

Contrato I+D
Estudio de factores predisponentes y medidas de control de
daño por exceso de calor en arándanos
Informe Final

Elaboración

Richard M. Bastías Ibarra, Ing. Agr. Mg. Hort. Ph.D.
Ignacio Urra Urra, Ing. Agr. Mg. Cs.
Constanza Meza Araya, Lic. Agr. Mg. Cs. (c)
Yenifer Badilla, Lic. Agr.

Laboratorio de Fruticultura - Facultad de Agronomía
Universidad de Concepción

Julio de 2024

1 INTRODUCCIÓN

En el presente informe se entregan los principales resultados del estudio de factores predisponentes y medidas de control de daño por exceso de calor en arándanos, cuya investigación fue realizada durante la temporada 2023-2024 en el marco del contrato I+D firmado entre la Asociación de Exportadores de Frutas de Chile A.G. y la Universidad de Concepción.

El estudio fue realizado con el objetivo de i) determinar diferencias de susceptibilidad al daño por altas temperaturas en frutos y ramillas de nuevas variedades de recambio en arándano; ii) evaluar la influencia del grado de inclinación y exposición al sol de cargadores de frutos sobre la incidencia de daño por altas temperaturas; iii) evaluar la efectividad de diferentes alternativas de protectores solares como medidas para el control de daño por olas de calor en arándanos; iv) determinar la eficacia de la aplicación de riego por aspersión en altura sobre el enfriamiento y la reducción del daño por calor en frutos.

Para el cumplimiento de dichos objetivos el estudio se realizó en cuatro etapas, cuyo detalle de actividades ejecutadas y resultados obtenidos se entregan a continuación.

2 SUSCEPTIBILIDAD EN NUEVAS VARIEDADES DE RECAMBIO

2.1 Actividades desarrolladas

En esta etapa del estudio se evaluó el grado de la susceptibilidad al daño por olas de calor en los frutos, hojas y ramillas al daño de los cultivares Luna Blue, Loreto Blue y Arabella Blue, ubicados en el Fundo Alaska (37°25'56.2"S 72°10'44.1"W), 'Blue Ribbon' y 'Legacy' ubicados en Agrícola el Álamo (37°26'17.9"S 72°11'06.0"W), y en el cultivar Apolo ubicado en Agrícola Pizani (37°34'37.4"S 72°09'58.9"W).

En cada cultivar, y en tres momentos cercanos a la cosecha, correspondientes a los días 21 de diciembre de 2023, 10 de enero de 2024 y 19 de enero de 2024, se midió la temperatura de la hoja, la ramilla y del fruto mediante un termómetro infrarrojo modelo 42510A (Extech Instruments, USA). Además, en los mismos órganos se midió la radiación fotosintética activa incidente (PAR) mediante un sensor quantum modelo MQ-200 (Apogee Instruments, USA). Con la información de temperatura y de radiación fotosintética obtenida

se calculó un índice de estrés térmico (IET) en hojas, ramillas y frutos, que relaciona la temperatura con la radiación incidente.

Para todos los cultivares evaluados se evaluó la calidad y condición de la fruta en tres momentos: i) peak de cosecha, ii) simulando un retraso de cosecha de 7 días y iii) tras un periodo de almacenaje de postcosecha de 35 días a 0 °C, más 2 días a 5 °C, más 2 días a 10 °C. Dentro de los parámetros se determinó el grado de deshidratación de frutos mediante una escala entregada por el Comité de Arándanos (Figura 1). Además, se midió la incidencia de golpe de sol evaluando su incidencia en términos de deshidratación, necrosis y manchado o pobre coloración de frutos (Figura 2). Finalmente, y para los mismos momentos se evaluó la firmeza (g mm^{-1}) y diámetro (mm) de frutos con un equipo analizador de firmeza modelo Firmpro (Happyvolt, Santiago, Chile), y el contenido de sólidos solubles ($^{\circ}\text{Brix}$) y acidez (%) con un refractómetro digital modelo PAL-BX/ACID F5 (Atago, Japón).

Figura 1

Escala de deshidratación de frutos usada en la evaluación de arándanos



Figura 2

Síntomas de tipo de daño por golpe de sol de frutos usada en la evaluación de arándanos.



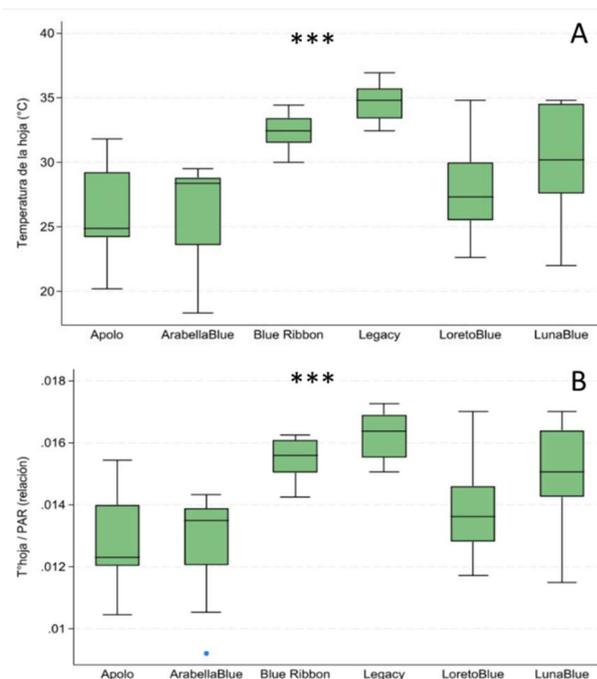
2.2 Resultados

2.2.1 Indicadores de estrés térmico

A nivel de las hojas, se observó diferencias significativas entre los cultivares para la temperatura promedio de la hoja ($p < 0,0001$) (Figura 3A) y el IET de la hoja ($p < 0,0001$) (Figura 3B). En este caso, los cultivares Blue Ribbon y Legacy presentaron temperaturas de hoja entre 6 a 8 °C más altas que las observadas en los demás cultivares (Figura 3A). Además, tanto 'Blue Ribbon' como 'Legacy' mostraron un IET de la hoja un 13%, 19% y un 21% mayor a los observados en 'Loreto Blue', 'Apolo' y 'Arabella Blue', respectivamente (Figura 3B).

Figura 3

Indicadores de temperatura (°C) (A) e índice de estrés térmico (B), en hojas de diferentes cultivares de arándanos. ns; *, **, ***; no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p < 0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.

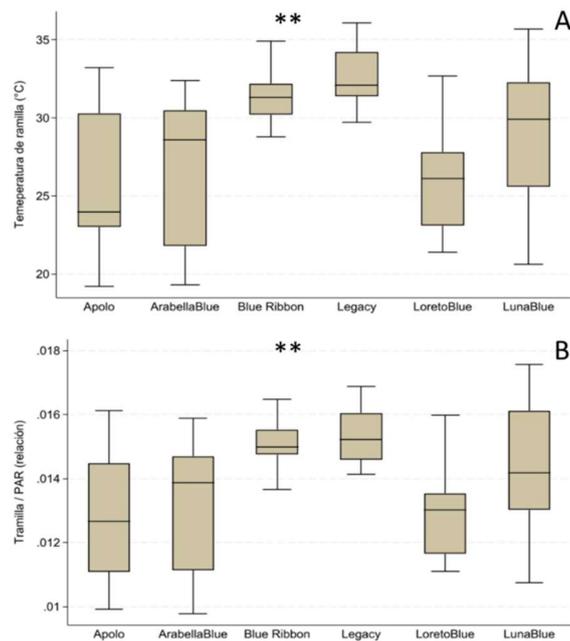


Por otra parte, a nivel de las ramillas, se observó diferencias significativas entre cultivares para la temperatura promedio de la ramilla ($p = 0,002$) (Figura 4A) y el IET de la ramilla ($p = 0,007$) (Figura 4B). En este caso, los cultivares 'Blue Ribbon' y 'Legacy' presentaron temperaturas de ramillas 4 a 5 °C más altas que las observadas en los demás cultivares (Figura 4A). Además, tanto 'Blue Ribbon' como 'Legacy' mostraron un IET de la

ramilla entre un 15 y 16% mayor a los observados en 'Loreto Blue', 'Apolo' y 'Arabella Blue', respectivamente (Figura 4B).

Figura 4

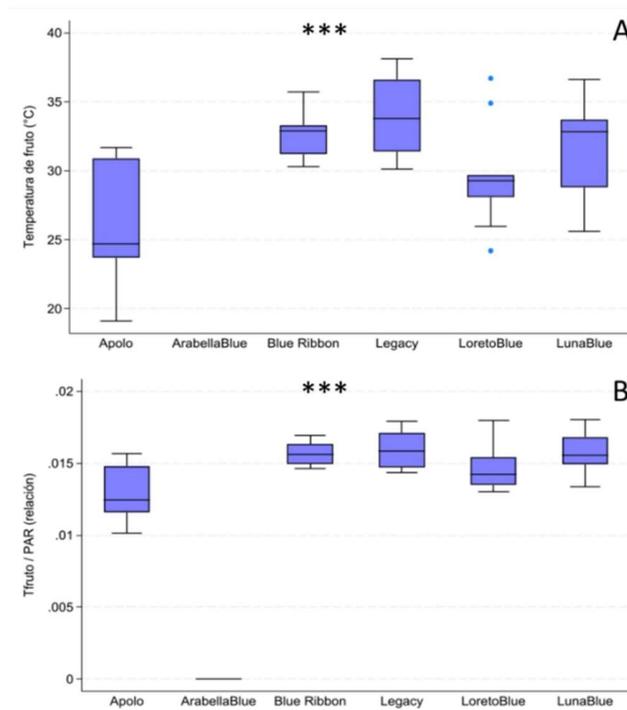
Indicadores de estrés térmico de temperatura (A) e índice de estrés térmico (B), en ramillas de diferentes cultivares de arándano. ns; *; **; ***; no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p < 0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.



Por otra parte, también se observó diferencias significativas entre cultivares para la temperatura promedio del fruto ($p=0,0002$) (Figura 5A) y el IET del fruto ($p=0,0004$) (Figura 5B). En este caso, 'Legacy' y 'Blue Ribbon' presentaron una temperatura de frutos $9\text{ }^{\circ}\text{C}$ mayor a la observada en 'Apolo' y $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ más alta que la observada en 'LoretoBlue' (Figura 5A). Además, 'Legacy' y 'Blue Ribbon' mostraron un IET del fruto un 19% y un 8% mayor a los observados en 'Apolo' y 'Loreto Blue', respectivamente (Figura 5B).

Figura 5

Indicadores de estrés térmico de temperatura (A) e índice de estrés térmico (B), en frutos de diferentes cultivares de arándano. ns; *, **, ***; no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p < 0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.



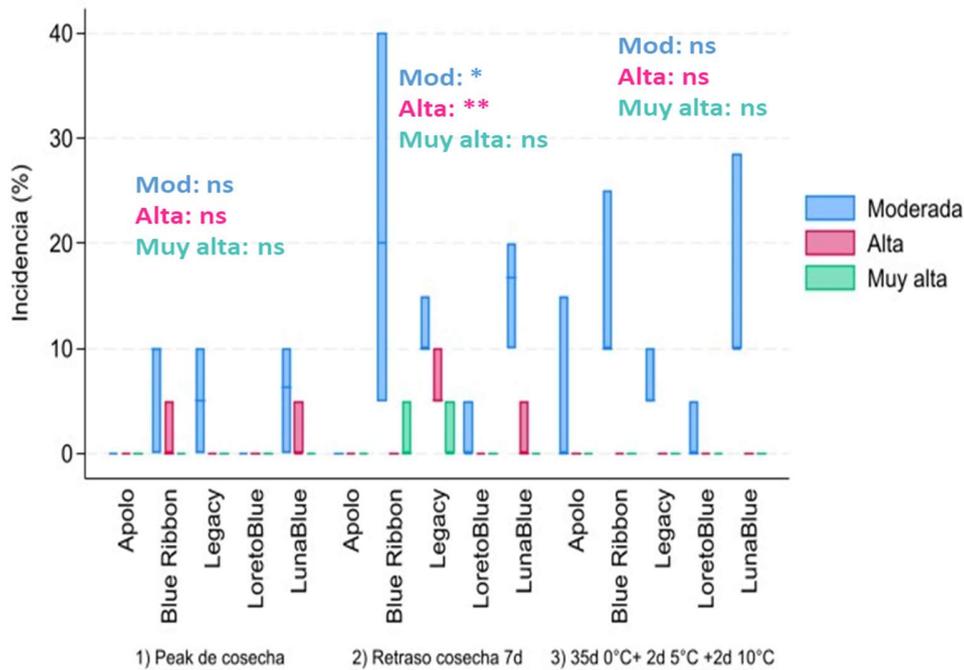
2.2.2 Calidad y condición de fruta

2.2.2.1 Deshidratación de frutos

Al retrasar la cosecha en 7 días, se observó diferencias significativas entre cultivares para la deshidratación de frutos de tipo moderada y alta (Figura 1). En el caso de la deshidratación de tipo moderada, 'Blue Ribbon' presentó los mayores porcentajes de deshidratación de frutos (22%), mientras que 'Apolo' fue el cultivar que presentó la menor incidencia del daño (0%) ($p=0,045$). Por otro lado, en cuanto a la deshidratación de tipo alta, 'Legacy' mostró los mayores niveles de deshidratación de frutos (7%), no observándose diferencias significativas entre los demás cultivares ($p=0,0046$) (Figura 6).

Figura 6

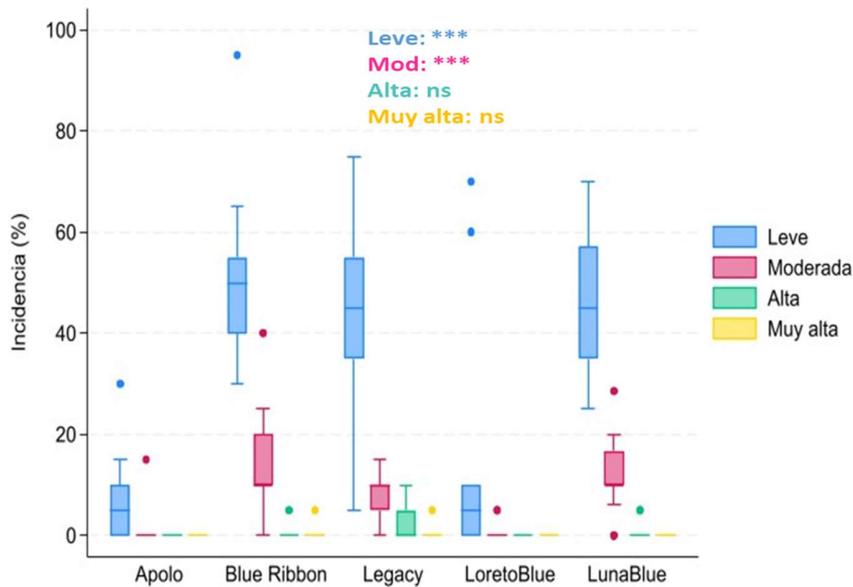
Incidencia (%) de deshidratación de frutos en diferentes cultivares de arándanos medida en el peak de cosecha, retraso de cosecha de 7 días y luego de almacenaje en postcosecha. ns; *, **, ***; no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p < 0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.



Al evaluar la incidencia de deshidratación considerando el promedio de los tres momentos de evaluación, se observó diferencias significativas entre cultivares para la deshidratación de tipo leve ($p=0,0001$) y moderada ($p=0,0006$). En el caso de deshidratación de tipo leve, 'Loreto Blue' y 'Apolo' mostraron una incidencia un 67% y un 86% menor a la observada en 'Blue Ribbon', mientras que, para la deshidratación de tipo moderada, esta diferencia entre cultivares fue de un 92% y un 88%, respectivamente (Figura 7).

Figura 7

Incidencia promedio (%) de deshidratación de frutos en diferentes cultivares de arándanos. ns; *, **, ***; no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p < 0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.



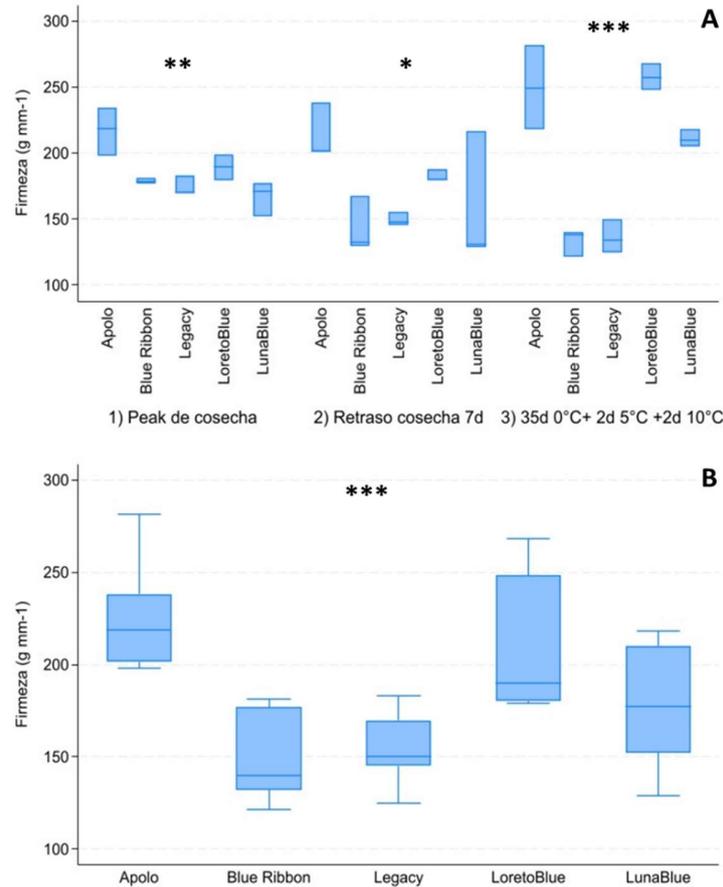
2.2.2.2 Firmeza de frutos

Al momento del peak de cosecha, se observaron diferencias significativas en la firmeza de frutos entre los cultivares evaluados ($p=0,003$). En este caso 'Apolo' y 'Loreto Blue' presentaron una firmeza de frutos un 30% y un 13% mayores a la registrada en 'Luna Blue', la cual mostró la fruta más blanda (Figura 8A). Por otra parte, al retrasar la cosecha en 7 días, se observó los mayores niveles de firmeza en frutos del cultivar 'Apolo' siendo un 49% más firmes que en 'Blue Ribbon', el cual presentó la fruta significativamente más blanda ($p=0,045$) (Figura 8A). Por otro lado, tras el periodo de almacenaje en postcosecha, 'Loreto Blue' y 'Apolo' presentaron una firmeza de frutos un 93% y un 87% mayores a la observada en 'Blue Ribbon' y 'Legacy'; cuyos últimos cultivares presentaron la fruta más blanda ($p < 0,0001$) (Figura 8A).

Finalmente, al considerar la firmeza promedio de los 3 momentos de evaluación, confirmó la diferencia significativa entre cultivares ($p < 0,0001$), siendo 'Apolo' y 'Loreto Blue' los que presentaron la mayor firmeza de frutos, la que fue un 49% y un 38% mayor respecto a 'Blue Ribbon' (Figura 8B).

Figura 8

Firmeza de frutos medida en el peak de cosecha, retraso de cosecha de 7 días y tras almacenaje en postcosecha (A) y promedio de 3 momentos (B) en diferentes cultivares de arándanos. ns; *, **, ***; no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p < 0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.



2.2.2.3 Otros parámetros de calidad

Otros parámetros de calidad evaluados fueron el diámetro de frutos, contenido de sólidos solubles y porcentaje de acidez, cuyos resultados se entregan en el Anexo 1. En cuanto al diámetro de frutos y al momento del peak de cosecha, 'Loreto Blue', mostró un diámetro de frutos un 6%, 7%, 10% y 18% mayor a 'Blue Ribbon', 'Legacy', 'Apolo' y 'LunaBlue', respectivamente ($p < 0,0001$). Además, al retrasar la cosecha en 7 días, 'Loreto Blue' presentó un tamaño de frutos entre un 11 y un 19% mayor al observado en los demás cultivares ($p = 0,003$). Por otro lado, tras el periodo de almacenaje en postcosecha, nuevamente 'Loreto Blue' mostró un diámetro de frutos entre un 7 y un 12% mayor a 'Legacy', 'Apolo' y 'Luna Blue' ($p = 0,01$). Finalmente, al considerar el promedio de los 3 momentos de evaluación,

'Loreto Blue' mostró un diámetro de frutos un entre un 7 y un 16% mayor al observado en 'los demás cultivares estudiados ($p < 0,0001$).

En cuanto al contenido de sólidos solubles (SS) y al momento del peak de cosecha, no se encontraron diferencias significativas entre cultivares ($p > 0,05$). Al retrasar la cosecha 7 días, en el cultivar 'Legacy' la SS fue un 27%, 31% y un 44% mayor al observado en 'Loreto Blue', 'Apolo' y 'Luna Blue' ($p = 0,006$). En el periodo de almacenaje en postcosecha no se observaron diferencias de SS entre cultivares ($p > 0,05$). Al considerar el contenido de SS promedio de los 3 momentos de evaluación, este valor fue 24% mayor en 'Legacy' en relación con el de 'Luna Blue' ($p = 0,02$).

El grado de acidez de los frutos también se vio alterado por el cultivar. Al momento del peak de cosecha, 'Loreto Blue' mostró una acidez un 53%, 59% y un 63% mayor a la observada en 'Blue Ribbon', 'Legacy' y 'Apolo', respectivamente ($p = 0,02$). Al retrasar la cosecha en 7 días, el cultivar 'Luna Blue' mostró un contenido de acidez un 53%, 65% y 69% mayor al observado en 'Legacy', 'Blue Ribbon' y 'Apolo', respectivamente ($p = 0,01$). Durante el periodo de almacenaje, 'Loreto Blue' mostró una acidez de frutos de un 28%, 52%, 59% y 62% mayor al observado en 'Luna Blue', 'Legacy', 'Blue Ribbon' y 'Apolo', respectivamente ($p < 0,0001$). Finalmente, al considerar la acidez promedio de los 3 momentos de evaluación, el cultivar 'Loreto Blue' mostró el mayor contenido de acidez, siendo un 52%, 56% y 62% mayor al observado en 'Legacy', 'Blue Ribbon' y 'Apolo', respectivamente ($p < 0,0001$).

2.3 Conclusiones más relevantes

Existen diferencias de índices de estrés térmico (IET) entre los cultivares evaluados. En este sentido, los cultivares 'Legacy' y 'Blue Ribbon' mostraron los valores más altos de IET en frutos, hojas y ramillas, mientras que los cultivares 'Loreto Blue' y 'Apolo' mostraron los valores más bajos de este indicador.

Se encontraron diferencias en la incidencia de deshidratación y ablandamiento de frutos entre los cultivares. Los cultivares 'Loreto Blue' y 'Apolo' mostraron la menor incidencia de deshidratación y mayor firmeza de frutos, mientras que 'Blue Ribbon' y 'Legacy' presentaron la mayor cantidad de frutos deshidratados y de fruta más blanda.

Las diferencias de deshidratación y firmeza de frutos estarían relacionadas con la variación de IET entre cultivares. Estos resultados estarían indicando que es posible utilizar

este IET para predecir la susceptibilidad a deshidratación y ablandamiento de frutos en cultivares de arándanos frente al riesgo de daño por olas de calor.

3. GRADO DE INCLINACIÓN Y DE EXPOSICIÓN AL SOL DE CARGADORES

3.1 Actividades desarrolladas

Se estudió el efecto del grado de apertura y exposición al sol de cargadores de fruta (cañas) en el cultivar Apolo, ubicado en Agrícola Pizani ($37^{\circ}34'37.4''\text{S}$ $72^{\circ}09'58.9''\text{W}$) y en huertos plantados en 2 orientaciones de hilera (Norte-Sur y Este-Oeste). El grado de inclinación al sol se estableció a través de los siguientes tratamientos: i) planta con apertura de hábito normal ii) planta con una apertura de 30° , iii) planta con una apertura de 60° . Las cañas fueron fijadas en su grado de inclinación mediante la utilización de tutores plásticos de 11 mm de grosor y 1,2 m de longitud (Figura 9).

Figura 9

Detalle de grados de inclinación al sol estudiados en arándanos 'Apolo'.

Ángulo 30°



Ángulo 60°



Ángulo abierto (control)



Para cada sentido de orientación de hileras y grado de inclinación y en 3 momentos cercanos a la cosecha (21 de diciembre de 2023, 10 de enero de 2024 y 19 de enero de 2023) se cuantificó la variación de la temperatura del fruto ($^{\circ}\text{C}$) mediante un termómetro infrarrojo modelo 42510A (Extech Instruments, USA) en hojas, ramillas y frutos.

Se evaluó el efecto sobre aspectos de calidad y condición de fruta siguiendo el mismo protocolo utilizado en el estudio de susceptibilidad de variedades de recambio (punto 2).

3.2 Resultados

3.2.1 Temperatura de frutos

Solo se apreció efecto significativo del grado de inclinación de cargadores en la temperatura de frutos para el huerto de arándanos plantado con orientación Norte-Sur (Figura 10), no así en el huerto plantado en orientación Este-Oeste (Figura 11). Para el huerto plantado en orientación Norte-Sur y en las tres fechas de evaluación las diferencias significativas de temperatura de frutos se apreciaron en los momentos más cálidos del día (entre las 13:00 y 16:00 horas). Durante la primera fecha de evaluación (21 de diciembre de 2023) la inclinación de cargadores en un ángulo de 60° redujo la temperatura promedio de los frutos en cerca de 5 °C, mientras que la inclinación de 30° la redujo en aproximadamente 9 °C (Figura 10). Para la segunda fecha (10 de enero de 2024) ambos tratamientos (30° y 60° de inclinación) redujeron la temperatura de frutos en cerca de 7 °C ($p=0,002$) en relación con aquellas plantas que crecieron con cargadores totalmente abiertos (Figura 10). Durante la tercera fecha (19 de enero de 2024) y a las 13:00 h, ambos tratamientos de inclinación (30° y 60°) redujeron la temperatura del fruto en 4 °C ($p=0,005$), mientras que, a las 16:00 h, solo la inclinación de los cargadores en 30° redujo la temperatura de forma significativa ($p=0,03$) y en 4 °C en comparación a las plantas sin control del grado de inclinación (Figura 10).

Figura 10

Temperatura (°C) de frutos de arándano del cultivar Apolo medida en tres momentos cercanos a la cosecha y en respuesta a la inclinación de cargadores respecto al sol. Huerto plantado en orientación Norte-Sur. ns; *, **, ***, no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p < 0,05$; 0,01 y 0,001, respectivamente.

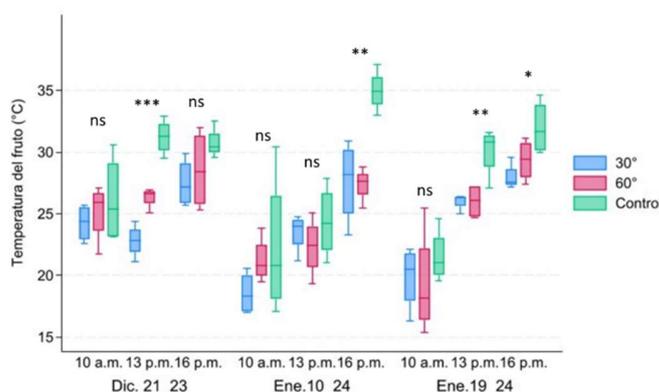
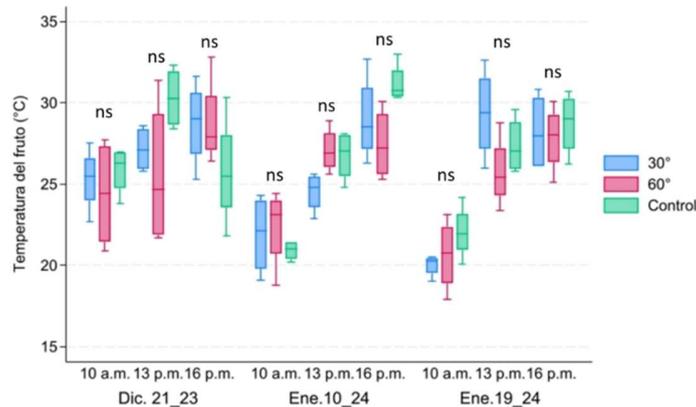


Figura 11

Temperatura (°C) de frutos de arándano del cultivar Apolo medida en tres momentos cercanos a la cosecha y en respuesta a la inclinación de cargadores respecto al sol. Huerto plantado en orientación Este-Oeste. ns; *, **, ***; no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p < 0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.



3.2.2 Calidad y condición de fruta

3.2.2.1 Deshidratación de frutos

No se observó un efecto significativo ($p > 0,05$) de los tratamientos de inclinación de cargadores sobre la incidencia de deshidratación de frutos en ninguno de los momentos de evaluación (Figura 12). No obstante, al considerar la incidencia de deshidratación promedio de los tres momentos de evaluación, el tratamiento de inclinación de los cargadores en 60° redujo significativamente ($p = 0,045$) la deshidratación de frutos en la categoría alta y en un 100% respecto al control de plantas sin inclinación (Figura 13).

Figura 12

Incidencia (%) de deshidratación de frutos medida en el peak de cosecha, retraso de cosecha de 7 días y luego de almacenaje en postcosecha según tratamiento de inclinación de cargadores en huertos de arándanos plantados en orientación Norte-Sur. ns; *, **, ***; no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p < 0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.

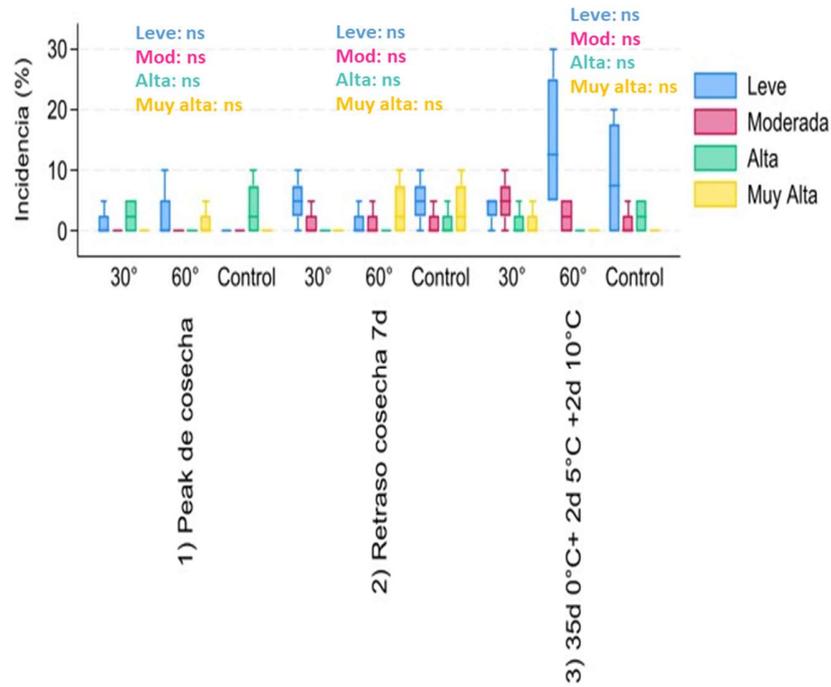
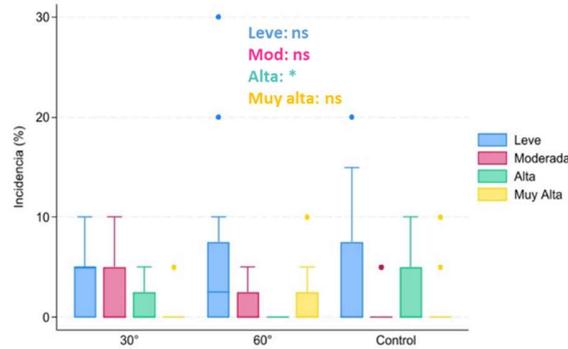


Figura 13

Incidencia (%) de deshidratación de frutos promedio según tratamiento de inclinación de cargadores en huertos de arándanos plantados en orientación Norte-Sur. ns; *, **, ***; no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p < 0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.



3.2.2.2 Golpe de sol

No se observó un efecto significativo ($p > 0,05$) de los tratamientos de inclinación de cargadores sobre la incidencia de golpe de sol en frutos, ya sea en la forma de necrosis, deshidratación, ni el manchado o pobre coloración de los frutos, tanto al ser evaluado en distintos momentos (Figura 14) como en el promedio de evaluación (Figura 15).

Figura 14

Incidencia (%) de golpe de sol de frutos medida en el peak de cosecha, retraso de cosecha de 7 días y luego de almacenaje en postcosecha según tratamiento de inclinación de cargadores en huertos de arándanos plantados en orientación Norte-Sur. ns; *, **, ***; no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p < 0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.

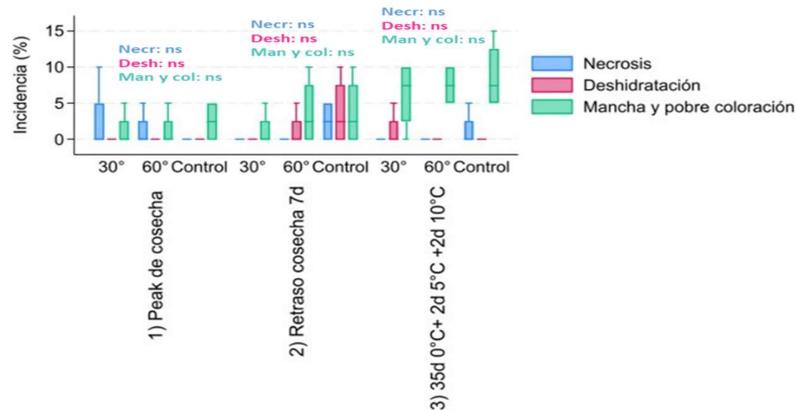
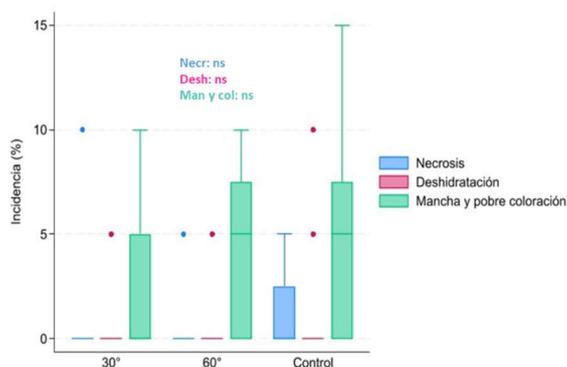


Figura 15

Incidencia (%) de golpe de sol de frutos promedio según tratamiento de inclinación de cargadores en huertos de arándanos plantados en orientación Norte-Sur. ns; *; **; ***; no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p < 0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.



3.2.2.3 Firmeza de frutos

Los tratamientos de inclinación de cargadores no ejercieron un efecto significativo ($p > 0,05$) sobre la firmeza de frutos en ninguno de los momentos de evaluación (Figura 16) y tampoco al considerar el valor promedio de los tres momentos de evaluación (Figura 17).

3.2.2.4 Otros parámetros de calidad

Tampoco se observó un efecto significativo de los tratamientos en cuanto a los parámetros de calidad de sólidos solubles y acidez de los frutos. Solo se apreció un efecto en el promedio de los tres momentos de evaluación de diámetro de frutos; el tratamiento 30° lo redujo significativamente ($p = 0,01$) y en un 6% en comparación al control (Anexo 4).

Figura 16

Firmeza de frutos (g mm^{-1}) medida en el peak de cosecha, retraso de cosecha de 7 días y luego de almacenaje en postcosecha según tratamiento de inclinación de cargadores en huertos de arándanos plantados en orientación Norte-Sur. ns; *, **, ***; no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p < 0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.

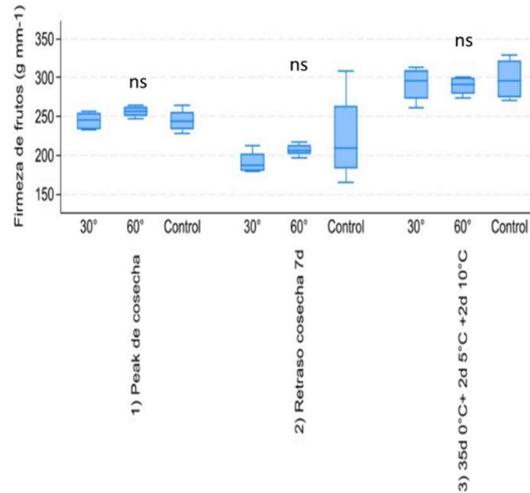
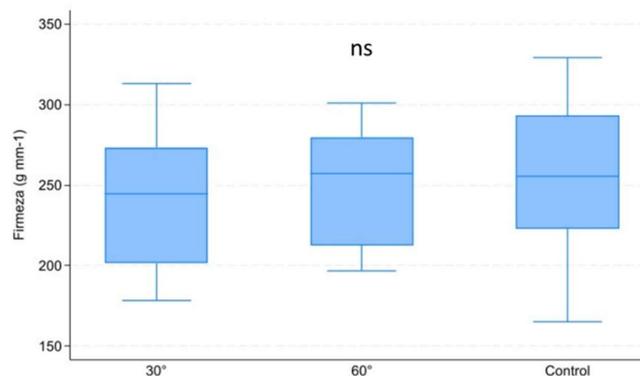


Figura 17

Firmeza de frutos (g mm^{-1}) promedio según tratamiento de inclinación de cargadores en huertos de arándanos plantados en orientación Norte-Sur. ns; *, **, ***; no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p < 0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.



En el huerto plantado en orientación Este-Oste no se observó un efecto significativo de los tratamientos de inclinación de cargadores sobre la incidencia de deshidratación, y golpe de sol y parámetros de calidad y condición de frutos (Anexos 5 – 7).

3.3 Conclusiones más relevantes

La orientación de la plantación (N.S. vs. E.O.) y el grado de inclinación de ramas de la planta con respecto al sol determina la temperatura que alcanza la fruta frente a olas de calor. El mayor impacto del ángulo de inclinación de ramas sobre la temperatura de frutos se observó en huertos plantados en orientación Norte-Sur.

Mantener ramas con un grado de inclinación menor o igual a 60° puede significar una disminución de la temperatura de frutos de hasta 9 °C, en comparación a ramas que crecen con ángulos más abiertos. Esta información es clave para orientar las prácticas de poda y conducción de las plantas, especialmente en variedades con hábito de crecimiento más abierto.

Reducir el ángulo de inclinación a cerca de 60° ayudaría a reducir la incidencia de deshidratación de frutos en la categoría de tipo alta, en huertos plantados en orientación Norte-Sur, pero sin impacto significativo en la firmeza y otros parámetros de calidad de frutos.

4 PROTECTORES SOLARES

4.1 Actividades desarrolladas

Este ensayo se llevó a cabo en los cultivares Loreto Blue, Luna Blue y Arabella Blue ubicados en el Fundo Alaska y en el cultivar Apolo ubicado en Agrícola Pizani. En dicho estudio se evaluó la efectividad de los siguientes tratamientos de agentes químicos con capacidad de protección al sol: i) ácidos grasos de origen vegetal (AGV), ii) complejo mineral y triglicéridos (CMT), iii) bioestimulante (Bio), iv) caolinita (CAO) y v) control sin aplicación de productos (Cont). El detalle de los tratamientos y mecanismo de acción de estos productos es mostrado en la Tabla 1. Las aplicaciones de los protectores solares fueron realizadas en tres momentos: cuajado de frutos, pinta y antes de inicio de cosecha.

Tabla 1

Mecanismos de acción y dosis de aplicación de protectores solares usados en arándanos

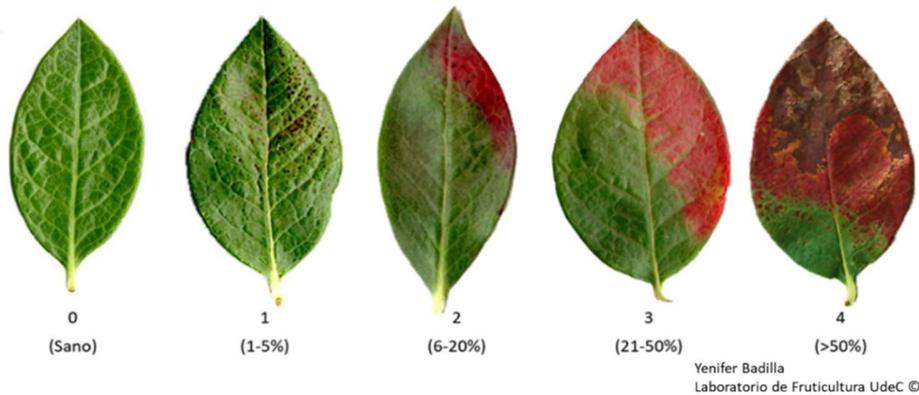
Tipo de protector	Abreviación	Mecanismo de acción	Dosis de aplicación
Ácidos grasos de origen vegetal	AGV	Fortalece y entrega mayor elasticidad a la pared celular.	300 cc hL ⁻¹
Complejo mineral y triglicéridos	CMT	Complejo de zinc, hierro, oligosacáridos y triglicéridos de cadena corta que permiten reflejar la radiación solar y producir efecto hidratante en el tejido vegetal.	400 cc hL ⁻¹
Bioestimulante	BIO	Activador metabólico que mejora la asimilación de fotosintatos, impulsando la formación de azúcares y proteínas, previniendo con ello el desarrollo de desórdenes fisiológicos de pre-cosecha.	25 g hL ⁻¹
Caolinita	CAO	Partícula mineral reflectante de la radiación solar en los espectros UV e IR.	1,25 kg hL ⁻¹

Se evaluó el efecto de los tratamientos sobre la temperatura de hojas, ramillas y frutos y en forma complementaria se realizaron mediciones de fluorescencia de clorofila de la hoja utilizando un fluorómetro portátil modelo OS-30p (Opti-Scences, Hudson, USA).

Adicionalmente, y para comprender de mejor forma el mecanismo de acción de los protectores solares, se evaluó su efecto sobre el área foliar de las plantas y además de su

efecto sobre la incidencia de golpe de sol en las hojas (daño foto-oxidativo) mediante la siguiente escala elaborada en el Laboratorio de Fruticultura de la Universidad de Concepción (Figura 18).

Figura 18
Escala de daño por golpe de sol en hojas de arándanos



Finalmente, se evaluó el efecto de los tratamientos sobre aspectos de calidad y condición de fruta siguiendo el mismo protocolo utilizado en el estudio de susceptibilidad de variedades de recambio (punto 2).

4.2 Resultados

4.2.1 Temperatura de hojas, ramillas y frutos

No se observó efecto significativo ($p > 0,05$) de los protectores solares sobre la temperatura de hoja, ramilla y frutos en ninguno de los cultivares estudiados y en ningún momento del día evaluado (Figuras 19, 20 y 21, respectivamente).

Figura 19

Temperatura promedio de la hoja (°C) medida para distintos agentes con acción de protector solar y en diferentes cultivares de arándano. ns; *; **; ***; no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p < 0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.

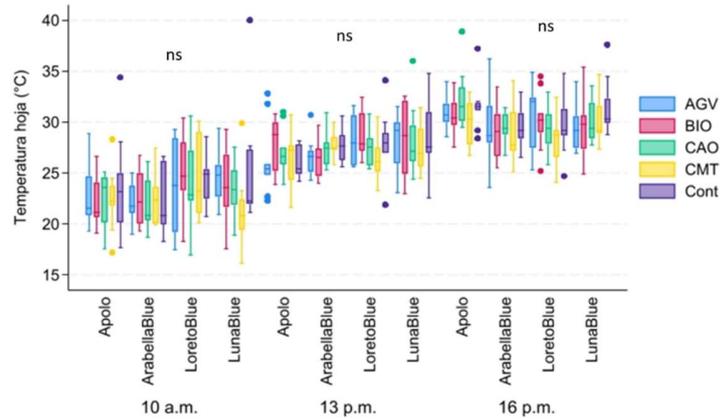


Figura 20

Temperatura promedio de la ramilla (°C) medida para distintos agentes con acción de protector solar y en diferentes cultivares de arándano. ns; *; **; ***; no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p < 0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.

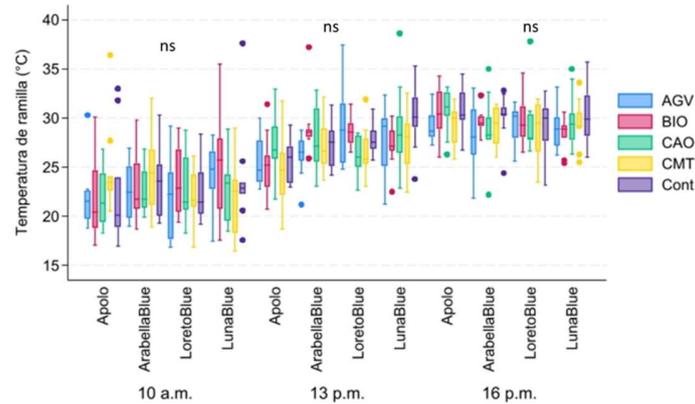
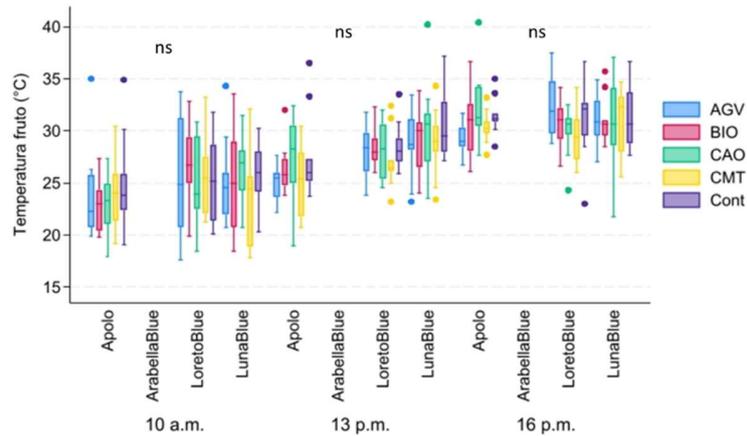


Figura 21

Temperatura promedio del fruto (°C) medida para distintos agentes con acción de protector solar y en diferentes cultivares de arándano. ns; *, **, ***; no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p < 0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.



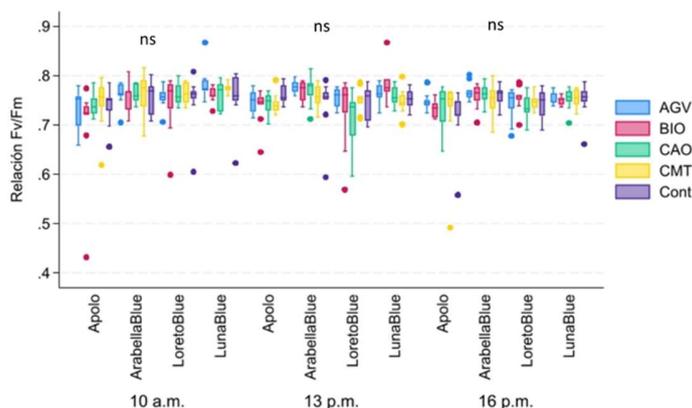
4.2.2 Efectos en la planta

4.2.2.1 Fluorescencia de clorofila

Todos los protectores solares mostraron una leve tendencia a incrementar la relación de fluorescencia de clorofila de la hoja en comparación al control. No obstante, las diferencias observadas no fueron significativas ($p > 0,05$) (Figura 22).

Figura 22

Efecto de la aplicación de protectores solares sobre indicador de fluorescencia de clorofila (F_v/F_m) en hojas diferentes cultivares de arándano. ns; *, **, ***; no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p < 0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.



4.2.2.2 Golpe de sol en hojas

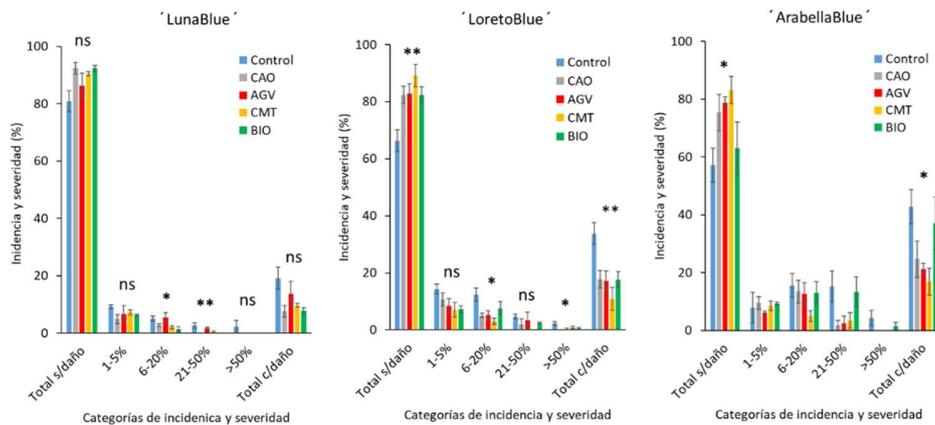
En cuanto al efecto de los tratamientos sobre la incidencia de daño por golpe de sol en hojas, en el cultivar Luna Blue se observó una reducción significativa ($p=0,045$) del daño en la categoría de incidencia de 6-20% de daño, cuya efectividad de reducción fue de un 61% y un 72% con los tratamientos CMT y BIO, respectivamente con relación al control sin aplicación (Figura 23). Por otra parte, en la categoría 21-50% de daño, los tratamientos CMT, CAO y BIO redujeron significativamente ($p=0,005$) este daño con una efectividad de en un 86%, 100% y 100%, respectivamente (Figura 23).

En el cultivar Loreto Blue, los tratamientos CMT, AGV, CAO y BIO incrementaron significativamente ($p=0,0097$) el porcentaje de hojas sanas (sin daño) en un 34%, 25%, 24% y 24% con relación al control, respectivamente (Figura 23). Además, en este cultivar los tratamientos AGV, CAO y CMT redujeron significativamente ($p=0,026$) el daño en hojas en la categoría de daño 6-20%, y con una efectividad del 58%, 59% y 75%. Por otra parte, en la categoría >50% de daño en hojas, los tratamientos BIO, CMT, AGV y CAO lo redujeron significativamente ($p=0,015$) y con una efectividad del 66%, 86%, 88% y 100%, respectivamente (Figura 23).

Finalmente, en 'Arabella Blue', los protectores solares AGV y CMT incrementaron significativamente ($p=0,05$) el porcentaje de hojas sanas (sin daño aparente) y en un 38% y un 45% con relación al control, respectivamente (Figura 23).

Figura 23

Incidencia y severidad de daño por golpe de sol (%) en hojas de diferentes cultivares de arándano en respuesta a la aplicación de protectores solares. ns; *, **, ***; no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p<0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.



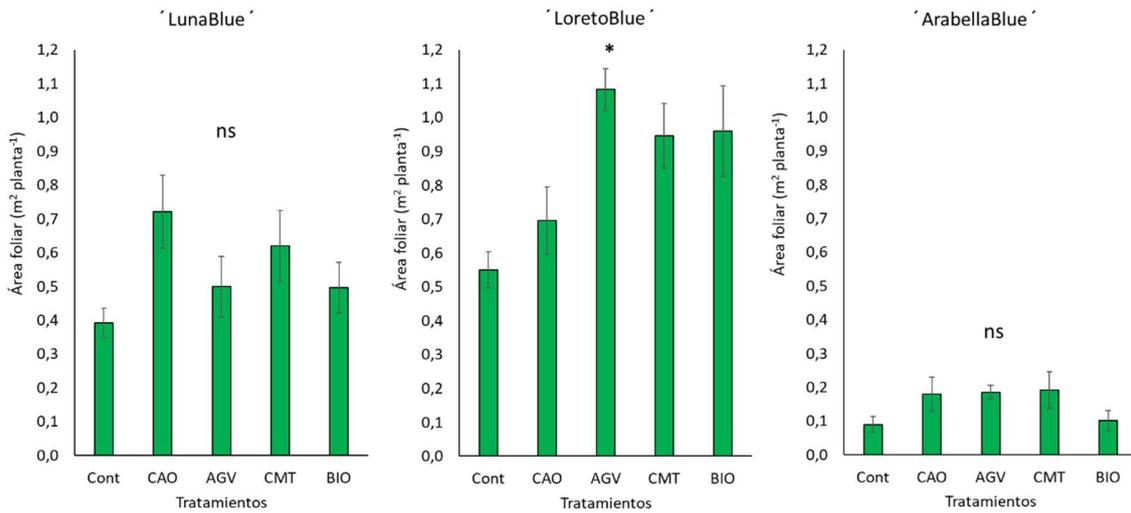
4.2.2.3 Área foliar

En 'Loreto Blue', se incrementó significativamente ($p=0,014$) el área foliar de la planta por efecto de los protectores, siendo un 96%, 75% y 73% mayor con los tratamientos AGV, BIO y CMT, respectivamente (Figura 24).

En los cultivares Luna Blue y Arabella Blue también se observó un incremento del área foliar con la aplicación de los protectores solares, pero que no fue estadísticamente significativo ($p>0,05$; Figura 24).

Figura 24

Área foliar ($m^2\ planta^{-1}$) de diferentes cultivares de arándano en respuesta a la aplicación de protectores solares. ns; *; **; ***; no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p < 0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.



4.2.3 Calidad y condición de fruta

4.2.3.1 Deshidratación de frutos

En el cultivar Apolo y durante el peak de cosecha, se observó un incremento significativo ($p=0,02$ y $p=0,0002$, respectivamente) de la deshidratación de tipo moderada y alta con el tratamiento de CAO y que fue un 100% mayor al control. La aplicación de los otros protectores solares no afectó significativamente ($p > 0,05$) la incidencia de deshidratación en frutos en los distintos momentos de evaluación (Figura 25).

Finalmente, al considerar el promedio de los tres momentos de evaluación, tampoco se observó efecto significativo de la aplicación de los diferentes protectores solares (Figura 26).

Figura 25

Incidencia de deshidratación de frutos (%) del cultivar de arándanos Apolo en los momentos de peak de cosecha, retraso de cosecha en 7 días y luego de almacenaje en postcosecha, en respuesta a la aplicación de protectores solares. ns; *, **, ***; no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p < 0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.

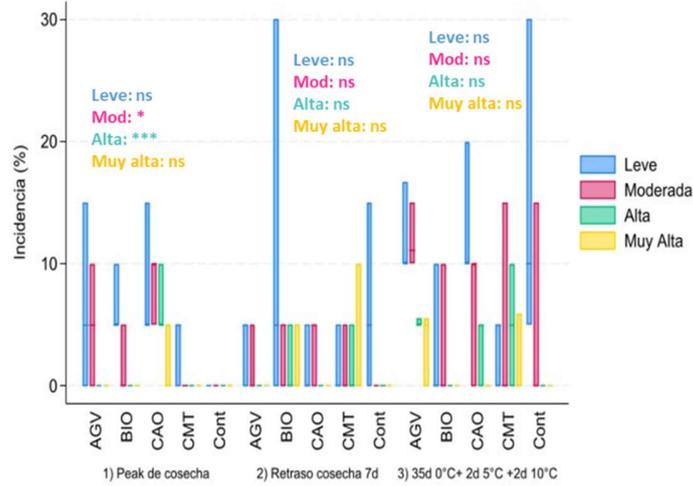
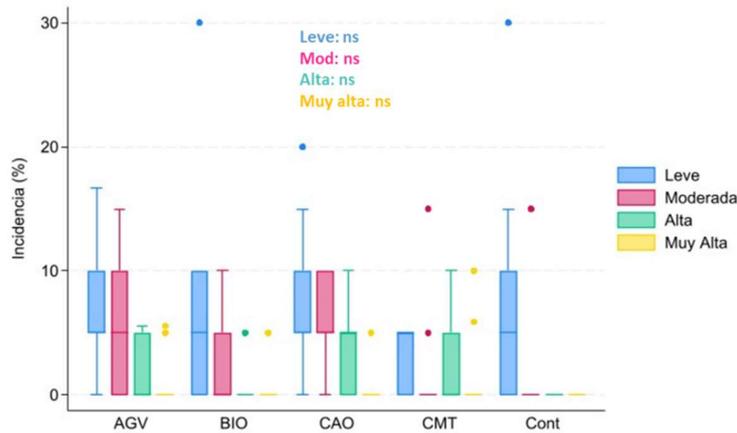


Figura 26

Incidencia promedio de deshidratación de frutos (%) del cultivar Apolo en respuesta a la aplicación de protectores solares. ns; *, **, ***; no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p < 0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.



En el cultivar Loreto Blue y durante el peak de cosecha se observó un incremento significativo ($p=0,037$) de la deshidratación de tipo alta con el tratamiento CAO, y que fue un 100% mayor al control. La aplicación de los otros protectores solares no afectó significativamente la incidencia de deshidratación en frutos en los distintos momentos de evaluación (Figura 27). Finalmente, al considerar el promedio de los tres momentos de evaluación, en este cultivar tampoco se observó un efecto significativo de los protectores solares sobre la incidencia de deshidratación de frutos (Figura 28).

Figura 27

Incidencia de deshidratación de frutos (%) del cultivar de arándanos Loreto Blue en los momentos de peak de cosecha, retraso de cosecha en 7 días y luego del almacenaje en postcosecha, en respuesta a la aplicación de protectores solares. ns; *, **, ***; no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p < 0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.

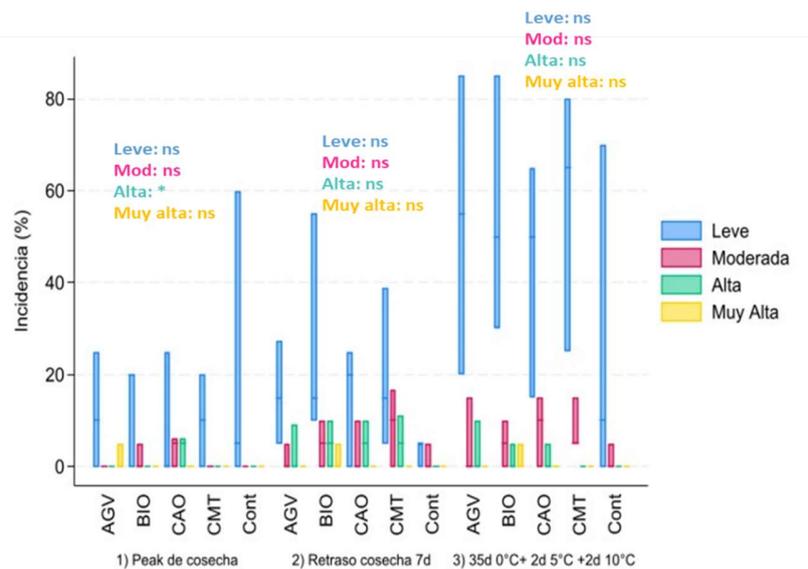
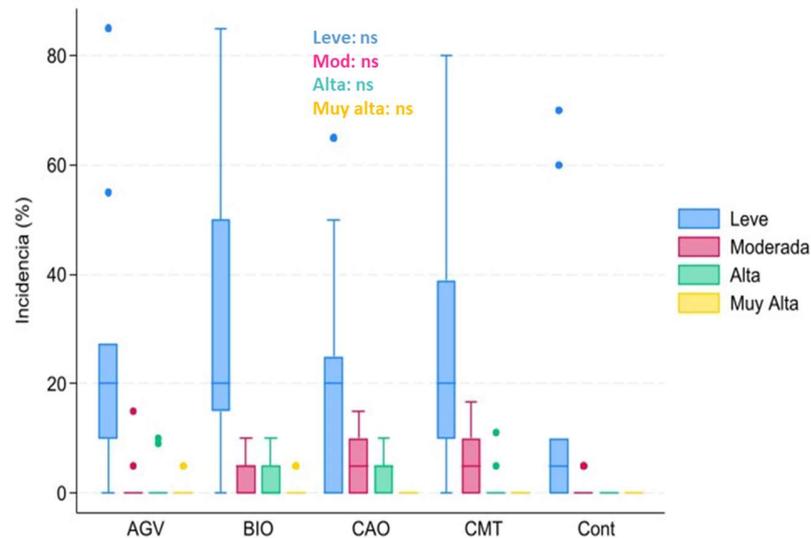


Figura 28

Incidencia promedio de deshidratación de frutos (%) del cultivar Loreto Blue en respuesta a la aplicación de protectores solares. ns; *, **, ***; no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p < 0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.



En el cultivar Luna Blue y en el peak de cosecha, el tratamiento AGV incrementó significativamente la incidencia de deshidratación de tipo muy alta y en un 100% en comparación al control ($p=0,03$). Durante el almacenaje en postcosecha, el tratamiento AGV presentó la menor incidencia de deshidratación de frutos de este tipo moderada (2%), mientras que los tratamientos CAO y BIO mostraron la mayor incidencia de este tipo de daño en la fruta (27 y 25%, respectivamente) ($p=0,048$) (Figura 29). Al considerar el promedio de los tres momentos de evaluación, se observó una reducción significativa ($p=0,0019$) de la incidencia de deshidratación de tipo moderada con el tratamiento AGV (Figura 30).

Figura 29

Incidencia de deshidratación de frutos (%) del cultivar de arándanos Luna Blue en los momentos de peak de cosecha, retraso de cosecha en 7 días y luego de almacenaje en postcosecha, en respuesta a la aplicación de protectores solares. ns; *, **, ***, no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p < 0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.

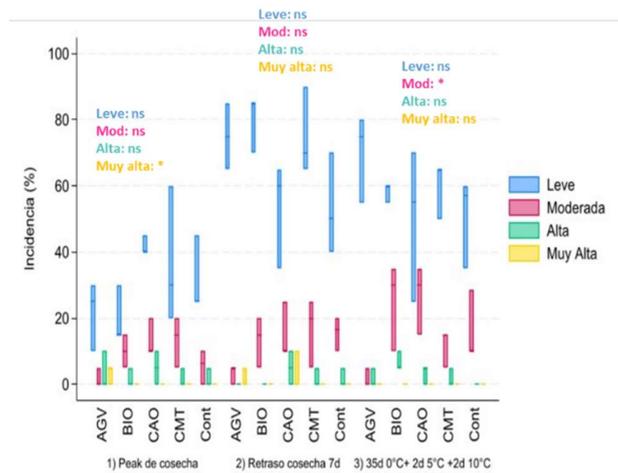
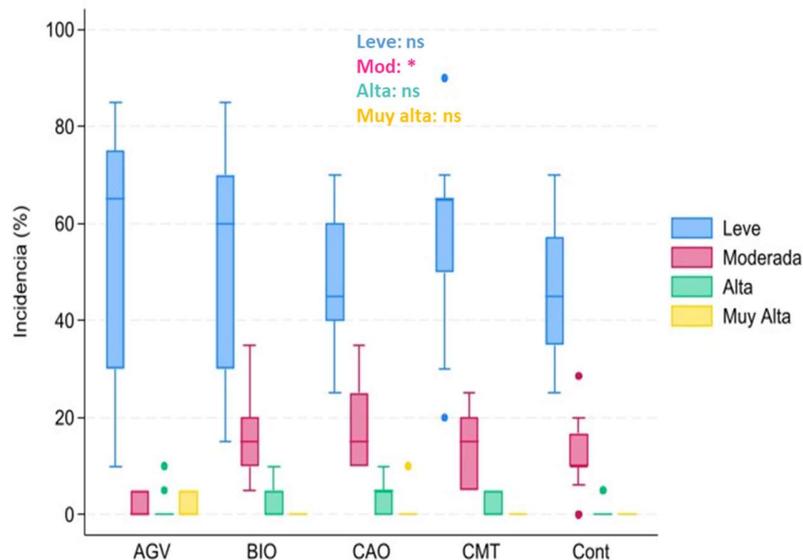


Figura 30

Incidencia promedio de deshidratación de frutos (%) del cultivar de arándanos Luna Blue en respuesta a la aplicación de protectores solares. ns; *, **, ***, no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p < 0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.



4.2.3.2 Firmeza de frutos

En el cultivar Apolo se observó una reducción significativa ($p=0,038$) de la firmeza de frutos por efecto de los tratamientos CMT y BIO y que fue un 14% y un 19% menor al control, cuando se evaluó con un retraso de cosecha de 7 días (Figura 31). En los cultivares Loreto Blue y Luna Blue los distintos protectores solares no afectaron significativamente ($p>0,05$) la firmeza de los frutos (Figura 31). Al considerar los tres momentos de evaluación, tampoco se observó un efecto significativo de los protectores solares sobre la firmeza de los frutos en ninguno de los cultivares estudiados (Figura 32).

Figura 31

Firmeza de frutos (g mm^{-1}) de diferentes cultivares de arándano evaluada en los momentos de peak de cosecha, retraso de cosecha en 7 días y luego de almacenaje en postcosecha, en respuesta a la aplicación de protectores solares. ns; *, **, ***; no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p<0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.

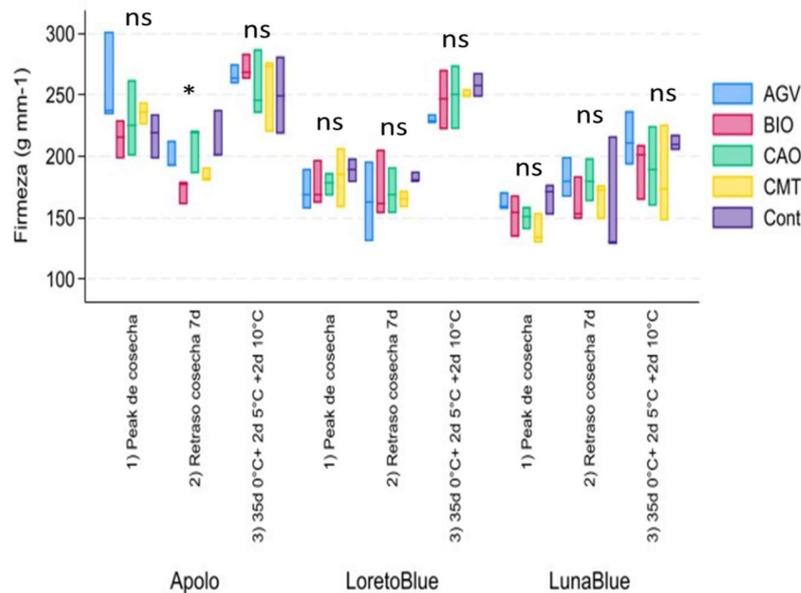
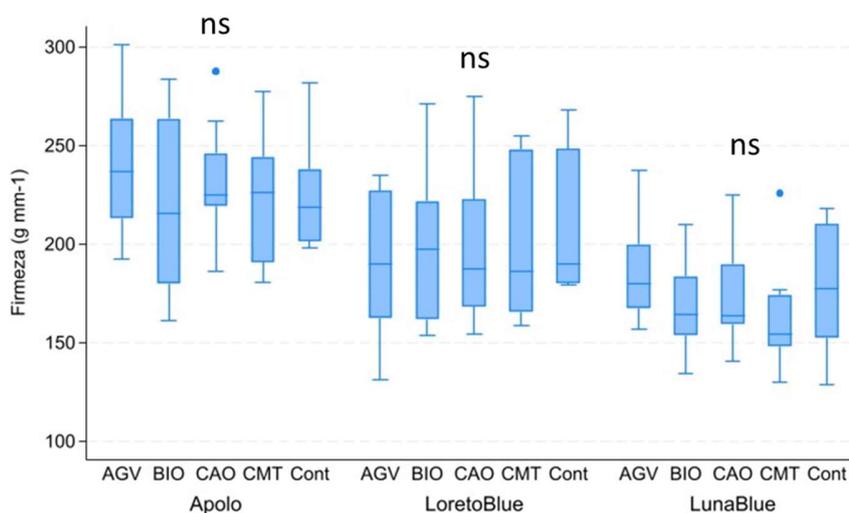


Figura 32

Firmeza promedio de frutos (g mm^{-1}) de diferentes cultivares de arándano en respuesta a la aplicación de protectores solares. ns; *, **, ***; no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p < 0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.



4.2.3.3 Otros parámetros de calidad

En el cultivar Apolo el tratamiento con CAO incrementó significativamente ($p=0,044$ y $p=0,003$, respectivamente) y en un 8% y un 5% el diámetro del fruto durante Peak de cosecha y al considerar el promedio de los tres momentos de evaluación (Anexo 8). En los cultivares Loreto Blue y Luna Blue, no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en el tamaño de frutos entre los diferentes protectores solares y el control (Anexo 8). No se observó efecto significativo ($p > 0,05$) en el contenido de sólidos solubles y acidez de los frutos por efecto de los protectores solares evaluados (Anexos 9 y 10).

4.3 Conclusiones más relevantes

Los protectores solares evaluados no estarían siendo efectivos en disminuir la temperatura de hojas, ramillas y frutos en los distintos cultivares estudiados.

Los protectores solares evaluados presentaron poca consistencia en su efectividad sobre la disminución de daños y defectos en la fruta como la deshidratación, ablandamiento o de alteración de otros parámetros de calidad y condición.

No obstante, estos productos sí estarían siendo efectivos en reducir la incidencia de daño de golpe de sol en hojas y favoreciendo el desarrollo foliar de la planta, lo que indicaría que su mecanismo de acción en arándanos estaría más relacionado a la reducción del estrés por excesiva radiación solar incidente, que su efecto en la temperatura de los tejidos.

5 ENFRIAMIENTO A TRAVÉS DE RIEGO POR ASPERSIÓN

5.1 Actividades desarrolladas

Este ensayo se llevó a cabo en el cultivar Duke ubicado en el Fundo Alaska y consideró los siguientes tratamientos: i) enfriamiento a través de aspersión de agua en altura con pulsos de riego de 20 min “on” y 40 min “off” y con pronóstico de temperatura del aire igual o mayor a 32°C, o de pronóstico de ola de calor); y ii) control, sin aplicación. Para la aspersión de agua se utilizó el sistema de control de heladas implementado en el campo, y los tratamientos fueron manejados a través de una llave de paso instalada en cada sector.

La aplicación del riego se llevó a cabo en dos eventos de altas temperaturas cercanos al periodo de cosecha. El protocolo de activación del riego se basó en los pronósticos de temperaturas que recibe el productor local y que es administrado por el Comité de Arándanos. Los eventos de activación del riego correspondieron a los días 10 y 26 de diciembre de 2023.

Dada las condiciones de temperatura, durante el evento del 10 de diciembre de 2023 solo se aplicó un pulso de riego y en torno a las 15:30 h, mientras que durante el evento del 26 de diciembre de 2023 se aplicaron tres pulsos de agua y en torno a las 14:40, 15:40 y 16:40 h.

Durante los eventos se registró la temperatura ambiental tanto en las plantas control (sin aspersión) como en las plantas sometidas a riego en altura y mediante sensores de temperatura modelo HOB0 MX2303 (Onset Computer Corporation, Bourne, Massachusetts, USA). Inmediatamente después a la aplicación de cada pulso de agua se evaluó la temperatura de la hoja, la ramilla y del fruto mediante un termómetro infrarrojo modelo 42510A (Extech Instruments, USA), y complementariamente se tomaron imágenes de termografía de las plantas mediante el uso de una cámara termal modelo FLIR ONE PRO (FLIR, USA).

Después de cada evento de temperatura y en la postcosecha se evaluó la incidencia de deshidratación y golpe de sol de los frutos. Además, se cuantificaron los parámetros de calidad de firmeza, diámetro, contenido de sólidos solubles y acidez de frutos.

5.2 Resultados

5.2.1 Temperatura del aire, planta y frutos

Durante el primer evento de altas temperaturas, la aplicación de riego en altura redujo la temperatura del aire en hasta aproximadamente 2 °C con relación a la condición control (sin riego), ascendiendo esta nuevamente tras el término del pulso de riego (Figura 33).

Durante el segundo evento de altas temperaturas, la aplicación de riego por aspersión en altura también fue efectiva en reducir la temperatura del aire en aproximadamente 2 °C, la que se mantiene por más tiempo bajo ese umbral gracias a los dos pulsos adicionales de riego que fueron aplicados (Figura 34).

Figura 33

Evolución de la temperatura del aire luego de la aplicación de un pulso de riego en altura en huertos de arándanos 'Duke' durante el primer evento de altas temperaturas.

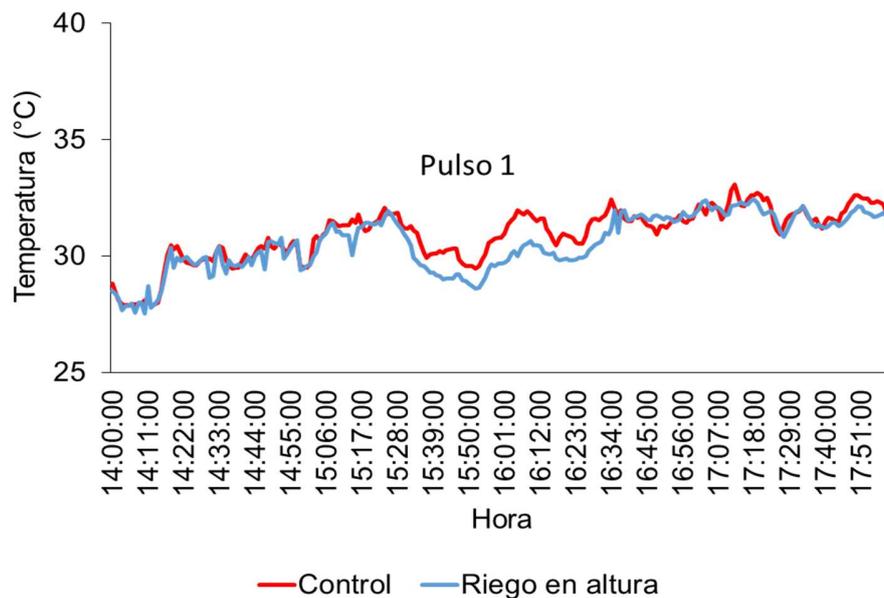
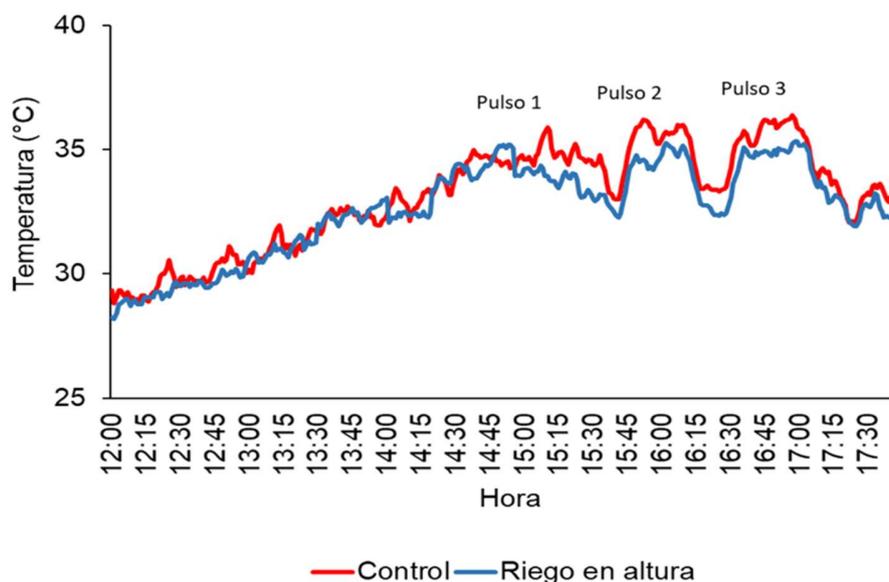


Figura 34

Evolución de la temperatura del aire luego de la aplicación de tres pulsos de riego en altura en huertos de arándanos 'Duke' durante el segundo evento de altas temperaturas.



La aplicación de riego por aspersión en altura fue efectiva en reducir la temperatura de frutos, hojas y ramillas. Durante el primer evento de altas temperaturas, el pulso de agua aplicada redujo significativamente la temperatura del fruto y de la hoja ($p=0,03$ y $p=0,04$, respectivamente) y en cerca de 2 °C en comparación al control sin riego (Anexo 11). Por otra parte, durante el segundo evento de altas temperaturas y luego del segundo pulso de riego se observó una reducción significativa en la temperatura del fruto, la hoja y la ramilla ($p=0,002$, $p=0,001$ y $p=0,04$, respectivamente) y entre 4 °C y 5 °C, respecto al control (Figura 35). Además, se observó una reducción de 2 °C en la temperatura de la hoja ($p=0,05$) tras el tercer pulso de riego aplicado (Figura 35). Esta reducción en las temperaturas de los órganos de la planta se pudo verificar a través de imágenes de termografía tomadas antes y después de aplicados los distintos pulsos de riego (Figura 36).

Figura 35

Temperatura de frutos, hojas y ramillas luego de riego en altura aplicado en tres pulsos de 20 min en huertos de arándanos 'Duke'. ns; *, **, ***; no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p < 0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.

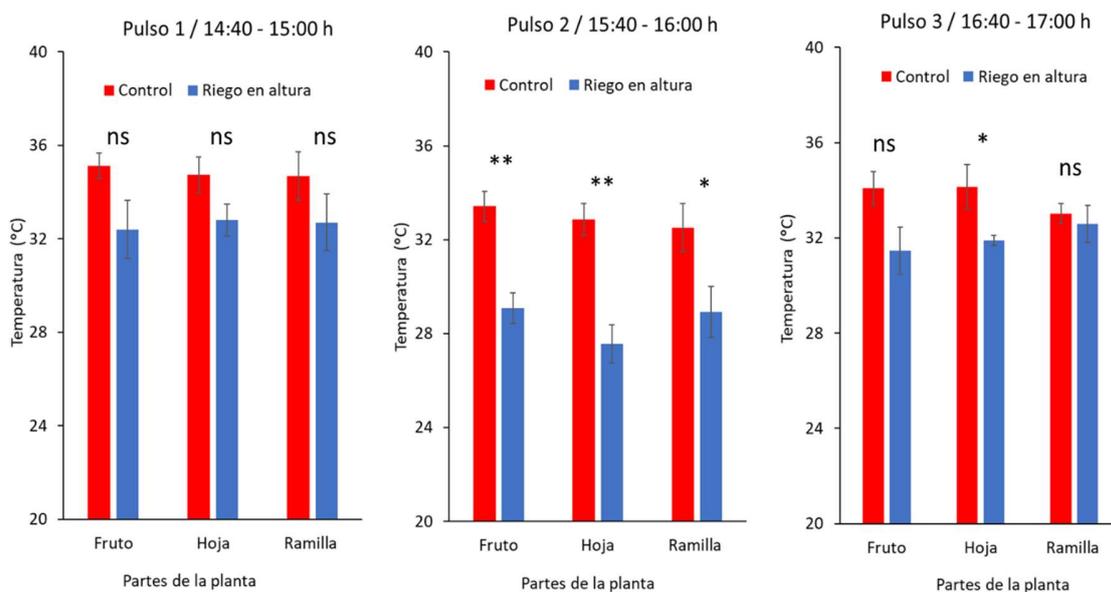
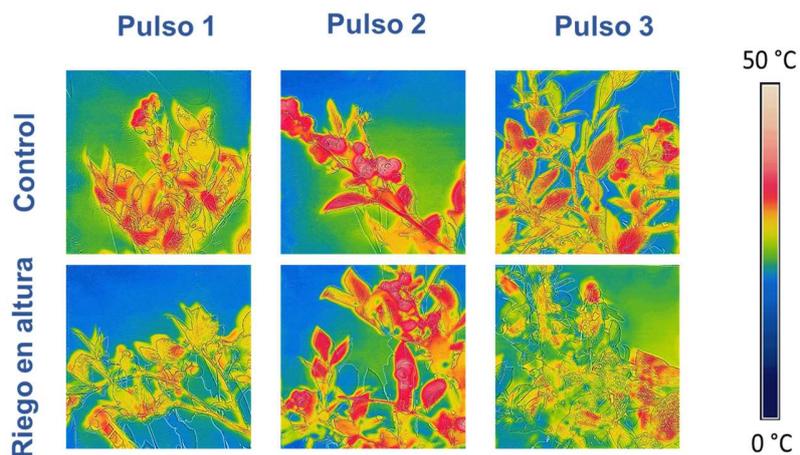


Figura 36

Termografía de frutos, hojas y ramillas luego de riego en altura aplicado en tres pulsos de 20 min en huertos de arándanos 'Duke'.



5.2.2 Calidad y condición de fruta

5.2.2.1 Deshidratación de frutos

Durante el primer evento de altas temperaturas, la aplicación de riego por aspersion redujo significativamente la deshidratación de frutos del tipo moderada y muy alta ($p=0,005$ y $p=0,014$, respectivamente) y un 53% y un 88%, respecto al control (Figura 37). Sin embargo, no se apreció efecto significativo al evaluar la fruta luego del segundo evento de altas temperaturas y en postcosecha (Figura 37), y tampoco al evaluar el promedio de los tres momentos de evaluación (Figura 38).

Figura 37

Incidencia de deshidratación de frutos (%) durante los dos eventos de altas temperaturas y en condiciones de postcosecha, en respuesta al riego por aspersion en altura en arándanos 'Duke'. ns; *, **, ***; no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p<0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.

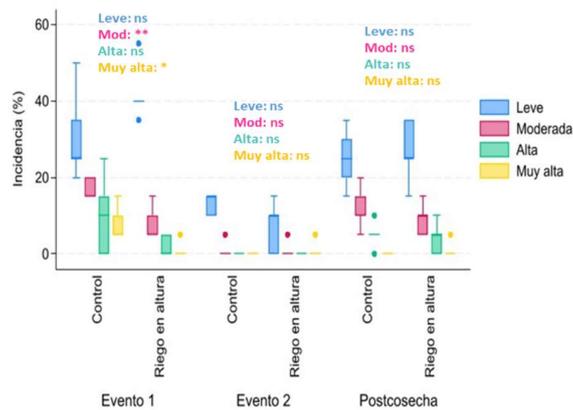
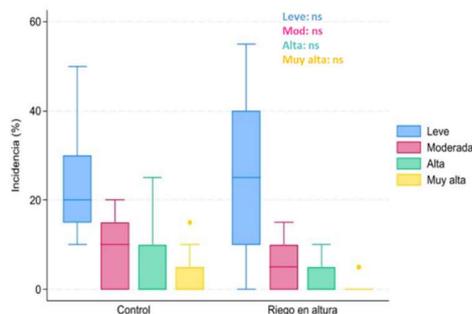


Figura 38

Incidencia promedio de deshidratación de frutos (%) en respuesta al riego por aspersion en altura en arándanos 'Duke'. ns; *, **, ***; no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p<0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.



5.2.2.2 Golpe de sol

No se encontró efecto significativo del riego en altura en la incidencia de golpe de sol para ninguno de los momentos de evaluación (Figuras 39 y 40).

Figura 39

Incidencia de golpe de sol en frutos (%) durante los dos eventos de altas temperaturas y en condiciones de postcosecha, en respuesta al riego por aspersión en altura en arándanos 'Duke'. ns; *, **, ***; no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p < 0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.

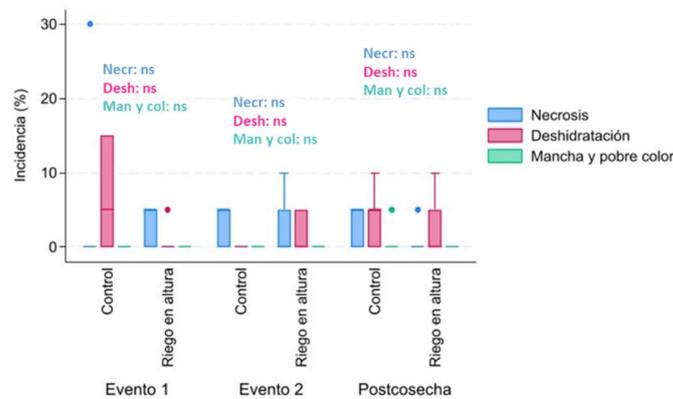
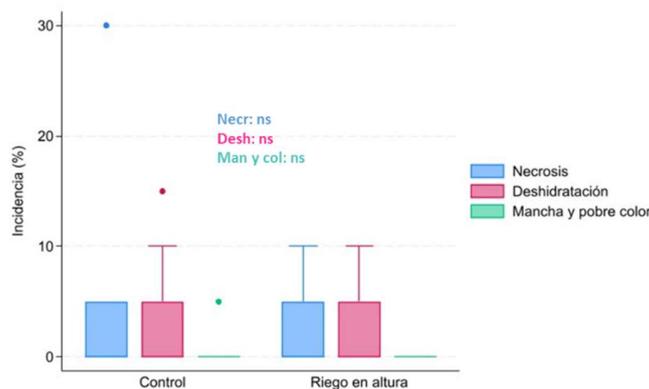


Figura 40

Incidencia promedio de golpe de sol (%) en respuesta al riego por aspersión en altura en arándanos 'Duke'. ns; *, **, ***; no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p < 0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.



5.2.2.3 Firmeza de frutos

El riego en altura no afectó significativamente la firmeza de los en ninguno de los momentos de evaluación (Figura 41), ni considerando la firmeza promedio de los 3 momentos (Figura 42).

Figura 41

Firmeza de frutos (g mm^{-1}) durante los dos eventos de altas temperaturas y en condiciones de postcosecha, en respuesta al riego por aspersión en altura en arándanos 'Duke'. ns; *, **, ***; no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p < 0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.

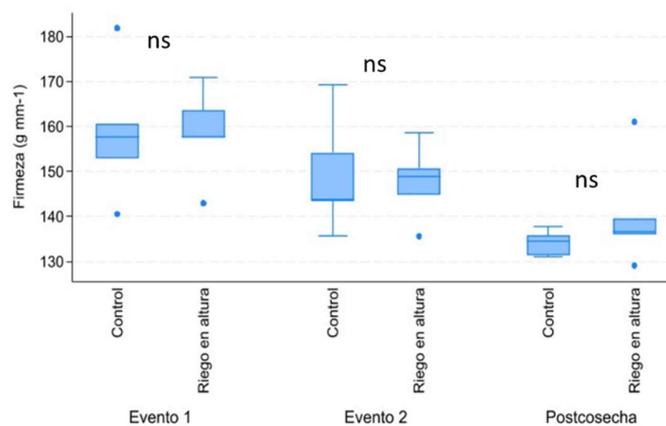
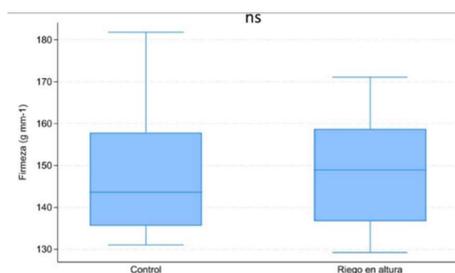


Figura 42

Firmeza promedio de frutos (g mm^{-1}) en respuesta al riego por aspersión en altura en arándanos 'Duke'. ns; *, **, ***; no significativo, significativo, muy significativo y altamente significativo para $p < 0,05$; $0,01$ y $0,001$, respectivamente.



5.2.2.4 Otros parámetros de calidad

En postcosecha el riego en altura incrementó significativamente ($p=0,019$) el diámetro del fruto y en un 7% en comparación al control. Durante el primer evento de altas temperaturas, la aplicación de riego en altura redujo significativamente ($p=0,023$) el contenido de sólidos solubles y en un 8%, respecto al control (Anexo 12).

5.3 Conclusiones más relevantes

El riego de plantas en altura es una técnica efectiva para reducir la temperatura de frutos, hojas y ramillas en huertos de arándanos.

Los pulsos de riego aplicados permitieron disminuir la severidad de deshidratación de frutos, pero solo en el primer evento de altas temperaturas, sin presentar efectos significativos en la incidencia de golpe de sol y reducción de ablandamiento de frutos, entre otros parámetros de calidad evaluados.

Estos resultados demuestran que esta técnica es promisoriosa, pero que requiere ser perfeccionada en cuanto a los pulsos de riego, momentos de aplicación y automatización.

6 CONCLUSIONES Y PROYECCIONES FINALES

A partir de las actividades desarrolladas y los resultados obtenidos en este estudio se pueden concluir y proyectar lo siguiente:

- El índice de estrés térmico testeado en este estudio podría ser útil para el desarrollo de una herramienta de predicción de los distintos desordenes fisiológicos de frutos (deshidratación, ablandamiento, golpe de sol) en arándanos generados por eventos de olas de calor. Esto podría ayudar a desarrollar un sistema de soporte para la toma de decisiones por parte de la industria y productores, en cuanto a técnicas de manejo preventivo, identificación de riesgos o de orientación de los mercados.
- La poda y conducción de la planta y el sistema de riego en altura son las técnicas más promisorias y eficaces para enfriar la fruta y planta, frente a olas de calor. Estas técnicas requieren ser perfeccionadas y ajustadas de acuerdo con la realidad productiva y a la capacidad de operación por parte de los productores de arándanos.
- Los protectores solares evaluados en este estudio no garantizan la protección del daño de frutos por altas temperaturas en este cultivo. Sin embargo, estos productos son efectivos en el estrés ocasionado por la radiación solar incidente, favoreciendo con ello el desarrollo de las plantas y lo que debiera repercutir positivamente en el potencial de rendimiento de los huertos.

7. ANEXOS

7.1. Susceptibilidad en nuevas variedades de recambio

Anexo 1

Parámetros de calidad de frutos de diferentes cultivares de arándanos para distintos momentos de evaluación.

Momento	Cultivar	Diámetro (mm)	Sólidos Solubles (°Brix)	Acidez (%)
Peak de cosecha	'Apolo'	16,12 ± 0,29 c	12,33 ± 1,11	0,19 ± 0,03 b
	'Blue Ribbon'	16,92 ± 0,14 b	12,44 ± 0,08	0,24 ± 0,04 b
	'Legacy'	16,81 ± 0,13 b	12,34 ± 0,28	0,21 ± 0,02 b
	'LoretoBlue'	17,98 ± 0,23 a	12,65 ± 0,48	0,51 ± 0,11 a
	'LunaBlue'	14,83 ± 0,16 d	10,41 ± 0,55	0,38 ± 0,07 ab
	<i>valor p</i>	<0,0001 ***	0,135 ns	0,020 *
Retraso cosecha 7 d	'Apolo'	16,30 ± 0,17 b	12,81 ± 1,01 bc	0,16 ± 0,01 c
	'Blue Ribbon'	16,19 ± 0,32 bc	15,80 ± 0,29 ab	0,18 ± 0,01 c
	'Legacy'	14,87 ± 0,71 bc	18,61 ± 0,87 a	0,24 ± 0,02 bc
	'LoretoBlue'	18,24 ± 0,73 a	13,55 ± 1,56 bc	0,40 ± 0,03 ab
	'LunaBlue'	14,69 ± 0,12 c	10,45 ± 1,59 c	0,51 ± 0,13 a
	<i>valor p</i>	0,003 **	0,006 **	0,010 **
35 d 0°C + 2d 5 °C + 2 d 10 °C	'Apolo'	16,45 ± 0,24 bc	12,14 ± 0,55	0,22 ± 0,01 c
	'Blue Ribbon'	17,26 ± 0,10 ab	11,91 ± 0,55	0,24 ± 0,03 c
	'Legacy'	16,49 ± 0,08 bc	12,17 ± 0,36	0,28 ± 0,00 c
	'LoretoBlue'	17,81 ± 0,60 a	10,95 ± 0,28	0,58 ± 0,02 a
	'LunaBlue'	15,74 ± 0,35 c	11,87 ± 0,32	0,42 ± 0,04 b
	<i>valor p</i>	0,012 *	0,314 ns	< 0,0001 ***
Promedio	'Apolo'	16,29 ± 0,13 bc	12,43 ± 0,47 ab	0,19 ± 0,01 b
	'Blue Ribbon'	16,79 ± 0,19 b	13,38 ± 0,64 a	0,22 ± 0,02 b
	'Legacy'	16,06 ± 0,37 c	14,37 ± 1,10 a	0,24 ± 0,01 b
	'LoretoBlue'	18,01 ± 0,29 a	12,38 ± 0,61ab	0,50 ± 0,04 a
	'LunaBlue'	15,09 ± 0,20 d	10,91 ± 0,55 b	0,44 ± 0,05 a
	<i>valor p</i>	<0,0001 ***	0,020 *	< 0,0001 ***

7.2. Grado de inclinación y de exposición al sol de cargadores

Anexo 2

Índice de estrés térmico (T°/PAR) observado en frutos de arándanos del cultivar 'Apolo' en respuesta a la inclinación de cargadores. Orientación Norte-Sur.

Momento	Tratamiento	10:00 am	13:00 pm	16:00 pm
Dic. 21_23	30°	0,0116 ± 0,0004	0,0108 ± 0,0004 c	0,0138 ± 0,0005
	60°	0,0119 ± 0,0006	0,0124 ± 0,0002 b	0,0145 ± 0,0010
	Control	0,0125 ± 0,0009	0,0154 ± 0,0002 a	0,0163 ± 0,0005
	valor p	0,632 ns	<0.0001 ***	0,073 ns
Ene. 10_24	30°	0,0094 ± 0,0005	0,0115 ± 0,0005	0,0136 ± 0,0008 b
	60°	0,0103 ± 0,0004	0,0106 ± 0,0005	0,0134 ± 0,0003 b
	Control	0,0113 ± 0,0014	0,0119 ± 0,0007	0,0178 ± 0,0006 a
	valor p	0,338 ns	0,332 ns	0,0008 ***
Ene. 19_24	30°	0,0105 ± 0,0008	0,0125 ± 0,0003 b	0,0142 ± 0,0004 b
	60°	0,0100 ± 0,0011	0,0124 ± 0,0003 b	0,0149 ± 0,0006 ab
	Control	0,0114 ± 0,0009	0,0144 ± 0,0005 a	0,0162 ± 0,0004 a
	valor p	0,595 ns	0,007 **	0,049 *

Anexo 3

Índice de estrés térmico (T°/PAR) observado en frutos de arándanos del cultivar 'Apolo' en respuesta a la inclinación de cargadores. Orientación Este-Oeste.

Momento	Tratamiento	10:00 am	13:00 pm	16:00 pm
Dic. 21_23	30°	0,0120 ± 0,0004	0,0128 ± 0,0005	0,0150 ± 0,0008
	60°	0,0115 ± 0,0009	0,0123 ± 0,0011	0,0145 ± 0,0006
	Control	0,0123 ± 0,0005	0,0145 ± 0,0003	0,0130 ± 0,0008
	valor p	0,693 ns	0,119 ns	0,211 ns
Ene. 10_24	30°	0,0105 ± 0,0006	0,0118 ± 0,0003	0,0148 ± 0,0009
	60°	0,0108 ± 0,0006	0,0130 ± 0,0007	0,0138 ± 0,0005
	Control	0,0100 ± 0,0000	0,0125 ± 0,0003	0,0160 ± 0,0004
	valor p	0,601 ns	0,214 ns	0,080 ns
Ene. 19_24	30°	0,0103 ± 0,0003	0,0140 ± 0,0009	0,0145 ± 0,0006
	60°	0,0108 ± 0,0008	0,0125 ± 0,0005	0,0145 ± 0,0006
	Control	0,0115 ± 0,0006	0,0130 ± 0,0004	0,0145 ± 0,0006
	valor p	0,362 ns	0,296 ns	>0.999 ns

Anexo 4

Parámetros de calidad de frutos de arándanos del cultivar Apolo en diferentes momentos de evaluación y en respuesta a la inclinación de cargadores. Orientación Norte-Sur.

Momento	Tratamiento	Diámetro (mm)	Sólidos solubles (°Brix)	Acidez (%)
Peak de cosecha	30°	16,71 ± 0,38	12,20 ± 0,63	0,19 ± 0,02
	60°	17,81 ± 0,30	12,03 ± 0,41	0,23 ± 0,01
	Control	17,68 ± 0,43	12,01 ± 0,52	0,21 ± 0,03
	valor p	0,130 ns	0,964 ns	0,568 ns
Retraso cosecha 7 d	30°	16,82 ± 0,35	13,65 ± 0,32	0,16 ± 0,01
	60°	17,27 ± 0,36	12,92 ± 0,50	0,15 ± 0,00
	Control	17,61 ± 0,32	13,21 ± 0,71	0,17 ± 0,01
	valor p	0,315 ns	0,635 ns	0,053 ns
35 d 0°C + 2d 5°C + 2 d 10°C	30°	16,94 ± 0,69	11,09 ± 0,49	0,29 ± 0,04
	60°	17,59 ± 0,51	11,34 ± 0,39	0,31 ± 0,03
	Control	18,38 ± 0,38	10,81 ± 0,35	0,27 ± 0,03
	valor p	0,221 ns	0,672 ns	0,734 ns
Promedio	30°	16,82 ± 0,26 b	12,31 ± 0,41	0,21 ± 0,02
	60°	17,55 ± 0,22 a	12,10 ± 0,30	0,23 ± 0,02
	Control	17,89 ± 0,22 a	12,01 ± 0,41	0,22 ± 0,02
	valor p	0,010 **	0,842 ns	0,876 ns

Anexo 5

Incidencia de deshidratación (%) en frutos de arándanos del cultivar Apolo según tipo y en respuesta a la inclinación de cargadores. Orientación Este-Oeste.

Momento	Tratamiento	Leve	Moderada	Alta	Muy alta
Peak de cosecha	30°	2,50 ± 1,44	1,25 ± 1,25	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
	60°	3,75 ± 2,39	2,50 ± 2,50	1,25 ± 1,25	2,50 ± 1,44
	Control	1,25 ± 1,25	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
	valor p	0,622 ns	0,569 ns	0,405 ns	0,100 ns
Retraso cosecha 7 d	30°	1,25 ± 1,25	1,25 ± 1,25	1,25 ± 1,25	0,00 ± 0,00
	60°	2,50 ± 1,44	1,25 ± 1,25	0,00 ± 0,00	3,75 ± 1,25
	Control	1,25 ± 1,25	2,50 ± 1,44	1,25 ± 1,25	1,25 ± 1,25
	valor p	0,748 ns	0,748 ns	0,622 ns	0,075 ns
35 d 0°C + 2d 5°C + 2 d 10°C	30°	6,25 ± 3,15	1,25 ± 1,25	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
	60°	2,50 ± 1,44	5,00 ± 0,00	2,50 ± 2,50	0,00 ± 0,00
	Control	7,50 ± 2,50	2,50 ± 1,44	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
	valor p	0,369 ns	0,100 ns	0,405 ns	>0,999 ns
Promedio	30°	3,33 ± 1,28	1,25 ± 0,65	0,42 ± 0,42	0,00 ± 0,00
	60°	2,92 ± 0,96	2,92 ± 0,96	1,25 ± 0,90	2,08 ± 0,74
	Control	3,33 ± 1,28	1,67 ± 0,71	0,42 ± 0,42	0,42 ± 0,42
	valor p	0,959 ns	0,311 ns	0,553 ns	0,130 ns

Anexo 6

Incidencia de golpe de sol (%) en frutos de arándanos del cultivar 'Apolo' según tipo y en respuesta a la inclinación de cargadores. Orientación Este-Oeste.

Momento	Tratamiento	Necrosis	Deshidratación	Mancha y pobre coloración
Peak de cosecha	30°	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
	60°	0,00 ± 0,00	2,50 ± 1,44	0,00 ± 0,00
	Control	1,25 ± 1,25	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
	valor p	0,405 ns	0,100 ns	>0,999 ns
Retraso cosecha 7 d	30°	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	5,00 ± 0,00
	60°	0,00 ± 0,00	1,25 ± 1,25	1,25 ± 1,25
	Control	0,00 ± 0,00	2,50 ± 2,50	0,00 ± 0,00
	valor p	>0,999 ns	0,569 ns	0,286 ns
35 d 0°C + 2d 5 °C + 2 d 10 °C	30°	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	3,75 ± 2,39
	60°	1,25 ± 1,25	0,00 ± 0,00	5,00 ± 3,54
	Control	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	6,25 ± 3,75
	valor p	0,405 ns	>0,999 ns	0,867 ns
Promedio	30°	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	2,92 ± 1,44
	60°	0,42 ± 0,42	1,25 ± 0,65	2,08 ± 1,30
	Control	0,42 ± 0,42	0,83 ± 0,83	2,08 ± 1,44
	valor p	0,611 ns	0,349 ns	0,888 ns

Anexo 7

Parámetros de calidad de frutos de arándanos del cultivar 'Apolo' en diferentes momentos de evaluación y en respuesta a la inclinación de cargadores. Orientación Este-Oeste.

Momento	Tratamiento	Firmeza (g mm ⁻¹)	Diámetro (mm)	Sólidos solubles (°Brix)	Acidez (%)
Peak de cosecha	30°	274,28 ± 34,06	16,60 ± 0,20	12,04 ± 0,35	0,23 ± 0,03
	60°	235,04 ± 5,29	16,20 ± 0,20	13,09 ± 0,50	0,17 ± 0,02
	Control	254,34 ± 21,49	16,45 ± 0,28	11,67 ± 0,57	0,24 ± 0,01
	valor p	0,522 ns	0,481 ns	0,153 ns	0,194 ns
Retraso cosecha 7 d	30°	193,17 ± 7,89	15,95 ± 0,30	12,37 ± 0,51	0,16 ± 0,01
	60°	200,91 ± 5,98	15,43 ± 0,26	13,46 ± 0,74	0,15 ± 0,00
	Control	183,09 ± 4,45	15,88 ± 0,09	12,61 ± 0,87	0,15 ± 0,01
	valor p	0,187 ns	0,285 ns	0,556 ns	0,411 ns
35 d 0°C + 2d 5 °C + 2 d 10 °C	30°	290,48 ± 5,77	17,30 ± 0,28	10,81 ± 0,21	0,31 ± 0,01
	60°	279,37 ± 2,12	16,35 ± 0,46	11,27 ± 0,37	0,39 ± 0,03
	Control	279,05 ± 5,77	16,65 ± 0,26	11,65 ± 0,33	0,34 ± 0,04
	valor p	0,222 ns	0,196 ns	0,224 ns	0,232 ns
Promedio	30°	252,64 ± 16,70	16,62 ± 0,22	11,74 ± 0,28	0,23 ± 0,02
	60°	238,44 ± 10,00	15,99 ± 0,21	12,61 ± 0,41	0,24 ± 0,03
	Control	238,82 ± 14,05	16,33 ± 0,15	11,97 ± 0,36	0,24 ± 0,03
	valor p	0,714 ns	0,093 ns	0,217 ns	0,968 ns

7.3. Protectores solares

Anexo 8

Diámetro de frutos (mm) de arándanos 'Apolo', 'Loreto Blue' y 'Luna Blue' en diferentes momentos de evaluación y en respuesta a la aplicación de protectores solares.

Momento	Tratamiento	'Apolo'	'Loreto Blue'	'Luna Blue'
Peak de cosecha	AGV	15,76 ± 0,46 c	18,18 ± 0,40	14,39 ± 0,39
	BIO	15,91 ± 0,41 bc	17,76 ± 0,58	15,19 ± 0,45
	CAO	17,38 ± 0,06 a	17,89 ± 0,59	16,12 ± 0,52
	CMT	16,96 ± 0,47 ab	18,22 ± 0,59	14,92 ± 0,59
	Cont	16,12 ± 0,29 bc	17,98 ± 0,23	14,83 ± 0,16
	valor p	0,044 *	0,958 ns	0,160 ns
Retraso cosecha 7 d	AGV	15,25 ± 1,13	17,30 ± 0,54	14,75 ± 0,27
	BIO	15,57 ± 0,21	15,96 ± 1,66	15,39 ± 0,46
	CAO	16,52 ± 0,19	17,66 ± 0,83	15,03 ± 0,63
	CMT	16,43 ± 0,35	17,19 ± 0,33	15,63 ± 0,57
	Cont	16,30 ± 0,17	18,24 ± 0,73	14,69 ± 0,12
	valor p	0,418 ns	0,548 ns	0,546 ns
35 d 0°C + 2d 5°C + 2 d 10°C	AGV	16,23 ± 0,64	17,49 ± 0,05	14,62 ± 0,61
	BIO	15,74 ± 0,64	16,95 ± 0,90	15,77 ± 0,58
	CAO	17,46 ± 0,19	17,37 ± 0,65	16,33 ± 0,41
	CMT	15,66 ± 0,01	18,06 ± 0,27	15,67 ± 0,44
	Cont	16,45 ± 0,24	17,81 ± 0,60	15,74 ± 0,35
	valor p	0,080 ns	0,712 ns	0,247 ns
Promedio	AGV	15,75 ± 0,42 b	17,66 ± 0,24	14,59 ± 0,23 b
	BIO	15,74 ± 0,23 b	16,89 ± 0,63	15,45 ± 0,27 a
	CAO	17,12 ± 0,17 a	17,64 ± 0,36	15,82 ± 0,33 a
	CMT	16,35 ± 0,25 b	17,82 ± 0,26	15,41 ± 0,29 a
	Cont	16,29 ± 0,13 b	18,01 ± 0,29	15,09 ± 0,20 ab
	valor p	0,003 **	0,309 ns	0,030 *

Anexo 9

Concentración de sólidos solubles (°Brix) de arándanos 'Apolo', 'Loreto Blue' y 'Luna Blue' en diferentes momentos de evaluación y en respuesta a la aplicación de protectores solares.

Momento	Tratamiento	'Apolo'	'Loreto Blue'	'Luna Blue'
Peak de cosecha	AGV	13,03 ± 0,53	13,49 ± 0,43	10,87 ± 0,46
	BIO	12,20 ± 0,51	12,52 ± 0,47	11,13 ± 1,09
	CAO	13,78 ± 0,58	12,29 ± 0,35	12,21 ± 0,37
	CMT	12,50 ± 0,71	12,53 ± 0,27	10,89 ± 0,79
	Cont	12,33 ± 1,11	12,65 ± 0,48	10,41 ± 0,55
	<i>valor p</i>	<i>0,550 ns</i>	<i>0,339 ns</i>	<i>0,496 ns</i>
Retraso cosecha 7 d	AGV	13,72 ± 0,82	14,81 ± 0,40	11,07 ± 1,02
	BIO	14,18 ± 0,83	14,82 ± 0,65	11,83 ± 0,57
	CAO	12,90 ± 0,44	13,82 ± 0,18	11,28 ± 1,30
	CMT	14,12 ± 0,16	13,87 ± 0,23	12,02 ± 0,92
	Cont	12,81 ± 1,01	13,55 ± 1,56	10,45 ± 1,59
	<i>valor p</i>	<i>0,539 ns</i>	<i>0,688 ns</i>	<i>0,868 ns</i>
35 d 0°C + 2d 5°C + 2 d 10°C	AGV	12,08 ± 0,20	13,11 ± 0,99	11,96 ± 0,94
	BIO	11,90 ± 0,45	11,45 ± 0,37	12,77 ± 0,56
	CAO	12,37 ± 0,48	11,02 ± 0,39	12,63 ± 0,53
	CMT	12,88 ± 1,02	11,69 ± 0,43	11,78 ± 0,36
	Cont	12,14 ± 0,55	10,95 ± 0,28	11,87 ± 0,32
	<i>valor p</i>	<i>0,809 ns</i>	<i>0,108 ns</i>	<i>0,656 ns</i>
Promedio	AGV	12,95 ± 0,37	13,80 ± 0,42	11,30 ± 0,45
	BIO	12,76 ± 0,47	12,93 ± 0,56	11,91 ± 0,46
	CAO	13,02 ± 0,32	12,38 ± 0,43	12,04 ± 0,47
	CMT	13,17 ± 0,44	12,70 ± 0,36	11,56 ± 0,40
	Cont	12,43 ± 0,47	12,38 ± 0,61	10,91 ± 0,55
	<i>valor p</i>	<i>0,764 ns</i>	<i>0,231 ns</i>	<i>0,442 ns</i>

Anexo 10

Contenido de acidez (%) de arándanos 'Apolo', 'Loreto Blue' y 'Luna Blue' en diferentes momentos de evaluación y en respuesta a la aplicación de protectores solares.

Momento	Tratamiento	'Apolo'	'Loreto Blue'	'Luna Blue'
Peak de cosecha	AGV	0,31 ± 0,10	0,56 ± 0,03	0,63 ± 0,12
	BIO	0,26 ± 0,03	0,55 ± 0,05	0,44 ± 0,03
	CAO	0,20 ± 0,02	0,51 ± 0,05	0,46 ± 0,05
	CMT	0,31 ± 0,09	0,52 ± 0,07	0,54 ± 0,05
	Cont	0,19 ± 0,03	0,51 ± 0,11	0,38 ± 0,07
	<i>valor p</i>	<i>0,552 ns</i>	<i>0,968 ns</i>	<i>0,175 ns</i>
Retraso cosecha 7 d	AGV	0,16 ± 0,01	0,45 ± 0,02	0,51 ± 0,09
	BIO	0,16 ± 0,01	0,42 ± 0,08	0,38 ± 0,06
	CAO	0,20 ± 0,02	0,34 ± 0,04	0,43 ± 0,09
	CMT	0,15 ± 0,01	0,41 ± 0,04	0,29 ± 0,02
	Cont	0,16 ± 0,01	0,40 ± 0,03	0,51 ± 0,13
	<i>valor p</i>	<i>0,157 ns</i>	<i>0,561 ns</i>	<i>0,395 ns</i>
35 d 0°C + 2d 5°C + 2 d 10°C	AGV	0,30 ± 0,04	0,78 ± 0,08	0,54 ± 0,12
	BIO	0,35 ± 0,01	0,63 ± 0,06	0,31 ± 0,01
	CAO	0,23 ± 0,03	0,61 ± 0,03	0,42 ± 0,09
	CMT	0,28 ± 0,03	0,78 ± 0,07	0,48 ± 0,06
	Cont	0,22 ± 0,01	0,58 ± 0,02	0,42 ± 0,04
	<i>valor p</i>	<i>0,055 ns</i>	<i>0,076 ns</i>	<i>0,334 ns</i>
Promedio	AGV	0,26 ± 0,04	0,60 ± 0,05	0,56 ± 0,06
	BIO	0,26 ± 0,03	0,54 ± 0,04	0,38 ± 0,03
	CAO	0,21 ± 0,01	0,49 ± 0,04	0,43 ± 0,04
	CMT	0,25 ± 0,04	0,57 ± 0,06	0,44 ± 0,04
	Cont	0,19 ± 0,01	0,50 ± 0,04	0,44 ± 0,05
	<i>valor p</i>	<i>0,372 ns</i>	<i>0,513 ns</i>	<i>0,082 ns</i>

7.4. Enfriamiento a través de riego por aspersión

Anexo 11

Temperatura (°C) registrada en hojas, ramillas y frutos de arándanos del cultivar Duke en respuesta a la aplicación de riego en altura para el primer evento de altas temperaturas.

Tratamiento	Hojas	Ramillas	Frutos
Control	29,38 ± 0,53 a	28,84 ± 0,25	32,45 ± 0,56 a
Riego en altura	27,79 ± 0,50 b	28,60 ± 0,48	30,73 ± 0,47 b
valor p	0,04 *	0,65 ns	0,03 *

Anexo 12

Parámetros de calidad de frutos de arándanos del cultivar Duke en respuesta a la aplicación de riego en altura para ambos eventos de altas temperaturas

Tratamiento	Evento 1	Evento 2	Postcosecha	Promedio
Diámetro				
Control	15,09 ± 0,22	14,61 ± 0,34	13,74 ± 0,23 b	14,48 ± 0,21
Riego en altura	14,93 ± 0,28	14,71 ± 0,31	14,69 ± 0,23 a	14,78 ± 0,15
valor p	0,674 ns	0,837 ns	0,019 *	0,255 ns
Sólidos solubles				
Control	15,37 ± 0,33 a	15,38 ± 0,32	14,93 ± 0,10	15,23 ± 0,16
Riego en altura	14,13 ± 0,29 b	16,15 ± 0,58	14,87 ± 0,24	15,05 ± 0,31
valor p	0,023 *	0,279 ns	0,818 ns	0,607 ns
Acidez				
Control	0,44 ± 0,03	0,30 ± 0,01	0,35 ± 0,04	0,36 ± 0,02
Riego en altura	0,38 ± 0,03	0,31 ± 0,04	0,33 ± 0,04	0,34 ± 0,02
valor p	0,221 ns	0,792 ns	0,742 ns	0,497 ns