Cubiertas plásticas en uva de mesa

Editores: Carolina Salazar-Parra,
Gabriel Selles van Schouwen, Gabriel Marfán Förster

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

Boletín INIA / Nº 402

ISSN 0717-4829

Ministerio de Agricultura
Gobierno de Chile

Cubiertas plásticas en uva de mesa

Editores:
Carolina Salazar-Parra
Gabriel Selles van Schouwen.
Gabriel Marfán Förster

INIA LA PLATINA
Santiago, Chile, 2019
BOLETÍN INIA Nº 402

ISSN 0717 - 4829

Boletín Cubiertas Plásticas en Uva de Mesa

La presente publicación tiene como objetivo dar a conocer los resultados y avances del uso de cubiertas plásticas en la industria de la uva de mesa, exponiendo el caso específico de la localidad de San Vicente de Tagua Tagua, en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins. Esta presentación se realiza en el marco del proyecto "Aumento de la productividad, calidad y eficiencia del uso del agua en uva de mesa mediante la implementación de cubiertas plásticas" CORFO PI-1294.

Editores:
Carolina Salazar-Parra. Biol. Ambiental, Dra. Ciencias Biológicas
Investigadora en Fisiología de Frutales. INIA La Platina
Gabriel Selles van Schouwen. Ing. Agr. Dr. Ciencias Agrícolas
Coordinador de Programa Nacional Hortifruticultura de INIA
Gabriel Marfán Förster. Ing. Agr. Mg. Ciencias. Vegetales
Gerente Técnico y Desarrollo en Exportadora Subsole S.A.

Autores de capítulos:
Carolina Salazar-Parra. Biol. Ambiental. Dra, INIA La Platina
Gabriel Selles van Schouwen., Ing. Agr. Dr. Ciencias Agrícolas, INIA La Platina
Camila Montano Figueroa. Ing. Agr., INIA La Platina
Alexis Vergara Valderrama. Ing. Agr., Dr. (c), INIA La Platina
Bruno Defilippi Bruzzone. Ing. Agr. Ph.D., INIA La Platina
Edgard Álvarez Rivera. Ing. Agr., INIA La Platina
Sebastián Rivera Smith. Ing. Agr. M.Sc., INIA La Platina
Valeria García Romo. Ing. Agr., Exportadora Subsole S.A.
Gabriel Marfán Förster. Ing. Agr. Mg. Ciencias Vegetales. Exportadora Subsole S.A

Editores Técnicos:
Cecilia Peppi Aronowsky. Ing. Agr. Ph.D., Investigadora INIA La Platina
Carolina Cruz Vargas. Ing. Agr., Presidenta de Uvanova
Eugenio Sánchez Elizalde. Ing., Agr. Asesor Técnico, Agricom

Revisora de Textos:
Maria Jesús Espinoza Garrido. Encargada de Comunicaciones INIA La Platina

Director Responsable:
Emilio Ruz Jerez. Director Regional INIA La Platina

Todas las fotografías han sido realizadas por por los autores del proyecto o cedidas por Subsole, excepto las que se indican explícitamente en el texto.

Boletin INIA N° 402

Cita Bibliográfica correcta:
Salazar-Parra, C; Selles, G. and Marfán, G. 2019. Cubiertas plásticas en uva de mesa. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones agropecuarias, INIA. Boletin INIA N° 402. 86 p.

© Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA, 2019. Ministerio de Agricultura.
Centro Regional de Investigación La Platina. Avda. Santa Rosa 11610.
Teléfono: (56-2) 25779102. La Pintana, Región Metropolitana, Chile.

ISSN 0717 - 4829

Permitida la reproducción parcial o total de esta obra sólo con permiso previo y por escrito del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA.

Diseño y Diagramación: Jorge Berríos Villablanca. Diseñador Gráfico.
Fotoportada: gentileza de Serroplast Chile.
Impresión: Gráfica Andes Ltda.

Cantidad de ejemplares: 100

Santiago, Chile. 2019

Índice de contenidos

Capítulo 1
Cubiertas plásticas. Características y aspectos prácticos 4

Capítulo 2
Efectos de las cubiertas plásticas sobre variables microclimáticas 18

Capítulo 3
Respuestas fisiológicas y productivas del uso de cubiertas plásticas en el cultivo de la uva de mesa 37

Capítulo 4
Consideraciones preliminares sobre el manejo de riego bajo cubiertas plásticas en uva de mesa 56

Capítulo 5
Efecto del uso de coberturas en la calidad y condición de uva de mesa en postcosecha 71

Capítulo 6
Bibliografía citada 84

Capítulo 1
Cubiertas plásticas. Características y aspectos prácticos

Gabriel Marfán Förster
Ingeniero Agrónomo Magister en Ciencias Vegetales
gmarfan@subsole.com

Valeria Garcïa Romo
Ingeniero Agrónomo
vgarcia@subsole.com

El principal objetivo del uso de cubiertas plásticas en uva de mesa es la protección física de la planta y/o la producción de la temporada (fruta), de factores climáticos como lluvias, granizo, viento fuerte, radiación excesiva y temperaturas extremas (muy bajas o altas según sea la limitante). Adicionalmente, las cubiertas son usadas para disminuir el daño provocado por los pájaros en la fruta, control de insectos, como también reducir la contaminación del huerto por polvo o pesticidas no deseados (derivas).

Un segundo objetivo importante es la modificación de la fenología del frutal, siendo posible lograr un adelanto o retraso importante en los estados fenológicos y en la madurez de la fruta. Experiencias prácticas han permitido adelantar cosechas de uva de mesa en 2-3 semanas, como también lograr retrasos de más de un mes, según el tipo de film, diseño y manejo realizado.

Otro beneficio importante ha sido la mejora en la eficiencia del uso del agua de riego, logrando ahorros considerables (más del 20%) en condiciones comerciales en la zona central de Chile. Esto se debe principalmente a la reducción del viento, radicación y disminución de la temperatura en ciertos periodos de la temporada. Existen también experiencias exitosas en la reducción del uso de agroquímicos, principalmente fungicidas usados para el control de pudriciones asociadas a la lluvias. En cuanto a las técnicas de aplicación y el volumen de agua usado para las aspersiones foliares ha sido posible reducirlo debido a la disminución de pérdidas por evaporación y deriva en un ambiente protegido.

Tipos de cubiertas

Los tipos de cubiertas que predominan son:

- **Malla**. Consisten en un tramado o tejido de hilos de polietileno. Las más usadas son de monofilamento cilíndrico de polietileno de alta densidad, que otorgan un porcentaje de sombra, por lo general en el caso de las vides, no superior al 20% para no afectar la intercepción de luz. Estas pueden ser instaladas horizontalmente sobre el follaje, logrando reducir la velocidad del viento, el exceso de radiación y el daño por granizo. Sin embargo, al ser un tejido no protegen de la lluvia.

- **Rafia**. Es un tramado denso de polietileno que a diferencia de la malla no permite el paso del agua por lo que son muy usadas en cerezos para evitar pérdidas por lluvia. Es un material resistente a la manipulación y puede limitar la transmisión de luz más allá de lo recomendado, lo que no la hace adecuada para usarse por periodos prolongados de tiempo, en zonas de radiación media a baja y en frutales sensibles a la baja luminosidad.

- **Film plástico**. Existe un tercer grupo de materiales llamados comúnmente plásticos. El más conocido y usado en el caso de frutales son los films de polietileno de baja densidad (LDPE). La principal forma de uso es la instalación de láminas independientes que protegen hilera por hilera. El espesor del film puede variar según el objetivo y la duración esperada. En el caso de vides se usan espesores que van desde las 70 hasta las 180 micras, aunque la mayoría se concentra en el rango de las 130 a las 150 micras.

Un espesor mayor puede ser contraproducente, debido a la perdida de transmisión de luz y no se recomiendan para usos prolongados en zonas de radiación baja o variedades sensibles a la falta de luz.

Existen experiencias promisorias con el uso de films más delgados y de recambio más frecuente, debido a que producen poca interferencia en la calidad y cantidad de luz. No obstante, se debe analizar el detalle costo-beneficio del recambio anticipado: costo del material e instalación, retiro y reciclaje del plástico, y mano de obra asociada.

Respecto a la protección que otorga, el film de polietileno de baja densidad es altamente efectivo frente a lluvia, granizo, viento fuerte, exceso de radiación

solar, contaminantes, etc. Su costo es muy competitivo y por lo general menor si se compara con otros materiales plásticos.

- **Otros materiales**. Existen otros plásticos usados, como el PVC (policloruro de vinilo), de excelente trasparencia y termicidad, pero de difícil extrusión en láminas anchas, y el EVA (Etileno acetato de vinilo), que se usa principalmente en mezclas con LDPE (polietileno) para lograr mayor termicidad en invernaderos, siendo en el caso de frutales poco utilizado. Por lo anteriormente expuesto, el film de LDPE es hoy la opción más completa y de mayor expansión en el caso de la uva de mesa.

El **Cuadro 1** resume las características de los principales tipos de cubiertas plásticas existentes en el mercado y utilizadas en frutales.

Cuadro 1. Características de diferentes tipos de cubiertas plásticas.

Tipo de cubierta	Protección lluvia	Protección viento	Transmisión de luz	Modificación fenología	Resistencia a roturas	Costo
Film (LDPE)	+	+	+	+	+/–	+/–
Rafia	+	+	+/–	+/–	+	–
Malla	–	+	+/–	–	+	+

Principales características del film plástico utilizado en uva de mesa

La principal característica que debe tener el film es permitir una alta trasmisión de radiación solar, en el caso que se quiera mantener la cubierta instalada por periodos prolongados. La radiación fotosintéticamente activa (PAR, por sus siglas en inglés) es el espectro de luz más importante en la actividad de las plantas y no debe ser limitante al instalar cubiertas plásticas.

Respecto a la radiación UV, ésta puede ser beneficiosa para ciertos procesos como la pigmentación de algunas frutas, pero en alta cantidad puede producir quemadura y necrosis de tejidos. Por esta razón, el beneficio de la proporción

de su bloqueo o trasmisión va a depender de la zona y del objetivo buscado. De todas maneras, como la radiación UV es la principal causante de la degradación de los plásticos, es habitual su bloqueo en un porcentaje importante, dado por los aditivos y absorbentes utilizados.

La banda de radiación infra roja media (MIR) es la responsable de la energía térmica (calor) que emite la superficie terrestre. El bloqueo de esta longitud de onda no permite la salida del calor de la cubierta y genera el efecto de aumento de temperatura característico de los films térmicos.

Respecto a la luz visible (que coincide casi completamente con el espectro PAR), cuando se habla de luz 'total' se debe tener en cuenta que esta es la suma de la luz directa y la difusa. Un film que permite ver con claridad hacia el otro lado (film claro) va a tener una alta proporción de luz directa y una baja proporción de difusa.

Por el contrario, un film difusor (turbio) que no deja ver claramente hacia el otro lado tiene una alta proporción de luz difusa. Este efecto de luz difusa se logra cuando la luz choca contra ciertos aditivos desviando la trayectoria en diferentes direcciones. Esta es la razón por la cual no se aprecian sombras bajo un film difusor. Los films difusores son muy útiles en condiciones de alta radiación, ya que evitan quemado de las plantas y no producen sombra, mientras que los films claros son más usados en condiciones de clima frío y baja radiación.

Existen numerosos aditivos que son incorporados al film base de polietileno (LDPE). Los más relevantes desde el punto de vista agrícola son los llamados aditivos funcionales que mejoran las propiedades del film y, por ende, el resultado agrícola. Algunos ejemplos son: aditivos de bloqueo de la radiación UV o radiación infrarroja, anti goteos y anti estáticos. Incluso últimamente se han desarrollado aditivos con aplicaciones que permiten cierta transformación de longitudes de onda y otras aplicaciones que inhiben la germinación de hongos o interfieren en la visión de los insectos.

Los aditivos también están claramente relacionados con la degradación y duración del film. Cuando el film es expuesto a la radiación UV se acelera la degradación del polímero, perdiendo sus características físicas y propiedades ópticas. Los aditivos más usados para este fin son el quelato de níquel y últimamente moléculas orgánicas llamadas HALS (Hindered amine light stabilizers). Su uso ha permitido prolongar de forma importante la duración de las cubiertas.

La pérdida de las características físicas y lumínicas del film y por ende la duración depende principalmente de factores externos durante su utilización. La estructura de sostén (materiales en contacto con el film) y la correcta instalación y tensión de la lámina influyen directamente en su duración. Las condiciones climáticas, principalmente la radiación y temperatura, serán los que más inciden en la duración. Un film ubicado en la parte alta de la región de Atacama (norte de Chile) tendrá una duración menor que en región del Biobío (sur de Chile), debido a la mayor radiación anual y la mayor temperatura en el norte.

El viento permanente o las ráfagas de alta velocidad, el granizo y el peso de la nieve también son determinantes en la duración. Un factor clave es el correcto uso de los productos fitosanitarios y el volumen de agua de aplicación que impacta directamente en el film. Los plásticos en frutales expuestos a alta presión de aplicaciones de agroquímicos como la uva de mesa tienden a durar bastante menos que los usados en arándanos, debido a la menor presión de aplicaciones en este último caso. El uso de productos que contienen azufre o cloro aceleran la degradación del film.

Estructura y diseño

El film plástico en el caso de la uva de mesa se sostiene por una estructura de centrales (madera o metal), separados por lo general cada 3-5 metros (m) de distancia en la hilera y que le dan la correcta altura a la cubierta sobre el follaje

La altura del central sobrepasa en 1-1,5 metros al follaje de la planta, para permitir un correcto crecimiento y una correcta ventilación. El plástico se apoya sobre un alambre central (cumbrera) y se amarra a otro alambre mas bajo, al centro de la entre hilera con un sistema de tubos de PVC o elásticos. El film debe tomar una forma piramidal para permitir la correcta caída del agua de lluvia al centro de la entre hilera. El ancho de la ventilación central en la entre hilera va a depender de la zona geográfica y del objetivo buscado.

El diseño va a depender del objetivo esperado. Por ejemplo, si se quiere lograr un aumento importante de la temperatura al interior del sistema, se debe usar ventilaciones centrales angostas (ejemplo 25-30 cm de apertura) y un diseño de cumbrera baja (1 m sobre el follaje). En este caso es ideal usar un un cierre perimetral si se quiere lograr el maximo adelanto por aumento de temperatura.

Por el contrario, si se quiere priorizar la protección de la fruta en zonas lluviosas y el adelanto no es la prioridad, lo ideal es diseñar ventilaciones centrales amplias (ejemplo 40-60 cm) y con una altura de diseño mayor, cercana a 1,5 metros de altura sobre el follaje.

Figura 1. Parrón cubierto con el objetivo de adelantar la cosecha y proteger la fruta de la lluvia. En este caso se utiliza un diseño bajo (1 m), un canal central angosto (25 cm) y un cierre perimetral para aumentar la temperatura. (Foto G. Marfán).

Figura 2. Parrón cubierto, con un diseño para protección de lluvia. Altura de 1,4 m y un canal central amplio (60 cm) para asegurar una correcta ventilación. (Foto G. Marfán).

Figura 3. Parrón con diseño clásico para protección de lluvia y aumento de temperatura a inicio de temporada. Altura de 1,2 m y apertura central de 35 cm. (Foto G. Marfan).

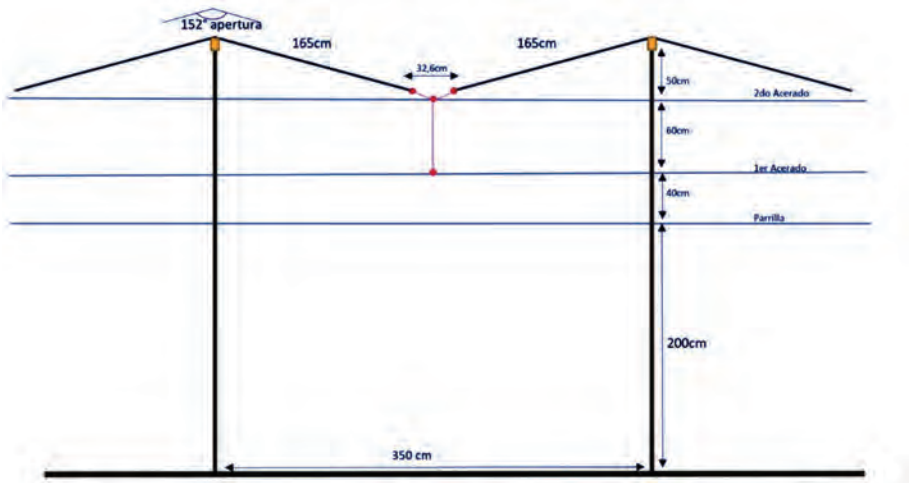

Figura 4. Diseño de estructura, para instalación de un film plástico en uva de mesa, en la zona central de Chile. La planta alcanza los 2 m de altura y la cumbre del central, en este caso los 3,5 metros. El plástico se amarra al centro con tubos de PVC. (Foto Serroplast Chile).

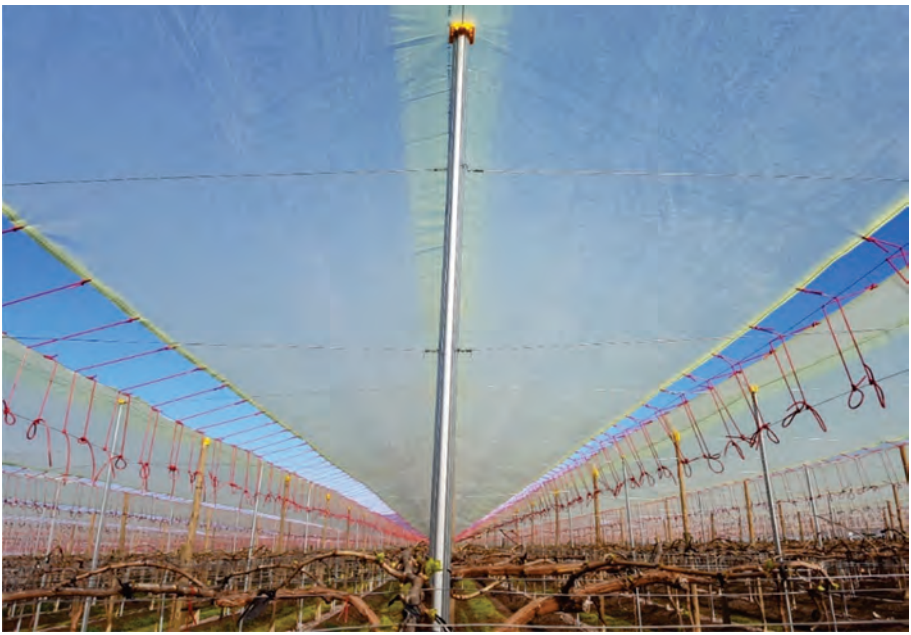

Figura 5. Estructura de centrales metálicos para uva de mesa en la zona central de Chile. Diseño alto y un ángulo de caída del plástico abierto (152°) que confiere mejor ventilación. (Foto Serroplast Chile).

Manejo práctico

El momento de instalación del film depende del objetivo. Lo más común es instalar previo a la brotación, para proteger los brotes de las bajas temperaturas. Adicionalmente en este periodo se logra la mayor acmulación térmica para mejorar la calidad de la brotación y lograr adelantamiento. Mientras antes se instale la cubierta mayor es el adelanto que se puede lograr.

Por el contrario, si lo que se busca es protección frente a lluvias y retrasar la cosecha, el film plástico debería ser instalado lo más tarde posible en la temporada. Esto es más engorroso, ya que se debe hacer con el follaje desarrollado, pero es la opción más utilizada cuando no se quiere ningún adelanto en madurez, ni interferencia en la coloración de la fruta, especialmente en variedades sensibles a menor luminosidad para desarrollar el color.

Para la instalación, el procedimiento más eficiente consiste en el uso de un carro, con un motor el que se ubica en cada extremo de la hilera. En el extremo inicial uno va soltando el plástico ordenadamente y el carro en el otro extremo lo tracciona con una cuerda hasta llegar al final de la hilera. Al llegar al final se suelta el plástico, vuelve la cuerda y se cambia a la hilera siguiente. Se necesita un grupo de personas guiando el film para evitar que se enganche en la estructura y otro grupo de personas, amarrando los tubos de PVC (primero cada 3 a 4 metros) para darle la fijación inicial. Una vez fijado se termina de amarrar el resto. Es importante instalar sin viento (preferentemente en la mañana), de lo contrario se hace difícil la operación. La instalación necesita de 25 - 30 jornadas por hectárea.

Figura 6. Proceso de instalación del film. En las fotos se observa el carro que facilita la instalación del film plástico. (Foto G. Marfán).

El retiro del film se puede hacer anualmente y guardar el plástico durante el invierno (sobre el parrón). Se debe amarrar al centro de la hilera y cubrirse con algún material que evite la exposición a la radiación solar. Tambien se puede mantenerlo instalado por el periodo de duración completo del film. Esto va a depender del tipo de film (transmisión de luz), zona (radiación y temperaturas invernales) y de la variedad (fertilidad y uniformidad de brotación). En la zona centro sur de Chile, con alta radiación, buen manejo de la luminosidad y frío invernal suficiente, no ha sido necesario remover el film durante el receso y se ha mantenido instalado por ciclos de 3 años consecutivos. Esto se debe verificar en cada zona productiva y por cada variedad.

Cuando el plástico permanece extendido durante el invierno es importante el suministro hídrico vía riego en la zona de raíces, ya que las lluvias caerán principalmente al centro de la entre hilera pudiendo afectar la brotación de la primavera siguiente si el estrés es importante, sobre todo en suelos livianos y poca lateralidad del movimiento del agua.

Al final del ciclo de vida del film es fundamental retirar el plástico cuando aún está en buen estado, de lo contrario se rompe y el costo sube fuertemente. Hoy es posible reciclar la mayoría de los plásticos de uso agrícola si su retiro se hace cuando aún la materia prima está en buen estado. Se necesita de 5-10 jornadas por hectárea (ha) para el retiro.

Los manejos de campo relacionados al uso del plástico son fundamentales para su éxito. La luminosidad se debe manejar cuidadosamente, ya que siempre será reducida en comparación al aire libre. Por esto el correcto manejo del follaje y el vigor debe apuntar a mantener un ambiente permanentemente iluminado. En temporadas frías, nubosas o de abundante lluvia primaveral se debe ser cuidadoso, porque variedades con baja fertilidad natural como Thompson y Superior podrían disminuir su fertilidad para el año siguiente por una baja luminosidad. Desde el envero de la fruta en adelante, en variedades de alta sensibilidad para desarrollar color con poca luminosidad, se debe tener la precaución de exponer correctamente los racimos. Variedades negras y rojas de fácil coloración por lo general no necesitan manejos adicionales.

La principal limitante del uso de cubiertas en la zona central de Chile (con humedades altas y/o condensación frecuente sobre la fruta), es la poca ventilación, debido a que el viento disminuye prácticamente a cero. Con un follaje denso y alto vigor, si se producen condiciones de agua libre, el tiempo de secado es mayor. La humedad relativa por lo general no aumenta de forma importante, más bien tiende a ser menor durante la mayor parte de la temporada si el sistema está bien manejado y ventilado, por la mayor temperatura.

Los reguladores de crecimiento, principalmente el ácido giberélico (GA3), han mostrado una mayor respuesta, probablemente por una mejor condición y receptividad de la planta, lo que se debe ajustar a cada realidad.

La temperatura del sistema, como se explicó anteriormente, se maneja principalmente con el diseño y el tipo de film. Sin embargo, el vigor del parrón y la distancia de plantación son 2 factores importantes que determinan el microclima que se produce bajo la cubierta.

Por ejemplo, en una condición de bajo vigor y/o baja densidad de plantas, la radiación logrará traspasar el follaje con facilidad, calentando el suelo, piedras, centrales, etc. con lo que la temperatura al interior de la cubierta tenderá a ser bastante alta. Por el contrario, un alto vigor y/o alta densidad de plantas, que logra interceptar gran parte de la radicación por el follaje, no llegará a temperaturas altas y por el contrario, podría ser más frío que la temperatura ambiente fuera de la cubierta. Es por esto que el manejo de follaje es una herramienta importante para controlar el microclima interno.

La demanda atmosférica (ET°) y por ende la necesidad de riego en condiciones prácticas es menor bajo film (20-30% menos) si se suma el año completo. Esto se debe principalmente al control de viento y menor radiación solar bajo la cubierta. No obstante, esta disminución no es pareja en la temporada, por lo que no se debe tomar como regla. Al inicio de la temporada (si no se regó en invierno) puede existir un déficit de humedad en la zona de raíces por la falta de lluvias (las que caen al centro de la hilera). Esto se ha traducido en brotaciones disparejas, probablemente por un estrés importante durante el receso, con pérdida de raíces y falta de humedad en el suelo al inicio de la primavera.

El uso de agroquímicos bajo cubiertas es un área poco estudiada aún, sin embargo en la práctica se ha logrado racionalizar el uso de fungicidas para control de pudriciones causadas por lluvias cercanas a cosecha. Sin embargo, el control preventivo de *botrytis* en los periodos críticos (floración, ablande y precosecha) se ha mantenido estable, hasta el momento. Los cambios en el microclima y en la acumulación térmica (ver capítulo 2) podrían modificar el ciclo de los insectos, lo que debe ser estudiado con más profundidad.

Costos referenciales de instalación

El costo de la instalación de la cubierta varía según el tipo de plástico y el diseño utilizado. A continuación en el **Cuadro 2**, se detalla el costo referencial de instalación, para un parrón español de uva de mesa con una densidad de 952 plantas por hectárea (3,5 x 3,0 metros).

Cuadro 2. Costo referencial de la instalación de una cubierta plástica de polietileno de baja densidad, para uva de mesa en la zona central de Chile. (Fuente: Serroplast Chile).

Ítem	Unidad	USD* Unidad	Cantidad* Ha	USD* Ha
Film plástico	m^2	0,81	9.550	7.736
Tubetetes PVC (amarra)	kg	3,54	400	1.416
Cubre central superior	Unidad	0,59	952	562
Centrales	Unidad	5,00	952	4.760
Andas	Unidad	4,59	60	275
Alambre	kg	1,12	830	928
Grampas	kg	1,37	16	22
Clavos	kg	0,95	45	43
Mano de obra:				
- Aplomado inicial	Jornada día	37,30	15	559
- Estructura	Jornada día	37,30	60	2.238
- Instalación	Jornada día	37,30	30	1.119
Máquina plástico	Jornada maquinaria	65,27	1	65
Tractor y carro	Jornada maquinaria	68,38	2	137
Gastos operacionales	USD	1.046,00	1	1.046
Total (USD)				**19.859**

Reciclaje del plástico luego de su vida util

La cantidad de plástico LDPE utilizado por hectárea en el caso de las cubiertas en parrones es de alrededor de 2.000 kg. En el caso de los tubetes de PVC se usan alrededor de 450 kg por hectárea. Estos materiales deben ser separados previos a su reciclaje, ya que son procesos diferentes.

La lámina plástica al término de su ciclo contiene una cantidad importante de contaminantes que hacen más complejo el reciclaje. Los productos químicos en el caso de la uva de mesa y el polvo acumulado deben ser removidos mediante lavado. Terminado este proceso el material es reciclado nuevamente a resinas útiles para fabricar otros plásticos. Es importante que el film no presente un grado de deterioro muy avanzado al minuto de su retiro, ya que de ser asi el reciclaje es inviable.

El proceso de reciclaje está dividido en tres etapas, y en cada una se ha contabilizado su costo proporcional en jornadas hombre por hectárea (JH/ha):

- **Retiro del material de su estructura**: se quitan las amarras de la estructura de parrón y del film plástico, en tramos idealmente de 30 metros de largo, el cual se procede a compactar con una máquina especial (enfardadora). Esta labor toma 11 JH/ha.

- **Proceso de enfardado**: esta labor es mecanizada y debe ser realizada idealmente en el cuartel donde se debe reemplazar el plástico. Una máquina puede rendir 2.500 kg por día con 2 operarios (1,25 has/día). **Figura 7**.

- **Envió de fardos a planta de reciclaje**: terminado el proceso de enfardado, los fardos son retirados y llevados a una planta de reciclaje. En este lugar son lavados, chipiados y procesados. Este proceso genera resinas que luego son utilizadas principalmente en la producción de plásticos sólidos.

Figura 7. Reciclaje de plásticos. Arriba, plásticos enfardados en traslado hacia planta recicladora. Abajo, máquina enfardadora. (Foto gentileza de Serroplast).

Capítulo 2

Efectos de las cubiertas plásticas sobre variables microclimáticas

Carolina Salazar-Parra
Bióloga Ambiental, Dra.
carolina.salazar@inia.cl

Gabriel Selles van Schouwen
Ingeniero Agrónomo Dr.
gselles@inia.cl

Bruno Defilippi Bruzzone
Ingeniero Agrónomo Ph.D.
bdefilip@inia.cl

Camila Montano Figueroa
Ingeniero Agrónomo
cami.montano@gmail.com

Alexis Vergara Valderrama
Ingeniero Agrónomo Dr. (c)
alexis.vergara@gmail.com

Valeria García Romo
Ingeniero Agrónomo
vgarcia@subsole.com

Gabriel Marfán Förster
Ingeniero Agrónomo Mg.
gmarfan@subsole.com

La utilización del film plástico produce modificaciones en el microambiente de cultivo que pueden afectar sus condiciones de crecimiento y desarrollo. Entre las modificaciones microclimáticas destacan: factores como el viento, la luminosidad, la radiación, la temperatura y la humedad relativa, modificando la evapotranspiración del cultivo (Moller y Assouline (2007); entre las modificaciones de crecimiento y desarrollo se encuentran modificaciones de los estados fenológicos del cultivo, esto debido principalmente a una modificación en la acumulación térmica (Martínez-Diaz, 2014;), pudiendo adelantar las fechas de cosecha respecto de situaciones al aire libre.

En uva de mesa, la cubierta plástica se coloca sobre la hilera de plantas, en forma de un techo discontinuo, donde la cumbrera está a una altura de 1,5 metros (m), con una separación cercana a 0,5 metros al centro de la entre hilera (para mayor información revisar Capítulo 1).

Al tratarse de una estructura que no es cerrada, es necesario conocer el comportamiento de los parámetros agroclimáticos que generan las cubiertas plásticas, en este tipo de estructuras, tanto en el nivel de temperatura, como de los otros parámetros indicados más arriba. Un aspecto importante relacionado

con la temperatura es el sobrecalentamiento que pudiese dañar la fruta, particularmente en días soleados (Junior *et al* 2011), aun cuando Rana *et al.* (2004), para las condiciones climáticas de Italia, determinaron que la temperatura de los racimos de uva no cubiertos era un grado mayor que aquellos racimos que fueron mantenidos bajo cobertura plástica.

Además, Rana *et al.* (2014) determinaron que la evapotranspiración del cultivo bajo plástico fue menor, pudiendo hacer las plantas un mejor uso del agua disponible en el suelo. Asimismo, estos autores evidenciaron mayores valores de conductancia estomática, es decir, mayor apertura de estomas, en condiciones bajo plástico que al aire libre. Otras experiencias, han observado que el plástico podría reducir la humedad del ambiente. Esto, debido principalmente a que se disminuye la evaporación directa del agua de riego aplicada (Martínez-Díaz, 2014).

También, se ha descrito que otros factores como el viento y la radiación solar han sido modificados por el efecto de las mallas o las cubiertas plásticas. Así, por ejemplo, la velocidad del viento se ha descrito que disminuye entre un 50% al 85%, dependiendo del estudio evaluado (Moller y Assouline, 2007; Novello y Pugliese, 2012, respectivamente), lo que conlleva a una disminución en el consumo de agua en las plantas (para más detalle ver Capitulo 4).

Así también es importante considerar que, al aire libre, la radiación PAR, medida al medio día solar, en el sitio de estudio por medio de un Ceptómetro es de aproximadamente 2000 - 2400 µmoles $m^{-2}s^{-1}$. Para una variedad como Thompson Seedless, la fotosíntesis máxima se produce alrededor de los 1000-1500 µmoles $m^{-2}s^{-1}$ (García de Cortázar *et al.*, 2005), por lo tanto, una disminución menor al 30% no debería afectar los procesos fotosintéticos de la planta (para detalles ver más adelante y en Capítulo 3).

En el presente capítulo se presenta el efecto de la cubierta plástica sobre variables microclimáticas teles como radiación solar, viento y temperatura, y sobre variables agroclimáticas tales como horas frío, días grado y evapotranspiración de referencia.

Los resultados que se presentan a continuación fueron obtenidos en parrones comerciales de uva de mesa, en los cultivares Thompson Seedless y Timco, en un sistema de conducción en parrón español, plantado a 3,5 x 3,0 metros. Una zona del parrón, de aproximadamente 0,5 hectáreas (ha) por tratamiento, fue provista con cobertura plástica, con una ventilación central entre las hileras y otro sector del parronal se mantuvo sin cobertura plástica (**Figura 1**).

Figura 1. Sistema con cubierta plástica en vid para uva de mesa, en el predio Maitenco, San Vicente de Tagua Tagua, Región de O'Higgins (Foto: INIA).

En las variedades analizadas se utilizaron sensores de humedad relativa y temperatura del aire (**Figura 2**) a dos alturas sobre el suelo: (i) a la altura de los racimos (AR) aproximadamente 1.8 metros; y (ii) entre el plástico y el dosel (SF) a aproximadamente 2,2 metros. Además, se recopiló información de radiación global, viento y humedad relativa, registradas en estaciones meteorológicas automáticas ubicadas bajo la cubierta plástica y aire libre, en la variedad Timco.

Figura 2. Sensores de temperatura y humedad relativa utilizados durante el ensayo (Foto: INIA).

Temperaturas, horas frío y días grado bajo cubierta plástica en dos variedades de uva de mesa

Temperatura

La temperatura es un fenómeno ambiental que influye fuertemente en los procesos metabólicos de las plantas y, en consecuencia, en su crecimiento y desarrollo. Los estados fenológicos tales como la brotación, floración, envero y madurez, así como la inducción y diferenciación floral son intermediados por la temperatura. Por lo tanto, las modificaciones microclimaticas producidas bajo el parrón, por el uso de las cubiertas plásticas podrían modificar el crecimiento de las vides.

En la **Figura 3**, se representa la variación diaria de la temperatura del aire, con (líneas azules) y sin cubierta plástica (líneas rojas), durante dos días representativos de los meses de octubre (izquierda) y diciembre (derecha). En esta figura, además, es posible observar la temperatura en dos diferentes alturas de medición bajo el parronal, sobre el follaje (SF) y a la altura del racimo (AR).

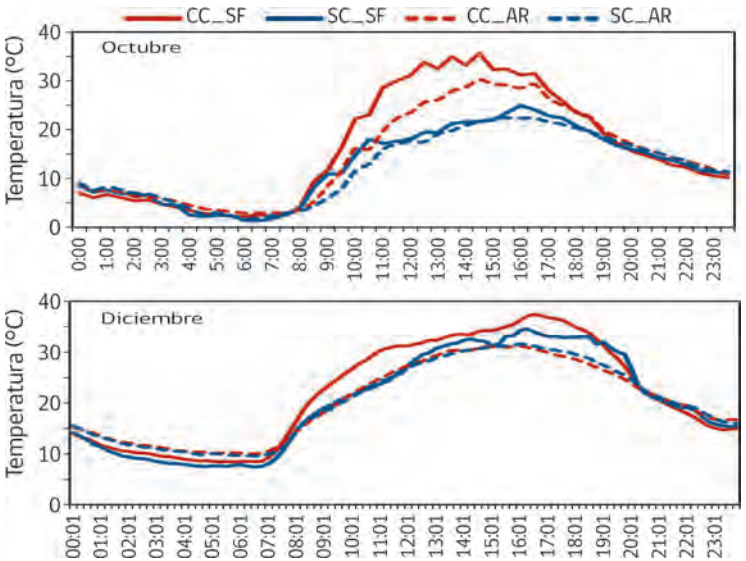

Figura 3. Variación diaria de la temperatura del aire con (azul) y sin cubierta (rojo) en un día representativo de inicios de temporada (octubre, arriba) y del período estival (diciembre, abajo). Predio Maitenco (Región de O´Higgins). CC: Temperatura bajo cubierta; SC: temperatura al aire libre; AR: medición de temperatura a la altura de los racimos (1,8 m); SF: medición de temperatura sobre el follaje (2,2 m).

Durante octubre es posible observar que independiente de la altura de medición, las temperaturas bajo cubierta plástica fueron mas altas que al aire libre, presentando diferencias de temperatura de hasta 14°C en SF y 8,7°C en AR.

Es relevante destacar que en este periodo el parrón se encontraba a 45 días post-brotación y con un 25% de cobertura vegetal. Sin embargo, al observar diciembre, las temperaturas en ambas alturas presentan menores diferencias que las observadas 2 meses antes. Esta etapa correspondía a 104 días post-brotación y presentaba una cobertura vegetal del 85%. Las temperaturas en diciembre presentaron diferencias máximas de 6.6°C en SF y 1°C en AR. Esto nos indica que las temperaturas se ven influidas por la cobertura foliar, etapa de crecimiento de la planta y la temperatura exterior.

Del mismo modo, se analizó la relación entre la temperatura del aire sin cubierta y la temperatura del aire con cubierta plástica (**Figura 4**), esta representación gráfica muestra la distribución de los valores de temperatura (puntos rojos) con relación a una regresión lineal (línea punteada). En octubre (**Figura 4**, izquierda) la temperatura del aire bajo cubierta es superior a la temperatura del aire sin

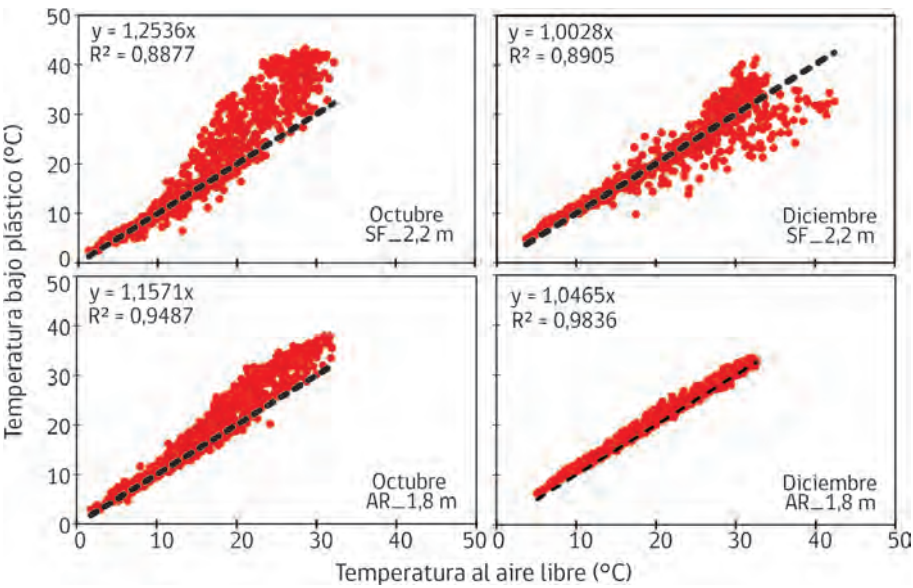

Figura 4. Relación entre la temperatura del aire sin cubierta (eje x) y la temperatura del aire bajo plástico (eje y), en los meses de octubre (izquierda) y diciembre (derecha), a 2,2 m de altura en el follaje (superior) y a 1,8 m de altura, a nivel de los racimos (inferior). La línea negra discontinua representa la relación 1:1, donde x=y

cubierta, independiente de la altura de medición, por sobre la pendiente 1:1. En diciembre (**Figura 4**, derecha) en tanto, las diferencias térmicas no son tan marcadas. En ambos niveles los valores se distribuyen más próximos a la relación 1:1.

Las mayores diferencias de temperatura a la altura de los racimos se producen a fines de invierno, entre brotación y floración (**Figura 5**). Este periodo se caracteriza por un menor desarrollo del follaje del parronal, donde la luz solar ingresa calentando todo el volumen de aire dentro del parronal. Posteriormente, el aumento de la masa foliar hace que las diferencias de temperatura, a la altura de los racimos, bajo cubierta y al aire libre sean menores.

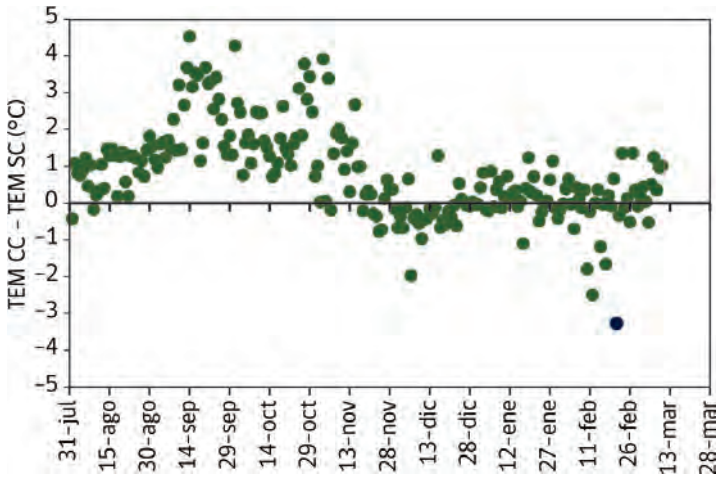

Figura 5. Diferencia de temperatura media diaria con cubierta (TEM CC-, °C) y sin cubierta plástica (TEM SC, °C), entre el 31 de julio 2017 y el 28 de marzo 2018. En la figura se indican los estados fenológicos de brotación, floración, envero y madurez, en el cv. Thompson Seedless. Predio Maitenco, Región de O'Higgins.

Temperaturas mínimas

La vid inicia su latencia invernal a fines de otoño, mientras esta dure la vid no crecerá. La latencia se va debilitando progresivamente por efecto de las bajas temperaturas invernales. Después que la vid ha iniciado su crecimiento en primavera, temperaturas bajo -1,5°C pueden producir daños por heladas. Sin embargo, el período más sensible a las heladas es entre floración y cuaja, donde temperaturas inferiores a -0,5°C pueden causar daño. Las cubiertas plásticas podrían influir en las temperaturas mínimas, pudiendo tener un efecto protector sobre los fenómenos de heladas o influir en las horas frío requeridas durante el invierno.

En la **Figura 6** se presenta la evolución de la temperatura mínima con y sin cubierta plástica, en un parrón de la variedad Thompson Seedless, entre agosto 2017 y marzo 2018. Las temperaturas mínimas bajo cubierta son ligeramente más altas que las medidas al aire libre, con una diferencia promedio de 0,2°C, para agosto, incrementándose a un promedio de 0,9°C entre inicios de brotación y floración y posteriormente mantenerse en un promedio de 0,6°C.

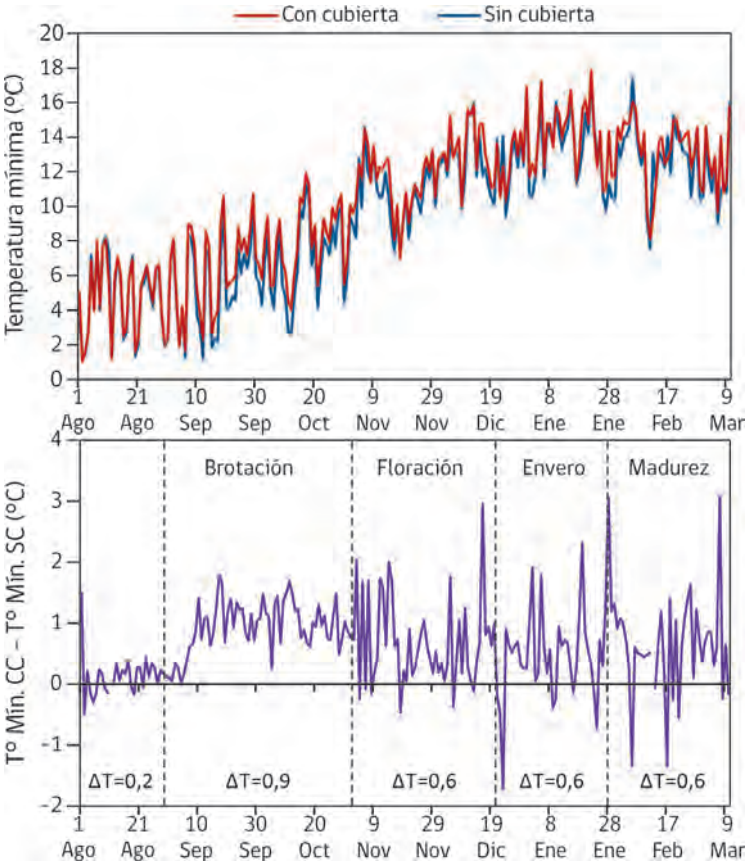

Figura 6. Evolución de la temperatura mínima diaria (arriba), entre el 1 de agosto de 2017 y el 9 de marzo 2018. En la parte inferior de la figura se presenta la diferencia de temperatura mínima (Min) con (CC) y sin cubierta plástica (SC). Predio Maitenco, Región de O'Higgins.

En la **Figura 6** se indican además los estados fenológicos de brotación, floración, envero y madurez, cv Thompson Seedless. Durante las temporadas analizadas no se observaron temperaturas bajo cero. Sin embargo, antecedentes aportados por la Exportadora Subsole, indican que en promedio cuando las temperaturas mínimas

son inferiores a los 0°C, bajo las cubiertas plásticas se observaron temperaturas aproximadamente 0,4°C más que al aire libre.

En respuesta a la radiación solar, la temperatura del aire bajo cubierta se incrementa más rápido que al aire libre (ver **Figura 3**). En este sentido, estos antecedentes pueden señalar que bajo cubierta el efecto de las heladas, al menos las de carácter moderado, se vería atenuado.

Horas Frío (HF)

Se sabe que la latencia de la vid se va debilitando progresivamente por efecto de las bajas temperaturas invernales. En consecuencia, para iniciar la brotación la vid requiere acumular una cierta cantidad de horas frío, entendiendo como tal el tiempo en que la temperatura permanece por debajo de 7°C. La necesidad de acumulación de horas frío en la vid varía entre 500 y 1.400 Horas Frío (HF), dependiendo del cultivar. En el caso de Thompson Seedless diferentes estudios han mostrado valores de horas frío variables según la zona de cultivo, para la zona norte se han reportado valores entre 500 a 800 HF, alrededor de 1.000 HF para la zona central y 430 HF para el área de Aconcagua (Pérez *et al*., 2008).

En la **Figura 7** se presenta la acumulación de horas frío, a partir del 1 de mayo, en un parrón con cubierta y en otro al aire libre. La presencia de cubierta plástica no afectó la acumulación de horas frío, comportándose de forma similar independiente de la cobertura, alcanzando valores entre 800 - 1.000 HF hacia la fecha de brotación (septiembre).

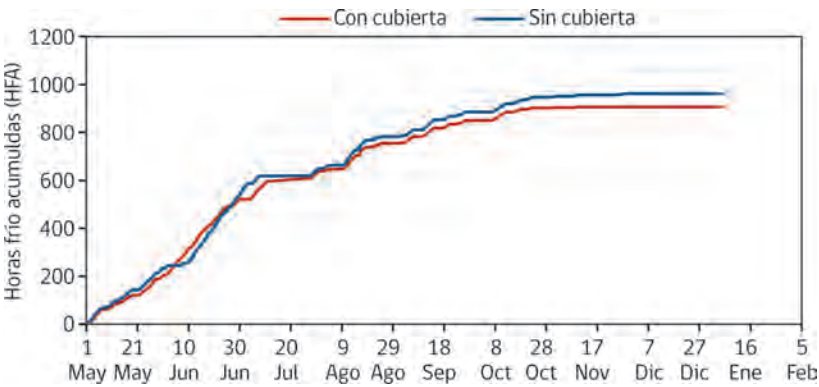

Figura 7. Acumulación de horas frío (base 7°C) a partir del 1 de mayo en un parrón con cubierta plástica y un parrón al aire libre, cv Thompson Seedless. Predio Maitenco, Región de O'Higgins (Temporada 2016/17).

Temperaturas máximas

No sólo las mínimas se verán influenciadas por el uso de los plásticos, también las temperaturas máximas podrían tener un efecto "invernadero". Los procesos bioquímicos y fisiológicos de las plantas se desempeñan en forma óptima en un rango de temperaturas, cuando la temperatura de la cubierta vegetal excede ese rango óptimo, los procesos se pueden ver afectados.

Por ejemplo, el rango óptimo de funcionamiento del sistema fotosintético de la vid varía entre 20 y 36°C. Las temperaturas sobre estos rangos podrían generar un sobrecalentamiento que pudiese dañar la fruta. En la **Figura 8** se presenta la evolución de la temperatura máxima (Tmax) con y sin cubierta plástica, en

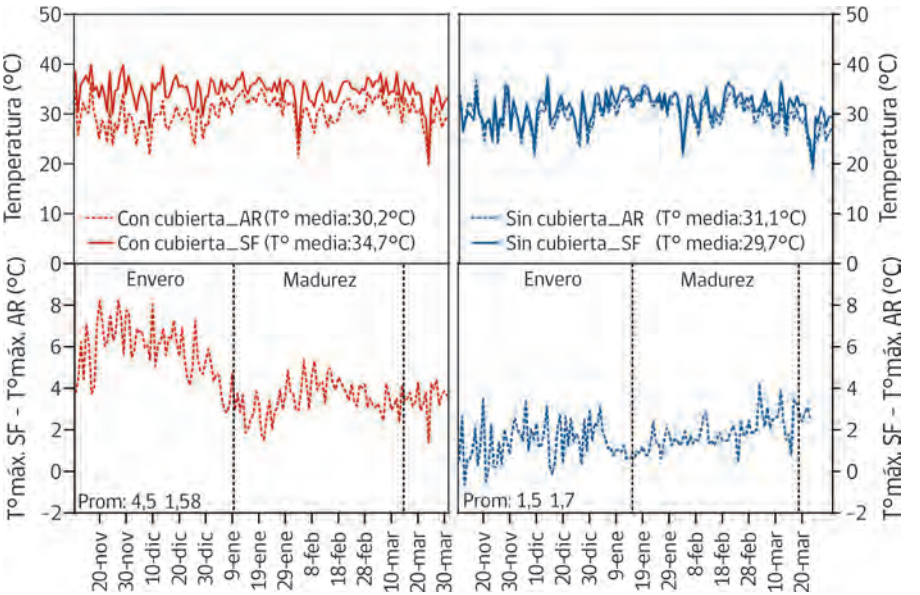

Figura 8. Evolución de la temperatura máxima diaria (superior), entre el 11 de noviembre de 2016 y el 31 de marzo 2017, con cubierta (izquierda) y sin cubierta (derecha), a 2,2 m de altura, en el follaje (SF), y la línea discontinua la temperatura a 1,8 m (altura de los racimos, AR). En la parte inferior de la figura se presenta la diferencia de temperatura máxima entre el follaje y la altura de los racimos. En la figura se indican además los estados fenológicos de, envero y madurez, cv. Timco Seedless. Predio Maitenco, Región de O'Higgins.

un parrón del cv. Timco, entre noviembre de 2016 y marzo 2017, medida a dos alturas AR y SF. En la parte inferior de la misma figura se presenta la diferencia de temperaturas, entre los dos niveles, con cubierta (izquierda) y sin cubierta (derecha).

La temperatura máxima en el follaje es mayor que a la altura de los racimos. En el caso del plástico la diferencia es en promedio de 4,5°C y sin plástico de 1,5°C. Es decir, hay una mayor acumulación de calor en el follaje bajo plástico. Interesante ver que, en el período señalado, la diferencia promedio de temperatura máxima a la altura de los racimos es de sólo 0,5°C bajo plástico respecto del aire libre. Esto probablemente asociado al sombreamiento que hacen las capas de hojas superiores. Dentro del follaje (2,2 m) la diferencia promedio de las temperaturas máximas con y sin plástico es mayor, de 3,6°C.

Cabe señalar que bajo cubierta plástica, en las condiciones de este trabajo, la temperatura máxima no superó los 40°C. En otras condiciones ambientales, con veranos más cálidos que la zona del presente trabajo, probablemente requieran de la apertura temporal de la cubierta plástica, cuando la temperatura del follaje sobre pase 40°C, para evitar posible estrés térmico.

Días Grado

Las temperaturas sobre 10°C para la vid cumplen un rol importante, ya que son necesarias para su crecimiento. En términos prácticos para poder ver este proceso se determinan los Días Grado (DG). Desde la brotación a la madurez y cosecha, la vid pasa por diferentes estados fenológicos, las que están relacionados con las temperaturas que se presentan desde que la planta ha finalizado su acumulación de frío invernal para romper el receso. El término Días Grado corresponde a la suma térmica, por sobre cierto valor umbral, que en el caso de la vid es de 10°C.

En la **Figura 9**, se presenta la acumulación de DG en un parronal con y sin cubierta plástica. Consecuente con la mayor temperatura del aire en el parronal bajo plástico, la acumulación de DG es más acelerada en este sistema de cultivo, permitiendo que los procesos fenológicos se adelanten respecto del aire libre.

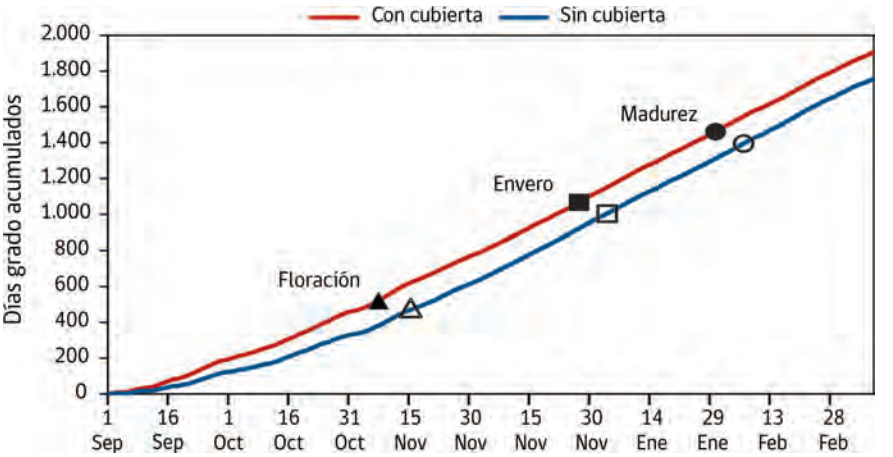

Figura 9. Acumulación Días grado (base 10°C) a partir de brotación (1 septiembre) en un parrón con cubierta plástica y un parrón al aire libre. (Sin cubierta), cv Thompson Seedless. Predio Maitenco, Región de O'Higgins (Temporada 2017/18). En el gráfico se muestra la fecha de ocurrencia de los principales estados fenológicos (floración, envero y madurez).

Parámetros micrometeorológicos bajo cubierta plástica

Radiación solar

La fotosíntesis es la base del proceso productivo y está directamente relacionada con la energía solar. Durante la mañana, pocas horas después de la salida del sol, las plantas abren sus estomas produciéndose el intercambio gaseoso (captación de CO_2 y pérdida de agua por transpiración) y la producción de fotoasimilados, los cuales son esenciales para el desarrollo y calidad de la fruta.

La intercepción de la radiación solar, debida a las cubiertas plásticas, podría alterar el intercambio gaseoso. Sin embargo, esto dependerá directamente de la magnitud de disminución de la radiación global (Rg) que dependerá del espesor y tipo de plástico, pudiendo variar entre 20% y 40%. En ciertas circunstancias esta reducción sería favorable, ya que excesos de luz (estrés lumínico) pueden traducirse en fotoinhibición, con la consecuente disminución de la capacidad fotosintética, mermando la producción de la planta.

La evolución diaria de la radiación solar (Rs), para dos fechas representativas en invierno (mayo 2017) y primavera (diciembre de 2017) se presenta en la **Figura 10**. La intercepción de la cubierta plástica disminuye la intensidad de la radiación solar, logrando una menor intensidad diaria. La variación de esta interceptación dependerá de las características de transmitancia del material utilizado (espesor, componentes químicos del material, entre otros).

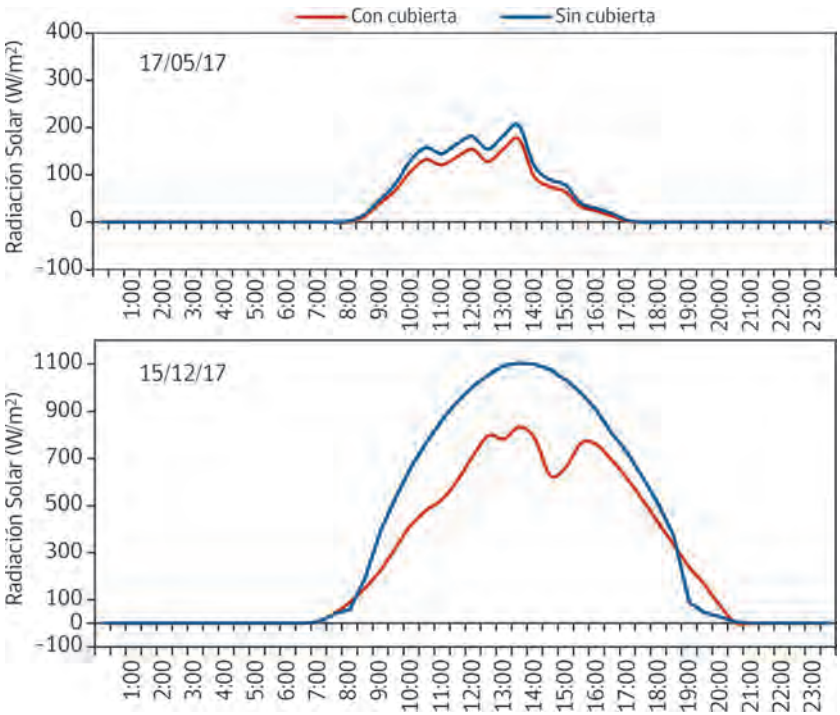

Figura 10. Variación diaria de la radiación solar (Rs, W/m^2) sin cubierta y bajo cubierta plástica, en dos días representativos de la temporada 2017/18. Predio Maitenco (Región de O'Higgins).

En el caso de los días de mayo presentados en la **Figura 10**, en mayo, la intensidad máxima al aire libre llega a los 200 W/m^2, en tanto, bajo plástico esta es de 180 Wm^2, lo que corresponde a un 10% menos. En diciembre, al aire libre la intensidad máxima llega 1.100 W/m^2, y bajo plástico a 811 W/m^2, correspondiente a 26% menos.

Al interior de la **Figura 11** se presenta la evolución temporal (MJ/m^2/día) que recibe el parronal al aire libre y bajo cubierta. Esta energía es utilizada por las plantas tanto en el proceso fotosintético como en el proceso de evapotranspiración.

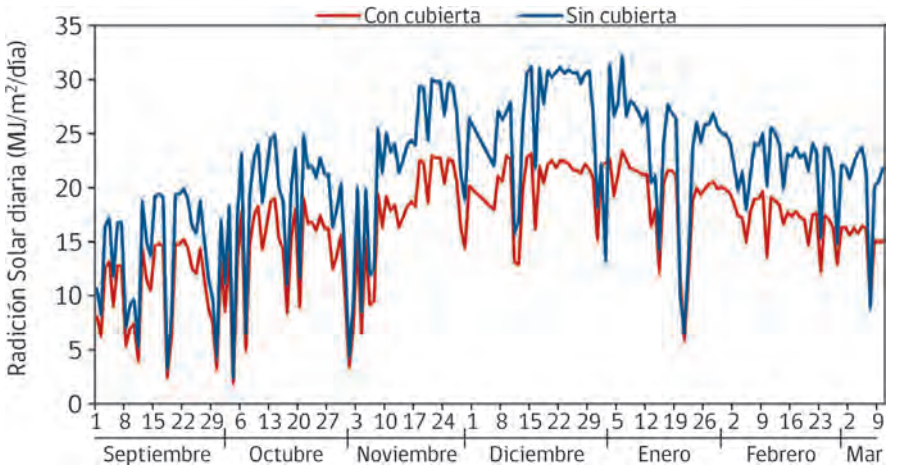

Figura 11. Evolución estacional de la energía recibida por el parronal (Mj/m²/día) en condiciones con cubierta y sin cubierta plástica.

La mayor energía recibida corresponde a diciembre, con cerca de 30 Mj/m²/día, en condiciones de aire libre y de 22 MJ/m²/día, bajo cubierta plástica. La relación, entre la energía recibida bajo la cubierta plástica y al aire libre es constante a lo largo de la temporada, llegando a un 76% (**Figura 12**), ya que depende sólo de las propiedades del material que se utilice.

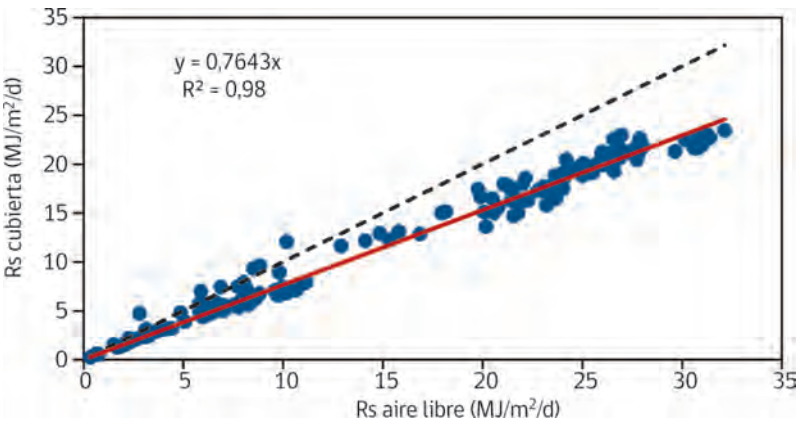

Figura 12. Relación entre la energía recibida por el parronal al aire libre (Rs aire libre, MJ/m²/d)) y la energía recibida bajo cubierta plástica (Rs cubierta (Mj/m²/d). Bajo cubierta la energía recibida corresponde al 76,4% de las condiciones al aire libre (y= 0,76 x). (La línea negra discontinua representa la relación 1:1, donde x=y).

Viento

El viento podría influir en el crecimiento de las plantas, desarrollo foliar, apertura estomática, y/o la transpiración por la remoción de capas de aire desde la cubierta vegetal, entre otros factores

En la **Figura 13** se presentan dos días representativos (septiembre y enero) del comportamiento de la velocidad del viento al aire libre y bajo cubierta plástica. Como se ve en la figura, la cubierta plástica atenúa la velocidad del viento, actuando como una protección mecánica.

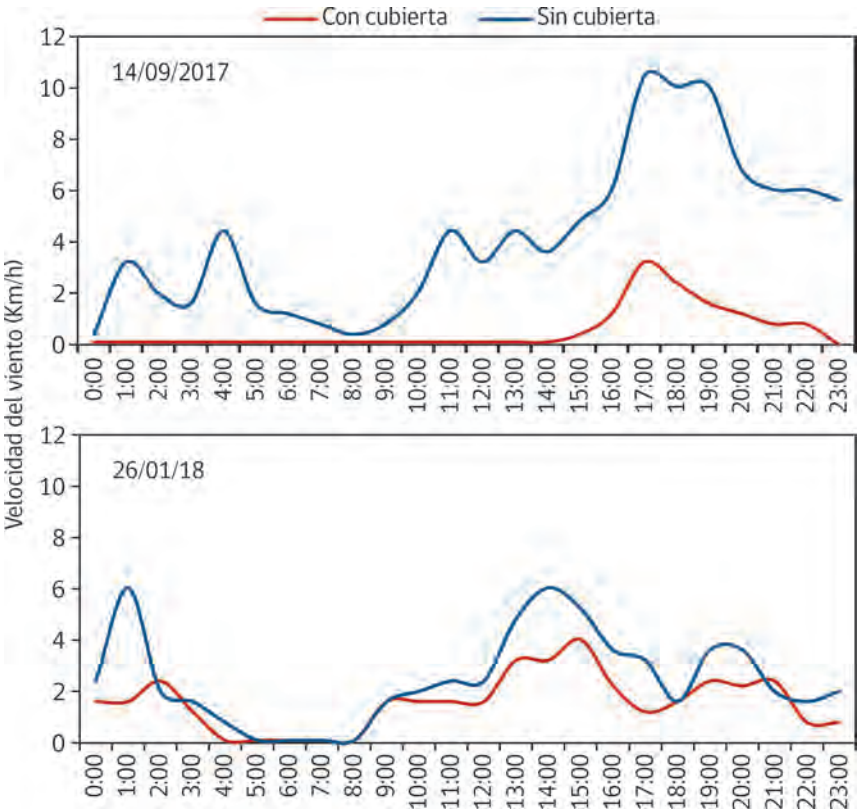

Figura 13. Efecto de la cubierta plástica, sobre la velocidad del viento (Km/h), en dos días representativos de primavera (14 de septiembre) y verano (26 de enero). Predio Maitenco (Región de O'Higgins).

Sin embargo, no en todos los días de la temporada el viento se ve atenuado, presentándose en algunos de ellos velocidades de viento similares al aire libre, como bajo cubierta plástica (**Figura 14**), principalmente esto se observa en meses de primavera e inicios del verano. Lo anterior, podría estar relacionado a la dirección del viento, respecto de la orientación de las cubiertas.

Sin embargo, en resumen, las cubiertas plásticas atenúan la velocidad del viento, al interior del parronal, al actuar como barrera mecánica que frena o detiene el paso del viento.

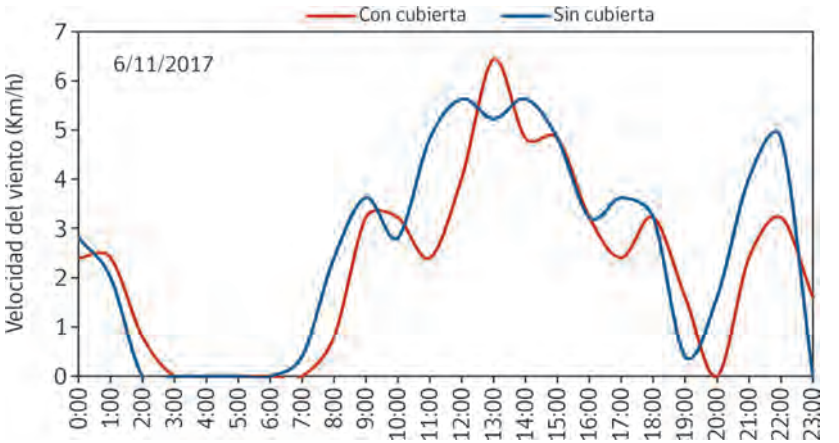

Figura 14. Efecto de la cubierta plástica, sobre la velocidad del viento (Km/h), el 6 de noviembre de 2017. Predio Maitenco (Región de O'Higgins, Chile).

Humedad relativa del aire

La humedad relativa (HR) es otro factor que se puede ver afectado por el uso de cubiertas plásticas.

La 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". La HR del aire, interviene en los procesos de transpiración de las plantas, vía incremento o reducción del déficit de presión de vapor, y también en el posible desarrollo de enfermedades, como *Botrytis*.

En diciembre y febrero, la HR del aire bajo cubierta es ligeramente más alta que al aire libre durante el curso del día. Sin embargo, estas diferencias son mínimas, no mayores del 6% entre el sistema con cubierta y sin cubierta, como se muestra en la **Figura 15**.

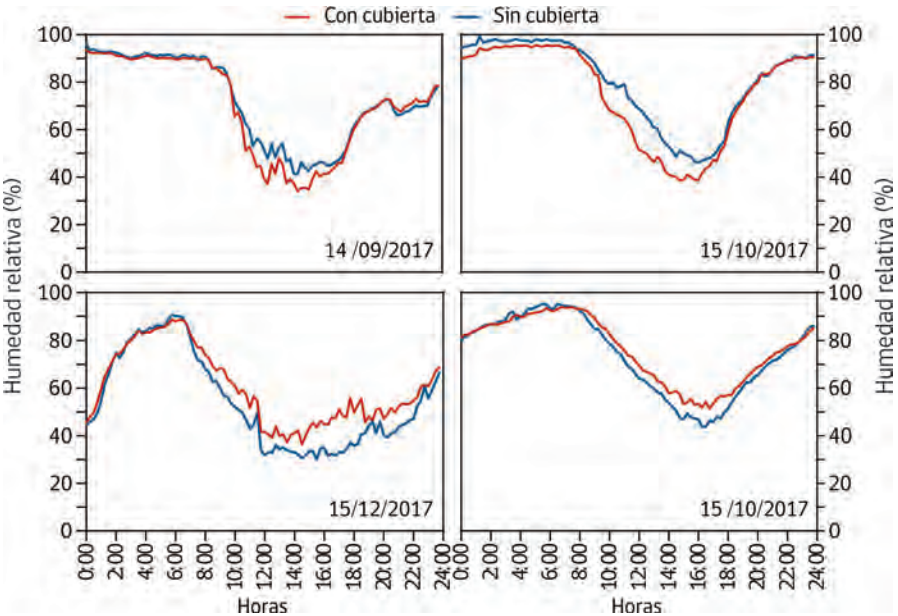

Figura 15. Variación diaria de la Humedad relativa del aire con y sin cubierta de plástico, en períodos representativos de inicios de temporada (septiembre y octubre) y del período estival (diciembre y febrero). Predio Maitenco (Región de O'Higgins).

En la **Figura 16** se presenta la evolución diaria de la HR con y sin cubierta plástica para días representativos de septiembre, octubre diciembre y febrero. La humedad relativa máxima es muy similar en ambas situaciones, en todos los meses, sobre el 90% a las 6.00 de la mañana.

En septiembre y octubre, en el curso del día la HR bajo cubierta plástica es ligeramente más baja que la medida al aire libre, para igualarse alrededor de las 18.00 a 19.00 horas. Mientras que, en diciembre y febrero, la situación es a la inversa, la HR del aire bajo cubierta es ligeramente más alta que al aire libre en el curso del día. Sin embargo, estas diferencias son mínimas, no mayores del 6% entre el sistema con cubierta y sin cubierta, como se muestra en la **Figura 16.**

El comportamiento diferente, a partir de noviembre, puede estar relacionado con el grado de cubrimiento (desarrollo del follaje) del parrón bajo plástico, que fue mayor que en comparación a un parronal al aire libre, generando un ambiente ligeramente más húmedo.

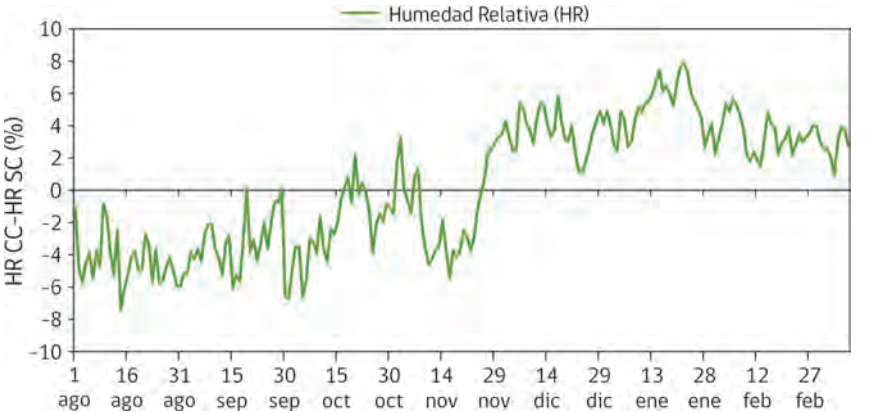

Figura 16. Diferencia diaria de la humedad relativa (HR) media del aire en un parronal con cubierta plástica y al aire libre (HR CC-HR SC (%)) en el curso de la temporada 2017/18. Valores negativos indican que la HR media diaria del parronal con cubierta es menor que al aire libre, los valores positivos indican que la HR del aire del parrón cubierto es mayor que al aire libre. Las diferencias entre ambos no superan al 8 %. Predio Maitenco (Región de O'Higgins, Chile).

En el **Cuadro 1** se presenta los valores medios diarios de Humedad Relativa del aire del parronal con y sin cubierta plástica, en dos periodos pre floración y post floración.

Cuadro 1.

Fecha	HR media diaria (%) Bajo cubierta plástica	HR media diaria (%) Sin cubierta
Pre- floración 01-08 al 14 -11	69,4±8	72,4 ±9
Post- floración 14-11 - 01-03	59,7±3	56,5 ±3

En términos prácticos, los efectos de la cubierta, sobre la humedad relativa del aire al interior del parronal, son mínimos.

Evapotranspiración de referencia bajo cubierta plástica y aire libre

Factores ambientales, tales como la radiación solar, el viento, la temperatura y la humedad relativa del aire, determinan la demanda de atmosférica por agua, lo que se expresa a través de la evapotranspiración de referencia (ETo).

La ETo se calcula mediante la ecuación de Penmam-Monteith , definida por la siguiente expresión:

$$ETo = \frac{0.408 \times (Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} \times U_2 \times (ea - ed)}{\Delta + \gamma \times (1 + 0.34 \times U_2)}$$

Donde:

ETo : Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm d^{-1})
Rn : Radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m^{-2})
G : Flujo de calor del suelo (MJ m^{-2})
T : Temperatura diaria media (°C)
γ : Constante psicrométrica (KPa $°C^{-1}$)
U_2 : Velocidad del viento a 2 m del suelo (m s^{-1})
$(e_a - e_d)$: Déficit de presión de vapor (Kpa)
Δ : Pendiente de la curva de presión de vapor (KPa $°C^{-1}$)

A partir de los diferentes parámetros que definen la ecuación de Penmann-Monteith (Radiación solar, temperatura del aire, Humedad relativa y viento), medidos bajo plástico y al aire libre, se procedió a calcular la ETo en ambas situaciones, durante toda la temporada (septiembre a marzo).

En la **Figura 17** se presenta la relación entre la ETo calculada en condiciones de aire libre y bajo cubierta plástica.

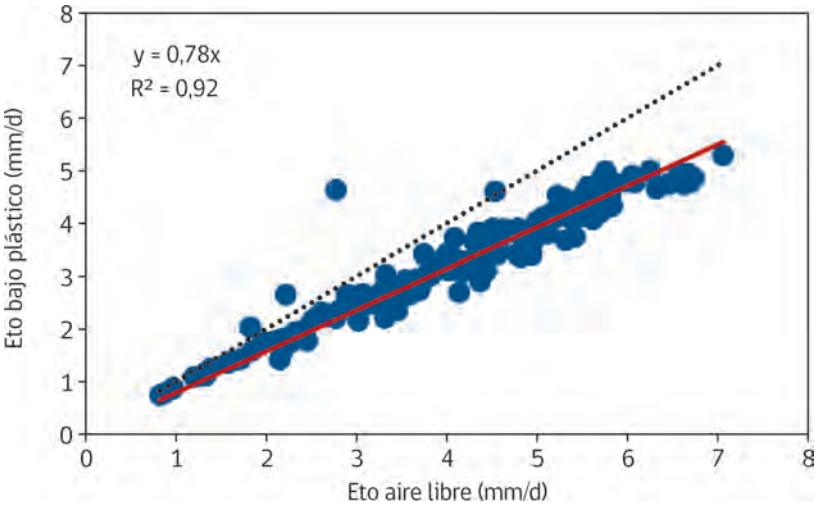

Figura 17. Relación entre la Evapotranspiración de referencia (ETo) calculada por la ecuación de Penman-Monteith, bajo plástico y al aire libre (ETo bajo plástico = 0,78 x ETo al aire libre). Predio Maitenco, Región de O´Higgins (Temporada 2017/18). La línea negra discontinua representa la relación 1:1, donde x=y.

El efecto de la cubierta plástica, sobre la demanda atmosférica por agua significa una disminución de 22% de la ETo respecto a la situación de aire libre.

Capítulo 3

Respuestas fisiológicas y productivas del uso de cubiertas plásticas en el cultivo de la uva de mesa

Carolina Salazar-Parra
Biologa Ambiental, Dra.
carolina.salazar@inia.cl

Gabriel Selles van Schouwen
Ingeniero Agrónomo Dr.
gselles@inia.cl

Camila Montano Figueroa
Ingeniero Agrónomo
cami.montano@gmail.com

Alexis Vergara Valderrama
Ingeniero Agrónomo Dr. (c)
alexis.vergara@gmail.com

Introducción

Chile es un país con una amplia variedad de climas, lo que ha permitido posicionarlo como un importante exportador de frutas frescas a nivel mundial. Según la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (Odepa), desde la región de Atacama a Los Lagos, existen 294.000 hectáreas dedicadas a la fruticultura donde se producen alrededor de 5 millones de toneladas y de ese total, más de la mitad se exporta como fruta fresca.

Durante el 2017 las frutas frescas fueron el principal sector exportador, dentro del rubro agropecuario liderado por las uvas (29%), manzanas (15%), cerezas (12%), arándanos (11%) y paltas (11%). La fruta fresca chilena es consumida principalmente en los mercados de América del Norte, Asia y Europa (DIRECON - ProChile, 2018). Sin embargo, los actuales y futuros cambios en el clima están condicionando la fruticultura, y en especial la viticultura, volviéndola más vulnerable.

INIA en conjunto con la Exportadora Subsole desarrollaron desde 2015 al 2018 un proyecto para evaluar el uso de cubiertas plásticas en la producción de uva de mesa. Este proyecto se desarrolló en la Región de O´Higgins, específicamente en la localidad de San Vicente de Tagua Tagua (**Figura 1**).

Durante tres temporadas agrícolas se realizó una evaluación sistemática, sobre el uso de cubiertas plásticas en uva de mesa, como una nueva y prometedora tecnología que puede beneficiar la producción y calidad de la producción de uva de mesa en Chile. Se instalaron cubiertas plásticas (para detalles ver Capítulo 1) en dos variedades de uva de mesa, Thompson Seedless y Timco. La primera variedad es blanca con gran presencia en la producción y exportación nacional. Timco Seedless, en cambio, es una variedad roja relativamente nueva en el mercado. Ambas variedades contaron con controles al aire libre que permitieron comparar los efectos de la cubierta plástica, con condiciones normales de producción de uva de mesa.

Figura 1. Toma aérea del lugar, donde se realizaron los ensayos. Predio Maitenco, San Vicente de Tagua Tagua, Región de O'Higgins (Foto: INIA).

Calidad e interceptación de la luz bajo cubierta plástica

Con las cubiertas plásticas la calidad e interceptación de la luz es un factor relevante, debido a que desde este parámetro pueden cambiar las condiciones de crecimiento de la planta y la calidad final del fruto.

La luz puede afectar el crecimiento y desarrollo de las plantas, porque es la fuente de energía necesaria para los procesos fotosintéticos. Las plantas poseen fotorreceptores que permiten utilizar la información entregada por la luz. Esta

información puede ser la cantidad de luz, expresada en fotones; la irradiancia o incidencia de la luz sobre las plantas por unidad de tiempo y superficie; la composición espectral; la dirección o el fotoperiodo.

Más aún, es importante considerar que la luz natural no es monocromática, sino que se compone de diferentes bandas espectrales, lo que varía según la condición es la proporción de estas bandas (Casal, 2013). El uso de plásticos puede hacer variar la información que la luz hace llegar a las plantas, por lo que es relevante determinar las diferencias en la información recibida por las plantas bajo cubierta respecto al aire libre.

Para determinar cómo influye el plástico, sobre el paso de la luz y su composición se evaluaron las características del espectro de la luz transmitida por el plástico, utilizando un espectroradiometro (Cl-500A, Konica Minolta, Japón).

La **Figura 2** muestra la distribución de la radiación respecto a la longitud de onda medida al aire libre y bajo la cubierta plástica. La medición se realizó, entre el plástico y el dosel, con el fin de determinar cuanta luz es filtrada sólo por efecto de la cobertura plástica, sin considerar el efecto de la cobertura foliar.

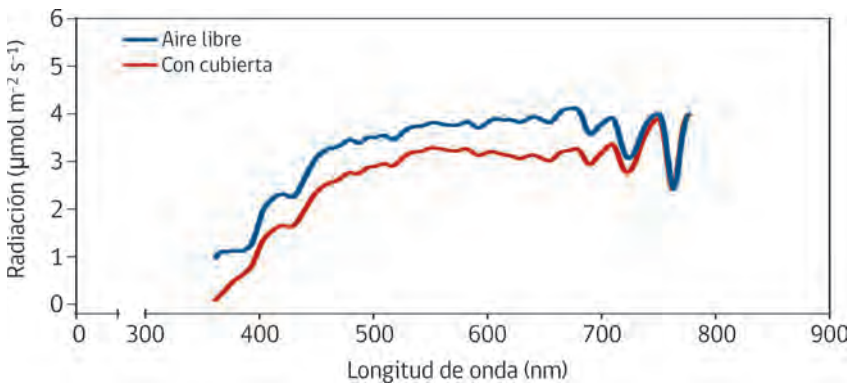

Figura 2. Distribución de la radiación respecto a la longitud de onda medida al aire libre (azul) y con cubierta plástica (rojo). Mediciones realizadas a medio día solar (13:00 hrs) a inicios de envero.

En la **Figura 2** se observa que entre 400 y 700 nanómetros (nm) la radiación se ve claramente atenuada bajo plástico, siendo la atenuación del rango del 20-25% en promedio. El rango comprendido entre los 400 y 700 nm, corresponde a la radiación fotosintéticamente activa o PAR (por sus siglas en ingles), por lo que una atenuación de la radiación podría considerarse perjudicial en el creci-

miento de las vides. Esta medición se corrobora con los datos obtenidos al medir directamente la interceptación de la radiación PAR, al aire libre y bajo el plástico (sin cobertura foliar) mediante un ceptometro. Según los datos obtenidos la disminución de la PAR en promedio fue de aproximadamente un 25%.

En todas las plantas la fotosíntesis es un proceso clave, donde la energía lumínica tiene un rol principal. Dependiendo del tipo de plástico y su grosor, la radiación solar bajo el plástico puede disminuir (ver Capítulo 3 para más detalles), específicamente en un plástico de casi 3 años, la radiación puede disminuir hasta en un 25% (según datos obtenidos en la Región de O'Higgins durante octubre 2018)

La vid, en general, requiere entre 1000-1500 de radiación fotosintéticamente activa, PAR, para lograr su tasa asimilación de CO_2 máxima (García de Cortázar, *et al*., 2005), y en la zona central de Chile pueden llegarse a valores de entre 2000-2400 PAR a mediodía (Datos obtenidos en campo para la Región de O'Higgins). Por lo tanto, una reducción de casi el 25% de la PAR mantendría la suficiente radiación (±1600 PAR) para que las vides alcancen su fotosíntesis máxima. Más aun, esta disminución de la radiación puede ser favorable en ambientes y/o determinados momentos, donde, debido a los excesos de radiación, puede producirse en las vides foto inhibición, es decir, una disminución en la tasa de fotosíntesis que puede ocurrir cuando el flujo de fotones es superior al requerido para la fotosíntesis (Long *et al*., 1994).

Se expuso que la disminución en la cantidad de radiación en la zona de estudio no debería haber afectado las tasas fotosintéticas. Pese a ello, es relevante evidenciar si el plástico podría afectar parámetros importantes para el desarrollo de la planta, como la relación entre el rojo y el rojo lejano (R:RL) o el azul y rojo (A:R) que son relevantes en el desarrollo fotomorfogénico de las plantas (Del Ángel-Hernández *et al*, 2017).

En la **Figura 3** se observa la relación R:RL medida como radiación transmitida por el plástico y aire libre. Para ello, se midió la relación bajo plástico en dos zonas. La primera bajo la cubierta plástica, sobre el dosel o canopia, con el objetivo de identificar el efecto dado solo por la cobertura plástica. Mientras que la segunda, se realizó bajo el dosel, en la que se unieron el efecto de la cubierta plástica y la cubierta foliar. Es predecible que bajo la cubierta plástica o el dosel los valores de R:RL sean menores que al aire libre.

Ahora bien, la disminución por efecto de la cubierta plástica fue de alrededor del 20%, llegando hasta el 50% cuando se realizó la medición bajo el dosel.

La relación R:RL es utilizada por las plantas como una señal de proximidad con otras plantas y de sombreado (Tegelbertg *et al*, 2004), siendo su disminución determinante para que la planta adapte medidas frente a estas condiciones.

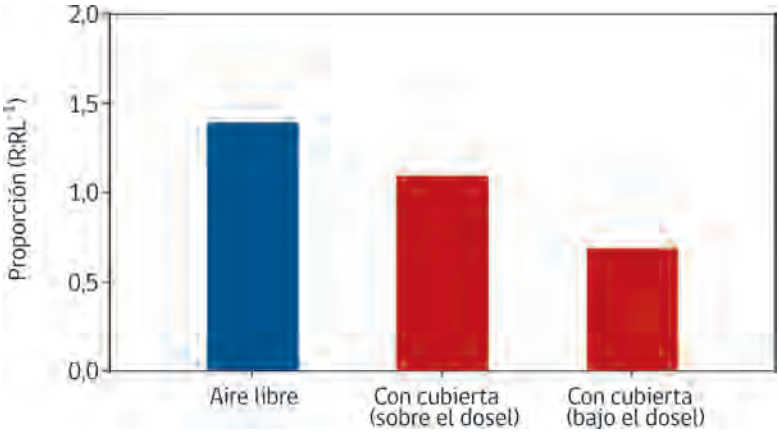

Figura 3. Relación entre rojo/rojo lejano(R:RL) al aire libre y en plástico, medidas realizadas al aire libre y plástico (sobre y bajo el dosel) a medio día solar a inicios de envero.

Efectos de la cubierta plástica sobre la fenología en uva de mesa

La modificación de la radiación que producen las cubiertas plásticas podría reflejar cambios en estados fenológicos claves para el desarrollo de la planta. Más aún, si se considera lo descrito con anterioridad en el Capítulo 2, sobre modificaciones microclimáticas, la fenología podría ser clave para determinar los efectos de la cubierta plástica sobre el desarrollo de la uva de mesa.

Según los resultados de este estudio, descritos en el Capítulo 2, el microclima de cultivo bajo la cubierta plástica se modificó, logrando variaciones en las temperaturas durante el desarrollo de la plantas. Si bien el Capítulo 2 trata en detalle los cambios microclimáticos, observados durante el desarrollo de los ensayos, es relevante para este capítulo detallar que las variaciones diarias de temperatura, sobre todas aquellas medidas a la altura de los racimos (1,8 m), fueron de comportamiento estacional y,en cierta medida, relacionadas con el desarrollo de la cobertura foliar del parrón.

El plástico permitiría mantener una menor variación de las temperaturas, amainando las temperaturas cálidas y protegiendo de las temperaturas bajas. Sin embargo, el sombreamiento del parrón, es decir, el paso de la luz a la altura de los racimos podría influir en estos resultados, sobre todo al momento de reducir la temperatura exterior en épocas más cálidas como diciembre.

El seguimiento de los estados fenológicos, en las variedades involucradas, en estos ensayos, mostró los primeros efectos de las cubiertas plásticas. Las fechas de brotación, floración, envero y cosecha, tanto en Timco, como en Thompson Seedless (**Figura 4**, izquierda) se adelantaron por efecto de la cubierta plástica. Ocurriendo entre 6 y 7 días después en los parronales, sin cubierta plástica, en ambas variedades. No obstante, los estados fenológicos no se ven afectados, es decir, no ocurre un acortamiento de los periodos fenológicos, sino que simplemente el ciclo se adelanta una semana.

Figura 4. Racimo de Thompson Seedless el 15 de noviembre 2017 sin cubierta plástica (izquierda) y con cubierta plástica (derecha) (Foto C. Salazar):

Este adelantamiento producido, en la ocurrencia de los estados fenológicos, en las plantas bajo cubierta plástica, puede estar relacionado con la mayor acumulación de días grado producido bajo la cubierta plástica. A modo de ejemplo,

en la **Figura 5** se observa la acumulación de días grado (**Figura 5**, derecha) en la variedad Timco, y su fenología (izquierda) observándose que se produce aproximadamente una semana de adelantamiento bajo la cubierta plástica en comparación al aire libre (**Figura 5**, izquierda).

Etapa fenológica		Semanas
Brotación	Con cubierta	2da septiembre
	Sin cubierta	2da septiembre
Floración	Con cubierta	1era noviembre
	Sin cubierta	2da noviembre
Envero	Con cubierta	2da enero
	Sin cubierta	3ra enero
Madurez	Con cubierta	1era marzo
	Sin cubierta	2da marzo

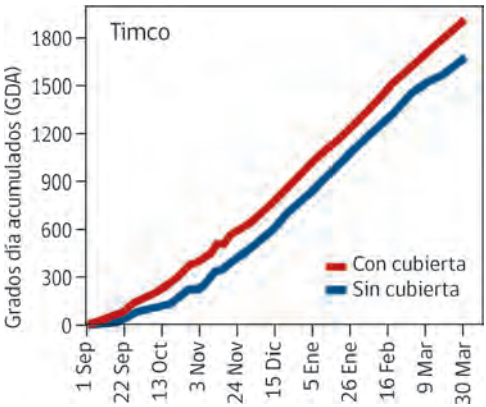

Figura 5. Etapas fenológicas y fechas (izquierda) y grados día acumulados (derecha) en el cv.Timco bajo cubierta plástica y aire libre en la Región de O'Higgins, durante la temporada 2017-2018.

El crecimiento de brotes también ocurre con mayor rapidez bajo cubierta. En la **Figura 6** se muestra la evolución del porcentaje de interceptación de luz dentro del parrón en ambas condiciones. El porcentaje de intercepción de luz es un reflejo del desarrollo de la masa foliar (desarrollo de brotes y de hojas). La intercepción de la radiación solar es mayor y se produce más rápidamente bajo plástico que al aire libre desde inicios de brotación, dada las mejores condiciones térmicas en primavera. Estas condiciones favorecen la fotosíntesis, particularmente, en los primeros estados de desarrollo que incluyen en la floración y cuajado de bayas.

Más en detalle, la **Figura 6** muestra la evolución de la intercepción de la radiación solar para los dos cultivares evaluados. Para Thompson, por ejemplo, en floración se observó un porcentaje de interceptación de 78% bajo cubierta frente a un 67% al aire libre. Del mismo, modo para Timco a principios de diciembre, bajo cubierta existía un 96% de cobertura frente a un 78% al aire libre. Esta información refleja que el manejo del follaje bajo plástico debe ser vigilado para evitar un excesivo sombreamiento del parrón, lo que puede afectar la toma de color en un cultivar, como Timco y otras variedades coloreadas, como Scarlota, Red Globe, Crimson Seedless, entre otras.

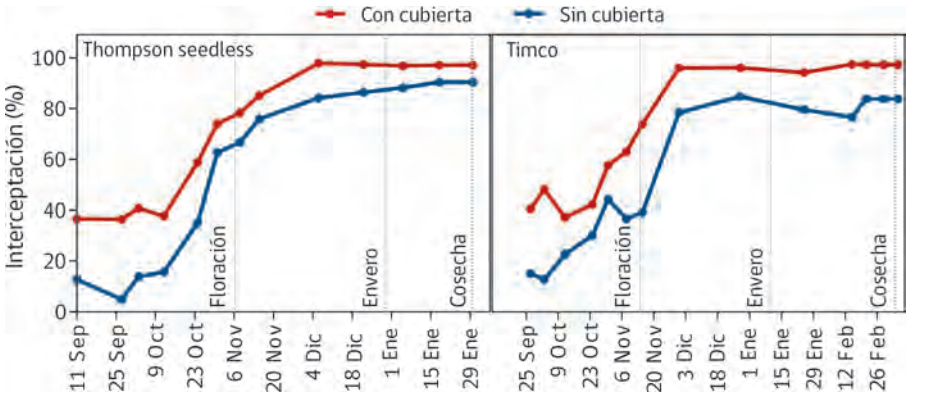

Figura 6. Interceptación del paso de luz (%) en Thompson Seedless (izquierda) y Timco (derecha) bajo condiciones de cubierta plástica y aire libre en ensayos realizados en 3 temporadas en la Región de O'Higgins.

El paso de la luz hacia las hojas y racimos en el parrón, sumado a las modificaciones microclimáticas podría haber afectado la fotosíntesis y los procesos relacionados con ella, con este fin, durante el desarrollo del estudio se evaluaron dos parámetros que permiten estimar el funcionamiento del aparato fotosintético de las plantas. Uno de ellos se determinó mediante fluorescencia de clorofilas, lo que permitió determinar la eficiencia fotoquímica máxima del fotosistema II, comúnmente denominada Fv/Fm (**Figura 7**, derecha). En situaciones de estrés o cambios ambientales, Fv/Fm suele ser un excelente indicador para ver el estado fotosintético de la planta.

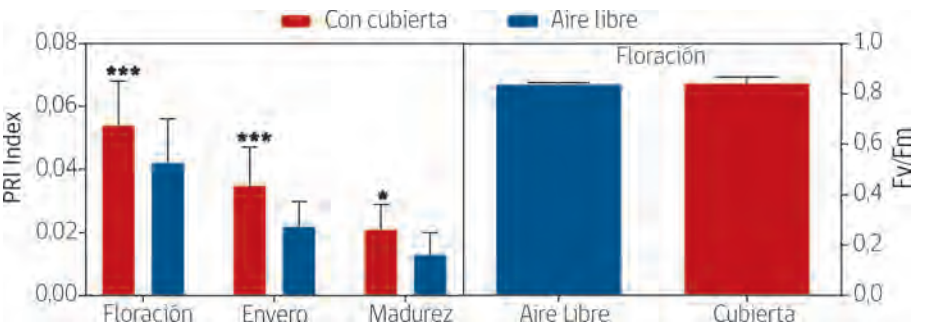

Figura 7. PRI Índex (izquierda) y Fv/Fm (derecha) determinadas en floración, envero y madurez en la variedad Thompson Seedless bajo cubierta plástica y aire libre en ensayos realizados en la Región de O'Higgins, durante 3 temporadas agrícolas.

Los resultados presentados en la **Figura 7** sugieren que bajo la cubierta plástica la eficiencia del fotosistema II no registro diferencias significativas respecto al aire libre, ya que los valores de Fv/Fm al momento de la floración, en la variedad Thompson Seedless, son similares en ambas situaciones.

Un segundo parámetro utilizado para evaluar el proceso fotosintético fue el Índice de Reflectancia Fotoquímica (PRI, por sus siglas en Ingles). El PRI es sensible a los cambios en los pigmentos carotenoides que son indicativos de la eficiencia del uso de la luz fotosintética, la tasa de absorción de dióxido de carbono o como un índice de estrés hídrico confiable (Suarez *et al*., 2009; Evain *et al*., 2004). En la **Figura 7** (izquierda) se observa un incremento del PRI bajo la cubierta plástica, tanto en floración, como en envero y madurez, lo cual indica que no hay efectos negativos de la cubierta plástica en el proceso fotosintético.

Para complementar la información relacionada con los efectos a nivel fotosintético, también se analizó el posible efecto de la cubierta plástica sobre los pigmentos relacionados con el proceso fotosintético, como la clorofila a (**Figura 8**).

Los resultados mostraron que en floración no se observaron diferencias entre las hojas que permanecieron bajo cubierta o sin cubierta plástico, pero en envero y madurez, las hojas bajo cubierta plástica presentaron una concentración significativamente mayor de clorofila. Esto podría ser una forma de compensar la leve restricción de luz producida por las cubiertas plásticas en las hojas.

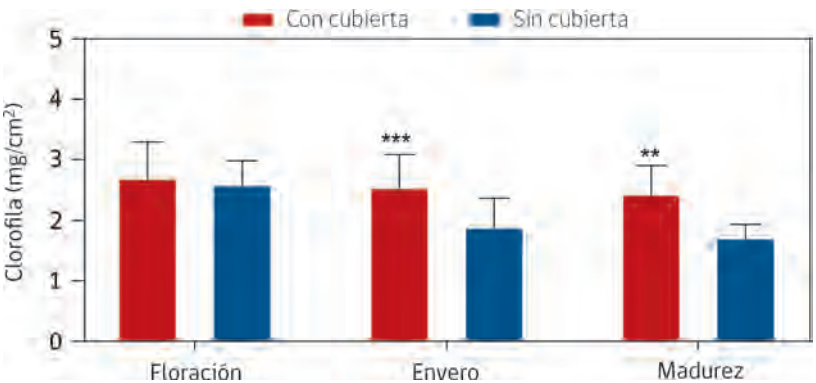

Figura 8. Contenido de clorofila en hojas fotosintéticamente activas, determinado en floración, envero y madurez en la variedad Thompson Seedless bajo cubierta plástica y aire libre en ensayos realizados en la Región de O'Higgins, durante la temporada 2017-2018.

Influencia de la cubierta plástica sobre la calidad a cosecha

Los efectos microclimáticos, el adelantamiento fenológico y los cambios en el porcentaje de interceptación podrían reflejarse en la producción y calidad de la fruta bajo la cubierta plástica. En una primera instancia, se evidenció -acorde a lo descrito para la fenología- que la cosecha en ambas variedades, Thompson Seedless y Timco, se realizó aproximadamente con una semana de adelantamiento bajo el plástico.

La **Figura 9** muestra la evolución del diámetro ecuatorial de la baya desde aproximadamente 5mm hasta el momento de la cosecha. Desde el inicio de cuaja, hasta la cosecha las bayas, bajo cubierta plástica, presentaron mayor tamaño que al aire libre, diferencia que fue significativa, sobre todo entre cuaja y envero. Este aumento del diámetro, también fue acompañado de una acumulación mas acelerada de sólidos solubles totales, los que reflejaron una semana de adelantamiento bajo cubierta respecto a la fruta producida sin cubierta plástica (**Figura 10**).

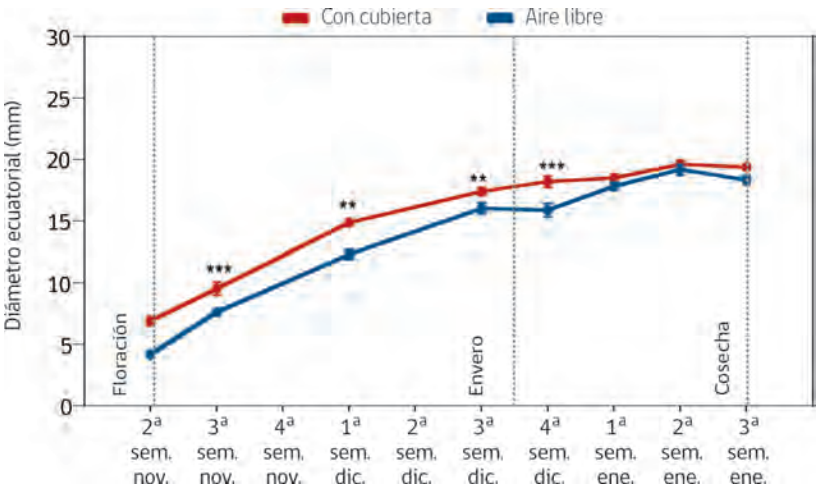

Figura 9. Evolución del diámetro ecuatorial de baya en la variedad Thompson Seedless bajo cubierta plástica (rojo) y al aire libre (azul) durante la temporada 2017-2018.

Al momento de la cosecha se evaluaron 100 racimos por tratamiento, determinando su peso, número de bayas, peso y diámetro de baya y peso de raquis. El peso de racimos y número de bayas por racimo fue similar en ambos tratamientos, debido a que las labores de arreglo de racimo y ajuste de carga frutal fueron iguales en ambas condiciones.

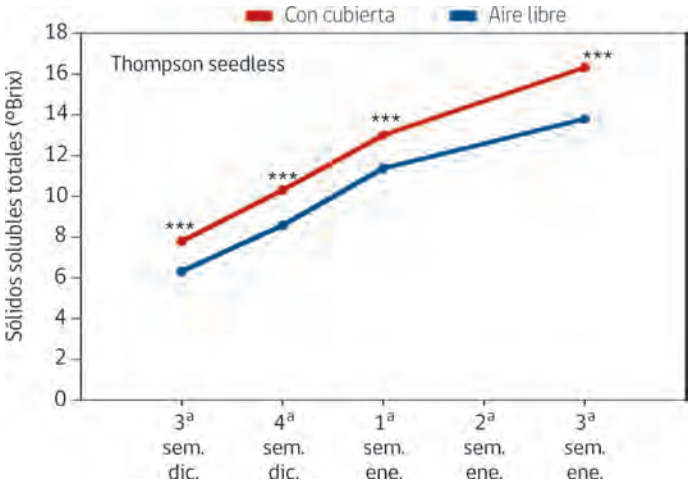

Figura 10. Evolución de los sólidos solubles totales (°Brix) de baya en la variedad Thompson Seedless bajo cubierta plástica (rojo) y al aire libre (azul, durante la temporada 2017-2018.

En el **Cuadro 1** se presenta el peso y diámetro de bayas a la cosecha de ambas variedades. Se observó un incremento del diámetro de baya en un 6% para Thompson Seedless y un 4% para Timco y un 12% de aumento en el peso de bayas para Thompson y un 3% para Timco, bajo cubierta plástica respecto al aire libre.

Cuadro 1. Peso y diámetro de bayas a cosecha en Thompson Seedless y Timco baja cubierta plástica y aire libre en ensayos realizados en la Región de O'Higgins.

		Thompson	Timco
Peso promedio de baya (g)	Con Cubierta Aire libre	7,25 ± 0,96 6,45 ± 0,76	10,55 ± 1,70 10,15 ± 0,63
Diámetro promedio de bayas (mm)	Con Cubierta Aire libre	19,98 ± 0,76 18,85 ± 0,86	23,13 ± 1,46 22,5 ± 0,59

La variación en el peso y diámetro de bayas, también se vio claramente reflejada en la distribución de calibres de las bayas evaluadas (**Figura 11**). Para esta evaluación se consideraron aproximadamente 1000 bayas por tratamiento, las cuales fueron medidas, pesadas y distribuidas según sus calibres. Esta distribución muestra que en Thompson al aire libre el 50,5% de las bayas tenía un calibre entre 18-20 mm, mientras que bajo la cubierta

plástica el 65% de las bayas presentó calibres entre sobre los 20 mm en comparación a solo un 31% al aire libre en este rango.

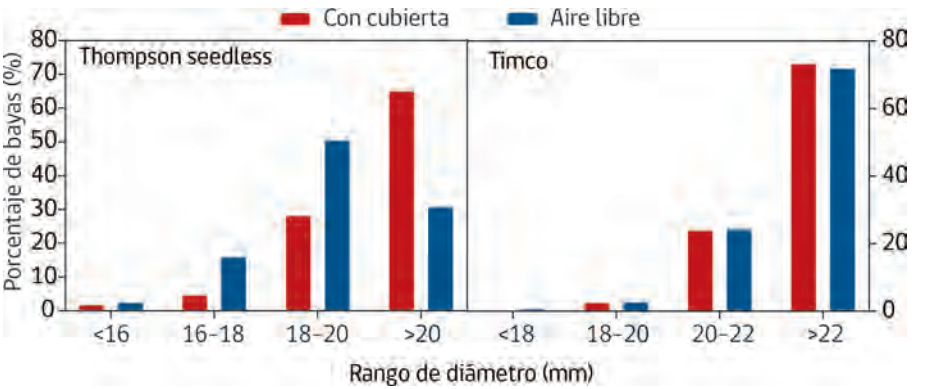

Figura 11. Porcentaje de bajas según rango de diámetro en las variedades Thompson Seedless (izquierda) y Timco (derecha) bajo cubierta plástica y aire libre al momento de la cosecha.

En el caso de Timco, no se observaron diferencias de calibre. El 73% de las bayas bajo cubierta presentó calibres sobre los 22 mm, en comparación a un 71% al aire libre. Este comportamiento fue similar en todas las temporadas de estudio.

Al momento de cosecha, en la temporada, se midió la firmeza de las bayas en ambos cultivares, utilizando un equipo Firmtech (**Figura 12**). En ninguna de las variedades se detectaron bayas con problemas de firmeza, encontrándose todas sobre los 200 g mm^{-1}. Más aun, en condiciones bajo cubierta plástica, en ambas variedades las bayas presentaron valores mayores de firmeza.

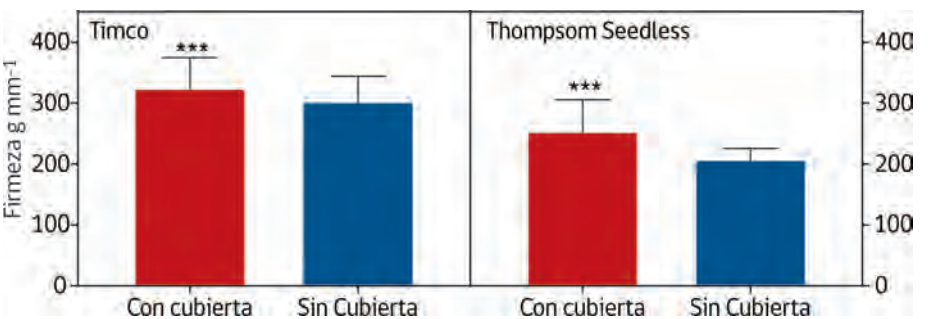

Figura 12. Firmeza en bayas de Timco (Izquierda) y Thompson Seedless (derecha)bajo cubierta plástica y aire libre al momento de la cosecha. Mediciones realizadas durante la temporada 2016-2017.

Efectos de la cubierta plástica sobre la incidencia de partidura y pudrición a cosecha

La evaluación de la incidencia de partidura y pudrición a cosecha se evalúo durante las tres temporadas de estudio. Si bien durante el período de estudio las condiciones climáticas fueron variables, en la temporada 2015-2016 se presentó un evento de precipitaciones durante el periodo estival que coincidió con la cosecha de la variedad Superior Seedless. Esto permitió evaluar la incidencia de pudriciones y partiduras, tanto condiciones de cubierta plástica como al aire libre.

Bajo la cubierta plástica, cerca del 70% de las bayas de Superior se encontraba libres de partidura y pudriciones, mientras que, al aire libre, menos del 35% de las bayas no presentaban partidura o pudriciones (**Figura 13**). Esto indica que la cubierta plástica cumplió un rol protector de la fruta ante lluvias al momento de la cosecha, generando una mejora significativa en la calidad de la fruta.

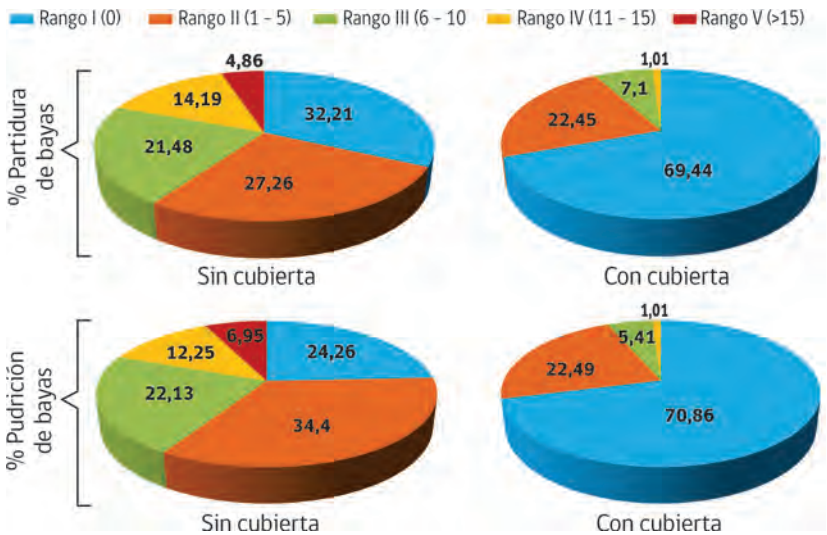

Figura 13. Porcentajes de Partidura (arriba) y pudrición (abajo) de bayas en la variedad Superior al momento de la cosecha. Cosecha realizada post lluvia en la temporada 2015-2016 en San Vicente, Región de O'Higgins. La evaluación se hizo de acuerdo a una escala cualitativa, desde el Rango I (0% de bayas con pudrición o partidura en el racimo) al Rango V (más de 15% de bayas con pudrición o partidura en el racimo).

Para Thompson Seedless, durante las tres temporadas de evaluación no se presentaron lluvias en periodo de cosecha. A pesar de no existir este factor de riesgo, se observó una disminución de aproximadamente un 10% de la pudrición bajo cubierta (**Figura 14**), siendo los resultados consistentes durante las temporadas de evaluación.

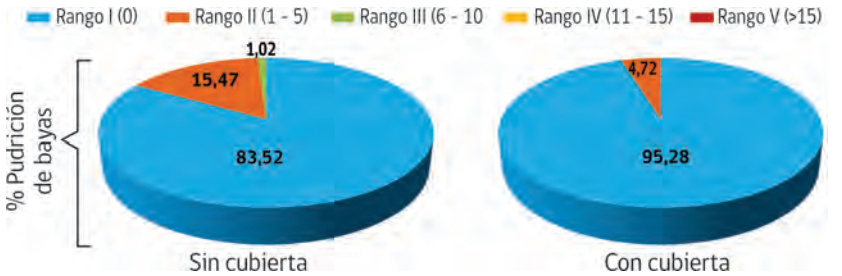

Figura 14. Porcentajes de pudrición de bayas en la variedad Thompson Seedless al momento de la cosecha en San Vicente, Región de O'Higgins. La evaluación se hizo de acuerdo a una escala cualitativa desde el Rango I (0% de bayas con pudrición o partidura en el racimo) al Rango V (más de 15% de bayas con pudrición o partidura en el racimo).

Efecto del color del plástico sobre la calidad y color de la fruta

Actualmente, el mercado de las cubiertas plásticas en uva de mesa ha buscado alternativas para mejorar la producción y la condición de la fruta. Una de estas alternativas es utilizar plásticos de colores distintos a los convencionales.

En general, el uso de diferentes colores de plástico se ha utilizado con el fin de corregir o mejorar alguna condición de la fruta, como por ejemplo la coloración de las bayas en variedades rojas.

En este sentido, en el predio donde se desarrolló el estudio del uso de cubiertas plásticas se evaluó también el efecto de dos colores de plástico (verde y blanco) en la variedad Scarlotta. En este cuartel, durante la temporada 2017/18, se evaluó el posible efecto de estos colores de plástico, sobre la coloración de las bayas. Además, se evaluó la efectividad de la aplicación ethefón para corregir los eventuales problemas de coloración de la fruta que supone la presencia de la cubierta plástica.

El **Cuadro 2** describe los tratamientos evaluados, los que corresponden a los colores del plástico utilizado con o sin aplicación de ethefón, mientras que en el **Cuadro 3** se presentan las características técnicas de los plásticos usados en este ensayo.

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos evaluados en el ensayo de cubiertas plásticas blancas y verdes en la variedad Scarlotta Seedless.

Tratamiento	Color de plástico	Ethefón ($g \cdot ha^{-1}$)
Blanco	Blanco	0
Verde	Verde	0
Blanco+	Blanco	350
Verde+	Verde	350

Cuadro 3. Características técnicas del plástico blanco y verde.

Características	Plástico color blanco (EcoWhite, Serroplat)	Plástico color verde (EcoStrong3, Serroplat)
Color según catálogo	Blanco	Verde claro
Espesor nominal	130 µm	130 µm
Transmisión de total de luz visible	89 %	92 %
Transmisión de luz directa	45 %	56 %
Transmisión de luz difusa	44 %	36 %
Efectividad infraroja	40 %	42 %

Los colores de los plásticos utilizados poseen diferentes características en cuanto al espectro de la luz filtrada. Las mediciones hechas, entre los plásticos y el dosel, indican que ambos colores, respecto al espectro de luz al aire libre, tienden a disminuir la luz total (**Figura 15A**). Sin embargo, las longitudes de onda en las que ocurren los peak de máxima radiación son diferentes.

Al aire libre la máxima radiación ocurre cerca de los 670 nm (espectro rojo), mientras que para los plásticos de color banco y verde es cerca de los 780 nm (espectro rojo lejano). Además, se observó que el plástico verde es el que disminuye mayormente la radiación, que llega a las plantas, respecto al aire libre.

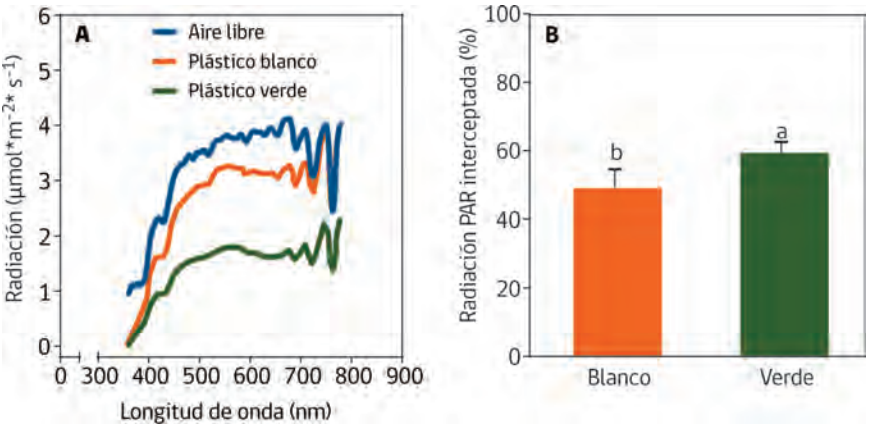

Figura 15. A. Espectro de luz al aire libre (azul), plástico blanco (naranjo) y plástico verde (verde). **B**. Diferencia en la intercepción de la radiación PAR entre la condición bajo plástico blanco y verde durante la floración. La radiación incidente fue medida entre la cubierta plástica y el dosel. Mediciones realizadas a medio día solar (aproximadamente 13:00 horas) en floración. Letras diferentes indican diferencias significativas.

Más aún, se determinó la interceptación de la radiación PAR en ambos colores de plástico, entre la cubierta y el dosel (sin interferencia de la cubierta vegetal), y se observó que el plástico verde intercepta significativamente mayor radiación PAR respecto al plástico de color blanco.

Al evaluar la relación entre rojo - rojo lejano (R:RL) y rojo y azul (R:A) se observa que la mayor reducción de la relación R:FR se produce a la altura de los racimos, donde la luz ha sido interceptada por el dosel (**Figura 16 A**). Entre el plástico y el dosel (**Figura 16 B**), la relación no es menor a 1, indicando que se mantiene una proporción similar de estas dos longitudes de onda (**Figura 16 B**) independiente del color del plástico que cubre el parronal. Además, a la altura de los racimos se observa una disminución importante de la luz roja respecto a la luz azul, indicando un empobrecimiento de este color de luz.

En la **Figura 17** se presenta el efecto del color del plástico sobre el crecimiento de las bayas, tanto en diámetro como en peso. Las plantas cultivadas bajo el plástico verde presentan diámetros mayores que aquellas cultivadas bajo el plástico blanco (**Figura 17 A**). Estas diferencias en el diámetro de las bayas se vieron también reflejadas en el peso de estas, en ciertos periodos del crecimiento de las bayas. Las bayas bajo el plástico verde tienden a presentar un mayor peso que aquellas bajo el plástico blanco (**Figura 17 B**). Sin embargo, estas diferencias en el diámetro y peso se perdieron una vez alcanzada la cosecha.

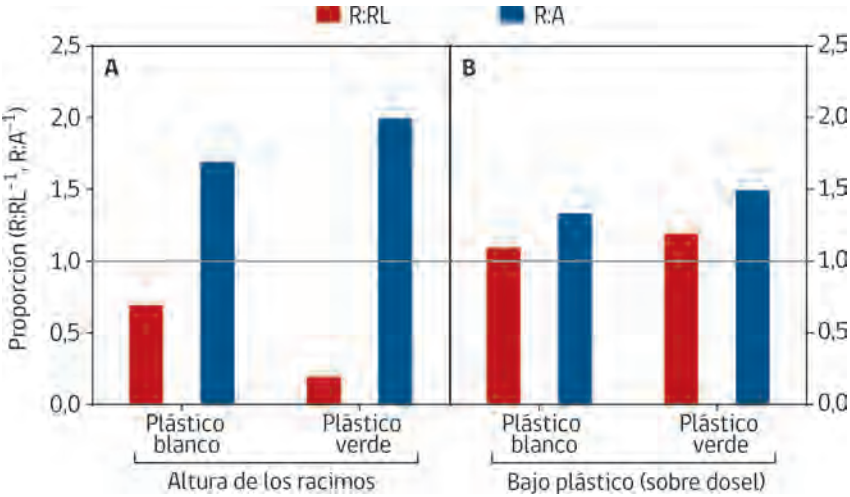

Figura 16. A. Proporción entre el espectro rojo y rojo lejano (R:RL) y entre el espectro rojo y azul (R:A), a la altura de los racimos en los plásticos de color blanco y verde. B. Proporción entre R:RL y R:A, bajo el plástico (sobre el dosel) en los plásticos de color blanco y verde Mediciones realizadas a medio día solar (aproximadamente 13:00 horas) y a inicios de envero.

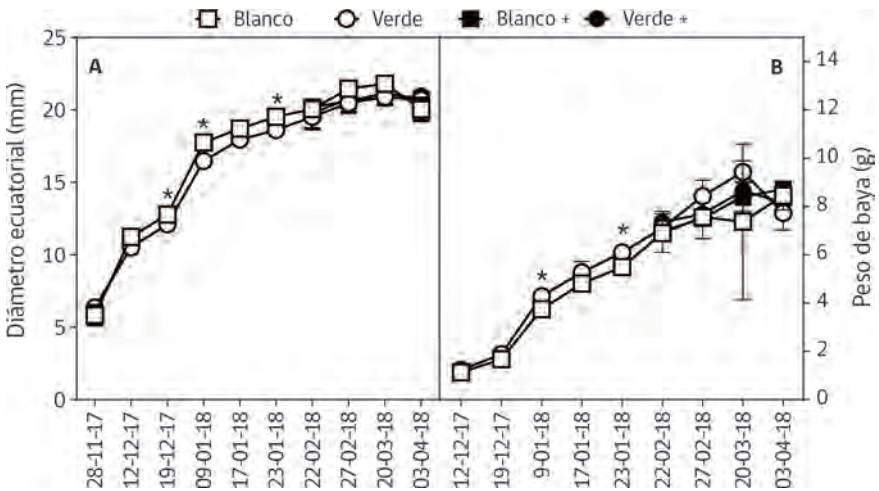

Figura 17. A Evolución del diámetro ecuatorial para cada uno de los tratamientos desde cuaja a cosecha. B. Evolución del peso de las bayas para cada uno de los tratamientos desde cuaja a cosecha. Los asteriscos indican diferencias significativas entre tratamientos para la fecha correspondiente. La flecha indica el momento de la aplicación de ethefón (23 de enero de 2018).

La aplicación de ethefón no generó ninguna diferencia en los tratamientos en el peso y diámetro de las bayas. En cuanto a la acumulación de sólidos solubles, tampoco se observaron diferencias significativas para ninguno de los tratamientos evaluados (**Figura 18**), alcanzando todos fácilmente los 20ºBrix al momento de la cosecha (03 de abril de 2018).

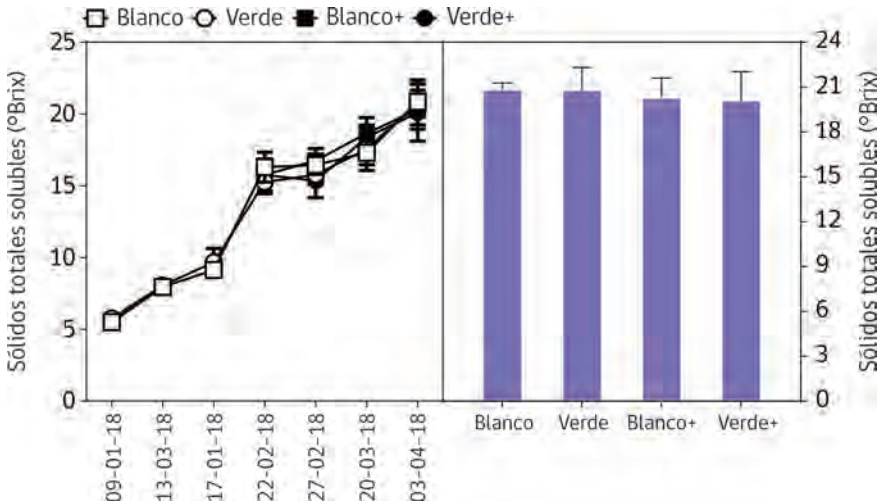

Figura 18. A. Evolución del contenido de los sólidos solubles y B. Valores de sólidos solubles totales al momento de la cosecha para cada uno de los tratamientos.

En resumen, al momento de cosecha, tanto el peso, diámetro y sólidos solubles totales, no tuvieron diferencia entre los tratamientos. Por lo tanto, las diferencias en la radiación, dada por los plásticos blancos y verdes, no produciría efectos sobre estos parámetros.

En cuanto al color de las bayas (expresado como Color Index for red Grapes; CIRG) se observa un marcado efecto tanto del color de plástico como de la aplicación de ethefón. De esta manera, es el tratamiento Verde (ver cuadro 4 para descripción) el que propicia una menor coloración de las bayas y el tratamiento Blanco+ el que presenta valores más altos de CIRG (**Figura 19 A**). Estas diferencias se mantuvieron hasta el momento de la cosecha, donde el tratamiento Blanco, logró valores similares a los tratamientos con aplicación de ethefón, mientras que el tratamiento, con plástico de color verde, sin aplicación de ethefón presentó los valores más bajas de CIRG (**Figura 19 B**).

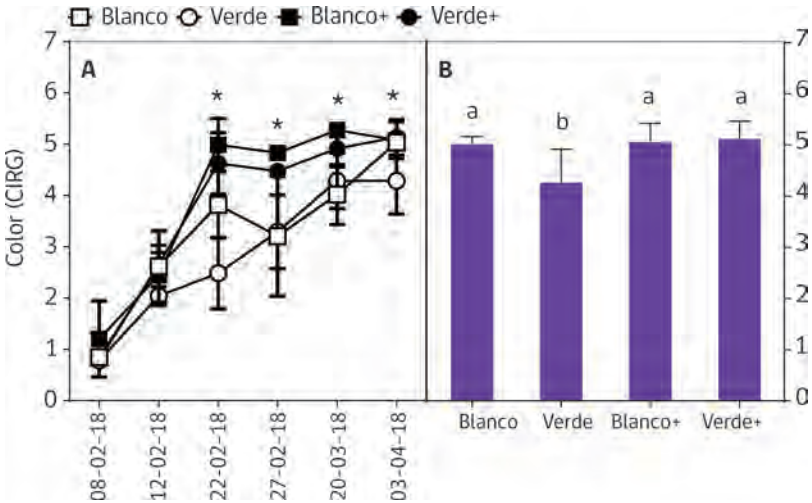

Figura 19. A. Evolución del color de las bayas desde inicio de envero hasta la cosecha. B. Color de bayas al momento de la cosecha. El color es expresado como CIRG (Color Index for Red Grape). Los asteriscos indican diferencias significativas entre tratamientos para la fecha correspondiente. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos.

El menor color desarrollado en las bayas de las plantas bajo el plástico de color verde, se podría explicar por la disminución en el espectro azul de la luz que propicia este color de plástico (**Figura 16**). Existen estudios que señalan la importancia de la luz azul y ultravioleta, para la acumulación y síntesis de antocianinas pigmentos responsables de la coloración roja de las bayas (Matus *et al.* 2009).

A pesar de esto, las aplicaciones de ethefón resultaron ser efectivas en la corrección del desarrollo deficiente de color, ya que el tratamiento Verde+ prestó valores estadísticamente iguales al tratamiento con valores más altos de CIRG (Blanco+).

Paralelamente, los resultados indican que el plástico blanco es capaz de propiciar un color tan alto como el observado en los tratamientos con aplicación de ethefón. Si se consideran además los resultados en diámetro y peso de bayas, pareciera ser que el plástico de color blanco es suficiente para asegurar un adecuado desarrollo de la fruta en la variedad Scarlotta. Sin embargo, es muy importante señalar que estos resultados no pueden ser extrapolados a otras variedades o condiciones de cultivos, ya que constituyen una primera aproximación en cuanto a la relación del color del plástico y la calidad de la fruta.

Capítulo 4

Consideraciones preliminares sobre el manejo de riego bajo cubiertas plásticas en uva de mesa

Gabriel Selles van Schouwen
Ingeniero Agrónomo Dr.
gselles@inia.cl

Carolina Salazar-Parra
Biol. Ambiental, Dr.
carolina.salazar@inia.cl

Camila Montano Figueroa
Ingeniero Agrónomo
cami.montano@gmail.com

Alexis Vergara Valderrama
Ingeniero Agrónomo Dr. (c)
alexis.vergara@gmail.com

El Capítulo 2 mostró que bajo condiciones de cubierta plástica la evapotranspiración de referencia disminuye alrededor del 22%, respecto de situación al aire libre. En este contexto, en la Región de O'Higgins (Predio Maitenco, exportadora Subsole), durante las temporadas 2016/17 y 2017/18 se realizaron dos ensayos con el fin de confirmar y evaluar el menor consumo de agua en la producción de uva de mesa bajo plástico:

- Comparar del comportamiento de la humedad del suelo y el estado hídrico de las plantas bajo plástico y al aire (**Figura 1**).

- Evaluar el efecto de la aplicación de tres diferentes volúmenes de agua, uno equivalente al volumen de agua normalmente utilizado en el predio (100%), y dos con aportes reducidos de agua, equivalentes a 85% y 60% del agua utilizada en el predio (**Figura 2**).

Los ensayos fueron realizados en la variedad Timco Seedless, plantada a 3,5 x 3,0 metros (m), en sistema de parronal. El riego se realizó mediante una línea de goteo, con emisores a 0,75 metros y una descarga de 4 litros por hectárea (L/h). El suelo corresponde a la Serie Malloa, la cual se caracteriza por ser un suelo profundo, de textura arcillosa y alta capacidad de retención de agua. Para aplicar los volúmenes reducidos de agua en estos tratamientos se realizó un cambio de goteros, cuya descarga permitiera aplicar las fracciones de agua indicadas. La frecuencia de riego fue la misma en todos los tratamientos.

Figura 1. Fotografía aérea de las cubiertas plásticas instaladas en un parrón de uva de mesa variedad Timco en el predio Maitenco, San Vicente de TaguaTagua (Foto: INIA).

Figura 2. Tratamientos de riego aplicados bajo cubierta plástica, mediante la modificación de goteros autocompensados en las líneas de riego (Foto: INIA).

En el **Cuadro 1** se presenta la evapotranspiración de referencia, las precipitaciones y el agua aplicada en el predio, en ambas temporadas. La temporada se ha considerado desde el 1 de mayo hasta el 30 de abril del año siguiente.

La distribución mensual acumulada del agua aplicada, en ambas temporadas, se presenta en la **Figura 3**. El 100% corresponde al agua aplicada en el campo, tanto bajo plástico como al aire libre, el 85 y 60% corresponde a la menor cantidad de agua aplicada bajo plástico, en el segundo ensayo, ya mencionado.

Cuadro 1. Evapotranspiración de referencia (ETo, mm), evapotranspiración de referencia bajo plástico (ETo*, mm), precipitación (PP, mm), agua aplicada (mm y m^3/ha) durante las temporadas 2016/17 y 2017/18. Predio Maitenco, Región de O'Higgins.

	2016/17	2017/18
Eto (mm)	1189	1130
Eto* (mm)	929	882
PP (mm)	283	421
Agua aplicada (mm)	460	405
Agua aplicada (m^3/ha)	4600	4050

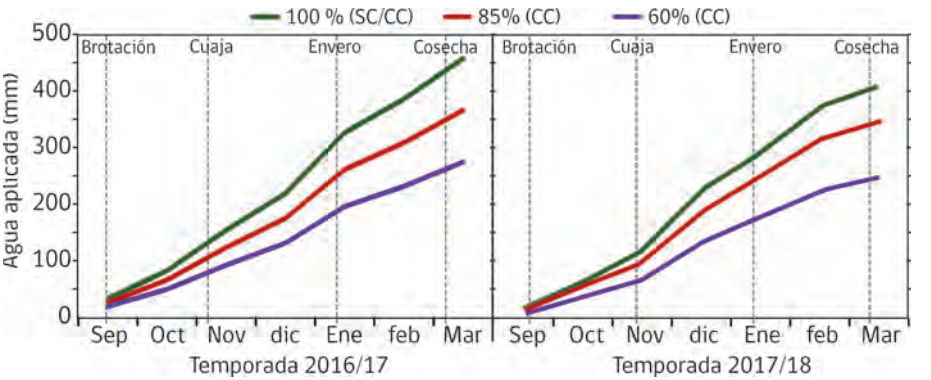

Figura 3. Distribución mensual del agua aplicada (mm) en los diferentes regímenes de riego: aplicación normal del predio al aire libre y bajo cubierta (100% SC/CC), y aplicaciones reducidas bajo cubierta, 85% CC y 60% CC. Temporada 2016/17: 100%SC/CC, 460 mm; 85% CC, 391 mm; 60% CC, 276 mm. Temporada 2017/18: 100%SC/CC, 405 mm; 85% CC, 344 mm; 60% CC, 243 mm.

El seguimiento del contenido de humedad del suelo, en cada tratamiento, se realizó solamente, sobre la hilera de plantación, donde se ubica la línea de riego. Para esto, se utilizaron sensores de humedad, del tipo FDR (Frequency Domaine Refrectometry), de seguimiento continuo. Los sensores se ubicaron a 20, 40 y 60 centímetros (cm) de profundidad y a 20 cm del punto de descarga de un emisor (**Figura 4**, izquierda). El estado hídrico de las plantas se midió utilizando una cámara de presión, tipo Scholander (**Figura 4**, derecha).

Figura 4. Ubicación de los sensores de humedad de suelo a 20, 40 y 60 cm de profundidad (izquierda). Cámara de presión tipo Scholander, para medición del potencial hídrico xilemático (MPa, derecha) (Foto: C. Salazar, G. Selles).

Comparación del comportamiento de la humedad del suelo y el estado hídrico de las plantas, durante la temporada de riego (septiembre a marzo) bajo plástico y al aire libre

El volumen de agua aplicado fue el mismo en ambos tratamientos (con y sin plástico), 4.600 metros cúbicos por hectárea (m^3/ha) y 4.050 m^3/ha durante la temporada 2016/17 y 2017/18, respectivamente (Cuadro 1). El primer riego se dio en la segunda quincena de septiembre, dejando el suelo con un contenido de humedad cercano a capacidad de campo. La frecuencia de riego fue variable a lo largo de la temporada, de acuerdo con la programación realizada por el predio.

La evolución del contenido de agua del suelo sobre la hilera, expresado como humedad aprovechable (HA%) en los primeros 60 cm de profundidad, se presenta en la **Figura 5**. Aquí es posible observar que, frente al mismo volumen de agua aplicado, el contenido de agua en el suelo se mantiene más elevado bajo la cubierta plástica. Así, bajo plástico la HA% varía entre 90% y 100%, pero al aire libre la humedad de suelo va disminuyendo, hasta alcanzar valores cercanos al 70% de HA% (lo que equivale a un 30% de agotamiento) al momento de la cosecha (**Figura 5**).

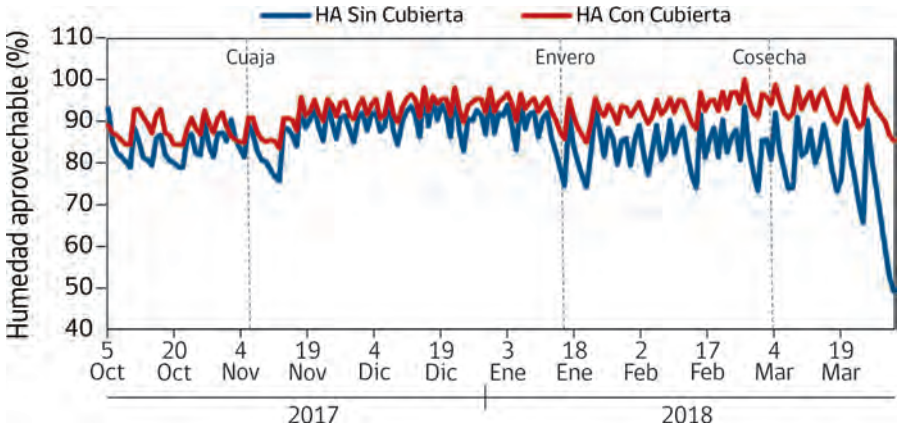

Figura 5. Variación del contenido de humedad de suelo sobre la hilera de plantas, expresada como humedad aprovechable (%) en los primeros 60 cm de suelodurante la temporada 2017/18 en el cultivar Timco con cobertura (CC) y sin cobertura (SC).

De acuerdo con estos antecedentes, se puede señalar que bajo cubierta plástica existe una menor demanda de agua, ya que los niveles de humedad de suelo se mantienen más elevados que al aire libre. Es necesario aclarar que no se midió el contenido de agua del suelo en la entre hilera, por lo que no se tiene información sobre el aporte de agua de esta zona, considerando el desarrollo lateral de raíces y la capacidad de retención de agua del suelo arcilloso del predio.

La situación descrita anteriormente se manifiesta en el estado hídrico de las plantas, expresado como potencial hídrico xilemático a medio día (PHx, MPa). Las mediaciones que se presentan en la **Figura 6** corresponden al período de envero y cosecha en las dos temporadas de medición. En la temporada 2016/2017 las mediciones se realizaron inmediatamente antes de un riego, en tanto que las de la temporada 2017/2018 se realizaron después del riego, lo que se evidencia en los valores de PHx expresados.

En ambas temporadas el PHx medido a medio día fue más alto (menos negativo) bajo la cubierta plástica, reflejando un mejor estado hídrico de la planta en estas condiciones. El PHx de la planta está determinado, por un lado, por la disponibilidad de agua en el suelo explorado por las raíces y, por otro lado, por la magnitud de transpiración de las plantas. Frente a igual contenido de agua en el suelo, el PHx será más elevado si la transpiración es menor. Este puede ser el caso

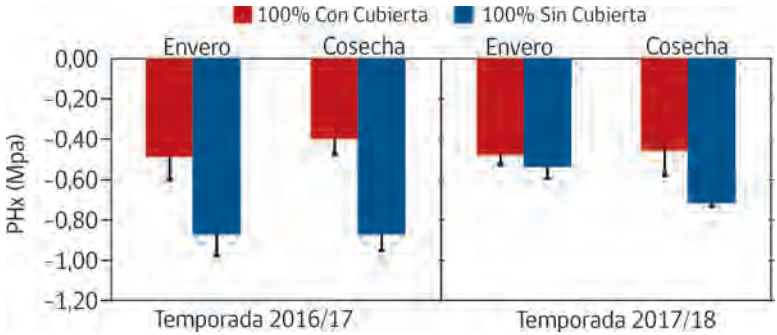

Figura 6. Potencial hídrico xilemático a medio día (PHx, MPa), medido en el período de envero y cosecha, en la temporada 2016/17 y 2017/18, bajo plástico (CC) y al aire libre (SC).

de las plantas bajo cubierta. En condiciones de aire libre, el PHx sin embargo, no llegó a valores considerados como críticos para uva de mesa, los cuales varían entre -0,7 a -0,8 MPa (Selles *et al*, 2003). Esto probablemente porque la HA del suelo se mantuvo siempre sobre 60% de HA (40% de agotamiento en el suelo), rango normal para esta especie. El potencial hídrico a medio día sólo disminuye drásticamente, cuando la humedad aprovechable del suelo baja de 60%, como se puede observar en la **Figura 7** (Selles *et al*, 2012).

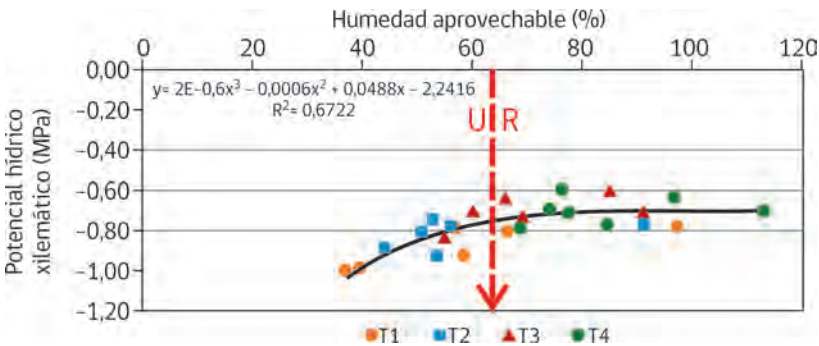

Figura 7. Relación entre la Humedad Aprovechable del agua en el suelo (%) y el potencial hídrico xilemático medido a mediodía (MPa), en vides cv. Thompson Seedless, cultivadas al aire libre. Valle de Aconcagua. Fuente: Selles *et al*, 2012.

En consecuencia, este ensayo de campo corrobora que el consumo de agua y las eventuales necesidades de riego son menor bajo cubierta plástica que al aire libre.

Comparación del contenido de humedad del suelo en el período invernal (marzo a septiembre) bajo plástico y aire libre

El sistema de cubierta plástica utilizado en el predio es un sistema tipo "capilla", que permanece en el parronal durante toda la temporada, incluido los meses de invierno (**Figura 8**). Básicamente la cubierta corresponde a un techo, cuya cumbrera coincide con la hilera de plantación, y un canal de ventilación al centro de la entre hilera (ver Capítulo 1 para más detalles). De esta forma, producto de las lluvias invernales sólo se moja la entre hilera, que recibe el escurrimiento de la cubierta, manteniendo seca la sobre hilera.

Figura 8. Timco bajo cubierta plástica donde se observa el sistema tipo "capilla". Fotografía obtenida en el predio Maitenco en la Región de O'Higgins (Foto: G. Selles).

En la **Figura 9** se presenta la variación del contenido de humedad del suelo, determinado sobre la hilera de plantas en el parronal con y sin cubierta plástica, durante el período invernal. Bajo cubierta plástica, el contenido de humedad disminuye hasta caída de hojas, momento a partir del cual no hay variación de la humedad del suelo, hasta que el riego es reiniciado en la segunda quincena de septiembre. Sin embargo, al aire libre luego de la caída de las hojas el contenido de humedad varía según la magnitud y frecuencia de las precipitaciones.

La ausencia de agua de lluvia, en la sobre-hilera bajo la cubierta plástica produjo acumulación de sales, debido a que no existió un lavado natural del suelo. Este efecto se observa en la **Figura 10** (superior), donde la conductividad eléctrica (CE) del extracto saturado de suelo, en los primeros 20 cm, es casi 3 veces más

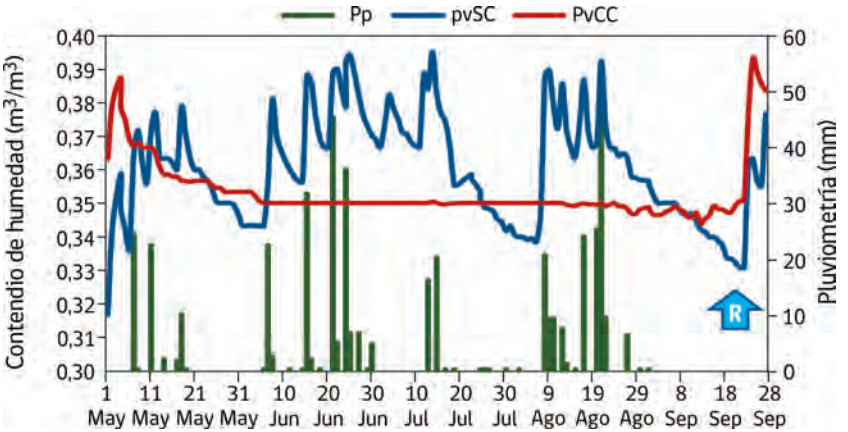

Figura 9. Variación del contenido volumétrico de agua (m^3/m^3) en los primeros 60 cm de suelo, sobre la hilera de plantas, bajo cubierta y al aire libre entre los meses de mayo y septiembre de 2017. Las barras negras corresponden a los eventos de lluvia en el período (Pp, mm)

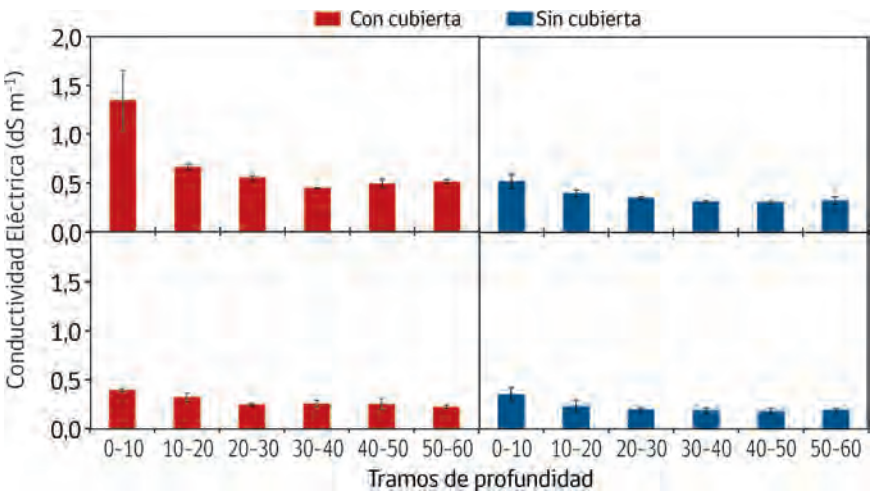

Figura 10. Conductividad eléctrica del extracto saturado de suelo (CE dS m^{-1}), a fines de invierno, bajo cubierta (izquierda) y al aire libre (derecha), sobre la hilera (superior) y en la entre hilera (inferior).

alta en la sobre hilera bajo cubierta que al aire libre (1,45 dS/m vs 0,5 dS/m). Esta diferencia no se observa en la entre hilera, donde la CE en ambos sistemas es similar, ya que el agua de lluvia escurre desde el plástico mojando hacia la entre hilera, permitiendo el lavado de sales.

Lo anterior indica que si no se tiene una estrategia de lavado de sales en este tipo de sistema, con el tiempo la salinidad puede llegar a ser un problema.

Si bien la información presentada en las figuras anteriores es preliminar, dado que solo se trata de información obtenida en una temporada, se pueden desprender algunas prácticas de manejo en condición de cubierta: Bajo cubierta plástica parece conveniente realizar riego invernal sobre el camellón, una vez que las plantas han detenido su crecimiento, para evitar que el suelo permanezca seco, y no tener que realizar riegos tempranos en la primavera afectando, por ejemplo, la aireación del suelo.

Por otra parte, el riego invernal puede lavar la acumulación de sales del camellón, ya que estos riegos se realizan sin fertilizantes. Otra alternativa para prevenir esta situación es recoger el plástico, enrollándolo hacia la cumbrera (**Figura 11**) a fines de temporada (marzo -abril), permitiendo que todo el perfil se moje con agua de lluvia, y volver a estirarlo a mediados de agosto.

Figura 11. Cubierta plástica enrollada sobre la cumbrera de la estructura a fines de la temporada de producción (Foto: G. Selles).

Disminución de los aportes de agua de riego bajo plástico

Como ya se indicó al inicio de este capítulo, durante dos temporadas se llevó a cabo un ensayo de riego que consistió en aplicar diferentes volúmenes de agua durante la temporada. Los tratamientos fueron 100% del agua aplicada por el campo, 85% y 60%. Los volúmenes de agua aplicados se presentan en el **Cuadro 2**. A lo anterior, hay que adicionar el agua de lluvia invernal que, en el caso de la cubierta plástica, por escurrimiento cae desde los techos a la entre hilera.

La precipitación fue de 283 mm durante la temporada 2016/17 y 421 mm durante la temporada 2017/18.

Cuadro 2. Volúmenes de agua aplicados (m^3/ha) en los diferentes tratamientos de riego bajo plástico. Temporadas 2016/17 y 2017/18.

Tratamiento	2016/17	2017/18
100%	4.600	4.050
85%	3910	3.440
60%	2760	2.430

Variación del contenido de humedad del suelo y estado hídrico de las plantas

La variación de la HA% del suelo sobre la hilera de plantación, en ambas temporadas, para los primeros 60 cm de profundidad, se presenta en la **Figura 12**. El contenido de humedad fue más alto en el tratamiento 100% en ambas temporadas, pero sin presentar una diferencia marcada respecto al tratamiento 85%. El menor valor de HA% lo presentó el tratamiento de 60%, que durante la temporada 2016/2017 disminuyó hasta el 40% cerca de la cosecha. Sin embargo, hasta el período de envero, el contenido de humedad se mantuvo por sobre el 60% de HA% en todos los tratamientos.

Durante la segunda temporada, el tratamiento 60% presentó mayor restricción, alcanzando un 60% de HA% desde envero hasta el final de la evaluación del ensayo. Entre cuaja y envero (periodo de mayor crecimiento de bayas), en ambas temporadas, la HA%, fue similar en todos los tratamientos por sobre el 60%, sin llegar a un nivel de agotamiento crítico para uva de mesa (35- 40% HA% según Selles *et al*, 2012).

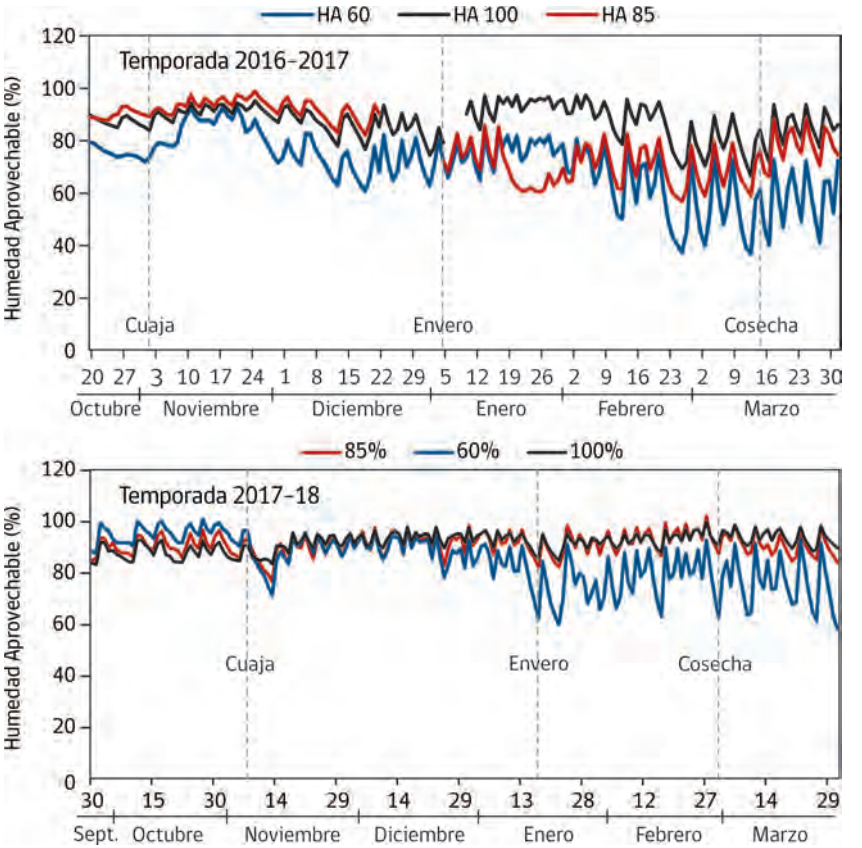

Figura 12. Variación de la Humedad Aprovechable del suelo sobre la hilera de plantas, en los diferentes tratamientos de riego bajo plástico (100%, 85% y 60% del agua aplicada en el predio). Temporadas 2016/17 y 2017/18. Predio Maitenco, Región de O'Higgins.

El periodo más crítico para el crecimiento de las bayas se produce entre cuaja y envero (75-80% del tamaño final). En este período todos los tratamientos presentaron una HA% similar, por lo cual o se debería esperar diferencias en el tamaño de bayas a la cosecha.

En este ensayo, como se mencionó antes, no se llevó un control de la variación del contenido de agua en la entre hilera. Según lo mencionado por Selles *et al* (2012), en suelos de alta capacidad de retención de humedad, el aporte de agua proveniente de la entre hilera es importante, permitiendo mantener un adecuado estado hídrico de las plantas durante gran parte de la primavera. En este caso,

el agua de lluvia mojó la entre hilera de las plantas durante el período invernal, por lo que parte del agua utilizada por las plantas podría haber provenido de esta zona, en la cual no se llevó un registro de la variación de humedad.

A pesar de las diferencias observadas entre los tratamientos para los diferentes momentos de evaluación, en ambas temporadas el estado hídrico de las plantas fue adecuado en los tres tratamientos, como lo muestran los valores de Potencial hídrico xilemático (PHx), medido en el periodo de envero (**Figura 13**). El PHx fue más negativo en el tratamiento de 60%, pero no alcanzó el umbral crítico de déficit hídrico para uva de (menor a -0,8 MPa según Selles *et al.*, 2003).

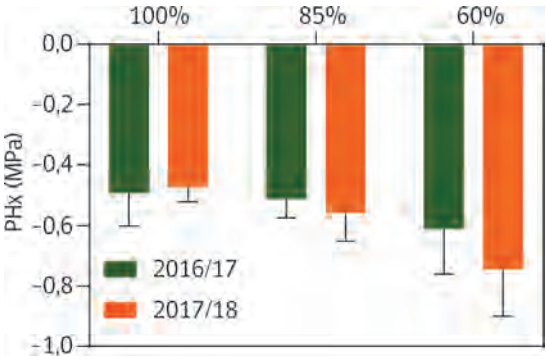

Figura 13. Potencial hídrico xilemático, medido a medio día (PHx, MPa), medido en envero, durante las temporadas 2016/17 y 2017 2018. Cv Timco S. Predio Maitenco, Región de O'Higgins.

Crecimiento y tamaño de bayas

Para evaluar el efecto de los tratamientos de riego bajo plástico se realizó el seguimiento del crecimiento de las bayas a lo largo de la temporada (periodo de crecimiento y acumulación de sólidos solubles totales), y se evaluó el diámetro de bayas a cosecha.

En la **Figura 14** se presenta el crecimiento de bayas para cada tratamiento (valor promedio de 100 bayas por tratamiento). En ninguna de las dos temporadas existieron diferencias significativas en el diámetro de las bayas en las diferentes fechas de medición. La mayor tasa de crecimiento se observa hasta envero (segunda semana de enero), donde todos los tratamientos presentaron similares contenidos de humedad y estado hídrico.

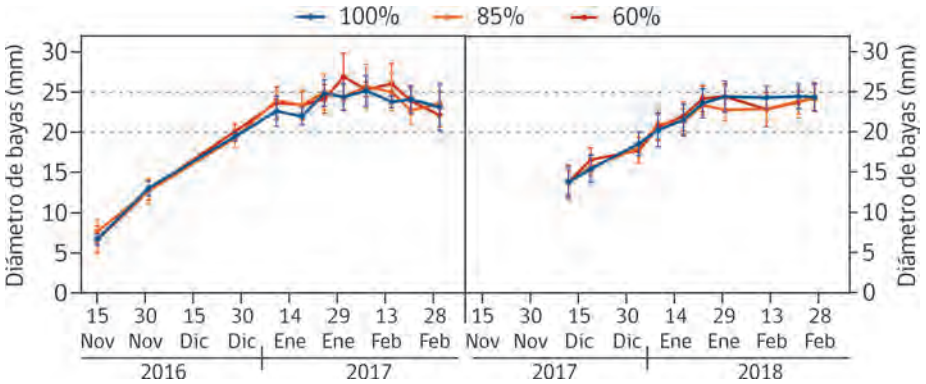

Figura 14. Crecimiento de bayas cv Timco S durante dos temporadas, 2016/17 (izquierda) y 2017/18 (derecha) en los tres tratamientos de riego. Predio Maitenco, Región de O'Higgins.

El diámetro promedio de bayas a cosecha tampoco se vio afectado por los tratamientos de riego (**Figura 15**), presentando tamaño promedios de entre 20 y 23 mm.

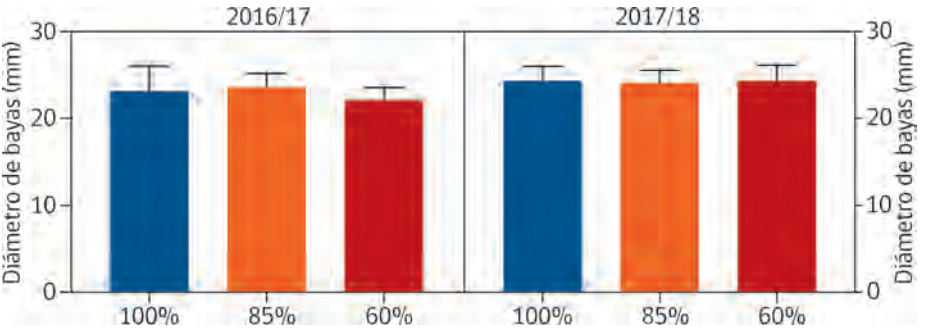

Figura 15. Diámetro de bayas a cosecha, cv Timco S. durante dos temporadas, 2016/17 (izquierda) y 2017/18 (derecha) en los tres tratamientos de riego. Predio Maitenco, Región de O'Higgins.

En cada temporada tampoco se encontraron diferencias significativas en el peso de los racimos (**Figura 16**), entre los tratamientos. Durante la primera temporada el peso de estos fue del orden de 1.000 g por racimos, en la segunda, alrededor de 800 g por racimo. En relación a parámetros de calidad, como el contenido de sólidos solubles, acidez y firmeza, tampoco se observaron diferencias significativas entre los tratamientos (Ver Capítulo 3).

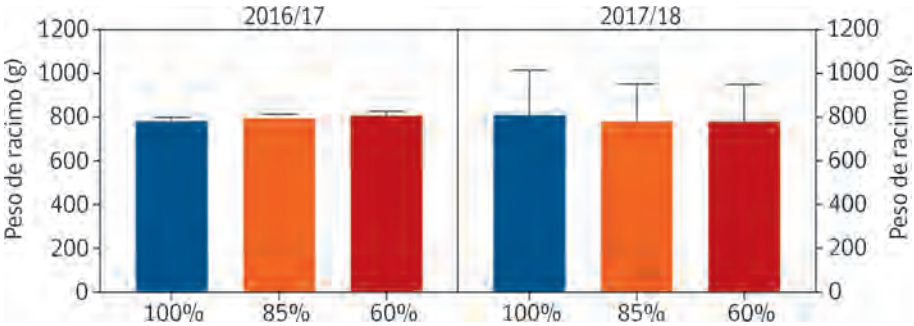

Figura 16. Peso de racimos a cosecha, cv Timco S. durante dos temporadas, 2016/17 (izquierda) y 2017/18 (derecha) en los tres tratamientos de riego. Predio Maitenco, Región de O'Higgins.

Los resultados presentados en este capítulo corresponden a resultados preliminares, y han permitido demostrar que el consumo de agua de las vides bajo cubiertas plásticas disminuye en relación con la situación al aire libre. En el Capítulo 2, se mostró que la evapotranspiración de referencia (ETo) disminuye alrededor de un 22% respecto de las condiciones de aire libre, los resultados obtenidos en campo serían concordantes con el valor señalado.

Las aplicaciones de la misma cantidad de agua bajo plástico y al aire libre, mostraron que la humedad aprovechable del suelo, sobre la hilera, se mantiene más alta bajo plástico, lo que demuestra que efectivamente el consumo de agua es menor en estas condiciones. Esto fue corroborado por un ensayo paralelo, bajo plástico, en el que se aplicaron menores cantidades de agua, (15% y 40% menos de agua, respecto a la situación de aire libre).

En estas condiciones la HA% del suelo, sobre la hilera de plantas, se mantuvo por sobre el umbral crítico definido para uva de mesa (35 a 40% de agotamiento de la HA%), a lo menos hasta el período de envero en ambas temporadas, sin que las plantas mostraran síntomas de déficit hídrico. Parámetros de calidad a cosecha, tales como el calibre de las bayas, sólidos solubles totales, acidez y firmeza, no se vieron afectados por los tratamientos de riego.

Hay que tomar en cuenta que el suelo del ensayo corresponde a un suelo pesado de alta capacidad de retención de agua y que recibe precipitaciones invernales de entre 300 a 400 mm, por lo que las plantas inician su temporada de crecimiento con el suelo en la entre hilera a capacidad de campo, ya que el agua de lluvia escurre por el plástico hasta caer a la entre hilera a través de la franja de ventilación.

Se requiere validar estos resultados en condiciones de suelos y precipitaciones diferentes. No obstante lo anterior, parece prudente considerar una reducción de aplicaciones de agua entre 15 y 20%, respecto de la situación al aire libre, llevando un control de la humedad de suelos mediante sondas capacitivas del tipo FDR o alguna tecnología equivalente, evitando que la humedad aprovechable del suelo sobre la hilera disminuya bajo el 65 a 60% de la HA% (un agotamiento de 35 a 40% de la HA%).

Por otra parte, en las condiciones de este ensayo, donde el plástico cubre el parrón de manera permanente, la sobre hilera no recibe agua de lluvia, lo que obliga a regar temprano en la primavera, cuando las raíces inician su crecimiento.

La situación descrita además hace que sobre la hilera se vayan acumulando sales, ya sea aquella que proveniente del agua de riego o de los fertilizantes que se aplican en la temporada, situación que puede ser acumulativa en el tiempo, pudiendo causar daño al cultivo.

Para remediar esta situación se pueden considerar dos caminos, aplicar agua de riego en el período de receso, que permita lavar el suelo y dejarlo a capacidad de campo, retrasando el primer riego, o bien recoger el plástico, una vez finalizada la temporada, de tal manera que el agua de lluvia realice el lavado de sales y moje el suelo, llevándolo a capacidad de campo, si las precipitaciones son suficientes.

Capítulo 5

Efecto del uso de coberturas en la calidad y condición de uva de mesa en postcosecha

Bruno Defilippi Bruzzone
Ingeniero Agrónomo Ph.D.
bdefilip@inia.cl

Edgard Álvarez Rivera
Ingeniero Agrónomo
edgar.alvarez@inia.cl

Sebastián Rivera Smith
Ingeniero Agrónomo M.Sc.
sebastian.rivera@inia.cl

La calidad global de una uva la determinan una serie de atributos que incluyen la apariencia (cobertura y calidad del color, forma, ausencia de defectos y pudriciones), textura (firmeza, jugosidad), sabor (relación dulzor/acidez y aroma) y funcionalidad como alimento (fibra, antioxidantes). A diferencia de otras frutas también es importante, a nivel de consumidor, la apariencia del raquis en cuanto a turgencia y color.

Entre los factores a considerar para tener una buena postcosecha, destacan la selección de la variedad, las prácticas de manejo agronómico (nutrición, riego, reguladores de crecimiento, control de enfermedades), las condiciones agroclimáticas (temperatura, lluvias), y la óptima utilización de las tecnologías de postcosecha disponibles para un almacenamiento y tránsito a los mercados de destino.

La incorporación del uso de coberturas, durante la precosecha de uva de mesa, genera importantes cambios a nivel del funcionamiento de la planta al modificar su microclima, cambios que ya han sido explicados en los capítulos anteriores de este boletín.

De los numerosos atributos de calidad y condición, evaluados en la postcosecha de uva de mesa, es necesario reconocer los que son afectados directamente por el uso de coberturas plásticas. De esta manera, las características que responden a condiciones climáticas (como lluvia), temperatura e intercepción de luz, son las que acusarán las mayores diferencias entre el uso y no uso de la cobertura, afectando principalmente la calidad de la fruta y, en consecuencia, su duración de postcosecha.

Podemos reconocer como variables afectadas por condición climática a la incidencia partiduras, russets y pudriciones, mientras las afectadas por temperatura e intercepción de luz son color, crecimiento de bayas y sólidos solubles. Adicionalmente, la firmeza se vería influenciada por los factores de temperatura, en parte por responder al adelanto de madurez propio de la modificación de los estadios fenológicos causados por el uso de ciertos tipos de coberturas.

En este capítulo se presentan los principales resultados obtenidos en la evaluación de postcosecha en variedades de uva que consideraron el uso o no de cobertura plástica, durante tres temporadas. Esto permitió evaluar el efecto tanto en años donde existieron eventos climáticos con lluvias en periodos críticos de desarrollo, como en años donde la lluvia no fue un factor determinante.

Desarrollo de color

El desarrollo de color en la uva es un proceso que ocurre netamente mientras la fruta se encuentra en la planta, por lo tanto, no variará durante su postcosecha, configurándose como una variable de calidad que determinará la segregación de la fruta en cuanto a categoría y mercado destino al que puede ser enviada.

En uva de mesa el color se evalúa como (i) el color de cubrimiento del racimo, entendido como la cantidad de bayas coloreadas en el racimo; (ii) la tonalidad, que evalúa la intensidad del color y, finalmente, (iii) la cantidad de bayas que permanecieron completamente verdes en el racimo.

Los estudios realizados en variedades rojas, durante la temporada 2015-2016, mostraron un claro efecto del uso de coberturas en la disminución del desarrollo de color. Como se observa en la **Figura 1** en la variedad Ralli, la tonalidad de racimo en escala de 1 (verde) a 4 (full color) alcanzó una nota promedio de 1,6 en uva con cubierta y 2,5 sin cubierta. Para la variable de cubrimiento de racimo

se evaluó una nota promedio de 1,8 con cobertura y 2,3 sin cubierta, siguiendo esta tendencia cuando se evalúan bayas individuales de los mismos tratamientos.

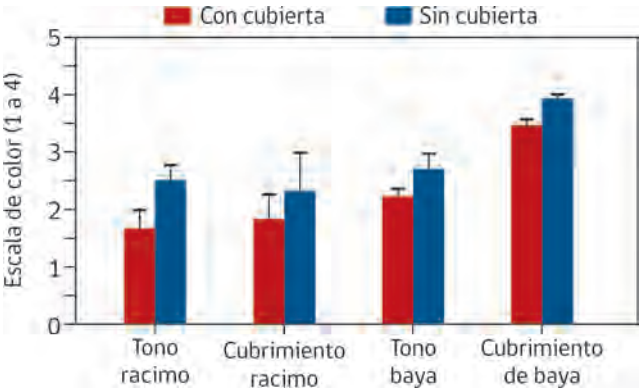

Figura 1. Nota de color promedio en tonalidad y cubrimiento con y sin cubierta en variedad Ralli.

En el caso de la variedad Timco (**Figura 2**) la evaluación de color de bayas individuales, se condice con lo observado para Red Globe (**Figura 3**) en tono de bayas. A su vez, la presencia de bayas completamente verdes después de cosecha sólo fue observada en tratamiento con cobertura, donde alcanzan un nivel cercano al 1%, mientras en el tratamiento sin cobertura no se encontraron bayas verdes. Al evaluar el cubrimiento de bayas en racimo no se observan diferencias entre con

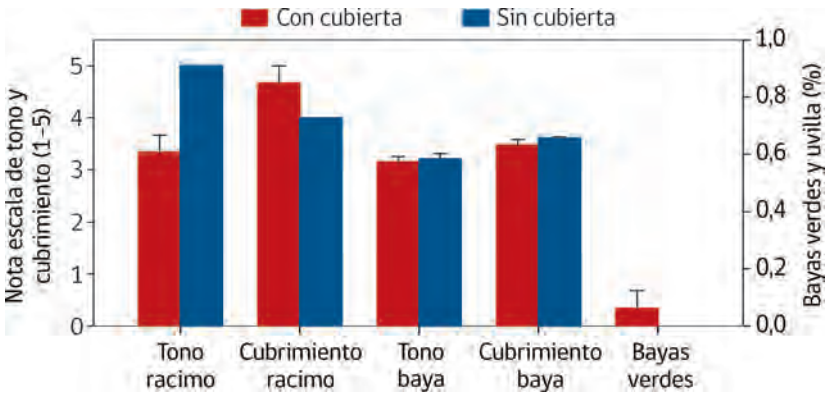

Figura 2. Desarrollo de color en variedad Timco. Se observa que existen diferencias en el tono de color, obteniendo mejor tono en fruta sin cobertura. No se observan bayas verdes en fruta sin cubierta.

y sin cubierta, misma situación que puede verse en la variedad Timco donde la tonalidad está más afectada que el cubrimiento. En estos casos, el problema se enfoca más a la falta de intensidad del color que a lograr cubrimiento general, observándose una fruta pintada pero de colores débiles, amarillentos o más verdosos.

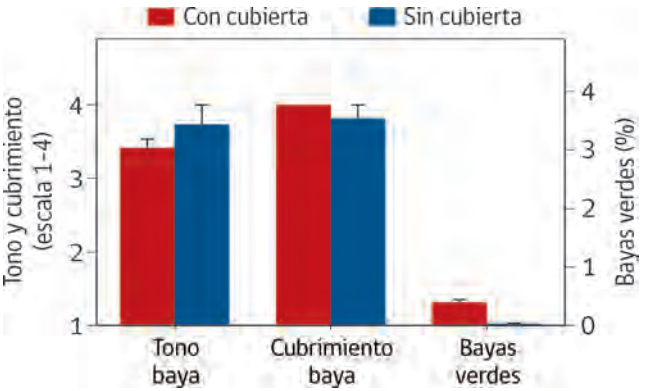

Figura 3. Diferencia entre el tono y cubrimiento de bayas para la variedad Red Globe en tratamientos con y sin cubierta.

Por lo tanto, al implementar el uso de cobertura será importante considerar el balance entre la intensidad luminosa, temperatura máxima alcanzada y el vigor de la planta, todas variables que en forma directa determinan el desarrollo de color rojo.

Los resultados descritos indican que se requiere más investigación, para seleccionar de mejor forma las propiedades lumínicas de los plásticos, considerando que la calidad de la luz tiene una alta incidencia en el desarrollo del color. Además, es necesario ajustar las prácticas de manejo de follaje, de tal manera de evitar el excesivo sombreamiento que se puede producir por el mayor desarrollo foliar bajo las cubiertas plásticas.

Sólidos solubles totales y acidez titulable

Con el aumento de la temperatura bajo cubierta se podrían esperar modificaciones en variables como la acumulación de sólidos solubles y la acidez. Durante las evaluaciones realizadas en distintas variedades, se observó que en la temporada 2016-2017 existen diferencias significativas entre el uso y no uso de cubierta respecto de estos parámetros.

En la variedad Timco se evaluó que bajo cubierta los sólidos solubles aumentaron en comparación a los tratamientos sin cubierta (**Figura 4**). Sin embargo, esto estaría influenciado por la variedad, ya que en Thompson Seedless no se observaron diferencias significativas en sólidos solubles, obteniendo en ambos casos valores entre 19° y 20° Brix (**Figura 5**). Lo importante, no obstante, es mantener un monitoreo constante de sólidos solubles para verificar el avance del estado de desarrollo independiente del sistema de manejo.

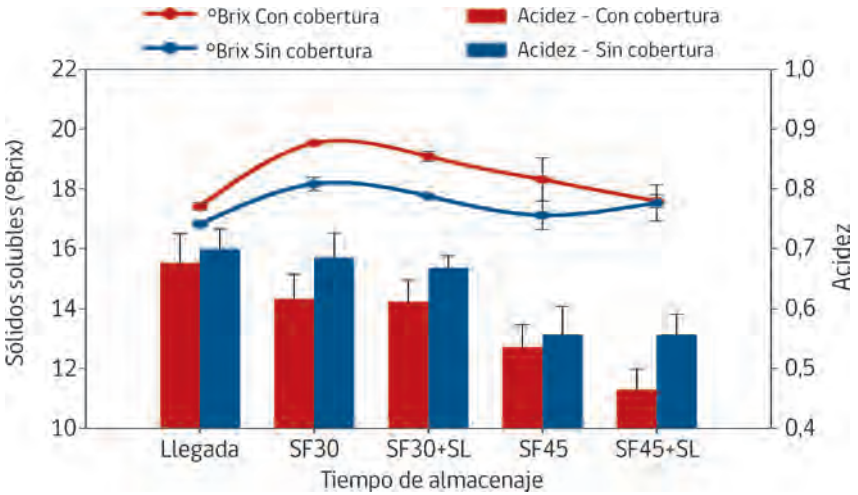

Figura 4. Diferencias en la acumulación de sólidos solubles y en acidez titulable para la variedad Timco, con y sin cubierta. SF = Salida de almacenaje en frío, SL= 'Shelf Life' o simulación de vida en estantería a 20°C.

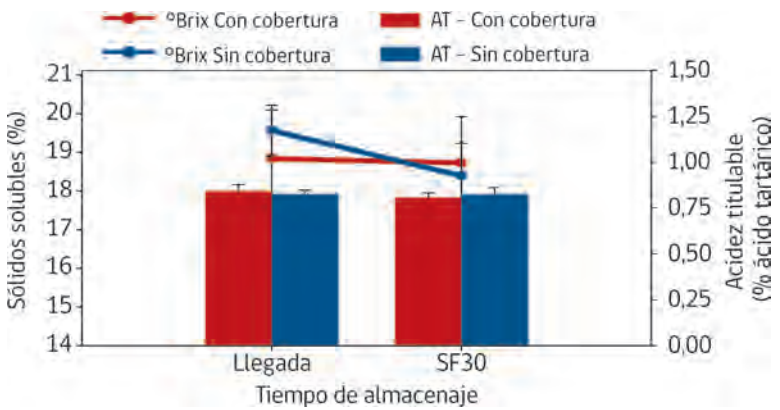

Figura 5. Sólidos solubles y acidez titulable en uva de mesa variedad Thompson Seedless. SF30= Salida de frío tras 30 días de almacenaje.

Respecto de la acidez titulable, no se observaron tendencias claras entre los tratamientos de con y sin cobertura plástica, aunque para la variedad Ralli existen valores más altos de acidez en fruta sin cubierta.

Firmeza de baya

Quizás una de los atributos menos entendidos y más complejo de estudiar, por la cantidad de variables que lo afectan, es la evolución de la firmeza de la baya, tanto durante desarrollo como una vez cosechada y enviada a destino.

Existen factores genéticos (variedad), ambientales, de nutrición, de riego y de manejo de postcosecha que determinan esta evolución y la firmeza final a obtener. Por supuesto, al igual que otros atributos el resultado final dependerá de la interacción entre todos ellos (multivariable).

En las variedades en que se evaluó el uso de coberturas plásticas en las zonas estudiadas, en general no se observó un efecto negativo sobre la firmeza de las bayas. Al contrario, éste fue neutro o positivo, aun cuando las diferencias no fueron significativas.

Se estudiaron 12 variedades: Allison, Crimson Seedless, Krissy, Magenta, Ralli Seedless, Red Globe, Sable, Scarlota, Superior, Thompson Seedless, Timco y Timpson.

Al observar los resultados de firmeza obtenidos en estas variedades se evidencian comportamientos dispares, sobre el efecto de la cobertura (**Figura 6**). Para la variedad Ralli, la fruta que estuvo sin cubierta presentó menor firmeza que la fruta con cobertura, mientras para la variedad Sable se observa el escenario contrario con variaciones.

Luego, las otras variedades presentaron el mismo tipo de irregularidad, sin embargo, se debe notar que toda la fruta se encuentra en valores de fuerza correspondientes a fruta firme al tacto. Pensando en la complejidad del atributo firmeza, será necesario seguir estudiando a nivel de variedad, zona y quizás manejos culturales distintos (conducción, nutrición, riego, etc.) cuáles son los factores y las jerarquías de ellos en la determinación de la firmeza de una baya.

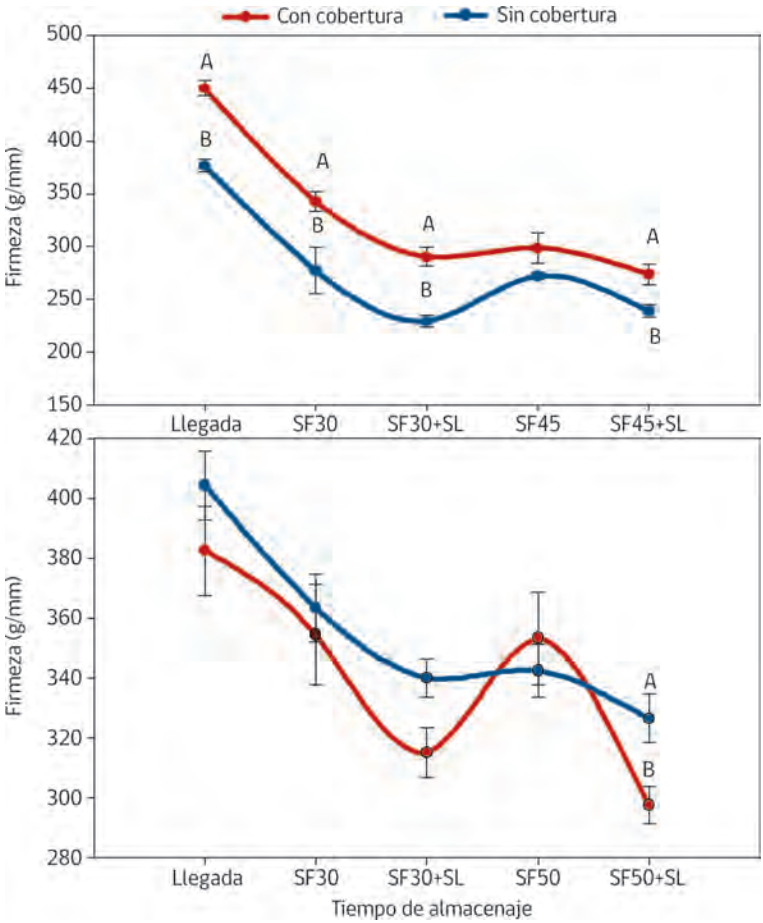

Figura 6. Firmeza de bayas en variedad Ralli (sup.) y Sable (inf.) con y sin cobertura plástica. No se puede determinar un efecto claro de la cobertura sobre la firmeza, sin embargo los valores se encuentran en su totalidad en la categoría de "firme". SF30 y SF50 = Salida de Frío a 30 y 50 días de Almacenaje, SL= Shelf life o vida de estantería a 48 horas a 20°C.

Variables de protección climática

Uno de los objetivos de usar coberturas plásticas es la protección contra eventos climáticos que afecten la fruta, durante el crecimiento y la cosecha. La lluvia o en casos extremos los granizos, son agentes que pueden destruir la producción de una temporada completa. En este sentido, el no uso de coberturas tiene un

efecto directo en la incidencia de partiduras y russet, los que a su vez afectarán la postcosecha de la fruta al permitir el deterioro por otras causales, como pudrición.

Al respecto, el uso de cobertura presenta una ventaja notable en temporadas donde los eventos climáticos, principalmente lluvias y heladas, afectan al cultivo, pero en temporadas donde no ocurren eventos anómalos su efecto no es apreciable.

En el estudio realizado, podemos diferenciar dos temporadas marcadamente distintas en cuanto a pluviometría durante crecimiento de racimo. La primera 2015-2016 presentó lluvias para la localidad de San Vicente en septiembre, octubre, noviembre y enero, sumando 128 mm en total.

Bajo estas condiciones, se observó que la incidencia de partiduras en la variedad 'Superior Seedless' aumentó significativamente en la fruta sin cubierta, que tras 30 días de almacenaje presentó cerca de un 8% de bayas partidas, y a 45 días de almacenaje presentó un 15% (**Figura 7**), mientras la fruta bajo cubierta tiene menor incidencia de partidura. Por las características de la epidermis, se observa que las variedades de color sufren menos el daño que las variedades verdes, en Ralli ocurre el mismo efecto de aumento de partiduras al aire libre, aunque en menor grado de incidencia, como se puede observar en la mayoría de los momentos evaluados.

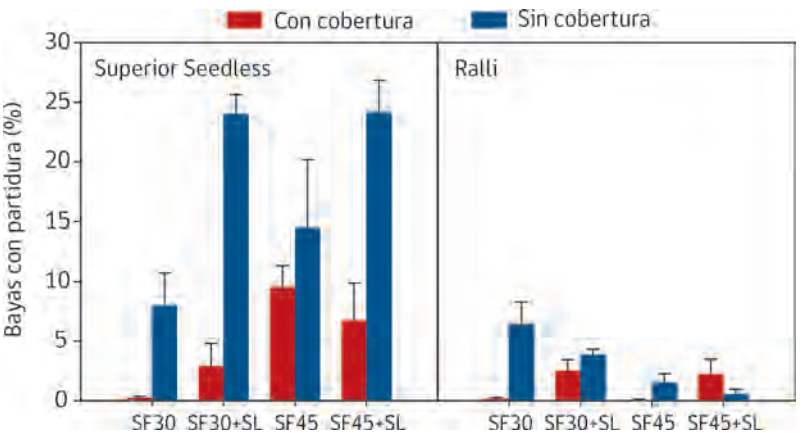

Figura 7. Incidencia de partiduras en bayas a salida de frío (SF) y tras 48 horas de 'Shelf Life' (SL), para la variedad Superior Seedless (izquierda) y Ralli (derecha.) en la temporada 2015-2016 (128 mm de lluvia).

Si se analiza lo sucedido durante la siguiente temporada 2016-2017, que presentó una muy escasa pluviometría durante la temporada de crecimiento (44 mm), se observa que no hay efectos de la cobertura en la fruta. En este caso, como se ilustra en la **Figura 8**, la incidencia de partiduras no superó el 0,6%, y no se encuentran diferencias significativas entre el uso y no uso de cobertura.

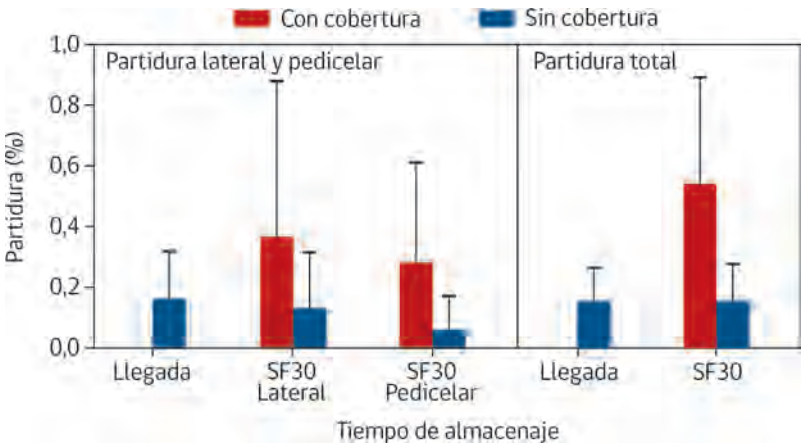

Figura 8. Incidencia de partiduras laterales y pedicelares (izquierda) y Partidura total (%, derecha) en bayas de uva variedad Thompson Seedless con y sin cubierta durante la temporada 2016-2017 (44 mm de lluvia).

Efecto de las coberturas en la vida de postcosecha

Si bien los daños observados hasta ahora son causados durante la precosecha es necesario relacionar cómo estos afectarán la vida de postcosecha de la fruta. En este sentido, la pudrición se convierte en el aspecto más crítico de manejar, debido a que los inóculos de hongos se encuentran ampliamente difundidos, tanto en campo como durante almacenaje y transporte, en la fruta.

La incidencia de partiduras determinará que los inóculos de hongos, principalmente *Botrytis cinerea*, tengan una vía de acceso para colonizar y desarrollarse. En las **Figuras 9** y **10**, se observa una clara influencia de la cobertura sobre la prevalencia de hongos, ya sea que se presenten en la zona pedicelar o en la zona lateral de las bayas, evaluadas durante la temporada lluviosa (2015-2016).

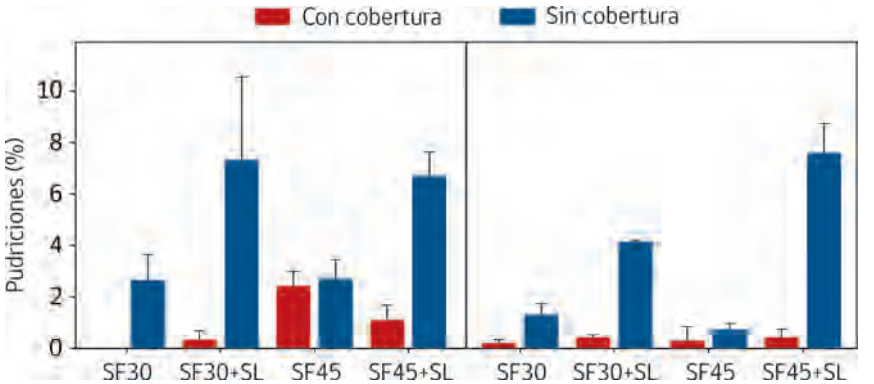

Figura 9. Pudriciones laterales y pedicelares en uvas con y sin cobertura, temporada lluviosa (2015-16).

Figura 10. Prevalencia de pudrición gris (*Botrytis cinerea*) con cubierta (izq.) y sin cubierta (der.) en variedad Thompson Seedless, para la temporada 2015-2016 de alta pluviosidad. (Foto Unidad de Postcosecha INIA).

En este caso, podemos considerar que se conjugan tanto el agua libre existente sobre la fruta cuando ésta no se encuentra protegida por la cobertura, como la vía de libre acceso de las partiduras. Entonces, primeramente, aparece un ambiente propicio para el desarrollo de inóculos que se esparcen por medio de las conidias. Una vez que conidias tienen acceso a la pulpa de las bayas, a través de partiduras su desarrollo puede observarse antes de cosecha en caso de episodios tempranos, como en postcosecha en caso de lluvias muy cercanas a la cosecha.

Cabe preguntarse entonces cuál será la dinámica del desarrollo de pudriciones, durante el almacenaje y transporte. Lo cierto es que si bien los métodos de gasificación tienen una gran utilidad y efectividad en el control de pudriciones por *Botrytis cinerea*, el uso de esta tecnología tiene sus limitaciones una vez que el inóculo, en forma de conidia, ha entrado a la baya. Esta limitación radica en que el gas de anhídrido sulfuroso no logra penetrar en la pulpa de las bayas, sino que ejerce un control por contacto en el exterior, mientras el inóculo continúa su desarrollo en la pulpa durante el almacenaje y transporte.

Muy importante en el control de *Botrytis* es evitar que el inóculo logre colonizar el interior de la baya, siendo el momento más crítico para esto la etapa de floración. Una vez que el inóculo ha entrado en el desarrollo de flor, la pudrición se expresará independiente de si hay partiduras o aplicación de tecnología, ya que el SO_2 no logrará penetrar la baya. El uso de frío en el almacenaje puede ralentizar hasta cierto punto su avance, pero el control de temperatura en la mayoría de los casos, sino en todos, puede sufrir quiebres de calor durante las distintas etapas del embalaje, almacenaje y transporte. En este sentido, el uso de cobertores puede tener una gran incidencia en el control de la infección de *Botrytis* en flor.

Al igual que con otras variables, para la temporada 2016-2017 en que no hay lluvias se observa que la incidencia de hongos no supera el 0,8% de prevalencia, como se muestra en la **Figura 11** para Thompson Seedless, sin diferencias significativas entre el uso y no uso de cobertura

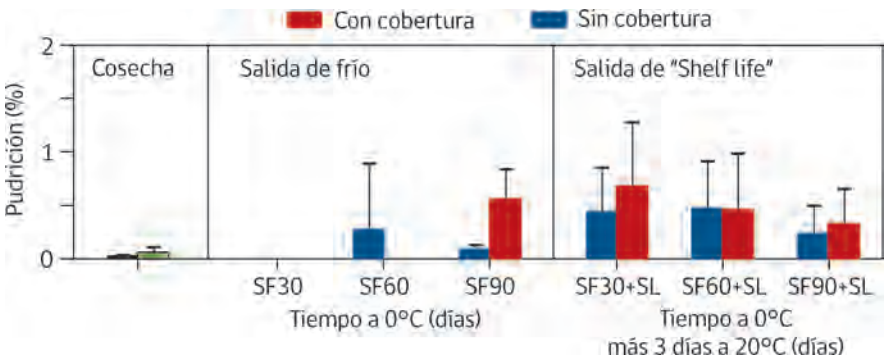

Figura 11. Prevalencia de pudrición gris (*Botrytis cinerea*) con y sin cubierta en la variedad Thompson Seedless para la temporada 2016-2017 con baja pluviosidad en crecimiento.

Por otra parte, la incidencia de partiduras no siempre es evidente en la fruta, ya que existen distintos tipos: (i) más expuestas que son observadas fácilmente por haber una ruptura de gran tamaño en la baya o (ii) de carácter microscópico, que sirven de entrada para patógenos y constituyen puntos donde la cutícula se encuentra debilitada, pudiendo dañarse.

La aplicación incorrecta de tecnologías para preservar la vida de postcosecha, como el uso de anhídrido sulfuroso (SO_2), puede conllevar la aparición de otros defectos de condición como el blanqueamiento en la uva de color (**Figura 12**). Este daño se caracteriza por un exceso de SO_2 que produce una marcada toxicidad decolorando las bayas.

Figura 12. Bayas de uva de mesa variedad Red Globe con blanqueamiento por exceso de SO_2 en postcosecha. (Foto Unidad de Postcosecha INIA).

En fruta sensible, con alteraciones de cutícula o partiduras, el blanqueamiento puede ser más agresivo, ya que la condición ácida del SO_2 aumenta la desintegración de las placas de quitina en la cutícula, provocando mayores partiduras y mayor entrada de gas en exceso a la pulpa. Como se observa en la **Figura 13**, existe un aumento de incidencia de blanqueamiento en la fruta sin cubierta plástica en las variedades Ralli y Red Globe. Es posible que esta relación pueda deberse a una cutícula más comprometida por microfisuras, causadas por fluctuaciones de agua, ya sea en modo libre sobre la fruta como por presión hídrica cuando la planta absorbe el agua del suelo.

De los estudios realizados a la fecha en distintas variedades de uva se puede concluir que los efectos del uso de coberturas en calidad y condición de fruta van mucho más allá de la protección del cultivo, frente a eventos climáticos como lluvia, disminuyendo la prevalencia de pudriciones durante cosecha y postcosecha en fruta bajo cobertura.

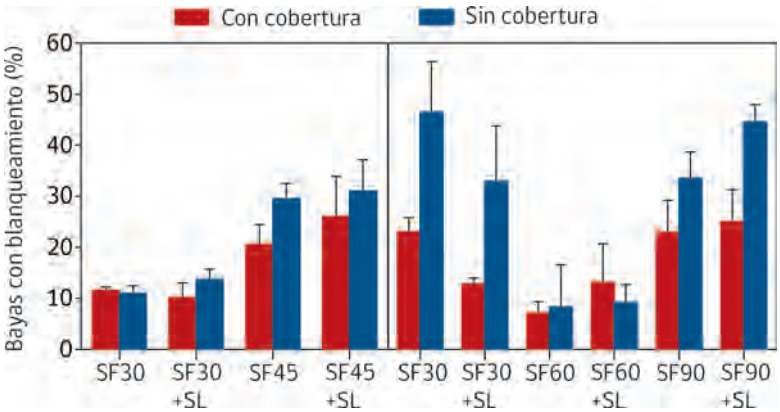

Figura 13. Incidencia de blanqueamiento por exceso de gasificación por anhídrido sulfuroso en variedad Red Globe, durante la temporada 2015-2016.

Además, hemos podido identificar potenciales efectos en el desarrollo (tonalidad) de color en variedades rojas, que se deberían a las modificaciones en temperaturas ambientales, intensidad lumínica y vigor de plantas que generan las coberturas.

El desafío final para cada productor será definir qué tipo de cobertura será el más adecuado para la variedad a proteger, teniendo presente el objetivo de utilizar este tipo de protección de cultivo.

Capítulo 6
Bibliografía citada

Defilippi, B.G., Rivera, S., Pérez-Donoso, A., González-Agüero, M. and Campos-Vargas,R. (2019). Table grape. In: S. Tonetto de Freitas and S. Pareek (Eds) "Postharvest Physiological Disorders in Fruits and Vegetables", pp: 237-260. CRC Press Taylor & Francis Group Boca Raton, FL, ISBN:978-1-138-03550-8.

Defilippi, B. y Rivera, S. (2017). Estándares de calidad y condición en uva de mesa. In Torres, A (ed) Manual del cultivo de uva de mesa, pp. 24-38. Convenio INIA-INDAP. Boletín INIA N°18, ISSN 0717-4829.

Del Ángel-Hernández, M; Zermeño-Gonzales, A; Melendres-Alvarez, A; Campos-Magaña, S; Cadena-Zapata, M and Del Bosque, G. (2017). Characteristics of a tunnel cover effect on radiation, chlorophyll and zucchini yield. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.8 Núm.5 30 de junio - 13 de agosto. p. 1127-114

Evain, S, J Flexas, and I Moya. (2004). A New Instrument for Passive Remote Sensing: 2. Measurement of Leaf and Canopy Reflectance Changes at 531 Nm and Their Relationship with Photosynthesis and Chlorophyll Fluorescence. Remote Sensing of Environment 91 (2): 175-85.https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.03.012.

González CV, Jofré MF, Vila HF, Stoffel M, Bottini R, Giordano CV. (2016). Morphology and Hydraulic Architecture of *Vitis vinifera* L. cv. Syrah and Torrontés Riojano Plants Are Unaffected by Variations in Red to Far-Red Ratio. PLoS ONE 11(12): e0167767. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167767

Junior, M.J.P., Hernandes, J.L., Rolim G, y Blain, G.C. (2011). Microclima e prodcao de uva de mesa "Niagara Rosada" conduzida em espaldeira a ceu aberto em manjedoura na forma de "Y" sob cobertura de telado plástico. Rev. Bras Frutic., Jaboticabal-SP Volumen Especial, E. 511-518.

Long, S.P., Humphries, S. and Falkowski, P.G. (1994). Photoinhibition of photosynthesis in nature. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 45,633-662.

Lulu, J: Vidigal De Castro; Júnior, P (2005). Effect of microclimate in the quality of 'romana' (a 1105) table grape cultivated under plastic cover. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 27, n. 3, p. 422-425.

Martínez-García, J; Monte, E and Ruiz-Cantón, F. Fitocromos y desarrollo vegetal.

Marinez-Dáz, G. (2014). Manejo del dosel, cubiertas de plástico y calcio en el reventado de vayas de vid (*Vitis vinifera* L.) . Revista de Ciencias Bilógicas y de Salud. Vol XVI (1): 45-59.

Matus, J. T., Loyola, R., Vega, A., Peña-Neira, A., Bordeu, E., Arce-Johnson, P. y Alcalde, J., A. (2009). Post-veraison sunlight exposure induces MYB-mediated transcriptional regulation of anthocyanin and flavonol synthesis in berry skins of Vitis vinífera. Journal of Experimental Botany. Vol 60, Nº3, pp. 853-867.

Meisel, L; Urbina, D and Pinto, M. (2011). Fotorreceptores y Respuestas de Plantas a Señales Lumínicas en Fisiología Vegetal (F.A. Squeo & L. Cardemil, eds.).

Moller, M y Assouline, S. (2007). Effects of a shading screen on microclimatic and crop water requirements. Irrg Sci. 25: 171- 181.

Muñoz-Robredo P., Robledo P., Manríquez D., Molina R., and Defilippi B.G. (2011). Characterization of sugars and organic acids in commercial varieties of table grapes. Chilean Journal of Agricultural Research 71:452-458

Novello, V; de Palma, L; Tarricone, L; Vox, G. (2000). Effects of different plastic sheet coverings on microclimate and berry ripening of table grape cv 'matilde'. J. Int. Sci. Vigne Vin, 34, n°2, 49-55

Olivares, D., Contreras, C., Muñoz, V., Rivera, S., González-Agüero, M., Retamales, J. and Defilippi, B.G. (2017). Relationship among color development, anthocyanin and pigment-related gene expression in 'Crimson Seedless' grapes treated with abscisic acid and sucrose. Plant Physiology and Biochemistry 115:286-297

Pérez Correa, F; Ormeño, J; Reynaert, B; Rubio, S; (2008). Use of the dynamic model for the assessment of winter chilling in a temperate and a subtropical climatic zone of Chile. Chilean journal of agricultural research, Volumen 68, pag. 198-206

Rana, G; Katerji, G; Introna, M; Hammamic, A. (2004). Microclimate and plant water relationship of the "overhead" table grape vineyard managed with three different covering techniques. Scientia Horticulturae 102; 105-120

Retamales, J. y Defilippi, B. Manejo de Postcosecha. 304-309. En: Valenzuela, J. (Ed.). Uva de mesa en Chile. Colección Libros INIA Nº5, 338 pp.

Selles, G. ; Ferreyra, R.; Contreras, G.; Ahumada, R.; Valenzuela, J y Bravo, R. (2003). Manejo de riego por goteo en uva de mesa cv. Thompson Seedless, cultivada en suelos de textura fina. Agricultura Técnica (Chile) 63 (2): 180-192.

Selles, G.; Ferreyra, R.; Aspillaga, C. y Zúñiga, C. (2012). Requerimientos de riego en uva de mesa: Experiencias en el valle de Aconcagua. 80 p. Boletin INIA N° 242. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Suárez, L, P J Zarco-Tejada, J A J Berni, V González-Dugo, and E Fereres. (2009). "Modelling PRI for Water Stress Detection Using Radiative Transfer Models." Remote Sensing of Environment 113 (4): 730-44. doi:https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.12.001.

Taiz, L y Zeiger, E. (2010). Plant Physiology. Sinaur Associates. 782 p.

Zepeda, B., Olmedo, P., Ejsmentewicz, T., Sepúlveda, P., Bálic, I., Balladares, C., Delgado-Rioseco, J., Fuentealba, C., Moreno, A., Defilippi, B.G., Meneses, C., Pedreschi, R. and Campos-Vargas, R. (2018). Cell wall and metabolite composition of berries of *Vitis vinifera* (L.) cv. Thompson Seedless with different firmness. Food Chemistry 268: 492-497

Boletín INIA / Nº 402
www.inia.cl