



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE POSTGRADO

**EFFECTO DEL USO DE COBERTURAS DE MALLA, PLÁSTICO Y RAFIA
SOBRE LA CALIDAD DE EXPORTACIÓN Y CONCENTRACIÓN DE
POLIFENOLES DE ARÁNDANO (*Vaccinium Corymbosum*) var. 'LEGACY'**

Tesis para optar al Grado de Magíster en Ciencias Agropecuarias

EDGARD GUSTAVO ADOLFO ÁLVAREZ RIVERA

Director de Tesis
BRUNO G. DEFILIPPI BRUZZONE
VÍCTOR H. ESCALONA CONTRERAS

Profesores consejeros
RODRIGO CALLEJAS RODRÍGUEZ
ELÍAS OBREQUE SLIER

SANTIAGO – CHILE
2022

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Instituto de Investigaciones Agropecuarias, por darme la oportunidad de desarrollarme como profesional y a la vez realizar los estudios que culminan en esta tesis, y a nombre de éste, a los investigadores Dr. Gabriel Sellés, Dr. Emilio Ruz y Dra. Evelyn Silva por sus gestiones para esta oportunidad.

Agradezco muy especialmente a mis profesores Dr. Bruno Defilippi, por la continua confianza que me ha otorgado para poder cumplir las metas que me ha propuesto, y al Dr. Víctor Escalona, por su siempre amable, pero no menos estricta, guía en esta tesis. A ambos por su gran aporte, paciencia, y su notable gentileza al enseñar. A los profesores Dr. Rodrigo Callejas y Dr. Elías Obreque por sus aportes, y sus palabras de ánimo en el comienzo y el fin de este trabajo.

Agradezco a las personas que me ayudaron en la realización de esta tesis: a Camilo Vásquez, Paulina Valdés, Manuel Garay, Belén Trejo, Sebastián Vargas, Dra. Daniela Olivares y el Dr. Pablo Ulloa, por ayudarme a cosechar, evaluar, instalar sensores y explicarme los procedimientos bioquímicos. A la Dra. Cristina Vergara y a Olga Zamora del laboratorio de alimentos de INIA La Platina, por su muy importante ayuda en las mediciones de antocianinas.

Agradezco al equipo del laboratorio de fruticultura de la Universidad de Concepción, Gustavo Soto y Esteban González, por todo su gran apoyo en el campo; a la exportadora Niceblue y su director don Jorge Pollman, por gran su disposición y apoyo en esta tesis y en los proyectos de investigación que se realizan en sus predios.

Agradezco al profesor Dr. Alonso Pérez de la Pontificia Universidad Católica de Chile, quien me puso en el punto de partida de este camino, y a los Doctores Gonzalo Díaz, Bernardo Latorre y Tania Zaviezo por recibirme en sus laboratorios y enseñarme por primera vez el mundo de la investigación.

Agradezco a la fuente de financiamiento CORFO, a través del Programa Tecnológico, Proyecto PTEC66641-P06: “*Optimización de manejos de postcosecha de nuevas variedades de arándanos de la zona sur de Chile*”, junto a ASOEX y el Comité de Arándanos de Chile, dentro del cual se enmarca esta tesis.

Finalmente, agradezco a las dos nobles instituciones, mis alma máter, A la Pontificia Universidad Católica de Chile, mi casa de pregrado, y la Universidad de Chile, mi casa de postgrado, porque el conocimiento que me entregaron en sus aulas siempre ha sido una base firme donde fundar todos mis proyectos.

*Dedico esta tesis a mi madre, Edith,
porque mis logros son resultado de
su esfuerzo, enseñanza y amor; y a
mi hermano Cristóbal.*

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS ESCUELA DE
POSTGRADO

EFECTO DEL USO DE COBERTURAS DE MALLA, PLÁSTICO Y RAFIA SOBRE LA
CALIDAD DE EXPORTACIÓN Y CONCENTRACIÓN DE POLIFENOLES DE ARÁNDANO
(*Vaccinium Corymbosum*) var. 'LEGACY'

Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al Grado de Magíster en Ciencias
Agropecuarias

EDGARD GUSTAVO ADOLFO ÁLVAREZ RIVERA

Calificaciones

DIRECTOR DE TESIS

Sr. Bruno G. Defilippi Bruzzone 6,8
Ingeniero Agrónomo, PhD.

Sr. Víctor H. Escalona Contreras 6,8
Ingeniero Agrónomo, Dr.

PROFESORES CONSEJEROS

Sr. Rodrigo Callejas Rodríguez 6,6
Ingeniero Agrónomo, Dr.

Sr. Elías Obreque Slier 7,0
Ingeniero Agrónomo, Dr.

Santiago, Chile
2022

ÍNDICE

RESUMEN	4
ABSTRACT	5
I. INTRODUCCIÓN.....	1
I.1.1. Uso de Coberturas plásticas en la fruticultura	1
I.1.2. Efecto de las coberturas sobre la calidad de fruta	2
I.1.3. Síntesis de antocianos y capacidad antioxidante bajo cobertura	2
I.2. HIPÓTESIS	3
I.3. OBJETIVOS.....	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
II.1. Ubicación del estudio	4
II.2. Material biológico	4
II.3. Tratamientos y diseño experimental	4
II.4. Manejo del experimento.....	5
II.5. Variables medidas	6
II.5.1. Variables de campo durante precosecha:	6
II.5.2. Variables de calidad de fruta en cosecha y postcosecha:	7
II.5.3. Evaluación de compuestos fenólicos:	8
II.5.4. Perfil de antocianos	9
II.6. Análisis estadístico.....	10
III. RESULTADOS	11
III.1. Evaluaciones de campo durante precosecha	11
III.1.1. Temperatura	11
III.1.2. Humedad relativa (HR).....	15
III.1.3. Radiación fotosintéticamente activa (PAR).....	17
III.1.3. Fecha de cosecha	19
III.2. Evaluaciones de cosecha y postcosecha	21
III.2.1 Calibre.....	21
III.2.2. Condición de pulpa	22
III.2.4. Colorimetría y frutos rojos a cosecha	24
III.2.4. Daños Físicos	26
III.2.5. Pérdida de peso por deshidratación.....	27
III.2.7. Firmeza de fruta	30

III.2.8. Porcentaje de fruta con categoría exportable	33
III.2.9. Incidencia de Pudriciones	33
III.2.10. Sólidos solubles y acidez titulable	35
III.2.12. Concentración de antocianos totales	36
III.2.13. Fenoles y flavonoides totales	38
III.2.15. Capacidad antioxidante	39
III.2.16. Perfil de antocianos	41
III.2.17. Análisis de componentes principales	42
IV. DISCUSIÓN	44
V. CONCLUSIONES	49

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Momentos de evaluación de variables en postcosecha.....	15
Cuadro 2. Temperaturas medias ambientales mensuales bajo cobertura.....	16
Cuadro 3A. Temperaturas ambientales máximas promedio bajo cobertura.....	17
Cuadro 3B. Temperaturas ambientales mínimas promedio bajo cobertura.....	17
Cuadro 4. Registro de tres meses de temperaturas sobre 30°C.....	17
Cuadro 5. Promedio de HR (%) bajo tratamientos de coberturas	19
Cuadro 6. Promedio de PAR transmitida diaria y porcentaje de sombreadamiento.....	21
Cuadro 7. Porcentaje de frutos azules observados durante <i>peak</i> de cosecha.....	23
Cuadro 8. Incidencia de daños físicos.....	30
Cuadro 9. Porcentaje de fruta exportable y no exportable.....	37
Cuadro 10. Sólidos solubles y acidez titulable.....	39
Cuadro 11. Contenido de fenoles y flavonoides totales.....	42
Cuadro 12. Concentración de antocianinas.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Temperaturas ambientales (°C).....	18
Figura 2. Porcentaje de humedad relativa (HR).....	20
Figura 3. Promedio mensual de radiación PAR diaria.....	22
Figura 4. Condición de color de frutos de arándanos día 15 de diciembre de 2020.....	24
Figura 5. Distribución de calibres (mm).....	25
Figura 6. Condición de pulpa por tratamiento.....	27
Figura 7. Distribución de frutos según ángulo Hue (h°).....	29
Figura 8. Pérdida de peso promedio.....	32
Figura 9. Incidencia de deshidratación visual.....	33
Figura 10. Distribución de firmeza a cosecha.....	34
Figura 11. Distribución de firmeza en postcosecha.....	35
Figura 12. Relación de condición de pulpa 1 y firmeza promedio.....	36
Figura 13. Incidencia de pudriciones.....	38
Figura 14. Concentración de antocianos totales.....	41
Figura 15. Capacidad antioxidante bajo distintas coberturas.....	44
Figura 16. Análisis de componentes principales (PCA).....	50

ANEXOS

Anexo 1. Escala de evaluación de deshidratación visual INIA.....	64
Anexo 2. Espacio de color <i>Comission Internationale d'Eclairage</i> CIE L*C*h*.....	64

APÉNDICE

Cuadro 1. Cuadro promedios de capacidad antioxidante.....	65
Figura 1. Perfil de antocianinas con identificación de 5 <i>peaks</i>	65
Figura 2. Comparación de perfiles de antocianinas por tratamiento y momento de evaluación.....	65

RESUMEN

El uso de coberturas de techo permite proteger el cultivo de eventos climáticos, favorecer el rendimiento productivo, y modificar la fecha de cosecha de diversos cultivos hortofrutícolas. Se evaluó el efecto en la calidad y condición de la fruta, junto con la concentración de polifenoles en cosecha y posterior a 30 días de almacenaje de arándanos variedad Legacy bajo coberturas de malla monofilamento, rafia, y plástico foselectivo. Se observó que los tratamientos de rafia y plástico disminuyeron cerca de un 70% y 40% la PAR transmitida, a la vez que aumentaron la temperatura en el interior de la cobertura entre 1,9 y 2,8°C por día con respecto al testigo. Estas condiciones adelantaron la cosecha en aproximadamente 6 días, disminuyeron la firmeza de cosecha en 12% promedio entre los tratamientos testigo y malla en comparación a los tratamientos plástico y rafia. Igualmente, se observó una disminución del ángulo Hue indicando colores con tendencias al morado y rojo. De los resultados obtenidos a cosecha, los tratamientos de plástico y rafia disminuyeron la firmeza, capacidad antioxidante, y concentración de polifenoles de los frutos en comparación a los tratamientos de malla y testigo, estas características permanecieron posterior a 30 días de almacenaje a 0°C.

Palabras clave: HDPE, LDPE, postcosecha, antocianinas, capacidad antioxidante, coberturas.

ABSTRACT

The use of roof-type covers allows the protection of crops against climatic events, improves yield, and modifies harvest date in different horticultural crops. The effect of a black net, raffia, and photosensitive LDPE plastic cover, on the fruit quality, condition and polyphenol concentration of 'Legacy' blueberries were measured. Results indicated that raffia and plastic treatments decreased transmitted PAR between 70 and 40%, respectively, and raised ambient temperature between 1,9 to 2,8°C, compared to control treatment. These conditions led to a 6 days harvest advancement in raffia and plastic treatments, with firmness loss, from 170g·mm⁻¹ to 138 and 145 g·mm⁻¹ after 30 days of storage. These treatments also showed a decrease in Hue angle color, showing a trend to purple and red colors. From the results obtained at harvest, the plastic and raffia treatments showed decreased in firmness, antioxidant capacity, and polyphenol concentration of fruits, compared to those under black net and without cover. These characteristics remained after 30 days of storage at 0°C.

Key words: HDPE, LDPE, postharvest, anthocyanin, antioxidant capacity, covers.

I. INTRODUCCIÓN

I.1.1. Uso de coberturas plásticas en la fruticultura

Los materiales plásticos usados como coberturas sobre estructuras de postes se han constituido en una tecnología de gran utilidad para controlar diversos factores climáticos, fisiológicos, productivos y de manejo en la agricultura (Briassoulis *et al.*, 2007; Castellano *et al.*, 2008). Según Marfán y García (2018), dentro de estos materiales podemos distinguir 3 tipos principales: las mallas, que corresponden a tejidos de hilo de polietileno de alta densidad (HDPE); las rafias, que son entramados densos de HDPE sin aperturas entre sus fibras; y las coberturas de plástico o “*Films*” que constituyen coberturas de polímeros extruidos principalmente de polietileno de baja densidad (LDPE), HDPE, cloruro de polivinilo (PVC) y etil acetato de vinilo (EVA).

Dentro de los 3 tipos de cobertura mencionados existe gran variedad de materiales que, según sus características físicas determinan su uso con los siguientes objetivos: protección contra eventos climáticos como lluvia, granizo, vientos de alta intensidad y daños por radiación solar (Briassoulis *et al.*, 2007); modificación del espectro lumínico (Shahak, 2008; Basile *et al.*, 2012), adelanto o atraso la época de cosecha (Demchak, 2009; Bañados, 2016); y protección contra pájaros e insectos (Briassoulis *et al.*, 2007). Por lo tanto, el tipo de cobertura a emplear debe determinarse según el objetivo deseado para el cultivo.

Para el caso de las mallas, su uso más común es el sombreamiento y la selectividad del espectro lumínico. Según Shahak (2008), distintos colores de mallas con aditivos cromáticos y el tamaño de los agujeros del entramado, modifica la cantidad incidente de luz y el espectro lumínico en los rangos UV, rojo (R), rojo lejano (FR), verde (G), amarillo (Y) y azul (B). A diferencia de las mallas de color, las mallas negras no tienen un efecto foto-selectivo y solamente varían la cantidad de luz incidente por el sombreamiento dado por el tamaño de agujeros del entramado (Selahe *et al.*, 2014; Arthurs *et al.*, 2013).

La tecnología de coberturas de plástico se enfoca en distintas capacidades de fotoselección y difusión de la luz al interior de la cobertura, lo que modifica la iluminación en mayor o menor medida según el grosor y transmisividad del material. Además, esta cobertura cumple con el efecto de protección climática, modificación de la temperatura y aumento de la humedad relativa (Marfán y García, 2018). Otro de los objetivos de las coberturas plásticas es el adelanto de la época de cosecha por mayor acumulación de temperatura (Demchak, 2009). A diferencia de las mallas, el uso de plásticos tiene un efecto protector contra la lluvia al no permitir el paso de agua y generar un microclima en su interior que mantiene una mayor humedad relativa, aumenta la temperatura y detiene más efectivamente el paso de viento (Moller y Assouline, 2007).

El uso de rafias, tiene como objetivo la protección climática. Según Marfán y García (2018), la rafia corresponde a un solo tipo de material hecho de polietileno de alta densidad (HDPE) blanco y opaco, que no modifica el espectro lumínico, y puede tener desventajas al disminuir la transmitancia de luz. Estos mismos autores señalan que su uso en huertos con problemas de iluminación o cultivos sensibles a la falta de luz no es recomendado. Al tener mayor grosor la rafia protege efectivamente contra la lluvia, el granizo, el viento y los golpes de sol. Es un material muy usado en la industria de la cereza con buenos resultados en evitar la incidencia de partidura por agua (Grandi *et al.*, 2017).

I.1.2. Efecto de las coberturas sobre la calidad de fruta

El uso de la tecnología de coberturas ha mostrado efectos beneficiosos en el manejo de cultivos. Sin embargo, también se ha reportado una amplia disparidad en la calidad de fruta con su aplicación. Según Dussi *et al.* (2005) y Takos *et al.* (2006) la generación de color en un fruto depende de la luz y las diferencias de temperatura, las cuales son las variables más influenciadas por el uso de coberturas. Con respecto a estas variables, Majan (2018) indica que las mallas negras reducen hasta un 32% la radiación fotosintéticamente activa (PAR), afectando el color en distintas variedades de manzana en Europa y Latinoamérica, a la vez que disminuyen las temperaturas mínimas entre 0,4 y 1,3°C. Por su parte, Lloyd *et al.* (2005) observaron que las mallas blancas o de colores aumentan la temperatura máxima hasta 4,4°C, lo que promovería el desarrollo de color y aumento de peso. En este mismo sentido, Takos *et al.* (2016) indican que la falta de luz 20 días antes de cosecha afecta la síntesis de antocianos responsables del color en manzana, lo que explica el problema de bajo color en coberturas con alta capacidad de sombreado.

En cuanto al efecto sobre la calidad interna de frutos, Basile *et al.* (2012) observaron que frutos de kiwi variedad Hayward cultivados bajo malla blanca acumularon un 16% de materia seca, mientras el testigo sin cobertura y la malla gris acumularon 15 y 14,2%, respectivamente. Por otra parte, los frutos bajo malla blanca alcanzaron 9,3% de sólidos solubles (SST) mientras el testigo y la malla gris registraron valores promedio de 8,2% promedio. Defilippi *et al.* (2019) observaron un aumento de la concentración de sólidos solubles y de la firmeza, a la vez que disminuyó la acidez en uva de mesa variedad Ralli cultivada bajo cobertura plástica. Sin embargo, este efecto no fue observado en la variedad Sable donde no hubo un efecto significativo en el aumento o disminución de la firmeza. En cuanto al uso de rafia, Wallberg y Sagredo (2014) indican que en cerezas variedad Lapins, cultivadas bajo 40% de sombreado, alcanzaron valores de PAR entre 1.000 y 1.100 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, y los frutos aumentaron la concentración de sólidos solubles en 0,6%, mientras la firmeza disminuyó desde 76,3 Unidades Durofel (UD) en el testigo, hasta 70,2 UD bajo cobertura con el uso de rafia desde brotación. Estas variables, a su vez, son las principalmente evaluadas en la vida de postcosecha de la fruta.

I.1.3. Síntesis de antocianos y capacidad antioxidante bajo cobertura

Zoratti *et al.* (2014) y Ubi *et al.* (2006) observaron que la modificación del espectro lumínico y de las temperaturas afecta la expresión de genes de la vía fenolpropanoide modificando la concentración de antocianos en arándanos. A partir de esto, Zoratti *et al.* (2015) observaron en arándanos, que el uso de malla negra disminuyó la PAR y el espectro de luz verde en 90%, a la vez que bloqueó el espectro en el rango UVA, disminuyendo significativamente la concentración de antocianos en comparación al testigo. A su vez, se observó que los frutos al aire libre presentaron una mayor concentración antociánica, relacionado a un aumento de la PAR. Por su parte, Solomon *et al.* (2019) observaron que el uso de túneles plásticos y mallas blancas incrementaron la concentración de los polifenoles y carotenoides en algunas variedades de pimiento rojo. En un estudio en frutilla, Miao *et al.* (2016) indican que el uso de un film fotoselectivo para la banda del rojo y amarillo aumentó la concentración de antocianos respecto al testigo sin cobertura.

Con estos antecedentes, resulta de interés estudiar la variabilidad y posibles detrimentos en la calidad de los frutos debido al uso de distintas coberturas, a la vez de identificar cuáles de las variables mencionadas son las influyen en esta pérdida. Por lo tanto, es de interés observar si el uso de plástico que promueve la difusión de luz favorece la calidad de frutos en comparación con materiales que disminuyen la transmisión de luz como las mallas y rafia.

I.2. HIPÓTESIS

El uso de mallas y rafia que provocan sombreado y variación de temperaturas durante el cultivo disminuyen la firmeza, color y concentración de antocianos en frutos de arándano al momento de cosecha, y luego de un periodo de postcosecha comparados con frutos producidos bajo plástico y sin cobertura.

I.3. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el efecto de las coberturas de malla, plástico y rafia respecto al aire libre sobre la evolución de la firmeza, color y concentración de antocianos en frutos de arándano cosechados y posteriormente conservados en almacenaje en frío.

Objetivos específicos

Identificar los efectos de la variación de la radiación y temperatura del ambiente de cultivo ocasionadas por el uso de coberturas sobre el adelanto o atraso del momento de cosecha de la fruta.

Evaluar el efecto del uso de coberturas en la protección contra los daños climáticos, calibre, color, y firmeza de los frutos, en comparación al cultivo al aire libre.

Evaluar la capacidad antioxidante, concentración y perfil de antocianos de arándanos cultivados bajo cobertura en comparación al aire libre.

Evaluar la influencia de las coberturas en la condición de postcosecha de arándanos tras 30 días de almacenaje en frío.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

II.1. Ubicación del estudio

El estudio se realizó entre septiembre de 2020 y enero de 2021 en la Agrícola Pollman S.A., ubicada en el sector El Huapi de la ciudad de Linares, Región del Maule (35°52'2".0"S 71°35'5".1"O). Los análisis se realizaron en los laboratorios de calidad de postcosecha, y el laboratorio de tecnología de los alimentos del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) Centro Regional de Investigación La Platina, ambos ubicados en la comuna de la Pintana, Santiago, Chile.

II.2. Material biológico

Se utilizaron muestras de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.) variedad Legacy obtenidos de 8 plantas por tratamiento establecidas en un cuartel de 1,7 ha con marco de plantación de 3x1, con orientación este-oeste plantadas el año 2011. Se separaron para el ensayo 4 cuadrantes contiguos para cada tratamiento 18x90 m (1.250 m² aproximadamente), ordenados: noroeste (NO): testigo sin cubierta, NE: plástico foselectivo (HDPE), SE: rafia (HDPE) y SO: malla monofilamento negra. En cada cuadrante se utilizaron 3 hileras de ancho, muestreando al azar dentro de las 90 plantas ubicadas en la hilera central para eliminar efectos bordes de las hileras adyacentes. El sector fue manejado por riego con goteo y siguiendo los protocolos de producción de fruta para exportación de la empresa.

II.3. Tratamientos y diseño experimental

Se realizaron 4 tratamientos: i) cobertura plástica con material de polietileno de baja densidad (LDPE) opaco con luz difusa, ii) cobertura de rafia de polietileno de alta densidad (HDPE), iii) malla negra monofilamento antigranizo y iv) tratamiento testigo sin cobertura. Los tratamientos tuvieron una estructura de palo impregnado en techo capilla y alambre encerado, con apertura sobre la entrehilera, sin cierres laterales, de aproximadamente 2,5 m de alto, siendo su posición fija en el caso de la malla y removible en invierno en el caso de plástico y rafia.

De las 90 plantas por hilera central en cada tratamiento, se aleatorizaron 4 repeticiones de 2 plantas cada una, marcando 8 plantas por tratamiento. En postcosecha, se utilizó como unidad experimental una caja de 1,5 kg con 12 *clamshells* de 125g, por repetición, sumando 4 repeticiones de 1,5 kg por tratamiento.

II.4. Manejo del experimento

Se cosechó una bandeja de 2,2 kg por repetición, muestreando conjuntamente fruta de las dos plantas que constituyen cada repetición. El criterio de cosecha fue fruta con 100% de coloración azul, del segundo floreo de cosecha comercial de la empresa. Este momento fue estimado contando dos semanas desde que el 5% de la fruta de la planta se encontró en 100% de color azul, según recomendación del Comité de arándanos, 2016. Se cosechó en la sección media de la planta, en el exterior, aleatoriamente entre las caras norte y sur de la hilera.

Los frutos fueron transportados al laboratorio de calidad de postcosecha de INIA La Platina en furgón refrigerado a 10°C y cubiertos con bolsa de 0,3% de área ventilada durante el traslado. Una vez que la fruta arribó al laboratorio, se dejó una noche en cámara de frío a 0°C manteniendo la bolsa perforada. Al día siguiente de cosecha, se evaluó la calidad y condición de materia prima (sin proceso de selección) de cada bandeja de 2,2 kg por repetición.

Posterior a la evaluación de materia prima en cosecha, se seleccionó 1,5 kg de fruta de cada bandeja para almacenaje de postcosecha, usando protocolos de proceso y embalaje de fruta de exportación, eliminando las frutas con color rojo, daños físicos, ablandamiento, y *russet*. Se embalaron 4 cajas de 1,5 kg con 12 *clamshells* plásticos de 125g por tratamiento. El embalaje se realizó con caja de cartón y bolsa de 0,3% de área ventilada. Las cajas fueron almacenadas a 0°C, bajo condiciones de aire regular (21% O₂ y 0% CO₂). A los 30 días de almacenaje se evaluaron 6 *clamshells* de fruta (30 SF, SF= Salida de Frío) y los otros 6 *clamshells* se evaluaron tras un periodo de simulación de vida de estantería ('*Shelf life*'=SL) de 48 h a 20°C (30 SF + 2 SL, SL = *Shelf Life*).

El perfil de antocianos y su capacidad antioxidante fueron evaluados en el laboratorio química analítica de la Unidad de Postcosecha de INIA La Platina.

II.5. Variables evaluadas

Las evaluaciones del estudio se categorizan en tres grupos: evaluaciones de campo, calidad de fruta según criterios de exportación, y caracterización de compuestos antioxidantes:

II.5.1. Variables de campo durante precosecha

1. En campo se registró la temperatura (°C) y humedad relativa (%) bajo las coberturas durante el periodo de septiembre a cosecha, utilizando un sensor tipo *data logger* (HOBO Pro v2 U23, Bioweb®, Colombia) para cada tratamiento. Los sensores fueron instalados en postes a una altura de 1,5 m sobre la planta, al centro del tratamiento. Las mediciones se realizaron cada una hora de manera continua entre los meses de octubre y diciembre de 2020.
2. Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR): A través de radiómetro se midió la densidad de flujo de fotones fotosintéticos (PPFD) en $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ bajo cada cobertura de forma continua cada 1 hora entre los meses de octubre y diciembre. Se calculó el porcentaje de diferencia en la transmisión de luz fotosintética bajo las coberturas y al aire libre utilizando un radiómetro *data logger* (Logger EM50, Metergroup Inc, E.E.U.U.) con registro cada 1 hora. Para el cálculo de diferencia de transmisión de luz, se comparó el promedio de PPFD de cada tratamiento al mediodía, para todos los días entre noviembre y diciembre. El cálculo de sombreado se describe en la ecuación:

$$(1) \text{ Sombreamiento (\%)} = 100 - \left(\frac{\text{PAR Cobertura} \left(\frac{\mu\text{mol}}{\text{m}^2\text{s}} \right) * 100}{\text{PAR Testigo} \left(\frac{\mu\text{mol}}{\text{m}^2\text{s}} \right)} \right)$$

3. Día de cosecha comercial: se consideró los criterios de cosecha de la empresa, recomendados por el Comité de Arándanos de Chile. Se cosechó en el momento de *peak* productivo cuando cerca del 50% de los frutos en planta tuvieron 100% de color azul. Previo a la cosecha principal se realizaron cosechas previas de frutos adelantados para evitar sobremadurez durante el *peak* de cosecha comercial. El seguimiento del *peak* de cosecha consideró las siguientes etapas: i) inicio de cosechas de frutos adelantados con un 5% de frutos con un color de cubrimiento 100% azul en la planta, cuantificado por conteo de estos frutos en una planta por tratamiento, ii) 2da cosecha de frutos adelantados una semana después del 5%, iii) cosecha de ensayo al 50% de frutos azules en planta a las 2 semanas después del 5%. Se estableció el día de cosecha del testigo como día 0 para determinar adelanto o atraso en cosechas.

II.5.2. Variables de calidad de fruta en cosecha y postcosecha:

1. Porcentaje de fruta con categoría exportable: evaluación de materia prima, se calculó el porcentaje de fruta sana, separándola de cualquier daño de calidad como golpes, *russet*, partiduras, pudriciones u otros, para cada bandeja cosechera. Se considera como “no exportable”, la suma de daños promedio por tratamiento equivalente a la diferencia de los frutos sanos calculados según la ecuación:

$$(2) \text{ Fruta Exportable (\%)} = \frac{\text{Peso fruta sana (g)}}{\text{peso total de fruta por bandeja (g)}} * 100$$

2. Calibre de frutos (mm): se midió el diámetro de todos los frutos de 2 *clamshells* completos por repetición, empleando un pie de metro digital (RM813, Ubermann, Chile).
3. Condición de la pulpa: apariencia interna de pulpa de los frutos, se clasificó según la metodología descrita por Rivera *et al.* (2016) (Anexo, Figura 1) en un *clamshell* completo por caja de exportación. Se consideró como fruta sana aquella con pulpa blanca sin translucidez, correspondiente a condición 1, mientras la fruta que se ha relacionado con sobremadurez se categoriza como condición 3.
4. Colorimetría y frutos rojos: se evaluó el color de bayas sin pruina, midiendo el valor de grados hue (h°) en una muestra de un *clamshell* completo de arándanos por repetición utilizando un colorímetro Minolta CR-400 (Konika Minolta Sensing, Inc., EE.UU.) considerando el espacio de color L*C*h. Además, se evaluó la cantidad de frutos rojos al momento de cosecha en cada bandeja completa por repetición.
5. Daños físicos: *russet*, daño por granizo o golpes. Se evaluaron cualitativamente según las escalas de evaluación desarrolladas por el Comité de Arándanos de Chile (2009) y Rivera *et al.*, (2016). Los golpes fueron evaluados al tacto como el ablandamiento circunscrito en un lugar del arándano, conocido generalmente como “machucón”. Los resultados fueron expresados como porcentaje peso correspondiente a fruta dañada con respecto al total del peso de muestra, evaluado en cada bandeja completa al momento de cosecha, empleando la siguiente ecuación:

$$(3) \text{ Daño (\%)} = \frac{\text{Peso de fruta con daño (g)}}{\text{peso total de muestra de fruta (g)}} * 100$$

6. Pérdida de peso y signos de deshidratación visual: En postcosecha, se cuantificó la pérdida de peso de todos los *clamshells*, calculado como el diferencial de gramos de la muestra entre la cosecha y posterior a almacenaje. Se atribuyó esta pérdida a deshidratación de la fruta. Para la pérdida de peso se emplea la ecuación:

$$(4) \text{ Pérdida de peso (\%)} = 100 - \left(\frac{\text{Peso final almacenaje (g)}}{\text{peso inicial almacenaje (g)}} * 100 \right)$$

Además, se evaluó visualmente la cantidad de frutos con signos de deshidratación en 8 *clamshells* completos por repetición, 4 a salida de almacenaje y 4 posterior a *Shelf Life*, según escala de deshidratación INIA (Anexo 1).

7. Firmeza de frutos: en cuatro *clamshells* completos por repetición, 2 para salida de almacenaje y 2 para *Shelf Life*. Se midió la resistencia a la deformación en 1 mm del fruto por medio de equipo FirmPro (HappyVolt, Santiago, Chile) expresado en $\text{g}\cdot\text{mm}^{-1}$. Para todos los casos, la evaluación se realizó adecuando la temperatura de pulpa a 20°C .
8. Incidencia de pudriciones: se evaluó el desarrollo de pudriciones al término del almacenaje y posterior a *Shelf Life*, en 8 *clamshells* completos por repetición, 4 a salida de frío y 4 posterior a *Shelf Life*, según la escala descrita por Rivera *et al.* (2016), como porcentaje de muestra afectado, utilizando ecuación (3).
9. Sólidos solubles totales (SST) y acidez titulable (AT): se determinó en 25 frutos por repetición, según la metodología descrita por Moggia *et al.* (2016). Se midieron los sólidos expresados en porcentaje de SST con refractómetro óptico termocompensado (Refratec, REF113 ATC, USA).

II.5.3. Evaluación de compuestos fenólicos:

Se realizó la medición de compuestos fenólicos en 15 g de muestra compuesta por repetición, extraídas aleatoriamente de cada bandeja al momento de cosecha, y aleatoriamente de los *clamshells* embalados en postcosecha. Se analizaron muestras en los momentos de cosecha, tras 30 días de almacenaje a 0°C y tras 48 horas de almacenaje en simulación de estantería a 20°C . Para los análisis se realizaron los siguientes métodos:

- i) Concentración de antocianos totales (CAT): Los extractos metanólicos y sus reactivos se prepararon siguiendo el procedimiento descrito en Martynenko y Chen (2016). Se evaluó con espectrofotómetro (BioTek Instruments, E.E.U.U), midiendo a una absorbancia a los 520 y 700 nm. El cálculo de antocianos totales se realiza por la ecuación:

$$(5) TA (C3G) = \frac{A * MW * DF * 1000}{\epsilon * l}$$

Donde ϵ es el coeficiente de extensión molar correspondiente a $26.900 \text{ L/mol}\cdot\text{cm}$ por C3G, l es la longitud de la cubeta equivalente a 1 cm, MW es el peso molecular de C3G, DF es el factor de dilución (volumen total/volumen muestra) y A la absorbancia.

Los resultados se expresaron en mg de Cianidina-3-glucósido (C3G) / g de muestra fresca

- ii) Concentración de fenoles totales (CFT): Se realizó por espectrofotometría empleando el método Folin-Ciocalteu, a una absorbancia de 765 nm. Los extractos metanólicos se prepararon según lo descrito en Pino *et al.* (2018), y las mediciones se realizaron según lo descrito en Ulloa *et al.* (2015). Los resultados se expresan como μg de Ácido Gálico/100g de muestra fresca.
- iii) Concentración de flavonoides totales: (CFT): Los extractos metanólicos y las mediciones se realizaron según lo descrito en la metodología de Ulloa *et al.* (2015) mediante espectrofotometría, a una absorbancia a los 415 nm Los resultados se expresaron en μg de Quercetina/100g de muestra fresca

- iv) Capacidad antioxidante: se evaluó a través de los métodos DPPH, ABTS y FRAP por espectrofotómetro de microplacas (BioTek Instruments, E.E.U.U)

Para la determinación de actividad antioxidante DPPH, se midió la absorbancia a los 515 nm según la metodología de Saavedra *et al.* (2017), los resultados se expresaron como μM de Trolox/100g de muestra.

Para la determinación de actividad por ABTS⁺, se midió la absorbancia a los 734 nm según lo descrito en Thaipong *et al.* (2006). Los resultados se expresaron como μM de Trolox/100g de muestra fresca.

La determinación de actividad antioxidante por método FRAP se midió a los 593 nm de absorbancia, según lo descrito en Benzie y Strain (1996). Los resultados se expresaron como μM de Trolox/100g de muestra.

Para los métodos mencionados, las absorbancias (ABS) fueron expresadas en porcentaje de inhibición a través de la ecuación 6:

$$(6) \% \text{ Inhibición: } \frac{ABS_{\text{blanco}} - ABS_{\text{muestra}}}{ABS_{\text{blanco}}} * 100$$

II.5.4. Perfil de antocianinas

Se realizó un análisis de perfil de antocianinas para identificar los compuestos que se encuentran presentes en los distintos tratamientos en los momentos de cosecha y tras 30 días de almacenaje a 0°C, utilizando una muestra compuesta de 20 g por tratamiento, con arándanos seleccionados aleatoriamente de la bandeja cosechera al momento de cosecha y de *clamshells* aleatorios. Los frutos de las muestras fueron procesados completos con piel y pulpa utilizando el método adaptado descrito en Giusti *et al.* (1999). Los análisis se realizaron con un equipo HPLC Jasco interface LC-NetII/ADC con bomba cuaternaria PU-4180, un detector DAD UV/VIS MD-4010 y una columna PerkinElmer C18 de 250 mm x 4,6mm, con un tamaño de partícula de 5 μm , incubada en horno a una temperatura constante de 40°C. La detección se realizó a 520nm y el flujo fue de 1 ml/min.

La fase móvil tuvo una condición inicial **A** 86% agua (0,2% TFA); **B** 7% acetonitrilo (0,2% TFA); **C** 7% metanol (0,2% TFA). Las proporciones B y C aumentaron hasta un 13% respectivamente hasta los 40 minutos, quedando A en un 74%.

Las muestras fueron previamente concentradas por liofilización en un equipo SpeedVac Thermo Scientific, modelo Savant RVT5105, y luego se resuspendieron en agua con 10% de ácido acético y 0,2% de ácido trifluoroacético (TFA). Antes de la inyección todas las muestras fueron filtradas con filtros de jering de nylon de 25 mm, con diámetro de poro de 0,22 μm antes de la inyección. La curva de perfil se realizó dos veces, obteniendo un duplicado de cada homogeneizado por tratamiento.

De los *peaks* resultantes de la curva de antocianinas por HPLC se identificaron y cuantificaron 6 compuestos por estándares externos, correspondientes a: Delfinidina-3-galactósido, Delfinidina-3-glucósido, Petunidina-3-glucósido + Peonidina-3-arabinósido, Peonidina-3-glucósido, y Malvidina-3-glucósido, estos fueron utilizados en base a los perfiles de arándano descritos por Lee *et al.* (2006) y Yousef *et al.* (2013), basándose en el tiempo de retención y espectro de absorción

de cada estándar. Estos parámetros corresponden al set de la biblioteca de estándares HPLC de antocianinas del Laboratorio de Materias Primas y Alimentos del INIA La Platina.

Para esta variable, se reportaron los promedios de los duplicados y la desviación estándar correspondiente a éstos, los resultados fueron analizados por análisis descriptivo comparando promedios de cada tratamiento.

En el Cuadro 1, se muestran los momentos de las evaluaciones en postcosecha.

Cuadro 1. Momentos de evaluación de variables en postcosecha. Se indican los momentos de evaluación de cada variable según momento de cosecha o postcosecha.

Variable	Cosecha	30 d 0°C	30 d 0°C + 2d a 20°C
Calibre	X		
Condición de pulpa	X	X	
Color y frutos rojos	X		
Daños físicos	X		
Deshidratación		X	X
Firmeza FirmPro	X	X	X
Firmeza al tacto	X	X	X
Porcentaje exportable	X		
Pudriciones		X	X
SST y AT	X	X	X
Capacidad antioxidante	X	X	X
CAT, CFT	X	X	X
Perfil de Antocianinas	X	X	

II.6. Análisis estadístico

Se realizó un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, siendo la Unidad Experimental de campo una bandeja de 2,2 kg, y en postcosecha 1 caja de exportación de 1,5 kg. Los resultados de las evaluaciones fueron analizados por Análisis de Varianza (ANOVA), y estadística descriptiva y exploratoria por análisis multivariante de Componentes Principales (PCA). En caso de existir diferencias significativas ($p < 0,05$) se realizó una prueba de comparación de medias LSD Fisher. Los análisis se realizaron con el software InfoStat (versión 2020, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina)

III. RESULTADOS

III.1. Evaluaciones de campo durante precosecha

III.1.1. Temperatura

Las temperaturas promedio durante el día fueron mayores bajo los tratamientos de cobertura plástica y rafia en comparación al tratamiento sin cobertura y malla, pudiendo alcanzar diferencias promedio de hasta 1,9°C en octubre y 2,8°C en diciembre (Cuadro 2). Como se puede observar en la Figura 1, estas diferencias en temperatura ocurrieron principalmente durante las horas de la tarde, entre las 15:00 y las 18:00 h, sin existir mayores diferencias durante el resto del día.

Cuadro 2. Temperaturas medias ambientales mensuales (°C) en tratamientos de cobertura durante las 15:00 y 18:00 horas, en la zona de Linares, Región del Maule. Comparación de tratamientos por cada mes de evaluación por prueba LSD Fisher.

Tratamiento	Temperatura media (°C)		
	Octubre	Noviembre	Diciembre
Testigo	23,9 ± 5,3 b	26,0 ± 4,5 c	28,3 ± 4,5 b
Malla	25,3 ± 5,8 a	26,8 ± 4,7 b	28,5 ± 4,4 b
Plástico	25,9 ± 5,3 a	29,2 ± 5,7 a	31,2 ± 6,0 a
Rafia	26,5 ± 6,4 a	29,7 ± 5,9 a	31,3 ± 6,1 a

Al observar las temperaturas de la tarde durante la época de crecimiento y cosecha de las frutas, se observó que en el mes de octubre los tratamientos con cubierta no presentaron diferencias significativas entre ellos, con temperaturas cercanas a los 26°C, mientras el testigo tuvo temperaturas menores cercanas a los 24°C. A medida que la temporada avanzaba, los tratamientos de plástico y rafia presentaron diferencias con el tratamiento de malla, ya que alcanzan temperaturas promedio de 29°C, elevando la temperatura aproximadamente 3°C promedio en comparación a la malla y testigo (Cuadro 2). Para el mes de diciembre, se observó que los tratamientos rafia y plástico fueron similares estadísticamente entre ellos, lo mismo ocurrió para malla y testigo, que no presentaron diferencias entre ellos. Comparando estos dos grupos de tratamientos durante el mes de noviembre, donde ocurrió el crecimiento de los frutos antes de su cosecha en diciembre, las temperaturas de la tarde fueron 2,9°C mayor por día bajo coberturas plásticas y rafia que bajo malla y en el testigo, esta diferencia estuvo presente al momento de crecimiento de los frutos previo a cosecha.

En cuanto a las temperaturas máximas, se mantuvo la tendencia observada de las temperaturas promedio, donde el testigo y malla presentaron medias similares entre sí en los meses de noviembre y diciembre, de modo que no se observan diferencias significativas entre ellos, con máximas promedio cerca de 3°C menores a los demás tratamientos. Por su parte, los tratamientos plástico y rafia tuvieron temperaturas sobre los 33°C entre los meses de octubre a diciembre. Los 3°C de diferencia se mantuvieron durante los últimos dos meses evaluados.

Respecto a las temperaturas mínimas no sugirieron una tendencia similar a las temperaturas máximas (Cuadro 3B) registrándose valores similares entre los 4 tratamientos, en los meses de noviembre y diciembre, cercanas a los 10°C y 13°C, respectivamente. En el mes de octubre, se observó que el tratamiento plástico tuvo en promedio 0,8°C más que el resto de los tratamientos. Estas temperaturas se presentan pocas horas durante el día, principalmente entre las 9 y 10 de la mañana, para luego subir rápidamente durante el día.

Cuadro 3A. Temperaturas ambientales máximas promedio (°C) en tratamientos de cobertura para la zona de Linares, Región del Maule. Comparación de tratamientos por cada mes de evaluación por prueba LSD Fisher

Tratamiento	Temperaturas máximas (°C)		
	Octubre	Noviembre	Diciembre
Testigo	31,7 ± 0,6 d	30,0 ± 1,3 b	34,0 ± 0,8 b
Malla	33,1 ± 1,0 c	30,8 ± 1,9 b	33,4 ± 0,9 b
Plástico	34,1 ± 1,4 b	33,0 ± 1,0 a	37,7 ± 2,0 a
Rafia	35,3 ± 1,6 a	33,5 ± 0,9 a	37,2 ± 1,9 a

Cuadro 3B. Temperaturas ambientales mínimas promedio (°C) en tratamientos de cobertura para la zona de Linares, Región del Maule. Éstas corresponden a la temperatura mínima durante el día entre las 8:00 h y las 18:00 h. Comparación de tratamientos por cada mes de evaluación, por prueba LSD Fisher. No se observan diferencias significativas en noviembre y diciembre.

Tratamiento	Temperaturas mínimas (°C)		
	Octubre	Noviembre (N.S.)	Diciembre (N.S.)
Testigo	7,7 ± 3,4 b	10,2 ± 3,1	13,3 ± 2,5
Malla	7,6 ± 3,5 b	10,4 ± 3,1	12,9 ± 2,6
Plástico	8,5 ± 3,2 a	11,0 ± 2,3	12,7 ± 1,9
Rafia	7,7 ± 2,9 b	10,6 ± 3,2	12,6 ± 1,9

N.S. = No significativo

Además de medir el máximo térmico de cada tratamiento, se calculó la cantidad de horas en las que se registraron estos máximos bajo cada cobertura (Cuadro 4), lo cual es de importancia para cuantificar la extensión de tiempo en que estas temperaturas afectaron al cultivo durante la temporada. Del registro por hora realizado entre los meses de octubre y diciembre, se observó que los tratamientos de plástico y rafia incrementan notablemente la cantidad de horas en que el ambiente interior se encuentra sobre los 30°C. De esta manera, estos tratamientos acumularon un total 195 y 210 horas sobre 30°C, respectivamente, mientras los tratamientos testigo y malla acumularon 91 y 89 h, respectivamente, lo que implica una incidencia 2,2 veces mayor de temperaturas sobre 30°C. Adicionalmente, de las horas indicadas previamente para los tratamientos de plástico y rafia; 22 y 25 horas corresponden a temperaturas sobre los 35°C, respectivamente, las cuales fueron registradas sólo en el mes de diciembre.

Cuadro 4. Registro del número de horas entre los meses de octubre a diciembre de 2020 de temperaturas sobre 30°C para los distintos tratamientos de coberturas en la zona de Linares.

Tratamiento	Horas sobre 30°C			
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Testigo	8	1	82	91
Malla	14	5	70	89
Plástico	18	62	115	195
Rafia	24	69	117	210

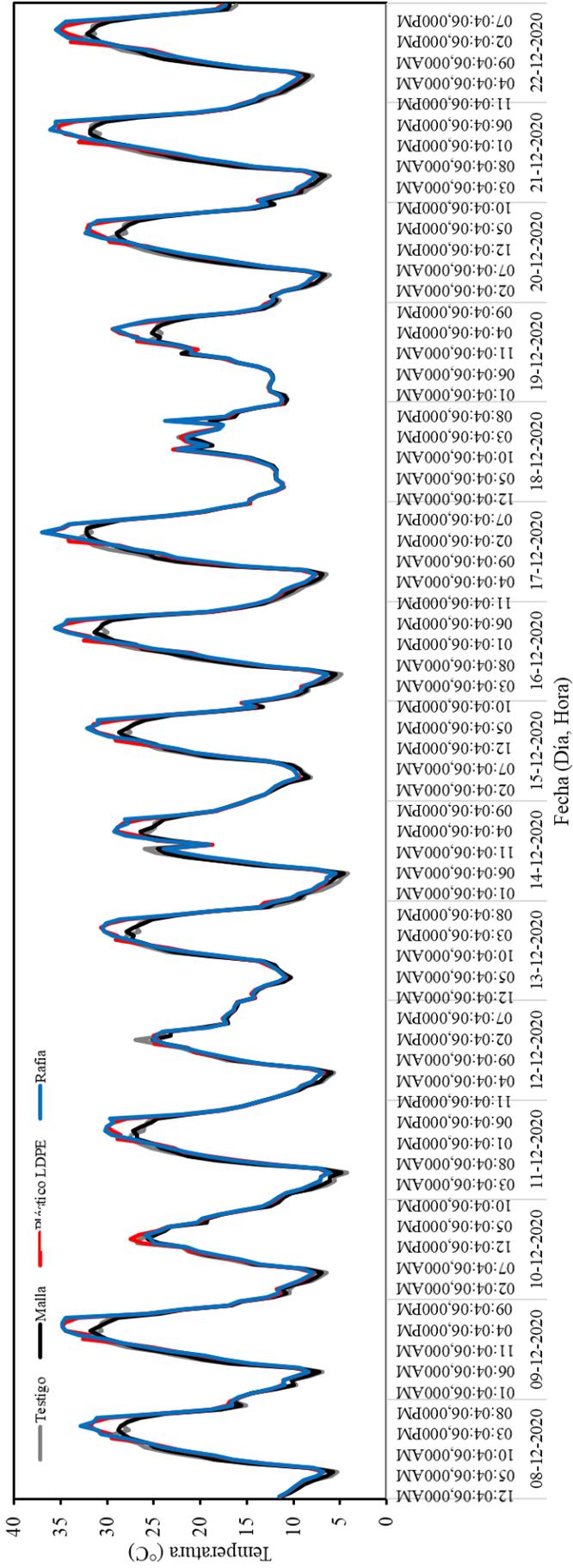


Figura 1. Temperaturas ambientales (°C) medidas bajo coberturas entre el 8 y el 22 de diciembre de 2020.

III.1.2. Humedad relativa (HR)

La humedad relativa tuvo variaciones en el porcentaje promedio durante el día, en particular entre las 9 y las 18 horas. El tratamiento testigo fue el que tuvo una menor HR para los meses de octubre, noviembre y diciembre (Cuadro 5). Las diferencias entre las coberturas y el testigo durante octubre alcanzaron el 3,5% bajo malla y 4% bajo rafia. Para los meses de noviembre y diciembre, la humedad de las coberturas fue similar entre ellas y diferente al testigo alcanzando un promedio 2% mayor durante noviembre y 6% mayor en diciembre con respecto al testigo. La humedad relativa bajo el tratamiento plástico no se indica por falla en el sensor durante la temporada.

Cuadro 5. Humedad Relativa (%) promedio y desviación estándar en los tratamientos de coberturas durante los meses de crecimiento de frutos entre octubre y diciembre, entre las 9 y 18 h, en la zona de Linares, Región del Maule. Comparación de tratamientos por cada mes de evaluación, por prueba LSD Fisher.

Tratamiento	Humedad relativa (%)		
	Octubre	Noviembre	Diciembre
Testigo	50,3 ± 14,3 b	48,3 ± 8,1 b	40,9 ± 8,1 b
Malla	53,8 ± 14,6 a	50,9 ± 7,9 a	46,1 ± 7,0 a
Plástico	N.R.	N.R.	N.R.
Rafia	54,3 ± 4,7 a	50,4 ± 7,6 a	46,2 ± 7,6 a

N.R.: Datos no registrados por el sensor.

Al analizar la variación de los porcentajes de humedad relativa en la Figura 2 se observó un patrón de comportamiento sinusoidal. Se identificó un máximo durante las horas de la madrugada entre las 4 y 6 h, donde la mayor humedad ambiental se registró en el testigo debido probablemente a la presencia de rocío, fenómeno que tuvo una menor incidencia bajo las coberturas. Durante las primeras horas de la madrugada, cerca de las 6 am, se observó que el testigo alcanzó un promedio de 97,2% de HR, mientras que los tratamientos de coberturas alcanzaron un 96,0% en malla y un 94,6% en rafia, siendo el único momento donde las coberturas tienen menos HR que el testigo.

A su vez, la mínima humedad se registró durante la tarde entre las 15 y las 18 h, donde el tratamiento rafia bajó la humedad durante el día, llegando a 38,7% en este periodo, mientras que el testigo y la malla tuvieron un mínimo de 41,6%.

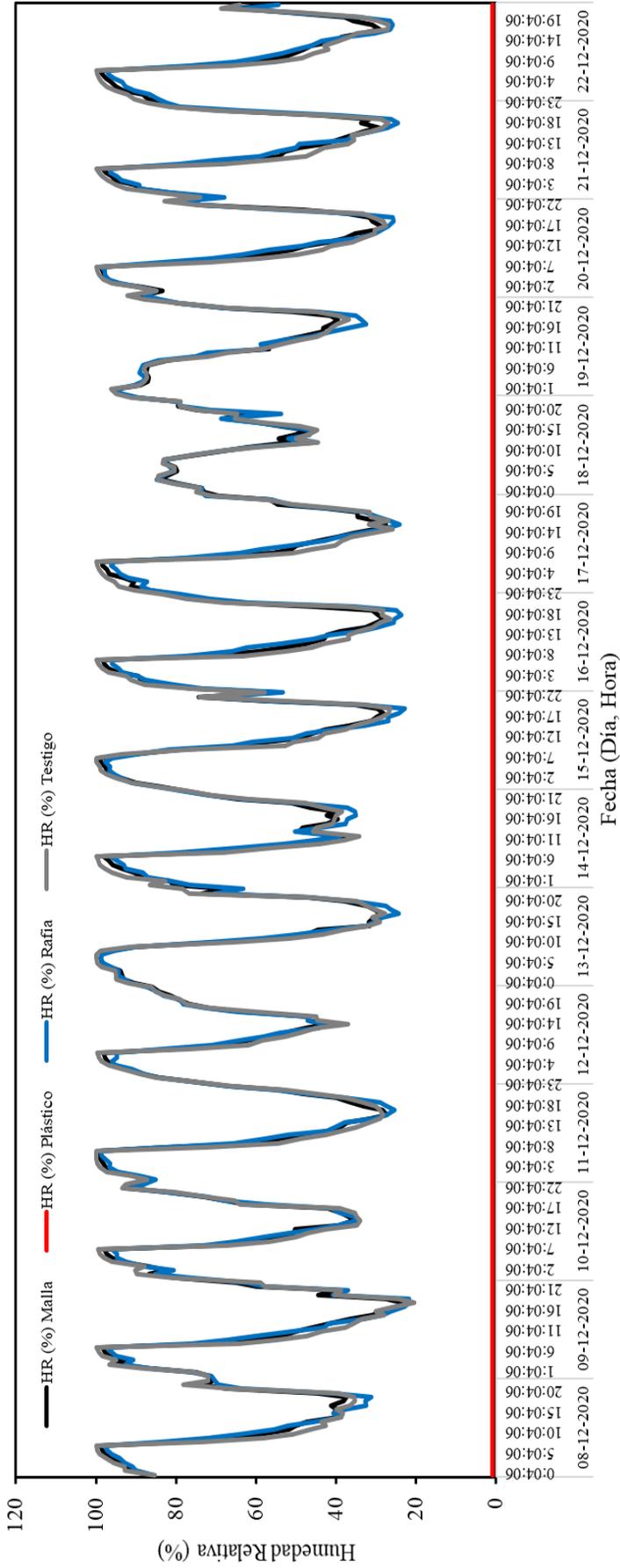


Figura 2. Porcentaje de Humedad Relativa (HR) bajo los tratamientos de cobertura y testigo. Se presentan mediciones continuas cada una hora en el sector de ensayo de la zona de Linares, Región del Maule. No se indica HR para el tratamiento de plástico debido a la falla del sensor de humedad.

III.1.3. Radiación fotosintéticamente activa (PAR)

Se observó que la incidencia de PAR, medida en densidad de flujo de fotones fotosintéticos, alcanzó en promedio un máximo cercano de $2000 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ a las 14 h para el tratamiento testigo entre los meses de octubre y diciembre periodo que corresponde al crecimiento de la fruta (Figura 3). En este periodo del día se observó que las coberturas difirieron notoriamente en la transmisión de luz fotosintética respecto al testigo (Cuadro 6). La cobertura de malla presentó una menor reducción de transmisión de luz (sombreamiento) con respecto al testigo para el periodo indicado, con un promedio de 27,8%, mientras la cobertura de plástico tuvo un sombreamiento promedio de 42,0%, a su vez, la rafia disminuyó en 73,5% promedio la transmitancia de luz hacia el cultivo. Además, no se observaron diferencias en la radiación durante los meses de octubre y diciembre, atribuibles al cambio estación entre primavera y verano, por lo que los porcentajes de sombreamiento se mantuvieron constantes hasta la cosecha.

De los porcentajes de sombreamiento observados, el tratamiento de rafia mostró un sombreamiento mucho mayor en comparación a la malla y el plástico, siendo un manteniendo el cultivo bajo los $514,9 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ promedio, siendo el único tratamiento que tuvo menos de $1.000 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ de radiación durante la época de crecimiento y maduración de frutos.

Cuadro 6. PAR transmitida diaria y porcentaje de sombreamiento, para tratamientos de cobertura en la zona de Linares, Región del Maule. Los datos consideran diferencia de PAR a las 14:00 h, momento de máxima radiación, en días soleados. Por falla de sensor no se presentan los datos de radiación de plástico en octubre.

Tratamiento	Radiación Transmitida ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)			Porcentaje de Sombreamiento (%)		
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Testigo	1.973	1.942	1.920	0	0	0
Malla	1.395	1.423	1.392	29,2	26,7	27,4
Plástico	N.R.	1213	1025	N.R.	37,5	46,6
Rafia	528	504	511	73,2	74,0	73,3

N.R.: Datos no registrados

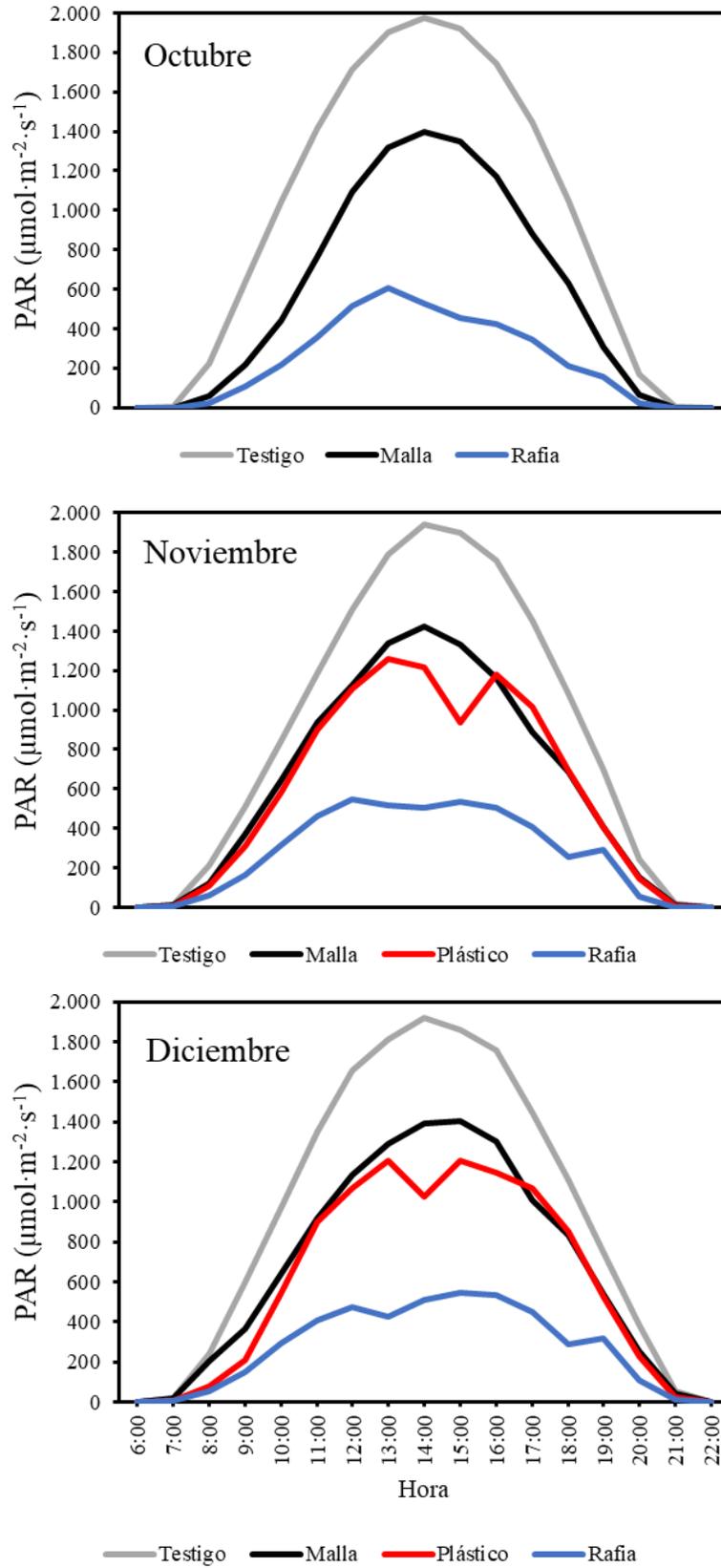


Figura 3. Radiación PAR diaria promedio mensual desde el amanecer a las 6:00 h al anochecer a las 22:00 h bajo coberturas en la zona de Linares, Región del Maule.

III.1.3. Fecha de cosecha

Se observó que los tratamientos de plástico y rafia, presentaron un 5% de frutos azules durante la semana 49, mientras que para los tratamientos testigo y malla, se observó el 5% durante la semana 50. De acuerdo a esto, el seguimiento de *peak* de cosecha cercano a un 50% de frutos azules se observó al día 15 de diciembre para los tratamientos de plástico y rafia, con 47,8% y 54,2% de frutos azules en muestra, respectivamente. La cosecha comercial de los tratamientos de testigo y malla se realizó el día 22 de diciembre con un 44,3% y un 46,5% de frutos azules, respectivamente (Cuadro 7). De esta manera, se determinó una diferencia de 6 días de adelanto de cosecha para los tratamientos de plástico y rafia con respecto al testigo.

Cuadro 7. Porcentaje de frutos azules con respecto al total de frutos presentes en planta, observados durante *peak* de cosecha comercial para tratamientos de cobertura en la zona de Linares, Región del Maule.

Tratamiento	Frutos azules (%)	
	15 de diciembre (%)	22 de diciembre (%)
Testigo	10,48	44,37
Malla	12,24	46,59
Plástico	47,83	Cosechado
Rafia	54,21	Cosechado

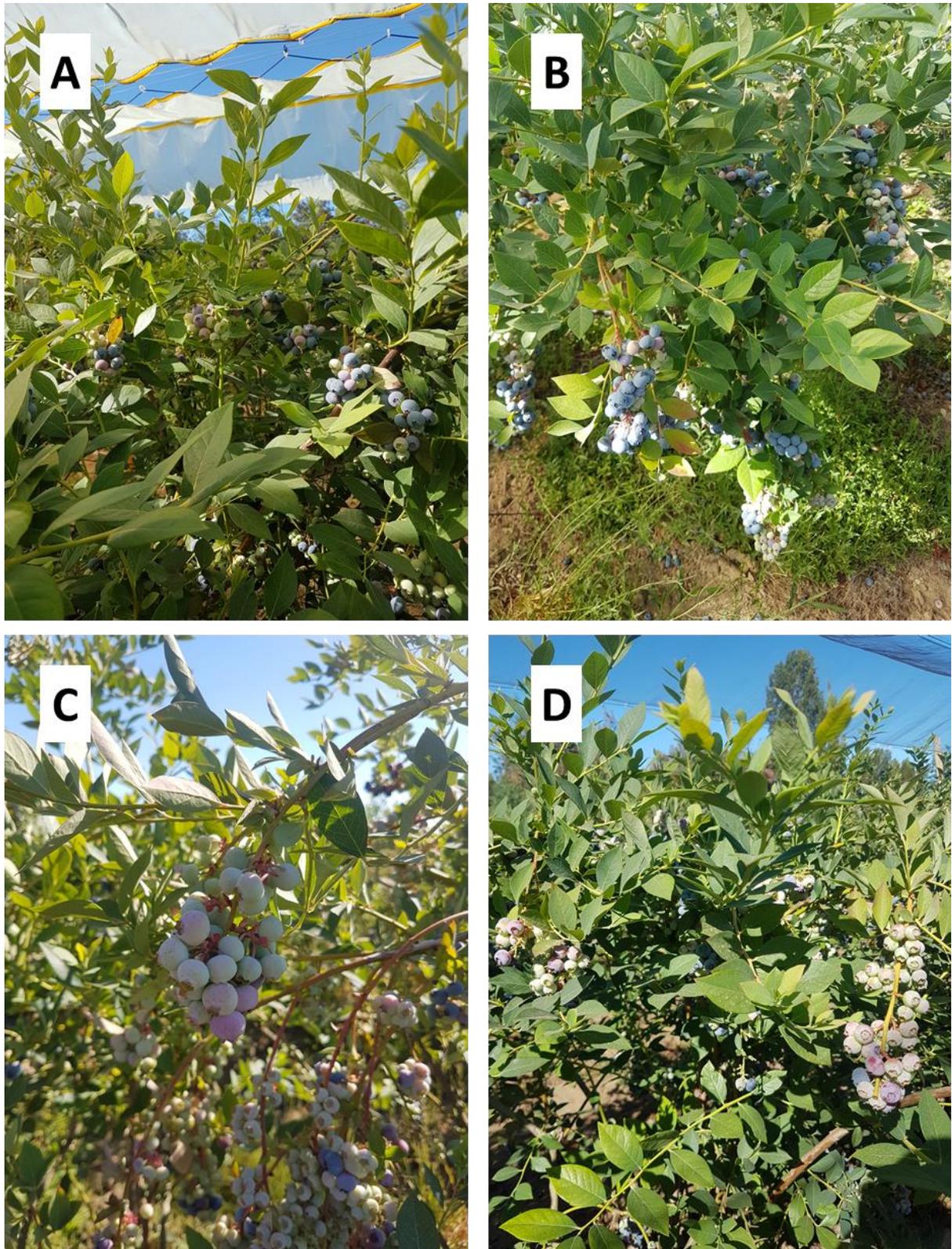


Figura 4. Condición de color de frutos de arándanos variedad Legacy el día 15 de diciembre de 2020, en la zona de Linares, región del Maule. A) Tratamiento plástico, B) Tratamiento malla, C) Tratamiento testigo, D) Tratamiento malla.

III.2. Evaluaciones de cosecha y postcosecha

III.2.1 Calibre

Al momento de la cosecha se obtuvieron diferencias significativas de calibre entre los tratamientos de plástico y rafia, en comparación a los tratamientos testigo y malla (Figura 5), de modo que se observan las tendencias vistas en otras variables, de que las coberturas de plástico y rafia tienen resultados similares entre sí, a la vez que el tratamiento testigo y la malla son similares. Los tratamientos testigo y malla tuvieron promedios de $14,8 \pm 1,2$ y $15,0 \pm 1,0$ mm respectivamente. Por su parte, los frutos cosechados bajo el tratamiento de Plástico obtuvieron el mayor promedio con $15,8 \pm 1,4$ mm y luego los frutos del tratamiento rafia presentaron el segundo mejor promedio con $15,3 \pm 1,1$ mm.

Al observar los calibres en base al cuartil 1 (Q1) del tratamiento plástico, 15,5 mm, se observó en los tratamientos de Plástico y Rafia, que la curva de distribución de calibres tuvo una tendencia hacia calibres mayores que los otros dos tratamientos, de esta manera, los tratamientos de plástico y rafia tuvieron un 45% y 54% de los frutos sobre el calibre de 15,5 mm, respectivamente. En comparación, los tratamientos Testigo y Malla presentaron ambos un 24% de la fruta sobre este valor. Es de notar, que estos calibres fueron alcanzados en el tratamiento plástico y rafia con una cosecha adelantada 6 días, lo que implica que no sólo alcanzaron mayores calibres promedio, sino que además, estos calibres se alcanzaron antes que los obtenidos en los tratamientos de testigo y malla.

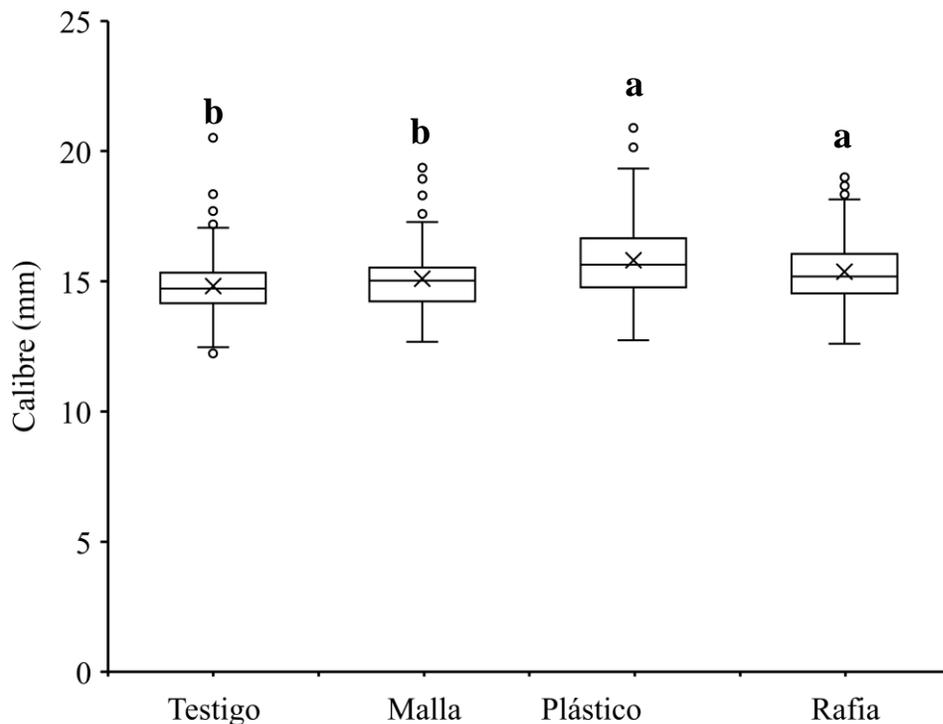


Figura 5. Distribución de calibres (mm) de frutos de arándano variedad Legacy al momento de cosecha para cada tratamiento con cobertura en la zona de Linares, Región del Maule. Se observaron diferencias significativas por pruebas LSD Fisher

III.2.2. Condición de pulpa

Se observó que la condición de pulpa al momento de cosecha tuvo marcadas diferencias entre los tratamientos con cobertura y el testigo, de manera que las coberturas de plástico y rafia tuvieron mayor porcentaje de frutos en nivel 3 (Figura 6B), con un 48,0% y 49,3%, respectivamente. (Figura 6). Respecto al tratamiento de malla, éste tuvo un 40% de frutos en nivel 3. En contraste, el tratamiento testigo presentó un 16% de frutos en esta condición, de manera que presentó una distribución concentrada en frutos con pulpa en niveles 1 y 2, en comparación a los tratamientos de cobertura.

Al evaluar el porcentaje de frutos en nivel de pulpa 1 al momento de cosecha, estos están más presentes en los tratamientos testigo y malla, con un promedio de 44,0% y 40,0%, respectivamente a cosecha, diferenciándose de los tratamientos de plástico y rafia que presentaron 20,0 y 24,0%, respectivamente.

Posterior a 30 días de almacenaje en frío, la condición de pulpa 1 sigue teniendo mayor incidencia en testigo y malla, con 44 y 64%, respectivamente. De esta manera, se pudo observar que, tanto a cosecha como posterior a 30 días de almacenaje en frío, los tratamientos de plástico y rafia se comportaron de manera similar entre ellos, y en ambos momentos con mayores porcentajes de pulpas en nivel 2 y 3 que los tratamientos de testigo y malla. Éstos últimos, a su vez, son similares entre sí y presentan mayores cantidades de fruta en niveles 1 y 2, con menos traslucidez.

En cuanto a las diferencias de condición de pulpa entre los momentos de cosecha y postcosecha posterior al almacenaje, era esperable que la fruta en general se mostrara más traslúcida posterior a 30 días de guarda, sin embargo, no fue el caso, y se observa menos incidencia de nivel 3 tras almacenaje en frío.

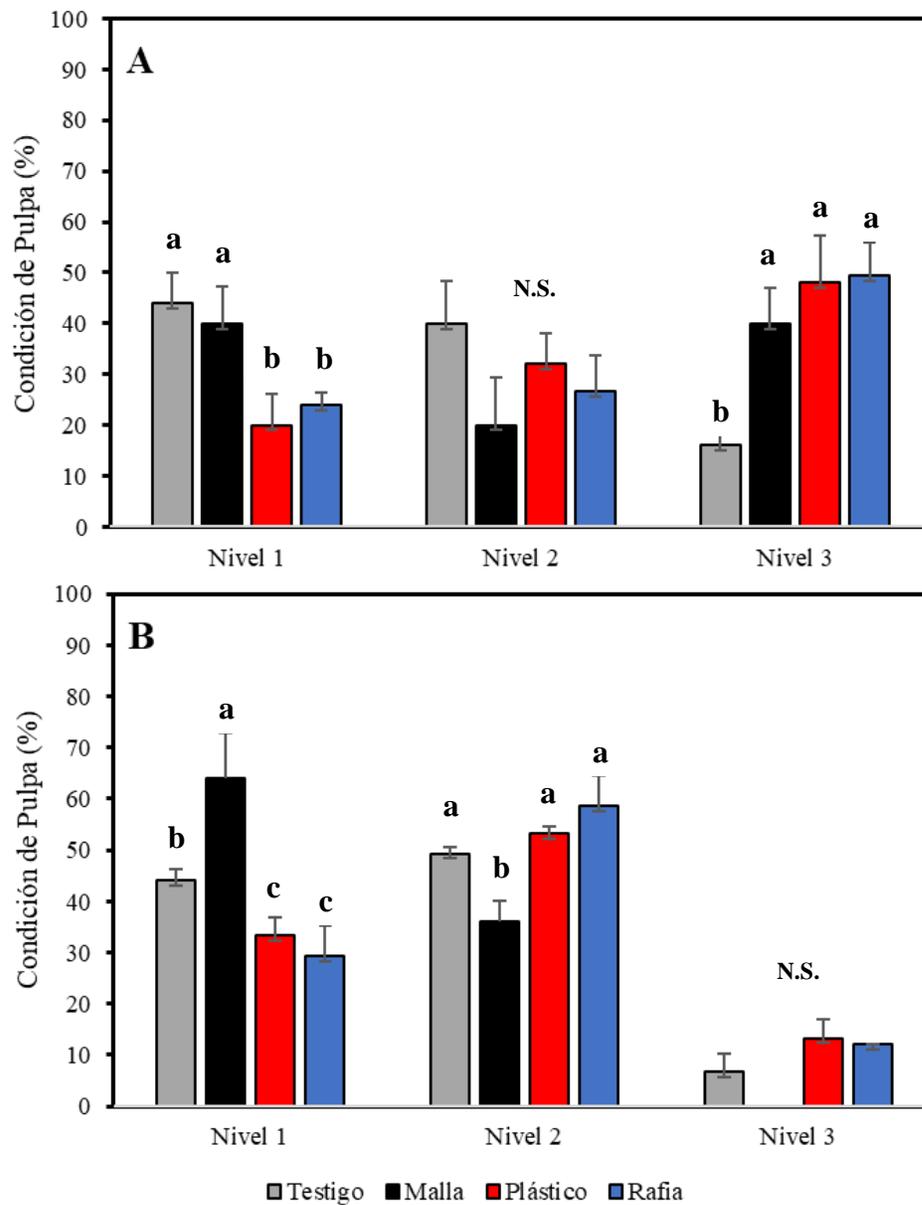
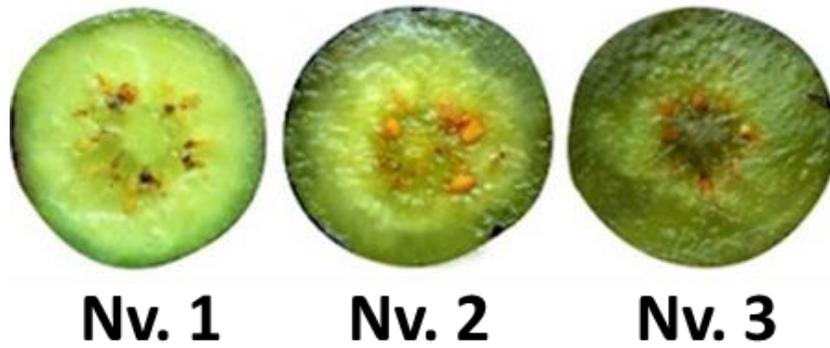


Figura 6. Condición de pulpa considerando el porcentaje de frutos de cada nivel de pulpa. A) cosecha, B) salida de frío tras 30 días a 0°C. Imagen superior indica estado de pulpa correspondiente a cada nivel. N.S.= No Significativo.

III.2.4. Colorimetría y frutos rojos a cosecha

A cosecha, se observó que los tratamientos testigo y malla tienen un Hue promedio de $327,8^{\circ} \pm 24,7$ y $323,7^{\circ} \pm 24,3$, respectivamente. Mientras los tratamientos de plástico y rafia presentaron promedios de Hue de $338,5^{\circ} \pm 20,1$ y $332,8^{\circ} \pm 22,1$ respectivamente, siendo las diferencias numéricas entre los tratamientos no significativas, aún cuando se observó que el tratamiento malla tiene más frutos con tendencias hacia los colores morados en comparación al plástico y la rafia.

A los 30 días de almacenaje, se observó que la distribución de color presentó diferencias significativas entre el tratamiento de plástico y los demás tratamientos, siendo el único que se diferenció en este momento (Figura 7B), El testigo, la malla y la rafia tuvieron valores similares de Hue entre sí, con promedios de $302,1^{\circ} \pm 23,6$; $312,0^{\circ} \pm 18,6$; y $308,9^{\circ} \pm 19,0$, respectivamente, mientras el tratamiento de plástico tuvo un promedio de $333,1^{\circ} \pm 19,2$. Al analizar la distribución de color de los frutos, se observó en que los tratamientos de testigo y malla el 50% de los frutos tuvieron valores de Hue entre 284° y $320,3^{\circ}$, mientras para el plástico y la rafia, se observó que el 50% de sus frutos tuvieron valores entre los 295° y $351,2^{\circ}$, lo que indica que los tratamientos testigo y malla tuvieron más frutos que se encontraban en colores morado y azul, mientras plástico y rafia aún presentaban frutos con tonos morados y rojos.

Después de 48 horas de *Shelf Life*, se observaron diferencias significativas entre el tratamiento de rafia y los tratamientos de plástico y malla. En este momento, el tratamiento rafia tuvo una distribución hacia los colores morado-rojo con un promedio de $330,0 \pm 22,7$, por su parte, la malla tuvo una distribución más tendiente a los tonos azules, con promedio de $313,4^{\circ} \pm 17,1$ (Fig 7C). Los tratamientos testigo y plástico se mostraron similares con promedio de $321,7 \pm 21,0$ y $317,6 \pm 21,5$, además, no se observaron diferencias significativas entre el testigo y el resto de los tratamientos.

En cuanto a la presencia de frutos rojos a cosecha, que corresponden a frutos inmaduros dentro de la muestra, se observó que los tratamientos testigo y malla presentaron un menor porcentaje de frutos con falta de color, de modo que se observó un $1,6\% \pm 1,0$ en testigo y ningún fruto de color rojo en el caso de la malla. Por otra parte, los tratamientos plástico y rafia presentaron un $2,5\% \pm 1,1$ y un $2,2\% \pm 1,0$, respectivamente de este tipo de frutos. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos.

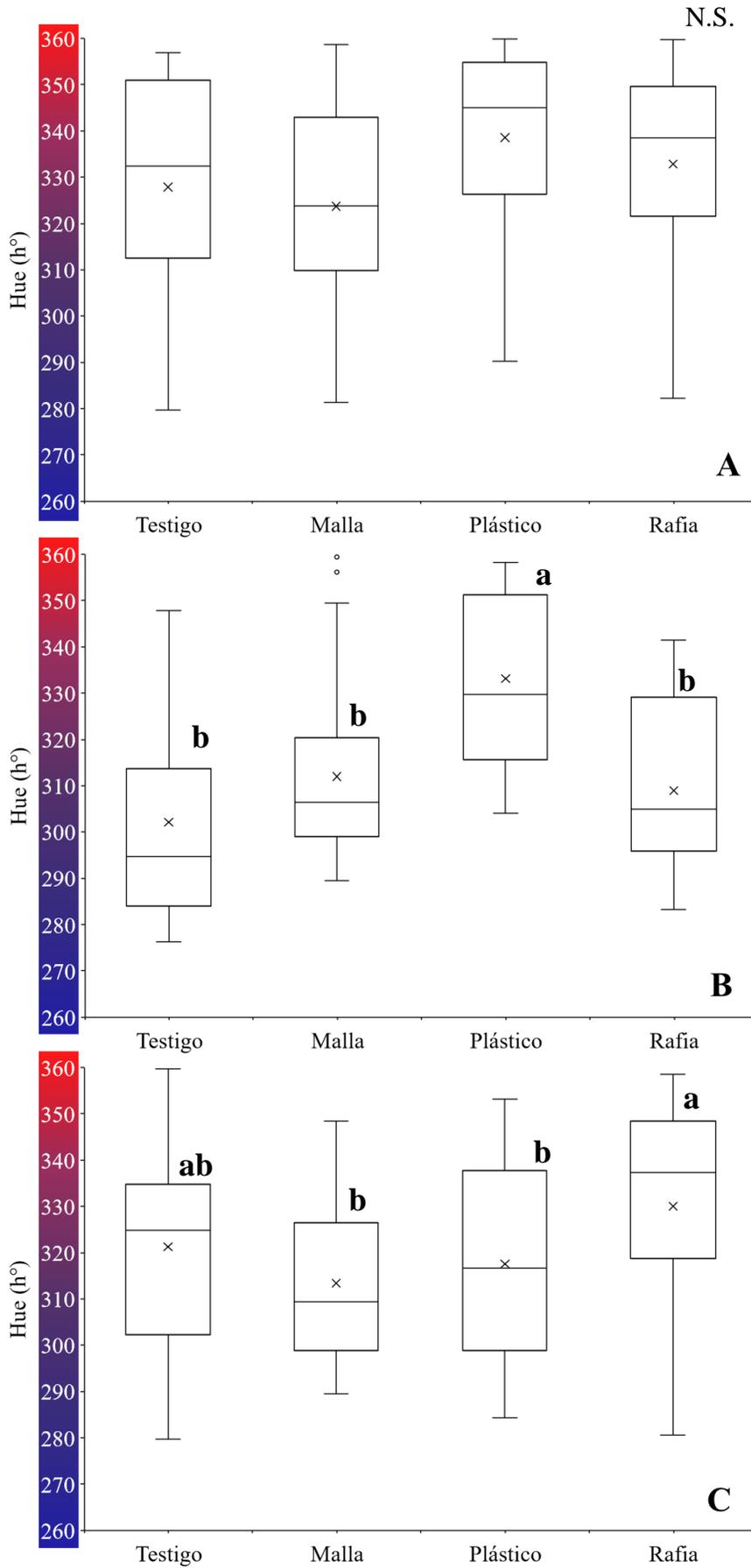


Figura 7. Distribución de frutos según Hue. La barra de color izquierda indica los colores equivalentes al ángulo según el espacio de color L*C*h de Konika Minolta (Anexo 2). A) Cosecha, B) 30 días de almacenaje a 0°C, C) *Shelf Life* de 48 horas a 20°C

N.S.

III.2.4. Daños físicos

En relación a daños de *russet* y partiduras solo se observó un 0,57% de incidencia de *russet* en el testigo al momento de cosecha, sin más incidencia en ningún otro tratamiento ni momento de evaluación.

Al momento de cosecha, se observó una baja incidencia de daños de golpe en la fruta para los distintos tratamientos (Cuadro 8). No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, ya que se registró una alta variabilidad entre las muestras. El tratamiento que tuvo mayor porcentaje de fruta con golpes en este momento fue la malla con 4,2%, mientras el plástico tuvo 1,2%, rafia un 0,9%, y el testigo no presentó frutos golpeados.

Posterior a 30 días de almacenaje en frío, no se observaron golpes evidentes en la fruta. En cambio, sí se observaron tras 48 h de *Shelf Life*, con incidencias mucho mayores a las de cosecha, de modo que el tratamiento plástico que tuvo 16,7%, rafia con 15,7% y testigo con 10,9%. El tratamiento que presentó menor incidencia de daños fue malla con un 5,6% de golpes. Sobre el aumento de daños por golpes en *Shelf Life*, es posible que la manipulación al momento de salida de frío y luego almacenaje en cámara de *Shelf Life* contribuyera a la aparición de daños. Por otra parte, como es una variable que se evalúa según el ablandamiento del arándano en la zona concreta que correspondería a la superficie golpeada, un aumento de temperatura y pérdida de peso podrían también contribuir al aumento de sensación de golpe que no se expresa claramente posterior a 30 días de almacenaje a 0°C, toda vez que ésta es una variable cualitativa la tacto.

Cuadro 8. Incidencia promedio y desviación estándar de daños físicos por golpes a causa de factores externos como granizo, caídas, apriete o *russet* en frutos de arándanos cosechados en Linares, Región del Maule. No se observan otros tipos de daños presentes en las muestras.

Momento de Evaluación	Tratamiento	Incidencia de golpes (%)		
		(N.S.)		
Cosecha	Malla	4,1	±	1,5
	Plástico	1,2	±	0,5
	Rafia	0,9	±	0,7
	Testigo	0,0		-
30 días de Almacenaje	Malla	0		
	Plástico	0		
	Rafia	0		
	Testigo	0		
30 días + 48 h <i>Shelf Life</i>	Malla	5,6	±	2,1
	Plástico	16,7	±	7,4
	Rafia	15,7	±	4,3
	Testigo	10,9	±	3,3

N.S. No Significativo

III.2.5. Pérdida de peso

Después de 30 días de almacenaje, la pérdida de peso promedio fue mayor en el tratamiento de Malla con $2,6\% \pm 1,9$ y Plástico con $2,0\% \pm 2,4$. El tratamiento de rafia tuvo un $1,4\%$ de pérdida y el tratamiento testigo fue el que tuvo menor pérdida de peso con un $0,5\% \pm 1,0$. Sin embargo, a pesar de las diferencias promedio, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos por la alta variabilidad entre las muestras (Figura 8).

Tras el periodo de *Shelf Life*, se alcanzaron valores de $5,9\% \pm 2,4$ y $4,3\% \pm 2,2$ para los tratamientos malla y plástico, mientras los tratamientos testigo y rafia mostraron menores pérdidas con un $2,6\% \pm 1,4$ y un $1,8\% \pm 1,1$, respectivamente. Para este momento de evaluación no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, con alta variabilidad entre las muestras evaluadas. Además, se observó que después del periodo de *Shelf Life*, no hubo cambios en las tendencias observadas a los 30 días de almacenaje, de modo que se mantuvo que los tratamientos de malla y plástico tuvieron promedios de pérdida más altos y los tratamientos de rafia y testigo promedios menores de pérdida de peso, de esta manera, se acrecentaron las pérdidas observadas a 30 días de almacenaje,

En relación a la evaluación visual de frutos deshidratados (Figura 9), se observaron incidencias de deshidratación en su mayoría de nivel leve en la escala de deshidratación cualitativa (Anexo Figura 1), y en menor cantidad en nivel intermedio. No se observó fruta con deshidratación severa en ninguno de los casos.

A salida de 30 días de almacenaje no se observaron diferencias significativas en la incidencia de deshidratación visual de los tratamientos. Se observó que el tratamiento testigo tuvo mayor incidencia de frutos con signos de deshidratación con un promedio de deshidratación leve de $6,2\% \pm 0,9$, y de deshidratación media de $0,9\% \pm 0,6$. Los tratamientos de coberturas tuvieron promedios similares entre si, cercanos al 4% , de los cuales, el tratamiento malla tuvo un $1,1\% \pm 0,5$ de deshidratación media, el tratamiento plástico no tuvo nivel medio y la rafia tuvo un $0,1\% \pm 0,1$ de frutos con deshidratación en nivel medio.

En *Shelf Life*, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. En este momento, al igual que en salida de almacenaje, el tratamiento testigo fue el que tuvo mayor deshidratación promedio con $9,0\% \pm 3,9$, luego el tratamiento malla presentó un $7,9\% \pm 2,3$ de frutos afectados, mientras plástico y rafia presentaron un $3,5\% \pm 1,8$ y un $4,1\% \pm 4,0$. Además, se observó que el tratamiento de rafia fue el que tuvo un mayor incremento de incidencia de frutos deshidratados entre los 30 días de almacenaje y el término del periodo de *Shelf Life*, con $92,5\%$. Por su parte, el tratamiento testigo tuvo menor incremento entre estos dos momentos, con un 45% de aumento en promedio.

En cuanto al aumento de incidencia de frutos deshidratados del tratamiento testigo posterior al almacenaje, es posible que las condiciones de menor humedad observadas en campo de este tratamiento, de 40% , influyeran en la deshidratación durante la cosecha que pudo expresarse al ocurrir la deshidratación de almacenaje.

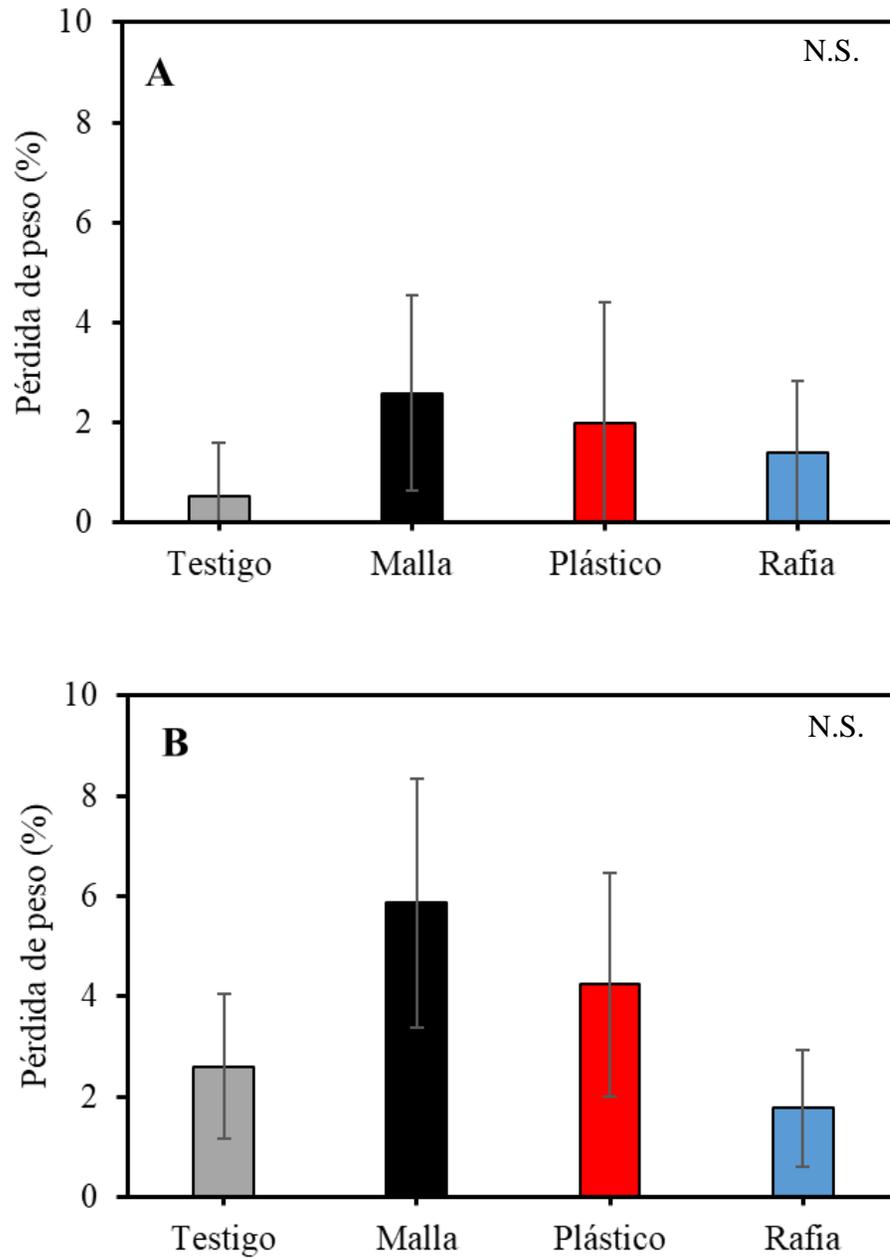


Figura 8. Pérdida de peso promedio y desviación estándar. A) 30 días de almacenaje a 0°C, B) *Shelf Life* posterior a almacenaje a 20°C por 48 horas. N.S. = No Significativo.

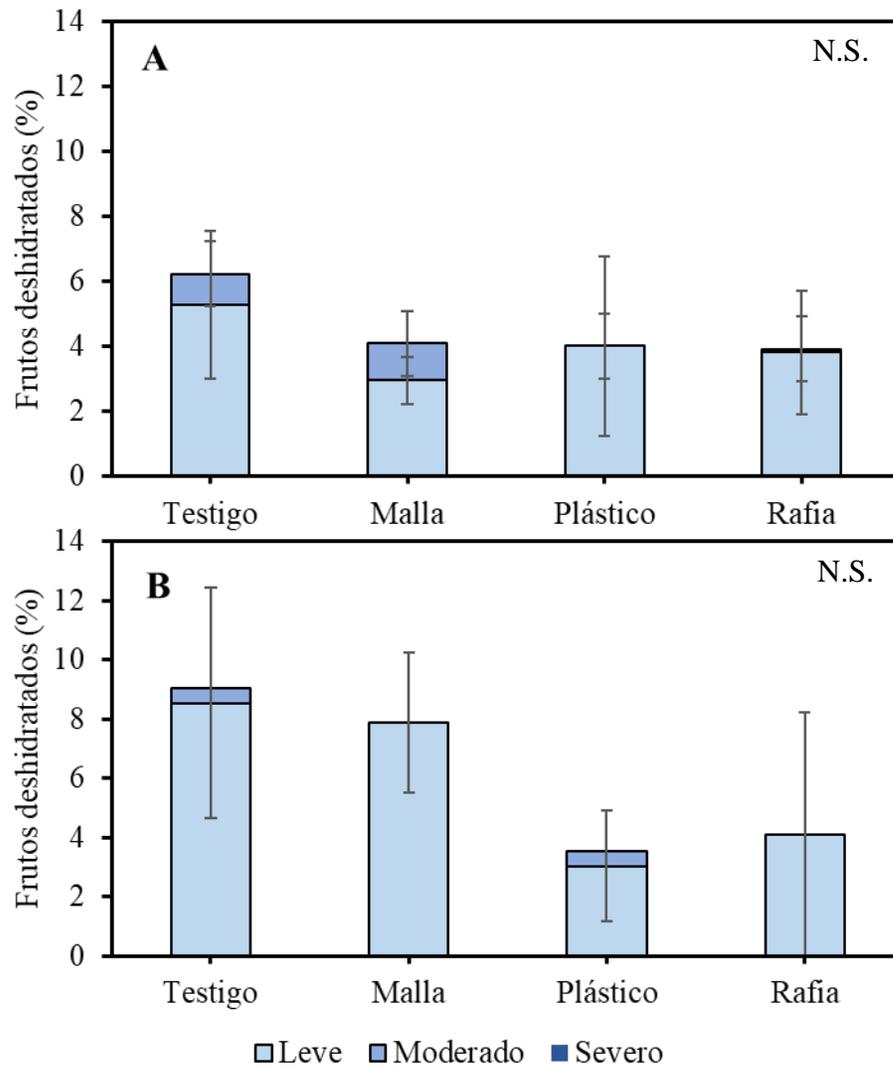
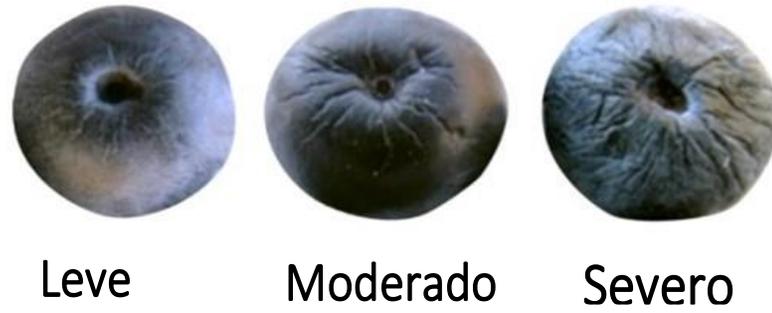


Figura 9. Incidencia de deshidratación visual en frutos de arándanos en escala de severidad. A) 30 días de almacenaje a 0°C, B) *Shelf Life* a 20°C por 48 horas.

III.2.7. Firmeza de fruta

Al momento de cosecha, se observó que los tratamientos testigo y malla presentaron valores de firmeza significativamente mayores en comparación a los tratamientos de plástico y rafia, entre los cuales no se observaron diferencias al momento de cosecha (Figura 10). El tratamiento testigo tuvo bayas con un promedio de firmeza de $138,5 \pm 20,7 \text{ g}\cdot\text{mm}^{-1}$, mientras en el tratamiento malla fue de $131,2 \pm 18,6 \text{ g}\cdot\text{mm}^{-1}$. Los tratamientos de plástico y rafia presentaron menores firmezas con promedios de $118,96 \pm 17,2$ y $116,35 \pm 14,0 \text{ g}\cdot\text{mm}^{-1}$, respectivamente, sin diferencias significativas entre ellos. Además de los promedios, se observó en la distribución de firmeza que los rangos intercuartílicos de estos últimos se encontraban notoriamente menores en firmeza que un 75% de los frutos de los tratamientos plástico y rafia se encontraban bajo el promedio de firmeza de testigo y malla.

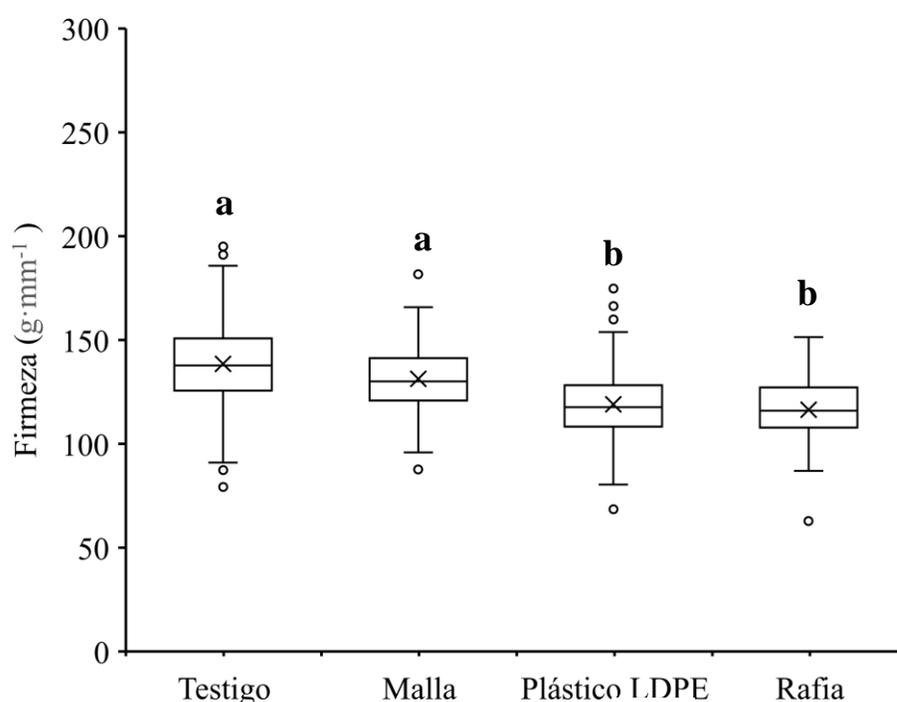


Figura 10. Distribución de firmeza ($\text{g}\cdot\text{mm}^{-1}$) de bayas de arándano variedad Legacy al momento de cosecha.

Después de 30 días de almacenaje a 0°C se observaron diferencias significativas entre el tratamiento testigo y malla en comparación a los tratamientos de plástico y rafia (Figura 11). Por su parte, estos últimos tuvieron diferencias significativas entre si. Para este momento, los tratamientos testigo y malla tuvieron promedios de $172,2 \pm 31,5 \text{ g}\cdot\text{mm}^{-1}$ y $167,5 \pm 24,2 \text{ g}\cdot\text{mm}^{-1}$, respectivamente, mientras plástico y rafia tuvieron promedios de $138,0 \pm 23,9 \text{ g}\cdot\text{mm}^{-1}$ y $145,3 \pm 20,8 \text{ g}\cdot\text{mm}^{-1}$, respectivamente.

Posterior al periodo de *Shelf Life* el tratamiento testigo tuvo diferencias significativas en firmeza comparado con todas las coberturas, manteniendo un promedio similar al de salida de frío con $172,8 \pm 36,2 \text{ g}\cdot\text{mm}^{-1}$. Los tratamientos de malla y rafia no tuvieron diferencias significativas entre ellos, con promedios de $157,3 \pm 16,6 \text{ g}\cdot\text{mm}^{-1}$ y $156 \pm 17,7 \text{ g}\cdot\text{mm}^{-1}$, respectivamente. El tratamiento plástico fue el que tuvo menor promedio de firmeza significativamente distinto a los otros tratamientos, con $142 \pm 18,9 \text{ g}\cdot\text{mm}^{-1}$.

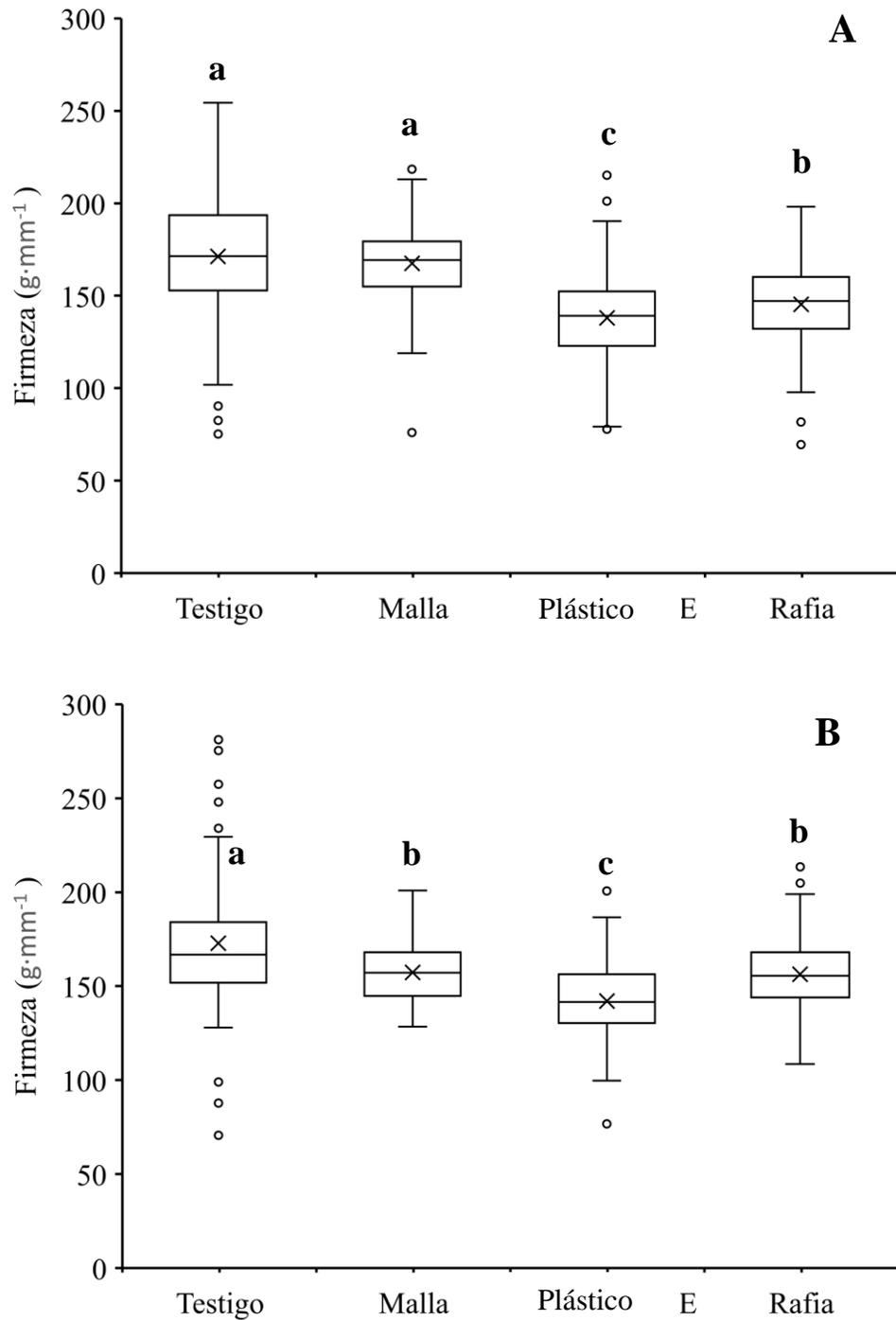


Figura 11. Distribución de firmeza por box plot en bayas de arándano variedad Legacy. A) 30 días de almacenaje a 0°C , B) *Shelf Life* a 20°C por 48 horas. Se observaron diferencias significativas en el promedio (X) de los tratamientos, con prueba LSD Fisher.

Se relacionó la firmeza promedio de las bayas en los momentos de cosecha y tras 30 días de almacenaje con la condición de pulpa de nivel 1 (Figura 12), descrita anteriormente en el punto III.2.2. Se observó que ambas variables presentaron una relación directamente proporcional, independiente del tratamiento evaluado, indicando que la condición de pulpa puede condecirse con aspectos como la firmeza de los arándanos. De esta manera, al analizar estas dos variables por separado de los daños físicos externos, es posible observar que los tratamientos testigos y malla, consistentemente presentan mejor calidad en comparación a plástico y rafia.

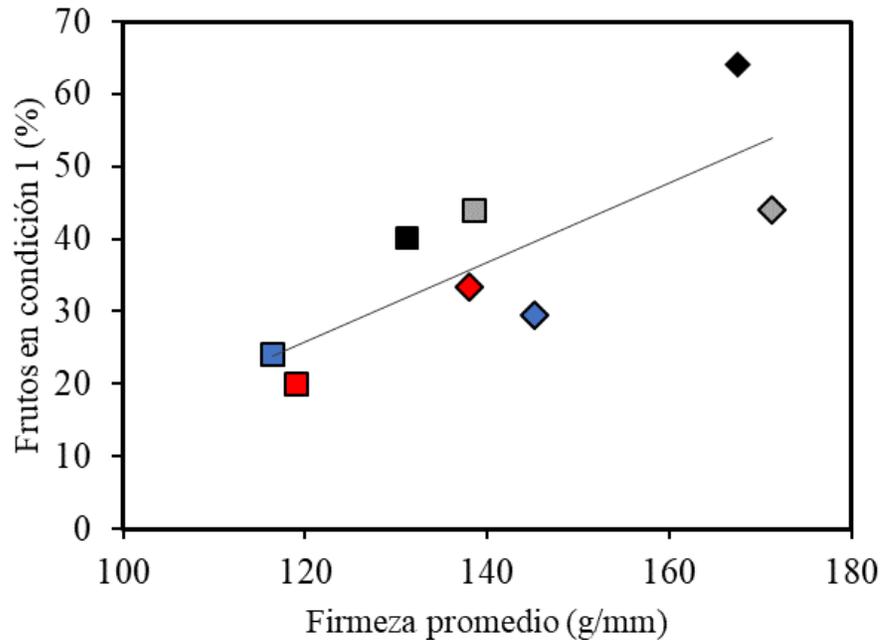


Figura 12. Relación de condición de pulpa 1 y firmeza promedio. Se observa la dispersión de valores de firmeza promedio (ordenadas) con cantidad de frutos en condición 1 (abscisas) correspondientes a cada muestra. Simbología: Cosecha (Cuadrado), 30 días de almacenaje (Rombo), tratamientos: rafia (■ azul), plástico (■ rojo), malla (◆ negro), testigo (◆ gris).

III.2.8. Porcentaje de fruta con categoría exportable

Durante el proceso de selección de frutos para embalaje, posterior al momento de cosecha, se observaron diferencias significativas en la suma de daños de calidad y condición totales de las bandejas del tratamiento testigo en comparación a los tratamientos de coberturas. Las mayores sumas de daños, equivalentes por consiguiente al menor porcentaje exportable, fueron observados en los tratamientos de malla y rafia (Cuadro 9), que tuvieron porcentajes exportables de 88,37% y 88,34%, respectivamente. El tratamiento con menos suma de daños es el tratamiento testigo con 5,6% a cosecha.

Se observó que la principal causa de eliminación de frutos en los tratamientos fue fruta blanda por presencia de golpes, acorde a lo mencionado en el punto III.2.4.

Cuadro 9. Porcentaje promedio y desviación estándar de fruta exportable y no exportables en variedad Legacy cultivada bajo coberturas al momento de la cosecha.

Tratamiento	No exportable (%)			Exportable (%)		
Testigo	5,6	±	2,9	94,3	±	3,4 a
Malla	11,6	±	2,3	88,3	±	3,1 b
Plástico	10,1	±	5,3	89,8	±	4,9 b
Rafia	11,6	±	4,8	88,3	±	4,7 b

III.2.9. Incidencia de pudriciones

En cuanto a la incidencia de pudriciones a cosecha no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos para ninguno de los momentos evaluados. A cosecha, no se observó fruta con presencia de pudriciones.

A los 30 días de almacenaje, se observó que los tratamientos testigo y malla tuvieron incidencias promedio de $6,7\% \pm 2,2$ y $6,4\% \pm 2,5$, respectivamente, mientras los tratamientos de plástico y rafia tuvieron $4,2\% \pm 2,3$ y $5,4\% \pm 2,2$, respectivamente (Figura 13).

Posterior al periodo de *Shelf Life*, no se observó que las muestras siguieran una tendencia en la incidencia de pudrición que pudiera ser atribuida a los tratamientos de cobertura, de modo que no se observan diferencias significativas en la incidencia de pudriciones entre los tratamientos de cobertura y el testigo. En este sentido, el tratamiento que presentó un menor porcentaje de pudriciones fue la fruta del tratamiento malla con $1,2\% \pm 0,5$ (Figura 13B), mientras los tratamientos de rafia y plástico presentaron $5,9\% \pm 2,5$ y $4,6\% \pm 2,1$, respectivamente. Por su parte, el tratamiento testigo tuvo una incidencia de $5,3\% \pm 2,0$.

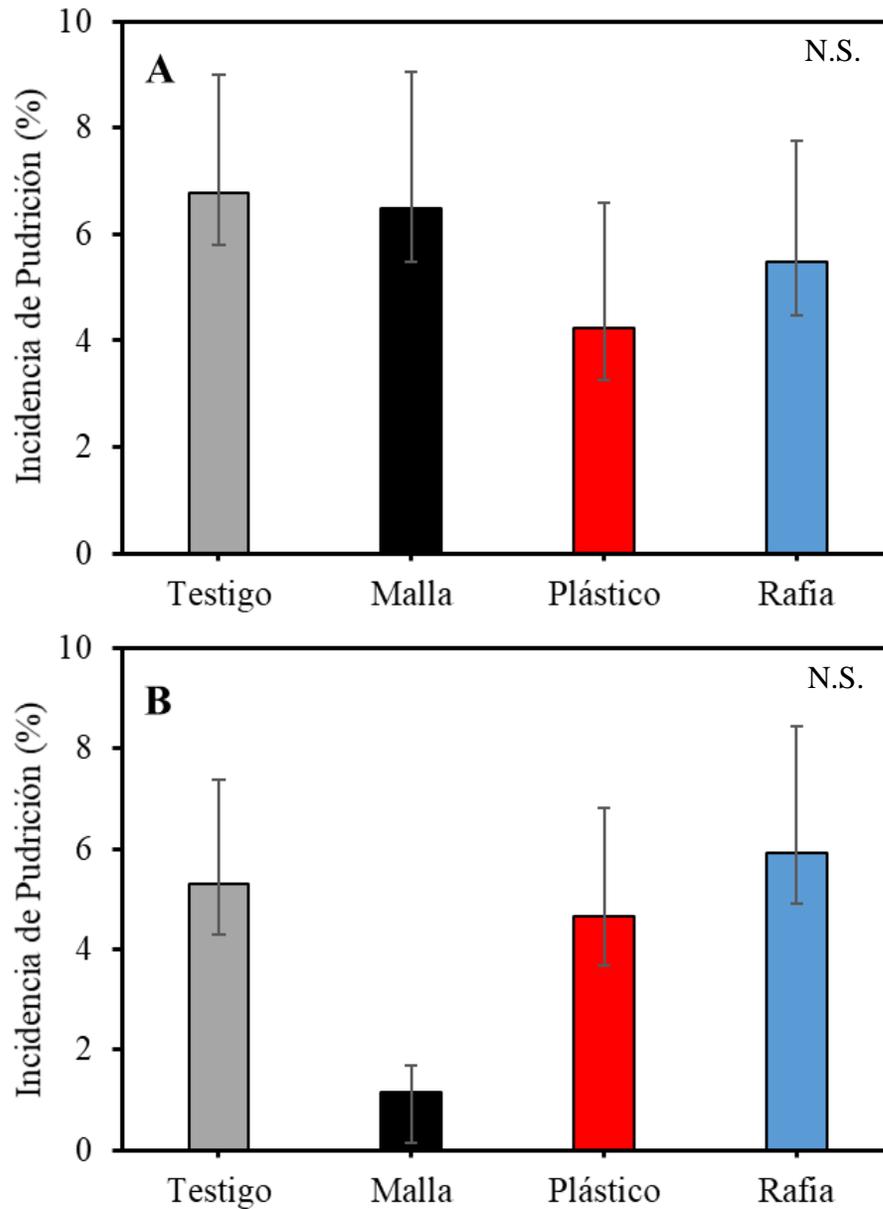


Figura 13. Promedio de porcentaje de fruta con signos y síntomas de pudriciones por *clamshell* y su desviación estándar en postcosecha de arándanos bajo cobertura. A) 30 días de almacenaje a 0°C, B) *Shelf Life* a 20°C por 48 horas. N.S.= No Significativo.

III.2.10. Sólidos solubles y acidez titulable

No se observaron diferencias significativas en los sólidos solubles de los tratamientos para todos los momentos de evaluación (Cuadro 10), éstos se encontraron en un rango entre 8,2 y 10,8% siendo todos cercanos a 10%, en cosecha, salida de almacenaje de 30 días y posterior a *Shelf Life*. No fue posible identificar que algún tratamiento tenga efecto sobre la acumulación de sólidos solubles.

En cuando a la acidez titulable, se observaron diferencias significativas, entre los tratamientos para los tres momentos de evaluación. De esta manera, a cosecha, se observó que el tratamiento testigo tuvo un porcentaje de acidez significativamente mayor que los tratamientos de plástico y malla, con los cuales tuvo una diferencia de 0,08% y 0,05%, respectivamente. El tratamiento rafia no tuvo diferencias significativas con ningún tratamiento (Cuadro 10).

A los 30 días de almacenaje, se observaron las mismas tendencias que a cosecha, salvo que el tratamiento testigo y rafia no tuvieron diferencias significativas entre sí. Ambos tratamientos se diferenciaron significativamente de los tratamientos de malla y plástico. En este momento, el testigo tuvo la misma diferencia que a cosecha con 0,08% más acidez que los tratamientos malla y plástico.

Posterior a *Shelf Life*, se observó que la acidez tuvo la misma tendencia que a cosecha, de modo que el tratamiento testigo tuvo mayor porcentaje de acidez que los tratamientos de malla y plástico, mientras rafia no tuvo diferencias con ninguno de los tratamientos. Se observa que el testigo tuvo 0,08% y 0,09% más acidez que el plástico y la rafia, respectivamente.

Cuadro 10. Sólidos solubles (SST) y acidez titulable (AT) promedio, y su desviación estándar en muestras de arándano bajo cobertura. Análisis estadístico compara el efecto de los tratamientos separadamente en cosecha, 30 días y *Shelf Life*. Se compararon los tratamientos separadamente en cada momento, por prueba LSD Fisher.

Momento de Evaluación	Tratamiento	SST (%)	AT (% Ác. Cítrico)
Cosecha	Testigo	10,40 ± 0,26	0,52 ± 0,12 a
	Malla	10,13 ± 0,06	0,47 ± 0,08 b
	Plástico	10,47 ± 0,25	0,44 ± 0,09 b
	Rafia	9,67 ± 0,64	0,51 ± 0,40 ab
30 días de almacenaje	Testigo	10,80 ± 0,10	0,53 ± 0,17 a
	Malla	9,40 ± 0,56	0,44 ± 0,13 b
	Plástico	10,33 ± 0,31	0,44 ± 0,12 b
	Rafia	9,53 ± 0,59	0,48 ± 0,09 a
<i>Shelf Life</i> (48 h a 20°C)	Testigo	10,40 ± 0,30	0,52 ± 0,04 a
	Malla	8,27 ± 0,71	0,43 ± 0,15 b
	Plástico	10,20 ± 0,46	0,44 ± 0,12 b
	Rafia	10,00 ± 0,35	0,48 ± 0,16 ab

III.2.12. Concentración de antocianos totales

Al momento de cosecha no se observaron diferencias significativas entre los distintos tratamientos. La fruta del tratamiento testigo tuvo una concentración promedio de $71,4 \pm 14,9$ mg C3G/100g, mientras los tratamientos de cobertura no presentaron diferencias entre ellos, registrando valores de $57,6 \pm 0,9$ mg C3G/100g en el plástico, $51,4 \pm 7,2$ mg C3G/100g en la malla y $52,8 \pm 13,0$ mg C3G/100g en la rafia.

Tras 30 días de almacenaje a 0°C , el tratamiento testigo presentó una concentración significativamente mayor de antocianos en comparación al tratamiento de plástico, con un promedio de $70,5 \pm 3,0$ mg C3G/100g, mientras los tratamientos de malla y rafia alcanzaron concentraciones similares con $61,9 \pm 7,5$ y $62,1 \pm 13,8$ mg C3G/100g, respectivamente. Por otro lado, el tratamiento plástico presentó un promedio de $52,3 \pm 3,6$ mg C3G/100g. Al relacionar las concentraciones de antocianos con la distribución de color medido en ángulo Hue, los resultados son coincidentes de modo que los tratamientos con mayor promedio de antocianos presentaron mayor desarrollo de color azul, a la vez que el tratamiento plástico, tuvo un menor desarrollo de color junto a una menor concentración antocianos.

Posterior a *Shelf Life*, el tratamiento testigo tuvo una concentración de $72,5 \pm 2,3$ mg C3G/100g, significativamente mayor respecto a los tratamientos de malla y plástico, los cuales tuvieron valores similares cde $61,6 \pm 5,1$ mg C3G/100g y $58,8 \pm 4,0$ mg C3G/100g, respectivamente. El tratamiento rafia, por su parte, tuvo una concentración promedio de $51,2 \pm 6,6$ mg C3G/100g.

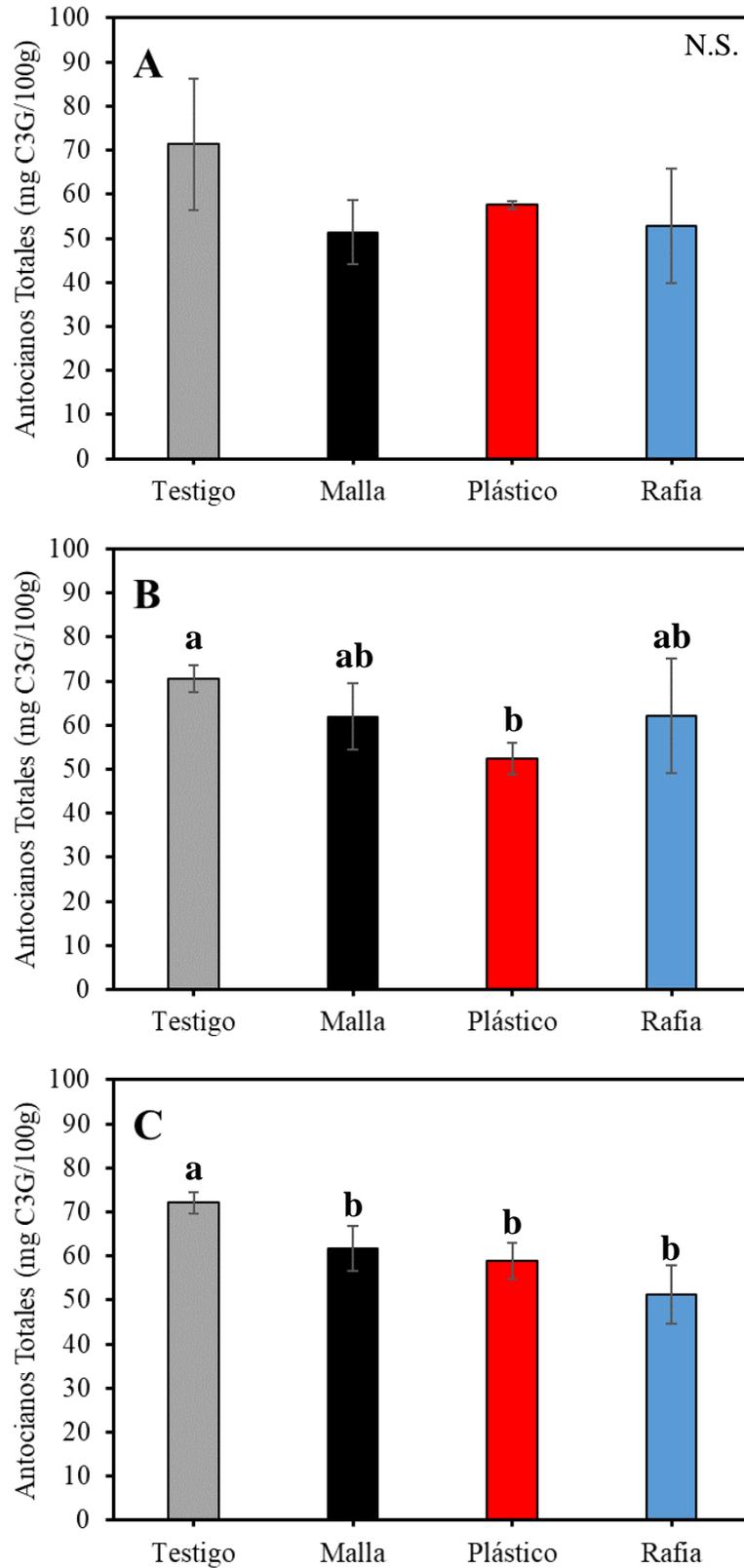


Figura 14. Concentración de antocianinas totales promedio y desviación estándar en arándanos variedad Legacy. A) evaluación a cosecha, B) 30 días de almacenaje a 0°C, C) *Shelf Life* a 20°C por 48 horas

III.2.13. Fenoles y flavonoides totales

Al momento de cosecha, no se observaron diferencias significativas en la cantidad de fenoles de los tratamientos, De esta manera, la diferencia del promedio de concentración de fenoles entre el tratamiento testigo y el tratamiento de plástico, que mostró la mayor concentración, fue de 9,1 mg Ác.Gal/100g (Cuadro 11).

Tras 30 días de almacenaje, el tratamiento testigo tuvo una concentración significativamente mayor de fenoles que los tratamientos de coberturas, con 140 mg Ác. Gal/100g promedio más que el tratamiento plástico, el cual tuvo la menor concentración de fenoles. Entre las coberturas, el tratamiento plástico tuvo una concentración de fenoles significativamente menor que el tratamiento de rafia, con 67,3 mg Ác. Gal/100g menos. Por su parte, el tratamiento de malla tuvo una concentración similar con ambos plástico y rafia. Posterior a *Shelf Life*, la concentración de fenoles promedio de las coberturas no tuvo diferencias significativas con un promedio entre ellas de 342,8 mg Ác. Gal/100g.

En cuanto a la concentración de flavonoides totales, al momento de cosecha, las concentraciones no tienen diferencias significativas entre los tratamientos, con promedios entre 54,5 y 57,4 mg Quer/100g. Tras 30 días de almacenaje, el tratamiento testigo tuvo una concentración significativamente mayor de flavonoides que los tratamientos de cobertura. Estos últimos tuvieron concentraciones entre 54,6 y 67,4 mg Quer/100g, siendo el tratamiento plástico el que tuvo la menor concentración. Por su parte, los tratamientos de malla y rafia fueron similares entre sí.

Posterior a 48 horas de *Shelf Life* los tratamientos de cobertura tuvieron concentraciones de flavonoides similares, con promedio 64,7 mg Quer/100g, mientras el testigo tuvo 8,7 mg Quer/100g más que éstos, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos.

Cuadro 11. Contenido de fenoles y flavonoides totales promedio y su desviación estándar en muestras de arándanos frescas variedad Legacy. Letras distintas indican diferencias significativas en comparación de tratamientos para cada momento. Se compararon los tratamientos en cada momento por separado, por prueba LSD Fisher.

Momento evaluación	Tratamiento	Fenoles Totales (mg Ác. Gal/100g)	Flavonoides Totales (mg Quercitina /100g)
Cosecha N.S.	Testigo	295,2 ± 9,5	56,6 ± 1,8
	Malla	288,8 ± 11,7	54,5 ± 2,2
	Plástico	304,3 ± 1,4	57,4 ± 0,2
	Rafia	295,4 ± 22,8	55,7 ± 4,3
30 días de almacenaje	Testigo	429,6 ± 49,8 a	81,2 ± 9,4 a
	Malla	327,6 ± 26,3 bc	61,8 ± 5,0 bc
	Plástico	289,6 ± 22,5 c	54,6 ± 4,2 c
	Rafia	356,9 ± 14,8 b	67,4 ± 2,8 b
<i>Shelf Life</i> 48 h a 20° N.S.	Testigo	388,8 ± 66,6	73,4 ± 12,6
	Malla	344,8 ± 58,8	65,1 ± 11,1
	Plástico	348,7 ± 26,8	65,8 ± 5,1
	Rafia	335,0 ± 46,7	63,2 ± 8,8

N.S. = No Significativo

III.2.15. Capacidad antioxidante

Al momento de cosecha, se observaron diferencias significativas en la actividad antioxidante por método ABTS de los tratamientos (Figura15), de modo que el tratamiento testigo tuvo valores ABTS significativamente mayores de $3.095 \pm 182,0 \mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$ en comparación a los tratamientos de cobertura. De éstos, los tratamientos de malla y plástico fueron similares con $2.496 \pm 140,4 \mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$ y $2.274,4 \pm 170,1 \mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$, mientras el tratamiento rafia tuvo valores ABTS significativamente menores al resto de los tratamientos de $1.863,9 \pm 156,6 \mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$. Los valores de capacidad antioxidante por métodos DPPH y FRAP no tuvieron diferencias significativas entre tratamientos, siendo todos similares, de modo que el promedio de todos los valores fue de $1.060 \mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$ en método DPPH y $2.356 \mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$ en promedio de FRAP.

Tras 30 días de almacenaje, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos en ninguno de los métodos. El método ABTS mostró valores de capacidad antioxidante del tratamiento testigo de $3.340 \pm 113,4 \mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$, mientras los tratamientos de cobertura tuvieron valores ABTS entre $2.193 \pm 141,6 \mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$ y $2.523 \pm 66,7 \mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$. Los métodos DPPH y FRAP fueron similares entre los tratamientos, de modo que los valores de capacidad antioxidante se encuentran cercanos con promedio de $1.171 \mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$ en DPPH y de $2.199 \mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$ en FRAP

Posterior a *Shelf Life*, se observaron diferencias significativas en los valores de capacidad antioxidante por métodos ABTS y FRAP. En el primer método, se observó que el tratamiento testigo tuvo valores ABTS significativamente mayores que los tratamientos de cobertura, con un promedio de $3.656 \pm 152,6 \mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$, a su vez, los tratamientos de malla, plástico y rafia tuvieron valores similares con promedios entre $1.931,1 \pm 215,9 \mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$ en la rafia y $2.319 \pm 589,4 \mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$ en la malla. En los valores de capacidad antioxidante por método FRAP, el tratamiento testigo tuvo valores significativamente mayores que la rafia, con un promedio de $2.694 \pm 432,6 \mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$, mientras la rafia tuvo un valor promedio de $1.912 \pm 278,6 \mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$. Los valores de los tratamientos de malla y plástico fueron similares entre sí y con el testigo, de modo que sus valores promedio fueron de $2.289 \pm 635,6 \mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$, y $2.420 \pm 109,6 \mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$, respectivamente.

De esta manera, se observó que el tratamiento rafia tuvo menor capacidad antioxidante en comparación a los demás tratamientos de cobertura, a la vez que éstos presentaron una disminución de capacidad antioxidante en comparación al tratamiento sin cobertura.

Las concentraciones detalladas se observan en el Apéndice 1 para todas pruebas y momentos.

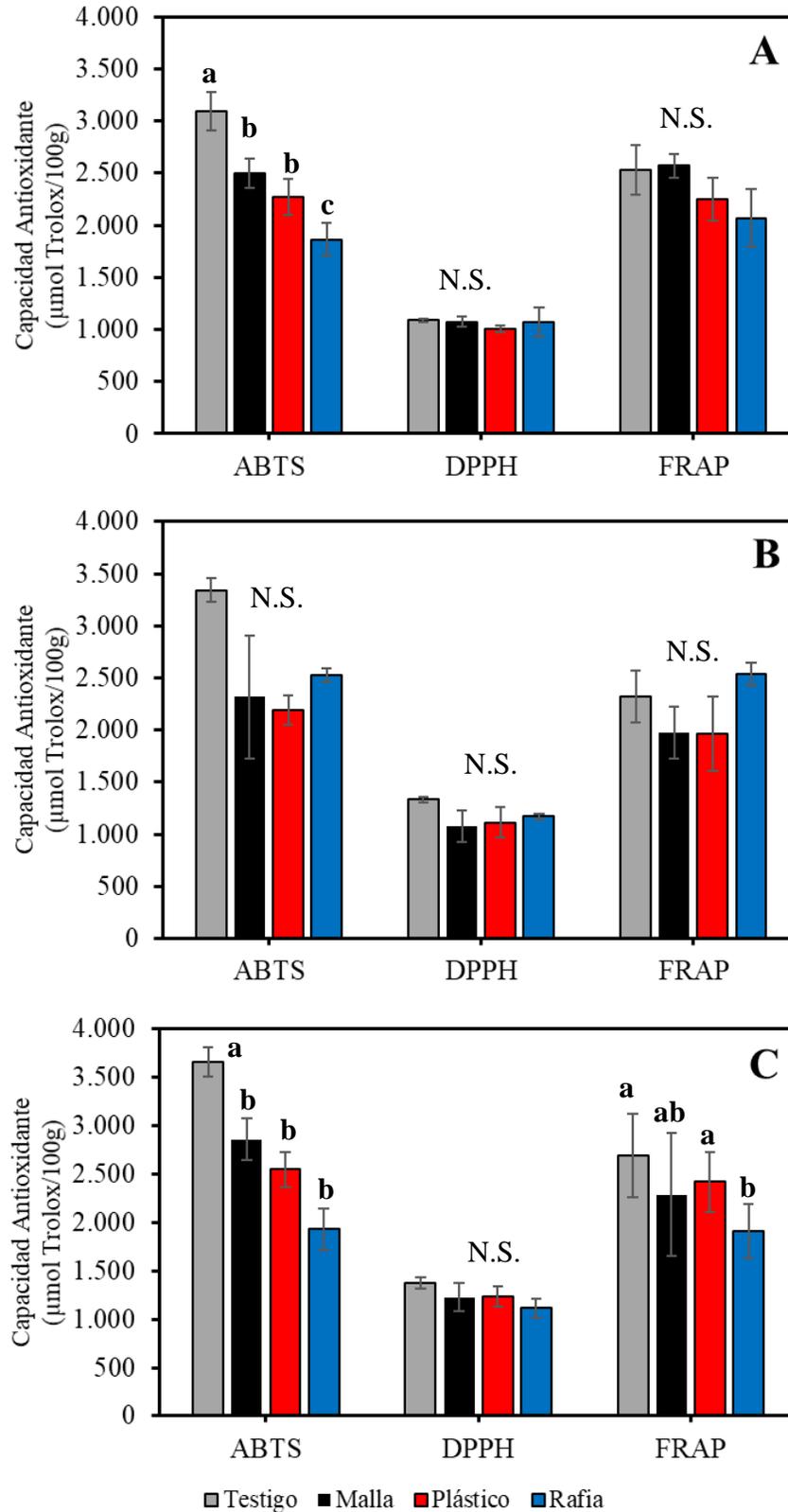


Figura 15. Capacidad antioxidante en equivalentes Trolox bajo distintas coberturas. Se especifican los equivalentes para tres métodos de evaluación de capacidad antioxidante, medidos en cosecha (A), 30 días de almacenaje (B), y 48 horas de *Shelf Life* (C). N.S.= No Significativo.

III.2.16. Perfil de antocianinas

De los compuestos identificados en el perfil de antocianinas, se observó que, al momento de cosecha, el promedio de concentración de antocianinas totales fue mayor en el tratamiento testigo (Cuadro 12), mientras el tratamiento plástico tuvo el menor promedio, con 90,7 mg/100g de antocianinas totales menos que el testigo. De los 6 compuestos identificados, se observó que la Delfinidina-3-galactósido fue la antocianina que tuvo mayor concentración de los compuestos identificados, siendo la principal dentro del perfil en todos los tratamientos; de éstos, el tratamiento testigo tuvo 406,5 mg/100g, mientras los tratamientos de cobertura se encontraron entre 336,9 y 362,8 mg/100g. En los demás compuestos, el tratamiento de plástico tuvo menor promedio de concentración de antocianinas en todos ellos, comparado con los demás tratamientos.

Tras 30 días de almacenaje, se observó que el tratamiento de plástico tuvo la mayor concentración total de antocianinas, mientras el tratamiento testigo tuvo la menor concentración total, con 35,6 mg/100g menos que el tratamiento plástico. De esta manera, la concentración de Delfinidina-3-galactósido, tuvo mayor promedio en el tratamiento plástico con 399,5 mg/100g, mientras los tratamientos testigo y rafia tuvieron promedios similares cercanos a 380 mg/100g, por su parte el tratamiento malla tuvo el menor promedio con 33,9 mg/100g menos que el tratamiento plástico. En los demás compuestos, se observó que el tratamiento malla tuvo menor concentración de delfinidina-3-glucósido. Sin embargo, tuvo mayor concentración de Petunidina-3-glucósido+Peonidina-3-arabinósido, Peonidina-3-glucósido, y Malvidina-3-glucósido que el resto de los tratamientos.

Además, de los *peaks* identificados y cuantificados, se observaron otros 8 *peaks* sin identificar que contribuyen a la concentración total de antocianinas de las muestras, del perfil completo, se identificó el 47,9% del total (Apéndice, Figura 1).

Del perfil obtenido en cada tratamiento, se observó que la curva de perfil es similar entre ellos, por lo que no se observó cambios en los *peaks* obtenidos del perfil por causa de los tratamientos (Apéndice, Figura 2), de modo que los perfiles variaron principalmente en concentración, más que en composición.

Cuadro 12. Concentración de antocianinas promedio y desviación estándar en cinco *peaks* identificados por HPLC. Se indica la suma de promedios de los *peaks* identificados.

Concentración de antocianinas (mg/100 g liofilizado)							
Momento	Tratamiento	Delf-3-galac	Delf-3-gluc	Pet-3-gluc + Pn-3-arab	Pn 3-gluc	Malv-3-gluc	TOTAL
Cosecha	Testigo	406,5 ± 1,9	5,7 ± 0,1	12,6 ± 0,2	151,7 ± 0,1	9,3 ± 0,3	585,8
	Malla	355,4 ± 1,4	4,7 ± 0,1	12,2 ± 0,4	176,3 ± 0,5	11,5 ± 0,5	560,1
	Rafia	362,8 ± 0,2	5,0 ± 0,1	11,7 ± 0,1	156,4 ± 0,6	11,3 ± 0,3	547,2
	Plástico	336,9 ± 1,0	4,0 ± 0,0	10,6 ± 0,2	135,4 ± 0,4	8,2 ± 0,1	495,1
30 días de almacenaje	Testigo	382,5 ± 0,6	5,3 ± 0,1	11,8 ± 0,2	166,4 ± 0,9	8,9 ± 1,7	574,9
	Malla	365,9 ± 0,8	4,8 ± 0,1	12,3 ± 0,4	198,3 ± 0,9	10,3 ± 0,2	591,6
	Rafia	383,8 ± 0,8	5,2 ± 0,1	11,1 ± 0,1	168,9 ± 0,8	8,0 ± 0,1	577,0
	Plástico	399,5 ± 2,4	5,5 ± 0,2	11,8 ± 0,1	184,4 ± 1,0	9,3 ± 0,1	610,5

Delf: Delfinidina, Pet: Petunidina, Pn: Peonidina, Malv: Malvidina
Galac:galactósido, Gluc: glucósido, Arab: Arabinósido

III.2.17. Análisis de componentes principales

Al analizar los datos como un conjunto multivariante a través de Análisis de Componentes Principales (PCA), se observó que el conjunto de datos presentados requiere un total de 3 Componentes Principales (CP) para abarcar la totalidad de la variabilidad dada por las variables analizadas en cada tratamiento. Según el análisis de Autovectores, los dos primeros CP grafican el 89,4% de la variabilidad, mientras el tercer CP explica el 10,6% restante. Por lo que se pueden establecer relaciones confiables a través del biplot de CP1 y CP2.

De las relaciones graficadas en biplot (Figura 19), se observó que el tratamiento testigo mantiene relaciones inversas con los tratamientos de coberturas, y entre éstos, los tratamientos rafia y plástico presentaron similitudes entre sus resultados, mientras malla difiere tanto del testigo como de las otras coberturas.

En las variables de mayor relación, se observa que para el grupo de variables de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante, excepto para el método FRAP, todos tuvieron mayores niveles y relación directa con el tratamiento testigo, mientras establecen relaciones inversas con los tratamientos de plástico y rafia. En cuanto al color, se observa que se encuentra en relación inversa al testigo, lo cual indica que tiene menores valores de Hue correspondientes a colores azules.

En las variables de calidad de fruta, se observó que la firmeza se encuentra inversamente relacionada con los tratamientos de rafia y plástico, a la vez que éstos están directamente relacionados con el nivel de pulpa 3. Del mismo modo, se observó que la Pulpa nivel 1 está directamente relacionada con la firmeza, tal como se comentó en la sección III.2.7. Por otra parte, el calibre parece relacionado con los tratamientos de rafia y plástico de manera directa. La incidencia de pudrición, sólidos solubles, pulpa nivel 2 y frutos rojos aparecen con débiles relaciones.

En cuanto a las variables de campo, la radiación aparece directamente relacionada con el tratamiento testigo e inversa en particular para los tratamientos de rafia y plástico. Mientras que las temperaturas máximas y mínimas tienen relaciones dependiendo del mes en que se registran.

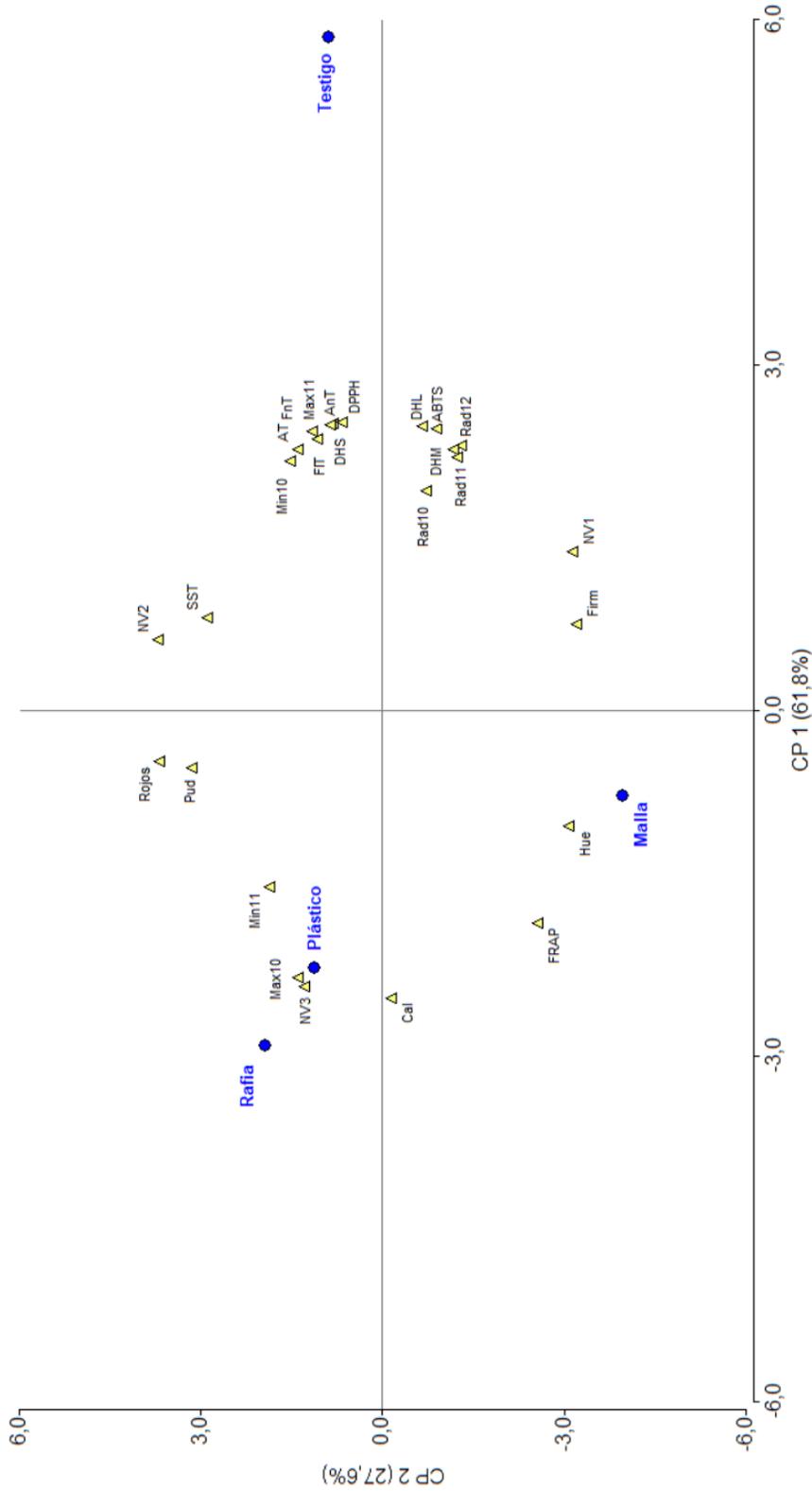


Figura 18. Análisis de Componentes Principales (PCA). Se ilustra biplot de variables (amarillo) y su relación con los tratamientos (azul). Se especifica:
 ABTS: Antioxidante ($\mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$)
 AnT: Antocianos Totales ($\text{mg C3G}/100\text{g}$)
 AT: Acidez Titulable (%)
 Cal: Calibre (mm)
 DHL: Deshidratación Leve (%)
 DHM: Deshidratación Moderada (%)
 DHS: Deshidratación Severa (%)
 DPPH: Antioxidante ($\mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$)
 Firm: Firmeza ($\text{g}\cdot\text{mm}^{-1}$)
 FIT: Flavonoides Totales ($\text{mgQuer}/100\text{g}$)
 FnT: Fenoles Totales ($\text{mg}\acute{\text{A}}\text{c.GAL}/100\text{g}$)
 FRAP: Antioxidante ($\mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$)
 Hue: ángulo color (h°)
 Max10: T° máxima octubre ($^\circ\text{C}$)
 Max11: T° máxima noviembre ($^\circ\text{C}$)
 Min11: T° mín noviembre ($^\circ\text{C}$)
 NV1: Pulpa nivel 1 (%)
 NV2: Pulpa nivel 2 (%)
 NV3: Pulpa nivel 3 (%)
 Pud: Pudriciones (%)
 Rad10: PAR octubre ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
 Rad11: PAR noviembre ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
 Rad12: PAR diciembre ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
 Rojos: Presencia de frutos rojos (%)
 SST: Sólidos solubles totales (%)

IV. DISCUSIÓN

Temperatura y radiación fotosintéticamente activa (PAR)

En las distintas variables de campo y de condición de fruta, se observó que el uso de coberturas modifica las condiciones del cultivo, de tal manera que los tratamientos de plástico y rafia generaron un incremento de temperatura promedio entre 2,8 a 2,9°C por día durante la temporada. Es posible observar este tipo de aumentos de temperatura en coberturas blancas o transparentes que permitan la transmisión de radiación al cultivo, pero que a la vez sean cerradas y disminuyan la circulación de aire. En el caso de materiales de este tipo en malla, Khür *et al.* (2006) observaron un aumento de 0,7°C durante el día, mientras que Lloyd *et al.* (2005) midieron un aumento de hasta 4,4°C en mallas blancas con 2 mm de entramado. En el caso de las coberturas de plástico y rafia utilizadas en Linares, las cuales son blancas y completamente cerradas, este aumento de temperaturas en la tarde es esperable por las condiciones de transmisión de luz y bloqueo del viento mencionadas.

El adelanto o atraso de la maduración de la fruta por el uso de coberturas ha sido atribuido tanto a la incidencia de luz en el cultivo, como al efecto de la temperatura, indicando que estas dos variables afectarían tanto a la fenología como a la maduración del fruto durante su desarrollo. En este aspecto, Lobos *et al.* (2013) describen que el atraso de la maduración, y por ende de la cosecha, de arándanos variedad Elliot cultivados en Michigan está relacionada con la disminución de la transmisividad de radiación PAR al cultivo, de modo que una disminución del 50% de la PAR, independiente del color de la malla, retrasó la cosecha en 7 días, y una reducción del 80% generó 12 días de retraso. Por su parte, Hicklenton *et al.* (2003), obtuvieron resultados distintos entre el uso de mallas y plástico, de modo que con el uso de mallas negras con sombreamiento del 50% de PAR tuvieron un retraso de 2 semanas en la cosecha de las variedades Brigitta y Bluegold, mientras que en túnel plástico, con 66% de sombreamiento, obtuvieron un adelanto en la maduración en la variedad Elliot, de modo que cuando el 90% de la fruta estuvo madura bajo cobertura, el testigo sin cobertura tuvo un 63% de fruta madura en la misma fecha. Por su parte, Wallberg y Sagredo (2012) indican que el uso de rafias en cerezo disminuyó en un 40% la transmisividad de radiación PAR, llegando a niveles de $1.000 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ mientras la fenología del cultivo, específicamente la floración, se adelantó 15 días en comparación al control sin cobertura.

De los resultados obtenidos en Linares, los datos difieren de lo expresado por Lobos *et al.* (2013) y por Hicklenton *et al.* (2003) en las variedades Brigitta y Bluegold, de manera que la malla no provocó un atraso en la cosecha en comparación al testigo, siendo cosechados en la misma fecha, aunque esto puede deberse a que la malla utilizada tuvo un sombreamiento cercano al 27%, mientras ellos reportaron atrasos sobre el 50% de sombreamiento. En el caso de las coberturas de plástico y rafia, que tuvieron un 40 y 70% de sombreamiento, respectivamente, éstas adelantaron la maduración de la fruta en 6 días en comparación al testigo, lo que sería más concordante con la situación de túnel mencionada por Hicklenton *et al.* (2003). De los valores de sombreamiento observados en Linares, el 70% de disminución de transmisión de PAR generado por la rafia utilizada en este estudio fue notoriamente mayor que el material reportado por Wallberg y Sagredo (2012), que indican que el sombreamiento de la rafia fue de un 40%. Es posible que en este caso, la cobertura presentara desgaste y suciedad acumulada, toda vez que el material usado en este estudio ha alcanzado la vida útil esperada de 5 años, lo cual podría reflejarse en un mayor porcentaje de sombreamiento medido.

En cuanto al efecto de la temperatura, Lobos *et al.* (2013) no indican registro de ella bajo las mallas evaluadas que generaron atraso, mientras Hicklenton *et al.* (2003), registraron que las temperaturas de las variedades Brigitta y Bluegold fueron entre 0,3 y 1°C menor bajo malla, condición en la que ocurrió atraso; en comparación, en la malla utilizada en Linares, no se observó una disminución de temperatura, ni atraso en la cosecha. Por otra parte, en el cultivo bajo túnel plástico, Hicklenton *et al.* (2003) tuvieron una temperatura 4°C mayor que el tratamiento testigo, observando un adelanto de cosecha. Además, los investigadores registraron que para la variedad Elliot, las máximas de temperatura alcanzaron extremas cercanas a 35°C bajo cobertura, mientras el testigo tenía en promedio 26°C. En este aspecto, los resultados obtenidos en Linares mantienen la relación vista por Hicklenton *et al.* (2003) en el cultivo bajo túnel, de modo que para el cultivo de la variedad Legacy, las temperaturas promedio del plástico y la rafia fueron cerca de 3°C mayores que el testigo y la malla, ocurriendo un adelanto de 6 días de cosecha. Los datos sugieren que a pesar de que el plástico disminuyó cerca de un 40% la transmisión de PAR, y la rafia en un 70%, el aumento de temperatura durante el crecimiento del cultivo y durante la maduración de la fruta, estarían influyendo en el adelanto de cosecha, a la vez que la malla al no disminuir la temperatura en comparación al testigo no tuvo el atraso reportado por los investigadores.

En cuanto a las rafias y plásticos de HDPE, Grandi *et al.* (2017) indican que el uso de estas coberturas aumenta la temperatura entre 2 y 5,4°C en comparación al cultivo sin cobertura durante horas de la tarde, por lo que el rango de las coberturas observadas en este estudio, con un aumento entre 2,8 y 2,9°C en promedio diario fue similar a los reportados en otras experiencias. Por otro lado, Wallberg y Sagredo (2012) observaron aumentos de temperatura bajo rafia temprano en la primavera, pero disminución de la temperatura en comparación al testigo durante el periodo de cosecha, lo cual no ocurrió en Linares. Un aspecto que debería ser revisado en Wallberg y Sagredo (2012) es si las temperaturas menores observadas en rafia se deben a la conformación de la estructura, y si ésta es más abierta en ventilación que los otros materiales plásticos usados. Otros estudios como María y Carvalho (2008) que, aunque no especifican el aumento de temperatura, indican que el uso de coberturas tipo rafia adelanta la maduración de la fruta en una semana, similar a lo obtenido en este estudio.

Según lo visto, las coberturas plásticas que generan altas temperaturas en momentos de la tarde presentaron adelanto en la maduración. Sin embargo, no se observó lo reportado para mallas y su efecto de retraso, ya que los frutos maduraron en conjunto al testigo. Es posible que el efecto en las mallas no se haya apreciado debido a que las temperaturas no disminuyeron con relación al tratamiento testigo. De esta manera, la temperatura tomaría un rol preponderante en cuanto a la determinación del momento de cosecha cuando se usan coberturas, de modo que si se quiere adelantar la maduración se debe promover el aumento de temperaturas por coberturas que permitan acumulación de calor.

Calidad de fruta

En cuanto a la calidad de fruta, diversos estudios indican que el uso de coberturas ya sea de malla, plástico, o rafia, tienen efecto en el aumento de sólidos solubles, materia seca y calibre de frutos (Corollaro *et al.*, 2015; Basile *et al.*, 2012; Wallberg y Sagredo, 2012; Solomakhin y Blanke, 2010). Sin embargo, también está ampliamente reportado que el uso de coberturas puede producir ablandamiento de fruta, principalmente en rafias, plásticos de tipo túnel (Wallberg y Sagredo, 2012; María y Carvalho, 2008) y en mallas sombreadoras de colores negro, rojo y verde (Manja y Aoun, 2018; Vukovic *et al.*, 2017; Zoratti *et al.*, 2015). En las muestras evaluadas no se observaron aumentos de sólidos solubles, pero sí se registró diferencias en acidez titulable, contrario a lo observado por Klein *et al.* (2001), en este caso, la acidez del testigo fue mayor a la de los

tratamientos con cobertura, lo que se puede relacionar a la menor madurez de fruta de este tratamiento.

La disminución de la firmeza y el aumento del calibre en los tratamientos de Plástico y Rafia, estuvo en concordancia a lo reportado por Wallberg y Sagredo (2012). Según Amarante *et al.* (2011), el sombreado de la fruta puede afectar la estructura de la pared celular y lamela media causando ablandamiento, lo cual también es abordado por Falcioni *et al.* (2018) que indican que la reducción de luminosidad tiene un efecto directo en la pared celular, disminuyendo el contenido total de lignina y el grosor de la pared. Por su parte, Loretta *et al.* (1993), indican que las células vegetales son más elásticas en condiciones de luz limitada. En consideración de los aspectos indicados por estos autores, se observó que los tratamientos con menor transmisividad de PAR, plástico y rafia, tienen firmeza más baja en comparación al aire libre, pero aún queda por determinar cuánta es la influencia de la disminución de luz en una menor calidad de pared celular de la fruta que pudiera estar determinando esta pérdida de firmeza medida en este experimento. Por otro lado, es necesario complementar cómo influyen en la firmeza otros factores como el estrés térmico, dado por las temperaturas sobre 30°C observadas diariamente en estos tratamientos, o la desincronización de las cosechas observadas en el adelanto de los tratamientos de rafia y plástico.

En base a lo observado en adelanto de cosecha, es necesario determinar si el ablandamiento puede explicarse por las diferencias en la constitución de la pared celular por disminución lumínica, o si por el contrario, adelantar la cosecha se torna crítico en rafia y plástico al madurar antes la fruta, lo que implica que se tendría un aumento de frutos sobremaduros con menor firmeza. En este sentido, Moggia *et al.* (2022) indican que para optimizar la firmeza de cosecha, debe determinarse una frecuencia específica para la variedad, que en este caso podría ser de 3 días. Es muy posible que la frecuencia de cosecha cada 6 días pueda haber afectado la medición de firmeza por presencia de fruta más madura, y que para determinar la firmeza efectiva se deba hacer un seguimiento más frecuente.

Sobre el desarrollo del fruto, Sivakumar y Jifon (2018), y Jutamanee y Onnom (2016), indican que las coberturas disminuyen la saturación lumínica, evitando la inhibición del fotosistema II y el cierre de estomas por sombreado. Todo esto se traduce en un aumento de la eficiencia fotosintética, el cual podría influir en un adelanto en el desarrollo del fruto. Por otra parte, Bastías *et al.* (2012) reportaron que coberturas fotoselectivas podían favorecer la eficiencia fotosintética, aumentando los fotoasimilados disponibles para la fruta, lo que también explicaría el aumento de calibre en los tratamientos de plástico y rafia.

Los resultados de calidad y condición de fruta mostraron las mismas tendencias que se observan desde cosecha, por lo que el uso de coberturas afecta la fruta desde precosecha, determinando en ese momento la calidad y condición de exportación. Si se consideran en conjunto, los resultados implican que el adelanto de crecimiento y maduración de frutos de los tratamientos plástico y rafia influyen directamente en un leve aumento de calibre, pero en detrimento de la firmeza y la acumulación de antocianos en la fruta.

Concentración de antocianos totales

Se ha descrito que para el arándano es posible encontrar rangos de antocianos totales entre 25 y 495 mg/100g de muestra, dependiendo fuertemente de la variedad y las condiciones en las que se encuentra el cultivo (Taruscio *et al.*, 2004), en este aspecto, los valores medidos son concordantes con otros reportes. Para el presente estudio, la disminución de la concentración de antocianos y la irregularidad del color en la fruta, medida por ángulo Hue, es concordante a los problemas de color

reportados por otros autores como Iglesias y Alegre (2006), Treder *et al.* (2016), Widmer (2000), Dussi *et al.* (2005), Wallberg y Sagredo (2012). En este sentido, el resultado es esperable en la medida que la síntesis de antocianos está fuertemente ligada a la cantidad de luz y el espectro incidente en el cultivo. Zoratti *et al.* (2014) indican que la luz es el factor ambiental más importante en la biosíntesis de antocianos. En particular, el aumento en la luz roja, azul, y UV tienen un efecto en el incremento de la síntesis de antocianos y por el contrario, el aumento del rojo lejano disminuye su síntesis (Xu *et al.*, 2014; Miao *et al.*, 2016). Aunque sólo se midió la radiación PAR, la disminución de la transmisión de radiación al cultivo en los tratamientos plástico y rafia puede explicar la disminución en la concentración de antocianos promedio en comparación al testigo, el cual tuvo mayor concentración de todos los compuestos fenólicos y menor Hue promedio. El efecto de que la malla monofilamento no haya tenido una disminución de color similar a los tratamientos de plástico y rafia puede explicarse porque el entramado de ésta permite mejor el paso de luz que las coberturas cerradas y generó una condición de sombreado intermedia entre el testigo y la rafia con el plástico; igualmente, la disminución de antocianos y color bajo la malla parece disminuir de manera intermedia acorde al sombreado en este tratamiento.

Por otra parte, también se ha reportado que la síntesis de antocianos es promovida por bajas temperaturas entre 5 y 14°C e inhibida por las altas sobre 27°C (An *et al.*, 2015; Lin-Wang *et al.*, 2011), de tal manera que una baja temperatura favorecería la síntesis incluso si hay poca luminosidad (Carmona *et al.*, 2017; Honda *et al.*, 2014). Para las muestras evaluadas, esto se condice con las condiciones del cultivo bajo las coberturas usadas y el testigo. De modo que las altas temperaturas de plástico y rafia, pudieron haber afectado la obtención del color también por estrés.

En cuanto a la variación de color de las muestras, y el aumento de promedio de concentración de antocianos totales durante postcosecha, Carmona *et al.* (2017), reportaron que ocurre una síntesis de antocianinas durante el almacenaje en frío de naranjas de sangre a 4°C y 9°C, mientras que Butelli *et al.* (2012) reportaron que la proteína R2R3-MYB actúa como reguladora promoviendo la síntesis de antocianinas, y presenta una sobreexpresión bajo condiciones de frío. Por otra parte, Junfeng *et al.* (2019), reportaron el aumento del metabolismo de los flavonoides y la capacidad antioxidante de arándanos con aplicación de radiación UV en postcosecha. Para determinar si los arándanos efectivamente desarrollan color durante postcosecha, se debería evaluar esta variable siguiendo la evolución de las mismas muestras desde cosecha hasta *Shelf Life*, sin embargo, en este estudio, las muestras corresponden a grupos diferentes de fruta para cada momento, por lo que no se puede determinar si éstas desarrollaron color debido a una síntesis de antocianos durante almacenaje, o si es el resultado de la variabilidad de los frutos.

Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante.

Dentro de los alimentos en general, los arándanos poseen una alta capacidad antioxidante en comparación a otros alimentos, y son generalmente ricos en compuestos fenólicos (Mattila *et al.*, 2006; Rodríguez.Mateos *et al.*, 2012; Scalzo *et al.*, 2013). Los fenoles han sido ampliamente reportados como los responsables de la capacidad antioxidante de los alimentos (Duthie y Crozier, 2000; Giovanelli y Buratti, 2009; Wang *et al.*, 2008). Los resultados obtenidos de las muestras concuerdan con los rangos de capacidad antioxidante obtenidos por Rodrigues *et al.* (2010) en su medición de antocianos en arándanos cultivados en Brasil. Para este estudio, las diferencias observadas entre la capacidad antioxidante del testigo con los tratamientos de cobertura pueden ser explicadas, al igual que las otras variables en la disminución de radiación incidente en el cultivo.

Takos *et al.* (2006), indicaron que la luz modula los genes que determinan los mecanismos de síntesis de flavonoides. Por su parte, Yunting *et al.* (2018), indican que el fotoperiodo, la intensidad

y la calidad de la luz tienen influencia sobre la síntesis de compuestos fenólicos y antocianos que otorgan la capacidad antioxidante. Al igual que otras variables, el efecto de la malla no tiene una modificación de luz o temperatura que modifique la capacidad antioxidante como sí se observa en plástico y rafia.

En cuanto a la postcosecha, no se observó que una mayor capacidad antioxidantes influenciara una mejor condición de postcosecha de los frutos, sino que los daños de condición observados al momento de cosecha se mantuvieron posterior al almacenaje.

En cuanto al perfil de antocianos observado, los resultados obtenidos concuerdan con perfiles similares reportados para distintas variedades de arándanos por Lee *et al.* (2006) y Yousef *et al.* (2013), quienes reportaron una preeminencia de Delfinidinas y Malvidinas glicosiladas. En este mismo aspecto, para el presente estudio, se observan *peaks* que pueden corresponder principalmente a Malvidinas glicosiladas, por lo que es recomendable considerar patrones de estas antocianinas para perfiles de arándanos en general.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones en que se realizó el estudio, se puede concluir:

Sobre la variación del momento de cosecha por causa de las coberturas, la alteración de la temperatura respecto al testigo promueve tiene un adelanto de la cosecha, de modo que en condiciones de mayor temperatura el cultivo presenta un adelanto que en este ensayo alcanzó los 6 días, con un aumento de cerca de 3°C durante el periodo de crecimiento de cultivo. En cuanto al afecto de la radiación, la disminución de la transmisión de luz fotosintéticamente activa no provoca atraso en la cosecha, de modo que las coberturas de plástico y rafia, que tuvieron disminución de 40% y 70% de transmisión radiativa adelantaron de todas maneras el periodo de cosecha en comparación a las condiciones sin cobertura.

En cuanto a las características del cultivo, no se observaron condiciones climáticas desfavorables para poder cuantificar la ventaja del uso de coberturas con respecto al cultivo al aire libre. En cuanto a la calidad de fruta, el uso de coberturas de rafia y plástico tuvieron un efecto de aumento de calibre, pero con mayor incidencia de ablandamiento en la fruta, de modo que se observó una disminución en el porcentaje exportable principalmente por aumento de frutos blandos. De lo observado en el cultivo, la frecuencia de cosecha y presencia de frutos sobremaduros pueden ser las principales variables que expliquen la pérdida de firmeza de la fruta.

El uso de coberturas disminuyó la concentración de fenoles, flavonoides y antocianos, las que influyen directamente en la capacidad antioxidante. En comparación al testigo, los tratamientos de plástico y rafia disminuyeron las concentraciones más que el tratamiento de malla, el cual tuvo menores diferencias con el cultivo al aire libre, pero que de igual manera tuvo menores concentraciones que éste. De esta manera, se pudo observar que si bien la temperatura tuvo un rol más determinante en el adelanto de cosecha, para la generación de color, la transmisión de luz fotosintéticamente activa al cultivo disminuyó la concentración de compuestos fenólicos y de color acorde a la cantidad de sombreamiento.

La condición de postcosecha de los arándanos tras 30 días de almacenaje en frío a 0°C mantuvo las características observadas al momento de cosecha, de modo que la vida de postcosecha de la fruta cultivada bajo coberturas depende de la pérdida de ablandamiento o color que ocasionan las coberturas durante el crecimiento y determinación de la cosecha en campo.

Entre los aspectos de interés a evaluar en siguientes estudios, se encuentra conocer si una cobertura con suficiente aireación, de modo que disminuya la temperatura en su interior, evitando niveles extremos sobre 30 o 35°C, y la promoción del espectro lumínico en el rango azul, rojo y UV, que no pudieron ser medidos en este trabajo, pueden promover un adelanto de cosecha y mayor calibre sin la pérdida de color ni firmeza observados en este estudio y reportado por otras investigaciones,

LITERATURA CITADA

- Amarante, C., C. Steffens, and L. Argenta. 2011. Yield and fruit quality of 'Gala' and 'Fuji' apple trees protected by white anti-hail net. *Scientia Horticulturae* 129(1):79-85.
- An, X., T. Tian, K. Chen, X. Liu, D. Liu, X. Xie, C. Chen, P. Cong, and Y. Hao. 2015. MdMYB9 and MdMYB11 are involved in the regulation of the JA-induced biosynthesis of anthocyanin and proanthocyanin in apples. *Plant Cell Physiology* 56: 650-662.
- Arthurs, S.P., R.H. Stamps, and F.F. Giglia. 2013. Environmental modification inside photosensitive shade houses. *HortScience* 48:975-979.
- Badui, S. D. 2006. Capítulo 7: Pigmentos. P 401-439. *In*. Química de los Alimentos. 4ta Edición. Editorial Pearson Educación, Atlacomulco, México.
- Bañados, P. 2018. Evolución Tecnológica en el manejo de huertos de Arándano: Modelo 2018. Seminario Ciclos Regionales Frutícolas. ASOEX, Temuco, Chile.
- Baraldi, R., F. Rossi, O. Facini, F. Fasolo, A. Rotondi, M. Magli, and F. Nerozzi. 1994. Light environment, growth and morphogenesis in a peach tree canopy. *Physiologia Plantarum* 91:339-345.
- Basile B., M. Giaccone, C. Cirillo, A. Ritieni, G. Graziani, Y. Shalak, M. Forlani. 2012. Photo-selective hail nets affect fruit size and quality in Hayward kiwifruit. *Scientia Horticulturae* 141: 91-97.
- Bastías, R., L. Grappadelli. 2012a. Light quality management in fruit orchards: physiological and technological aspects. *Chilean Journal of Agricultural Research* 72(4):574-581.
- Bastías, R., L. Manfrini, L. Corelli. 2012b. Exploring the potential use of photo-selective nets fruit growth regulation in apple. *Chilean Journal of Agricultural Research* 72: 224-231.
- Benzie, I., and J. Strain. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry* 239(5): 70-76.
- Bosco, L., H. Bergamaschi, L. Cardoso, V. De Paula, G. Marodin, and G. Nachtigall. 2015. Apple production and quality when cultivated under anti-hail cover in Southern Brazil. *International Journal of Biometeorology* 59(7):773-782.
- Briassoulis, D., and A. Mistrionis. 2010. Integrated structural design methodology for agricultural protecting structures covered with nets. *Biosystems Engineering* 105:205-220.
- Briassoulis, D., A. Mistrionis, and D. Eleftherakis. 2007. Mechanical behaviour and properties of agricultural nets—part I: testing methods for agricultural nets. *Polymer Testing* 26:822-832.
- Briassoulis, D., A. Mistrionis, and D. Eleftherakis. 2007. Mechanical behaviour and properties of agricultural nets. Part II: analysis of the performance of the main categories of agricultural nets. *Polymer Testing* 26:970-984.

- Butelli, E., C. Licciardello, Y. Zhang, J. Liu, S. Mackay, P. Bailey, and C. Martin. 2012. Retrotransposons control fruit-specific, cold-dependent accumulation of anthocyanins in blood oranges. *The Plant Cell* 24(3): 1242-1255.
- Carmona, L. B. Alquézar, V.V. Marques, and L. Peña. 2017. Anthocyanin biosynthesis and accumulation in blood oranges during postharvest storage at different low temperatures.
- Castellano, S., G. Scarascia Mugnozza, G. Russo, D. Briassoulis, A. Mistrionis, S. Hemming, and D. Waaijenberg. 2008. Plastic nets in agriculture: a general review of types and applications. *Applied Engineering in Agriculture* 24:799-808.
- Corollaro, M., L. Manfrini, I. Endrizzi, E. Aprea, M. Dematte, M. Charles, and L. Grappadelli. 2015. The effect of two orchard light management practices on the sensory quality of apple: fruit thinning by shading or photo-selective nets. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 90(1):99-108.
- Defilippi, B., E. Álvarez, and S. Rivera. 2019. Efecto del uso de coberturas en la calidad y condición de uva de mesa en postcosecha, pp 71-86. *In: Salazar, C., Sellés, G., Marfán G. Cubiertas plásticas en uva de mesa. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA. Boletín INIA N°402, Santiago, Chile.*
- Defilippi, B., S. Rivera, and R Arriola. 2017. Capítulo: Aspectos claves durante poscosecha para la obtención de un arándano de calidad, pp 121-142. *In: González, A. Adaptación de la metodología Cropcheck para el cultivo de arándanos en el Sur de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Boletín INIA N° 346, Temuco, Chile.*
- Demchak, K. 2009. Small fruit production in high tunnels. *HortTechnology* 19:44-49.
- Dussi, M., G. Giardina, D. Sosa, R.G. Junyent, A. Zecca, and P.R. Reeb. 2005. Shade nets effect on canopy light distribution and quality of fruit and spur leaf on apple cv. Fuji. *Span. Journal of Agricultural Research* 3:253-260.
- Duthie, G., and A. Crozier. 2000. A plant-derived phenolic antioxidants. *Current Opinion in Lipidology* 3:447-451.
- Falcioni, R., T. Moriwaki, D. Matias de Oliveira, G. Castelani Andreotti, L. Antonio de Souza, W. Dantas dos Santos, C. M. Bonato, and W. Camargos Antunes. 2018. Increased gibberellins and light levels promotes cell wall thickness and enhance lignin deposition in xylem fibers. *Frontiers in Plant Science* 9:1321.
- García-Sánchez, F., I. Simón, V. Lidón, F.J. Manera, S. Simón-Grao, J.G. Pérez-Pérez, and V. Gimeno. 2015. Shade screen increases the vegetative growth but not the production in 'Fino 49' lemon trees grafted on *Citrus macrophylla* and *Citrus aurantium* L. *Scientia Horticulturae* 194:175-180.

- Giaccone, M., M. Forlani, and B. Basile. 2012. Tree vigor, fruit yield and quality of nectarine trees grown under red photosensitive anti-hail nets in southern Italy. *Acta Horticulturae* 962:287-293.
- Gimeno, V., I. Simón, V. Martínez, V. Lidón, M.A. Shahid, and F. Garcia-Sanchez. 2015. Effect of shade screen on production, fruit quality and growth parameters of 'Fino 49'lemon trees grafted on citrus macrophylla and sour Orange. *Acta Horticulturae* 1065:1845-1850.
- Giovanelli, G., and S. Buratti. 2009. Comparison of polyphenolic composition and antioxidant activity of wild Italian blueberries and some cultivated varieties. *Food Chemistry* 112: 903-908.
- Giusti, M., L.E. Rodríguez-Saona, and R.E. Wrolstad. 1999. Molar absorptivity and color characteristics of acylated and non-acylated pelargonidin-based anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 47(11): 4631-4637.
- González-Villagra, J., M. Reyes-Díaz, M. Alberdi, P. Acevedo, R. Loyola, R. Tighe-Neira, P. Arce-Johnson, and C. Inostroza-Blancheteau. 2020. Solar UV irradiation effects on photosynthetic performance, biochemical markers, and gene expression in highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae* 259:1-11.
- Grandi, M, S. Lugli, L. Piccinini, R. Correale, G. Costa, C. Etiopi, and W. Monari. 2017. Effectiveness of new rain-protection systems on cracking, ripening date and fruit quality of sweet cherry cultivars. *Acta Horticulturae ISHS*. 1161: 213-220.
- Hicklenton, P., C. Forney, and C. Domytrak. 2003. Use of row covers and postharvest storage techniques to alter maturity and marketing period for highbush blueberries. *Acta Horticulturae* 626:287-295.
- Honda, C., H. Bessho, M. Murai, H. Iwanami, S. Moriya, K. Abe, M. Wada, Y. Moriya-Tanaka, H. Hayama, and M. Tatsuki. 2014. Effect of temperature on anthocyanin synthesis and ethylene production in the fruit of early and medium maturing apple cultivars during ripening stages. *HortScience* 49: 1510-1517.
- Junfeng, Y., W. Shi, B. Li, Y. Bai, Z. Hou. 2019. Preharvest and postharvest UV radiation affected flavonoid metabolism and antioxidant capacity differently in developing blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *Food Chemistry* 301: 125248.
- Jutamanee, K., S. Onnom. 2016. Improving photosynthetic performance and some fruit quality traits in mango trees by shading. *Photosynthetica* 54(4):542-550.
- Khürt, U., J. Samietz, and S. Dorn. 2006. Effect of plant architecture and hail nets on temperature of codling moth habitats in apple orchard. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 118 (3):245-259.
- Klein, J.D., L. Dong, H.W. Zhou, S. Lurie. 2001. Ripeness of shaded and sun-exposed apples (*Malus domestica*). *Acta Horticulturae* 1:95-98
- Majan, K., and M. Aoun. 2019. The use of nets for tree fruit crops and their impact on the production: A review. *Scientia Horticulturae* 246:110-122.

- Marfán, G., and R. García. 2019. Capítulo 1: Cubiertas Plásticas, Características y aspectos prácticos, pp: 4-16. *In*: Salazar, C., Sellés, G., Marfán G. Cubiertas plásticas en uva de mesa. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA. Boletín INIA N°402. Santiago, Chile.
- Maria, L., and J. Carvalho. 2008. Orchard net covers affect ripening of sweet Cherry varieties in Cova da Beira Region, Portugal. *Acta Horticulturae* 795:577-584.
- Martynenko, A., and Y. Chen. 2016. Degradation kinetics of total anthocyanins and formation of polymeric color in blueberry hydrothermodynamic (HTD) processing. *Journal of Food Engineering* 171:44-51.
- Mattila, P., J. Hellstrom, R. Torronen. 2006. Phenolic acids in berries, fruits, and beverages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 7193-7199.
- Miao, L., Y. Zhang, X. Yang, J. Xiao, H. Zhang, Z. Zhang, Y. Wang, and G. Jiang. 2016. Colored light-quality selective plastic film affect anthocyanin content, enzyme activities, and expresión of flavonoid genes in strawberry (*Fragaria x ananassa*) fruit. *Food Chemistry* 207:93-100.
- Michael, Z., J. Alena, J.A. Ozga, L. Irina Z, J.P. Scherthaner, G. Andreas, S.R. Abrams, J.A. Kennedy, and C. Peter. 2012. Gene expression and metabolite profiling of developing highbush blueberry fruit indicates transcriptional regulation of flavonoid metabolism and activation of abscisic acid metabolism. *Plant Physiology* 158:200-224.
- Moggia, C., O. Peñaloza, J. Torres, S. Romero-Bravo, D. Sepúlveda, R. Jara, S. Vivanco, M. Valdés, M. Zúñiga, R.M. Beaudry, and G. Lobos. 2022. Within-plant variability in blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) II: Is a shorter harvest interval always the ideal strategy to maximize fruit firmness?. *Postharvest Biology and Technology* 186: 111815
- Moggia, C., J. Graell, I. Lara, G. Schmeda-Hirschmann, S. Thomas-Valdés, and G. Lobos. 2016. Fruit characteristics and cuticle triterpenes as related to postharvest quality of highbush blueberries. *Scientia Horticulturae* 211:449-457.
- Moller, M and S. Assouline. 2007. Effects of a shading screen on microclimatic and crop water requirements. *Irrigation Sciences and Engineering* 25:171- 181.
- Neto, C. 2007. Cranberry and blueberry: evidence for protective effects against cancer and vascular diseases. *Molecular Nutrition and Food Research* 51: 652-664.
- Pino, M., E. Díaz, and J. Saavedra. 2018. Protocolos estandarizados para la valorización de frutos nativos del PROCISUR frente a la creciente demanda por ingredients y aditivos especializados (carotenoids, antocianinas y polifenoles). p. 32-38. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Uruguay
- Lin, Y., H. Guohui, Q. Zhang, Y. Wang, V. Dia, and X. Meng. 2020. Ripening affects the physicochemical properties, phytochemical and antioxidant capacities of two blueberry cultivars. *Postharvest Biology and Technology* 162:111097.

- Lin, Y. Y. Wang, B. Li, H. Tan, D. Li, L. Li, X. Liu, J. Han, and X. Meng. 2018. Comparative transcriptome analysis of genes involved in anthocyanin synthesis in blueberry. *Plant Biology and Biochemistry* 127: 561-572.
- Lin-Wang, K., D. Micheletti, J. Pallmer, R. Volz, L. Lozano, R. Espley, R.P. Hellens, D. Chagné, D.D. Rowan, M. Troggio, I. Iglesias, and A.C. Allan. 2011. High temperature reduces apple fruit colour via modulation of the anthocyanin regulatory complex. *Plant Cell Environment* 34: 1176-1190.
- Lee, J., R. Durst, and R.E. Wrolstad. 2002. Impact of juice processing on blueberry anthocyanins and polyphenolics: comparison of two pretreatments. *Journal of Food Science* 67: 1660-1667.
- Lloyd, A., E. Hamacek, A. George, R. Nielsen, and G. Waite. 2005. Evaluation of exclusion netting for insect pest control and fruit quality enhancement on tree crops. *Acta Horticulturae*. 694: 253-258.
- Lobos, G., C. Bravo, M. Valdés, J. Graell, I. Lara Ayala, R. Beaudry, and C. Moggia. 2018. Within-plant variability in blueberry (*Vaccinium corymbosum* L): maturity at harvest and position within the canopy influence fruit firmness at harvest and postharvest. *Postharvest Biology and Technology* 146: 26-35.
- Lobos, G., Retamales, J.F. Hancock, J.A. Flore, S. Romero-Bravo, and A. Del Pozo. Productivity and fruit quality of *vaccinium corymbosum* cv. Elliott under photo-selective shading nets. *Scientia Horticulturae* 153: 143-149.
- Lohachoompol, V., M. Mulholland, G. Szrednicki, and J. Craske. 2008. Determination of anthocyanins in various cultivars of highbush and rabbiteye blueberries. *Food Chemistry* 111:249-254.
- Rajapakse, N.C. and Shahak, Y. 2007. Capítulo 12: Light quality manipulation by horticulture industry. p.290-312. *In*: G. Whitelam and K. Halliday (eds.), *Light and Plant Development*, Blackwell Publishing, UK.
- Ramirez, J., R. Zambrano, B. Sepúlveda, E. Kennelly, and M. Simirgiotis. 2015. Anthocyanins and antioxidant capacities of six chilean berries by HPLC-HR-ESI-ToF-MS. *Food Chemistry* 176:106-114.
- Retamal-Salgado, J., R. Bastías, R. Wilkens, and L. Paulino. 2015. Influence of microclimatic conditions under high tunnels on the physiological and productive responses in blueberry 'O'Neal'. *Chilean Journal of Agricultural Research* 75:291-297.
- Retamales, J., J. Montecino, G. Lobos, and L. Rojas. 2006. Colored shading nets increase in yields and profitability of highbush blueberries. *Acta Horticulturae* 770:193-197.
- Riihinen, K. L., Jaakola, S. Karenlampi, and A. Hohtola. 2008. Organ-specific distribution of phenolic compounds in bilberry (*Vaccinium myrtillus*) and 'northblue' blueberry (*Vaccinium corymbosum* x *V. angustifolium*). *Food Chemistry* 110:156-160.
- Rodarte, A., I. Eichholz, S. Rohn, L. Kroh, and S. Huyskens-Keil. 2008. Phenolic profile and antioxidant activity of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) during fruit maturation and ripening. *Food Chemistry* 109:564-572.

Rodrigues, E., N. Poerner, I. Rockenbach, L. Gonzaga, C. Mendes, and R. Fett. 2010. Phenolic compounds and antioxidant activity of blueberry cultivars grown in Brazil. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 31(4): 911-917.

Rodriguez-Mateos, A., T. Cifuentes, S. Tabatabaee, C. Lecras, and J.P. Spencer. 2012. Procyanidin, anthocyanin, and chlorogenic acid contents of highbush and lowbush blueberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60: 5772-5778.

Routray W., and V. Orsat. 2011. Blueberries and their anthocyanins: factors affecting biosynthesis and properties. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 10: 303–320.

Saavedra, J., A. Córdoba, R. Navarro, P. Díaz, C. Fuentealba, C. Astudillo, L. Toledo, J. Enrione, and L. Gálvez. 2017. Industrial avocado waste: functional compounds preservation by convective drying process. *Journal of Food Engineering* 198(12): 81-90.

Salazar, C., G. Sellés, B. Defilippi, C. Montano, A. Vergara, V. García, and G. Marfán. 2019. Capítulo Efectos de las cubiertas plásticas sobre variables microclimáticas, pp18-36. *In: Salazar, C., Sellés, G., Marfán G Cubiertas plásticas en uva de mesa. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA. Boletín INIA N°402, Santiago, Chile.*

Selahle, M.K., D. Sivakumar, and P. Soundy. 2014. Effect of photo-selective nettings on post-harvest quality and bioactive compounds in selected tomato cultivars. *Journal of Food and Agricultural Science* 94:2187–2195.

Shahak, Y., 2008. Photosensitive netting for improved performance of horticultural crops: a review of ornamental and vegetable studies carried in Israel. *Acta Horticulturae* 770:161–168.

Sivakumar, D., and J. Jifon. 2018. Chapter 5: Influence of photosensitive shade nettings on postharvest quality of vegetables, pp: 121-138 *In: Wasim, M. Preharvest modulation of postharvest fruit and vegetable quality. Academic Press, London, United Kingdom.*

Solomakhin, A., and M. Blanke. 2010. Can coloured hailnets improve taste (sugar, sugar:acid ratio), consumer appeal (colouration) and nutritional value (anthocyanin, vitamin C) of apple fruit?. *LWT* 43:1277-1284.

Solomon, C., K. Madani, A. Thi Phan, M. Makgose, H. Fotouo, P. Soundy, Y. Sultanbawa, and D. Sivakumar. 2019. Cultivar-specific responses in red sweet peppers grown under shade nets and controlled-temperature plastic tunnel environment on antioxidant constituents at harvest. *Food Chemistry* 275: 85-94.

Stamps, R. 2009. Use of colored shade netting in horticulture. *HortScience* 44(2):239-241.

Takos, M.A., P.S. Robinson, and R.A. Walker. 2006. Transcriptional regulation of the flavonoid pathway in the skin of dark-grown ‘Cripps’ Red’ apples in response to sunlight. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 81 (4).

Taruscio, T.G., D. Barney, and J. Exon. 2004. Content and profile of flavonoid and phenolic acid compounds in conjunction with the antioxidant capacity for a variety of northwest *Vaccinium* berries. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 52:2118-2124

- Thaipong, K., U. Boonprakob, K. Crosby, L. Cisneros, and D. Hawking. 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis* 19(10): 669-675.
- Treder, W., A. Mika, Z. Buler, and K. Klamkowsky. 2016. Effects of hail nets on orchard light microclimate, apple tree growth, fruiting and fruit quality. *Acta Scientia Pol-Hortorum Cultus* 16(3): 17-27.
- Ubi, BE, C. Honda, H. Bessho, S. Kondo, M. Wada, and S. Kobayashi. 2006. Expression analysis of anthocyanin biosynthetic genes in apple skin: effect of UV-B and temperature. *Plant Science* 170:571–578.
- Ulloa, P., M. Maia, and A. Brigas. 2015. Physicochemical parameters and bioactive compounds of strawberry tree (*Arbutus unedo L.*) Honey. *Journal of Chimestry* 602732:1-9.
- Wachsmann, Y., N. Zur, Y. Shahak, K. Ratner, Y. Giler, L. Schlizerman, and B. Giladi. 2012. Photosensitive anti-hail netting for improved citrus productivity and quality. *Acta Horticulturae* 1015:169-176.
- Wang, L.J., J. Wu, H.X. Wang, S.S. Li, X.C. Zheng, H. Du, Y.J. Xu, and L.S. Wang. 2015. Composition of phenolic compounds and antioxidant activity in the leaves of blueberry cultivars. *Journal of Functional Foods* 16:295-304.
- Wang, L., C. Chen, and S. Wang. 2009. Changes of flavonoid content and antioxidant capacity in blueberries after illumination with UV-C. *Food Chemistry* 117: 426-431.
- Wang, H., X. Guo, X. Hu, T. Li, X. Fu, and R. Hai Liu. 2017. Comparison of phytochemical profiles, antioxidant activities of different varieties of blueberry (*Vaccinium spp.*). *Food Chemistry* 217:773-781.
- Wang, S., C. Chen, W. Sciarappa, C. Wang, and M. Camp. 2008. Fruit quality, antioxidant capacity and flavonoid content of organically and conventionally grown blueberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 5788-5794.
- Wallberg, B. and K. X. Sagredo. 2014. Vegetative and reproductive development of Lapins sweet cherry trees under rain protective covering. *Acta Horticulture* 1058: 411-418.
- Widmer, A. 2000. Light intensity and fruit quality under hail protection nets. *Acta Horticulturae* 557: 421-426.
- Vukovic, M., M. Brkljaca, J. Rumora, M. Fruk, M. Jatoi, and T. Jemric. 2017. Vegetative and reproductive traits of young peaches and nectarines grown under red photo-selective net. *Agriculturae Conspectus Scientificus* 81(3): 181-185.
- Yousef, G.G., A.F. Brown, Y. Funakoshi, F. Mbeunkui, M.H. Grace, and J.R. Ballington. 2013. Efficient quantification of the health-relevant anthocyanin and phenolic acid profiles in commercial cultivars and breeding selections of blueberries (*Vaccinium spp.*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61: 4806-4815

Yunting, Z., W. Hu, X. Peng, B. Sun, X. Wang, and H. Tang. 2018. Characterization of anthocyanin and proanthocyanidin biosynthesis in two strawberry genotypes during fruit development in response to different light qualities. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 186: 225-231

Xu, F., S. Cao, L. Shi, W. Chen, X. Su, and Z. Yang. 2014. Blue light irradiation affects anthocyanin content and enzyme activities involved in postharvest strawberry fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 62(20): 4778-4783.

Zhou, L., X. Minhao, F. Yang, and J. Liu. 2020. Antioxidant activity of high purity blueberry anthocyanins and effects on human intestinal microbiota. *LWT* 117:108621.

Zoratti L, K. Karppinen, A.L. Escobar, H. Häggman, and L. Jaakola. 2014. Light-controlled flavonoid biosynthesis in fruits. *Frontiers in Plant Science* 2014: 5-16.

Citas Electrónicas

Comité de Arándanos. 2020. Reporte de Cosechas y exportaciones 2020 de iQconsulting. Santiago, Chile. Disponible en <https://cbbc.iqconsulting.com/index.php?lang=es> (Consultado en mayo de 2020).

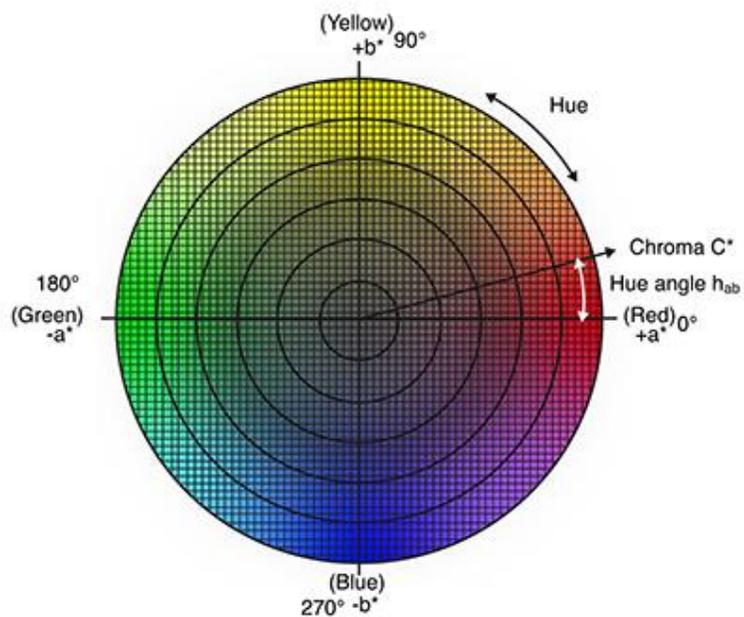
Comité de Arándanos. 2016. Técnicas de manejo de cosecha y postcosecha en arándanos, Santiago, Chile. Disponible en https://drive.google.com/file/d/1oY-sVS6z_NN3YK-JjEEibIS5ZII6kNVM/view (Consultado en mayo de 2020)

ANEXO

FIGURA 1. Escala de evaluación de Deshidratación Visual, indica los niveles de escala hedónica de deshidratación de arándanos. Fuente: Laboratorio de Calidad de Postcosecha, Instituto de Investigaciones Agropecuarias



FIGURA 2. Espacio de color *Comission Internationale d'Eclairage* CIE L*C*h*, indica correspondencia de color con ángulo Hue y las coordenadas a y b. Fuente: Konika Minolta Sensing



APÉNDICE

Cuadro 1. Valores promedio y desviación estándar de capacidad antioxidante por métodos ABTS, DPPH y FRAP. Letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos para cada momento de evaluación. Se utilizó comparación de medias LSD Fisher.

Momento	Tratamiento	Capacidad Antioxidante ($\mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$)		
		ABTS	DPPH	FRAP
Cosecha	Testigo	3.095,0 \pm 182,0 a	1.089,4 \pm 15,2	2.531,0 \pm 240,9
	Malla	2.496,7 \pm 140,4 b	1.075,0 \pm 47,5	2.572,2 \pm 114,2
	Plástico	2.274,4 \pm 170,1 b	1.006,3 \pm 32,3	2.254,4 \pm 205,3
	Rafia	1.863,9 \pm 156,6 c	1.070,7 \pm 139,1	2.069,8 \pm 274,4
30 días de almacenaje	Testigo	3.340,6 \pm 113,4	1.331,1 \pm 26,2	2.322,5 \pm 249,2
	Malla	2.319,9 \pm 589,4	1.074,2 \pm 153,1	1.976,1 \pm 246,7
	Plástico	2.193,9 \pm 141,6	1.111,7 \pm 145,8	1.965,5 \pm 354,6
	Rafia	2.523,4 \pm 66,7	1.171,9 \pm 24,9	2.536,9 \pm 109,6
Shelf Life	Testigo	3.656,2 \pm 152,6 a	1.377,6 \pm 57,5	2.694,6 \pm 432,6 a
	Malla	2.859,3 \pm 218,5 b	1.229,2 \pm 142,7	2.289,8 \pm 635,6 ab
	Plástico	2.548,3 \pm 178,8 b	1.237,8 \pm 107,3	2.420,0 \pm 309,7 a
	Rafia	1.931,1 \pm 215,9 b	1.116,1 \pm 100,1	1.912,1 \pm 278,6 b

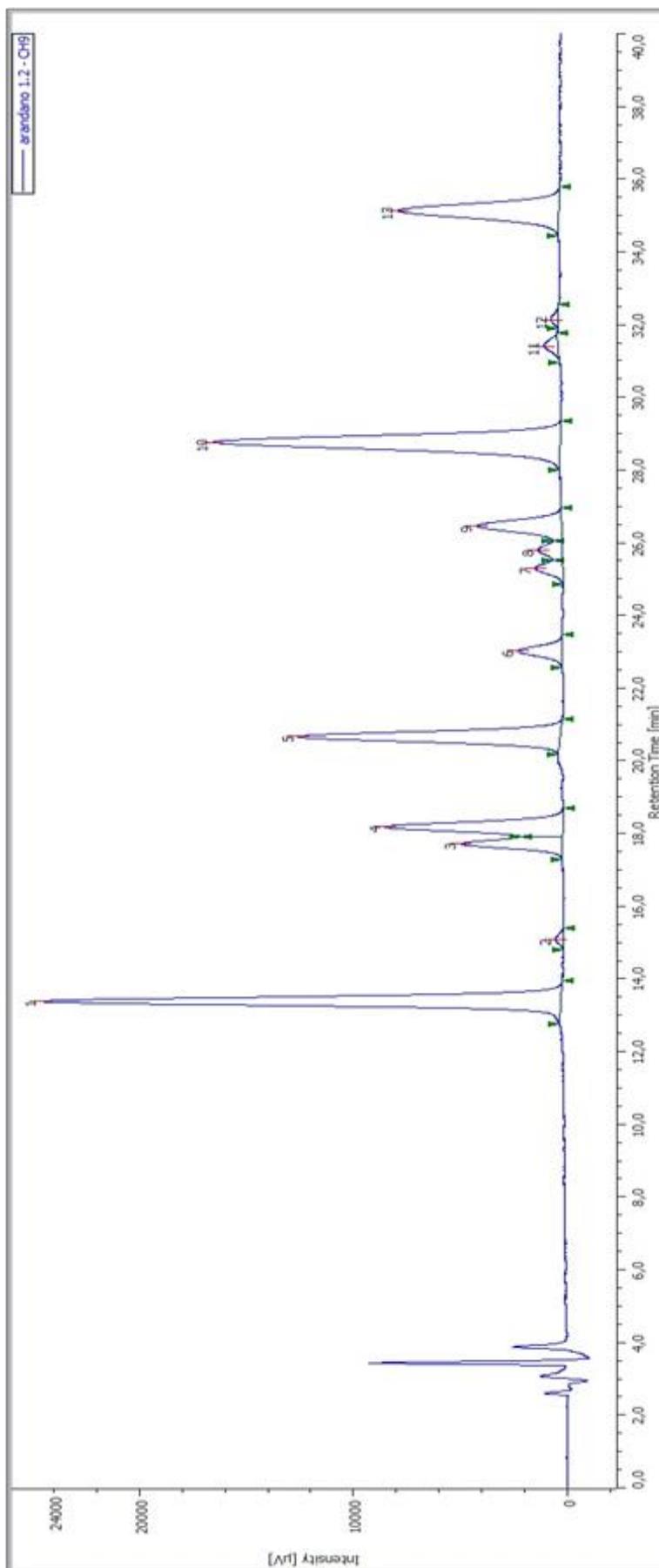
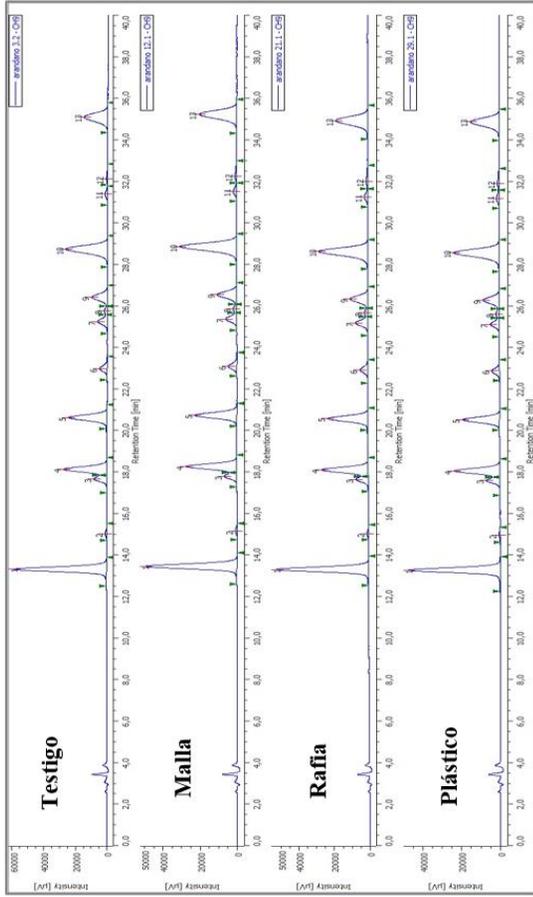


FIGURA 1. Perfil de antocianinas, con identificación de 5 *peaks* (P):
P1: Delfinidina-3-galactósido,
P2: Delfinidina-3-glucósido,
P6: Petunidina-3-glu + Peonidina-3-arab,
P10: Peonidina-3-glucósido,
P11: Malvidina-3-glucósido.

A. Cosecha



B. Salida de frío

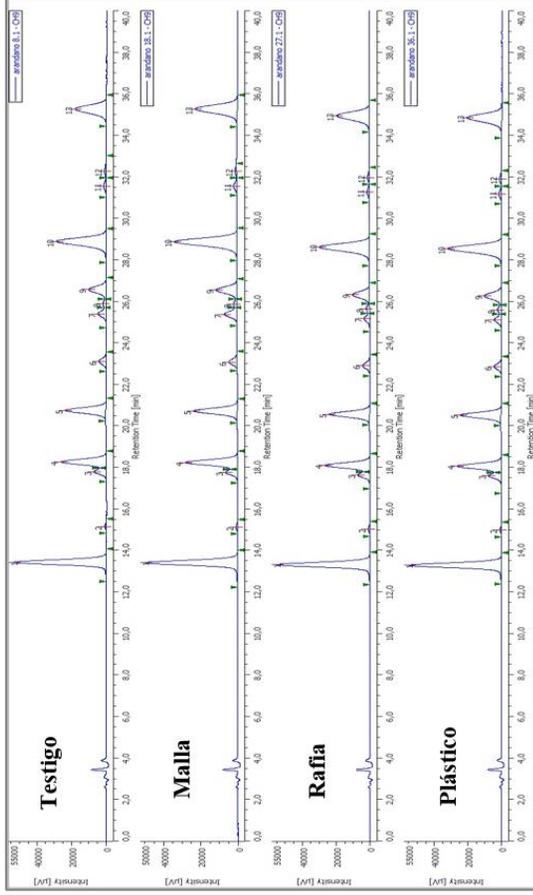


FIGURA 2. Perfil de antocianinas en los cuatro tratamientos de cobertura. Se indican todos los *peaks* encontrados para cosecha (A) y posterior a 30 días de almacenaje (B)