huique		Graneros		
	2020-2021	2021-2022	2020-2021	2021-2022	2020-2021	2021-2022	2022-2023
Ramillete expuesto	12/09/2020	20/09/2021	11/09/2020	16/09/2021	16/09/2020	20/09/2021	12/09/2022
Plena flor	21/09/2020	26/09/2021	17/09/2020	25/09/2021	22/09/2020	26/09/2021	20/09/2022
Caída de "chaqueta"	12/10/2020	12/10/2021	29/09/2020	08/10/2021	05/10/2020	08/10/2021	06/10/2022
Brote 15 cm	22/10/2020	18/10/2021	14/10/2020	21/10/2021	14/10/2020	18/10/2021	11/10/2022
Fin 2ª caída- endurecimiento de carozo	11/11/2020	04/11/2021	05/11/2020	09/11/2021	05/11/2020	04/11/2021	27/10/2022

Seguimiento crecimiento de frutos en huerto

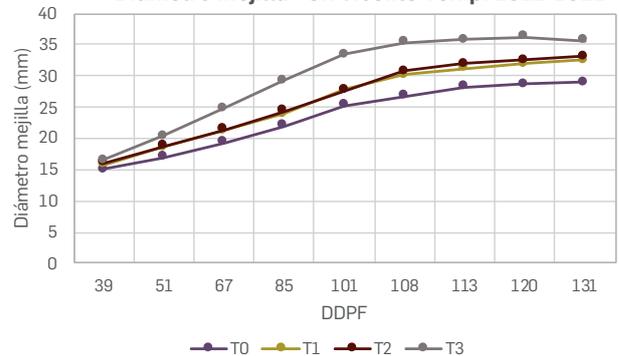
La evolución de los diámetros de mejilla, sutura y polar, y la evolución del índice de absorbancia de clorofila (I_{AD}) se observa en las Figuras 1, 2, y 3 para las unidades experimentales de San Vicente de Taguatagua, Graneros y El Huique, para las dos primeras temporadas de proyecto.

En la unidad experimental de San Vicente de Taguatagua se observó que el tratamiento T3 (3,5,6 TPA (Maxim®) aplicado en endurecimiento de carozo), en ambas temporadas 2020-2021 y 2021-2022, presentó los mayores valores de diámetros de mejilla (Figuras 1A y 1B) y sutura (Figuras 1C y 1D) a partir de los 57 días después de plena flor (DDPF) y 39 DDPF, para la primera y segunda temporada respectivamente, siendo esta diferencia más marcada en la segunda temporada de estudio. El diámetro polar no presentó diferencias entre tratamientos en la primera temporada (Figura 1E), siendo en la segunda temporada (2021-2022) marcadamente superior en T3 (Figura 1F). Por otra parte, en la segunda temporada (2021-2022), el tratamiento testigo (T0) obtuvo los menores diámetros de mejilla, sutura y polar, y los tratamientos T1 (Ácido naftalenacético) y T2 (2,4-DP) se encontraron en una posición intermedia (Figuras 1B, 1D y 1F). Además de producir un aumento del tamaño de frutos en cuanto a sus diámetros, se obtuvo que T3, obtuvo los menores valores de índice de absorbancia de clorofila (I_{AD}) respecto de los demás tratamientos, en ambas temporadas (Figuras 1G y 1H), indicando una aceleración de la madurez de los frutos.

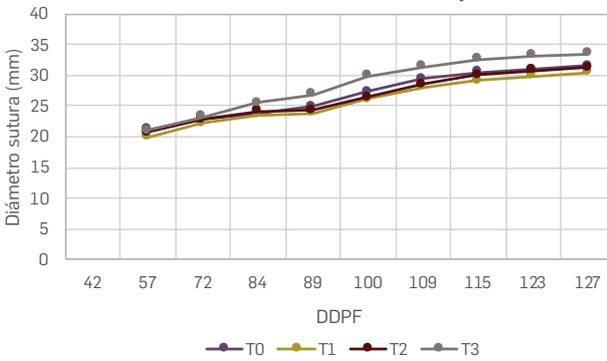
A Diámetro mejilla - Sn Vicente Temp. 2020-2021



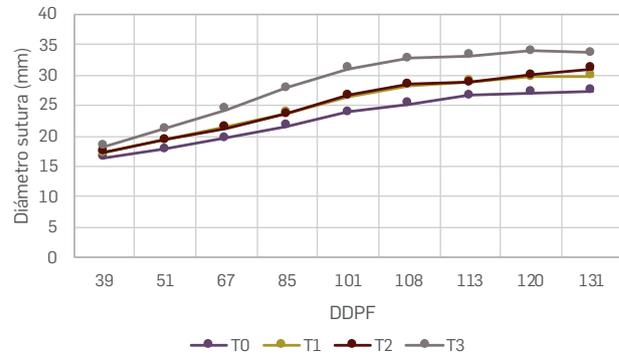
B Diámetro mejilla - Sn Vicente Temp. 2021-2022



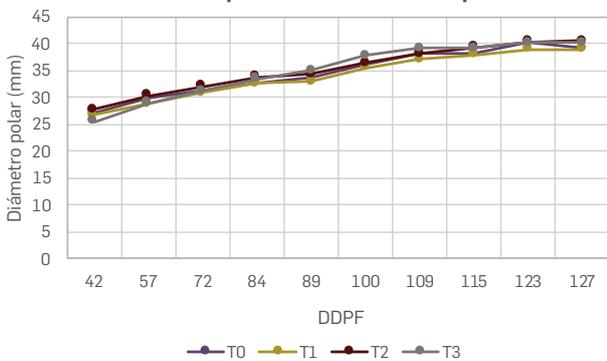
C Diámetro sutura - Sn Vicente Temp. 2020-2021



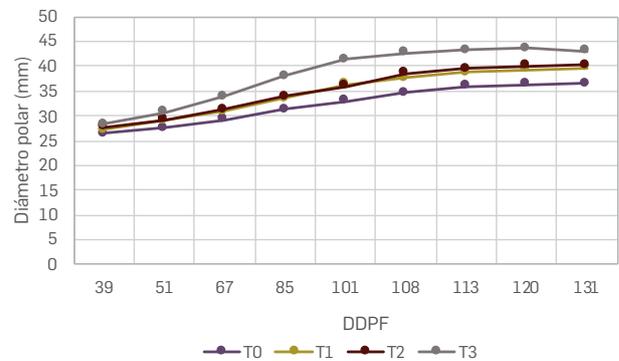
D Diámetro sutura - Sn Vicente Temp. 2021-2022



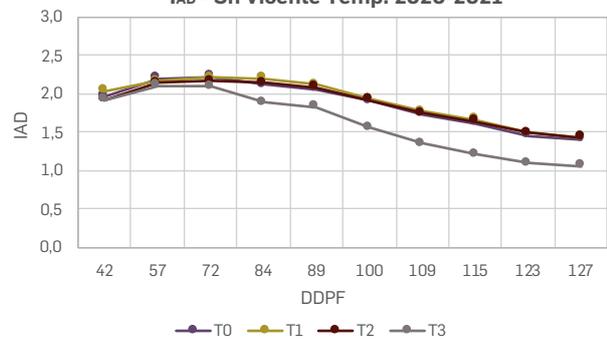
E Diámetro polar - Sn Vicente Temp. 2020-2021



F Diámetro polar - Sn Vicente Temp. 2021-2022



G IAD - Sn Vicente Temp. 2020-2021



H IAD - Sn Vicente Temp. 2021-2022

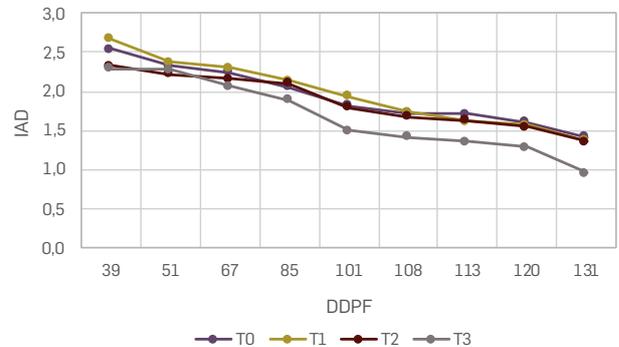


Figura 1. Evolución de diámetros mejilla (A y B), sutura (C y D), polar (E y F) e índice de absorbancia de clorofila (I_{AD}) de frutos (G y H), en la unidad experimental de San Vicente de Taguatagua. Temporadas 2020-2021 (A, C, E, y G) y 2021-2022 (B, D, F, y H).



En la unidad experimental de Graneros, a partir de los 54 y 52 DDPF en las temporadas 2020-2021 y 2021-2022, respectivamente, se observó que el T3, presentó los mayores valores de diámetros de mejilla (Figuras 2A y 2B) y sutura (Figuras 2C y 2D), siendo esta diferencia más marcada en la segunda temporada de estudio, al igual que en San Vicente de Taguatagua. Respecto al diámetro polar, no se observaron diferencias entre los tratamientos en la primera temporada (Figura 2E), a diferencia de los resultados en la segunda temporada, donde a partir de los 66 DDPF, es el tratamiento T3 el que presentó los mayores valores (Figura 2F). En general T0 y T1 obtuvieron los menores valores en diámetros en la temporada 2020-2021, mientras que el T2 obtuvo valores similares a T3 (Figuras 2A, 2C y 2E). En la segunda temporada (2021-2022), T0, T1 y T2 fueron similares entre sí, obteniendo valores menores a T3 (Figuras 2B, 2D y 2F). El índice de absorbancia de clorofila (I_{AD}), a partir de los 52 y 66 DDPF, en las temporadas 2020-2021 y 2021-2022 respectivamente, fue menor en T3 (Figuras 2G y 2H).

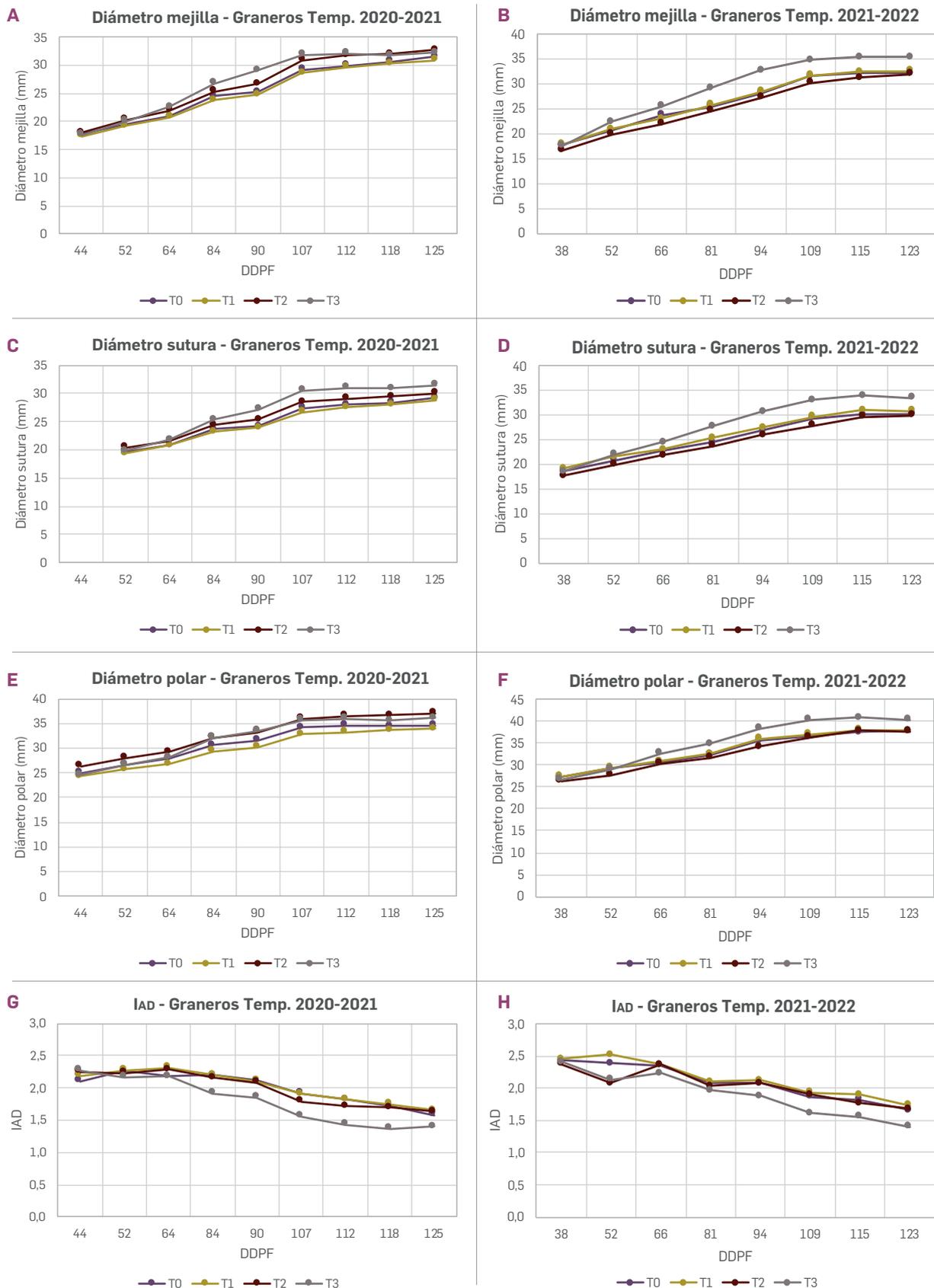


Figura 2. Evolución de diámetros mejilla (A y B), sutura (C y D), polar (E y F) e índice de absorbancia de clorofila (I_{AD}) de frutos (G y H), en la unidad experimental de Graneros. Temporadas 2020-2021 (A, C, E, y G) y 2021-2022 (B, D, F, y H).



Los diámetros de mejilla, sutura y polar, no presentaron diferencias entre tratamientos la primera temporada 2020-2021, en la unidad experimental El Huique (Figuras 3A, 3C y 3E). En la segunda temporada (2021-2022), el T3, obtuvo los mayores valores en diámetros de mejilla, sutura y polar (Figuras 3B, 3D y 3F). Respecto al índice de absorbancia de clorofila (I_{AD}), T3 presentó los menores valores en ambas temporadas, a partir de los 74 DDPF en la temporada 2020-2021 (Figura 3G) y en todas las fechas de evaluación en la temporada 2021-2022 (Figura 3H).

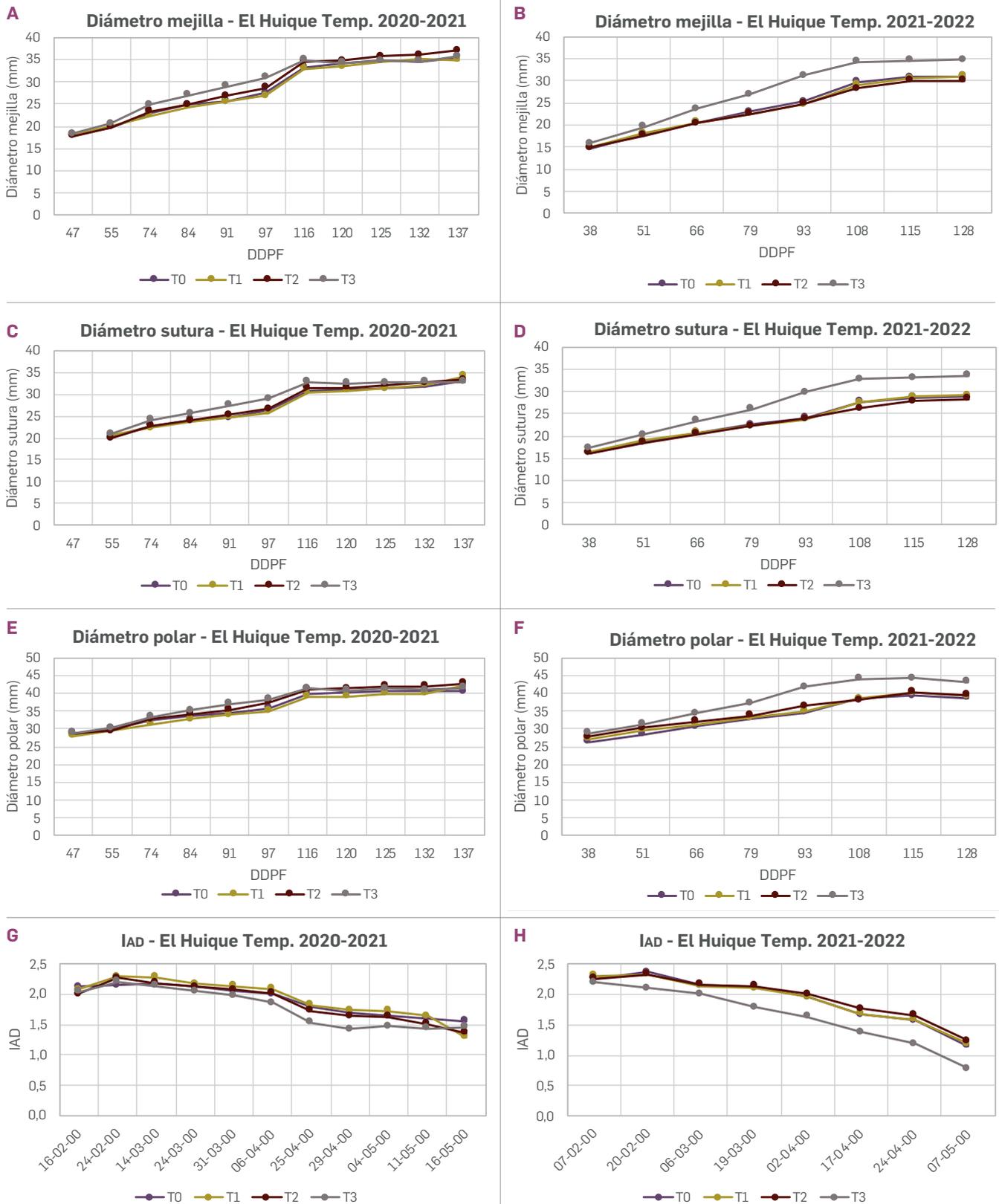


Figura 3. Evolución diámetros mejilla (A y B), sutura (C y D), polar (E y F) e índice de absorbancia de clorofila (I_{AD}) de frutos (G y H), en la unidad experimental de El Huique. Temporadas 2020-2021 (A, C, E, y G) y 2021-2022 (B, D, F, y H).

En las evaluaciones realizadas la temporada 2021-2022, en las diferentes unidades experimentales, si bien el tratamiento 3 (3,5,6-TPA (Maxim®) aplicado en endurecimiento de carozo), favoreció el tamaño de frutos, se observó un defecto de calidad que correspondió a una mayor partidura distal de frutos (Imagen 2). Por esa razón se propuso para la siguiente y última temporada de proyecto (2022-2023), la aplicación en: i) ramillete expuesto, a dosis comercial, ii) aplicación a mitad de dosis comercial en los estados fenológicos de ramillete expuesto y endurecimiento de carozo (Cuadro 1). Por otra parte, 2,4-DP (Stone Gross®) aplicado en ramillete expuesto, no produjo un efecto significativo sobre el tamaño de los frutos aplicado. Además, su aplicación en endurecimiento de carozo presenta el riesgo de presencia de residuos en los frutos cosechados. Por esta razón, se decidió su aplicación para la temporada 2022-2023, tanto en ramillete expuesto como en endurecimiento de carozo a la mitad de la dosis recomendada, y su aplicación en brote de 15 cm a la dosis recomendada.



Imagen 2.

Partidura apical de frutos observada en árboles del tratamiento T3, con aplicación de 3,5,6-TPA (Maxim®). Temporada 2021-2022.

Fuente: Andrea Albornoz, 2023.

De esta manera, en la tercera temporada de estudio (2022-2023) en la unidad experimental de Graneros; se aplicaron cinco tratamientos ya descritos en el Cuadro 1. Los resultados mostraron que los tratamientos T4 y T5, presentaron los menores valores para el diámetro de mejilla (Figura 4A). Respecto al diámetro de sutura fue el T5 el que obtuvo los menores valores, mientras que los tratamientos T2 y T3 presentaron los mayores valores (Figura 4B). Para el diámetro polar no se presentaron diferencias entre tratamientos las primeras fechas de evaluación. Sin embargo, avanzada la temporada se observó que T5 obtuvo los menores valores (Figura 4C). El índice de absorbancia de clorofila (I_{AD}) presentó, en general, los mayores valores en los tratamientos T3 y T5 (Figura 4D).

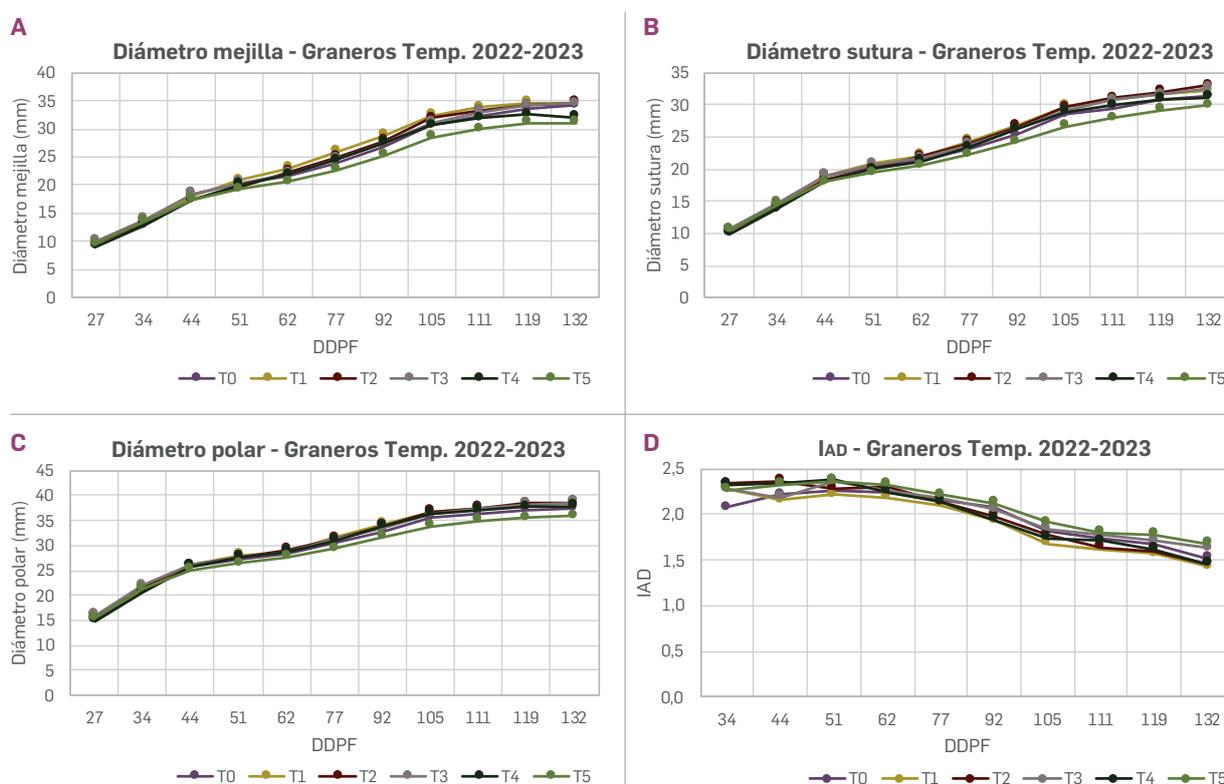


Figura 4. Evolución de diámetros mejilla (A), sutura (B), polar (C) e índice de absorbancia de clorofila (I_{AD}) de frutos (D), en la unidad experimental de Graneros, temporada 2022-2023.

Carga frutal, productividad y tamaño medio de frutos

Los resultados obtenidos para las variables de carga frutal (frutos/árbol), producción (kg/árbol) y tamaño medio de fruto (g/fruto), para el huerto en la localidad de San Vicente de Taguatagua solo se presentan la primera temporada (2020-2021), puesto que para la segunda temporada el destino de producción del huerto fue 100% deshidratado (Cuadro 3). La carga frutal (frutos/árbol) y producción (kg/árbol), fue significativamente superior en T2 (2,4-DP (Stone Gross®) aplicado en ramillete expuesto) respecto de T0 (Testigo). Los tratamientos T1 y T3 presentaron un comportamiento intermedio, sin diferenciarse de los tratamientos T0 y T2. El tamaño medio de fruto (g/fruto) no presentó diferencias significativas entre tratamientos, obteniendo un promedio de 24,31 g/fruto. En el cuadro 3 se muestra también la producción equivalente en toneladas por hectárea al considerar las distancias de plantación del huerto.

Cuadro 3. Carga frutal, producción y tamaño medio de frutos, obtenidos en los tratamientos de incremento de calibre con aplicación de reguladores de crecimiento a cosecha durante las temporadas 2020-2021 y 2021-2022, en las unidades experimentales de San Vicente de Taguatagua, El Huique y Graneros.

UNIDAD EXPERIMENTAL	Tratamiento	Carga frutal (frutos/árbol)		Producción (kg/árbol)		Rendimiento Ton/ha		Tamaño fruto (g/fruto)	
		TEMP *	TEMP**	TEMP *	TEMP**	TEMP*	TEMP**	TEMP *	TEMP**
		2020-2021	2021-2022	2020-2021	2021-2022	2020-2021	2021-2022	2020-2021	2021-2022
SAN VICENTE	T0	1095 a		25,64 a		10		23,96 a	
	T1	2603 ab		58,25 ab		24		22,14	
	T2	2786 b		66,27 b		27		24,18 a	
	T3	1746 ab		46,17 ab		19		26,96 a	
	<i>p-valor</i>	0,0236		0,0198				0,0687	
EL HUIQUE	T0	3074 b	4134 bc	68,76 ab	93,9 bc	36	49	22,64 a	22,7 a
	T1	2274 ab	3206 ab	55,36 ab	72,8 ab	29	38	24,78 ab	23,0 a
	T2	711 a	4934 c	20,37 a	103,3 c	11	54	29,08	21,1 a
	T3	3001 b	2438 a	71,04 b	59,3 a	37	31	23,85 a	24,4 a
	<i>p-valor</i>	0,0181	0,0001	0,0351	0,002			0,0095	0,2273
GRANEROS	T0	2972 a	2467 b	56,93 a	51,7 a	27	25	19,33 a	21,3 a
	T1	3891 a	2094 b	74,61 a	44,9 a	36	22	19,06 a	21,5 a
	T2	3582 a	1664 ab	68,40 a	35,5 a	33	17	19,15 a	21,4 a
	T3	4678 a	1159 a	86,10 a	30,0 a	41	14	18,58 a	26,0 b
	<i>p-valor</i>	0,1034	0,0312	0,1444	0,089			0,9093	0,0129

Letras diferentes en la vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, p -valor $\leq 0,05$,*Tukey, ** LSD Fisher.

Respecto a la unidad experimental de El Huique, la primera temporada (2020-2021) fueron los tratamientos T0 y T3 los que obtuvieron los mayores valores de carga frutal (frutos/árbol), diferenciándose estadísticamente del T2, que presentó la menor carga frutal (711 frutos/árbol). En cuanto a la producción (kg/árbol) para la misma temporada, se observa que T3 presenta el mayor valor (71,04 kg/árbol), diferenciándose significativamente del T2 (20,37 kg/árbol). Respecto al tamaño medio de frutos (g/fruto), el tratamiento T2 presenta el mejor resultado (29,08 g) diferenciándose de los tratamientos T0 y T3, mientras que el tratamiento T1 presentó un comportamiento intermedio. La segunda temporada de evaluación (2021-2022) T2 obtuvo los mayores valores de carga frutal (4.934 frutos/árbol) y producción (103,3 kg/árbol), superando significativamente a T1 (Ácido naftalenacético (NAA 800®) aplicado en caída de chaqueta y brote de 15 cm) en un 54% en carga frutal y en un 42% en producción, mientras que, respecto al T3, fue más del doble en carga frutal, superando en un 74% la producción (Cuadro 3). En cuanto al tamaño de frutos, este no presentó diferencias significativas entre los tratamientos.

En Graneros, para la primera temporada de evaluación (2020-2021), la carga frutal (frutos/árbol), producción (kg/árbol) y tamaño medio de frutos (g/fruto) no presentaron diferencias significativas entre tratamientos. Los resultados en la segunda temporada (2021-2022), fueron diferentes, donde la carga frutal presentó diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 3). Los tratamientos T0 y T1 no presentaron diferencias entre ellos, y se diferenciaron significativamente respecto a T3, doblando la carga frutal de este último. La producción mantuvo el mismo comportamiento de la primera temporada, sin diferencias entre los tratamientos, con un promedio de 40,5 kg/árbol, equivalente 19 ton/ha. El tamaño medio de frutos presentó diferencias significativas entre los tratamientos, siendo T3 el que obtuvo el mayor peso (26 g/fruto). Esto correspondió a un peso superior en un 22% respecto de los tratamientos que no se diferenciaron estadísticamente entre ellos, con un promedio de 21 g/fruto (Cuadro 3).

Se analizó también la carga frutal y la productividad en función del área de sección transversal de tronco (ASTT, cm²), de manera de normalizar las diferencias entre tratamientos por diferencias propias del tamaño de árboles. En San Vicente de Taguatagua, las diferencias encontradas en carga (frutos/árbol) y producción (kg/árbol) (Cuadro 3) dejan de ser significativas al expresar la carga y productividad en función del tamaño del árbol, como frutos/cm² ASTT, y kg/cm² ASTT (Cuadro 4).

El mismo análisis se realizó en la unidad experimental de El Huique, donde para la primera temporada (2020-2021), el tratamiento T0 se diferenció significativamente de T2 en un 254% para la variable de carga frutal (frutos/cm² ASTT), mientras que no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos respecto a la productividad (kg/cm² ASTT) (Cuadro 4). En la segunda temporada (2021-2022), se observó también solo para la carga frutal (frutos/cm² ASTT) diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo, esta vez fue el tratamiento T2 el que obtuvo la mayor carga frutal (22 frutos/cm² ASTT), diferenciándose del tratamiento T1 en un 57% y en más del doble respecto al tratamiento T3 (Cuadro 4).

En Graneros, la primera temporada (2020-2021) no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos en carga frutal (frutos/cm² ASTT) ni en productividad (kg/cm² ASTT) (Cuadro 4). En la segunda temporada (2021-2022) solo se presentaron diferencias para la carga frutal (frutos/cm² ASTT) siendo T0 (Testigo) el que obtuvo la mayor carga frutal (Cuadro 4), duplicando y diferenciándose significativamente de T3 (3,5,6-TPA (Maxim®)).



Cuadro 4. Carga frutal y productividad obtenidas en los tratamientos de incremento de calibre por aplicación de reguladores de crecimiento, expresadas en función del área de sección transversal de tronco (ASTT, cm²), durante las temporadas 2020-2021 y 2021-2022, en las unidades experimentales de San Vicente de Taguatagua, El Huique y Graneros.

	Tratamiento	Carga frutal (frutos/cm ² ASTT)*		Productividad (kg/cm ² ASTT)*	
		TEMP 2020-2021	TEMP 2021-2022	TEMP 2020-2021	TEMP 2021-2022
SAN VICENTE	T0	2,69 a		0,06 a	
	T1	7,62 a		0,17 a	
	T2	12,97 a		0,32 a	
	T3	6,62 a		0,17 a	
	<i>p-valor</i>	0,1436		0,2462	
	<i>p-valor covariable</i>	2,69 a		<0,0001	
EL HUIQUE	T0	12,76 b	16,86 bc	0,29 a	0,38 a
	T1	9,79 ab	13,70 ab	0,24 a	0,31 a
	T2	3,60 a	21,75 c	0,10 a	0,45 a
	T3	12,15 ab	9,99 a	0,29 a	0,24 a
	<i>p-valor</i>	0,0316	0,0007	0,7077	0,9044
	<i>p-valor covariable</i>			<0,0001	<0,0001
GRANEROS	T0	8,56 a	6,81 b	0,16 a	0,14 a
	T1	9,14 a	5,69 ab	0,17 a	0,12 a
	T2	8,43 a	4,58 ab	0,16 a	0,10 a
	T3	12,06 a	3,39	0,22 a	0,09 a
	<i>p-valor</i>	0,24	0,0468	0,9938	0,4757
	<i>p-valor covariable</i>			<0,0001	<0,0001

*Letras diferentes en la vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, p-valor ≤ 0,05, LSD Fisher.

En cuanto a los resultados a cosecha de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) interceptada por árbol, en la segunda temporada (2021-2022), se analizó la carga y productividad, expresada como frutos/PARM² y kg/PARM² solo para las unidades experimentales de El Huique y Graneros (Cuadro 5). En la tercera temporada se realizó el mismo análisis en la unidad experimental de Graneros.

En la unidad experimental de El Huique, para la temporada 2021-2022, la carga frutal en función de la PAR, presentó diferencias significativas entre los tratamientos. El T2 presentó la mayor carga frutal (frutos/PARM²), superando a T1 en un 53% y en más del doble a T3 (Cuadro 5). Este resultado fue similar al obtenido para la carga frutal expresada como frutos/árbol (Cuadro 3) y frutos/cm² ASTT (Cuadro 4). Para el análisis de productividad (kg/PARM²) se utilizó la carga frutal (frutos/PARM²) como covariable, la cual resultó ser significativa, sin presentarse diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 5).

Para el caso de la unidad experimental de Graneros, la carga frutal (frutos/PARm²) presentó diferencias significativas entre los tratamientos, siendo los tratamientos T0 y T1 los que presentaron los mayores valores, diferenciándose estadísticamente del T3, en un 89% (136 frutos/PARm²). Las diferencias para la productividad (kg/PARm²) con análisis de covariable no fueron estadísticamente significativas con un promedio de 4,7 kg/PARm² (Cuadro 5).

Cuadro 5. Carga frutal y productividad, expresadas en función la radiación fotosintéticamente activa interceptada por la superficie (PARm²) obtenidos en los tratamientos de poda a cosecha durante la temporada 2021-2022.

Unidad Experimental	Tratamiento	Carga frutal (frutos/PARm ²)*	Productividad (kg/PARm ²)*
GRANEROS	T0	348 b	7,9 a
	T1	302 b	6,9 a
	T2	461 c	9,6 a
	T3	209 a	5,1 a
	<i>p-valor</i>	0,0001	0,906
	<i>p-valor covariable</i>		<0,0001
EL HUIQUE	T0	252 b	5,3 a
	T1	263 b	5,6 a
	T2	206 ab	4,4 a
	T3	136 a	3,5 a
	<i>p-valor</i>	0,0459	0,3576
	<i>p-valor covariable</i>		<0,0001

*Letras diferentes en la vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, p -valor $\leq 0,05$, LSD Fisher.

Para la última temporada de evaluación del proyecto (2022-2023) se realizó la aplicación de reguladores de crecimiento solo en la unidad experimental de Graneros. Los resultados, de carga frutal, producción, y tamaño medio de fruto se presentan en el Cuadro 6. La carga frutal (frutos/árbol) presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos, superando significativamente T1 a T3 en un 56% (Cuadro 6). La producción (kg/árbol) no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, con un promedio de 67 kg/árbol. Considerando la distancia de plantación del huerto, se calculó la producción en toneladas por hectárea para cada tratamiento, obteniéndose un promedio de 32 ton/ha.

En cuanto al tamaño medio de frutos, esta variable presentó diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 6), siendo T3 (3,5,6-TPA.) el tratamiento que obtuvo el mayor tamaño (25,7 g/fruto), superando significativamente a los tratamientos T1, T4 y T5, en un 10%, 14% y 21%, respectivamente.

Cuadro 6. Carga frutal, producción y tamaño medio de frutos, obtenidos en los tratamientos de incremento de calibre con aplicación de reguladores de crecimiento, durante la temporada 2022-2023. Unidad experimental Graneros.

Tratamiento	Carga (frutos/ árbol)*	Producción (kg/árbol)*	Rendimiento (Ton/ha)	Tamaño fruto (g/fruto)*
T0	2650 ab	64,8 a	31	24,3 bcd
T1	3530	82,0 a	39	23,3 abc
T2	2704 ab	67,9 a	33	25,2 cd
T3	2264 a	58,0 a	28	25,7 d
T4	3210 bc	72,6 a	35	22,5 ab
T5	2706 ab	57,7 a	28	21,3 a
<i>p-valor</i>	0,0069	0,0551		0,0029

*Letras diferentes en la vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, p-valor \leq 0,05, LSD Fisher.

La carga frutal en función del área de sección transversal de tronco (ASTT, cm²) presentó diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 7), superando T1 en un 65% a T3. Este resultado es similar al obtenido para la carga frutal en función del árbol (Cuadro 6). Para el análisis de productividad (kg/cm² ASTT), se utilizó la carga frutal (frutos/cm² ASTT) como covariable, la cual resultó ser significativa. La productividad presentó diferencias significativas entre los tratamientos, siendo T2 y T3 los que presentaron los mayores valores, sin diferencias entre ellos, superando estadísticamente a T5 (Cuadro 7).

Cuadro 7. Carga frutal y productividad obtenidas en los tratamientos de incremento de calibre con aplicación de reguladores de crecimiento, expresadas en función del área de sección transversal de tronco (ASTT, cm²), durante la temporada 2022-2023. Unidad experimental Graneros.

Tratamiento	Carga frutal (frutos/cm ² ASTT)*	Productividad (kg/cm ² ASTT)*
T0	6,4 ab	0,17 bc
T1	9,1 c	0,16 abc
T2	6,5 ab	0,18 c
T3	5,5 a	0,18 c
T4	7,8 bc	0,16 ab
T5	6,9 ab	0,15 a
<i>p-valor</i>	0,0048	<0,0001
<i>p-valor covariable</i>		<0,0001

*Letras diferentes en la vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, p-valor \leq 0,05, LSD Fisher.

Posteriormente, la carga frutal analizada en función de la radiación fotosintéticamente activa interceptada por la superficie (PARm²), expresándose como frutos/PARm² presentó diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 8), siendo T1 el que presentó la mayor carga frutal (350 frutos/PARm²) diferenciándose significativamente de los otros tratamientos, mientras que T3 presentó la menor carga frutal (190 frutos/PARm²), correspondiente a un 46% menos que T1.

Para analizar la productividad (kg/PARm²) se utilizó la carga frutal (frutos/PARm²) como covariable (Cuadro 8). Se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos, siendo T5 el que presentó la menor productividad y los tratamientos T2 y T3 las mayores productividades.

Cuadro 8. Carga frutal y productividad, expresadas en función de la radiación fotosintéticamente activa interceptada por la superficie (PAR m²), obtenidos por tratamiento de incremento de calibre durante la temporada 2022-2023. Unidad experimental Graneros.

Tratamiento	Carga frutal (frutos/PARm ²)*	Productividad (kg/PARm ²)*
T0	268 c	6,18 bc
T1	350 d	5,74 ab
T2	237 abc	6,33 c
T3	190 a	6,39 c
T4	259 bc	5,71 ab
T5	210 ab	5,5 a
<i>p-valor</i>	<0,0001	0,0172
<i>p-valor covariable</i>		<0,0001

*Letras diferentes en la vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, p-valor ≤ 0,05, LSD Fisher.

Distribución de calibres

Para determinar la distribución de calibres a cosecha, se clasificó cada fruto, de una muestra de 50 frutos/árbol, dentro de una categoría de calibre (Cuadro 9).

Cuadro 9. Categorías de calibre utilizadas para ciruela europea cv. D'Agen en fresco, en función del diámetro ecuatorial (mm).

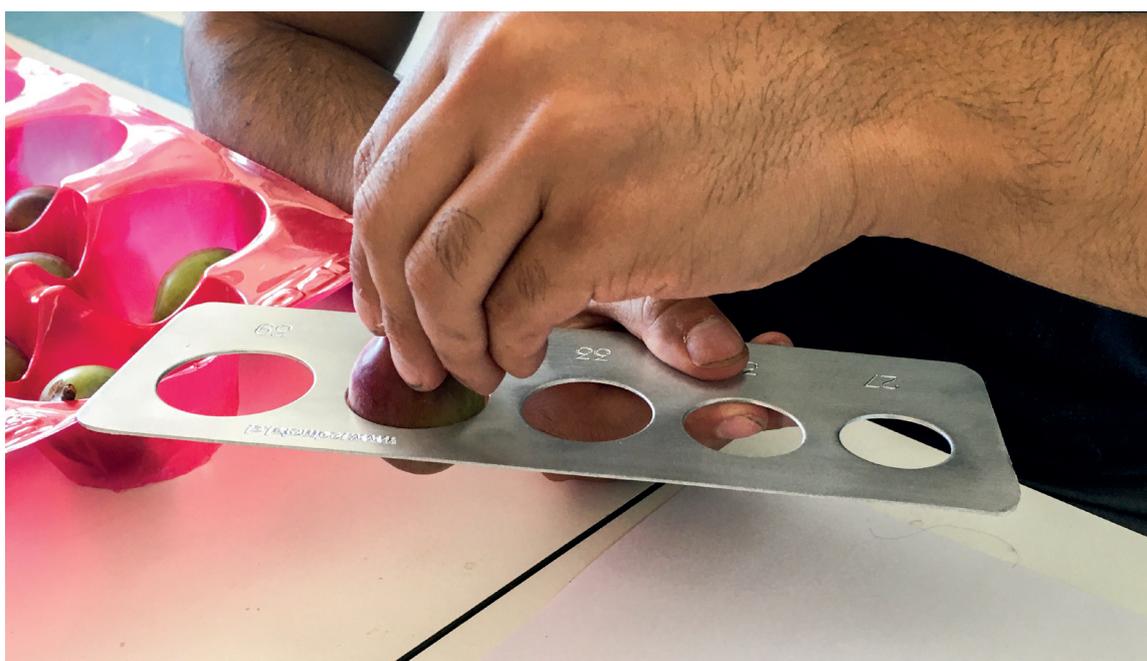
	Categoría de calibre				
	PC	XL	J	2J	3J
Diámetro (mm)	<30	≥30 Y <33	≥33 Y <36	≥36 Y <39	≥39

Fuente: Elaboración propia a partir de datos entregados por la empresa exportadora Frusan.

La temporada 2020-2021, en San Vicente de Taguatagua, la fruta se concentró en las categorías de calibre XL, J y 2J, con los mayores porcentajes de frutos; sobre el 40%, en la categoría J, sin presentar diferencias estadísticas entre los tratamientos (Figura 5A). En la segunda temporada (2021-2022) para la misma unidad experimental (Figura 5B), resultó con diferencias estadísticas entre los tratamientos en cada una de las categorías de calibres. El tratamiento T0 presentó frutos de menor tamaño, encontrándose la mayor parte de éstos en las categorías de precalibre (32%) y XL (50%), diferenciándose estadísticamente de los otros tratamientos, solo para la categoría de precalibre. A su vez, este mismo tratamiento presentó el menor porcentaje de frutos (17%) para la categoría J, diferenciándose estadísticamente de los otros tratamientos. En cuanto al tratamiento T3, este presentó la mayor parte de sus frutos en categorías J (36%), 2J (44%), y 3J (10%), diferenciándose estadísticamente de los otros tratamientos. Respecto a los tratamientos T1 y T2, éstos presentaron la mayor parte de sus frutos en las categorías XL y J (Figura 5B), sin diferencias estadísticas con el tratamiento T3 para esas categorías.

En El Huique, la temporada 2020-2021 (Figura 5C), en general presentó los mayores porcentajes de frutos en las categorías de calibre XL, J y 2J. Todos los tratamientos, a excepción del tratamiento T2, presentaron sobre el 40% de los frutos en categoría J. El tratamiento T2 presentó un mayor porcentaje de frutos en la categoría 2J (44%). En las categorías PC, XL y J, no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos. Solo en las categorías 2J y 3J se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, siendo T2 el que obtuvo un mayor porcentaje de frutos, diferenciándose significativamente de T0 (Figura 5C). En la temporada 2021-2022, no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos (Figura 5D), sin embargo, se observó que el tratamiento T3 presentó mayor porcentaje de frutos en los calibres J y 2J, correspondiente a un 51% y 19%, respectivamente.

La temporada 2020-2021, Graneros, presentó los mayores porcentajes de fruta en las categorías PC, XL y J. No se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos en ninguna categoría de calibre (Figura 5E). La segunda temporada (2021-2022), las categorías XL y J, concentraron el mayor porcentaje de frutos. Diferencias estadísticas significativas se presentaron en las categorías PC, XL, 2J y 3J (Figura 5F). Para las categorías de mayor calibre (2J y 3J), el tratamiento T3 se diferenció estadísticamente de los otros tratamientos, con porcentajes de 27% y 1%, respectivamente. En la categoría XL, los tratamientos T0, T1 y T2, no presentaron diferencias estadísticas entre ellos, con un promedio de 47% de los frutos.



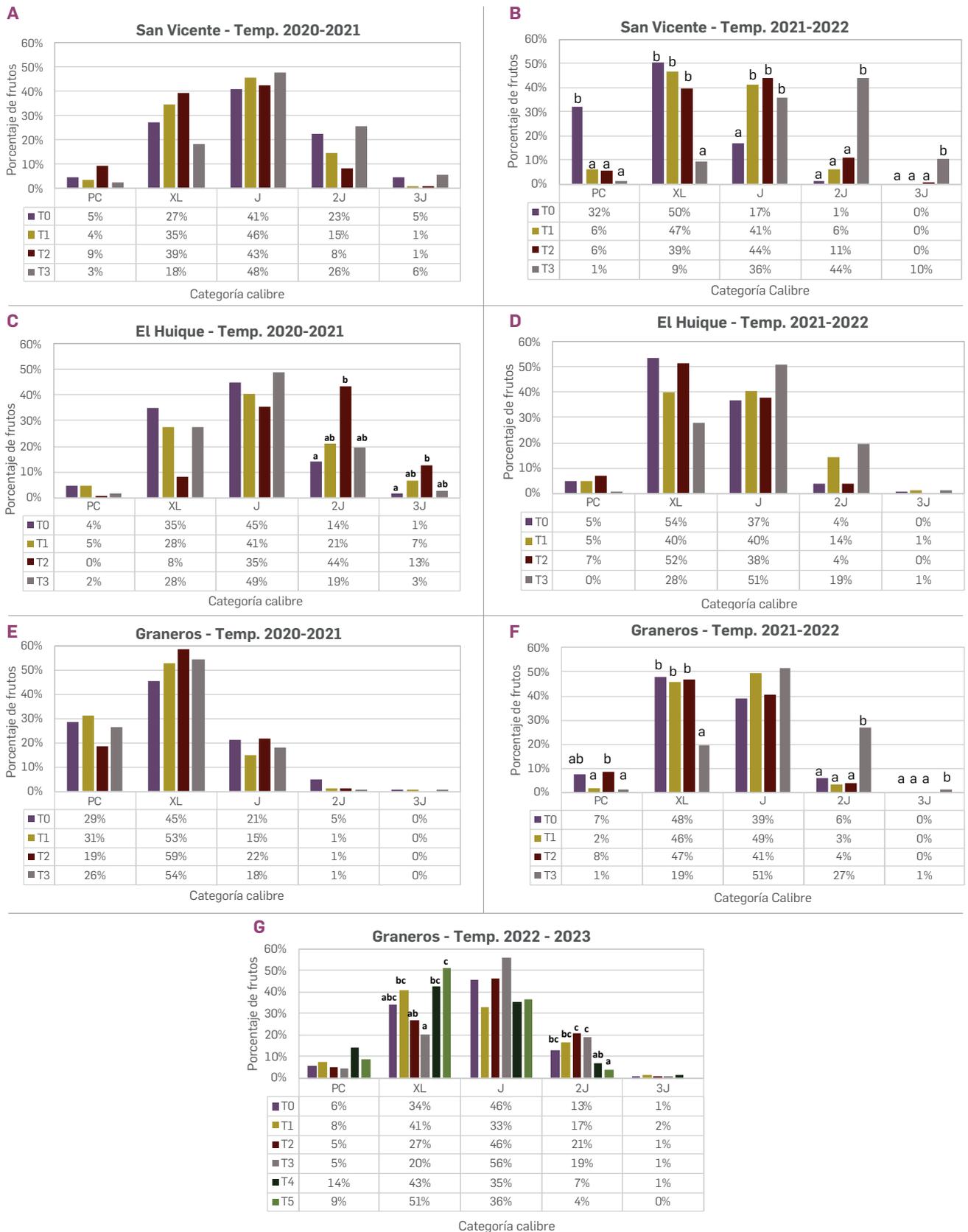


Figura 5. Distribución de calibres de ciruela D'Agén en fresco para cada tratamiento en las temporadas 2020-2021 (A, C, y E) 2021-2022 (B, D, y F); en San Vicente (A y B), El Huique (C y D), Graneros (E y F), y para la temporada 2022-2023 (G) en Graneros.

Para la última temporada de evaluación en la unidad experimental de Graneros (2022-2023) (Figura 5G), en todos los tratamientos el mayor porcentaje de frutos se encontró dentro de las categorías XL y J; entre un 73% y 88% dependiendo del tratamiento. Se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos en las categorías XL y 2J. Para la categoría XL, el tratamiento T5 fue el que presentó el mayor porcentaje de fruta (51%), diferenciándose significativamente de los tratamientos T2 y T3, que presentaron un 27% y 20% de sus frutos en esta categoría, respectivamente. Por el contrario, en la categoría 2J, el comportamiento es inverso y fueron los tratamientos T2 y T3 los que presentaron el mayor porcentaje de frutos en esa categoría, diferenciándose significativamente de los tratamientos T4 y T5, que presentaron los menores porcentajes (7% y 4%, respectivamente).

Calidad de frutos a cosecha

El peso de frutos (g/fruto) y sus diámetros de mejilla, sutura y polar, obtenidos de la evaluación de 32 frutos/tratamiento a cosecha, se muestran en el Cuadro 10.

La temporada 2020-2021 en San Vicente de Taguatagua, T1 presentó el menor peso, diferenciándose significativamente de T3 que lo superó en un 27%. En cuanto al diámetro de mejillas, los tratamientos T2 y T3, obtuvieron los mayores valores, correspondiente a 34,16 mm y 33,75 mm, respectivamente, diferenciándose significativamente de T1 que obtuvo 31,33 mm. El diámetro de la sutura obtenido por T3 (33,69 mm) superó significativamente al resto de los tratamientos. Finalmente, para diámetro polar, el tratamiento T2 presentó el mayor valor superando significativamente a T3 en un 8% (Cuadro 10).

Cuadro 10. Peso y diámetros de fruto (mejilla, sutura y polar), evaluados a cosecha por tratamiento con aplicación de reguladores de crecimiento en las diferentes unidades experimentales. Temporadas 2020-2021 y 2021-2022.

Huerto	Tratamiento	Peso (g/fruto) *		Diámetro mejilla (mm) **		Diámetro sutura (mm) **		Diámetro polar (mm) **	
		TEMP * 2020- 2021	TEMP** 2021- 2022	TEMP * 2020- 2021	TEMP** 2021- 2022	TEMP* 2020- 2021	TEMP** 2021- 2022	TEMP * 2020- 2021	TEMP** 2021- 2022
SAN VICENTE	T0	22,64 ab	16,86 a	33,07 ab	28,95 a	30,76 a	27,39 a	38,43 ab	36,58 a
	T1	20,90 a	21,58 b	31,33 a	32,49 b	30,85 a	29,74 b	38,15 ab	39,70 b
	T2	24,38 bc	23,30 b	34,16 b	33,18 b	31,55 a	30,93 b	40,35 b	40,15 b
	T3	26,49 c	29,60 c	33,75 b	35,64 c	33,69 b	33,56 c	37,22 a	43,08 c
	<i>p-valor</i>	<0,0001	<0,0001	0,0005	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0039	<0,0001
EL HUIQUE	T0	27,29 a	20,16 a	35,45 ab	31,04 a	32,98 a	28,86 a	40,51 a	38,64 a
	T1	28,76 a	20,56 a	34,85 a	31,01 a	34,07 a	29,14 a	42,21 ab	39,28 a
	T2	29,54 a	19,73 a	36,99 b	29,97 a	33,33 a	28,28 a	42,78 b	39,54 a
	T3	27,35 a	28,93 b	35,74 ab	34,69 b	32,76 a	33,55 b	41,50 ab	43,06 b
	<i>p-valor</i>	0,2858	<0,0001	0,0297	<0,0001	0,1376	<0,0001	0,0109	<0,0001
GRANEROS	T0	18,99 a	21,52 a	31,44 a	32,19 a	29,44 a	30,28 a	35,39 ab	37,87 a
	T1	17,67 a	22,27 a	31,18 a	32,60 a	29,27 a	30,83 a	34,30 a	37,88 a
	T2	21,37 b	20,27 a	33,02 b	32,02 a	30,59 b	29,87 a	37,70 c	37,64 a
	T3	21,20 b	27,98 b	32,39 ab	35,35 b	31,95 c	33,43 b	36,42 b	40,24 b
	<i>p-valor</i>	<0,0001	<0,0001	0,0021	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Letras diferentes en la vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, *p*-valor ≤ 0,05, *Kruskal Wallis, **LSD Fisher.

Para la unidad experimental de El Huique, la variable de peso de fruto, en la primera temporada de evaluación no presentó diferencias significativas entre tratamientos con un promedio de 28 g/fruto. El diámetro a la mejilla obtenido en T2 (36,99 mm), superó significativamente en un 6% al obtenido en T1 (34,85 mm). El diámetro a la sutura no presentó diferencias significativas entre tratamientos, con un promedio de 33 mm. Mientras que, para el diámetro polar, el tratamiento T2 presentó el mayor valor (42,78 mm), superando significativamente a T0 (40,51 mm) en un 6% (Cuadro 10).

En Graneros, también en la primera temporada, para el peso de fruto, los tratamientos T0 y T1 presentaron los menores valores con un promedio de 18 g/fruto, diferenciándose significativamente de los tratamientos T2 y T3 que obtuvieron en promedio 21 g/fruto. T2 obtuvo el mayor diámetro de mejilla (33,02 mm), diferenciándose significativamente de los tratamientos T0 (31,44 mm) y T1 (31,18 mm). Para el diámetro de sutura, los tratamientos T0 y T1 obtuvieron los menores valores, con un promedio de 29 mm, diferenciándose significativamente de T2 que presentó 30,59 mm y de T3 que presentó el mayor diámetro (31,95 mm). El diámetro polar, mostró que el tratamiento T2 presentó el mayor diámetro, superando significativamente a T3, T0 y T1 en un 4%, 7% y 10%, respectivamente.

La situación en la temporada 2021-2022, mostró que para las tres unidades experimentales; San Vicente de Taguatagua, El Huique, y Graneros fue el tratamiento T3 (Maxim®) el que presentó los mayores valores en las variables de tamaño de fruto (peso y diámetros mejilla, sutura y polar, Cuadro 10).

La última temporada de proyecto, que correspondió sólo a la evaluación en la unidad experimental de Graneros (2022-2023) mostró que el peso de frutos presentó diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 11), siendo T1; T2 y T3 los que presentaron los mayores valores, diferenciándose significativamente de T4 y T5, mientras que el tratamiento T0 presentó un comportamiento intermedio. En general, el tratamiento T5 fue el que obtuvo el menor peso de frutos y los menores diámetros.

Cuadro 11. Peso y diámetros de fruto (mejilla, sutura y polar), evaluados a cosecha para las diferentes aplicaciones de reguladores de crecimiento, en la unidad experimental de Graneros. Temporada 2022-2023.

Tratamiento	Peso (g/fruto)	Diámetro mejilla (mm)	Diámetro sutura (mm)	Diámetro polar (mm)
T0	23,67 bc	34,07 b	31,34 b	37,55 b
T1	24,34 c	34,62 b	32,18 bc	38,49 b
T2	25,45 c	34,54 b	32,97 c	38,59 b
T3	25,10 c	34,42 b	32,49 c	38,55 b
T4	19,36 a	32,04 a	31,17 b	37,80 b
T5	2706 ab	31,13 a	29,82 a	35,80 a
<i>p-valor</i>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

*Letras diferentes en la vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, p-valor \leq 0,05, LSD Fisher.

En el cuadro 12 se presentan los resultados a cosecha para el índice de absorbancia de clorofila (I_{AD}), el contenido de sólidos solubles (CSS (°Brix)) y acidez (%) para las temporadas 2020-2021 y 2021-2022 en las diferentes unidades experimentales.

La temporada 2020-2021 para San Vicente de Taguatagua, mostró que, para el tratamiento T3 resultó en un menor I_{AD} (0,83) diferenciándose significativamente del resto de los tratamientos, siendo T1 (1,30) el que obtuvo el mayor valor. En El Huique, T1 y T2 presentaron los menores I_{AD} , diferenciándose significativamente de T3 y T0. Mientras que, para Graneros, T3 obtuvo el menor valor de I_{AD} .

La temporada 2021-2022, en las tres unidades experimentales el tratamiento T3 presentó el menor I_{AD} diferenciándose significativamente de los otros tratamientos con aplicación de reguladores de crecimiento.

El CSS, para la temporada 2020-2021, no presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos, en San Vicente de Taguatagua y Graneros con un promedio de 18,7º Brix, y 19,7º Brix, respectivamente. La unidad experimental de El Huique presentó diferencias significativas entre tratamientos, siendo T0 el que presentó el menor valor con 14,03 ºBrix. El tratamiento T2 obtuvo el mayor CSS con 18,54 ºBrix. En la temporada siguiente de evaluación (2021-2022), se presentaron diferencias significativas en el CSS para las tres unidades experimentales, siendo el tratamiento T3 el que obtuvo los mayores valores.

Cuadro 12. Índice de absorbancia de clorofila (I_{AD}), contenido de sólidos solubles (CSS, ºBrix) y Acidez (%), evaluados a cosecha por tratamiento de aplicación de reguladores de crecimiento en las diferentes unidades experimentales. Temporadas 2020-2021 y 2021-2022.

Huerto	Tratamiento	I_{AD} *		CSS (ºBrix)*		Acidez (%)*	
		2020-21*	2021-22	2020-21	2021-22	2020-21	2021-22
San Vicente	T0	1,16 b	1,44 b	18,17 a	13,32 a	0,37 a	0,95 ab
	T1	1,30 c	1,41 b	19,23 a	17,19 b	0,74 b	0,92 a
	T2	1,23 bc	1,38 b	18,92 a	16,44 b	0,38 a	1,09 c
	T3	0,83 a	0,99 a	18,45 a	19,99 c	0,48 ab	0,99 b
	<i>p-valor</i>	<0,0001	<0,0001	0,3888	<0,0001	0,0092	>0,0001
Graneros	T0	1,55 c	1,15 b	14,03 a	15,17 a	0,30 a	0,98 b
	T1	1,29 a	1,19 bc	16,29 b	14,30 a	0,41 b	0,92 b
	T2	1,36 a	1,24 c	18,54 c	14,68 a	0,62 c	0,94 b
	T3	1,46 b	0,78 a	15,96 ab	21,19 b	0,49 b	0,81 a
	<i>p-valor</i>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0001
El Huique	T0	1,55 b	1,66 b	19,94 a	19,23 ab	0,94 a	1,22 ab
	T1	1,63 b	1,74 c	18,87 a	19,96 b	1,15 b	1,27 b
	T2	1,56 b	1,68 b	19,88 a	18,62 ab	1,36 c	1,25 ab
	T3	1,33 a	1,41 a	20,18 a	21,93 c	1,26 bc	1,19 a
	<i>p-valor</i>	<0,0001	<0,0001	0,1694	<0,0001	<0,0001	0,0258

*Letras diferentes en la vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, p -valor $\leq 0,05$, Tukey.

En San Vicente de Taguatagua, la temporada 2020-2021, T1 presentó el mayor contenido de acidez, superando significativamente a T0 y T2. En El Huique T0 presentó el menor contenido de acidez, diferenciándose significativamente de T2 que presentó el mayor valor y T1 y T3 se encontraron en una posición intermedia. En Graneros, también el tratamiento T0 presentó el menor valor, diferenciándose significativamente del resto de

los tratamientos; mientras que el tratamiento T2 presentó el mayor valor, diferenciándose significativamente de T1 y T0. Para la temporada 2021-2022, T3 presentó la menor acidez en El Huique y Graneros, pero en San Vicente de Taguatagua correspondió al tratamiento T1.

La firmeza evaluada con presionómetro manual, Durofel y FirmPro, presentó diferencias significativas entre los tratamientos en las tres unidades experimentales la temporada 2020-2021, excepto la evaluada con FirmPro en El Huique (Cuadro 13). En San Vicente, T1 y T2 presentaron los mayores valores de firmeza evaluados con presionómetro manual y Durofel. Al evaluar con FirmPro fue el tratamiento T3 el que obtuvo la mayor firmeza (310,86 g/mm). En El Huique, los menores valores los obtuvieron los tratamientos T1, y T3, para las evaluaciones con presionómetro manual y Durofel. Mientras que para Graneros es el tratamiento T3, el que presentó el menor valor de firmeza, con los tres equipos utilizados para medición (Cuadro 13).

La temporada 2021-2022, en San Vicente de Taguatagua mostró que el tratamiento T2, presentó el mayor valor de firmeza evaluado con presionómetro manual, mientras que con el equipo FirmPro, correspondió a los tratamientos T0 y T2. En el caso de la medición con el equipo Durofel, no existieron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. En El Huique, y Graneros, con los equipos de presionómetro manual y Durofel, fue el tratamiento T3 el que presentó los menores valores de firmeza (Cuadro 13). Respecto a la evaluación con el equipo FirmPro, el tratamiento T1 para El Huique, y los tratamientos T1 y T2, para Graneros, presentaron los valores de firmeza más altos, diferenciándose estadísticamente de los otros tratamientos.

Cuadro 13. Firmeza de frutos, evaluadas con los equipos presionómetro manual, Durofel y FirmPro, en las diferentes unidades experimentales. Temporadas 2020-2021 y 2021-2022.

Huerto	Tratamiento	FIRMEZA*					
		Presionometro manual (lb)		Durofel (UD)		FirmPro (g/mm)	
		2020-21	2021-22	2020-21	2021-22	2020-21	2021-22
Sn Vicente	T0	3,21 a	7,39 ab	52,66 a	87,52 a	218,00 a	833,17 b
	T1	4,76 b	7,74 bc	68,86 b	87,59 a	280,64 ab	723,32 ab
	T2	4,68 b	8,42 c	70,61 b	88,64 a	240,28 a	776,20 b
	T3	3,72 ab	5,88 a	58,63 a	82,48 a	310,86 b	633,65 a
	<i>p-valor</i>	0,0093	0,0003	<0,0001	0,2041	0,0035	0,0322
Graneros	T0	6,26 b	7,38 b	88,83 c	88,81 b	559,20 a	494,56 a
	T1	4,26 a	8,07 bc	83,81 b	92,02 b	467,16 a	585,91 b
	T2	5,58 b	8,43 c	85,88 bc	89,92 b	504,59 a	496,80 a
	T3	5,70 b	5,45 a	77,17 a	81,16 a	499,45 a	433,04 a
	<i>p-valor</i>	0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,059	0,0021
El Huique	T0	8,99 b	11,14 b	94,28 ab	98,50 c	468,97 a	1197,79 a
	T1	9,79 b	14,82 d	97,95 b	95,53 b	605,64 b	1368,65 b
	T2	8,99 b	12,48 c	96,75 b	107,72 bc	87,59 a	1375,13 b
	T3	6,08 a	9,14 a	91,33 a	89,67 a	87,59 a	1082,27 a
	<i>p-valor</i>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0002

*Letras diferentes en la vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, p -valor $\leq 0,05$, Tukey.

La temporada 2022-2023 en Graneros (Cuadro 14), el I_{AD} presentó diferencias significativas entre tratamientos, siendo los tratamientos T3 y T5 los que obtuvieron los mayores valores y T1 el menor valor (Cuadro 14). El CSS fue mayor en los tratamientos T3, T4 y T5 y la acidez menor en los tratamientos T0, T3, y T5. Para la firmeza, con el equipo presionómetro manual y FirmPro, el menor valor lo obtuvo el tratamiento T4, mientras que los valores más altos fueron para T0 y T2. Con el equipo Durofel, el comportamiento fue similar para los valores más altos de firmeza (T0 y T2), sin embargo, el menor valor lo obtuvo el tratamiento T5.

Cuadro 14. Índice de absorbancia de clorofila (I_{AD}), contenido de sólidos solubles (CSS, °Brix) y Acidez (%), evaluados a cosecha por tratamiento de aplicación de reguladores de crecimiento, en la unidad experimental de Graneros. Temporada 2022-2023.

Tratamiento	I_{AD} *	CSS (°Brix) *	Acidez*	Firmeza*		
				Presionometro manual (lb)	Durofel (UD)	FirmPro (g/mm)
T0	1,5 b	18,29 a	0,85 a	11,75 c	99,4 c	1195,1 c
T1	1,4 a	19,26 a	1,07 b	10,47 b	95,7 b	917,3 b
T2	1,5 ab	18,33 a	1,02 b	12,02 c	98,1 c	1129,0 c
T3	1,6 c	20,91 b	0,82 a	10,59 b	95,8 b	1002,9 b
T4	1,5 ab	20,51 b	1,09 b	9,04 a	92,8 b	782,8 a
T5	1,7 c	21,11 b	0,93 a	11,34 bc	92,0 a	889,5 ab
p-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

*Letras diferentes en la vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, p-valor $\leq 0,05$, Kruskal Wallis.



De la evaluación del color de piel y de pulpa, realizada con el equipo colorimétrico modelo CR-400 Minolta, se obtuvieron los valores de saturación (C^* piel y pulpa) y de tonalidad (h° piel y pulpa), en las diferentes unidades experimentales a cosecha, las temporadas 2020-2021 y 2021-2022 (Cuadro 15) y la temporada 2022-2023 (Cuadro 16).

Cuadro 15. Saturación (C*) y tonalidad (h^o) de la piel y la pulpa evaluados a cosecha por tratamiento con aplicación de reguladores de crecimiento en las diferentes unidades experimentales. Temporadas 2020-2021 y 2021-2022.

Huerto	Tratamiento	C* piel*		h ^o piel*		C* pulpa*		h ^o pulpa*	
		2020-21*	2021-22	2020-21	2021-22	2020-21	2021-22	2020-21*	2021-22
SN VICENTE	T0	15,76 a	31,24 b	62,45 b	98,73 c	22,79 a	29,83 a	97,17 b	103,82 c
	T1	17,89 b	26,13 a	62,39 ab	86,39 b	24,36 bc	28,83 a	98,39 b	100,99 b
	T2	19,13 bc	29,76 b	62,43 b	96,26 c	23,57 ab	28,36 a	96,97 ab	101,21 b
	T3	20,76 c	25,58 a	45,79 a	70,40 a	25,71 c	28,38 a	95,07 a	97,02
	<i>p-valor</i>	<0,0001	<0,0001	0,022	<0,0001	<0,0001	0,4298	0,0009	<0,0001
EL HUIQUE	T0	24,85 b	30,92 b	92,21 b	99,12 b	26,55 a	26,44 a	102,20 c	98,48 a
	T1	22,24 a	33,40 c	73,49 a	100,62 bc	25,33 a	28,39 b	97,60 a	99,56 a
	T2	23,49 ab	34,82 c	81,48 a	105,46 c	25,51 a	27,95 b	99,83 b	98,49 a
	T3	21,35 a	25,03 a	80,53 a	68,26 a	25,19 a	25,15 a	100,17 b	100,52 b
	<i>p-valor</i>	0,0014	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,1766	0,0001	<0,0001	0,0003
GRANEROS	T0	21,47 ab	28,18 a	66,76 b	94,55 b	31,22 a	32,43 a	98,27 ab	100,14 b
	T1	22,70 ab	29,91 a	78,70 c	95,85 b	30,62 a	33,32 ab	100,88 c	99,51 b
	T2	23,57 b	29,84 a	71,71 bc	96,97 b	32,15 a	33,97 b	99,68	99,80 b
	T3	20,88 a	27,62 a	51,22 a	76,14 a	31,20 a	31,68 a	96,67 a	94,75 a
	<i>p-valor</i>	0,0437	0,0915	<0,0001	0,0001	0,1226	0,0454	<0,0001	<0,0001

Letras diferentes en la vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, p -valor $\leq 0,05$, *Tukey, **Kruskal Wallis.

Cuadro 16. Saturación (C*) y tonalidad (h^o) de la piel y la pulpa evaluados a cosecha por tratamiento en Graneros. Temporada 2022-2023.

Tratamiento	C* piel	h ^o piel	C* pulpa	h ^o pulpa
T0	29,92 bc	96,02 c	32,40 a	105,30 d
T1	30,00 bc	89,26 ab	31,88 a	104,21 cd
T2	32,33 c	91,74 bc	31,56 a	100,77 a
T3	27,89 ab	90,41 bc	30,49 a	102,71 b
T4	26,09 a	82,12 a	30,24 a	101,19 a
T5	26,08 a	90,05 ab	31,62 a	103,46 bc
<i>p-valor</i>	<0,0001	0,0074	0,0613	<0,0001

Letras diferentes en la vertical indican diferencias significativas entre tratamientos, p -valor $\leq 0,05$, Kruskal Wallis.

2.2.2.4 Conclusiones

La temporada 2020-2021, la respuesta a los tratamientos de los parámetros de calidad: peso de fruto y diámetros (mejilla, sutura y polar), mostró que T2 (2,4-DP (Stone Gross®) aplicado en ramillete expuesto) y T3 (3,5,6-TPA (Maxim®) aplicado en endurecimiento de carozo) presentaron un efecto positivo sobre el tamaño de frutos, expresado en un mayor peso y diámetros, respecto de T0 (testigo sin aplicación) y T1 (Ácido naftalenacético (NAA 800®) aplicado en caída de chaqueta y brote de 15 cm), en las unidades experimentales de Graneros y San Vicente de Taguatagua, y expresado en un mayor diámetro de mejilla y polar en la unidad experimental de El Huique. Los parámetros de calidad: I_{AD} , CSS, acidez y firmeza no presentaron una clara respuesta a los tratamientos entre temporadas de evaluación.

La temporada 2021-2022, la aplicación de 3,5,6-TPA a inicio de endurecimiento de carozo presentó menores cargas frutales respecto de los demás tratamientos, con diferencias estadísticas en algunos casos. A su vez, este tratamiento, influyó sobre el tamaño medio de frutos (g/fruto) diferenciándose significativamente de los demás tratamientos en Graneros. El mayor tamaño de frutos obtenido por T3 (3,5,6-TPA) se obtuvo también en la evaluación realizada a cosecha, superando significativamente al resto de los tratamientos en gramos/fruto y diámetros de mejilla, sutura y polar. Así mismo, la distribución de calibres fue significativa para el tratamiento T3 (3,5,6-TPA) en todas las unidades experimentales evaluadas. Sin embargo, se observó un defecto de calidad, que correspondía a una "partidura distal".

Los valores de I_{AD} y de firmeza fueron menores en los frutos pertenecientes a T3 (3,5,6-TPA), en las unidades experimentales de El Huique y Graneros, lo que fue congruente con un mayor CSS y menor acidez.

La aplicación del regulador de crecimiento 2,4-DP, en ramillete expuesto, no produjo un efecto significativo sobre el tamaño de los frutos. Además, se debe considerar que su aplicación en endurecimiento de carozo tiene el riesgo de presencia de residuos en los frutos a cosecha.

En la temporada 2022-2023, los tratamientos T2 (2,4-DP (Stone Gross®) aplicado en brote de 15 cm) y T3 (3,5,6-TPA (Maxim®) aplicado en endurecimiento de carozo), favorecieron el tamaño de frutos, tanto en diámetros de mejilla y sutura como en peso y distribución de calibres, sin afectar su firmeza. El tratamiento T3 presentó un mayor contenido de sólidos solubles, menor acidez y menor firmeza que el tratamiento T2 a cosecha; no obstante, ambos tratamientos cumplieron con las exigencias comerciales para exportación de ciruela europea cv. 'D'Agen' en fresco (>16° Brix y >10 lb).

Literatura consultada

Programa Nacional Producción Frutícola. 2011. Estados fenológicos del ciruelo según la evolución de las yemas fructíferas. Cartillas- N°: 57. Consultado en línea: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/5562/1/OD-051.-INIA-cartilla-ciruelo-Set.2011.pdf>

2.2.3 Postcosecha

 Loreto Contador

2.2.3.1 Metodología

En las temporadas 2021-2022 y 2022-2023 se realizaron ensayos que involucraron una postcosecha extendida simulando condiciones comerciales de exportación hacia China.

Ensayo "efecto de la intensidad de la poda en la postcosecha y calidad de la fruta"

Se seleccionaron en total 16 árboles, pertenecientes al huerto de El Huique ubicado en la localidad de Palmilla, Región del Libertador Bernardo O'Higgins, 8 de los cuales fueron sometidos a la poda invernal tradicional del huerto (Tratamiento 0, T0), y los 8 restantes fueron podados con un 28% más de intensidad (T1). Estos tratamientos corresponden a la temporada 2021-2022. La cosecha de la fruta se embolsó en cajas de 5 kilos con bolsas de atmósfera modificada y se almacenó a 0°C por 47 días. Las evaluaciones instrumentales de calidad se realizaron a salida de frío y luego de un período de maduración de 3 días a 20°C, donde la unidad experimental fue una caja de fruta y la unidad observacional 25 frutos con un diseño factorial de 2*2 (2 niveles de poda* por 2 momentos de evaluación). Las evaluaciones sensoriales se realizaron sólo después del período de maduración, donde la unidad experimental fue 1 fruto y se hicieron 50 repeticiones por tratamiento.

Ensayo "Índice de absorbancia de la clorofila para la homogenización de la fruta"

Para este ensayo del tipo exploratorio se utilizó fruta comercial clasificada en línea por UNITEC con 40 a 70%, de color de cubrimiento y una submuestra de ésta, que fueron ciruelas que además cumpliera con un índice de absorbancia de la clorofila I_{AD} entre 1,20 a 1,40. Para cada muestra se evaluaron 3 repeticiones, siendo 1 caja de 9 kilos la unidad experimental, y 50 frutos por caja la unidad muestral.

Ensayo "Efecto de la madurez de cosecha sobre la calidad del fruto de ciruelo europeo"

Se cosecharon ciruelas de un huerto ubicado en la comuna de Graneros, Región del Libertador Bernardo O'Higgins. Se determinaron 2 estados de madurez, M1 correspondió a fruta con un 35 a 60% de color de cubrimiento y M2 más del 60% de color de cubrimiento. La fruta se embolsó en cajas de 8 kilos con bolsa perforada y se mantuvo por 35 y 50 días a -1°C. El diseño del experimento consideró una estructura factorial de los tratamientos de 2*2*2 (2 estados de madurez * 2 períodos de almacenaje refrigerado * 2 momentos de evaluación que fueron a salida de frío y luego de un período de maduración de 3 días a 20°C). La unidad experimental fue 1 caja, con 3 repeticiones cada una siendo la unidad muestral 25 frutos.

Ensayo "Efecto de la orientación del fruto en el árbol sobre la calidad del fruto de ciruelo europeo"

Se cosecharon ciruelas de dos posiciones definidas en la copa: orientación norte y sur, de un huerto ubicado en la comuna de Chimbarongo, Región del Libertador Bernardo O'Higgins. La fruta se embolsó en cajas de 8 kilos con bolsa perforada y se mantuvo por 35 y 50 días a -1°C. Se consideró un diseño factorial de tratamientos de 2*2*2 (2 orientaciones* 2 períodos de almacenaje refrigerado* 2 momentos de evaluación para las mediciones instrumentales de calidad. La unidad experimental fue 1 caja, con 3 repeticiones cada una siendo la unidad muestral 25 frutos. Para la evaluación sensorial con consumidores se consideró un diseño factorial de 2*2 (2 orientaciones* 2 períodos de almacenaje refrigerado) debido a que se realizó sólo después del período de maduración que le sigue al almacenaje refrigerado. Se realizaron aproximadamente 52 encuestas por tratamiento.

Ensayo "Efecto del tipo de pre enfriado sobre el desarrollo de pardeamiento interno del fruto de ciruelo europeo"

Se utilizaron frutos de ciruelo europeo cosechados según índices comerciales a los que se les aplicaron distintos tipos de pre enfriado: enfriamiento pasivo, túnel de aire forzado e hidro enfriado. Luego se almacenaron en cámaras de refrigeración a 0°C por 38 y 52 días. El diseño de experimento consideró una estructura factorial de tratamientos de 3* 2 (3 métodos de pre enfriado * 2 períodos de almacenaje refrigerado). Las evaluaciones se realizaron a salida de frío más un período de 3 días a 20°C. La unidad experimental fue una caja, con 3 repeticiones, siendo la unidad muestral 25 frutos.

El análisis estadístico para todos los ensayos se realizó con el programa estadístico InfoStat, versión 2020. Se realizaron análisis del tipo exploratorio como Análisis de Componentes Principales (ACP), Análisis de Correspondencia (AC), medidas de tendencia central, análisis de frecuencias. También se realizaron análisis de estadística inferencial como Análisis de la Varianza (ANDEVA), análisis de regresión y modelación de datos de naturaleza binaria, provenientes de la evaluación sensorial, para determinar diferencias estadísticas entre los tratamientos.

2.2.3.2 Evaluaciones

La metodología incluyó la medición instrumental no destructiva y destructiva de la fruta. Las evaluaciones no destructivas incluyeron lo siguiente: peso con balanza electrónica de precisión Techmaster® (California, EEUU); I_{AD} (Índice de absorbancia de clorofila) con el equipo DA-Meter; calibre con pie de metro digital; color de la piel con colorímetro portátil tri-estímulo (Minolta, modelo CR-400, Osaka, Japón) para obtener los valores de L^* , a^* y b^* y calcular la tonalidad (ángulo hue) y la croma del color (C^*). También se midió la firmeza con el medidor no destructivo FirmPro® (Santiago, Chile) y con el equipo Durofel® (Saint Etienne du Grès, Francia).

Posterior a las evaluaciones no destructivas se realizaron las evaluaciones destructivas: color de la pulpa con el colorímetro mencionado anteriormente; firmeza manual con presionómetro manual Effegi® (Alfonsine, Italia) con émbolo de 7,9 mm; contenido de sólidos solubles y acidez con un refractómetro digital portátil modelo PAL-BX/ACID11, marca ATAGO.

Los ensayos realizados en la temporada 2022-2023 incluyeron la evaluación del pardeamiento de la pulpa. Ésta consistió en la utilización de una escala visual de 4 puntos donde:

- | | |
|---|--|
| 1. Sano (pulpa se presenta normal) | 2. Leve (0-25% de la pulpa pardeada) |
| 3. Moderado (25-50% de la pulpa parda) | 4. Severo (más del 50% de la pulpa parda) |

En los ensayos que consideraron una evaluación sensorial con consumidores se utilizó la metodología CATA (*Check All That Apply*) mediante una encuesta que incluye una lista de descriptores de ciruela tanto de apariencia, sabor y textura. Los encuestados marcaron todos aquellos que consideraron apropiados para describir la muestra que estaban degustando. Además de esto, se incluyó también al final de la encuesta una prueba hedónica de aceptabilidad en la cual se preguntaba acerca de la valoración global de la muestra mediante la utilización de una escala de 9 puntos, donde 1: me disgusta mucho y 9: me gusta mucho. La prueba de consumidores se llevó a cabo en la Universidad de O'Higgins, campus Colchagua. Esta prueba fue aprobada por el Comité Ético y Científico (CEC) de la universidad. Los participantes firmaron un formulario de consentimiento informado y no hubo compensación monetaria. Toda la fruta utilizada se lavó y secó cuidadosamente. En el momento de la prueba, las ciruelas de todos los ensayos se cortaron en cuartos y se dispusieron en platos blancos desechables con un código aleatorio alfanumérico.

2.2.3.3 Resultados

Ensayo "Efecto de la intensidad de la poda en la postcosecha y calidad de la fruta"

Los resultados del análisis sensorial con consumidores mostraron que, para los descriptores de apariencia, donde solo "Chica" da cuenta del tamaño de la fruta, fue uno de los que obtuvo mayores diferencias numéricas entre los tratamientos, las cuales fueron estadísticamente significativas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Número de menciones de los descriptores sensoriales de ciruela "D'Agen" que presentaron diferencias significativas entre los tratamientos de poda.

	Apariencia		Sabor					Textura			
	Chica*	Grande	Muy dulce*	Dulce	Poco dulce*	Ácida	Sabrosa*	Dura*	Blanda*	Jugosa*	Crujiente*
T0 (Poda tradicional)	32	21	4	18	29	7	20	22	6	32	24
T1 (Poda intensa)	20	28	25	25	4	7	40	40	27	21	45

* Diferencias significativas al 5%

A diferencia de lo anterior, para los atributos de sabor se observa que existen importantes diferencias numéricas para los descriptores "Muy dulce", "Poco dulce" y "sabrosa", las cuales fueron estadísticamente significativas. El tratamiento de poda más severa (T1) mejora ciertas características organolépticas de las ciruelas, haciéndolas más dulces y sabrosas según la apreciación de los consumidores. Es importante también destacar las pocas menciones del atributo "ácida" lo que da cuenta de que la descripción clásica para esta ciruela correspondiente a una baja acidez es correcta (Cuadro 1).

La última parte de la encuesta CATA incluyó los atributos de textura, los más relevantes (Cuadro 1). Según ésta se constata que las diferencias estadísticamente significativas se dieron para el atributo de firmeza "blanda", lo que implica que la fruta del T0 se percibió más blanda que la del T1. Asimismo, el atributo "crujiente" fue mayor y con diferencias significativas para las ciruelas del T1

Finalmente, al consultar con una escala hedónica de 1 al 9 la aceptación global de las ciruelas se observa que existe una gran parte de consumidores que indican al tratamiento T0 en la zona de indiferencia (Figura 1). El tratamiento de poda más severa (T1) alcanza mejores resultados de aceptación, ya que un 63% de los encuestados la valora entre 7 y 9 (Me gusta-Me gusta mucho), esto es equivalente a 48 casos, mientras que solo 38 casos del tratamiento testigo (T0) están en esta misma zona de aceptación.

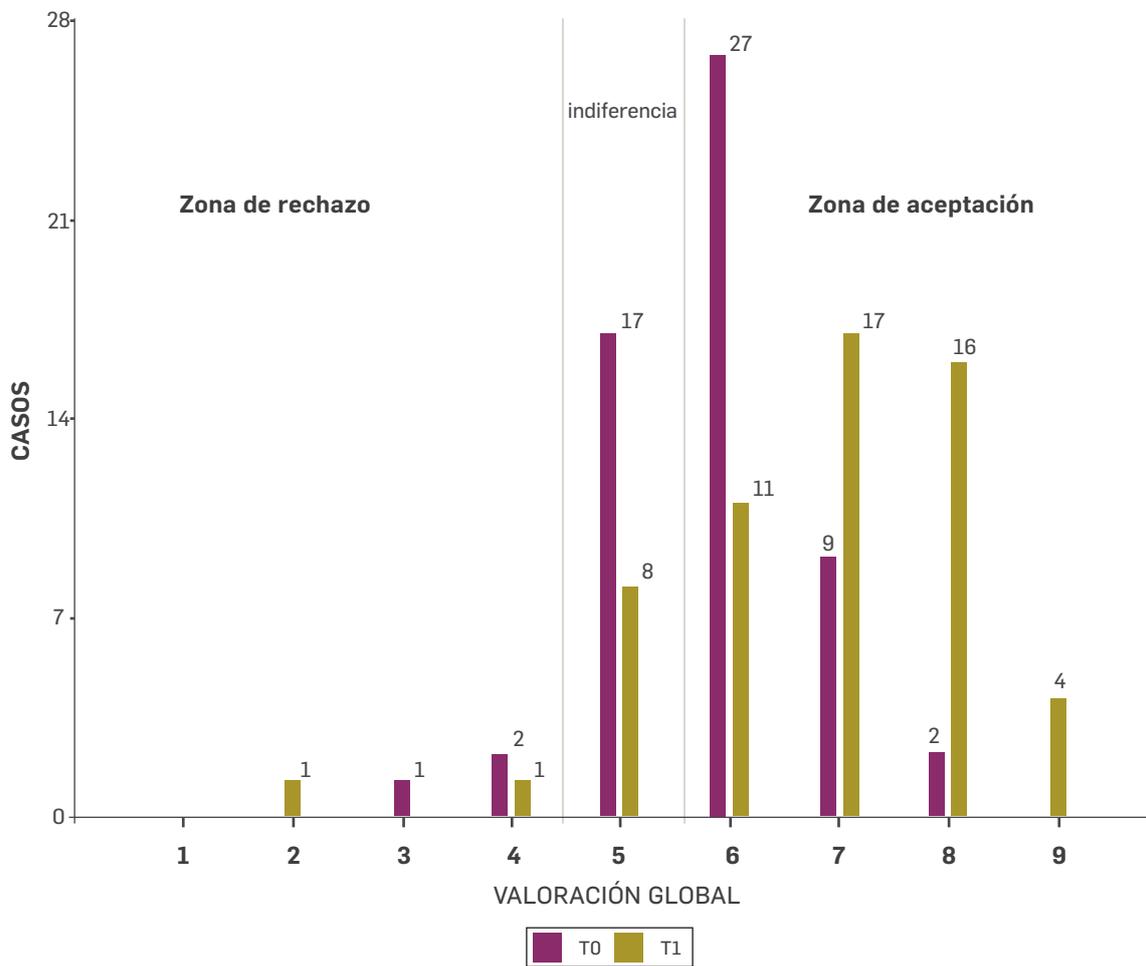


Figura 1. Gráfico frecuencia de casos para el análisis de aceptabilidad de las ciruelas provenientes de dos tratamientos de poda.

Conclusiones

La aplicación de tratamientos durante la precosecha afecta la calidad percibida por los consumidores. Una poda más severa, T1, mejora ciertas características de la fruta comparada con una poda tradicional. La fruta proveniente del T1 es más grande, dulce, firme y crujiente que la del T0. Finalmente, todas estas características hacen que la valoración global de la fruta proveniente de árboles que se sometieron a una poda más severa sea mejor evaluada que aquella de una poda tradicional.

Ensayo "Índice de absorbancia de la clorofila para la homogenización de la fruta"

Al momento de la selección se puede observar que la variabilidad de la muestra total es mayor que la variabilidad de la submuestra para la variable I_{AD} . Esto, por el rango calculado entre los valores mínimos y máximos de dichas variables. Estos gráficos, más el cálculo del Rango, indican que al momento de la entrada al almacenaje refrigerado prolongado, la fruta de la sub muestra es más homogénea en relación al I_{AD} (Figura 2).

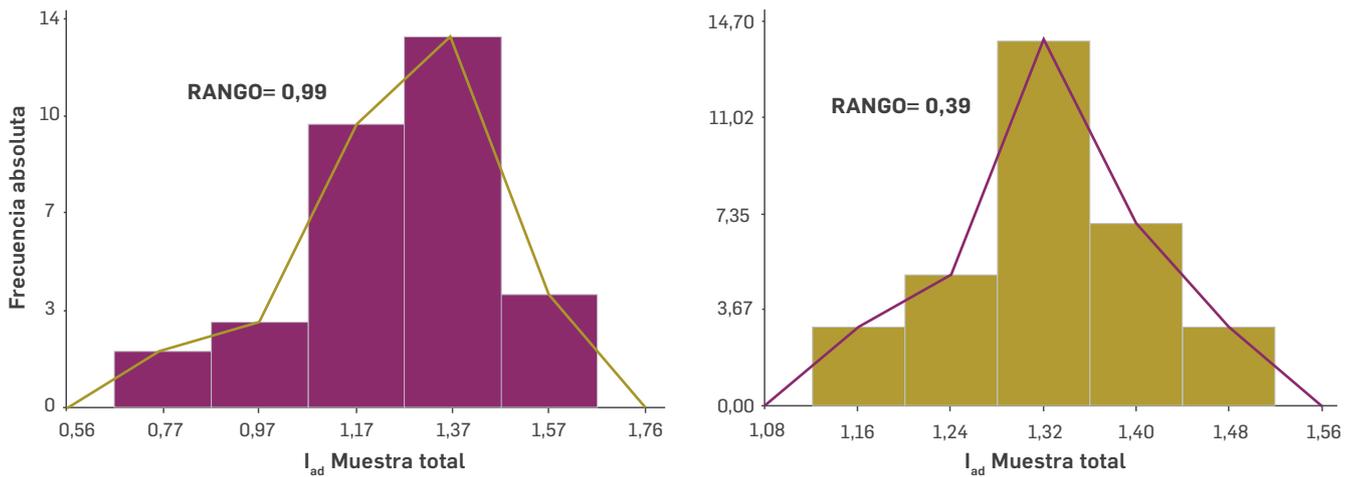


Figura 2. Histogramas con cálculo de rango para la variable I_{AD} para la muestra total y la submuestra.

La industria exportadora de fruta fresca busca siempre que sus cosechas sean lo más homogéneas posibles. Esto permite controlar de manera más eficiente los procesos de postcosecha. En los siguientes gráficos "Box-Plot" se muestra que la fruta de la submuestra es más homogénea en contenido de sólidos solubles (CSS) y acidez, puesto que la longitud de la caja, que representa el 50% de los datos, es menor para la submuestra en ambos parámetros que para la muestra total evaluada. Ambas variables son de gran importancia en la determinación del estado de madurez general de la fruta (Figura 3).

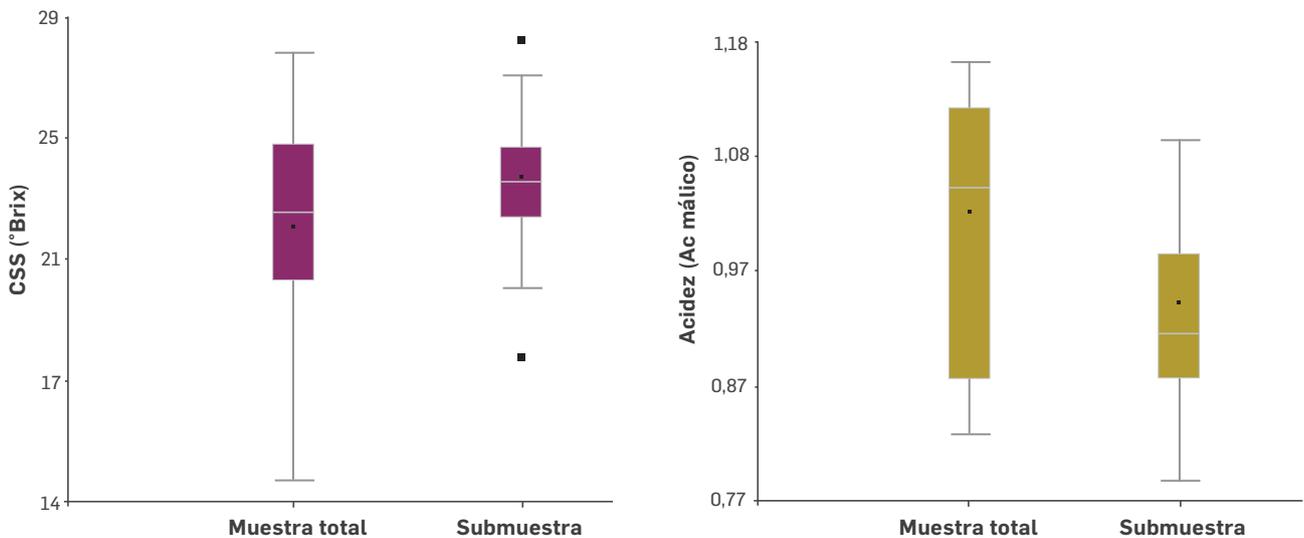


Figura 3. Gráficos "Box plot" para las variables Contenido de Sólidos Solubles (CSS) y Acidez.

Este ensayo exploratorio permite verificar la utilidad de un nuevo índice para la cosecha, ya que permite homogeneizar en parámetros importantes como el CSS y la acidez, además se relaciona directamente con la firmeza de la pulpa, puesto que se generó una regresión significativa al 5% entre I_{AD} y la firmeza medida de manera no destructiva con el equipo FirmPro (Figura 4).

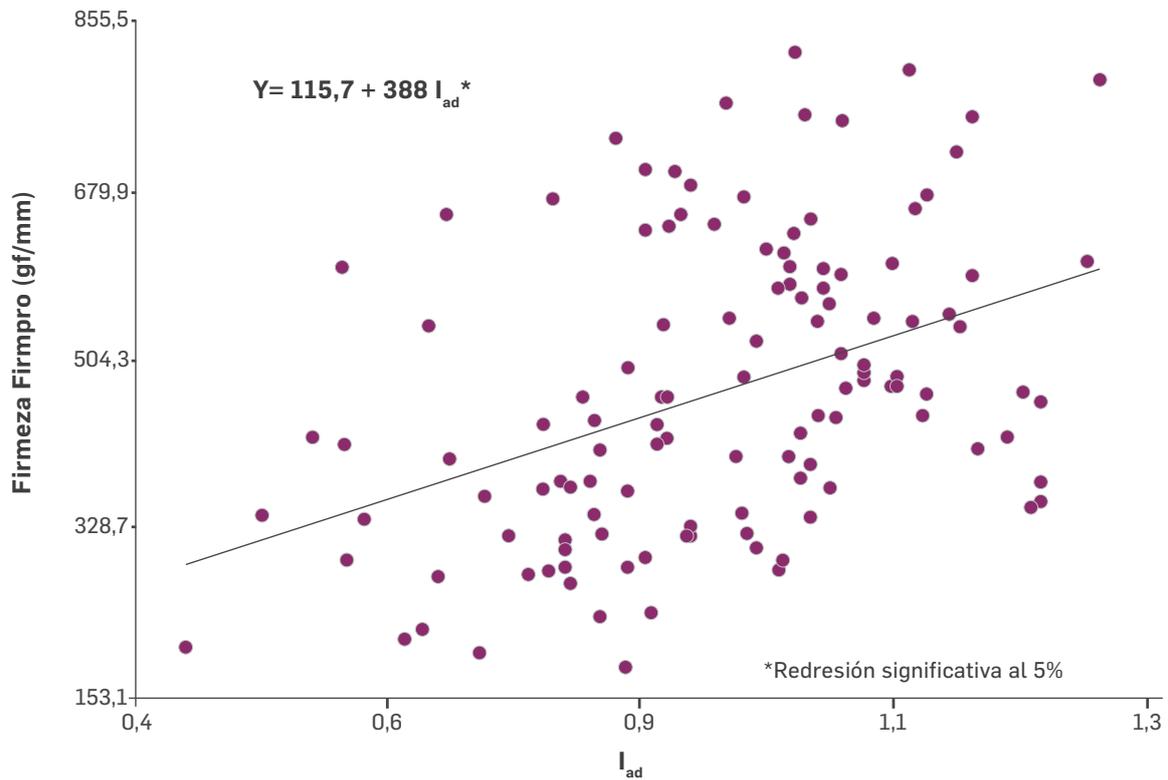


Figura 4. Gráfico de análisis de Regresión Lineal de la variable I_{AD} y Firmeza.

Conclusiones

El equipo Da-meter permitió homogeneizar la fruta en función del contenido de sólidos solubles y acidez. También permitió generar modelos de regresión significativos con firmeza medida con el equipo FirmPro.

Ensayo "Efecto de la madurez de cosecha sobre la calidad del fruto de ciruelo europeo"

El análisis de componentes principales o ACP, representado en un gráfico Biplot (Figura 5), explica el 85,8% de la variabilidad del modelo. El componente principal 1 (CP1) explica el 70,2% del total y está definido mayormente por las variables firmeza no destructiva (FirmPro) y Croma (C*) de la pulpa de manera positiva y por pardeamiento de manera inversa. De esta forma, todas aquellas observaciones que se ubican a la derecha del plano obtuvieron valores más altos de Croma de la pulpa y firmeza medida con FirmPro y menores valores de pardeamiento de la pupa. Las observaciones, según el CP1, se dividen en dos grupos: a la derecha aquella fruta que se midió a salida de frío (sin importar el estado de madurez) y a la izquierda la fruta que se evaluó luego del período de maduración a 20°C. Esto da cuenta que los daños por frío como el pardeamiento se inducen por un almacenamiento prolongado a bajas temperaturas, pero su mayor manifestación ocurre toda vez que la fruta se retira del frío y se deja madurar a temperatura ambiente. Con relación al CP2, es el contenido de sólidos solubles (CSS) es el que presenta la mayor inercia, separando a los estados de madurez: M2 tendría mayor CSS que M1.

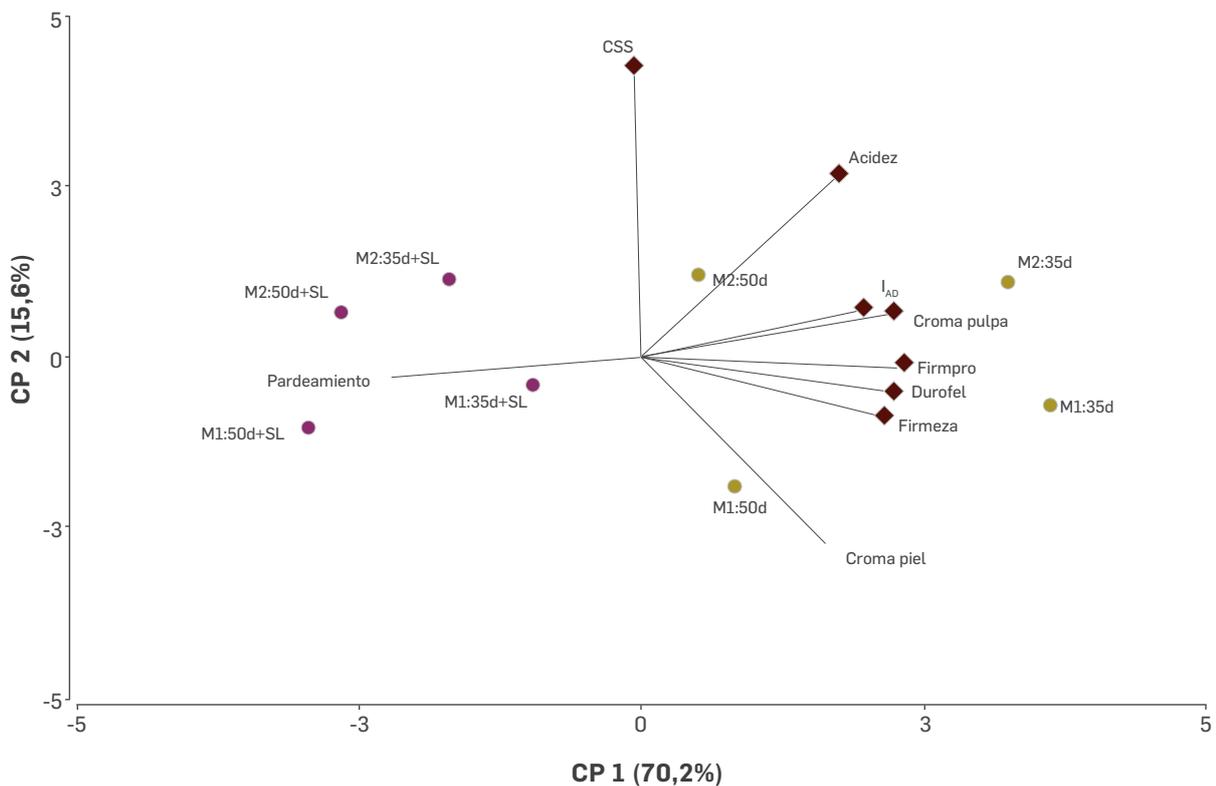


Figura 5. Gráfico Biplot del Análisis de Componentes Principales realizado para las variables y observaciones del ensayo del efecto de la madurez de cosecha. SL: período de maduración de 3 días a 20°C luego del almacenaje refrigerado.

Para aquellas variables que tuvieron mayor influencia en el ACP se realizaron análisis de la varianza (ANDEVA) para detectar diferencias estadísticamente significativas considerando la interacción entre los factores estado de madurez y momento de evaluación. Para CSS se confirmó que el estado de madurez M2 obtuvo los mayores valores (Figura 6).

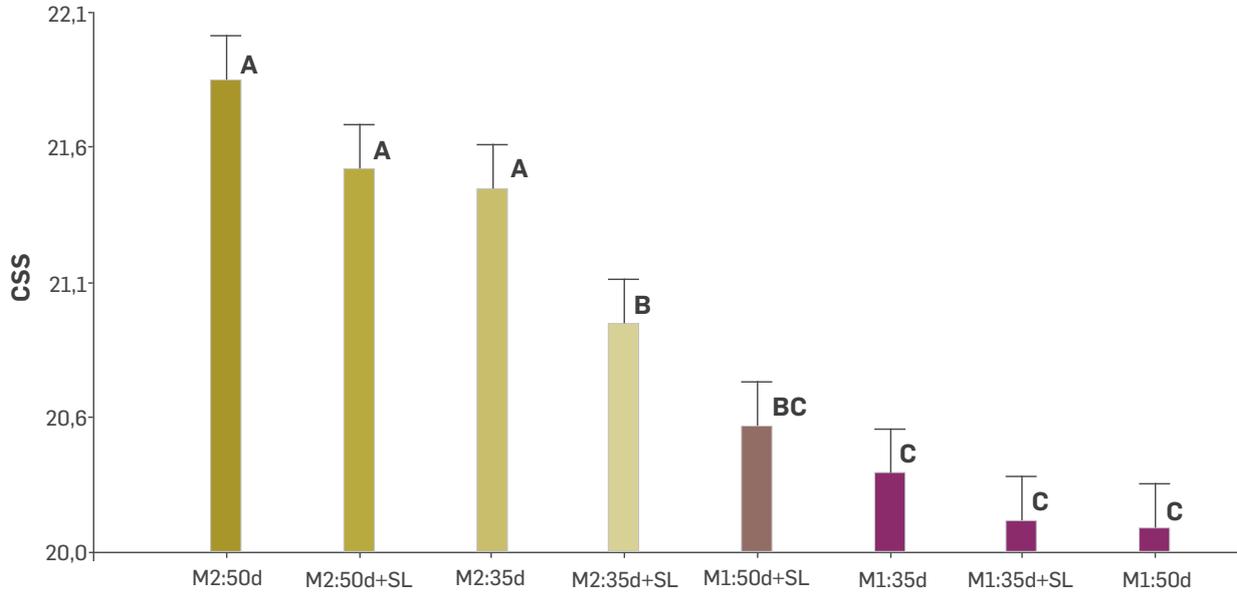


Figura 6. Gráfico de barras para ANDEVA de la variable CSS. Letras distintas entre las columnas indican diferencias significativas al 5%. SL: período de maduración de 3 días a 20°C luego del almacenaje refrigerado.

Para el índice de absorbancia de la clorofila (I_{AD}) no hubo interacción entre los factores, y las diferencias significativas se dieron en función del momento de evaluación (Figura 7). Estos resultados indican que los frutos de ciruela europea D'Agen van perdiendo el contenido de clorofila durante la postcosecha.

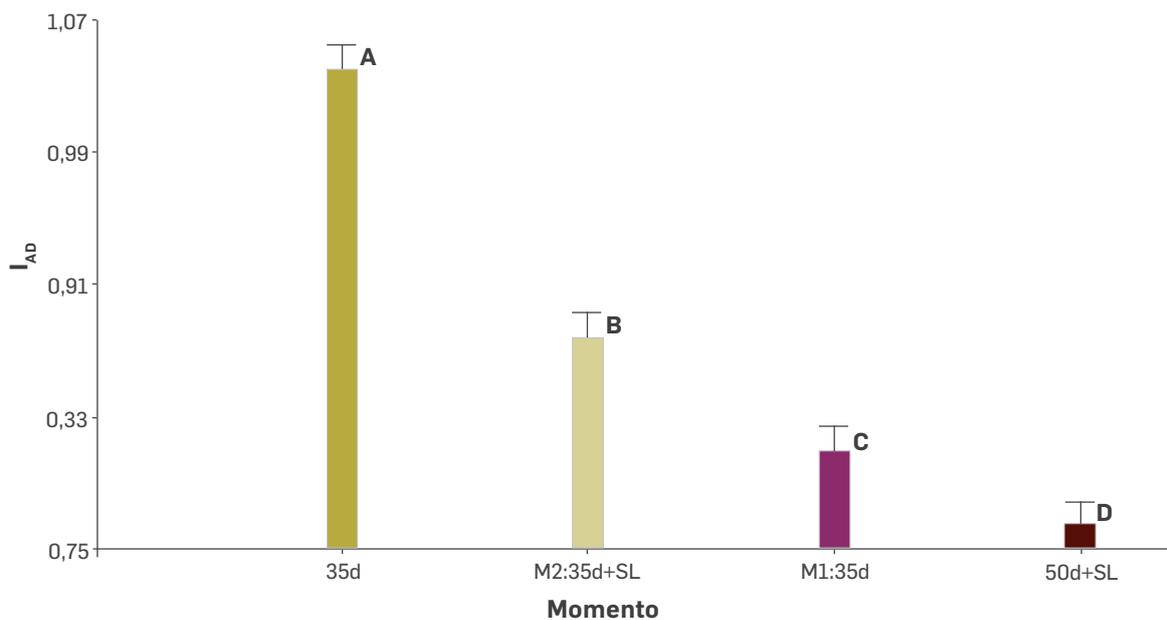


Figura 7. Gráfico de barras para ANDEVA de la variable I_{AD} . Letras distintas entre las columnas indican diferencias significativas al 5%. SL: período de maduración de 3 días a 20°C luego del almacenaje refrigerado.

El Croma corresponde a una medida de la saturación del color. Esto se traduce en cuán puro es el color que se está midiendo. Toma valores entre el 0 y 100, donde valores cercanos a 0 implican que el color es más “apagado” o grisáceo, lo que puede traducirse, para este caso, en pardeamiento de la pulpa. Los resultados del AN-DEVA (Figura 8) muestran que el Croma es significativamente más bajo para todas las evaluaciones realizadas después de un período de maduración, es decir, que la manifestación del pardeamiento es mayor después de un período a 20°C.

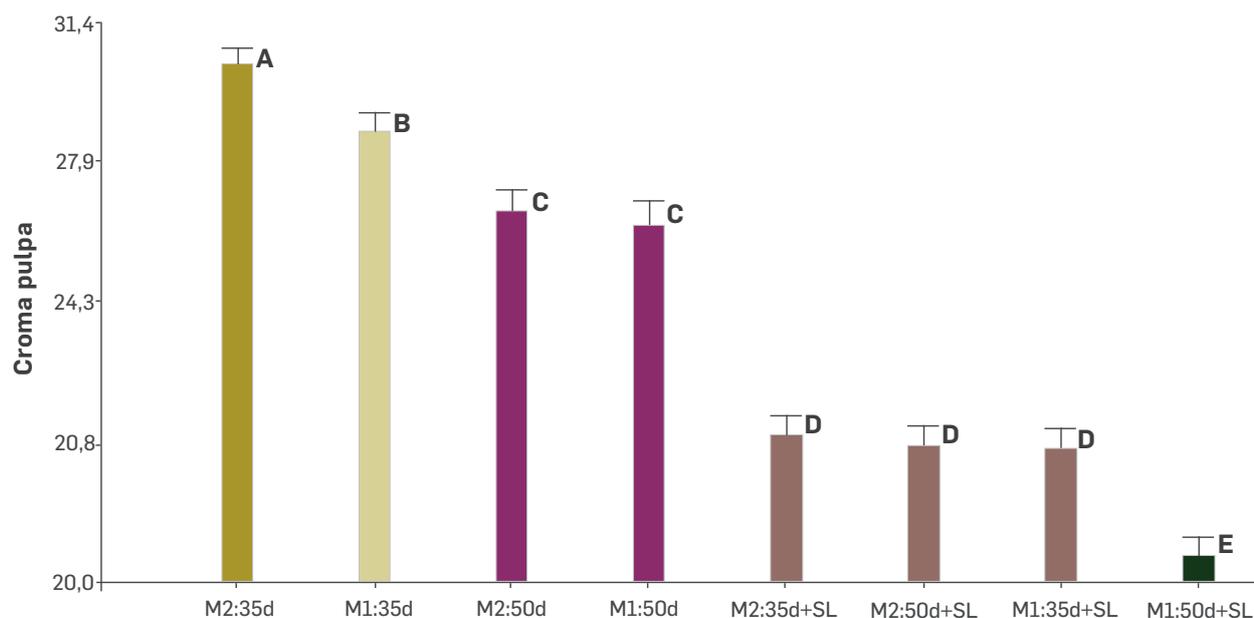


Figura 8. Gráfico de barras para ANDEVA de la variable Croma de la pulpa. Letras distintas entre las columnas indican diferencias significativas al 5%. SL: período de maduración de 3 días a 20°C luego del almacenaje refrigerado.

En relación con la firmeza de la pulpa, existen diferencias significativas asociadas a la interacción de factores (Cuadro 2) para los tres tipos de medición (FirmPro, presionómetro manual y Durofel) siendo más firmes aquellos frutos que se midieron a salida de frío (T1 y T5). Los frutos más blandos se vieron para ambos estados de madurez luego de 50 días en frío más el período de maduración a 20°C (T4 y T8), confirmando que el climaterio de la fruta ocurre toda vez que la fruta se ha removido del frío y se deja a temperatura ambiente o templada.

Cuadro 2. Valores de mediciones instrumentales de firmeza. SL: período de maduración de 3 días a 20°C luego del almacenaje refrigerado.

Tratamiento	Durofel	Firmpro (gf/mm)	Manual (Lbf)
T1 M1* 35	86,22 a*	645,52 a	5,81 b
T2 M1* 35 + SL	73,83 d	356,89 d	4,15 d
T3 M1*50	76,75 c	479,36 c	5,92 b
T4 M1*50 + SL	61,70 f	291,37 f	3,85 de
T5 M2*35	81,63 b	582,44 b	6,6 a
T6 M2*35 + SL	66,94 e	327,97 e	3,37 f
T7 M2*50	76,87 c	490,47 c	4,98 c
T8 M2*50 + SL	55,95 g	290,91 f	3,62 ef

* Letras diferentes dentro de una columna indican diferencias significativas al 5 %.

Como la variable pardeamiento es de naturaleza categórica la distribución de los datos no sigue una curva normal, por lo que se realizó un análisis multivariado de correspondencia, donde se obtiene como resultado un gráfico en el cual las distancias entre los factores indican asociaciones significativas (Figura 9). Los resultados arrojan que los frutos que presentaron mayor grado de pardeamiento (4) son aquellos que se midieron en los momentos 35d+SL y 50d+SL, de manera similar a los resultados del análisis del Croma de la pulpa y no se ve un efecto importante debido al estado de madurez.

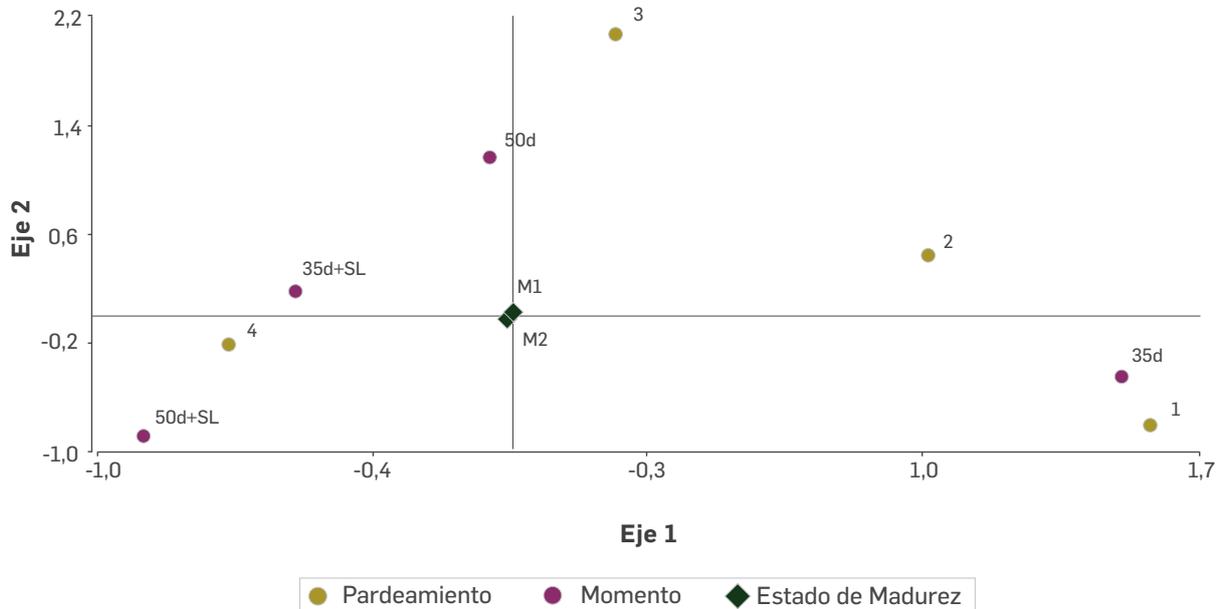


Figura 9. Gráfico de Análisis de Correspondencia Múltiple para las variables Pardeamiento, Momento y Estado de Madurez del ensayo del efecto de la madurez de cosecha. SL: período de maduración de 3 días a 20°C luego del almacenaje refrigerado.

Conclusiones

Se diferenciaron los dos estados de madurez de cosecha, principalmente por el contenido de sólidos solubles. La firmeza disminuye cuando la fruta se deja madurar a 20°C. La intensidad del pardeamiento, medido con la escala de intensidad visual y el Croma de la pulpa, fue mayor a salida de frío más un período de maduración a 20°C. La inducción de los desórdenes fisiológicos ocurre con un almacenaje prolongado, pero la manifestación de los daños ocurre principalmente luego de un período de maduración posterior.

Ensayo "Efecto de la orientación del fruto en el árbol sobre la calidad del fruto de ciruelo europeo"

Según el gráfico Biplot obtenido de un análisis inicial de componentes principales (Figura 10) el CP1 quedó definido principalmente por las variables: FirmPro y Croma de la pulpa y piel, alcanzando la mayor proyección hacia la derecha del gráfico, mientras que a la izquierda por pardeamiento y "escala hedónica" que mide porcentaje de color de cubrimiento en una escala de intensidad de 1 a 4. El CP2 está definido en su mayoría por la variable acidez.

Del ACP, se puede observar que las observaciones se separan en dos grupos marcados, donde las observaciones ubicadas a la izquierda del plano, corresponden a todas las que se evaluaron luego del período de maduración (3 días a 20°C), presentando mayores valores de pardeamiento y porcentaje de color de cubrimiento. Por el contrario, las observaciones ubicadas a la derecha, que son las analizadas inmediatamente a salida del frío, son más firmes, con valor de croma de la pulpa mayor (menos pardas) pero con menor color de cubrimiento. Nuevamente, es el climaterio el responsable de la maduración final de la fruta, que es donde se aprecian mayormente los daños producidos por el almacenaje refrigerado prolongado. En cuanto al CP2 se puede decir que la fruta evaluada luego de 35 días de frío (con y sin período de maduración) presentó mayor acidez. Esto puede deberse a que a medida que avanza la postcosecha de la fruta, la respiración ocupa como sustrato a los ácidos orgánicos. En estos resultados no se ve un efecto claro de la posición de la fruta en el árbol.

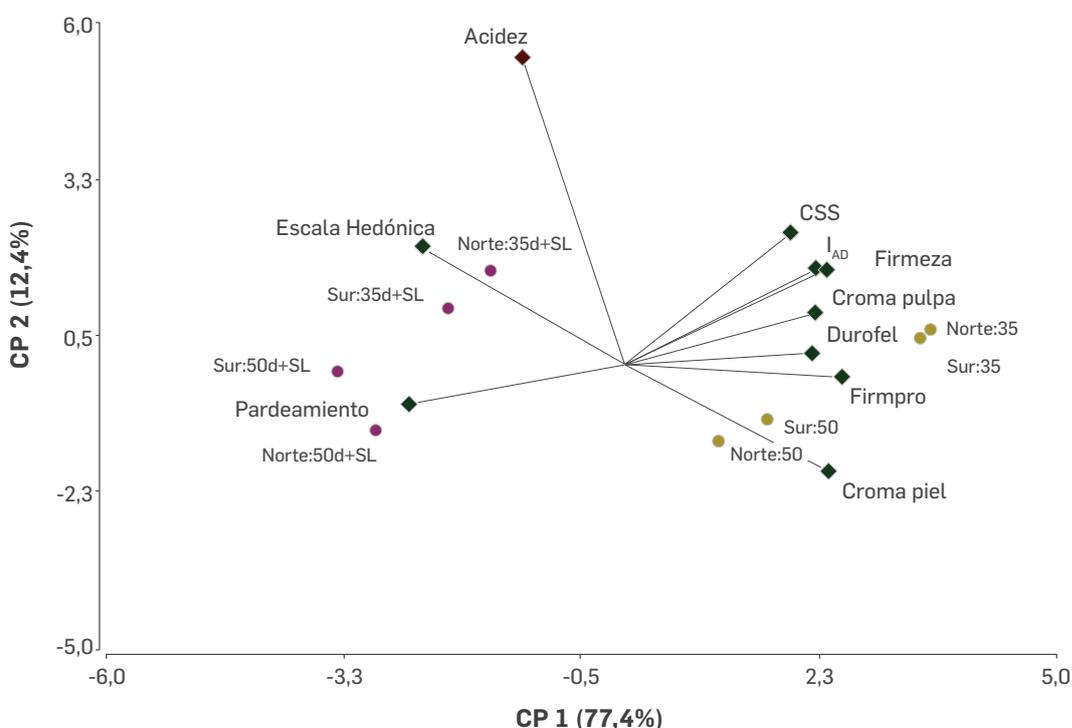


Figura 10. Gráfico Biplot del Análisis de Componentes Principales realizado para las variables y observaciones del ensayo del efecto de la orientación del fruto en el árbol. SL: período de maduración de 3 días a 20°C luego del almacenaje refrigerado.

Con relación a la firmeza medida con equipo FirmPro, se observa que hay interacción entre los factores posición en el árbol y momento de evaluación (Figura 11) siendo la fruta de posición norte y evaluada a salida de 35 días de frío la de mayor firmeza. Se puede observar también, que toda la fruta que se evaluó luego de la salida de frío más un período de maduración es más blanda que las ciruelas evaluadas inmediatamente después de haber sido removidas del frío. En la figura 12 se observa el resultado del ANDEVA realizado para la variable Croma de la pulpa. Nuevamente, la mayoría de las evaluaciones realizadas luego de un período de maduración presentan un cromado de la pulpa más bajo, es decir, más pardas.

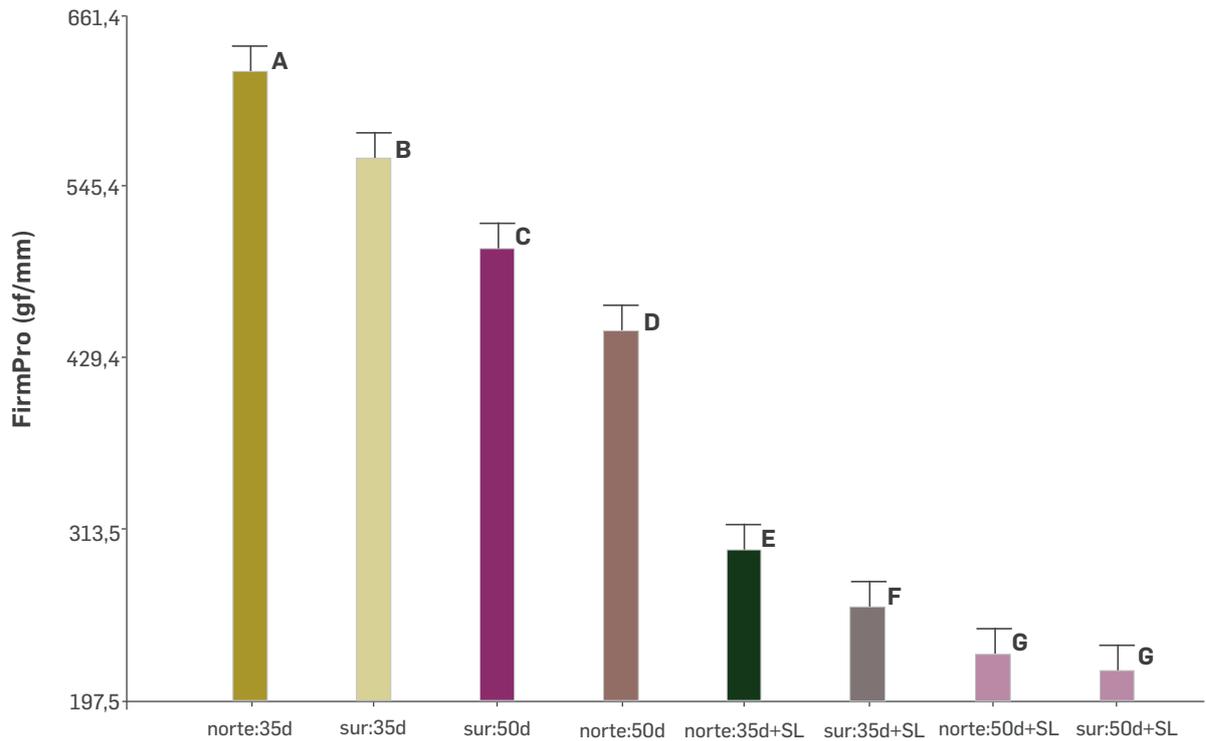


Figura 11. Gráfico de barras para ANDEVA de la variable FirmPro. Letras distintas entre las columnas indican diferencias significativas al 5%. SL: período de maduración de 3 días a 20°C luego del almacenaje refrigerado.

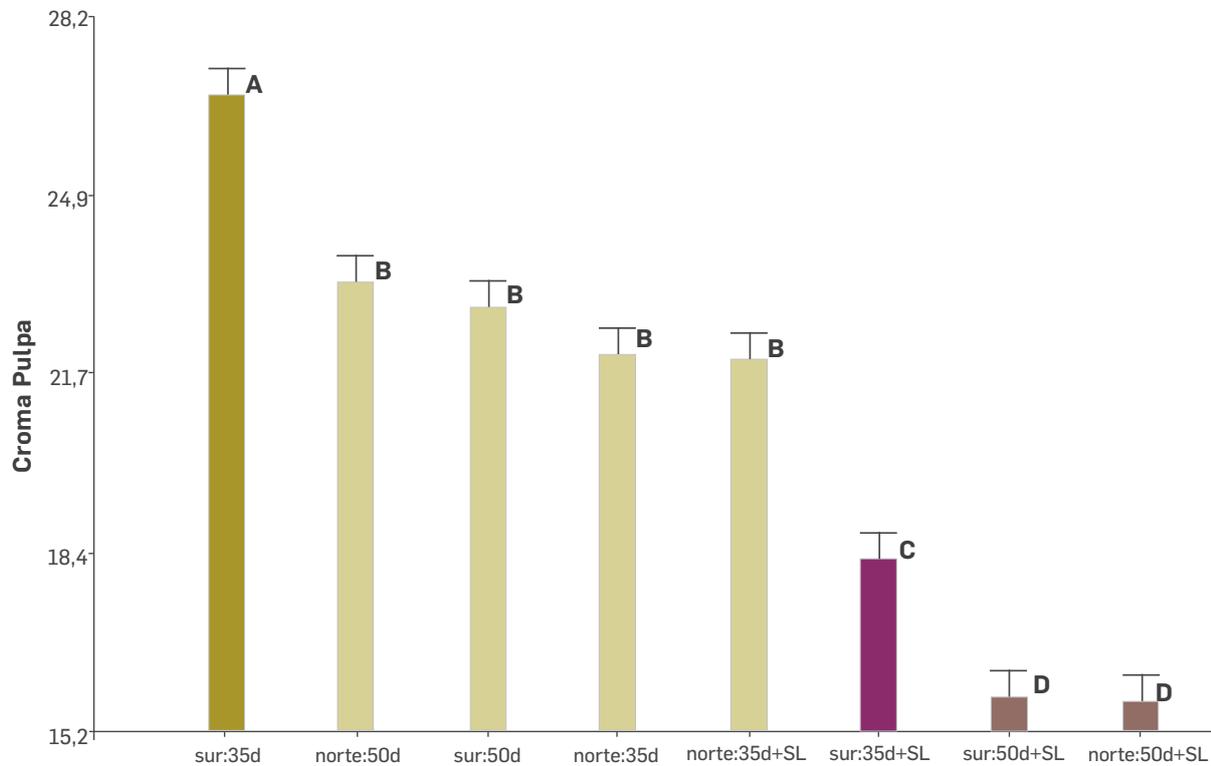


Figura 12. Gráfico de barras para ANDEVA de la variable Cromo de la pulpa. Letras distintas entre las columnas indican diferencias significativas al 5%. SL: período de maduración de 3 días a 20°C luego del almacenaje refrigerado.

En cuanto al pardeamiento detectado por escala visual, el análisis de correspondencia (Figura 13) muestra que la mayor inercia se da principalmente por el momento de evaluación (salida de frío y maduración a 20°C por 3 días), ya que las observaciones que representan la posición de la fruta dentro del árbol se ubican ambas cerca del centro del Biplot. Las evaluaciones con mayor grado de pardeamiento de la pulpa son aquellas que se evaluaron después de 50 días de frío más el período de maduración posterior.

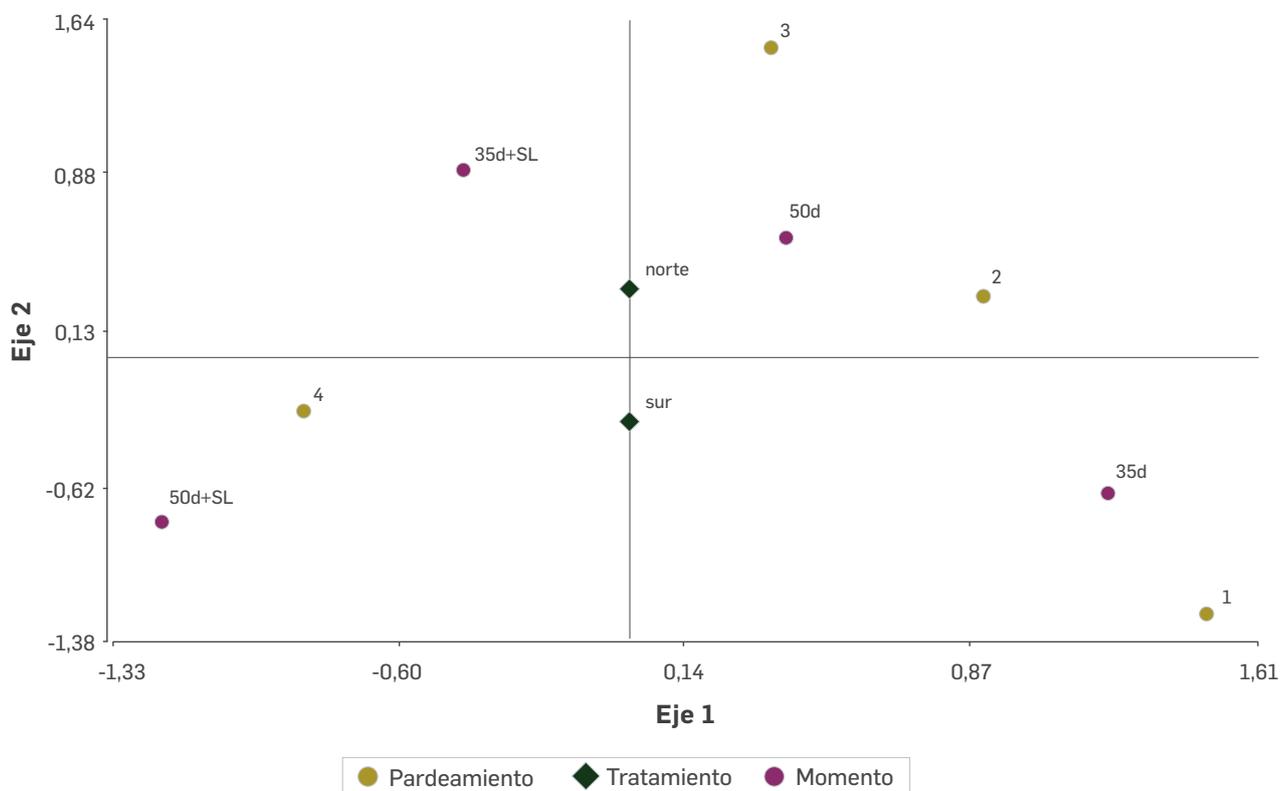


Figura 13. Gráfico de Análisis de Correspondencia Múltiple para las variables Pardeamiento, Tratamiento (posición del fruto en el árbol) y momento de evaluación. SL: período de maduración de 3 días a 20°C luego del almacenaje refrigerado.

El análisis sensorial se realizó a toda la fruta que tuvo un período de maduración posterior a la salida de frío. Esto con el objetivo de que la fruta alcanzara la madurez de consumo, que ocurre cuando se desencadena la última etapa de maduración gracias al climaterio. Para el análisis de las variables de la encuesta CATA se realizaron dos ACP, uno para las características visuales (apariciencia) y el otro para las de sabor (Figura 14 y 15 respectivamente). Se observa que las evaluaciones de la fruta (tanto de posición norte como sur), después de 50 días de almacenaje son las que se encuentran más cercanas al descriptor "pulpa coloreada" (Figura 14). Esto podría estar asociado al pardeamiento de la pulpa, y por ende, aquella fruta que pasó por mayor tiempo de postcosecha refrigerada tendría mayor severidad en el grado de oscurecimiento de la pulpa. Siguiendo la misma línea, las evaluaciones que se realizaron luego de 35 días en frío presentaron mayor cantidad de elección del descriptor "pulpa clara". En cuanto a las características de sabor, son las ciruelas ubicadas en posición sur de la copa aquella que se caracterizó por ser "dulce" y "sabrosa", mientras que las del norte se consideraron más "desabridas" y "poco dulces" (Figura 15). Esto podría explicarse a que, en el momento de la cosecha, la concentración de sólidos solubles fue mayor en las ciruelas posicionadas al sur.

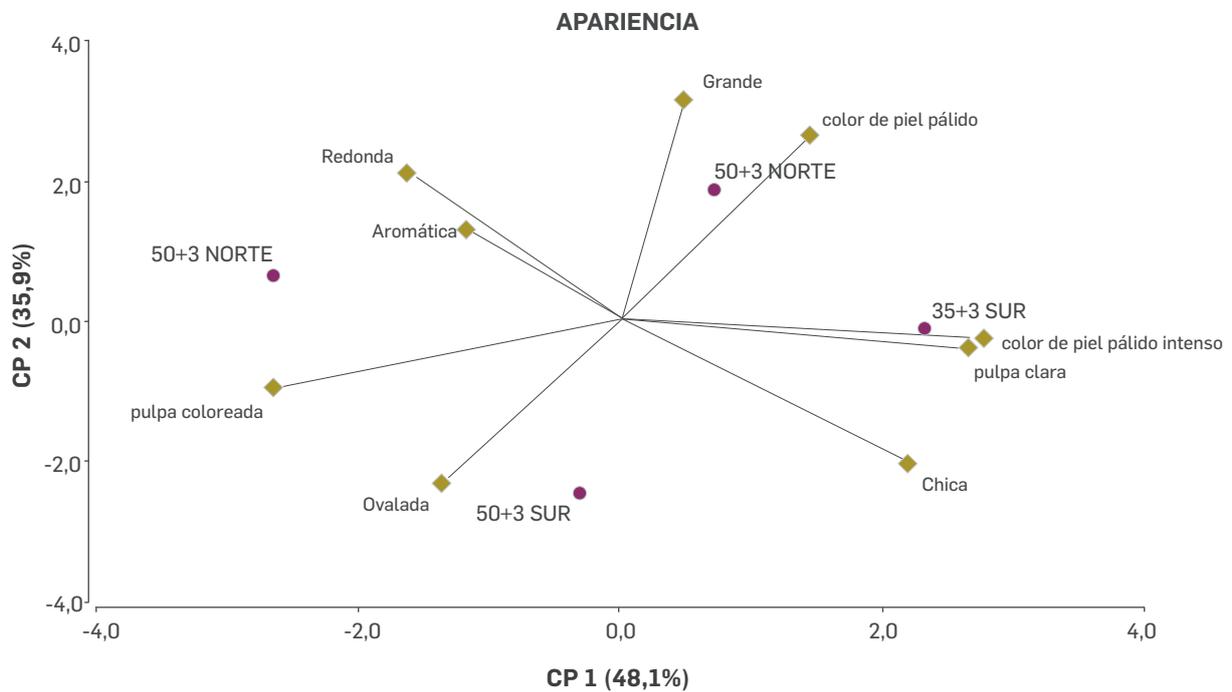


Figura 14. Gráfico Biplot del Análisis de Componentes Principales realizado para las variables de apariencia de la encuesta CATA realizada y observaciones del ensayo del efecto de la orientación del fruto en el árbol.

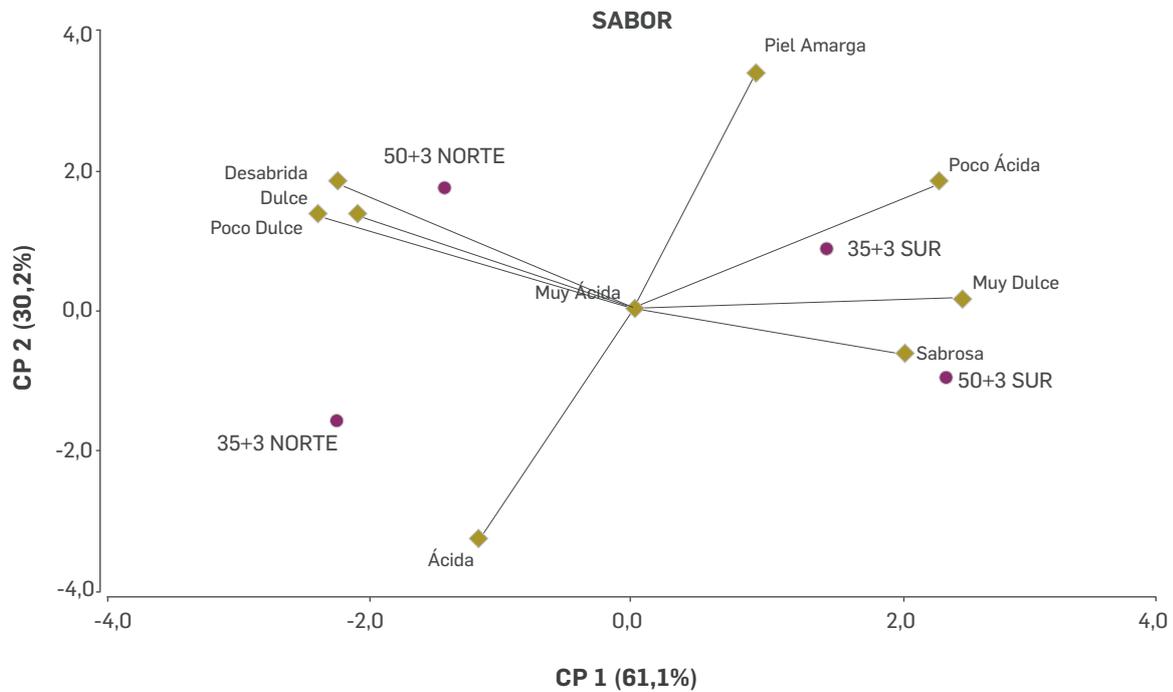


Figura 15. Gráfico Biplot del Análisis de Componentes Principales realizado para las variables de sabor de la encuesta CATA realizada y observaciones del ensayo del efecto de la orientación del fruto en el árbol.

Conclusiones

Para la mayoría de las evaluaciones instrumentales y determinación visual de pardeamiento, las observaciones tienden a diferenciarse en función del momento de la evaluación, siendo determinante si luego del período de almacenamiento refrigerado se dejó o no la fruta a 20°C para la maduración final del fruto.

Diferencias significativas para la interacción de factores posición del fruto en el árbol y momento de evaluación se dieron para las variables firmeza, medida con el equipo FirmPro y el Croma, medido con colorímetro triestímulo.

El pardeamiento tiende a ser mayor en muestras evaluadas después de 50 días de almacenamiento refrigerado más un período de maduración, debido a que el período de inducción de los daños es mayor (35 días versus 50 días). Existe una tendencia a que los consumidores puedan identificar el pardeamiento de la pulpa con el descriptor “pulpa coloreada” para aquellas muestras que se sometieron a 50 días de frío. Para las características de sabor los frutos posicionados al sur de la copa tienden sentirse más dulces y sabrosos que los del norte, principalmente porque el contenido de sólidos solubles de éstos es mayor.



Ensayo "Efecto del tipo de pre enfriado sobre el desarrollo de pardeamiento interno del fruto de ciruelo europeo"

Según los resultados del análisis de componentes principales (Figura 16) se observa que el CP1 está principalmente definido por las variables de firmeza medida con FirmPro y Croma hacia la derecha y pardeamiento hacia la izquierda. El CP2 está definido principalmente por las variables I_{AD} (índice de absorbancia de la clorofila) (parte superior) y CSS hacia (parte inferior). El CP1 divide a las observaciones en dos planos: a la izquierda aquellas que pasaron 52 días en frío y a la derecha las de 38 días. Siendo así, las primeras son aquellas que presentaron mayor incidencia de pardeamiento de la pulpa. Con relación a los tipos de enfriamiento, la fruta hidro enfriada, tanto a los 38 como a los 52 días de almacenaje, es la que presentó mayor cercanía a la variable "pardeamiento", por lo que sería la fruta que presentó mayores daños por frío. Al contrario, los tratamientos de enfriamiento por túnel con aire forzado parecieran ser menos pardos y más firmes. Correlaciones significativas que se obtuvieron entre variables fueron "FirmPro" con "Croma de la pulpa" (0,95); "FirmPro" con "Pardeamiento" (-0,84) y "Croma de la pulpa" con "Pardeamiento" (-0,80). Esto confirma que la medida de la saturación del color de la pulpa es una medida del grado de pardeamiento de la pulpa, y que son inversamente proporcionales.

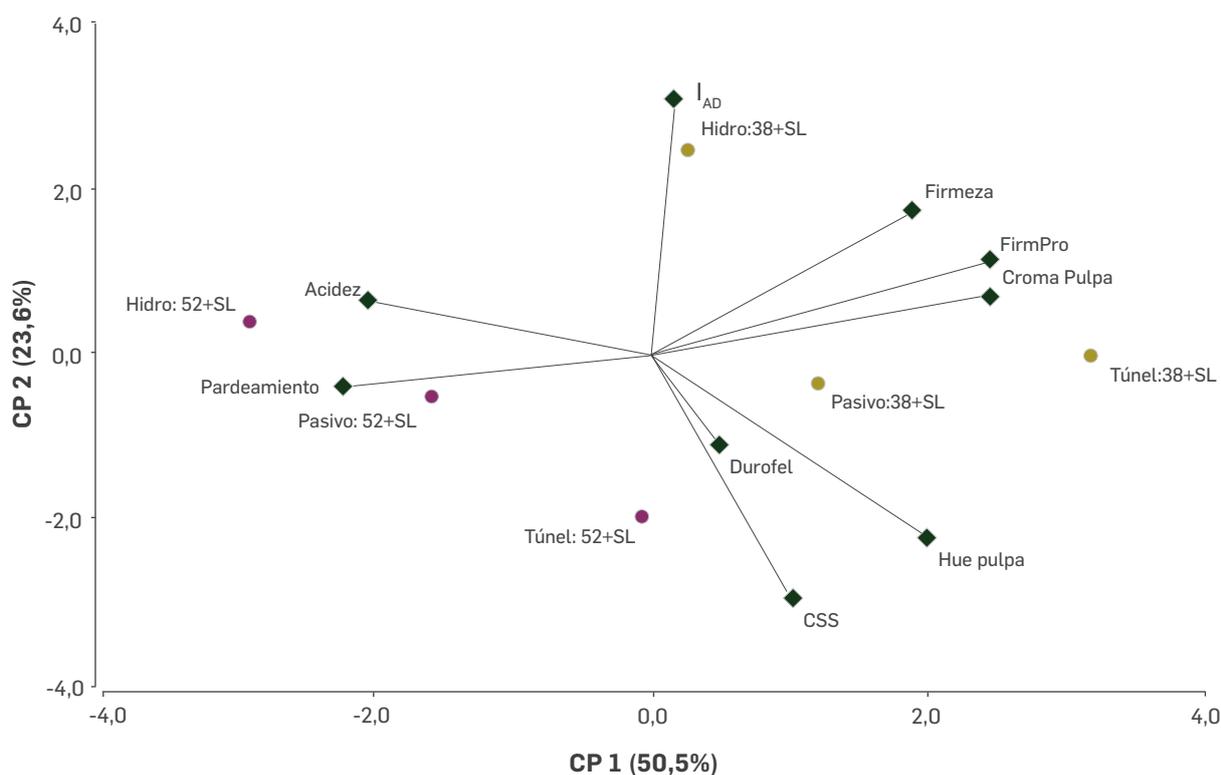


Figura 16. Gráfico Biplot del Análisis de Componentes Principales realizado para las variables instrumentales y observaciones del ensayo del efecto del tipo de pre enfriado. SL: período de maduración de 3 días a 20°C luego del almacenaje refrigerado.

El análisis específico del Cromo de la pulpa no presentó interacción entre los factores momento de evaluación y tipo de pre enfriado (Figura 17). Para ambos momentos de evaluación fue la fruta hidro enfriada aquella que presentó el menor valor de Cromo de la pupa, es decir, con mayor grado de pardeamiento.

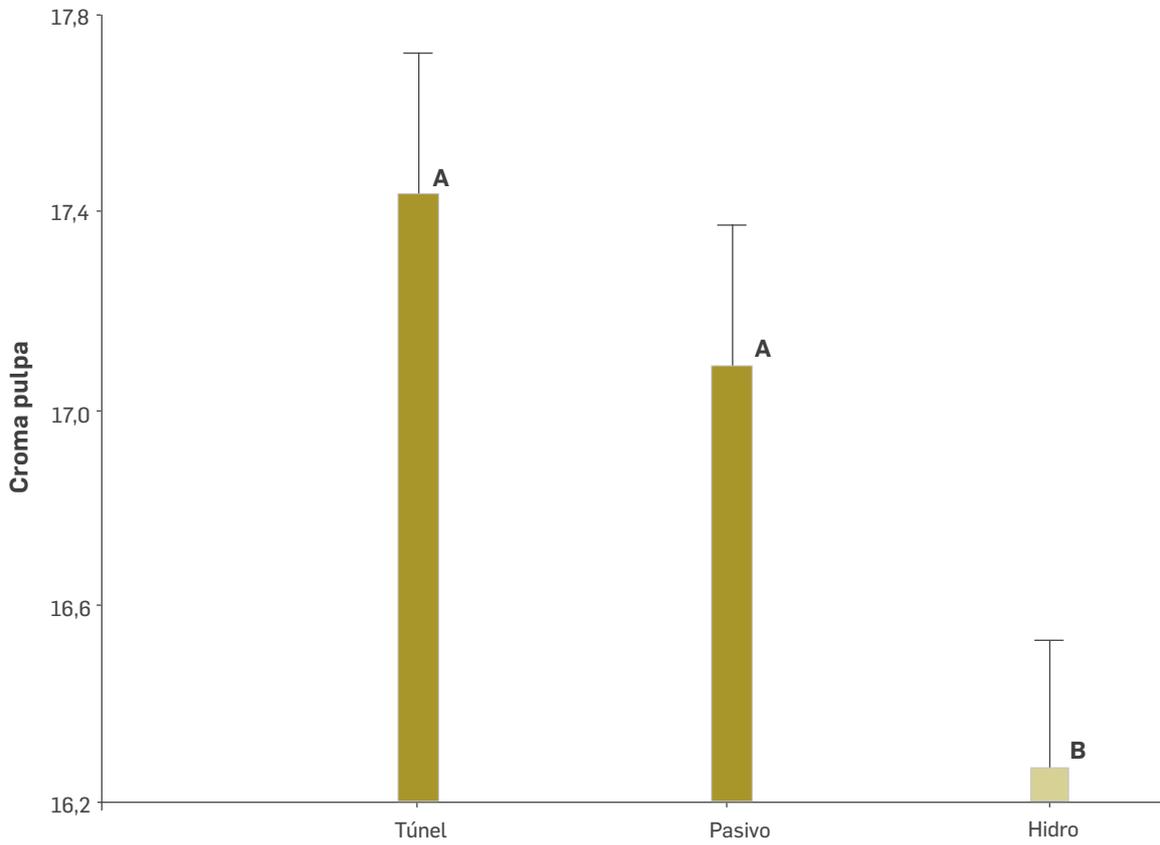


Figura 17. Gráfico de barras para ANDEVA de la variable Cromo de la pulpa. Letras distintas entre las columnas indican diferencias significativas al 5%.

Tampoco existió interacción entre los factores para el modelo de la variable firmeza medida con el equipo FirmPro (Figura 18). Para ambos momentos de evaluación, la firmeza de los tratamientos con preenfriamiento por Túnel con aire forzado alcanzó los mayores valores de firmeza.

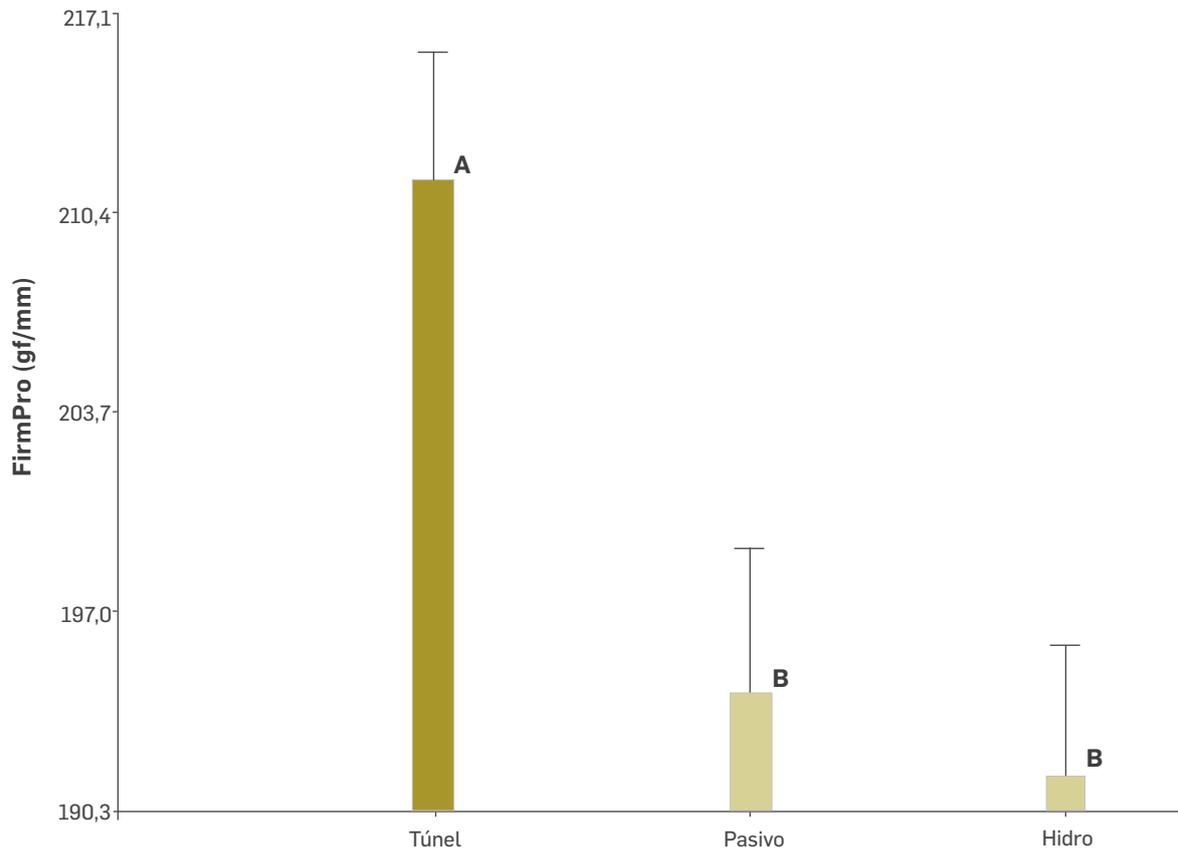


Figura 18. Gráfico de barras para ANDEVA de la variable FirmPro. Letras distintas entre las columnas indican diferencias significativas al 5%.

La figura 19 grafica la asociación entre las variables tipo de enfriado, momento de evaluación y pardeamiento visual de un análisis de correspondencia múltiple. Se aprecia que el mayor grado de pardeamiento lo alcanzarían las muestras que provienen del hidro enfriamiento que pasaron por un período de almacenaje refrigerado de 52 días.

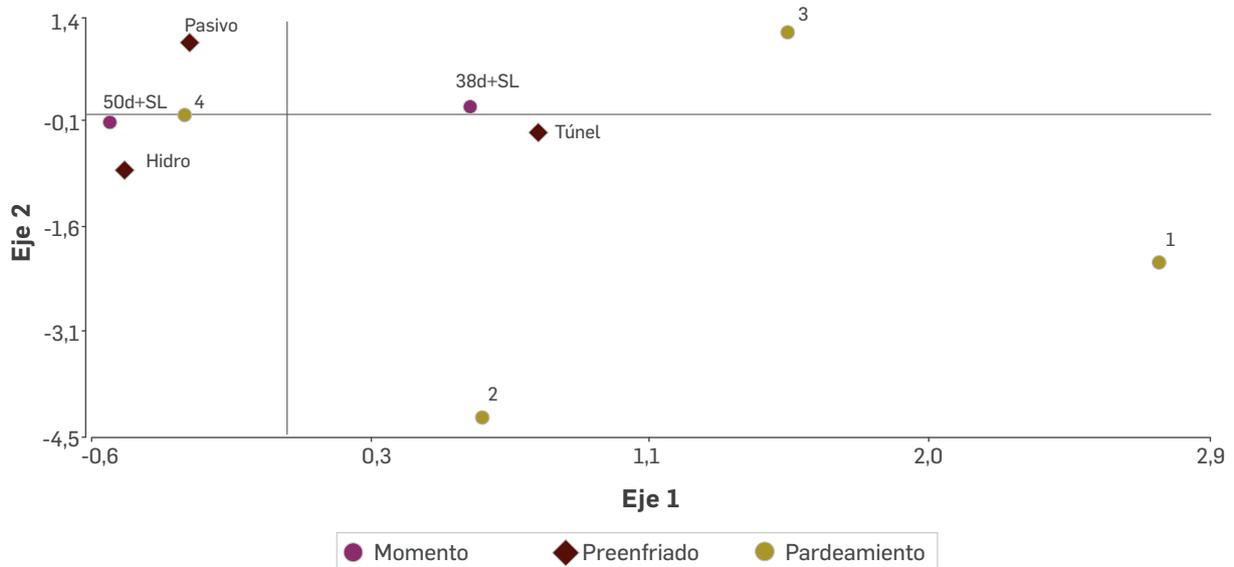


Figura 19. Gráfico biplot del Análisis de Correspondencia Múltiple para las variables Pardeamiento, Momento y Posición de la fruta en el árbol. SL: período de maduración de 3 días a 20°C luego del almacenaje refrigerado.

Conclusiones

El Cromo de la pulpa, es una medida objetiva del color que se correlaciona significativamente con el pardeamiento (medida inversa).

Para cualquier tipo de enfriamiento y tiempo de almacenaje, la fruta presentó pardeamiento. Sin embargo, el hidro-enfriado induce a la fruta a tener menores valores de Cromo de la pulpa y mayor grado de pardeamiento detectado por escala visual.

2.2.3.4 Resultados

Las prácticas agronómicas que se realicen durante la precosecha afectan la calidad de postcosecha. Así con el primer ensayo de poda se demuestra que los consumidores son capaces de detectar diferencias significativas entre los atributos de calidad de la ciruela europea D'Agén. Por lo tanto, se debe considerar siempre el tipo e intensidad de la poda, puesto que el efecto de esta práctica podría abarcar hasta el último eslabón de la cadena productiva: los consumidores.

El I_{AD} es un índice que puede ocuparse como índice de cosecha, pero también para monitorear durante la postcosecha. Esto, debido a la utilización de las propiedades ópticas de la luz, que permite hoy en día hacer selecciones en la línea de embalaje de la fruta, pudiendo abarcar un rango mayor de tiempo con la misma metodología, esto es desde la precosecha hasta la postcosecha.

Los ensayos realizados permiten concluir que la evolución más fuerte de las ciruelas ocurre una vez que se han removido del frío más un período de maduración a 20°C. Es en ese momento donde se manifiestan los mayores cambios, puesto que ocurriría el climaterio desencadenando procesos metabólicos que se manifiestan principalmente en la pérdida de firmeza de la pulpa. Además, se puede apreciar una mayor intensidad del pardeamiento interno.

Finalmente, la incorporación del análisis sensorial permite relacionar datos objetivos con la percepción de los consumidores y dar traducción tangible de la calidad de la fruta a la industria.

Literatura consultada

Kader, A. A. (Ed.). (2011). Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas. UCANR Publications.

Shewfelt, R. L. (1999). *What is quality?. Postharvest biology and technology*, 15(3), 197-200.



3. CONCLUSIONES GENERALES

Las prácticas de manejo evaluadas en el proyecto; poda, aplicación de reguladores de crecimiento y diferentes tipos de enfriamiento y tiempo de almacenaje, presentaron efectos sobre la calidad y condición de la fruta a cosecha y en postcosecha, demostrando que son herramientas que contribuyen a la obtención de fruta de mejor calidad y condición para su exportación en fresco.

La poda demostró ser una práctica efectiva en la regulación de carga frutal, con resultados favorables en el tamaño de frutos y en el contenido de sólidos solubles a medida que se disminuye la carga frutal. Sin embargo, la disminución de la carga frutal disminuye también la producción. Por esto, el desafío para los productores de ciruela europea para el mercado fresco es conseguir el equilibrio entre ambos factores; tamaño de fruto y productividad, para lograr su óptimo económico. Así mismo, es importante que conozcan la respuesta de su huerto a diferentes niveles de carga a lo largo de diferentes temporadas, para de esta manera, definir su intensidad de poda buscando el mejor resultado.

En cuanto a la aplicación de reguladores de crecimiento, demostró que tiene un efecto significativo sobre el tamaño de frutos y sobre la firmeza, dependiendo del producto, dosis y momento de aplicación. Este último punto es importante de considerar para no exceder el límite máximo de residuos.

Finalmente, las prácticas de manejo de precosecha, influyen directamente en la calidad de la fruta a cosecha, y en el comportamiento en postcosecha. Así, según los resultados de este proyecto se observó que la poda afecta la calidad final, siendo los consumidores capaces de detectarla. En cuanto al almacenaje refrigerado prolongado, este produce daños por frío, principalmente el pardeamiento de la pulpa, que se manifiesta con mayor intensidad una vez que la fruta ha sido removida del frío y puesta a temperaturas templadas. El tipo de preenfriado de las ciruelas también influye en la intensidad del pardeamiento interno de la pulpa, siendo el hidro-enfriado el que induce el mayor grado de severidad.

En conclusión, los resultados de este proyecto FIC Transferencia: D'Agén para exportación en fresco, entrega información necesaria y útil para que cada actor de la cadena de producción de ciruela europea pueda tener las herramientas y el conocimiento, para la toma de decisiones, y así nuestra Fruticultura Regional, se posicione y reconozca confiable y de excelencia a nivel global.

UOH Universidad
de O'Higgins

