

Capítulo 3

Uso de cobertura y su efecto en postcosecha

Abel González G.

Ingeniero Agrónomo, M.Sc.

Iverly Romero M.

Ingeniera Agrónoma, M.Sc.

Edgard Álvarez R.

Ingeniero Agrónomo, M.Sc.

Gabriel Neumann L.

Ingeniero Agrónomo

Bruno Defilippi B.

Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

La actual condición productiva con incrementos de temperatura en periodos críticos, mayor demanda hídrica, disminución de las precipitaciones y en especial el aumento de la frecuencia y magnitud de eventos climáticos extremos como lluvias torrenciales, heladas, granizos y exceso de radiación, hacen del uso de coberturas una tecnología de alto interés como sistema de protección de cultivo contra el riesgo climático y, con ello, asegurar que el productor evite pérdidas de rendimiento, de calidad y condición de fruta. Esta herramienta es cada vez más utilizada en la producción de frutales tales como uvas, cerezas, manzanos y arándanos. Esto no significa que en todos los casos el objetivo de su uso sea el mismo.

En cerezos, por ejemplo, estos se han transformado en una excelente opción para evitar el daño por partidura o cracking de la fruta frente a la presencia de lluvias. Por otra parte, estas estructuras pueden adelantar algunas semanas la cosecha. Sin embargo, no siempre este objetivo se logra concretar.

El uso de las coberturas en arándano tiene como principal objetivo ejercer protección frente a la lluvia, granizo y heladas. En este sentido la producción de arándano presenta limitaciones durante la etapa productiva, donde muchas de ellas se expresan sólo en la calidad y condición de la fruta que llega a destino. Dentro de éstas, las precipitaciones en floración y en período cosecha son las causas de mayores pérdidas de productividad y condición de fruta en destino, especialmente

para la zona sur de Chile. Al respecto, precipitaciones mayores a 60 mm en pleno estado de floración ocasionan fuertes caídas en el número de yemas cuajadas, con disminución de rendimiento del orden de un 20% - 40%, en comparación a un año normal. Ahora esta vulnerabilidad depende en gran medida de la variedad y de la extensión del periodo de floración, así en variedades con floración más acotada, ante un evento climático las pérdidas de flores pueden ser importantes.

En el verano en zonas como La Araucanía o Los Lagos, existen probabilidades altas de precipitación. Así, dependiendo del número e intensidad de las precipitaciones, ha sido posible evaluar que hasta un 40% del total de la fruta de un huerto es destinado a IQF (*Individual Quick Freezing*) luego de 4 eventos mayores a 10 mm de precipitación.

Otro aspecto negativo atribuible a las precipitaciones en verano es la influencia de éstas en la frecuencia de cosecha. Al producirse un evento de lluvia las labores de cosecha deben detenerse hasta que la fruta sea secada por el sol, produciéndose colateralmente sobre madurez y ablandamiento de los frutos cosechados en un verano lluvioso. Sumado a lo anterior, la fruta embalada para fresco en años con altas precipitaciones en cosecha presenta problemas de condición en destino expresados principalmente en la presencia del micelio y pudrición ocasionado por *Botrytis cinerea*, ablandamiento y deshidratación. La interacción de todos los eventos mencionados sin dudas influye y limitan la obtención de una fruta con buena calidad en destino, y no existe tecnología de postcosecha que pueda solucionar un problema generado durante la precosecha.

3.1 Coberturas plásticas

En el mercado hay diferentes alternativas cuyas propiedades mecánicas varían entre sí y actualmente son tres las comúnmente usadas: plásticos, rafia y malla. Los laminados o rafias corresponden a una trama de tejido con hebras en los dos sentidos muy similar a los textiles. Estos plásticos están generalmente hechos de polietileno de alta densidad (HDPE) con una o dos capas o láminas (*coating*) de polietileno de baja densidad (LDPE) que le confiere protección y aumenta su condición de impermeabilidad, donde esta cobertura tiene por objetivo la protección climática. Además, tienen gran resistencia mecánica lo que le otorga una larga vida útil. Por otro lado, en plástico, lo más usado es el film de LDPE, con espesores que van desde 70 a 150 micras (μm), que permiten el paso de la

luz sobre un 85%. También cumple con el efecto de protección climática, con modificación de la temperatura y la humedad relativa (Marfán & García, 2018). No obstante, se rasgan con mayor facilidad y duran menos temporadas. Por último, las mallas, consisten en un tramado o tejido de hilos de polietileno (PE). Lo más recurrente en el mercado son mallas de monofilamento cilíndrico de polietileno de alta densidad, que otorgan un cierto porcentaje de sombra. Estas no protegen por completo de las lluvias, pero sí de los granizos y su uso más común va dirigido al sombreado y la selectividad del espectro lumínico (**Figura 3.1**).



Figura 3.1. Tipos de coberturas de protección utilizadas en arándanos.

3.2 Modificación de parámetros ambientales

Si los eventos climáticos anteriormente mencionados son recurrentes en un huerto, antes de considerar las coberturas se debe tener muy claro que sucede bajo éstas, ya que los cambios en el microclima bajo cada uno de estos materiales condicionan los manejos agronómicos. Así, el uso de cubiertas afecta las variables agroclimáticas, disminuyendo la disponibilidad de luz, incrementando la temperatura y humedad relativa del aire (Singh *et al*, 2012, Cowan *et al*, 2014). Dichos cambios sin duda tienen efectos sobre la fisiología de las plantas, la productividad del cultivo y condición de fruta en destino.

Un estudio realizado por el equipo de INIA Carillanca comparó dos tipos de films impermeables; LDPE y rafia en estructuras tipo capilla en un huerto de arándano en la comuna de Freire, Región de La Araucanía. En este ensayo se instalaron estaciones meteorológicas para realizar un seguimiento de las condiciones climáticas en ambas coberturas.

3.2.1 Radiación neta

Los resultados en radiación solar ($W m^{-2}$) medida sobre la superficie mostraron una disminución bajo las cubiertas, respecto a la condición al aire libre (control), y estas coberturas no lograron diferenciarse notoriamente entre sí (**Figura 3.2**). En este sentido si se compara la transmisión de radiación solar (paso de la radiación por el material), las coberturas en octubre alcanzaron una disminución de un 50% en promedio con respecto al control, mientras que en diciembre esta disminución en la transmisión fue de un 36% en promedio.

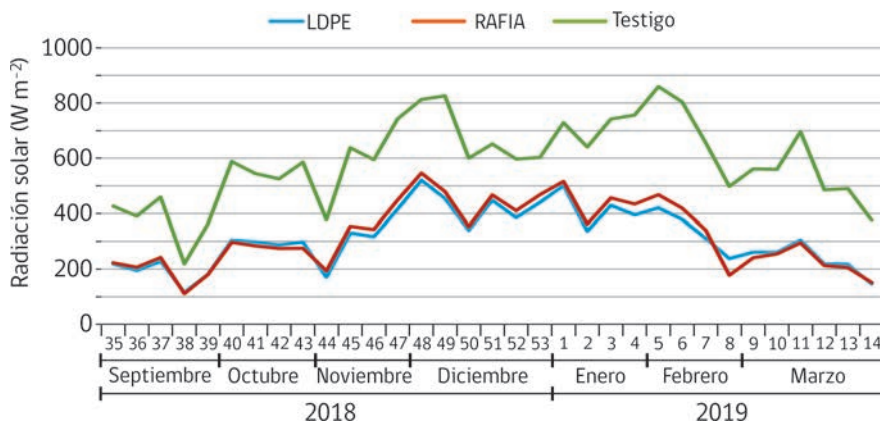


Figura 3.2. Radiación global ($W m^{-2}$) sobre la superficie por semanas en huerto de Freire, Región de La Araucanía, Temporada 2018-2019.

Los resultados de estas transmisiones en coberturas y los encontrados en literatura son variados. Bastías & Leyton (2018) describen que en un día soleado encontraron una disminución en promedio de un 58% la cantidad de luz fotosintética transmitida cuando compararon rafia y plástico con un control. Esto varió en un día nublado, en donde esta disminución en la cantidad de luz fotosintética fue de sólo un 36%.

La evolución diaria de la radiación solar global para una semana de diciembre se presenta en la **Figura 3.3**, donde se evidencia nuevamente que las coberturas disminuyen la intensidad de la radiación solar. Esta disminución dependerá de las características del material usado, ya que un mismo material denominado “plástico” podrá tener distinto espesor, componentes químicos, entre otros.

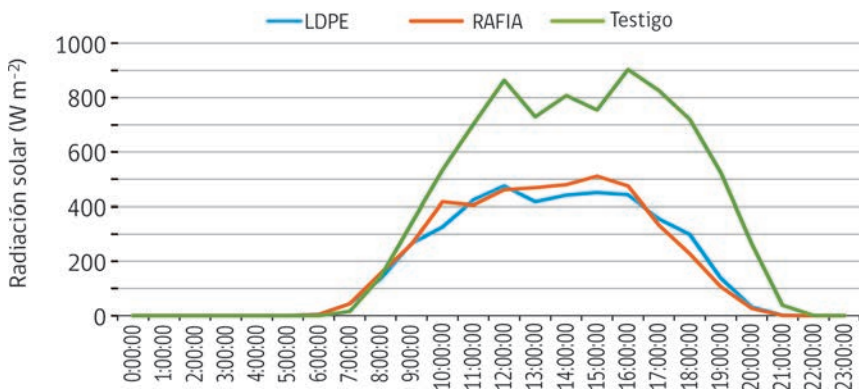


Figura 3.3. Variación diaria de la radiación solar global ($W m^{-2}$) sin cubierta y bajo cubierta en la semana 50 de la temporada 2018-2019, comuna de Freire, Región de La Araucanía.

3.2.2. Temperatura ambiente

El uso de coberturas aumentó la temperatura máxima registrada del aire respecto al testigo sin cobertura (**Figura 3.4**). Los aumentos bajo cobertura se hacen más evidentes hacia el verano, pasando de aumentos de $1,4^{\circ}C$ en promedio en el mes de noviembre a $2,4^{\circ}C$ por sobre el control en el mes de febrero. Estas temperaturas máximas se observaron principalmente durante las horas de la tarde, entre las 15:00 y las 18:00 horas. Respecto a las temperaturas mínimas, no se observaron diferencias notorias entre el uso y no uso de coberturas.

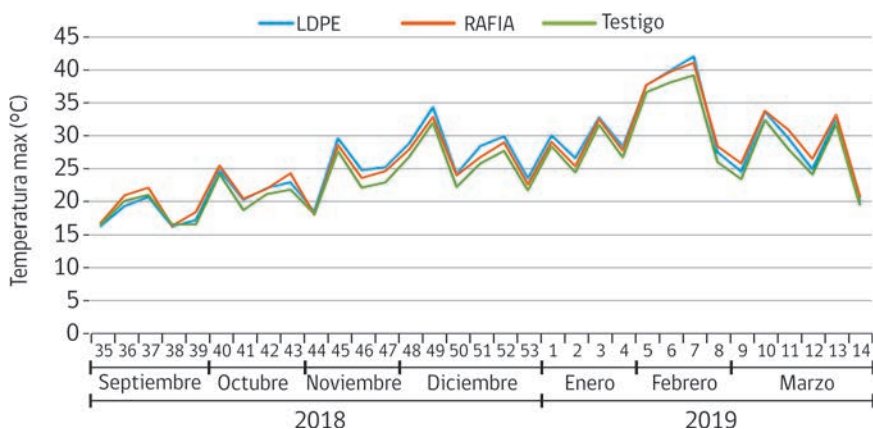


Figura 3.4. Temperatura máxima del aire ($^{\circ}C$) bajo coberturas y al aire libre. Temporada 2018-2019, comuna de Freire, Región de La Araucanía.

Un aspecto importante a considerar, y quizás más importante que el registro de las temperaturas máximas, son las horas entre una determinada temperatura donde el arándano es fotosintéticamente activo. En relación a lo anterior, en octubre y noviembre el recuento de horas entre 18 y 28 °C fue superior bajo coberturas (**Figura 3.5**). Las temperaturas por sobre 28 °C se observaron desde noviembre 2018 a marzo 2019, donde en todos los meses evaluados, las coberturas presentaron más horas por sobre este umbral.

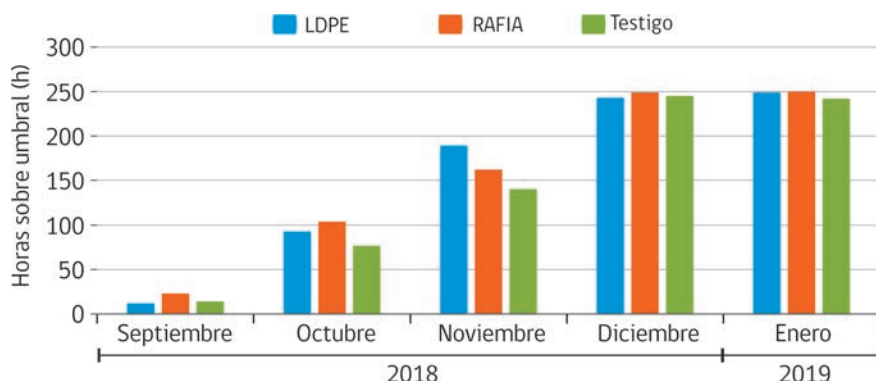


Figura 3.5. Horas mensuales de temperatura entre 18 y 28 °C bajo coberturas y al aire libre. Temporada 2018-2019, comuna de Freire, Región de La Araucanía.

3.2.3 Viento

El viento podría influir en el crecimiento de las plantas, por lo cual analizar los resultados de este parámetro podría ser interesante. Desde septiembre en adelante no se observaron diferencias notorias entre el uso de coberturas y al aire libre, no así desde enero hasta marzo (**Figura 3.6**). En este periodo el tratamiento al aire libre mostró una velocidad de viento significativamente más alta que los tratamientos con coberturas. Este efecto errático en el periodo evaluado, podría estar en relación a la dirección del viento y la orientación de las cubiertas en los distintos meses evaluados (Salazar *et al.* 2019). Con respecto a la variación diaria, entre las 11 y 18 horas la velocidad del viento al aire libre es mayor (**Figura 3.7**).

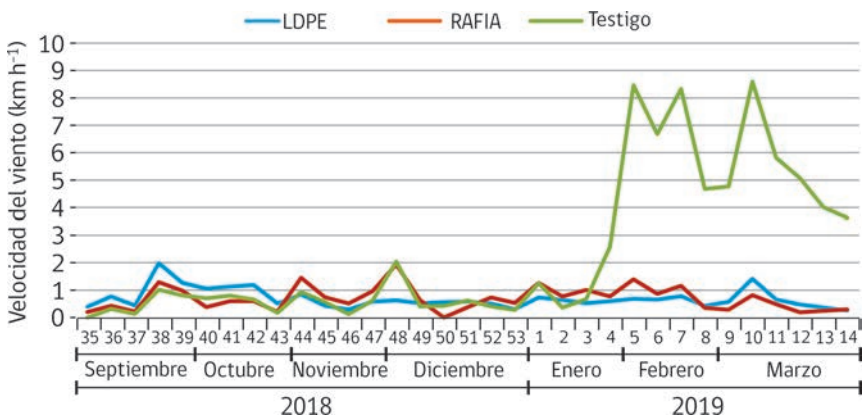


Figura 3.6. Velocidad del viento por semanas (km h^{-1}) bajo coberturas y al aire libre. Temporada 2018-2019, comuna de Freire, Región de La Araucanía.

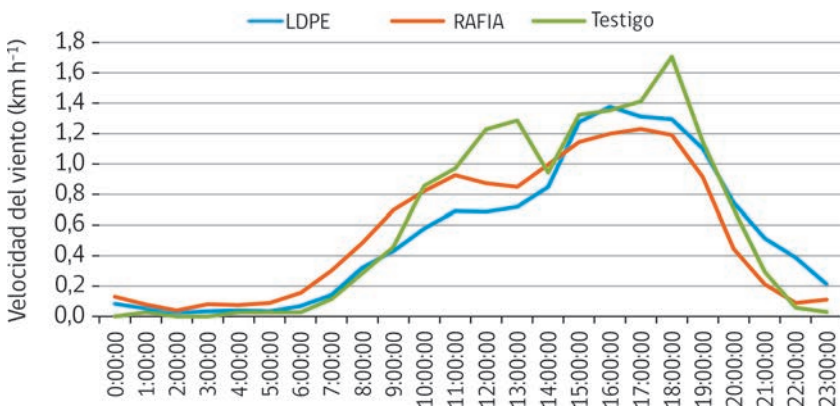


Figura 3.7. Variación de la velocidad del viento diaria (km h^{-1}) bajo coberturas y al aire libre en diciembre. Temporada 2018-2019, comuna de Freire, Región de La Araucanía.

3.2.4 Humedad relativa

La humedad relativa (HR) es la concentración de vapor de agua del aire en relación con la concentración de vapor de agua máxima que puede contener el aire” (Salazar *et al.* 2019). Durante las determinaciones a mediodía (11:00 y 15:00 h) de la temporada 2018-2019 las menores humedades relativas se observaron en el tratamiento al aire libre (**Figura 3.8**). Por otro lado, la menor humedad relativa coincide con las evaluaciones donde se registra la mayor temperatura.

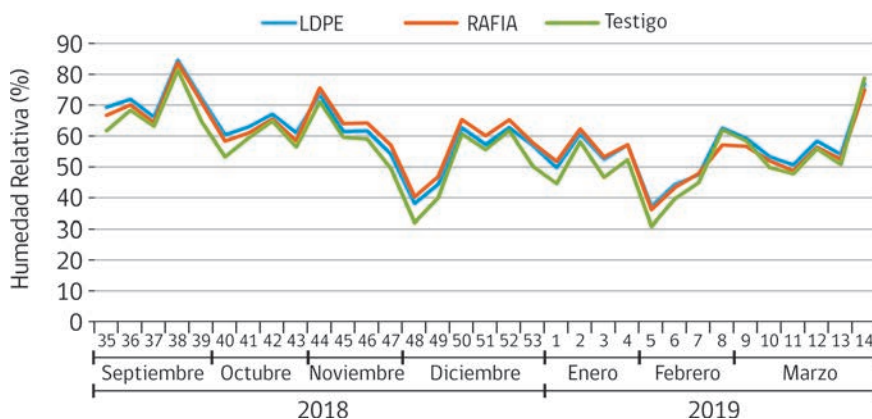


Figura 3.8. Humedad relativa (%) al medio día en temporada 2018–2019 en comuna de Freire, Región de La Araucanía

Respecto a la evolución diaria en enero de 2019, desde las 00:00 hasta las 9:00 horas el tratamiento testigo presentó una mayor humedad relativa, superando en un 4,4% en promedio a los tratamientos con cobertura. Contrario a esto, entre 12 y 22 horas los tratamientos bajo cobertura superaron al control con un 7,1% en promedio.

3.2.5 Evapotranspiración de referencia

Este parámetro indica los milímetros de agua perdidos diariamente, en conjunto, por la evaporación del suelo y por la transpiración de los vegetales en condiciones ideales. Para evaluar este parámetro, los factores ambientales, tales como la radiación solar, el viento, la temperatura y la humedad relativa del aire son considerados. Estos determinan la demanda atmosférica por agua, lo que se expresa a través de la evapotranspiración de referencia (ETo).

En la temporada 2017 y 2018 desde noviembre fue posible observar una menor ETo bajo coberturas y esta diferencia muestra un incremento mientras avanza la temporada (**Figura 3.9**). Así, en condiciones con coberturas, bajo las condiciones descritas, el incremento de la temperatura, no es lo suficiente alto como para contrarrestar la fuerte caída de radiación, viento y el aumento en humedad relativa, lo cual podría provocar una disminución de la demanda de agua del cultivo del arándano (ETo). Similares resultados fueron obtenidos en uva de mesa, por equipo de INIA en conjunto con equipo de la exportadora Subsole. Dr. Selles, a cargo de esta investigación, señala que dicha disminución significa que el cultivo

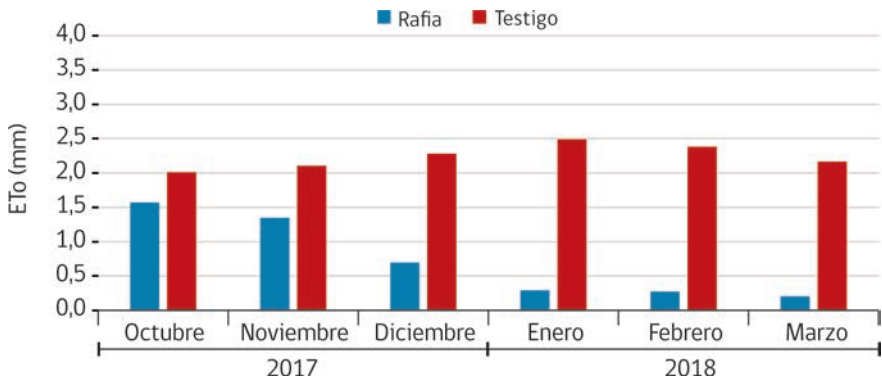


Figura 3.9. Evapotranspiración de referencia (ETo) en la temporada 2017-2018 en comuna de Freire, Región de La Araucanía.

que está bajo plástico consumiría menos agua, pero es algo que aún se encuentra en fase de estudio, dado que bajo condiciones protegidas se produce un avance más rápido en el desarrollo vegetativo de las plantas. Por ejemplo, en una misma fecha, bajo plástico habrá una mayor área foliar y un mayor sombreado, que, al aire libre, lo que está estrechamente relacionado con el coeficiente de cultivo y con el consumo real de agua de la planta.

3.3 Fisiología de la planta bajo cobertura

El efecto de las coberturas sobre la radiación global tiene un impacto sobre la radiación solar que impulsa la fotosíntesis, esta se denomina Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR). Esta se define como la radiación comprendida en el intervalo de 400 a 700 nm y se puede expresar como Flujo de Fotones Fotosintéticos (PPF) en $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Esta radiación es absorbida por las plantas, almacenada y transformada a través de sus sistemas fotosintéticos para el crecimiento y desarrollo de las mismas (Durán *et al.*, 2015).

En un huerto de arándanos en Linares, Región del Maule, a través de un radiómetro se midió la densidad de flujo de fotones fotosintéticos en $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ bajo cada distintos tipos de coberturas (Rafia, LDPE, Malla). Para diciembre al aire libre a las 14:00 h el instrumento registró en promedio $1920 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Todas las coberturas mostraron sombreado, reduciendo el PAR interceptado, no obstante, el tratamiento bajo rafia mostró sólo $514,9 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ en promedio,

siendo el único tratamiento que obtuvo menos de $1.000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de radiación durante la época de crecimiento y maduración de frutos.

De acuerdo a las curvas de respuesta a la luz en arándanos Liberty and Duke a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ generadas por Petridis *et al.* (2018), la tasa de asimilación de carbono (A) aumentó con el incremento de la irradiación lumínica, pero se saturó con una intensidad de luz relativamente baja ($400\text{-}500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PFD). Por lo cual luego de $500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de PFD se sigue realizando fotosíntesis, pero disipando la energía excesiva que entra al sistema.

Los excesos de luz pueden generar estrés en la planta reduciendo su fotosíntesis, proceso conocido como la fotoinhibición. Por lo tanto, en algunos casos las reducciones de radiación PAR pueden ser favorables. En el caso del arándano (*V. corymbosum*), el hábitat natural de esta especie se caracteriza por condiciones de luz moderada, lo cual algunas reducciones pueden no afectar su desempeño fotosintético. Eso sí, cuando el uso de una cobertura determinada da un gran porcentaje de sombreadamiento, esta puede ser un factor limitante al disminuir esta tasa fotosintética.

La pérdida de agua hacia la atmósfera ocurre en gran medida a través de los estomas que se encuentran en la superficie de las hojas. Estas estructuras con forma de riñón están formadas por dos células oclusivas que dependiendo sus turgencias (entrada de agua) se abren o se cierran. En este aspecto el parámetro conductancia estomática (gs) generalmente medida en $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, condiciona el flujo molar neto de dióxido de carbono (CO_2) que entra o vapor de agua que sale de la planta.

Según Raschke (1979), los estomas son los encargados de proveer la comida y de evitar la sed, por tanto el equilibrio entre la pérdida de agua y la obtención de CO_2 para fotosíntesis es de vital importancia para las plantas. Debido a ello, los estomas están fuertemente controlados por factores ambientales. Según Ball & Berry (1988), existe una ecuación (1) que agrupa los factores que determinan la conductancia o apertura estomática:

$$gs = m (A HR) / Ci + b \quad (1)$$

gs = Conductancia estomática $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (apertura)

A = Fotosíntesis neta

HR = Humedad relativa del aire

Ci = Concentración de CO_2 intercelular.

Los parámetros "m" y "b" son constantes específicas para cada especie.

Como se observa en la ecuación anterior, la humedad relativa en conjunto con la temperatura, juegan un rol importante en la conductancia estomática (gs) de la hoja y de esta forma afecta la transpiración (salida de vapor de H₂O) y la fotosíntesis (entrada CO₂), lo cual, al modificar los parámetros ambientales bajo coberturas, estos podrían influir aumentando o disminuyendo la tasa fotosintética dependiendo del tipo de cobertura que se use, puesto que si se observa un aumento de temperatura y una disminución de la humedad relativa, estos generalmente promueven un cierre estomático de la hoja en distintas especies de árboles frutales (Jones & Lakso, 1995).

3.4 Calidad de la fruta en cosecha y postcosecha

3.4.1 Fecha de cosecha y rendimiento

La temperatura es una de las principales fuerzas impulsoras para el crecimiento y el desarrollo de una planta, por lo que la suma térmica influencia fuertemente el avance fenológico de un cultivo, pudiendo ser esto más relevante que la luminosidad en el control de la fenología. En el marco del proyecto PTEC para el manejo de postcosecha de nuevas variedades de arándanos para la zona sur, se propuso evaluar diferentes coberturas y su efecto en la calidad de la fruta y la postcosecha. Para ello se establecieron dos ensayos, uno en Linares y otro en Traiguén en la zona sur. Las variedades evaluadas fueron Top Shelf, Blue Ribbon, Legacy y Brigitta, las cuales se evaluaron en cosecha, luego de almacenamiento a 30 días en frío y en *shelf-life* (simulación en anaquel).

En Linares, al evaluar el porcentaje de frutos azules en la temporada 2020-21, los tratamientos LDPE y rafia presentaron mayor proporción de frutos azules que el tratamiento control al aire libre y la malla. Este porcentaje obligó a cosechar 7 días antes que los últimos tratamientos mencionados (**Cuadro 3.1**). En esta misma temporada en el huerto de Traiguén en la contraparte comercial Brigitta, la fruta cultivada bajo LDPE y rafia fue cosechada 6 días antes que malla y el tratamiento control. En la temporada 2021-22 en la comuna de Traiguén no se observaron adelantos ni retrasos en las cosechas.

Los resultados en otras investigaciones en el adelantamiento de cosecha en comparación a nuestros resultados son controversiales. Hicklenton *et al.* (2003) cultivando bajo túnel plástico alcanzó una temperatura 4 °C mayor que el tratamiento testigo, observando un adelanto de cosecha, mientras que Lobos *et al.* (2013) al analizar 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

Cuadro 3.1. Porcentaje de frutos azules con respecto al total de frutos presentes en planta, observados durante peak de cosecha comercial de Legacy para tratamientos de cobertura en la zona de Linares, Región del Maule.

Tratamiento	Frutos azules (%)	
	15 de diciembre	22 de diciembre
Testigo	10,5	44,4
Malla	12,2	46,6
LDPE	47,8	Cosechado
Rafia	54,2	Cosechado

al testigo, no indicando aumentos de temperaturas bajo ellas. Estos resultados dan luces que el efecto de la temperatura sobre el adelantamiento de cosecha tiene gran influencia, ya que, en la zona sur del país las coberturas no alcanzan a aumentar la temperatura sobre 4 °C como en otros reportes, lo cual no provocaría este adelantamiento en la cosecha. Entonces para promover adelantamiento se debe estudiar y seleccionar un material que permita la acumulación de calor.

Al observar los resultados de rendimiento en un huerto de Legacy en la localidad Freire, en la temporada 2018-19, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados (3,26 kg planta⁻¹ en promedio). Sí fue posible observar que el incremento de horas entre 18 y 28 °C en octubre y noviembre en las coberturas (rafia y LDPE) modificó la curva de distribución de la producción en arándanos (**Figura 3.10**).

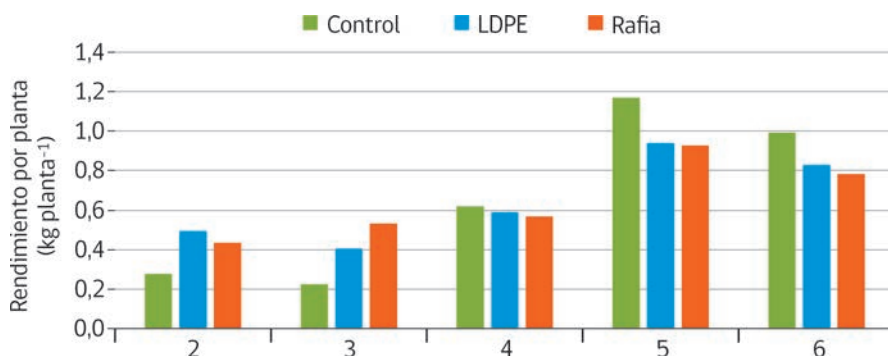


Figura 3.10. Rendimiento por cosechas (kg planta⁻¹) bajo coberturas y al aire libre en el mes de diciembre. Temporada 2018-2019, comuna de Freire, Región de La Araucanía.

Como se observa en la **Figura 3.11**, las cubiertas aumentaron la disponibilidad de fruta en las primeras cosechas de arándanos. En la condición desprotegida se cosechó un 50% menos de fruta respecto a rafia y LDPE, durante la cosecha 3. Cabe señalar que todos los tratamientos fueron cosechados en forma simultánea y bajo un régimen de frecuencia fija, que no sobrepasó un periodo de siete días.

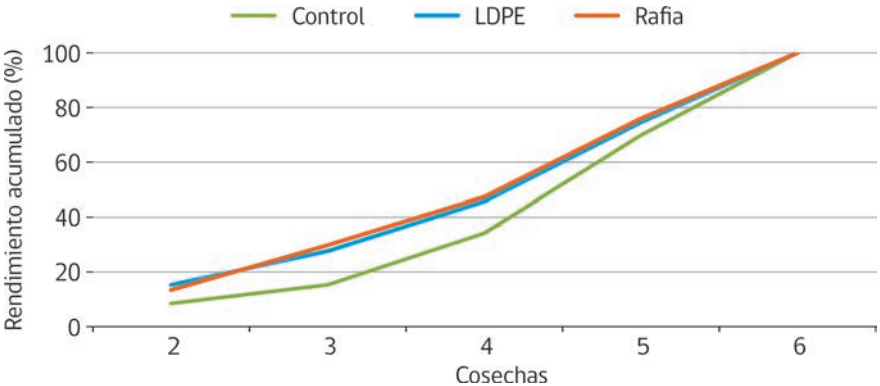


Figura 3.11. Rendimiento acumulado por cosechas (%) bajo coberturas y al aire libre en el mes de diciembre. Temporada 2018-2019, comuna de Freire, Región de La Araucanía.

3.4.2 Firmeza de fruta

Está reportado que el uso de algunas coberturas, en particular las que aumentan la temperatura en el cultivo, como las rafias y plásticos, pueden producir ablandamiento en los frutos (Wallberg & Sagredo, 2012; Bustamante *et al.*, 2021). En arándanos cultivados con uso de coberturas del proyecto PTEC CORFO 66641 “*Manejos de cosecha y postcosecha de nuevas variedades de arándanos en la zona sur de Chile*”, se observó que uno de los principales efectos de este ablandamiento se relaciona con el adelanto de cosecha que ocurre en coberturas con mayor acumulación de calor. Cuando los tratamientos con coberturas de rafia y plástico fueron cosechados en la misma fecha que arándanos sin cobertura o con malla sombreadora, los primeros tuvieron una distribución de firmeza más tendiente a frutos blandos, con valores menores a $140 \text{ g}_f \text{ mm}^{-1}$, que corresponden al valor límite para obtener arándanos firmes medido en FirmPro (**Figura 3.12**). Al adelantar la cosecha en 6 días de los arándanos cultivados bajo rafia y plástico, se obtuvo un aumento de firmeza, de modo que las distribuciones de todos los tratamientos se encontraron sobre los $140 \text{ g}_f \text{ mm}^{-1}$.

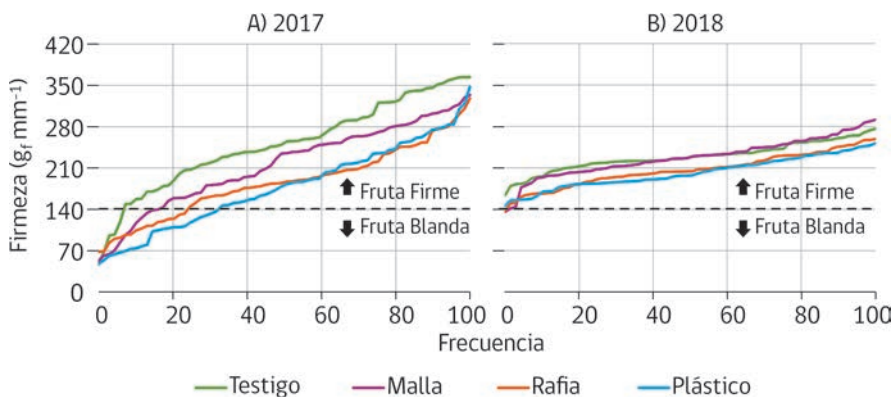


Figura 3.12. Distribución de firmeza ($g_f \text{ mm}^{-1}$) en frutos de arándano, variedad Top Shelf, al momento de cosecha. Figura (A) corresponde a Temporada 2017, y (B) Temporada 2018 pero la cosecha fue realizada 6 días antes. Ambas figuras representan la distribución de firmeza por tratamiento de cobertura.

Esto es evidencia de que al menos una parte del ablandamiento observado por el uso de techo es atribuible a la desincronización de los momentos de cosecha, por lo que al usar este tipo de tecnologías es necesario prever que se requerirá un ajuste en la programación de cosechas, de modo de evitar sobremadurez de la fruta.

Por otra parte, existen reportes de que la condición de la pared celular estaría involucrada en este fenómeno. En algunas investigaciones se ha indicado 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 (Falcioni *et al.*, 2018). Cabe destacar que el uso de cobertura modifica la evapotranspiración del cultivo y, por lo tanto, de no ajustar los volúmenes de riego, se podría estar en una situación de sobre riego lo que está asociado a la generación de fruta blanda en arándano.

Al momento de cosecha en la variedad Top Shelf ubicada en Traiguén, se observó que el tratamiento control presentó valores de firmeza significativamente mayores en comparación a los tratamientos de LDPE y rafia (**Figura 3.13**). El primer tratamiento presentó bayas con un promedio de firmeza de $135,6 g_f \text{ mm}^{-1}$, mientras que los tratamientos bajo rafia y LDPE promediaron $127,5 g_f \text{ mm}^{-1}$. Por otra parte, para la temporada 2020–21 en el huerto ubicado en la comuna de Linares, al momento de cosecha en Legacy, se observó que los tratamientos control y malla presentaron valores de firmeza significativamente mayores en comparación a los tratamientos de LDPE y rafia, resultado que se observó también en años posteriores.

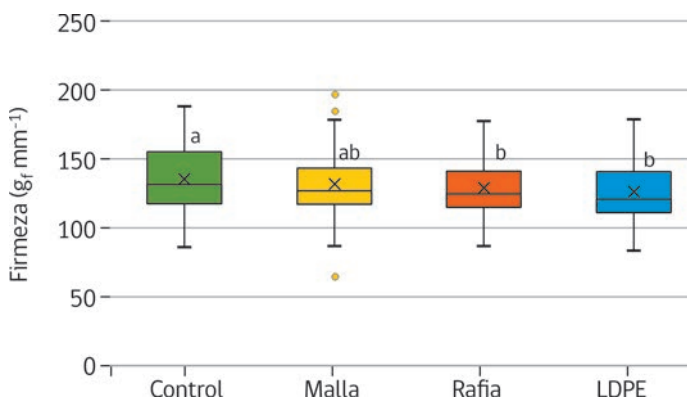


Figura 3.13. Distribución de firmeza ($g_f \text{ mm}^{-1}$) de bayas de arándano, variedad Top Shelf al momento de cosecha en temporada 2020–2021. Huerto ubicado en la comuna de Traiguén, Región de La Araucanía. Letras diferentes indican diferencias significativas por pruebas LSD Fisher.

En Top Shelf después de 30 días de almacenaje a 0°C , nuevamente se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, donde el control logra la mayor firmeza con $152 g_f \text{ mm}^{-1}$, mientras que la rafia y LDPE obtienen las menores firmezas, $145,3$ y $134,8 g_f \text{ mm}^{-1}$ respectivamente (**Figura 3.14**).

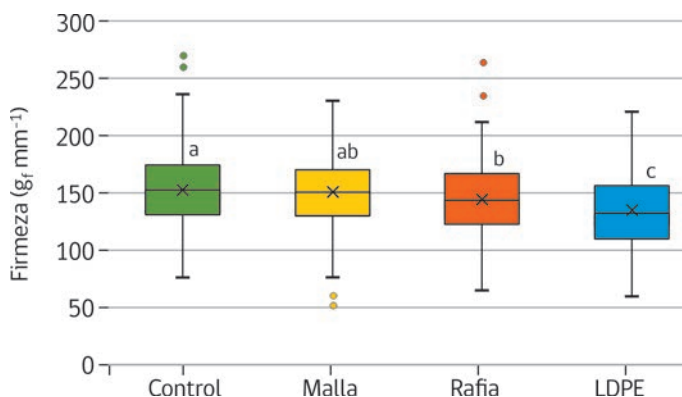


Figura 3.14. Distribución de firmeza ($g_f \text{ mm}^{-1}$) luego de 30 días de almacenamiento en 0°C de bayas de arándano variedad Top Shelf en la temporada 2020–2021. Comuna de Freire, Región de La Araucanía. Letras diferentes indican diferencias significativas por pruebas LSD Fisher.

Con respecto al porcentaje de fruta que alcanzó una firmeza superior a $140 \text{ g}_f \text{ mm}^{-1}$ en postcosecha, las tres variedades en Traiguén al aire libre alcanzaron sobre un 67% de fruta firme, mientras que bajo LDPE, ninguna de las tres variedades evaluadas sobrepasó el 60% de fruta firme. Por otro lado, la fruta blanda en las tres variedades fue superior en LDPE (**Cuadro 3.2**).

Cuadro 3.2. Firmeza de frutos luego de 30 días en almacenamiento a $0 \text{ }^\circ\text{C}$, temporada 2020–2021. Fruta proveniente de tres tipos de cobertura y al aire libre en un huerto ubicado en la comuna de Traiguén, Región de La Araucanía.

Tratamiento	Variedad	Categoría de Firmeza*		
		Blando (%)	Sensible (%)	Firme (%)
Control	Brigitta	12	13	75
	Legacy	16	16	68
	Top Shelf	16	16	68
Malla	Brigitta	18	15	67
	Legacy	16	13	71
	Top Shelf	21	20	59
LDPE	Brigitta	28	17	55
	Legacy	31	16	53
	Top Shelf	31	25	45
Rafia	Brigitta	18	13	69
	Legacy	21	22	57
	Top Shelf	29	20	52

*Firmeza de fruto según equipo FirmPro: Blando $<120 \text{ g}_f \text{ mm}^{-1}$; Sensible $120\text{--}130 \text{ g}_f \text{ mm}^{-1}$; Firme $>130 \text{ g}_f \text{ mm}^{-1}$.

El ablandamiento de frutos es una característica que se determina en precosecha, y debe ser necesariamente manejado en el campo. El uso de distintas tecnologías de postcosecha, no corrige el ablandamiento obtenido, por lo que no resulta en una solución para el problema. En la **Figura 3.15**, se observa que independiente de que se use Aire Regular con bolsa perforada de 0,3% de área ventilada, Atmósfera Modificada (AM), o Atmósfera Controlada (AC), las diferencias en firmeza vistas con el uso de coberturas se conservan en todos los casos posterior a 30 días de almacenamiento a 0°C . Visto esto, se recomienda evitar al máximo la deshidratación de frutos bajo cobertura para no acrecentar el problema, el uso de embalajes con alta humedad relativa contribuyendo a evitar mayor pérdida de firmeza en estos casos.

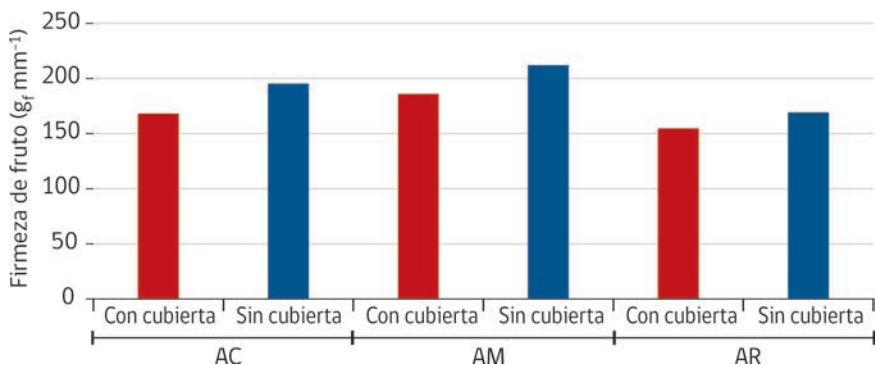


Figura 3.15. Firmeza promedio ($g_f \text{ mm}^{-1}$) de arándanos variedad Legacy bajo distintos tipos de almacenaje tras 30 días de guarda a 0°C. Se indican los 140 $g_f \text{ mm}^{-1}$ como parámetro de valor mínimo de fruta firme en arándanos cultivados bajo cubierta de rafia de polietileno de alta densidad (HDPE) y al aire libre.

3.4.3 Condición de pulpa

Como ya se mencionó en los capítulos anteriores (Capítulo 2, sección 2.1.4), la condición de la pulpa en las variedades nos da un indicio del potencial de firmeza que podría tener nuestro producto. En la variedad Legacy, evaluada en la localidad de Traiguén, luego del almacenamiento, los tratamientos con coberturas mostraron una disminución de la condición de pulpa 1 en relación a la evaluación en cosecha. Además, fue posible observar una mayor proporción de frutos con condición de pulpa 3, caracterizándose por ser frutos con baja firmeza (**Figura 3.16**).

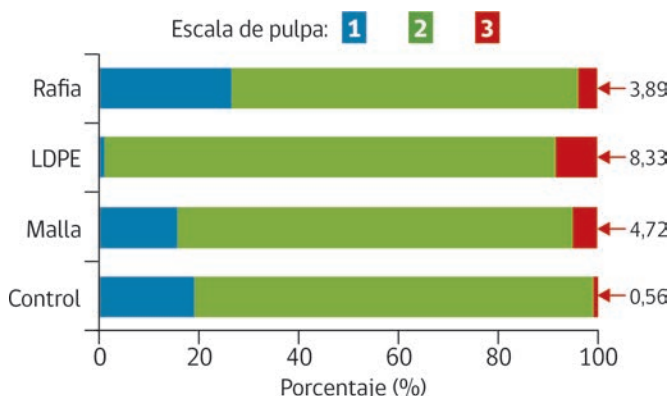


Figura 3.16. Categoría (%) de escalas de pulpa en Legacy, temporada 2020-21. Comuna de Traiguén.

3.4.4. Incidencia de daños

Cuando se trata de eventos climáticos extremos, la incidencia de partiduras, de russets y daños por granizos son evidentes y el uso de coberturas llega como una alternativa para minimizar los daños producidos. De acuerdo a los datos recopilados desde Longaví en la temporada 2017-18, tras el evento de granizos del 7 de noviembre fue posible observar el efecto protector de las cubiertas en la variedad Star, donde el tratamiento sin esta tecnología presentó un 22,5% de daños luego del almacenamiento, mientras que las coberturas presentaron sólo un 8,8% con daños por granizo luego de 30 días de almacenamiento en aire regular (**Figura 3.17**).

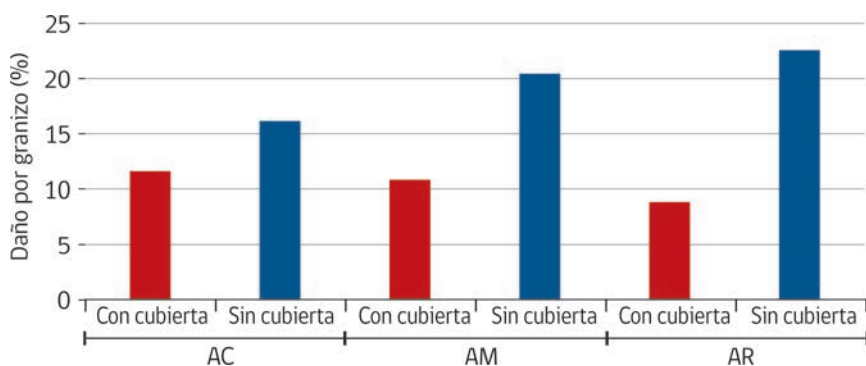


Figura 3.17. Incidencia de daños de granizo (%) en variedad Star cosechada en Longaví, 2017-2018. Barras rojas indican tratamiento sin cubiertas, y barras negras indican tratamiento control al aire libre. AC: Atmósfera Controlada; AM: Atmósfera Modificada; AR: Aire Regular o Convencional.

Entre las temporadas 2020-21 y 2021-22 se determinó el daño mecánico en fruta producida bajo coberturas y al aire libre en las localidades de Linares y Traiguén, donde los resultados son expresados como porcentaje de peso correspondiente a fruta dañada con respecto al total del peso de muestra, evaluado en cada bandeja completa al momento de cosecha. En Linares en la variedad Legacy sólo se observó daño russet y partiduras en un 0,57% en el tratamiento al aire libre, mientras que los demás tratamientos no presentaron la incidencia de estos daños. En Traiguén, en ambas temporadas evaluadas, no se presentaron diferencias entre los tratamientos en cosecha, ya que se registró una alta variabilidad entre las muestras. Los resultados obtenidos sobre el efecto protector del

uso de cubiertas están sujetos a los eventos climáticos extremos existentes en cada localidad de evaluación, por lo cual, si en las temporadas evaluadas no se presencian este tipo de eventos, difícil será encontrar diferencias entre el uso y no uso de coberturas. De lo contrario ante un evento como granizo el efecto de las cubiertas será destacable en reducir la incidencia de daño.

3.4.5 Incidencia de pudriciones

Los hongos patógenos que causan el deterioro de la fruta necesitan agua libre o una alta humedad relativa para poder infectar (Ogawa *et al.*, 1995). Así, los arbustos secos con coberturas que dan protección climática deberían tener menos infecciones fúngicas en la fruta que los arbustos frecuentemente mojados al aire libre. En nuestros ensayos uno de los resultados más observado, fue un mayor porcentaje de frutos con pudriciones en fruta cultivada bajo cubierta en salida de frío luego de 30 días a 0 °C. En Traiguén para la temporada 2020-21, el tratamiento de rafia en las variedades Legacy y Top Shelf alcanzó el mayor porcentaje de incidencia. En la primera variedad mencionada el tratamiento alcanzó un 0,72% de bayas con esta condición, mientras que en Top Shelf este porcentaje fue mucho mayor, alcanzando un 5,8% (Figura 3.18).

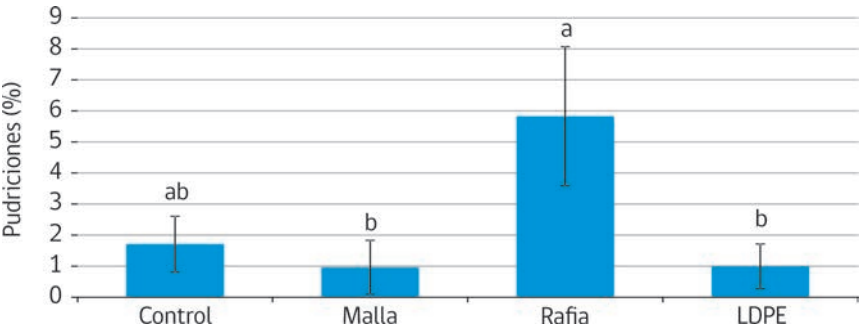


Figura 3.18. Incidencia de pudriciones (%) a salida de frío (30 días de almacenaje a 0 °C) en la variedad Top Shelf, Comuna de Traiguén. Letras diferentes indican diferencias significativas por pruebas LSD Fisher.

En Linares, los tratamientos control y malla tuvieron incidencias promedio de 6,7% y 6,4% respectivamente, mientras los tratamientos de LDPE y rafia tuvieron 4,5% y 5,4% respectivamente, diferencias que no fueron significativas.

Los resultados anteriormente mencionados de la comuna de Traiguén discrepan de los reportados por algunos autores (Børve *et al.*, 2007; Rüegg *et al.*, 2000). Es de esperar que las precipitaciones durante floración y cercano a la madurez de la baya no sean problema bajo cobertura, pero si las coberturas puestas durante las noches despejadas pueden aumentar la posibilidad de condensación y, por tanto, de infección (Børve & Stensvand, 2003). Por lo tanto, si bien las coberturas excluyen las precipitaciones, si existe la posibilidad de observar pudriciones si se dan las condiciones para presenciar condensación bajo estas.

Cabe recordar que para que exista el desarrollo de una enfermedad se necesita la presencia del inóculo, un hospedero susceptible y las condiciones ambientales favorables para el desarrollo de la enfermedad, por lo cual los manejos agronómicos también inciden en estos resultados.

3.5. Comentarios finales

El uso de coberturas en arándanos tiene por objetivo dar protección climática ante eventos climáticos extremos cada vez más habituales por efecto del cambio climático. Estas coberturas dan protección, pero al mismo tiempo, cambian los parámetros ambientales bajo éstos, por lo cual la radiación global, temperatura, viento y humedad relativa se ven modificadas en menor o mayor proporción dependiendo del material usado.

En nuestros estudios en arándano, estos cambios modificaron mayormente la proporción de fruta disponible en las cosechas, que implicó un adelantamiento de la cosecha en la temporada. Por otra parte, se observó en las temporadas evaluadas, un aumento de fruta blanda a semi firme bajo las coberturas LDPE y rafia. Sin dudas, el uso de este tipo de tecnologías que modifican aspectos de fisiología del arbusto y fruta, requiere una revisión de los manejos agronómicos o culturales en cuanto a riego, nutrición y manejo de enfermedades, entre otros. Por lo tanto, es muy necesaria la generación de información que permita seleccionar los materiales de protección adecuados para zona geográfica, variedades y objetivo del uso de este tipo de coberturas.

3.6. Referencias

- Bastías, R., Leyton, M., 2018. Producción de cerezos bajo rafia y plástico: Efectos en el microclima, calidad y condición de la fruta [en línea]. Revista Frutícola. vol. 40, (2): 8-14. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/62728>.
- Ball, J.T., Woodrow, I.E., Berry, J.A., 1987. A Model Predicting Stomatal Conductance and its Contribution to the Control of Photosynthesis under Different Environmental Conditions. En J. Biggins (Ed.). Progress in Photosynthesis Research. Vol. IV. Martin us Nijhoff Publishers. Dordrecht, Netherlands. 221-224.
- Bustamante, M., Muñoz, A., Romero, I., Osorio, P., Mánquez, S., Arriola, R., Reyes-Díaz, M., Ribera-Fonseca, A., 2021. Impact of potassium pre-harvest applications on fruit quality and condition of sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivated under plastic covers in Southern Chile orchards. Plants 10, 2778. <https://doi.org/10.3390/plants10122778>.
- Børve, J., Stensvand, A., 2003. Use of a plastic rain shield reduces fruit decay and need for fungicides in sweet cherry. Plant Dis. 87, 523-528.
- Børve, J., Meland, M., Stensvand, A., 2007. The effect of combining rain protective covering and fungicide sprays against fruit decay in sweet cherry. Crop Protection 26, 1226-1233.
- Cowan, J. S., Miles, C. A., Andrews, P. K., Inglis, D. A., 2014. Biodegradable mulch performed comparably to polyethylene in high tunnel tomato (*Solanum lycopersicum* L.) production. J. Sci. Food Agric. 94, 1854-1864.
- Durán E., Ángel Y., Suárez J., 2015. Dinámica de la radiación fotosintéticamente activa en arreglos agroforestales con *Hevea brasiliensis* en el norte de la Amazonia colombiana. Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica 18, 365-372
- Falcioni, R., Moriwaki, T., de Oliveira, D.M., Andreotti, G.C., de Souza, L.A., dos Santos, W.D., Bonato, C.M., Antunes, W.C., 2018. Increased gibberellins and light levels promote cell wall thickness and enhance lignin deposition in xylem fibers. Front. Plant Sci. 9, 1-13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01391>.
- Hicklenton, P., Forney, C., Domytrak, C., 2003. Use of row covers and postharvest storage techniques to alter maturity and marketing period for highbush blueberries. Acta Horticulturae 626, 287-295.

- Jones, H. G., Lakso, A. N., 1995. Physiological control of water status in temperate and subtropical fruit trees. *Horticultural Reviews* 7, 301-344.
- Lobos, G.A., Retamales, J.B., Hancock, J.F., Flores, J.A., Romero-Bravo, S., Del Pozo, A., 2013 Productivity and fruit quality of *Vaccinium corymbosum* cv. Elliott under photo-selective shading nets. *Scientia Horticulturae* 153, 143-149.
- Marfán, G., García, R., 2019. 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.
- Ogawa, J.M., Zehr, E.I., Bird, G.W., Ritchie, D.F., Uriu, K., Uyemoto, J.K., 1995. Compendium of Stone Fruit Diseases. American Phytopathological Society. St. Paul, MN.
- Petridis, A., van der Kaay, J., Chrysanthou, E., McCallum, S., Graham, J., Hancock, R.D., 2018. Photosynthetic limitation as a factor influencing yield in highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum*) grown in a northern european environment. *Journal of experimental botany*. 69. 10.1093/jxb/ery118.
- Salazar-Parra, C; Selles, G., Marfán, G., 2019. Cubiertas plásticas en uva de mesa. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA. Boletín INIA N° 402. 86.
- Singh, A., Syndor, A., Deka, B. C., Singh, R. K., Patel, R. K., 2012. The effect of microclimate inside low tunnels on off-season production of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae* 144, 36- 41.
- Raschke, K., 1979. Movements of stomata. En: Haupt W, Feinleib ME (eds.) *Encyclopedia of Plant Physiology. New Series* vol. 7. *Physiology of Movements*. Berlin, Springer-Verlag. 383-441.
- Rüegg, J., Höhn, H., Schwizer, T., 2000. Regenschutzfolien in der biologischen und integrierten Tafelkirschenproduktion. Teil I Einfluss auf Krankheiten, Schädlinge, Mikroklima und Ertrag. *Schweiz. Z. Obst Weinbau* 136, 64-67.
- Wallberg, B., Sagredo, K., 2012. Vegetative and reproductive development of Lapins sweet cherry trees under rain protective covering. *Acta Horticulture* 1058, 411-418.