

FRUTICULTURA PROTEGIDA

**Directrices tecnológicas
para uso de coberturas
fotoselectivas en kiwi**

Catalina Pinto
Viviana Tudela
EDITORAS

Autores: Catalina Pinto, Viviana Tudela, Karen Mesa, Jeissy Olguín, Camilo Riveros-Burgos, Mauricio Zúñiga, Set Pérez Fuentealba y Enrico Biondi.

Editoras: Catalina Pinto y Viviana Tudela.

FRUTICULTURA PROTEGIDA

Directrices tecnológicas para uso
de coberturas fotoselectivas en kiwi



San Fernando, Universidad de O'Higgins
Instituto de Ciencias Agroalimentarias, Animales y Ambientales - ICA3, agosto 2022
Serie ICA3 N°1
124 páginas

Financiamiento



GOBIERNO REGIONAL
REGIÓN DE O'HIGGINS



Fondo de Innovación para la Competitividad del Gobierno Regional de O'Higgins

ISBN: 978-956-6031-06-2

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

Ruta I-90 S/N
San Fernando, Región de O'Higgins
Edición: 100 ejemplares

Fotografía de la portada: Lolol, Región de O'Higgins.

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

Diseño: Innova Difusión-Tandem Design

Impresión: Maval



CONTENIDO

PRÓLOGO

1

INTRODUCCIÓN

2

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3

MICROCLIMA

4

DESARROLLO FISIOLÓGICO DE LAS PLANTAS

5

FLORACIÓN Y CRECIMIENTO DE FRUTOS

6

PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD EN COSECHA

7

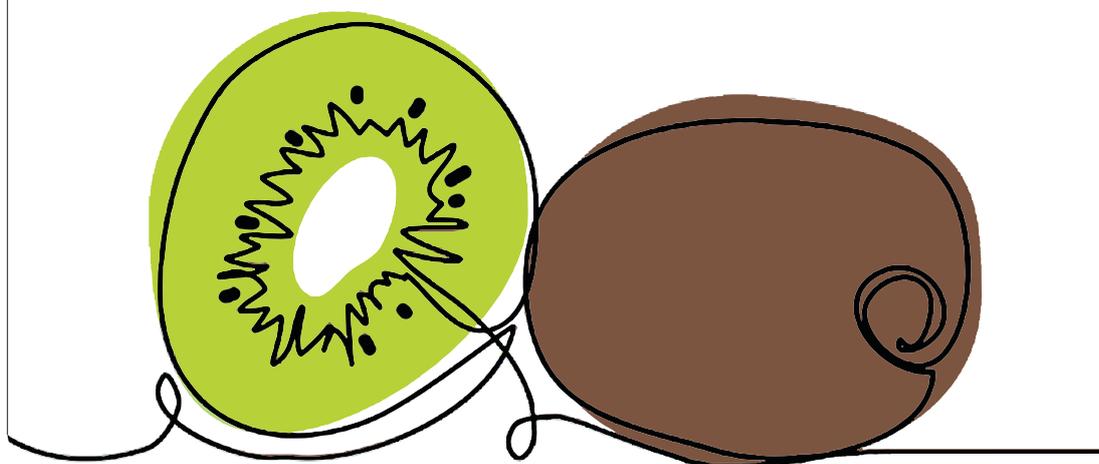
CALIDAD Y CONDICIÓN DE FRUTOS EN POSCOSECHA

8

CANCRO BACTERIANO DEL KIWI

9

CONCLUSIONES Y PROYECCIONES



PRÓLOGO

La agricultura es una de las principales actividades económicas del país, y representa uno de los sistemas de aprovechamiento de recursos naturales más sensible a las variaciones climáticas. Durante los últimos años, Chile ha sobrellevado numerosos eventos de olas de calor, sequía, heladas, granizo, precipitaciones estivales, entre otras, los cuales han impactado negativamente en el rendimiento y la calidad de las producciones. Estos hechos denotan la urgente necesidad por definir estrategias de adaptación a nivel local para afrontar los cambios en el clima y el potencial incremento de su variabilidad.

Para enfrentar la incertidumbre climática, en el contexto de una fruticultura moderna y sustentable, el uso de tecnologías es esencial para la producción de calidad y condición superior de la fruta en cada temporada, asegurando entonces una alta rentabilidad del sistema productivo. Sin embargo, impulsar nuevas alternativas o tecnologías es un proceso que requiere de información y orientación para garantizar la sostenibilidad y la correcta adopción en los huertos.

Actualmente, una alternativa válida para los fruticultores es proteger sus plantas utilizando sistemas de coberturas. Experiencias internacionales muestran que esta tecnología se usa principalmente para protección de eventos de granizo, pero también destacan efectos positivos adicionales como protección a heladas, lluvias en momentos críticos del cultivo, alta intensidad de vientos, disminución del daño por radiación excesiva, menor demanda hídrica, entre otros. En Chile, los beneficios de los sistemas de cobertura como cortaviento y protección al golpe de sol en uva de mesa y manzanos son ampliamente conocidos. En cerezos se facilita el acceso a las coberturas por los mayores retornos económicos. En el cultivo del kiwi por otra parte, se desconoce el efecto de las nuevas coberturas fotoselectivas en la rentabilidad.

Por ello, el Instituto de Ciencias Agroalimentarias, Animales y Ambientales (ICA3) de la Universidad de O'Higgins ejecutó el proyecto denominado "Transferencia: Coberturas fotoselectivas en kiwi" financiado por el Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC) del Gobierno Regional de O'Higgins y su Consejo Regional, enmarcado en la Estrategia Regional de Innovación. El objetivo fue aumentar la competitividad de los productores de kiwi mediante la generación de directrices tecnológicas para el uso de sistemas de coberturas.

Esta investigación se realizó durante tres temporadas en cuatro unidades experimentales. Los autores agradecen la disposición y cooperación en los huertos de las empresas Sociedad Agrícola Hacienda Lolol Ltda., Tambofrut Ltda., Sociedad Agrícola Tres Regina Ltda. y Sucesión

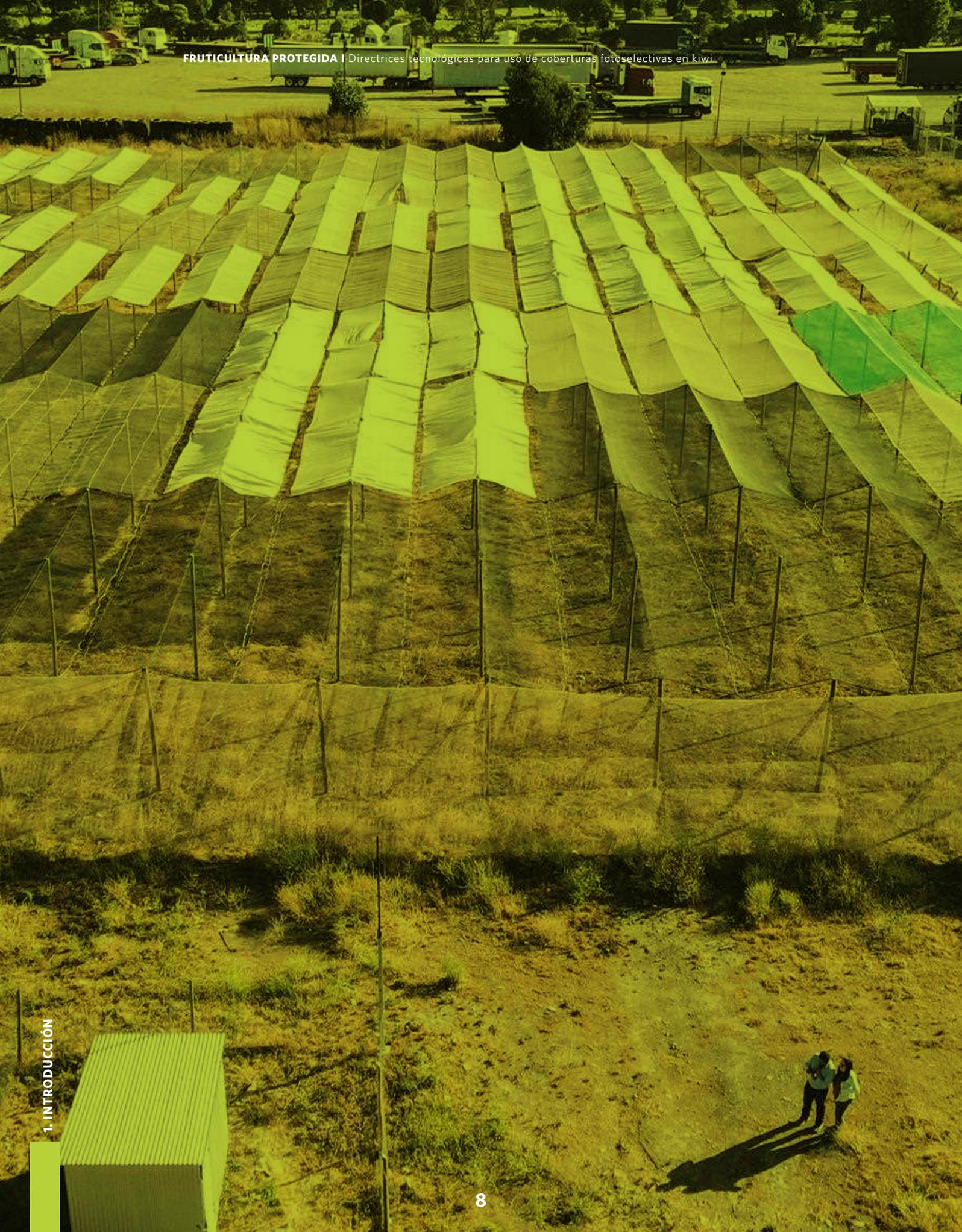
Eugenio Zegers, como también el interés en la puesta en marcha y su activa participación en las reuniones técnicas de: Comité del kiwi de Chile, Frutera San Fernando, Inversiones y Servicios Abud Sittler Ltda, y el Servicio Agrícola Ganadero.

Asimismo, este trabajo contó con la estrecha colaboración de académicos, profesionales y estudiantes de la Universidad de O'Higgins. Queremos hacer una especial mención por el apoyo brindado de los y las profesionales de nuestro instituto: María José Ramírez, Nicole Cortez, Verónica Sobarzo, Alessandro Schenone, Pilar Fuenzalida, Carolina Guerrero, Fabián Farías, Andrea Albornoz, Sergio Saavedra, César Pávez y Guido Candia. Del mismo modo, destacamos la participación de estudiantes de Ingeniería Agronómica que aportaron como tesis de pregrado: Makarena Álvarez, Yessica Farías, Camila Cubillos, Javiera Guerrero, Paul Rojas y Matías Bozo; y como parte del staff de apoyo técnico en terreno y laboratorio: Constanza Guzmán, Amanda Rozas, Francisca Gutiérrez, Felipe Espinoza, Raúl Flores, Queenie Mura, Adolfo Machuca, Militza Gallardo, Darío Zúñiga, Juan Vásquez, Nicolás Miranda y Francisco Cofré.

A continuación, en este libro se describen, en diez capítulos, los resultados de la evaluación técnica de parámetros productivos, fisiológicos, microclimáticos y sanitarios con respecto al uso de coberturas en dos cultivos de kiwi: 'Jintao' y 'Hayward'.

Las conclusiones que se presentan en esta publicación esperan aportar en la toma de decisiones de los productores de kiwi ante los nuevos escenarios de incertidumbre climática y en la proyección de nuevas investigaciones.

Las editoras



1. INTRODUCCIÓN

 Catalina Pinto y Viviana Tudela

Producción

El kiwi destaca por ser uno de los mejores ejemplos de domesticación y comercialización exitosa de un nuevo cultivo (Ferguson, 2016). Las semillas de *Actinidia deliciosa* [(A. Chev.) C.F. Liang et A.R. Ferguson] se introdujeron desde China, centro de origen del género *Actinidia*, a Nueva Zelanda a principios del siglo XX. Un pequeño número de plantas seleccionadas dio lugar a los pocos cultivares de los que depende actualmente la industria mundial (Ferguson et al., 1996). Hoy en día, el kiwi se considera una importante especie frutal de las regiones templadas. Según las estadísticas de FAO (2022), en el mundo se cultiva una superficie de 270.457 ha y se reportan 4.407.407 toneladas de producción. La superficie y la producción de este cultivo han aumentado a un ritmo constante desde el año 2000 (Rana y Kumar, 2021). Los principales productores de kiwi son China, Italia, Nueva Zelanda, Chile, Irán y Grecia concentrando más del 90% de la producción mundial (FAO, 2022). Si bien China contribuye con cerca de la mitad del total de la producción mundial, su destino es esencialmente para consumo local. En cambio, las cosechas de Italia, Nueva Zelanda y Chile son principalmente para el mercado de exportación (Ferguson, 2016; FAO, 2022).

En Chile, los últimos catastros frutícolas registran plantaciones de kiwi desde la Región de Valparaíso hasta la Región de los Ríos, alcanzando una superficie total de 7.400 ha (ODEPA y CIREN, 2021). Las regiones del Maule y O'Higgins representan cerca del 80% de la superficie nacional (respectivamente 51% y 30%), siendo el cultivar Hayward (pulpa verde) tradicionalmente el más cultivado. Dadas las condiciones de alta demanda y mejores precios internacionales, en la última década se han introducido nuevos cultivares de pulpa amarilla, los cuales presentan mayor rentabilidad en comparación a 'Hayward'. En particular, la Región de O'Higgins con 2.700 ha de kiwi en producción (equivalentes a 64.717 ton) ostenta la mayor superficie de variedades de pulpa amarilla (58% del total nacional; 232,99 ha) (ODEPA y CIREN, 2021).

Panorama varietal

El kiwi es un frutal perteneciente al género *Actinidia*, el cual incluye varias especies de importancia que poseen un fruto comestible, caracterizado por su cáscara pilosa o glabra, pulpa verde, amarilla o de corazón rojo, mayor o menor tamaño (Ferguson, 2016; David et al., 2019).

La especie más importante en el mundo por su comercialización es *Actinidia chinensis* Planch., que actualmente incluye el kiwi de pulpa verde *A. chinensis* var. *deliciosa* (A. Chevalier) A. Chevalier y el kiwi de pulpa amarilla o roja *A. chinensis* var. *chinensis* (David et al., 2019). Inicialmente, el kiwi de pulpa verde y el de pulpa amarilla fueron consideradas dos especies diferentes, denominándose *A. deliciosa* y *A. chinensis*, respectivamente. Ambas destacaban por sus diferencias en ploidía, es decir, en la cantidad de juegos de cromosomas que contienen el material genético en cada célula. En general, *A. deliciosa* se presentaba como hexaploide, es decir seis juegos de cromosomas en sus células, y a su vez *A. chinensis* como diploide (sólo dos juegos cromosomales). Sin embargo, posteriormente se comenzaron a observar individuos de *A. chinensis* tetraploides (cuatro juegos de cromosomas), lo que evidenció que muchos de los caracteres usados previamente para separar taxones no eran suficientemente constantes. Asimismo, *A. deliciosa* y *A. chinensis* no se diferenciaban en la producción de determinados metabolitos, mientras que otras especies de *Actinidia* sí lo hacían. Por otra parte, dependiendo del rango geográfico, las diferencias morfológicas en hojas y frutos no eran muy claras entre ambas especies. Todo ello contribuyó a establecer que el kiwi de pulpa verde y el de pulpa amarilla son dos variantes de la misma especie *A. chinensis* (David et al., 2019).

Actinidia chinensis var. *deliciosa* se distingue por su pulpa verde brillante y un sabor ácido, que suele tener de 12 a 14º Brix al momento del consumo (Pinto et al., 2018). Entre sus propiedades nutricionales se evidencia un alto contenido de vitamina C, fibra dietética, potasio, vitamina E y ácido fólico, así como una amplia gama de antioxidantes y enzimas (Richardson et al., 2018). Actualmente, el cultivar Hayward es el más plantado en Chile, al igual que en otros países productores como Italia. Otros cultivares de pulpa verde de origen italiano han demostrado ser de interés para productores. Algunos de ellos maduran antes que 'Hayward' (por ejemplo, 'Summer 3373', 'Early Green', 'Greenlight'). Cabe mencionar que los frutos de algunos de estos cultivares ('Summer 3373' y 'Bo-Erika') tienen una forma diferente a la de 'Hayward', mientras que otros ('Early Green', 'Greenlight'), son mutaciones de 'Hayward' por lo que sus frutos son muy similares en cuanto a forma y, por ende, difíciles de distinguir a simple vista (Costa y Testolin, 2022). Otros cultivares de pulpa verde reportados son 'Meris', 'Green Angel', 'Zes007' (Green11) y 'Z5Z3' (Costa y Testolin, 2022).

Por otro lado, los cultivares de *Actinidia chinensis* var. *chinensis* se caracterizan por tener frutos de pulpa de color amarillo brillante o rojo, menor acidez y un mayor dulzor que el kiwi verde, lo que los hace más deseables en el mercado asiático (Pinto et al., 2018). A principios del siglo se introdujeron dos nuevos cultivares de pulpa amarilla ('Hort16A' de Nueva Zelanda y 'Jintao' de China) que fueron aceptados positivamente por el mercado. Sin embargo, tras el brote de Psa (*Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*), algunos cultivares desaparecieron por completo (por ejemplo, 'Hort16A'), mientras que otros permanecieron y unos pocos se están plantando por primera vez (Costa y Testolin, 2022). Entre los cultivares actuales de pulpa amarilla de interés destacan 'Dori', 'Soreli', 'Jintao', 'Jinyian', 'Zesy002' (SunGold), 'HFY02' y 'HFY01' y de pulpa roja 'RK2018', 'Oriental red' y 'HFR18' (Costa y Testolin, 2022).

Otras dos especies de *Actinidia* con evidente potencial comercial son *A. arguta* y *A. kolomikta*. Los frutos de estas especies se conocen en todo el mundo como "baby kiwi", "mini kiwi" o "kiwi

Berry" porque la fruta es del tamaño de una grosella o uva, rara vez supera los 25 g. La piel es lisa, sin vellosidades, comestible, y de color verde o con tonos rojizos. La pulpa es verde brillante, con sabor similar al del kiwi verde, pero más dulce. Tienen un mayor contenido de antioxidantes que el resto de las especies, y una alta presencia de vitaminas y minerales. El periodo de conservación es corto, de unos 2 o 3 meses (David et al., 2019; Pinto et al., 2018).

Actualmente, la tendencia internacional prevé un aumento de nuevos huertos de cultivares de pulpa amarilla y roja. Esta elección se fundamenta en que los cultivares de *A. chinensis* var. *chinensis* pueden ser más productivos que 'Hayward' y sus frutos alcanzan mejores precios en el mercado (Costa y Testolin, 2022). Sin embargo, estos cultivares son conocidos por su mayor susceptibilidad al cancro bacteriano (*Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*; Psa) y a eventos climáticos adversos (e.g. heladas y lluvias primaverales), por lo que se requiere adoptar nuevas estrategias de manejo agronómico. La experiencia internacional menciona a los sistemas de cobertura como una óptima alternativa para contener y disminuir la presencia del cancro bacteriano del kiwi, reducir el riesgo por adversidades climáticas y mejorar la producción de los huertos (Costa et al., 2015). La implementación de sistemas de cobertura puede constituir una oportunidad para aumentar la eficiencia productiva y la rentabilidad del sector frutícola local.

Tipos de coberturas

Las coberturas en la producción de frutales han tenido como uso principal la protección contra eventos meteorológicos adversos tales como lluvia, granizo, viento, temperaturas extremas y alta radiación. Adicionalmente, algunas coberturas son capaces de modificar la radiación incidente sobre el cultivo tanto en su intensidad como en composición espectral y dirección (Basile et al., 2014), motivo por el cual se les denominan coberturas fotoselectivas.

Existen fundamentalmente tres grandes grupos de coberturas, las cuales difieren en sus usos, materiales que las componen, características físicas y propiedades fotoselectivas. Estos grupos son los films plásticos, lonas de rafia y mallas.

Films plásticos

Los films plásticos son láminas compuestas por 1 a 3 capas (Abud et al., 2020) de polietileno de baja densidad (LDPE), etileno vinil acetato (EVA) o etileno acrilato de butilo (EBA) (Espí et al., 2006), siendo el LDPE el material más utilizado para frutales en Chile (Marfán y García, 2019). Otros materiales son el policloruro de vinilo (PVC) (Marfán y García, 2019) y polietileno lineal de baja densidad (LLDPE) (Espí et al., 2006).

Estas coberturas pueden reducir la transmisión de la radiación fotosintéticamente activa o espectro visible (PAR) y mejorar su dispersión hacia el dosel, convirtiendo la radiación directa en difusa. Adicionalmente, bloquean la salida de la radiación infrarroja (calor) que es emitida desde la superficie del suelo y el cultivo, generando un incremento térmico bajo la cobertura (Marfán y García, 2019). Debido a esta propiedad, los films plásticos son usados no sólo como protección ante lluvias, sino que también para aumentar la temperatura y adelantar fechas de cosecha.

Las características que influyen en las propiedades de los films son grosor, transparencia y tipo de material. En relación al grosor, cuanto mayor sea éste, menor será la transmisión de la radiación PAR (Marfán y García, 2019). Por otra parte, los films más opacos favorecen la dispersión de la radiación, pero reducen la transmisión total de la luz. Por estas razones, en zonas con alta radiación se recomiendan films más opacos y, por el contrario, en zonas de baja radiación films más transparentes (Espí et al., 2006).

Para aumentar la opacidad de los films se usan aditivos minerales o pigmentos blancos tales como sílice, silicatos sintéticos o naturales (talco, mica, caolín), carbonatos de calcio o calcio-magnesio, sulfatos de calcio o bario, hidroxicarbonatos, hidroxisulfatos e hidróxidos de aluminio o magnesio. Otra opción es el uso de mezclas de LDPE con polímeros de EVA o EBA (Espí et al. 2006).

Lonas de rafia

Las lonas de rafia son tejidos densos de hilos de polietileno de alta densidad (HDPE) (Marfán y García, 2019). Se usan principalmente como coberturas para protección contra las lluvias. La menor transparencia del HDPE en comparación al LDPE, sumado a lo denso de su tramado, hacen que la rafia tenga una menor capacidad de transmisión de la luz en comparación con otros tipos de cobertura (Marfán y García, 2019).

De acuerdo a estudios nacionales, en condiciones de día soleados el plástico transmite aproximadamente un 7% más de luz que la rafia. En días nublados, cuando la radiación incidente es principalmente difusa, ambas coberturas transmiten cantidades similares de luz (Bastías et al., 2019).

Mallas

Las mallas son tejidos de hilos de HDPE entrelazados a través de distintos diseños los cuales definen su nivel de sombra, flexibilidad y resistencia mecánica (Mupambi et al., 2018). Las más comunes en Chile son las mallas monofilamento o antigranizo, usadas también como protección contra viento y alta radiación (Mupambi et al., 2018; Ballevena y Salinas, 2019). Los hilos de estas coberturas están compuestos de una sola hebra, son cilíndricos (Marfán y García, 2019) y translúcidos (Basile et al., 2012), por lo que la luz pasa a través de ellos siendo modificada (Basile et al., 2014). Los hilos presentan menor grosor, mayor resistencia mecánica y durabilidad en comparación con las mallas de sombra tipo raschell (Ballevena y Salinas, 2019).

Las propiedades más importantes de una malla son el porcentaje de sombra o factor de sombreo, y la transmisividad espectral (Mupambi et al., 2018; Manja y Aoun, 2019). El porcentaje de sombra corresponde a la proporción en que la radiación PAR incidente se reduce al atravesar la cobertura; en otras palabras, es el porcentaje de la radiación incidente que la malla no deja pasar hacia el cultivo. Esta característica depende de la composición del HDPE, densidad, grosor y color de los hilos, número de hilos y diseño del tejido (Mupambi et al., 2018; Manja y Aoun, 2019).

El paso de la radiación a través de los hilos genera un cambio de dirección de los rayos del sol, convirtiéndolos en radiación difusa (Basile et al., 2012; Ballevena y Salinas, 2019). Dependiendo de las características físicas de la malla, la transmisión de la radiación difusa puede aumentar

entre un 17 a 170% (Mupambi et al., 2018), proceso que proporciona una mejor distribución de la luz al interior del dosel (Mupambi et al., 2018).

El color de las mallas influye de manera significativa en la transmisión de la radiación. Los pigmentos añadidos a los hilos de polietileno le confieren la capacidad de filtrar y dispersar rangos específicos del espectro de radiación solar (Manja y Aoun, 2019), tanto en el rango PAR como en los rangos UV (Basile et al., 2012, Mupambi et al., 2018) e infrarrojo cercano (Mupambi et al., 2018).

Las mallas de colores amarillo, verde, rojo y azul reducen la radiación incidente preferentemente en longitudes de onda específicas. El pigmento azul permite una transmisión mayor en el espectro azul (400-500 nm) (Ballevena y Salinas, 2019); el color rojo en las longitudes de onda correspondientes al rojo (600-700 nm) y rojo lejano (700-800 nm) (Mupambi et al., 2018) mientras que el amarillo en los rangos verde, amarillo, rojo y rojo lejano (Mupambi et al., 2018). De acuerdo a lo anterior, las mallas de estos colores pueden modificar la relación de radiación azul/rojo y la relación rojo/rojo lejano (Scarascia-Mugnozza, et al., 2011; Manja y Aoun, 2019).

Existen mallas de longitud de onda neutra (Bastías y Corelli-Grappadelli, 2012), específicamente las de color negro (Bastías y Corelli-Grappadelli, 2012; Mupambi et al., 2018), blanco (Bastías y Corelli-Grappadelli, 2012) y gris (Mupambi et al., 2018) que reducen la radiación en la misma proporción para todo el rango del espectro visible. La malla negra no modifica la calidad de la radiación (Manja y Aoun, 2019), mientras que la gris bloquea la transmisión del espectro infrarrojo (Ballevena y Salinas, 2019) y mejora la dispersión de la luz, aunque en menor grado que la malla blanca (Mupambi et al., 2018). Las mallas de color perla no filtran selectivamente en el rango PAR, pero tienen la mayor capacidad para dispersarla, transformándola en radiación difusa (Shahak et al., 2004, Ballevena y Salinas, 2019).

Aunque existe una amplia gama de mallas, las más utilizadas actualmente son las de color negro y blanco (Mupambi et al., 2018).

Coberturas disponibles en Chile

En Chile es posible encontrar diferentes alternativas de materiales, entre ellos se destacan: mallas, rafias de polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno de baja densidad (LDPE), polipropileno (PP), etil-vinil-acetato (EVA) y cloruro de polivinilo (PVC). Actualmente, los costos por hectárea para establecer los sistemas de coberturas fluctúan entre US\$ 18.000 a 25.000 dependiendo de los materiales de coberturas y estructura. Adicionalmente, una vez que se deciden por la instalación de coberturas, los productores también deben contemplar prácticas de reutilización y reciclaje de los plásticos en los huertos. Por tanto, aspectos de inversión, operación o técnicos no hacen fácil la decisión de adoptar tecnología.

En este proyecto se han contactado a las empresas de coberturas para la evaluación de los materiales en instalaciones de la Universidad de O'Higgins (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de coberturas disponibles en el mercado nacional evaluada posteriormente a 2 años de su uso.

EMPRESA	COBERTURA	TIPO	DESCRIPCIÓN ¹
Agrosystems	Pear Leno 20% sombra	Malla	Reduce la radiación directa y aumenta la porción de luz difusa incidente sobre el cultivo. Reduce golpe de sol, daños mecánicos como granizo, exceso de temperatura, daño de pájaros e intensidad de viento.
Polytex	Raschel verde 35% sombra	Malla	Resistencia, durabilidad y una obtención de sombra uniforme sobre un área cubierta
Protekta	Monofilamento 90 g	Malla	Antigranizo e impide la polinización cruzada
Criado y López	Malla negra 20% sombra	Malla	Antigranizo
Polytex	Raschel blanco 35% sombra	Malla	Resistencia, durabilidad y una obtención de sombra uniforme sobre un área cubierta
Protekta	Monofilamento 60 g	Malla	Antigranizo
Marienberg	Raschel negra 35% sombra	Malla	Sombreo, control de temperatura, cortaviento
Fruteck	Malla gris 28% sombra	Malla	Mejora la distribución de luz, disminuye la radiación solar, desarrollo de color óptimo, protección del cultivo ante el granizo y pájaros. Calidad y homogeneidad en la fruta
Marienberg	Raschel blanca 35% sombra	Malla	Sombreo, control de temperatura, cortaviento
Fruteck	Malla gris 18% sombra	Malla	Mejora la distribución de luz, disminuye la radiación solar, desarrollo de color óptimo, protección del cultivo ante el granizo y pájaros. Calidad y homogeneidad en la fruta
Polytex	Raschel negro 35% sombra	Malla	Resistencia, durabilidad y una obtención de sombra uniforme sobre un área cubierta
Fruteck	Malla cristal 13% sombra	Malla	Mejora la distribución de luz, disminuye la radiación solar, desarrollo de color óptimo, protección del cultivo ante el granizo y pájaros. Calidad y homogeneidad en la fruta
Criado y López	Malla gris 20% sombra	Malla	Antigranizo
Criado y López	Malla blanca 20% sombra	Malla	Antigranizo
Fruteck	Malla gris 22% sombra	Malla	Mejora la distribución de luz, disminuye la radiación solar, desarrollo de color óptimo, protección del cultivo ante el granizo y pájaros. Calidad y homogeneidad en la fruta

¹ Descripción comercial del fabricante y/o proveedor.

² Promedio de la Fracción PAR interceptada tomada al medio día solar de coberturas con 24 meses de uso

³ Promedio de la Irradiancia (%) tomada al medio día solar clasificada en rangos espectrales de coberturas con 24 meses de uso

⁴ Escala de durabilidad (corta-media-alta) de acuerdo al daño presentado en las coberturas durante 2 temporadas

FRACCIÓN PARI ² (%)	IRRADIANCIA (%) ³					DURABILIDAD ⁴
	Ultravioleta (>400 nm)	Visible (400-700 nm)	Azul (400-500 nm)	Rojo (600-700 nm)	Infrarrojo (<700 nm)	
25,23	73,24	76,65	75,36	77,89	80,35	Alta
34,82	57,08	63,87	64,34	59,78	75,46	Media
29,79	66,67	72,1	69,74	74,36	77,33	Alta
25,07	78,57	80,45	79,89	80,9	80,79	Alta
35,63	64,32	70,07	67,76	72,4	76,7	Media
33,48	63,75	68,98	66,43	71,5	74,77	Alta
46,91	52,39	53,85	53,12	54,65	57,17	Media
37,55	64,06	66,93	65,56	68,37	70,87	Alta
33,57	63,2	70,05	67,12	72,91	77,47	Media
37,32	65,92	68,26	67,11	69,51	71,27	Alta
44,37	57,09	57,24	57,03	57,5	58,2	Media
20,95	86,6	88,49	87,21	89,81	91,01	Alta
22,61	82,29	82,89	82,42	83,43	83,68	Alta
16,98	86,83	87,79	86,77	88,88	90,07	Alta
24,37	84,49	83,53	83,5	83,68	83,67	Alta

EMPRESA	COBERTURA	TIPO	DESCRIPCIÓN ¹
Serroplast	Strong 3	Plástico	Óptimo control de la luz y temperatura que favorecen el crecimiento vegetativo y minimizan el estrés de la planta por factores ambientales
Fruteck	Cylnet Uva	Plástico	Aumenta la precocidad, protege de agentes atmosféricos como la lluvia, el granizo y heladas, y aumenta la producción
Serroplast	Ecolight 3S	Plástico	Óptimo control de luz y temperatura que favorecen el crecimiento vegetativo y minimizan el estrés de la planta por factores ambientales
Delsantek	Oroplus UV+	Plástico	Protección de cultivos
Agrosystems	LDPE Solgrapes 150 Hal	Plástico	Protección de cultivos
Agrosystems	LDPE Solgrapes 150 Ni	Plástico	Protección de cultivos
Protekta	Poliet solgrapes c/ojetillos	Plástico	Buena transmisión de luz, excelentes propiedades mecánicas, alta resistencia a la degradación solar, así como a la degradación química originada por los químicos utilizados en la desinfección de uva.
Serroplast	Ecowhite	Plástico	Óptimo control de luz y temperatura que favorecen el crecimiento vegetativo y minimizan el estrés de la planta por factores ambientales
Delsantek	Rafia HDPE laminada	Rafia	Protección agrícola
Delsantek	Rafia HDPE laminada difusa	Rafia	Protección agrícola
Agromarket	Polietileno HDPE	Rafia	Protección de cultivos
Agrosystems	Carpa c/Ojet 50 cm reforzada	Rafia	Protección de cultivos contra los efectos dañinos de la lluvia (partidura, rajado, media luna y pudrición del fruto) o para incrementar de manera considerable la temperatura y humedad
Fruteck	Rafia de polietileno	Rafia	Protección contra lluvias y heladas en árboles frutales
Protekta	Cubre cerezos c/ojetillos	Rafia	Protección: lluvia, vientos, hielo, oscilaciones térmicas y fuertes radiaciones solares que perjudiquen a la planta en su desarrollo productivo

¹ Descripción comercial del fabricante y/o proveedor.

² Promedio de la Fracción PAR interceptada tomada al medio día solar de coberturas con 24 meses de uso

³ Promedio de la Irradiancia (%) tomada al medio día solar clasificada en rangos espectrales de coberturas con 24 meses de uso

⁴ Escala de durabilidad (corta-media-alta) de acuerdo al daño presentado en las coberturas durante 2 temporadas

FRACCIÓN PARI ² (%)	IRRADIANCIA (%) ³					DURABILIDAD ⁴
	Ultravioleta (>400 nm)	Visible (400-700 nm)	Azul (400-500 nm)	Rojo (600-700 nm)	Infrarrojo (<700 nm)	
43,88	31,39	50,84	43,81	57,36	70,65	Alta
39,8	29,72	48,86	40,42	56,46	70,06	Alta
53,08	21,28	42,87	35,14	49,33	67,19	Alta
40,56	48,24	64,14	58,56	69,35	75,43	Alta
38,3	53,21	64,16	58,18	69,73	76,93	Alta
35,01	44,14	65,64	57,57	72,42	81,91	Alta
41,76	34,94	56,06	47,18	63,88	75,96	Alta
47,18	25,55	45,97	39,83	52,49	68,84	Alta
41,79	51,71	61,89	57,25	66,28	72,35	Alta
46,84	38,52	52,95	48,82	56,8	62,45	Alta
59,4	31,72	41,04	36,32	45,73	53,55	Corta
46,33	45,14	62,7	57,87	67,29	73,58	Alta
43,83	42,67	57,07	52,31	61,64	67,78	Corta
43,35	49,32	58,74	54,56	62,8	67,84	Alta

Literatura citada

- Abud, C., Cuevas, R., & Ahumada, L. (2020).** Uso de cobertores plásticos en cerezos.
- Ballevena, M. S., & Salinas, C. A. (2019).** Resultados y lecciones en uso de mallas fotoselectivas en el cultivo del manzano: Proyecto de Innovación en Región del Maule: Frutales/Frutales de hoja caduca.
- Basile, B., Giaccone, M., Cirillo, C., Ritieni, A., Graziani, G., Shahak, Y., & Forlani, M. (2012).** Photo-selective hail nets affect fruit size and quality in Hayward kiwifruit. *Scientia Horticulturae*, 141, 91-97. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.04.022>
- Basile, B., Giaccone, M., Shahak, Y., Forlani, M., & Cirillo, C. (2014).** Regulation of the vegetative growth of kiwifruit vines by photo-selective anti-hail netting. *Scientia Horticulturae*, 172, 300-307. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.04.011>
- Bastías, R., & Corelli-Grappadelli, L. (2012).** Light quality management in fruit orchards: physiological and technological aspects. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72(4), 574-581. <https://doi.org/10.4067/s0718-58392012000400018>
- Bastías, R., Salvadores, Y., Soto, G., González, Urra, I., Ricciardi, G., Escalona, V., Sagredo, K., Battistoni, B., Ribera, A., Levio, F., Buck, R., Muñoz, A., & Reyes, M. (2019).** Avances en la producción de cerezas bajo coberturas. *Revista Red Agrícola Chile*, 105, 38-42.
- Costa, G. & Testolin, R. (2022).** Recent changes in the kiwifruit (*Actinidia spp.*) industry since its introduction: Italy as a case study. *Acta Horticulturae*, 1332, 1-10. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1332.1>
- Costa, G. & Ferguson, A.R. (2015).** Bacterial canker of kiwifruit: response to a threat. *Acta Horticulturae*, 1095, 27-40. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1095.2>
- David, M.A, Yommi, A. & Sánchez, E. (2019).** Cultivares de kiwi en Argentina y en el mundo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria 6p.
- Espi, E., Salmeron, A., Fontecha, A., García, Y., & Real, A. I. (2006).** Plastic films for agricultural applications. *Journal of Plastic Film & Sheeting*, 22(2), 85-102. <https://doi.org/10.1177/8756087906064220>
- FAO.** FAOstat database. 2022.
- Ferguson, AR. (2016).** World economic importance. In: Testolin, R., Huang, H-W., Ferguson, AR. (Eds.) *The Kiwifruit Genome*. Springer International Publishing, pp 37-42. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-32274-2>

Ferguson, AR., Seal, AG., McNeilage, MA., et al (1996). Kiwifruit. In: Janick J., Moore J.N. (Eds.) Fruit breeding. vol 2. Vine and small Fruits crops. J Wiley & Sons, New York, pp 371-417.

Manja, K., & Aoun, M. (2019). The use of nets for tree fruit crops and their impact on the production: A review. *Scientia Horticulturae*, 246, 110-122. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.050>

Marfán, G. & García V. (2019). Cubiertas plásticas. Características y aspectos prácticos. En: Salazar-Parra, C., Sellés, G., & Marfán, G. (Eds.) Cubiertas plásticas en uva de mesa. Boletín INIA 402. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6760>

Mupambi, G., Anthony, B. M., Layne, D. R., Musacchi, S., Serra, S., Schmidt, T., & Kalcsits, L. A. (2018). The influence of protective netting on tree physiology and fruit quality of apple: A review. *Scientia Horticulturae*, 236, 60-72. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.014>

ODEPA & CIREN. 2021. Catastro Frutícola Región de O'Higgins. 58p.

Pinto, T. & Vilela, A. (2018). Kiwifruit, a botany, chemical and sensory approach a review. *Advances in Plants & Agriculture Research*, 8(6), 383-390. <https://doi.org/10.15406/apar.2018.08.00355>

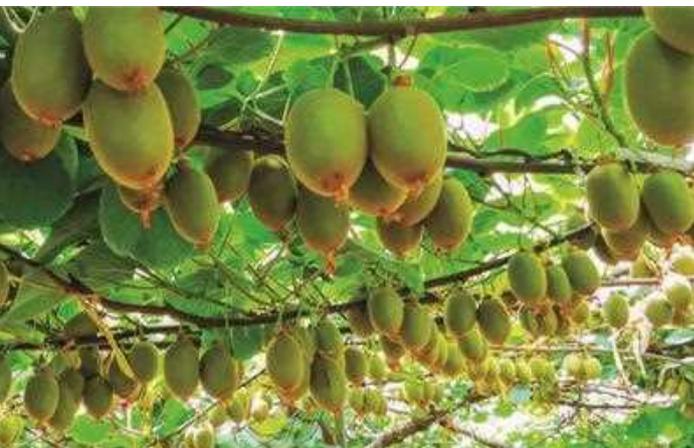
Shahak, Y, E. E. Gussakovsky, Y. Cohen, & S. Lurie. 2004. ColorNets. A new approach for light manipulation in fruit trees. *Acta Horticulturae*, 636(1), 609-616. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.636.76>

Scarascia-Mugnozza, G., Sica, C., & Russo, G. (2011). Plastic materials in European agriculture: actual use and perspectives. *Journal of Agricultural Engineering*, 42(3), 15-28. <https://doi.org/10.4081/jae.2011.28>

Rana, V. & Kumar, G. (2021). Kiwifruit. In: Mandal, D., Wermund, U., Phavaphutanon, L., & Cronje, R. (Eds.) Temperate Fruits: Production, Processing, and Marketing. Apple Academic Press. <https://doi.org/10.1201/9781003045861>

Richardson, DP., Ansell, J. & Drummond, LN. (2018). The nutritional and health attributes of kiwifruit: A review. *European Journal of Nutrition*, 57(8), 2659-2676. <https://doi.org/10.1007/s00394-018-1627-z>







2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

✍ Catalina Pinto, Karen Mesa, Camilo Riveros-Burgos, Set Pérez Fuentealba y Jeissy Olguín

Ubicación de los ensayos

Se establecieron cuatro unidades experimentales en la Región del Libertador Bernardo O´Higgins, dos unidades con el cultivar pulpa verde Hayward (*A. chinensis* var. *deliciosa*) y el resto con 'Jintao' de pulpa amarilla (*A. chinensis* var. *chinensis*) A continuación, se describen las características generales de cada huerto.

Unidades experimentales con cultivar Hayward

El huerto de Rancagua ubicado en la Provincia de Cachapoal (34°06'55.77" S, 70°42'50.11" O) posee una plantación de 'Hayward' sobre portainjerto 'Bruno' del año 1999 (más de 20 años) con polinizante 'Chico Male'. El sistema de conducción se encuentra en parronal español con la parrilla a 2 m de altura, y un marco de plantación de 4 x 4,5 m. El sistema de riego es de tipo californiano y la textura del suelo es franco-arenosa. Este huerto se encuentra registrado bajo condición fitosanitaria positiva a Psa (*Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*) según prospección del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).

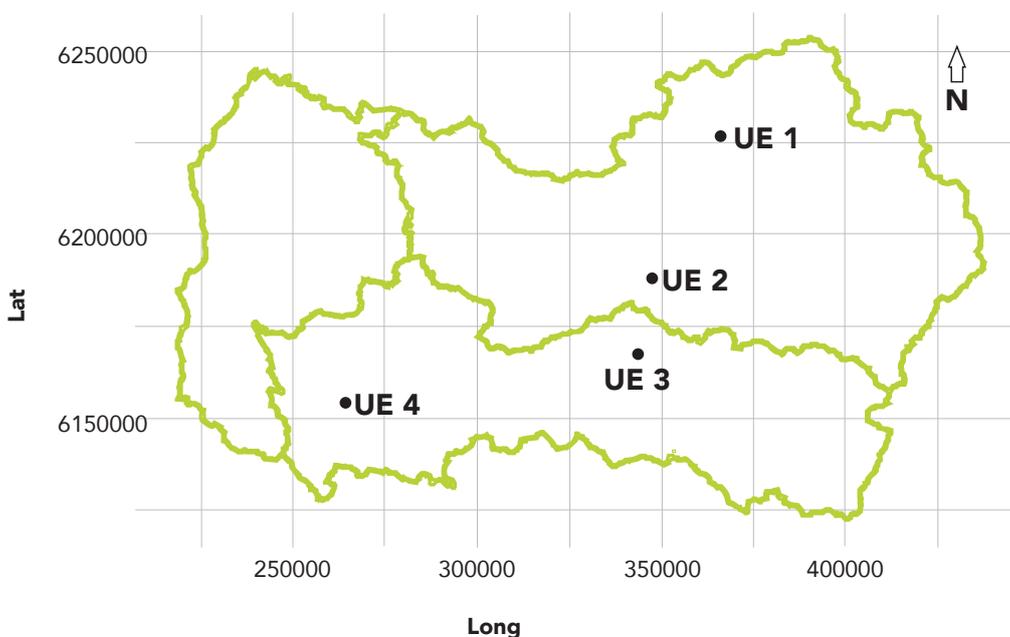
Por otro lado, el siguiente huerto pertenece a la comuna de Lolol, Provincia de Colchagua (34°42'53.81" S, 71°35'28.87" O) y corresponde a una plantación de Hayward del año 2007 (15 años) con polinizante 'Matua-Tomuri'. También presenta un sistema de conducción de parrón español con una altura de parrilla de 2 m. El marco de plantación es 4,5 x 3 m. Su sistema de riego es goteo con doble línea, con camellones y el suelo tiene textura franco-arcillosa. Al inicio de la investigación, este huerto se clasificaba bajo condición fitosanitaria negativa a Psa.

Unidades experimentales con cultivar Jintao

Uno de los huertos con 'Jintao' se encuentra en San Fernando, Provincia de Colchagua (34°35'49,03" S, 70°57'03,80" O). Este cultivar fue plantado en el año 2008 (14 años) con polinizante 'Belén'. La conducción es en parronal con una altura de 2,4 m y un marco de plantación de 3,5 x 4 m. Su sistema de riego es microaspersión y se presentan camellones. La textura del suelo es franca. Este huerto se encuentra declarado como positivo a Psa con sintomatología evidente.

El siguiente huerto se ubica en Malloa, Provincia de Cachapoal ($34^{\circ}25'32.90''$ S, $70^{\circ}56'11.34''$ O), con 'Jintao' plantado en el año 2017 (5 años) sobre 'Summer 3373'. El polinizante es 'Belén'. Posee un sistema de conducción en parrón español con una parrilla de altura 2,5 m y un marco de plantación de 4 x 2 m. El sistema de riego es tradicional por mangas en un suelo con textura franco-arcillosa. Esta unidad se destaca por presentar un estado fitosanitario negativo a Psa según los registros del SAG.

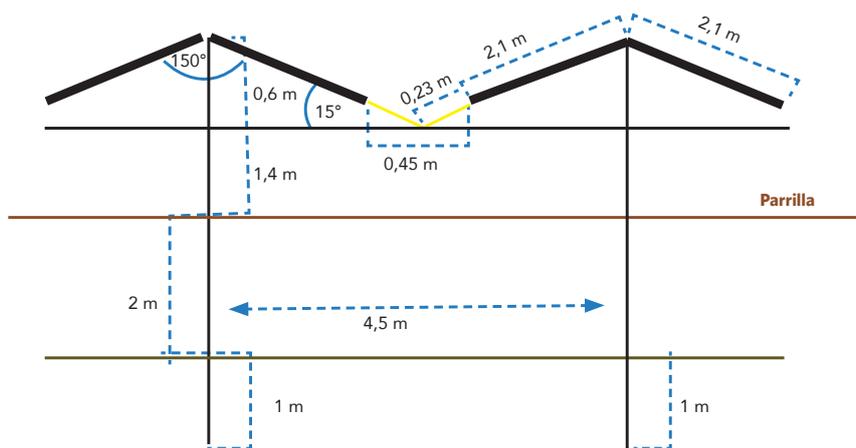
Figura 1. Mapa de las ubicaciones de los huertos utilizados en el proyecto. **UE1:** Unidad experimental 1, Rancagua; **UE2:** Unidad experimental 2, Malloa; **UE3:** Unidad experimental 3, San Fernando. **UE4:** Unidad experimental 4, Lolol.



Diseño de la estructura y tipos de coberturas

La construcción de la estructura se realizó durante julio-agosto de 2019 en 0,5 ha de cada uno de los huertos comerciales mencionados anteriormente. Todas las unidades experimentales presentan el mismo diseño tipo capilla. Sin embargo, existen diferencias leves en el ángulo de inclinación y la extensión de los techos (1,6 a 2,1 m) dependiendo del marco de plantación de cada predio. La altura de la capilla es de 2 m sobre la parrilla para asegurar la ventilación sobre las plantas. En la Figura 2 se muestra un ejemplo del diseño del huerto de Lolol.

Figura 2. Diseño de la estructura instalada en **huerto Lolol**.



En cada cultivar se instalaron materiales de coberturas diferentes según el interés de los beneficiarios del proyecto (Cuadro 1). En los huertos con el cultivar Hayward se instalaron mallas de color blanco, gris y negro, con rangos de sombreado de 18 a 24% según el proveedor. A su vez, en los predios del cultivar Jintao se instalaron coberturas de plástico, rafia y malla.

Cabe mencionar que la instalación de las coberturas en todos los huertos se completó durante el invierno 2020, por lo que las temporadas 2020/2021 y 2021/2022 se evaluaron todos los materiales en condiciones comerciales. Durante la temporada 2019/2020 sólo se realizaron mediciones en malla blanca en la unidad experimental de Lolol con 'Hayward' y, por otro lado, rafia y plástico en el sitio de Malloa con 'Jintao'.

Cuadro 1. Diseño de la estructura instalada en **huerto Lolol**.

Cultivar	Tipo de Cobertura	Abreviatura	Características generales	Proveedor
Hayward	Malla blanca	MB	Malla Pear Leno con un 20% de sombreado y color perla	Agrosystems
	Malla gris	MG	Malla antigranizo con un 18% de sombreado y color gris	Criado y López
	Malla negra	MN	Malla antigranizo con un 24% de sombreado y color negro	Criado y López
Jintao	Malla	M	Malla Pear Leno con un 20% de sombreado y color perla	Agrosystems
	Rafia	R	Rafia laminada HDPE (polietileno de alta densidad) de color blanquecino	Delsantek
	Plástico	P	Plástico Ecolight 3S LDPE (polietileno de baja densidad) de color amarillo	Seroplast

Evaluaciones

Durante las tres temporadas se realizaron una serie de evaluaciones para caracterizar los cambios microclimáticos, fisiológicos, de vigor, productivos, calidad, y sanitarios. En el Cuadro 2 se mencionan los parámetros evaluados durante las tres temporadas. En los capítulos siguientes se describen las metodologías utilizadas en mayor profundidad.

Cuadro 2. Evaluaciones realizadas durante las **temporadas bajo estudio.**

PARÁMETROS	DETALLE	UNIDAD	EQUIPOS/INSTRUMENTO
Microclimáticos	Temperatura del aire	°C	Termohigrómetro HMP60-L11, Vaisala, Finlandia
	Humedad relativa (HR)	%	
	Radiación fotosintéticamente activa (PAR)	$\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$	Radiómetro SQ500, Apogee Instruments, USA
Fisiológicos	Conductancia estomática (gs)	$\text{mmolH}_2\text{Om}^{-2}\text{s}^{-1}$	Analizar Infrarrojo de gases CIRAS 3, PP Systems, USA
	Asimilación neta (A)	$\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$	
	Transpiración de hoja (E)	$\text{mmolH}_2\text{Om}^{-2}\text{s}^{-1}$	
	Potencial hídrico xilemático (Ψ_x)	MPa	Cámara de presión de tipo Scholander 1000, PMS Instrument Company, USA
Vegetativos	Fracción PAR interceptada (PAR_i)	%	AccuPAR LP-80, Decagon Devices Inc., USA
	Área de sección transversal de tronco (ASTT)	cm^2	Huinchita tipo sastre
	Longitud de brotes Morfología y tamaño foliar	cm cm y cm^2	Huinchita tipo sastre
Productivos	Densidad floral	flores/cm	Balanza XY100F, Quimis, España
	Carga inicial	frutos/cm	
	Eficiencia productiva	kg/cm^2 de ASTT y kg/PARm^2	
	Carga frutal	frutos/planta, frutos/ cm^2 de ASTT y frutos/ PAR_i	
	Peso medio de fruto	g	Balanza WLY, Radwag, Polonia
	Distribución de calibre	%	
Calidad	Peso del fruto	g	Balanza WLY, Radwag, Polonia
	Diámetros polar, ecuatorial mayor y menor	mm	Pie de metro digital, Bahco, Taiwan
	Tonalidad (Hue)	h°	Colorímetro CR-400, Konica Minolta, USA
	Saturación (Croma)	C^*	
	Firmeza de la pulpa	lbf	Presionómetro FT-327, Effegi, Italia
	Concentración de sólidos solubles (CSS)	°Brix	Refractómetro ATC- 152, YMTech, China
	Materia seca (MS)	%	Estufa de secado FD-S 56, Binder, Alemania
	Acidez titulable (AT)	g Ácido Cítrico por 100 ml de muestra	Titulador HI902C, Hanna Instruments, USA
Sanitarias	Incidencia	%	Pruebas microbiológicas, bioquímicas y moleculares
	Severidad	%	
	Detección		

Diseño experimental y Análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente aleatorizado (DCA). Para los sitios experimentales con 'Hayward' se consideraron 4 tratamientos: testigo o sin cobertura (T) y coberturas de malla blanca (MB), malla gris (MG) y malla negra (MN). En cada huerto los tratamientos poseen 4 repeticiones. Consecuentemente, en 'Jintao' también se evaluaron 4 tratamientos: testigo o sin cobertura (T), y coberturas de plástico (P), rafia (R) y malla (M). En el caso del huerto ubicado en Malloa, cada tratamiento contó con 5 repeticiones, a diferencia de San Fernando que consideró 4. La unidad experimental dependió de la evaluación realizada, pero en general se determinó un mínimo de 3 plantas por repetición. Se realizaron análisis de varianza usando modelos lineales bajo el marco de modelos lineales mixtos. Para la determinación de diferencias estadísticas se utilizaron las pruebas de comparación múltiple de LSD, Tukey y DGC ($\alpha = 0,05$). Asimismo, en el análisis de parámetros productivos se realizó análisis de covarianza, considerando a la carga frutal como covariable.

En todos los casos se trabajó con el programa de análisis estadístico InfoStat (Di Rienzo et al., 2020) de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Literatura citada

Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M. & Robledo, C. (2020).

Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <https://www.infostat.com.ar>

García, M., Fariás, E., Cifuentes, A., Bozzolo, A., Fernández, C., Köhler, E. & Rojas, R. (2010).

Manual de Poscosecha y Calidad del Kiwi Chileno. Santiago, Chile.

Mesa, K. (2007). Efecto de la interceptación de la radiación solar y carga frutal sobre la productividad y peso de fruto en manzanos var. Royal Gala. [Memoria de Título]. Universidad de Chile.

Reginato, G. H., García de Cortázar, V. G., Robinson, T. L. & Varela, J. (2007). Crop load expressed in terms of intercepted photosynthetically active radiation can be used as a covariate to compare peach tree performance. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 82 (5), 715-720. <https://doi.org/10.1080/14620316.2007.11512295>

Zúñiga, M., Ortega-Fariás, S., Fuentes, S., Riveros-Burgos, C. & Poblete-Echeverría, C. (2018).

Effects of Three Irrigation Strategies on Gas Exchange Relationships, Plant Water Status, Yield Components and Water Productivity on Grafted Carménère Grapevines. *Frontiers in Plant Science*, 9, 992. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00992>







3. MICROCLIMA

 Camilo Riveros-Burgos y Mauricio Zúñiga

El uso de coberturas foselectivas se ha vuelto cada vez más popular en la fruticultura, considerando los potenciales beneficios que traería su utilización. Ya se ha mencionado la protección que brindan como barrera física y como disminuyen la incidencia de eventos meteorológicos (Calderón-Orellana et al., 2021). Pese a variadas experiencias internacionales, aún no es totalmente claro si es que los beneficios superan a los efectos adversos (Snelgar y Hopkirk, 1988; Snelgar et al., 1991). La respuesta de variables como el consumo hídrico y el déficit de presión de vapor, junto con la acumulación de frío y calor no han sido apropiadamente caracterizadas bajo las condiciones de coberturas foselectivas. A su vez, otros estudios han demostrado una mayor eficiencia de procesos dependientes de la luz, supeditada a cambios cualitativos y cuantitativos de la luz transmitida bajo las coberturas foselectivas (Basile et al., 2008; Basile et al., 2012).

Metodología

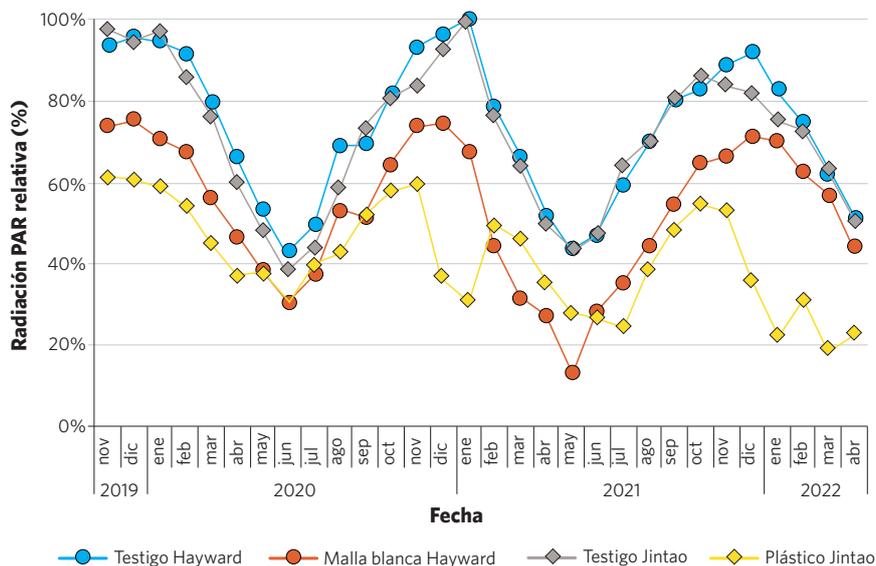
Se monitorearon las condiciones micro ambientales mediante la instalación de una estación meteorológica equipada con un termohigrómetro (HMP60, Vaisala) para medir temperatura y humedad relativa del aire, y así calcular el déficit de presión de vapor. También se instaló un radiómetro (SQ500, Apogee Instruments) para medir la radiación fotosintéticamente activa 50 cm sobre la canopia. Ambos sensores fueron conectados a un datalogger (CR300, Campbell Scientific) y la electricidad fue suministrada por un panel de 20 W. Los sensores fueron instalados en los huertos de Lolol (cultivar Hayward) y San Fernando (cultivar Jintao) en una repetición del testigo (T), en una del tratamiento con malla blanca (MB), y en una del tratamiento con plástico (P). Los sensores se instalaron durante la temporada 2019/2020 y se mantuvieron en terreno hasta fines de la temporada 2021/2022.

Resultados

Radiación fotosintéticamente activa (PAR)

Una de las interrogantes asociadas al uso de coberturas foselectivas en la fruticultura corresponde al efecto sobre los parámetros fundamentales que inciden sobre la producción. Uno de estos parámetros corresponde a la radiación fotosintéticamente activa (PAR), es decir, aquella luz que es utilizada por las plantas para producir sus fotoasimilados.

Figura 1. Comportamiento de la radiación PAR relativa en los cultivares **Hayward** y **Jintao** contrastando coberturas foselectivas (malla blanca y plástico) y testigo en huertos ubicados en **Lolol** (cv. Hayward) y **San Fernando** (cv. Jintao).



En el caso del cultivar Hayward evaluado bajo malla blanca en el huerto ubicado en la comuna de Lolol, se observó un descenso de la radiación PAR en torno al 20% respecto del tratamiento testigo. La Figura 1 presenta los valores máximos mensuales registrados durante las temporadas 2019/2020, 2020/2021 y 2021/2022, y se aprecia que la dinámica se mantiene prácticamente constante a través de las tres temporadas monitoreadas. Por otro lado, el cultivar Jintao evaluado bajo plástico en el huerto ubicado en San Fernando mostró un descenso de la radiación PAR cercano al 40%.

Aunque en ambas coberturas se reportó un descenso de la radiación PAR, la disminución asociada al plástico con el cultivar Jintao estuvo más cercana al valor óptimo reportado para la especie. Esto se debe a que las condiciones del centro de origen de la especie presentan niveles bajos de radiación PAR, y por lo tanto la planta de kiwi alcanza un estrés lumínico cuando es expuesta al 40% de los valores máximos registrados en la Región de O'Higgins. En definitiva, ambas coberturas ayudaron a disminuir la radiación incidente y, por ende, las plantas de kiwi estuvieron sometidas a un menor estrés radiativo.

Acumulación de frío

La acumulación de frío invernal es fundamental para el ciclo productivo del kiwi, debido a que su salida de receso y la consiguiente homogeneidad de floración depende de alcanzar los requerimientos documentados para la especie y cultivar. En el caso específico de 'Hayward' se requieren 400 a 700 horas de frío (HF). De acuerdo a los datos registrados en el huerto ubicado en Lolol (Cuadro 1), se acumularon entre 674 y 695 HF en la temporada 2020/2021, mientras que durante 2021/2022 la acumulación varió entre 879 y 905 HF para las plantas del testigo y bajo malla blanca, respectivamente. Por otro lado, el cultivar Jintao requiere una menor acumulación de frío (350 a 450 HF), y de acuerdo a los datos registrados durante la temporada 2020/2021, el huerto ubicado

en San Fernando acumuló entre 604 y 674 HF para el testigo y plástico, respectivamente. Durante la temporada 2021/2022 la acumulación fue de 1.034 HF en ambos tratamientos. Los valores de acumulación de frío invernal obtenidos se mantuvieron dentro de los límites reportados para cada uno de los cultivares, mostrando una tendencia similar de las HF en condiciones con y sin cobertura.

Cuadro 1. Horas de frío mensuales (base 7°C) registradas en los huertos de **Lolol** y **San Fernando**.

Mes	LOLOL ('HAYWARD')				SAN FERNANDO ('JINTAO')			
	2020/2021		2021/2022		2020/2021		2021/2022	
	Testigo	Malla	Testigo	Malla	Testigo	Plástico	Testigo	Plástico
Mayo	117	121	190	199	59	121	135	128
Junio	168	173	188	197	180	181	214	212
Julio	184	190	298	301	174	172	426	431
Agosto	206	212	204	201	194	200	260	264
Total	674	695	879	905	606	674	1.034	1.034

Las HF se han utilizado ampliamente para cuantificar la acumulación de frío durante las últimas décadas. Sin embargo, el frío invernal expresado con este indicador no considera el frío que puede ser aportado por temperaturas fuera del rango 0 -7°C, ni el potencial efecto de las altas temperaturas sobre el detrimento en la acumulación de frío. Por ello, en los últimos años ha ganado terreno la utilización de modelos reversibles. Un ejemplo de ellos es el modelo de porciones de frío (PF), el cual cuenta con dos etapas. En la primera, se acumula un intermediario de frío el que puede verse disminuido en el caso que las horas frías sean seguidas de horas cálidas. Por otro lado, en la segunda etapa, el intermediario se convierte en una porción de frío luego de superar cierto umbral, momento en que el frío acumulado no se pierde por las temperaturas cálidas.

En base a la información recolectada en terreno (Cuadro 2), para el cultivar Hayward (Lolol) se acumularon entre 70,8 y 75,2 PF en la temporada 2020/2021, mientras que para 2021/2022 se alcanzaron valores entre 78,7 y 80,2 PF en plantas del testigo y de malla blanca, respectivamente. En el caso del cultivar Jintao (San Fernando), la acumulación fue de 68,7 para ambos tratamientos en la temporada 2020/2021, mientras que durante 2021/2022 se acumularon entre 82,9 y 84,1 PF para las plantas bajo plástico y el testigo, respectivamente.

Cuadro 2. Porciones de frío mensuales registradas en los huertos de **Lolol** y **San Fernando**.

Mes	LOLOL ('HAYWARD')				SAN FERNANDO ('JINTAO')			
	2020/2021		2021/2022		2020/2021		2021/2022	
	Testigo	Malla	Testigo	Malla	Testigo	Plástico	Testigo	Plástico
Abril	2,0	2,9	4,8	4,7	0,0	0,0	4,4	3,9
Mayo	10,5	12,9	19,3	19,5	7,9	7,7	17,7	17,4
Junio	18,6	19,9	16,5	17,0	22,1	20,9	19,4	19,4
Julio	19,6	19,8	18,9	20,4	20,3	21,4	21,5	21,6
Agosto	20,1	19,7	19,2	18,5	18,4	18,7	21,1	20,6
Total	70,8	75,2	78,7	80,2	68,8	68,6	84,1	82,9

Acumulación de calor

Una vez finalizada la acumulación de frío, es necesaria la acumulación de calor (Grados-día de crecimiento, GD) para que ocurra la progresión fenológica del kiwi, y de este modo inicie la floración y las diferentes etapas fenológicas que le siguen. En este proyecto se utilizó el método estándar para calcular grados-días (Cuadro 3), el que consiste en restar la temperatura media diaria con la temperatura base (10°C). Se considera que temperaturas por sobre la temperatura base permiten el desarrollo de los cultivos. Por otro lado, considerando que en los últimos años se ha observado inviernos más cálidos debido a los efectos del cambio climático, la acumulación de calor fue calculada desde mayo hasta abril del año siguiente.

Durante la temporada 2020/2021, el cultivar Hayward (Lolol) acumuló entre 1.501 y 1.528 GD, mientras que en la temporada 2021/2022 se alcanzó valores entre 1.433 y 1.463 bajo malla blanca y el testigo, respectivamente. Por otra parte, en el cultivar Jintao (San Fernando) se acumularon entre 1.737 y 1.797 GD en la temporada 2020/2021, y en el caso de la temporada 2021/2022 se alcanzó valores entre 1.569 y 1.606 GD para el testigo y tratamiento bajo plástico, respectivamente.

Cuadro 3. Grados-día mensuales (base 10°C) registrados en los huertos ubicados en **Lolol** y **San Fernando**.

Mes	LOLOL ('HAYWARD')				SAN FERNANDO ('JINTAO')			
	2020/2021		2021/2022		2020/2021		2021/2022	
	Testigo	Malla	Testigo	Malla	Testigo	Plástico	Testigo	Plástico
Mayo	88	86	41	38	69	72	30	33
Junio	20	18	29	27	5	5	15	16
Julio	16	19	8	7	14	13	0	0
Agosto	20	18	24	23	22	20	15	15
Septiembre	71	68	52	49	94	92	47	47
Octubre	116	113	137	134	154	155	136	135
Noviembre	186	183	190	187	219	232	214	228
Diciembre	248	245	237	236	288	300	281	293
Enero	252	251	247	244	314	318	302	302
Febrero	209	205	222	219	237	245	265	265
Marzo	194	192	188	185	221	233	187	192
Abril	107	105	88	85	101	113	76	82
Total	1.528	1.501	1.463	1.433	1.737	1.797	1.569	1.606

De estos resultados, al igual que la acumulación de frío, no se puede establecer si es que existen diferencias estadísticamente significativas debido al número bajo de estaciones con el que se monitoreó cada condición. En términos prácticos, los resultados expuestos en esta sección solo tienen por objetivo caracterizar el comportamiento micro ambiental en cada una de las condiciones mencionadas previamente.

Conclusiones

Considerando la información y resultados obtenidos durante el proyecto, se concluye que las coberturas mantienen filtro de radiación en su segunda temporada de uso (Malla blanca: 20%; Plástico: 40%). Por otra parte, no se observó diferencias en la curva horaria de humedad relativa entre las coberturas y el testigo. En cuanto a las condiciones térmicas, se registró una escasa variación en la acumulación de horas y porciones de frío, y grados-día entre la malla blanca ('Hayward'), el plástico ('Jintao') y el testigo.

Literatura citada

Basile, B., Romano, R., Giaccone, M., Barlotti, E., Colonna, V., Cirillo, C., Shahak, Y. & Forlani, M. (2008). Use of photo-selective nets for hail protection of kiwifruit vines in southern Italy. *Acta Horticulturae*, 770, 185-192. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.770.21>

Basile, B., Giaccone, M., Cirillo, C., Ritieni, A., Graziani, G., Shahak, Y. & Forlani, M. (2012). Photo-selective hail nets affect fruit size and quality in Hayward kiwifruit. *Scientia Horticulturae*, 141, 91-97. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.04.022>

Calderón-Orellana, A., Silva, D. I., Bastías, R. M., Bambach, N. & Aburto, F. (2021). Late-season plastic covering delays the occurrence of severe water stress and improves intrinsic water use efficiency and fruit quality in kiwifruit vines. *Agricultural Water Management*, 249. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106795>

Scholander, P.F., Bradstreet, E.D., Hemmingsen, E.A. & Hammel, H.T. (1965). Sap pressure in vascular plants: negative hydrostatic pressure can be measured in plants. *Science*, 148, 339-346. <https://doi.org/10.1126/science.148.3668.339>

Snelgar, W. P. & Hopkirk, W. P. (1988). Effect of overhead shading on yield and fruit quality of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Journal of Horticultural Science*, 63:4, 731-742. <https://doi.org/10.1080/14620316.1988.11515918>

Snelgar, W. P.; Manson, P. J. & Hopkirk, G. (1991). Effect of overhead shading on fruit size and yield potential of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Journal of Horticultural Science*, 66:3, 261-273. <https://doi.org/10.1080/00221589.1991.11516153>







4. DESARROLLO FISIOLÓGICO DE LAS PLANTAS

 Camilo Riveros-Burgos, Mauricio Zúñiga y Catalina Pinto

Actualmente, los efectos del cambio climático tales como escasez hídrica y el aumento de temperaturas en zonas mediterráneas han forzado a los productores a producir de manera eficiente y sostenible. Por este motivo, la adaptabilidad a estas nuevas condiciones climáticas es uno de los principales desafíos para mantener una óptima producción de cultivos. Cabe destacar la relevancia de las estrategias de riego y las nuevas tecnologías que permitan la mitigación y adaptación de la fruticultura a este nuevo escenario (Medrano et al., 2014; Ortega-Farias et al., 2020).

En este sentido, una de las principales innovaciones adoptadas por la fruticultura en la última década es el uso de sistemas de coberturas, los cuales tienen distintos objetivos dependiendo del tipo de cultivo, temperatura del huerto, lluvias, entre otros factores importantes que deben ser evaluados antes de la implementación. Sin embargo, todos los usos de las coberturas en huertos van en la misma dirección: asegurar la calidad del producto (Defilippi, 2017). En este capítulo se caracteriza la respuesta fisiológica de las plantas de kiwi bajo diferentes coberturas fotoselectivas.

Metodología

Se monitoreó el comportamiento fisiológico en todos los huertos y tratamientos. Se midió el potencial hídrico de xilema al mediodía (Ψ_x) utilizando una cámara de presión de tipo Scholander (Model 1000, PMS Instrument Company, Estados Unidos). Para realizar las evaluaciones, dos hojas maduras y sanas fueron seleccionadas por repetición, las cuales fueron cubiertas con film transparente y papel aluminio aproximadamente 2 horas antes de realizar la medición, con el propósito de lograr equilibrio entre las hojas y el xilema (Scholander et al., 1965). Además, se evaluó el intercambio gaseoso a nivel foliar utilizando un analizador infrarrojo de gases portátil (Ciras 3, PPSystems) para medir la radiación fotosintéticamente activa (PAR), conductancia estomática (gs), asimilación neta (A) y transpiración (E). En este caso, cuatro hojas por repetición fueron seleccionadas, considerando que estuvieran completamente desarrolladas (hojas maduras) y sanas, con ausencia de síntomas de daños por plagas y/o enfermedades. Las

evaluaciones de potencial hídrico e intercambio gaseoso se realizaron de manera mensual a partir del mes de diciembre hasta cosecha.

Adicionalmente, en todas las unidades experimentales se evaluó semanalmente la longitud de brotes (cm) con una huincha de medir de tipo sastre. Las mediciones se realizaron desde octubre a enero durante dos temporadas consecutivas (2020/2021 y 2021/2022). Para ello, se seleccionaron dos plantas por cada repetición y en cada una de ellas se seleccionó un brote terminal del lado izquierdo y derecho de la planta proveniente de los cargadores centrales. En total, entre 16-20 brotes fueron evaluados por tratamiento en cada huerto (Basile et al., 2014). Particularmente en la unidad experimental de Lolol, se determinó la morfología y tamaño de hoja en 'Hayward' mediante el uso de fotografías. En el mes de enero de la temporada 2021/2022 se seleccionaron 4 hojas adultas completamente desarrolladas por cada repetición y tratamiento. Posteriormente, se procedió a tomar una fotografía a cada una de ellas para luego ser procesadas en el software Image J (Schneider et al., 2012).

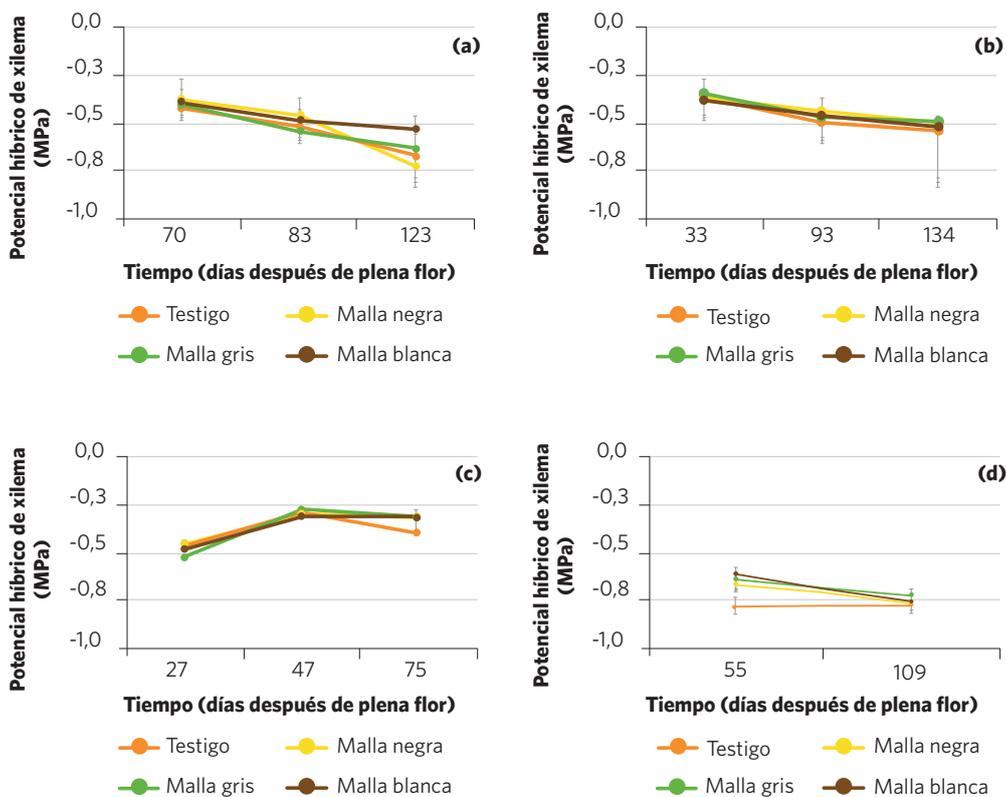
Resultados

Respuesta fisiológica

Potencial hídrico. Una gran interrogante respecto del efecto de las mallas fotoselectivas es la respuesta fisiológica del kiwi. Dentro de dicha respuesta, existe una amplia gama de variables que pueden ayudar a describirla. En este proyecto el estado hídrico fue estimado a través del potencial hídrico de xilema (ψ_x) medido a medio día. Por otro lado, el seguimiento fisiológico fue realizado a través de las temporadas en las cuatro unidades experimentales del proyecto para cada cultivar: Lolol y Rancagua con 'Hayward'; Malloa y San Fernando con 'Jintao'. Es importante destacar que la programación del riego no fue modificada, por lo tanto, los riegos realizados en cada unidad experimental fueron programados por cada productor.

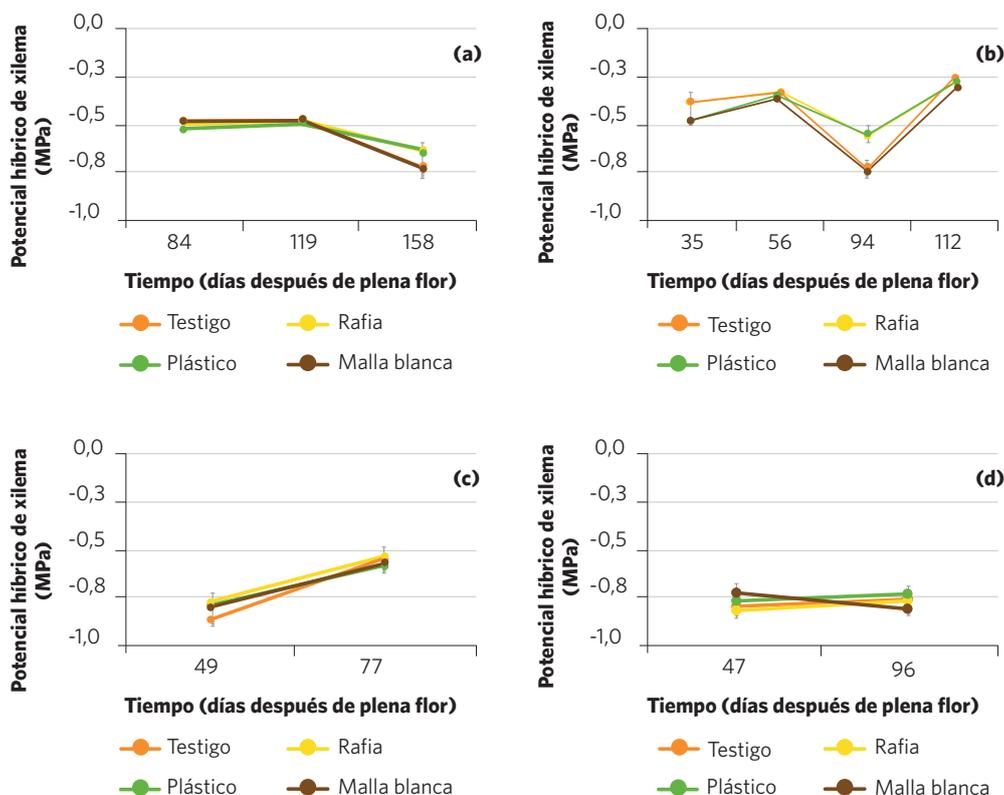
El análisis estadístico realizado para cada huerto por separado consideró los factores tiempo (días después de plena flor), tipo de cobertura y su interacción. En ambos cultivares no se encontró efecto estadísticamente significativo de las coberturas ni de la interacción entre estas y el tiempo sobre el ψ_x . Por otra parte, en ambas temporadas y en ambos huertos del cultivar Hayward, la variabilidad observada del ψ_x fue mayormente influenciada por las diferencias ambientales de cada día. Para el huerto de Lolol (Figura 1a y 1c), los valores de ψ_x variaron entre -0,8 y -0,3 MPa para todas las coberturas, mientras que en el huerto ubicado en Rancagua (Figura 1b y 1d), el mínimo y máximo observados fueron de -0,8 y -0,4 MPa, respectivamente. En el caso del cultivar Jintao, el huerto de Malloa (Figura 2a y 2c) presentó valores entre -0,85 y -0,5 MPa para todas las coberturas. En tanto, en el huerto de San Fernando (Figura 2b y 2d) se observaron valores extremos de -0,8 y -0,3 MPa.

Figura 1. Potencial hídrico de xilema medido en cultivar **Hayward** en los huertos y temporadas: Lolol 2020/2021 **(a)**; Rancagua 2020/2021 **(b)**; Lolol 2021/2022 **(c)**; Rancagua 2021/2022 **(d)**.



En especies frutales en general, se considera que, para evitar estrés hídrico, el ψ_x no debería descender más allá de -0,85 MPa. Por lo tanto, los valores observados para ambos cultivares indican que las plantas de kiwi no estaban hídricamente estresadas.

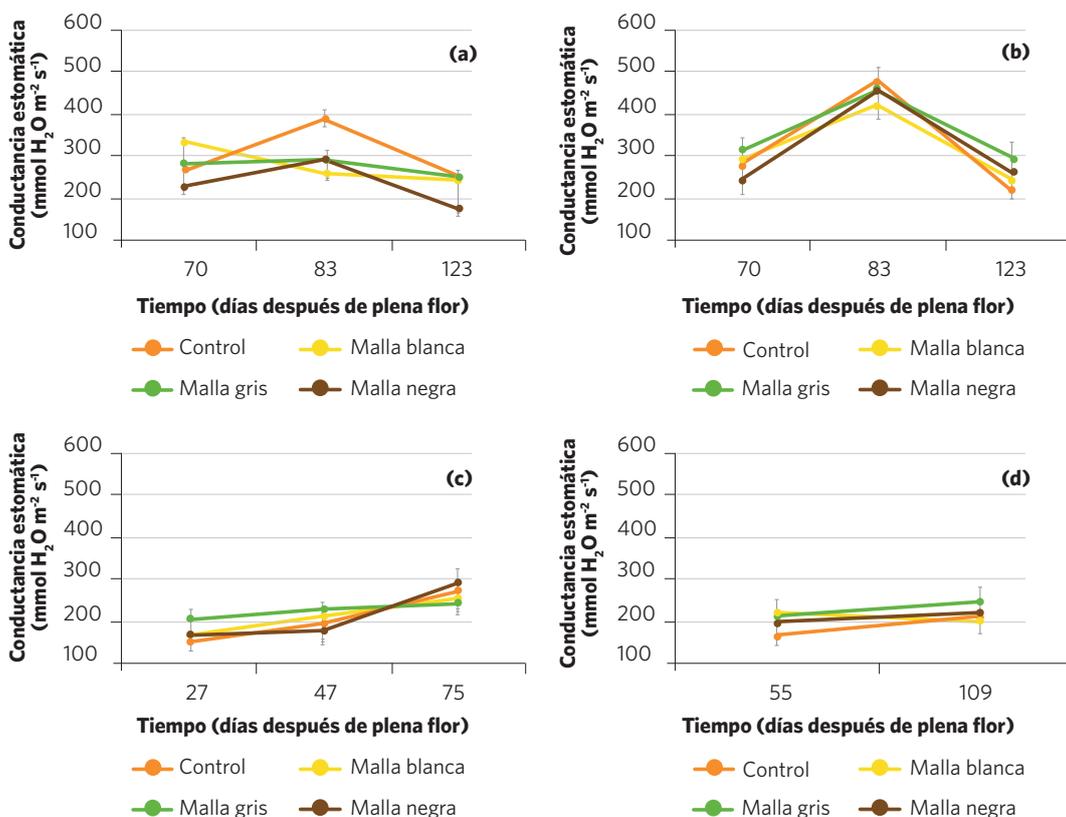
Figura 2. Potencial hídrico de xilema medido en cultivar **Jintao** en los huertos y temporadas: Malloa 2020/2021 **(a)**; San Fernando 2020/2021 **(b)**; Malloa 2021/2022 **(c)**; San Fernando 2021/2022 **(d)**.



Intercambio gaseoso. Otro de los indicadores fisiológicos analizados corresponde a las variables de intercambio gaseoso, específicamente conductancia estomática (g_s) y asimilación neta (A).

De acuerdo con el análisis estadístico realizado para cada huerto por separado, donde se consideraron los factores tiempo (días después de plena flor), el tipo de cobertura y su interacción, los resultados indicaron que durante la temporada 2020/2021 todos los sitios de estudio presentaron diferencias significativas tanto para la variable g_s como para A . De manera contraria, para los datos obtenidos durante la temporada 2021/2022 no se observaron diferencias significativas para los factores tratamiento, fecha ni su interacción.

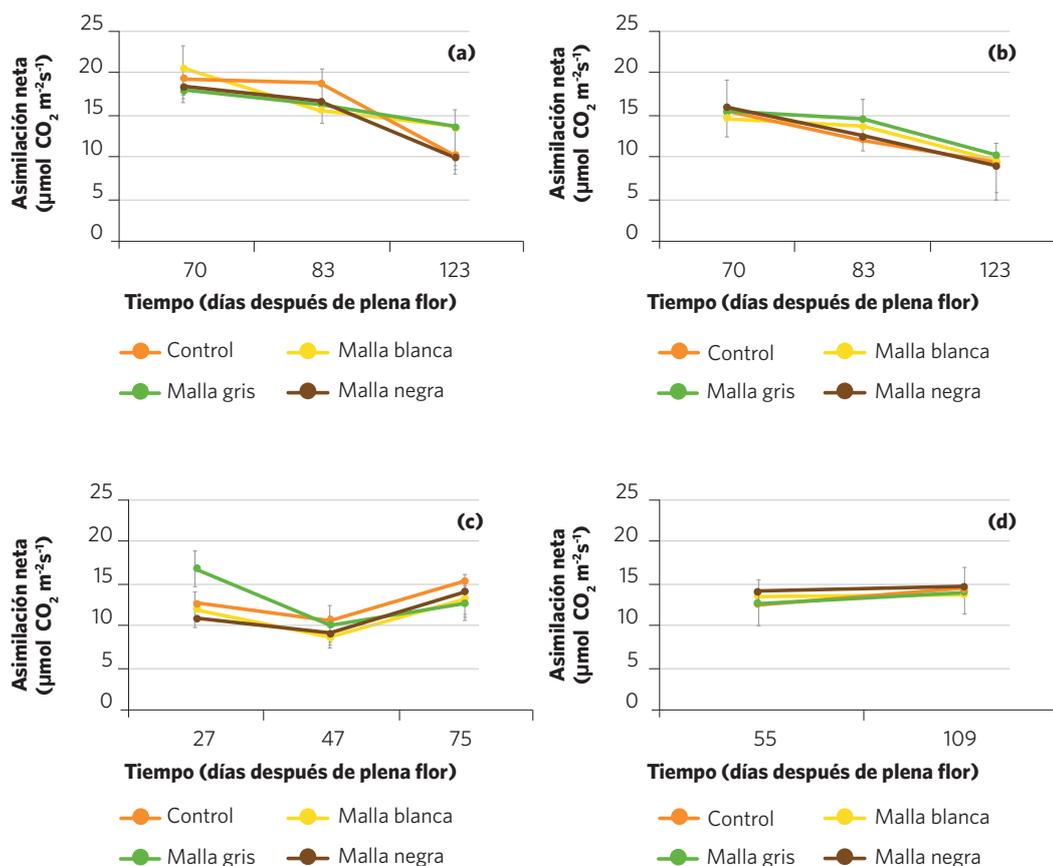
Figura 3. Conductancia estomática (gs) medida en cultivar **Hayward** en los huertos y temporadas: Lolol 2020/2021 **(a)**; Rancagua 2020/2021 **(b)**; Lolol 2021/2022 **(c)**; Rancagua 2021/2022 **(d)**.



La Figura 3 muestra los resultados de gs obtenidos para el cultivar Hayward donde los valores para la temporada 2020/2021 fluctuaron entre 335,58 a 171,88 $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ en el sitio de Lolol y entre 477,92 a 219,92 $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ en el sitio de Rancagua. Los valores observados durante la temporada 2021/2022 no mostraron diferencias significativas en ninguno de los casos analizados, registrando valores inferiores a la temporada anterior con niveles máximos cercanos a 300 $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Por otro lado, los valores de asimilación neta para el cultivar Hayward durante la temporada 2020/2021 alcanzaron rangos desde 9,95 a 20,83 $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ para el sitio de Lolol y desde 8,92 a 16,03 $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ para el sitio de Rancagua. A pesar de existir diferencias significativas entre tratamientos durante la primera temporada, los valores analizados la temporada siguiente (10 a 17 $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$) indican que no existe un efecto significativo constante de ninguno de los tratamientos analizados (Figura 4).

Figura 4. Asimilación neta (A) medida en cultivar **Hayward** en los huertos y temporadas: Lolol 2020/2021 **(a)**; Rancagua 2020/2021 **(b)**; Lolol 2021/2022 **(c)**; Rancagua 2021/2022 **(d)**.



Para el caso de 'Jintao', los valores observados de g_s fluctuaron entre montos máximos cercanos a $450 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ en el sitio de Malloa y mínimos alrededor de $132 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ durante la temporada 2021/2022 en el sitio de San Fernando (Figura 5). La A observada en este cultivar varió entre 9 y $20 \text{ } \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ para el huerto de Malloa durante ambas temporadas. En tanto, el huerto de San Fernando presentó valores mínimo y máximo de $8,9$ y $16 \text{ } \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ para ambas temporadas (Figura 6).

En general, los valores observados de g_s en ambas cultivares y ambas temporadas estuvieron por sobre el umbral de $150 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$, el cual fue planteado por Medrano et al. (2002) como el valor bajo el cual una especie de metabolismo C3 se encuentra sometida a estrés. De este modo, se confirma lo concluido con el monitoreo de ψ_x , es decir, las unidades experimentales no presentaron estrés hídrico. Respecto de g_s , siempre es esperable valores mayores a $10 \text{ } \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ y menores que $20 \text{ } \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$, debido a la fotosaturación lidiada por el estrés radiativo.

Figura 5. Conductancia estomática (gs) medida en cultivar **Jintao** en los huertos y temporadas: Malloa 2020/2021 **(a)**; San Fernando 2020/2021 **(b)**; Malloa 2021/2022 **(c)**; San Fernando 2021/2022 **(d)**.

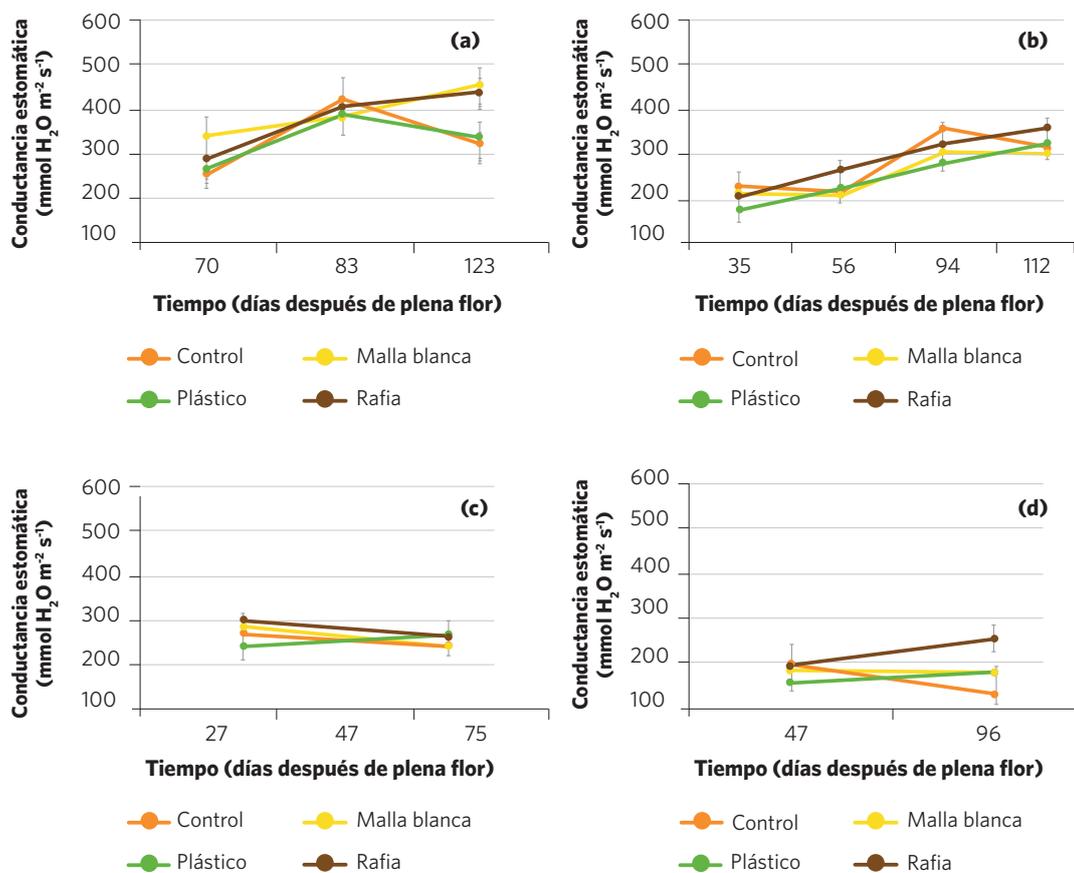
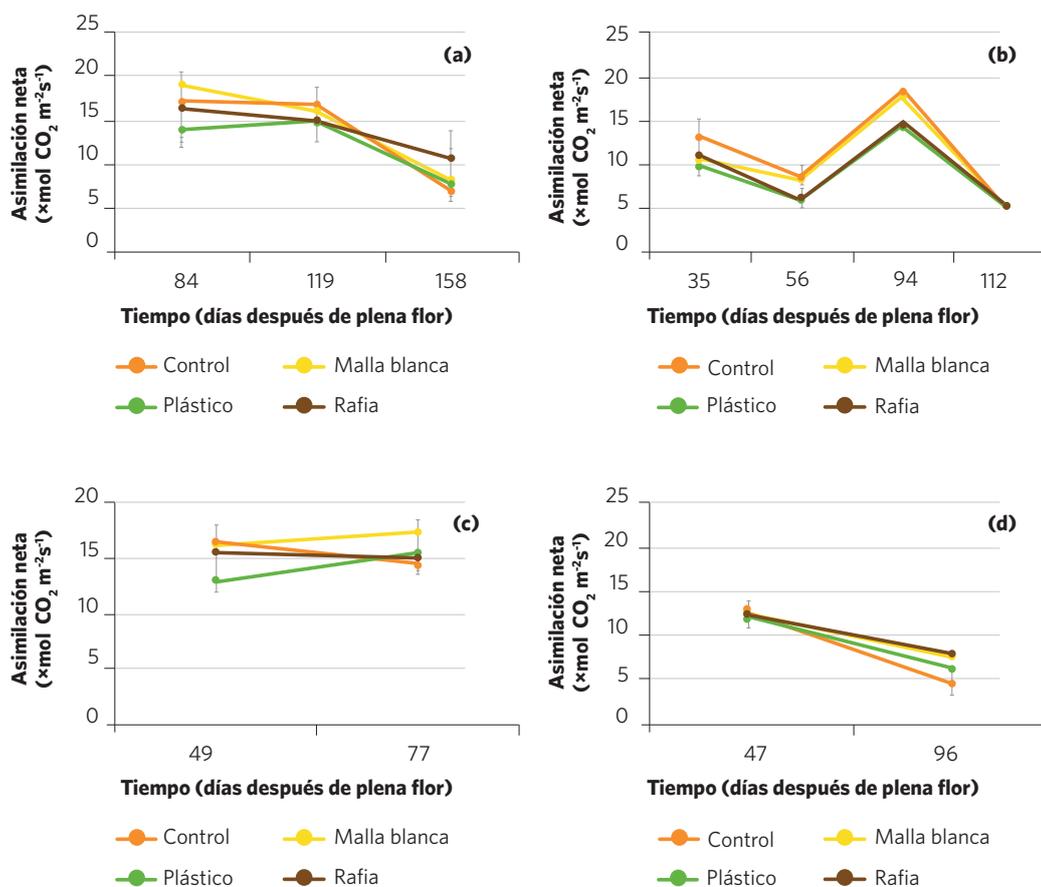
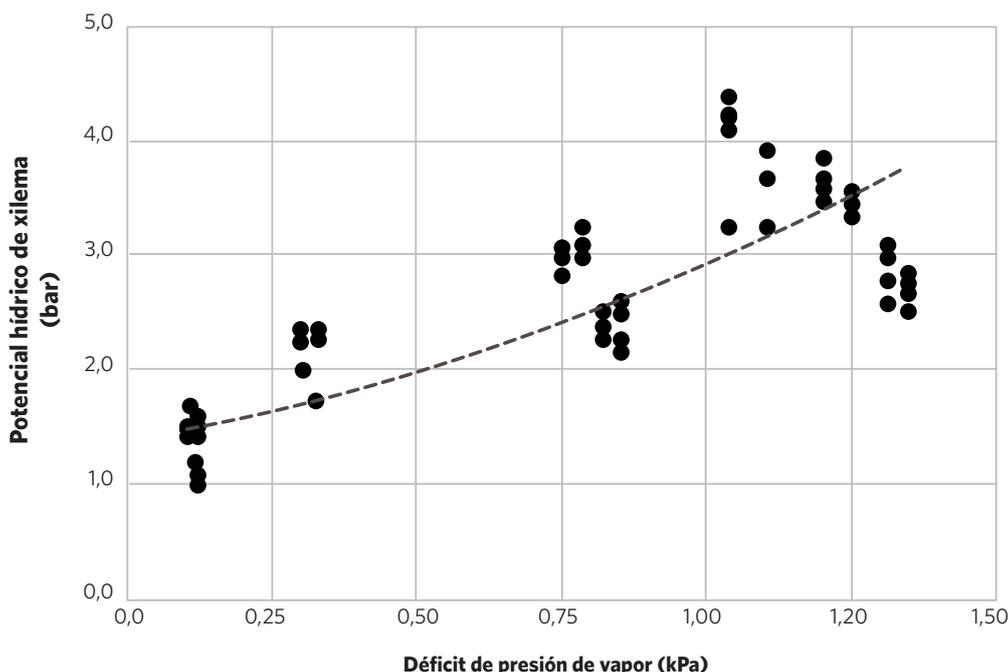


Figura 6. Asimilación neta (A) medida en cultivar Jintao en los huertos y temporadas: **Malloa 2020/2021 (a)**; San Fernando 2020/2021 **(b)**; Malloa 2021/2022 **(c)**; San Fernando 2021/2022 **(d)**.



Para el huerto de 'Hayward' ubicado en Lolol, se realizó una campaña de tres días de monitoreo horario (cada 2 horas, desde las 06 h hasta 20 h) durante la temporada 2021/2022. Estas mediciones permitieron hacer una caracterización en diferentes horarios, y por consiguiente, bajo diferentes condiciones de demanda atmosférica. Así, en la Figura 7 se plantea una relación entre el déficit de presión de vapor (DPV) y el potencial hídrico del xilema (ψ_x). Esta relación es fácilmente observable cuando se trabaja con riego deficitario controlado, y así se obliga a la planta a adaptarse a un amplio rango de condiciones ambientales altamente demandantes y un contenido de agua en el suelo limitante. En este caso, aunque las plantas de kiwi no estaban bajo restricción hídrica, se logró extraer una relación no lineal muy interesante entre estas variables.

Figura 7. Correlación no lineal entre déficit de presión de vapor (DPV) y el potencial hídrico de xilema (ψ_x) obtenida del monitoreo horario del huerto de 'Hayward' ubicado en Lolol.



Considerando la relación no lineal planteada en la Figura 7, se derivó un modelo para estimar el potencial hídrico en función del DPV, el cual depende de las variaciones de la temperatura del aire y la humedad relativa (Cuadro 1). De esta información se logra inferir algunas sugerencias para los productores, principalmente relacionadas con el uso de información sencilla. Aquí se plantea que con temperaturas en el rango 20 - 25 °C, indistintamente de la humedad relativa, si la planta de kiwi no tiene restricción de agua en el suelo, el estado hídrico estará por sobre el umbral crítico. En cambio, una vez que las temperaturas superan los 25 °C, la planta de kiwi se mantendrá sin estrés hídrico en la medida que la humedad relativa sea mayor a 50%.

Cuadro 1. Potencial hídrico de xilema (bar) estimado en base a la demanda atmosférica sin restricción hídrica en el suelo.

TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)					
	30	40	50	60	70	80
20	4,7	3,9	3,3	2,8	2,3	2,0
25	7,2	5,7	4,5	3,5	2,8	2,2
30	-	-	6,7	4,9	3,6	2,6
35	-	-	-	7,4	4,8	3,2

Crecimiento vegetativo

Longitud de brotes. Cabe señalar que durante la temporada 2020/2021 el crecimiento de brotes fue evaluado semanalmente. En cambio, en la temporada siguiente (2021/2022) se midió de manera quincenal en cada unidad experimental. En las Figuras 8 y 9 es posible apreciar el comportamiento no lineal del crecimiento de brotes para los cultivares Hayward y Jintao de los huertos de Lolol y San Fernando, respectivamente. En general, se evidencia la ralentización del crecimiento aproximadamente en la primera quincena de diciembre.

Figura 8. Comportamiento del crecimiento de brotes promedio (cm) en función de los días en el cultivar **Hayward del huerto Lolol** durante las temporadas **2020/2021** y **2021/2022** bajo cuatro tratamientos de cobertura: malla blanca (MB), malla gris (MG), malla negra (MN) y testigo (T).

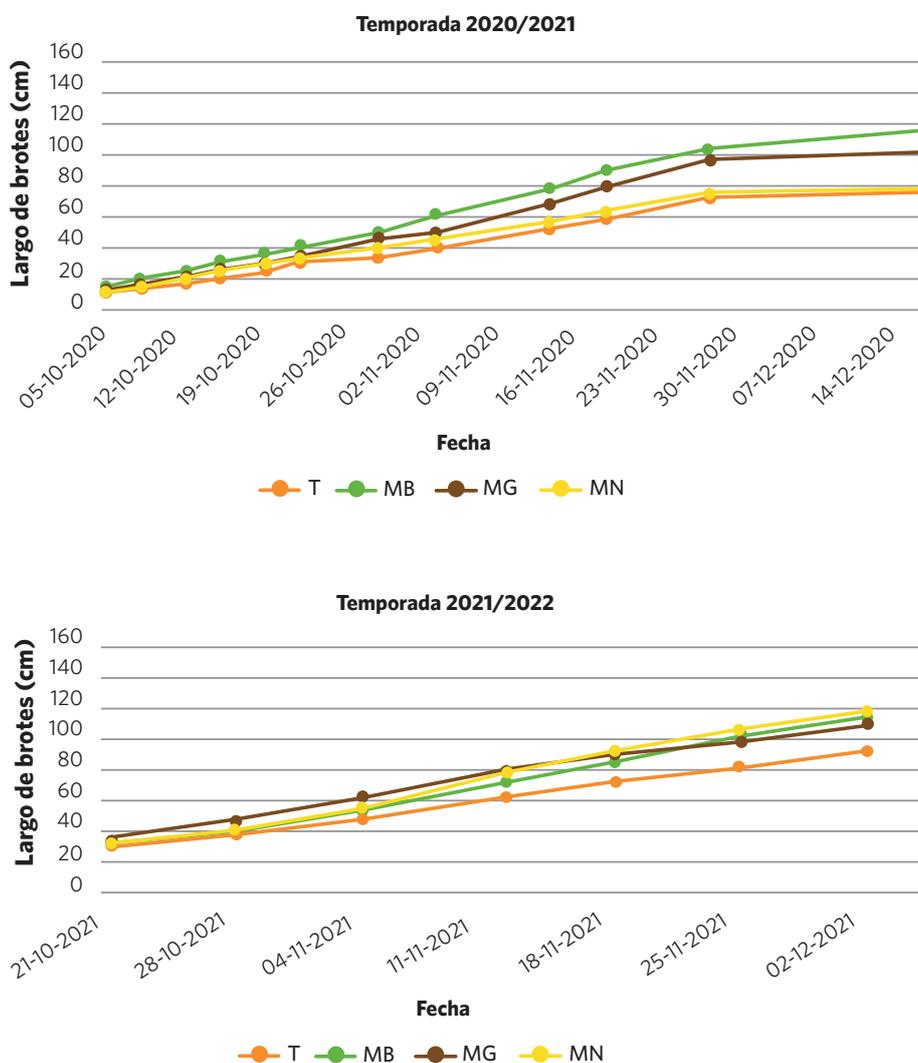
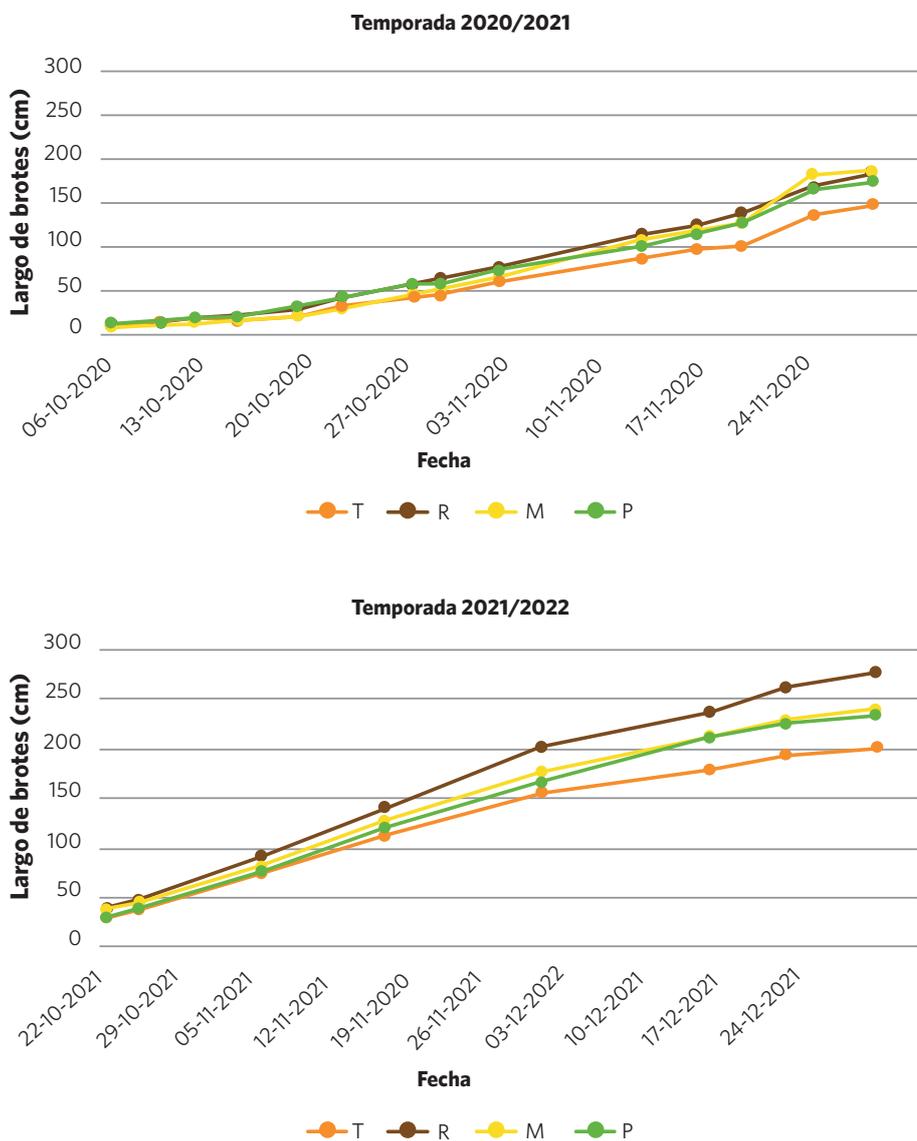


Figura 9. Comportamiento del crecimiento de brotes promedio (cm) en función de los días en el cultivar **Jintao del huerto San Fernando** durante las temporadas **2020/2021** y **2021/2022** bajo cuatro tratamientos de cobertura: malla (M), plástico (P), rafia (R) y testigo (T).



A simple vista pareciera que existe un efecto de las coberturas con un crecimiento de brotes promedio superior al testigo. Sin embargo, estos resultados no fueron confirmados estadísticamente (Cuadro 2). Con excepción del cultivar Jintao en el huerto de San Fernando, en donde al evaluar el largo de brotes en la última fecha de medición fue posible detectar diferencia estadística entre la rafia y los otros tratamientos.

Cuadro 2. Longitud de brotes (cm) promedio por huerto y temporada para los cultivares **Hayward** y **Jintao** bajo coberturas fotoselectivas.

Cultivar	Huerto	TEMPORADA 2020/2021		TEMPORADA 2021/2022	
		Tratamiento	Largo de brotes (cm)	Tratamiento	Largo de brotes (cm)
Hayward	Rancagua	Malla negra	109,53 a	Malla negra	148,81 a
		Malla blanca	109,27 a	Malla blanca	110,97 a
		Malla gris	99,72 a	Malla gris	120,81 a
		Testigo	68,65 a	Testigo	125,81 a
	Lolol	Malla negra	78,04 a	Malla negra	138,19 a
		Malla blanca	114,94 a	Malla blanca	136,94 a
		Malla gris	100,67 a	Malla gris	130,66 a
		Testigo	76,75 a	Testigo	110,75 a
	Malloa	Rafia	148,24 a	Rafia	166,45 a
		Malla	171,70 a	Malla	181,98 a
		Plástico	153,15	Plástico	182,83 a
		Testigo	132,53 a	Testigo	155,00 a
Jintao	San Fernando	Rafia	185,25 a	Rafia	276,41 a
		Malla	185,69 a	Malla	239,44 b
		Plástico	175,13 a	Plástico	234,31 b
		Testigo	146,19 a	Testigo	200,69 b

Medias verticales con letras distintas son significativamente diferentes según Prueba de LSD ($p \leq 0,05$).

Morfología y tamaño de hojas. Con la evaluación realizada en el cultivar Hayward ubicado en Lolol fue posible evidenciar que existen diferencias significativas en la morfología de las hojas bajo mallas fotoselectivas (Cuadro 3). Se observa que las hojas provenientes de plantas con malla fotoselectiva blanca y gris presentaron mayor área y largo del limbo. En tanto, en las hojas bajo malla fotoselectiva negra y testigo destacaron por ser de menor tamaño y menos alargadas. Por otro parte, en el perímetro de hoja, el largo de peciolo y el ancho del limbo no se detectaron diferencias significativas entre las coberturas y el testigo.

Cuadro 3. Diferencias de tamaño y morfología de hoja del cultivar **Hayward** para cada tratamiento evaluado.

TRATAMIENTO	Área de hoja	Perímetro de hoja	Largo de peciolo	Largo de limbo	Ancho de limbo
	cm ²	cm	cm	cm	cm
Malla blanca	179,4 a	60,64 a	9,87 a	12,87 a	15,44 a
Malla gris	167,5 a b	60,55 a	10,5 a	12,94 a	15,04 a b
Malla negra	156,5 b	60,17 a	9,54 a	11,98 b	14,59 b
Testigo	162,5 b	59,58 a	10,67 a	11,97 b	15,07 a b

Medias verticales con letras distintas son significativamente diferentes según Prueba de LSD ($p \leq 0,05$).

Conclusiones

En base a la información recolectada durante dos temporadas, se concluye que las coberturas fotoselectivas no presentaron un efecto estadísticamente significativo sobre el estado hídrico ni el intercambio gaseoso. Es importante recalcar que estos resultados fueron obtenidos considerando la programación del riego utilizada por los productores. Así, se identifica la posibilidad de evaluar la interacción del riego deficitario controlado bajo coberturas.

En cuanto al crecimiento vegetativo, a simple vista se evidencia mayor crecimiento de brotes promedio en plantas bajo coberturas, pero estas diferencias no fueron significativas en los diferentes huertos y temporadas. Cabe destacar que se determinaron cambios morfológicos, los cuales podrían tener un efecto en el balance del crecimiento de brotes y frutos.

Literatura citada

Basile, B., Giaccone, M., Shahak, Y., Forlani, M., & Cirillo, C. (2014). Regulation of the vegetative growth of kiwifruit vine by photo-selective anti-hail netting. *Scientia Horticulturae*, 172, 300-307. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.04.011>

Defilippi, B. (2017). Coberturas y sus efectos sobre parámetros de calidad y condición en postcosecha de arándanos [Archivo PDF]. <https://web.inia.cl/wp-content/uploads/2018/01/DefilippiCoberturaTemuco4.10.2018.pdf>

Medrano, H., Escalona, J. M., Bota, J., Gulias, J. & Flexas, J. (2002). Regulation of photosynthesis of C3 plants in response to progressive drought: stomatal conductance as a reference parameter. *Annals of Botany*, 89(7), 895-905. <https://doi.org/10.1093/aob/mcf079>

Medrano, H., Tomás, M., Martorell, S., Escalona, J.-M., Pou, A., Fuentes, S., Flexas, J. & Bota, J. (2014). Improving water use efficiency of vineyards in semi-arid regions. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(2), 499-517. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0280-z>

Ortega-Farias, S., Villalobos -Soublett, E., Riveros-Burgos, C., Zúñiga, M. & Ahumada-Orellana, L. (2020). Effect of irrigation cut-off strategies on yield, water productivity and gas exchange in a drip-irrigated hazelnut (*Corylus avellana* L. cv. Tonda di Giffoni) orchard under semiarid conditions. *Agricultural Water Management*, 238, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106173>

Schneider, C., Rasband, W., & Eliceiri, K. (2012). NIH image to imageJ: 25 years of image analysis. Focus on bioimage informatics. *Nature methods*, 9(7), 671-675. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2089>







5. FLORACIÓN Y CRECIMIENTO DE FRUTOS

 Catalina Pinto, Viviana Tudela y Karen Mesa

El mercado del kiwi es muy exigente en cuanto a la calidad del fruto, ya que sólo los frutos de más de 80 gramos son comercializables y aceptables para la exportación (González et al., 1998). Los cultivares de kiwi deben lograr frutos de un tamaño relativamente grande, una buena forma, con altas concentraciones de carbohidratos y vitaminas, y un correcto equilibrio entre azúcares solubles y ácidos orgánicos para alcanzar la mejor calidad en la cosecha (Cruz-Castillo et al., 2014). Así, el valor de la cosecha de kiwi depende en gran medida de la polinización, ya que el peso del fruto está estrechamente relacionado con el número de semillas. Precisamente, los frutos deben contener entre 700 y 1.400 semillas para alcanzar el peso exportable (Hopping, 1976). El número de semillas también puede ser crucial para otras características como el contenido de materia seca (MS) (Buxton 2005). Asimismo, el número de semillas puede determinar la producción total de reguladores del crecimiento y, por tanto, la capacidad del fruto de adquirir los carbohidratos para su desarrollo (Seal et al., 2013).

En literatura se ha notificado que si bien las abejas melíferas (*Apis mellifera*) son importantes polinizadores en muchos entornos frutícolas, cuando se encuentran bajo coberturas pueden ser menos activas o distribuirse de forma desigual en un sistema (Middleton y McWaters, 1997; Leech, 2014). De hecho, se ha observado que la fuerza de la colonia disminuye rápidamente debido a las condiciones climáticas o a la reducción del acceso a los recursos de polen y néctar (Dag, 2008). Evans et al. (2019) determinaron que en huertos de kiwi con sistemas de coberturas la densidad de abejas (abejas/mil flores) y las tasas de visita a las flores fueron más bajas en plantas cubiertas; sin embargo, no detectaron cambios en la polinización.

Cabe mencionar que en esta investigación no se evaluó directamente la polinización, pero si se midió la densidad floral y la carga inicial bajo las coberturas con el objetivo de observar indirectamente los efectos de este proceso en la floración y el cuaje.

Por otro lado, las curvas de crecimiento de los frutos de los kiwis suelen determinarse a partir de medidas repetidas de longitud y diámetros ecuatoriales menores y mayores. Para kiwi se ha reportado que la dinámica de crecimiento de frutos puede ser de tipo sigmoideo (Hopping, 1976) o no lineal segmentado (Pinto et al., 2022). A modo general, el crecimiento del kiwi puede dividirse en dos fases, siendo la primera mucho más rápida que la segunda (Minchin et al., 2003). El peso

del fruto aumenta rápidamente durante los primeros 45 días después del cuaje, y luego más lentamente durante los siguientes 100 días hasta cosecha (Snelgar et al., 1992). En Chile desde aproximadamente los 50-60 DDPF hasta la cosecha, la segunda fase muestra un crecimiento lineal de los frutos, pero con una tasa más lenta de aumento de la longitud y el diámetro, con cambios de crecimiento similares en las medidas de los frutos (Pinto et al., 2022). Basile et al. (2012) mencionan que existe un efecto diferencial en el tamaño de los frutos bajo coberturas fotoselectivas, lo cual podría ser dado por el aumento de las tasas de crecimiento durante la temporada.

En este capítulo se detallan resultados preliminares asociados a evaluaciones en floración, carga inicial y crecimiento de frutos en huertos de kiwi con sistemas de coberturas de la Región de O'Higgins.

Metodología

Densidad floral y carga inicial

En el momento de 70 a 100% de floración se caracterizaron los brotes de 2 cargadores por planta en diferente orientación y en buenas condiciones de luminosidad. Cada brote fue evaluado en base a su largo (cm) y número de flores. Posteriormente, previo a la labor de raleo, se evaluó el número de frutos cuajados de los mismos. La determinación de la carga inicial se realizó entre 30 a 45 días después de plena flor. Esta evaluación fue realizada durante dos temporadas en cada unidad experimental y cultivar femenino.

Crecimiento de frutos

El seguimiento de crecimiento de los frutos se realizó en base a su diámetro polar, ecuatorial mayor y menor (mm) con pie de metro digital, de manera quincenal desde diciembre (post raleo de frutos) hasta la cosecha. Para la caracterización del crecimiento de los frutos se identificaron 2 frutos en orientaciones opuestas de cada una de las plantas seleccionadas por huerto. Cabe señalar que los frutos se seleccionaron en la sección media de cargadores centrales de cada planta. Cada uno de los frutos fue identificado con una cinta en su pedicelo. En total, en los huertos de Lolol, Rancagua y San Fernando se evaluaron un total de 96 frutos, mientras que para el huerto de Malloa 120 frutos por fecha de medición.

Resultados

Densidad floral y carga inicial

En relación con la densidad floral del cultivar Hayward (Cuadro 1), se determinaron diferencias significativas entre los tratamientos en ambos huertos durante la primera temporada. En general, el testigo presentó mayor cantidad de flores por cm de brote. En el siguiente año de estudio no se obtuvo evidencia de un efecto de las coberturas (permanentes) en la floración. Asimismo, la carga inicial determinada antes de las labores de raleo en el cultivar Hayward de Rancagua no fue distinta entre los tratamientos, sin embargo, en el huerto de Lolol se obtuvieron diferencias en ambas temporadas. De hecho, una carga inicial superior destacó en el testigo, la malla gris y la malla negra.

Cuadro 1. Comparación de densidad floral y carga inicial para el cultivar **Hayward** bajo coberturas fotoselectivas durante las temporadas **2020/2021** y **2021/2022**.

TEMPORADA	HUERTO	TRATAMIENTO	Densidad floral	Carga inicial
			flores/cm	frutos/cm
2020/2021	Rancagua	Testigo	0,18 a	0,15 a
		Malla gris	0,14 ab	0,13 a
		Malla negra	0,12 b	0,13 a
		Malla blanca	0,13 b	0,12 a
	Lolol	Testigo	0,39 a	0,25 a
		Malla gris	0,29 b	0,20 ab
		Malla negra	0,31 b	0,24 a
		Malla blanca	0,25 b	0,17 b
2021/2022	Rancagua	Testigo	0,19 a	0,17 a
		Malla gris	0,18 a	0,16 a
		Malla negra	0,20 a	0,20 a
		Malla blanca	0,19 a	0,17 a
	Lolol	Testigo	0,25 a	0,28 a
		Malla gris	0,24 a	0,23 ab
		Malla negra	0,23 a	0,22 ab
		Malla blanca	0,19 a	0,19 b

Medias con una letra común en sentido vertical no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Por otra parte, en el cultivar Jintao no se observaron diferencias de los tratamientos en las coberturas en densidad floral (Cuadro 2), con excepción de Malloa temporada 2020/2021, donde la cobertura rafia presentó mayor cantidad de flores por cm de brote. A su vez, la carga inicial varió sólo en el huerto de Malloa, con mayor cuaje de frutos en coberturas plásticas y rafia durante la primera y segunda temporada, respectivamente. Si bien en el huerto de San Fernando no se encontraron diferencias significativas, se destaca que las plantas bajo malla presentaron un mayor promedio de flores.

Cuadro 2. Comparación de densidad floral y carga inicial para el cultivar **Jintao** bajo coberturas foselectivas durante las temporadas **2020/2021** y **2021/2022**.

TEMPORADA	HUERTO	TRATAMIENTO	Densidad floral	Carga inicial
			cm	cm
2020/2021	Malloa	Testigo	0,13 a	0,17 b
		Plástico	0,15 a	0,23 a
		Rafia	0,15 a	0,21 ab
		Malla	0,13 a	0,16 b
	San Fernando	Testigo	0,15 a	0,15 a
		Plástico	0,13 a	0,16 a
		Rafia	0,16 a	0,18 a
		Malla	0,17 a	0,21 a
2021/2022	Malloa	Testigo	0,35 b	0,19 b
		Plástico	0,36 b	0,23 b
		Rafia	0,48 a	0,33 a
		Malla	0,31 b	0,19 b
	San Fernando	Testigo	0,16 a	0,11 a
		Plástico	0,15 a	0,11 a
		Rafia	0,13 a	0,11 a
		Malla	0,24 a	0,20 a

Medias con una letra común en sentido vertical no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Crecimiento de frutos

El crecimiento de kiwi se caracterizó en base a sus diámetros polar, ecuatorial mayor y menor en función de los días después de plena flor (DDPF). Ambos cultivares presentaron un comportamiento de dos fases o no lineal segmentado. A simple vista en 'Jintao' y 'Hayward' no se aprecian diferencias relevantes en los diámetros polares (Figuras 1 y 2) y ecuatoriales menor y mayor (datos no mostrados) de los frutos bajo cobertura y el testigo. Cabe destacar que se observa que algunas diferencias tempranas en diámetro se reducen en la medida que los frutos se acercan a la cosecha. Yuan et al. (2020) mencionan que existe una "contracción" o "encogimiento" en la relación entre las dimensiones y el tamaño de la fruta cuando el periodo de crecimiento en kiwi es prolongado.

Figura 1. Dinámica de crecimiento de frutos del cultivar **Hayward** en base al diámetro polar (mm) en función de los días después de plena flor (DDPF) provenientes del huerto de Lolol durante la temporada **2020/2021** y **2021/2022**. Los tratamientos fueron malla blanca (MB), malla negra (MG), malla negra (MN) y testigo o sin cobertura (T).

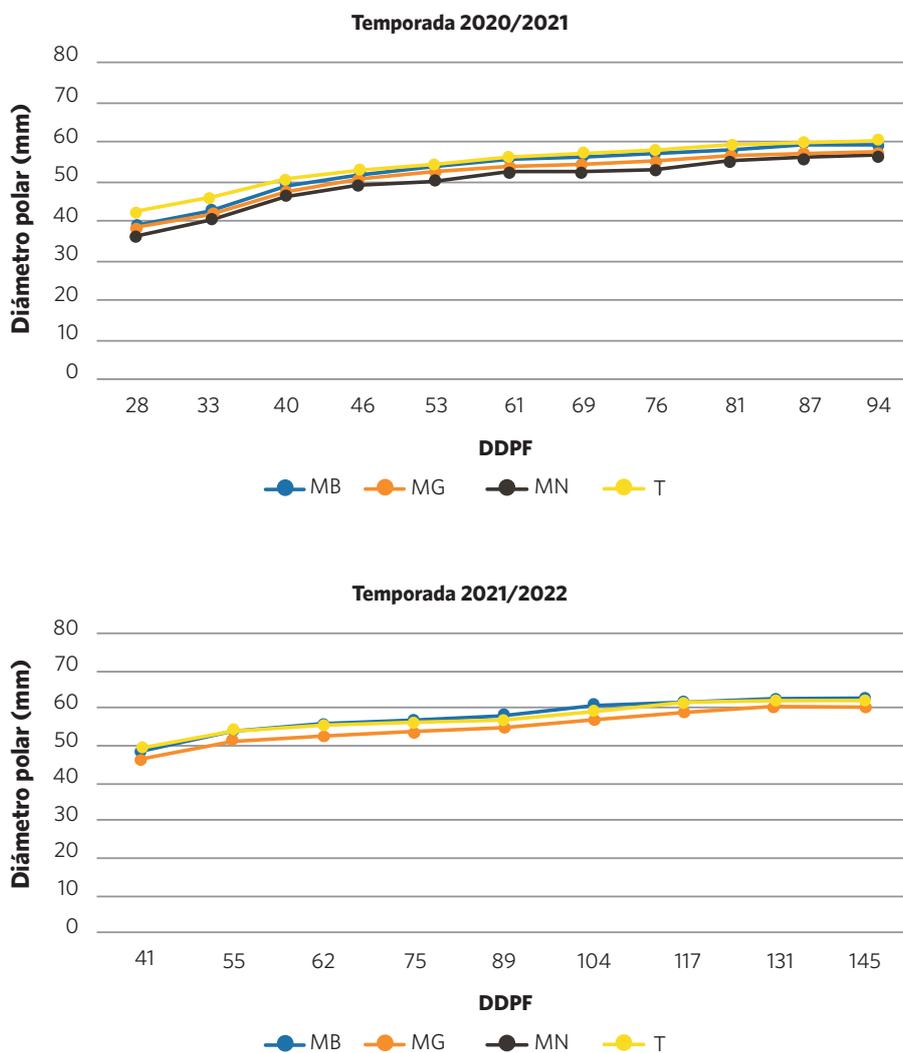
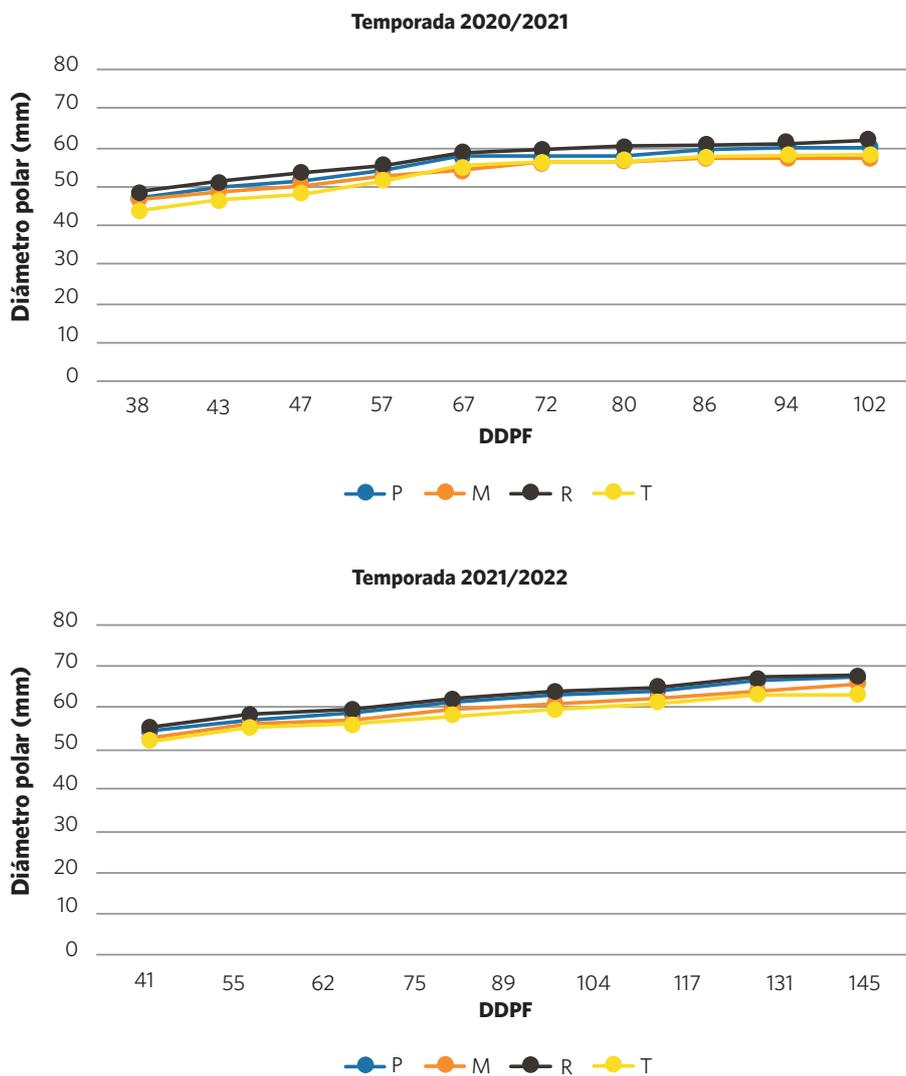


Figura 2. Dinámica de crecimiento de frutos del cultivar Jintao en base al diámetro polar (mm) en función de los días después de plena flor (DDPF) provenientes del **huerto de San Fernando** durante la temporada **2020/2021** y **2021/2022**. Los tratamientos fueron coberturas malla blanca (M), plástico (P), rafia (R) y testigo o sin cobertura (T).



En detalle, se realizó el análisis de las medidas repetidas en el tiempo para determinar si existe efecto de los tratamientos de cobertura en el crecimiento de las dimensiones del fruto (Cuadros 3 y 4). En ambos cultivares fue posible evidenciar que la interacción entre tiempo (DDPF) y las coberturas no fue significativa, por lo que cada factor actúa por separado, es decir, el crecimiento de los frutos es afectado por el tiempo como por los sistemas de coberturas de manera independiente.

Otro punto relevante de este análisis es la confirmación del efecto de las coberturas en el crecimiento de los frutos para todas las dimensiones evaluadas, con excepción del diámetro ecuatorial mayor de 'Hayward' en el huerto de Rancagua (Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis del efecto de los tratamientos de cobertura y tiempo (días después de plena flor) en el crecimiento de frutos del cultivar **Hayward** para dos temporadas y huertos.

LOCALIDAD	TEMPORADA	FUENTES DE VARIACIÓN	DIÁMETRO (mm)		
			Polar	Ecuatorial menor	Ecuatorial mayor
Rancagua	2020/2021	Cobertura	*	*	ns
		DDPF	*	*	*
		Cobertura *DDPF	ns	ns	ns
	2021/2022	Cobertura	*	*	ns
		DDPF	*	*	*
		Cobertura *DDPF	ns	ns	ns
	2020/2021	Cobertura	*	*	*
		DDPF	*	*	*
		Cobertura *DDPF	ns	ns	ns
Lolol	2021/2022	Cobertura	*	*	*
		DDPF	*	*	*
		Cobertura *DDPF	ns	ns	ns

ns: no significativo, *: nivel de significancia con un $p \leq 0,05$

En el cultivar Hayward del huerto de Rancagua se observó en una primera temporada que los diámetros polares y ecuatoriales menores fueron inferiores con malla negra en comparación con los otros tratamientos (testigo y mallas blanca y gris). Sin embargo, en la segunda temporada, las mayores dimensiones fueron registradas con malla negra y sin cobertura. Cabe mencionar que en ambas temporadas el diámetro polar se estabilizó en las últimas fechas de evaluación, a diferencia del diámetro ecuatorial menor que presenta diferencias significativas en cada fecha.

Por otro lado, en 'Hayward' del huerto de Lolol se evidenciaron mayores diámetros polares en el testigo durante la primera y segunda temporada. El diámetro ecuatorial menor y mayor fue significativamente superior en malla blanca, seguida de las mallas negra y gris. Asimismo, se observa que en las últimas fechas no existen diferencias significativas en las dimensiones del fruto. A simple vista pareciera que el efecto de las coberturas en el crecimiento sea mayor en el período de diciembre y enero.

Cuadro 4. Análisis del efecto de los tratamientos de cobertura y tiempo (días después de plena flor) en el crecimiento de frutos del cultivar **Jintao** para dos temporadas y huertos.

LOCALIDAD	TEMPORADA	FUENTES DE VARIACIÓN	DIÁMETRO (mm)		
			Polar	Ecuatorial menor	Ecuatorial mayor
Malloa	2020/2021	Cobertura	*	*	*
		DDPF	*	*	*
		Cobertura *DDPF	ns	ns	ns
	2021/2022	Cobertura	*	*	ns
		DDPF	*	*	*
		Cobertura *DDPF	ns	ns	ns
	2020/2021	Cobertura	*	*	*
		DDPF	*	*	*
		Cobertura *DDPF	ns	ns	ns
San Fernando	2021/2022	Cobertura	*	*	*
		DDPF	*	*	*
		Cobertura *DDPF	ns	ns	ns

ns: no significativo, *: nivel de significancia con un $p \leq 0,05$

En el cultivar Jintao ubicado en Malloa se determinó que los frutos bajo rafia tuvieron los mayores diámetros polares en la primera temporada y los mejores diámetros ecuatoriales en la segunda temporada. La malla blanca destacó por las menores dimensiones en la segunda temporada, siendo superada por el testigo y las otras coberturas.

Por último, 'Jintao' en San Fernando registró consistentemente las mayores dimensiones de frutos bajo rafia en ambas temporadas. La cobertura plástica le siguió con diámetros cercanos. Malla blanca y testigo presentaron los menores valores para los tres diámetros. Con relación a las fechas en 'Jintao', al igual que 'Hayward', no se observan diferencias significativas en tiempo en la medida que se acerca la cosecha, posiblemente dada la ralentización del crecimiento en esta etapa.

Conclusiones

En definitiva, no se presenta evidencia suficiente del efecto (negativo o positivo) de las coberturas sobre la densidad floral y la carga inicial de frutos. Se requieren de ensayos específicos en polinización para determinar el impacto de los sistemas de coberturas en la carga inicial y cuaje. Adicionalmente, se confirma que existe efecto de las coberturas en la dinámica de crecimiento de frutos para los cultivares Hayward y Jintao en ambas temporadas. En 'Jintao' se reporta que las mayores dimensiones se presentan con las coberturas de rafia y plástico. En 'Hayward' los resultados no fueron consistentes entre los huertos, sin embargo, pareciera que las mallas tienen un impacto positivo en el diámetro ecuatorial de los frutos. Otro punto para destacar es que en la medida que se avecina la cosecha las diferencias entre los frutos no son significativas, por lo que se puede hipotetizar que las coberturas podrían tener un mayor impacto en periodos iniciales del crecimiento de frutos.

Literatura citada

Ainalidou, A., Karamanoli, K., Menkissoglu-Spirodi, U., Diamantidis, G., and Matsi, T. (2015). CPPU treatment and pollination: Their combined effect on kiwifruit growth and quality. *Sci. Hortic.* (Amsterdam), 193, 147-154. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.07.011>

Buxton, K.N. (2005). Preharvest practices affecting postharvest quality of Hayward kiwifruit. Doctoral dissertation (New Zealand: Massey University).

Cruz-Castillo, J.G., Baldicchi, A., Frioni, T., Marocchi, F., Moscatello, S., Proietti, S., Battistelli, A., & Famiani, F. (2014). Pre-anthesis CPPU low dosage application increases "Hayward" kiwifruit weight without affecting the other qualitative and nutritional characteristics. *Food Chem.* 158, 224-228. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.131>

Dag, A. (2008). Bee pollination of crops plants under environmental conditions unique to enclosures. *Journal of Apicultural Research*, 47, 162-165. <https://doi.org/10.1080/00218839.2008.11101>

Evans, L.J., Cutting, B.T., Jochym, M., Janke, M.A., Felman, C., Cross, S., Jacob, M. & Goodwin, M. (2019). Netted crop covers reduce honeybee foraging activity and colony strength in a mass flowering crop. *Ecol Evol.*, 29, 9(10), 5708-5719. <https://doi.org/10.1002/ece3.5154>

González, M., Coque, M. & Herrero, M. (1998). Influence of pollination systems on fruit set and fruit quality in kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Ann. Appl. Biol.*, 132 (2), 349-355. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1998.tb05210.x>

Hopping, M.E. (1976). Structure and development of fruit and seeds in Chinese gooseberry (*Actinidia chinensis* Planch.). *New Zeal. J. Bot.*, 14, 63-68. <https://doi.org/10.1080/0028825X.1976.10428651>

Leech, M. (2014). Understanding practices in key pollination areas. Sydney, NSW: Horticulture Australia Ltd., pp. 57.

Middleton, S., & McWaters, A. (1997). Hail netting to increase apple orchard productivity. Gordon, NSW: Horticultural Research and Development Corporation, pp. 51.

Minchin, P.E.H., Richardson, A.C., Patterson, K.J., & Martin, P.J. (2003). Prediction of final weight for *Actinidia chinensis* 'Hort1 6A' fruit. *New Zeal. J. Crop Hortic. Sci.*, 31, 147-157 <https://doi.org/10.1080/01140671.2003.9514247>

Pinto, C., Tudela, V. & Reginato, G. (2022). Modelling kiwifruit growth: impact of pollination period on fruit growth dynamic. *Acta Horticulturae*, 1332, 245-252, <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1332.33>

Seal, A.G., Dunn, J.K., De Silva, H.N., McGhie, T.K. & Lunken, R.C.M. (2013). Choice of pollen parent affects red flesh colour in seedlings of diploid *Actinidia chinensis* (kiwifruit). New Zeal. J. Crop Hortic. Sci. 41, 207–218, <https://doi.org/10.1080/01140671.2013.803129>

Snelgar, W.P., Manson, P.J. & Martin, P.J. (1992). Influence of time of shading on flowering and yield of kiwifruit vines. J. Hortic. Sci., 67, 481–487, <https://doi.org/10.1080/00221589.1992.11516273>

Yuan, H., Martin, P., Fullerton, C., Gould, N., Hall, A. & Burdon, J. (2020). Refining the estimation of kiwifruit size from linear fruit dimensions. Scientia Horticulturae, 262, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108878>





6. PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD EN COSECHA

 Karen Mesa y Catalina Pinto

En Chile la protección de especies frutales con sistemas de cobertura dio inicio hace más de diez años. Actualmente, existe en el mercado una amplia gama de materiales de diferentes texturas, composición espectral y patrones de dispersión de la luz. Sin embargo, existe poca información sobre las experiencias de los sistemas de cobertura en los huertos de kiwis chilenos (Mesa et al., 2022). Si bien esta tecnología se utiliza principalmente para proteger las plantas de eventos climáticos adversos o para prevenir el cancro bacteriano, se han encontrado efectos positivos de las coberturas sobre parámetros que permiten determinar la eficiencia productiva en los cultivares Hayward y Jintao (Chiabrando y Giacalone, 2018). Según Shahak et al. (2004), las coberturas fotoselectivas por medio de modificación del espectro mejoran la productividad de las plantas y la calidad a cosecha.

Metodología

Las evaluaciones de producción y calidad de la fruta cosechada desde las distintas unidades experimentales establecidas en el proyecto se realizaron durante tres temporadas (2019/2022) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Evaluaciones realizadas durante las tres temporadas de proyecto, para las distintas unidades **experimentales** y **cultivares**.

Unidad experimental	Cultivar	EVALUACIONES PRODUCCIÓN - CALIDAD		
		2019/2020	2020/2021	2021/2022
Lolol	Hayward	x	x	x
Rancagua	Hayward		x	x
Malloa	Jintao	x	x	x
San Fernando	Jintao		x	x

A cosecha: carga frutal, producción y eficiencia productiva

A cosecha, por repetición y tratamiento, se obtuvo el número total de frutos (n°) y peso total (kg/planta) de fruta cosechada desde cada planta seleccionada. A partir de esta información, se calculó el peso promedio de fruta (g) por división de los kilos totales y número de frutos. En cuanto a la eficiencia productiva, se midió en terreno el perímetro de tronco (cm) a 20 cm sobre el punto de unión del cultivar con el portainjerto, para calcular el Área Sección Transversal de Tronco (ASTT, cm^2). Además, se determinó la fracción de radiación solar interceptada (PAR_i), a partir de la medición de la radiación solar no interceptada por la planta (PAR_{ni}) bajo la cubierta del follaje y la radiación incidente (PAR_o) directa sobre el huerto. Para esto se utilizó el instrumento ceptómetro (ACCUPAR LP-80, Decagon Devices Inc.,). Las mediciones se realizaron en 3 momentos del día, a medio día solar (MDS), y 2 y 4 horas antes o después del MDS. Para expresar la PAR interceptada en m^2 , se multiplicó por la distancia de plantación de cada huerto. A partir de estos datos, se calculó la eficiencia productiva expresada como kg/cm^2 de ASTT y $\text{kg}/\text{PAR m}^2$. La carga frutal se expresó en función de la planta, del ASTT y de la PAR interceptada como frutos/planta, frutos/ cm^2 de ASTT y frutos/ PAR_i , respectivamente.

Distribución de calibres

A partir de la fruta cosechada por planta, repetición y tratamiento, se obtuvo una distribución de calibres en una submuestra de 50 frutos por planta elegidos al azar, pesados de manera individual con una balanza digital, para luego clasificarlos en rangos de peso presentados en la Cuadro 2.

Cuadro 2. Rango de peso para la clasificación de los frutos en calibre comercial de kiwi cultivares **Jintao** y **Hayward**.

CALIBRE	PESO (g)
Precalibre	M64
45	> 64 - ≤ 69
42	>69 - ≤ 75
39	>75 - ≤ 86
36	>86 - ≤ 95
33	>95 - ≤ 104
30	>104 - ≤ 110
27	>110 - ≤ 122
25	>122 - ≤ 134
23	>134 - ≤ 150
20	>150 - ≤ 165
18	≥165

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de la exportadora Frusan S.A.

Calidad de fruta

Al mismo momento de la cosecha comercial, se procedió a muestrear los frutos que fueron identificados a inicios de temporada para seguimiento del crecimiento y maduración de fruto en huerto. Estos frutos fueron cosechados y trasladados al Campus Colchagua de la Universidad de O'Higgins para su evaluación.

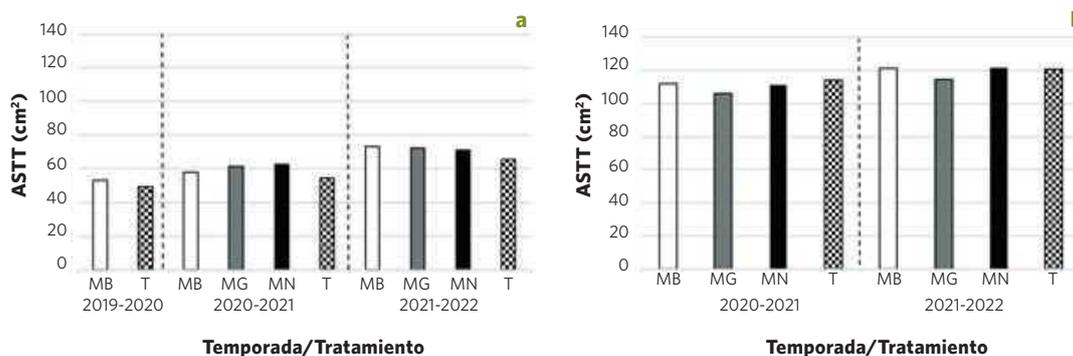
Las evaluaciones **no destructivas** correspondieron a peso de fruto (g) utilizando una balanza digital y los diámetros ecuatoriales mayor y menor, y polar (mm) medidos con un pie de metro digital. Consecuentemente, las **evaluaciones destructivas** fueron el color de pulpa a través de los parámetros de tonalidad (h°) y saturación (C^*) obtenidos con un colorímetro Minolta CR-400, la firmeza de la pulpa (libras fuerza, lbf) medida con un presionómetro manual con pedestal (FT-327, Effegi) y la concentración de sólidos solubles (CSS) ($^\circ$ Brix) utilizando un refractómetro autocompensado. Además, se determinó acidez titulable (AT) (g ácido cítrico/100 ml muestra) con un titulador automático (HI 902C, Hanna Instruments) y materia seca (MS) (%), calculada a partir del peso fresco y peso seco de la muestra.

Resultados

Tamaño del árbol

En la Figura 1 se presenta el tamaño de planta en el testigo (sin cobertura) y bajo las distintas coberturas para el cultivar Hayward, en ambos huertos durante las temporadas de crecimiento. Independiente del huerto, no existieron diferencias significativas entre los tratamientos para una misma temporada de evaluación. En cuanto al porcentaje de incremento en ASTT en el período 2020/2022, en el huerto de Lolol (Figura 1a), el tratamiento de malla blanca (MB) alcanzó el mayor aumento (26,9%), mientras que el tratamiento de malla negra (MN) presentó un menor valor (13%). La situación en Rancagua (Figura 1b) fue diferente, pues ambos tratamientos, MB y MN presentaron los porcentajes de incrementos más altos, 8,1 y 9,1%, respectivamente, aunque menores a los valores del huerto de Lolol. El tratamiento testigo presentó el menor valor de 5,7%.

Figura 1. Tamaño de árbol, en función del ASTT, para los diferentes tratamientos de cobertura en cultivar Hayward. MB: malla blanca; MG: malla gris; MN: malla negra y T: testigo. **a: huerto Lolol** y **b: huerto Rancagua.**



En el caso del cultivar Jintao se observa en la Figura 2 el tamaño de plantas en función del ASTT, para los huertos de Malloa y San Fernando, en las diferentes temporadas de evaluación. No se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos para ninguna de las temporadas y huerto. En cuanto al porcentaje de incremento de ASTT, para el huerto de San Fernando (Figura 2b), los tratamientos testigo y rafia no presentaron un aumento del vigor, mientras que la malla incrementó en un 12,3% y la cobertura plástica en un 7,6% el tamaño de planta. Sin embargo, en el huerto de Malloa (Figura 2a) el tratamiento testigo fue el que presentó el mayor incremento (25,6%), mientras que la cobertura malla obtuvo el menor valor (8,5%).

Figura 2. Tamaño de árbol, en función del ASTT, para los diferentes tratamientos de cobertura en cultivar **Jintao**. M: malla; P: plástico; R: rafia y T: testigo. a: huerto Malloa y b: huerto San Fernando.

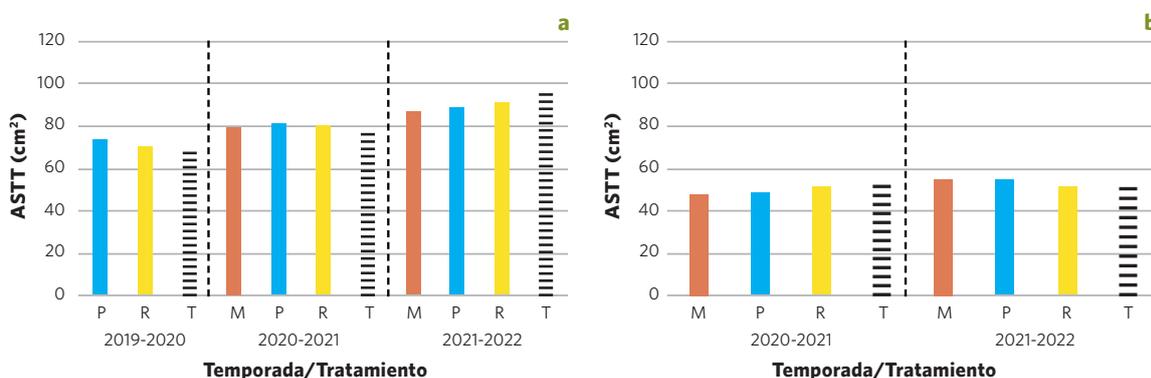
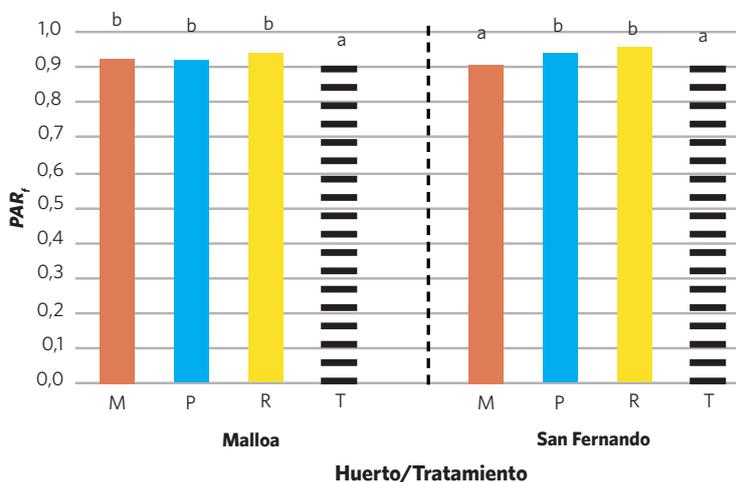


Figura 3. Tamaño de la planta en función de la fracción de radiación interceptada (PAR_p) a cosecha, para los diferentes tratamientos de cobertura y huerto. **Temporada 2020/2021.**



La fracción de radiación interceptada (PAR_p), como medida de tamaño de planta en la temporada 2020/2021, presentó diferencias significativas entre los tratamientos en ambos huertos evaluados para el cultivar Jintao (Figura 3). En el huerto de San Fernando, el tratamiento de cobertura malla y testigo no presentaron diferencias estadísticas, alcanzando valores de 0,91 PAR_p . Por otra parte, la

cobertura plástica y rafia registraron un promedio de 0,95 PAR_f . En Malloa, no se presentaron diferencias significativas entre las coberturas (M, P y R), las que alcanzaron un valor promedio de fracción de PAR interceptada de 0,93. Esta cifra fue superior al testigo, el cuál presentó un valor de 0,90 PAR_f .

En la última temporada de evaluación (2021/2022), se observó que para el cultivar Jintao en el huerto de San Fernando se mantiene el comportamiento de la temporada anterior (Figura 3), donde el tratamiento testigo y cobertura malla presentan los menores valores, sin diferencias estadísticas entre ellos, diferenciándose de los tratamientos de cobertura plástica y rafia, con valores de 0,956 y 0,970 PAR_f , respectivamente (Cuadro 3). En el huerto de Malloa, las plantas de kiwi bajo cobertura de malla y testigo presentaron los menores valores, diferenciándose estadísticamente del tratamiento rafia (0,992), que alcanzó el valor más alto. En el caso del cultivar Hayward, en ambos huertos, el tratamiento testigo obtuvo valores estadísticamente inferiores a los tratamientos de cobertura. Entre las coberturas, no existieron diferencias en Rancagua, mientras que, en Lolol los tratamientos MB y MN, presentaron valores estadísticamente más altos de PAR_f que el testigo. Por otra parte, MG presentó un comportamiento intermedio sin diferenciarse del tratamiento testigo y de las otras coberturas.

Cuadro 3. Fracción de radiación interceptada (PAR_f) para los distintos tratamientos de cobertura y testigo, huerto y cultivar evaluado en la **temporada 2021/2022**.

CULTIVAR	HUERTO	TRATAMIENTO	PAR_f	
Hayward	Lolol	MB	0,991 b	
		MG	0,990 ab	
		MN	0,994 b	
		T	0,986 a	
	<i>p-value</i>		**	
	Rancagua	MB	0,994 b	
		MG	0,995 b	
		MN	0,990 b	
		T	0,975 a	
	<i>p-value</i>		***	
	Jintao	Malloa	M	0,981 a
			P	0,987 ab
R			0,992 b	
T			0,980 a	
<i>p-value</i>			**	
San Fernando		M	0,914 a	
		P	0,956 b	
		R	0,970 b	
	T	0,886 a		
<i>p-value</i>		***		

Valores promedios por tratamiento de n=12 (huertos Lolol, Rancagua, San Fernando), n=15 (huerto Malloa). Letras distintas en sentido vertical indican diferencias estadísticas significativas. p-values: n.s, no significativo; * <0,05; ** <0,01; *** <0,001.

Producción y eficiencia productiva

Los datos de producción, tamaño de fruto y número de frutos solo son presentados para las dos últimas temporadas de evaluación (2020/2021 y 2021/2022), dado que para esos periodos se cuenta con información completa de las coberturas (Cuadros 4 y 5). En el cultivar Hayward (Cuadro 4), la variable peso de fruto en la temporada 2020/2021 presentó diferencias significativas sólo en el huerto de Lolol. El mayor peso de fruto fue obtenido por el tratamiento de MB (101,9 g), el cual se diferenció de los tratamientos MG (90,2 g) y MN (88,7 g). El tratamiento testigo presentó un comportamiento intermedio (95,8 g), sin diferenciarse estadísticamente de los tratamientos de coberturas. El tratamiento MB logró un incremento de tamaño de fruto de 14,8% respecto de MN. Durante la siguiente temporada (2021/2022) no se presentaron diferencias estadísticas, sin embargo, el tratamiento MB fue numéricamente superior a los otros tratamientos. Para las variables número de fruto y kg/planta, no se observaron diferencias estadísticas en ninguno de los dos huertos y temporadas.

Cuadro 4. Valores de número de fruto, peso total de fruta y tamaño de fruto para el cultivar **Hayward**, en dos temporadas de evaluación (**2020/2021** y **2021/2022**), en los huertos de **Lolol** y **Rancagua**.

Huerto	Tratamiento	Total frutos		Peso total fruta		Tamaño fruto	
		N°		kg/planta		g	
		2020/2021	2021/2022	2020/2021	2021/2022	2020/2021	2021/2022
Lolol	MB	297	319	30,6	27,5	101,9 b	87,8
	MG	397	303	36,0	24,8	90,2 a	81,4
	MN	372	340	33,0	27,9	88,7 a	82,2
	T	371	351	35,4	28,9	95,8 ab	81,1
	<i>p-value</i>	<i>n.s</i>	<i>n.s</i>	<i>n.s</i>	<i>n.s</i>	*	<i>n.s</i>
Rancagua	MB	537	539	57,1	49,7	106,5	92,9
	MG	489	550	53,0	49,2	109,2	94,2
	MN	421	574	44,4	49,9	106,5	87,2
	T	562	705	59,3	59,4	106,3	84,3
	<i>p-value</i>	<i>n.s</i>	<i>n.s</i>	<i>n.s</i>	<i>n.s</i>	<i>n.s</i>	<i>n.s</i>

Letras distintas en sentido vertical indican diferencias estadísticas significativas. p-values: *n.s*, no significativo; * <0,05.

Los resultados del análisis estadístico para el cultivar Jintao se presentan en el Cuadro 5. En el huerto de Malloa, no se observaron diferencias estadísticas para ninguno de los parámetros evaluados en las dos temporadas de ensayo. El comportamiento fue distinto en San Fernando, donde las variables de kg/planta y peso de fruto mostraron diferencias significativas en la temporada 2021/22. El tratamiento de cobertura rafia alcanzó la mayor producción (35,3 kg/planta) diferenciándose significativamente de los tratamientos de cobertura malla (26,3 kg/planta) y testigo (20,5 kg/planta). Adicionalmente, el peso de fruto fue estadísticamente superior en la cobertura rafia (107,2 g), mientras que entre el testigo (96,3 g), la cobertura malla (93,3 g) y la cobertura plástica (98,7 g) no se presentaron diferencias.

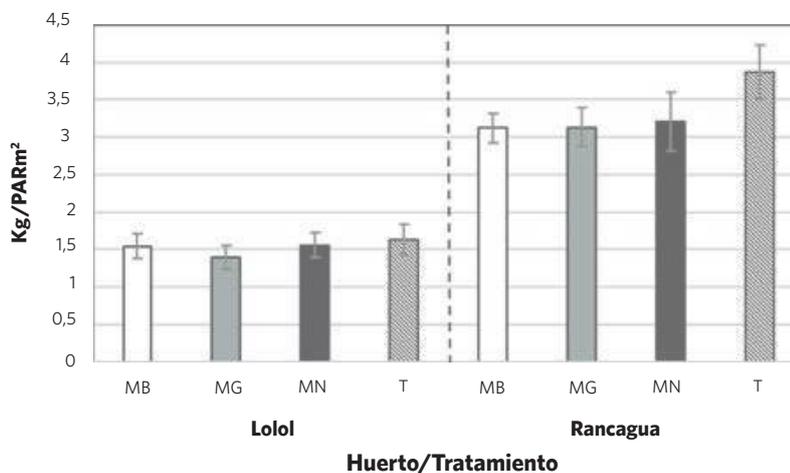
Cuadro 5. Valores de número de fruto, peso total de fruta y tamaño de fruto para el cultivar **Jintao**, en dos temporadas de evaluación (**2020/2021 y 2021/2022**), en los huertos de **San Fernando y Malloa**.

Huerto	Tratamiento	Total frutos		Peso total fruta		Tamaño fruto	
		N°		kg/planta		g	
		2020/2021	2021/2022	2020/2021	2021/2022	2020/2021	2021/2022
San Fernando	M	478	288	41,7	26,3 b	88,2	93,3 b
	P	468	288	45,1	28,6 ab	97,2	98,7 b
	R	487	332	45,8	35,3 a	93,7	107,2 a
	T	453	214	40,2	20,5 b	88,7	96,3 b
	<i>p-value</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	***	<i>n.s.</i>	**
Malloa	M	337	320	35,4	29,6	105,2	93,2
	P	303	330	31,7	32,3	105,0	98,9
	R	425	308	42,9	30,6	101,3	99,1
	T	421	242	42,6	24,1	102,8	99,5
	<i>p-value</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

Letras distintas en sentido vertical indican diferencias estadísticas significativas. *p*-values: *n.s.*, no significativo; * <0,05; ** <0,01; *** <0,001.

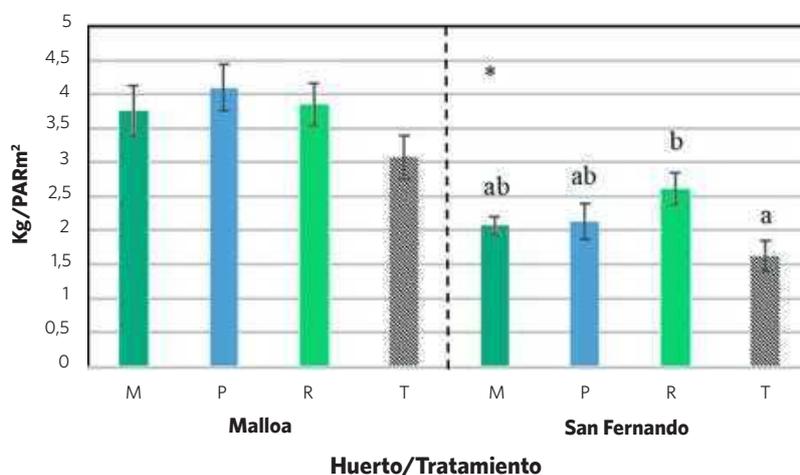
La eficiencia productiva se analizó como kilogramos cosechados por $PARm^2$ interceptado ($kg/ PARm^2$) (Figuras 4 y 5). En el cultivar Hayward no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, para ambos huertos evaluados (Figura 4). Sin embargo, fue posible evidenciar que en el huerto de Rancagua se obtuvieron valores de eficiencia mayores en todos los tratamientos respecto al huerto de Lolol.

Figura 4. Eficiencia productiva en función de PAR_i interceptada por m^2 para el cultivar **Hayward** en los huertos de **Lolol y Rancagua** (temporada **2021/2022**).



En el caso del cultivar Jintao, solo se detectaron diferencias estadísticas en el huerto de San Fernando (Figura 5). El tratamiento de cobertura rafia alcanzó la mayor eficiencia productiva (2,61 kg/PARm²) siendo un 61,1% más eficiente que el tratamiento testigo, el cual mostró el valor de productividad más bajo (1,62 kg/PARm²). Los tratamientos de cobertura plástica y malla registraron un comportamiento intermedio sin diferencias significativas entre ellos. Entre huertos, se observó que el de Malloa presentó valores más altos de eficiencia productiva respecto al huerto de San Fernando.

Figura 5. Eficiencia productiva en función de PAR_i interceptada por m² para el cultivar **Jintao** en los huertos de **Malloa** y **San Fernando** (temporada **2021/2022**).



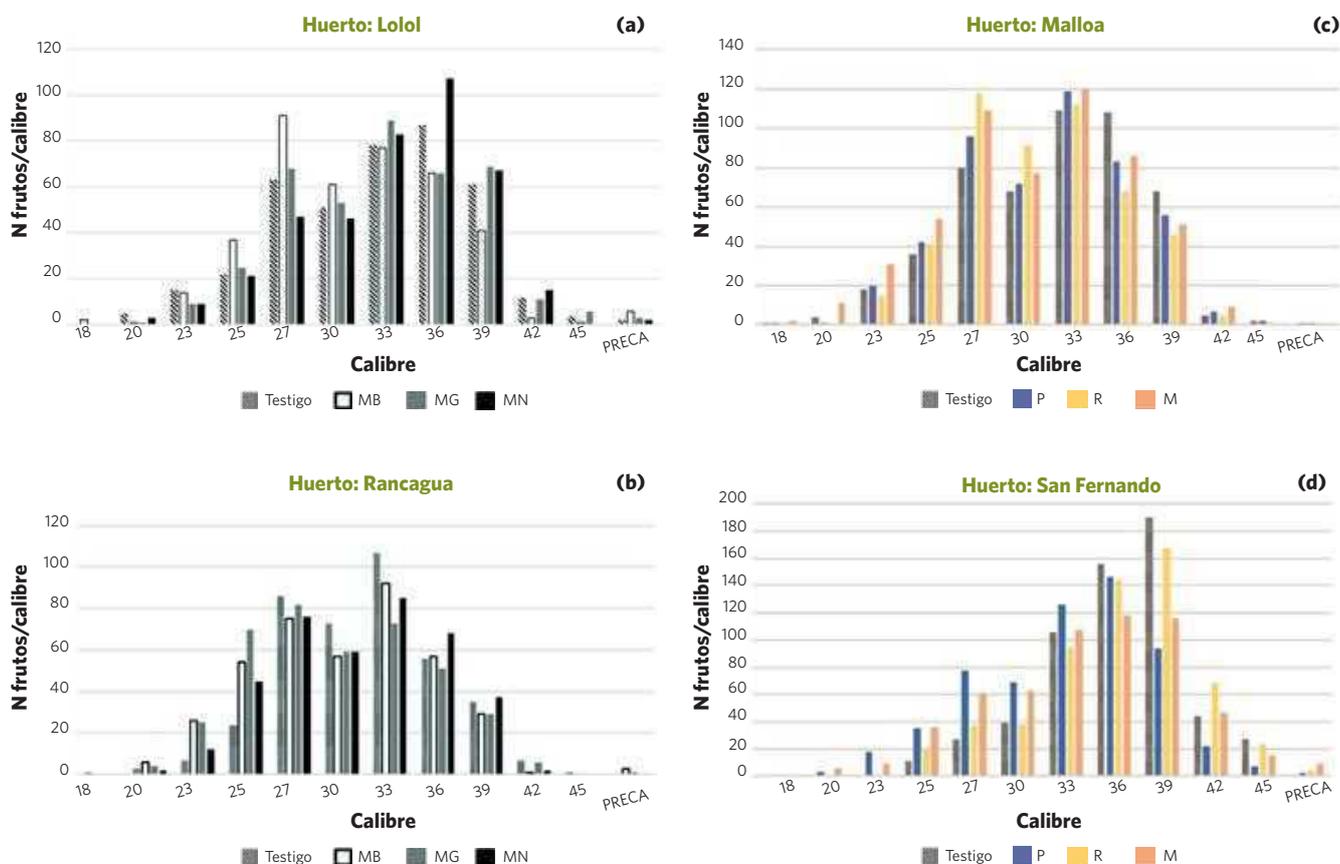
Letras distintas para un mismo huerto, indican diferencias estadísticas significativas. p-values: n.s, no significativo; * <0,05.

Distribución de calibres

La distribución de calibre de los frutos pesados por planta y tratamiento a cosecha se presentan en la Figura 6 para la temporada 2020/2021. En ella se muestran los resultados para el cultivar Hayward, perteneciente a los huertos de Lolol (Figura 6a) y Rancagua (Figura 6b). En Lolol, la categoría de calibre con mayor porcentaje de frutos corresponde al calibre 36 (peso fruto entre 87 - 95 g) en los tratamientos testigo y MN, al calibre 27 (111 - 122 g) en la cobertura MB y al calibre 33 (96 - 104 g) en el tratamiento MG. En el huerto de Rancagua se observó que los tratamientos testigo, MB y MN, presentan el mismo comportamiento con un mayor porcentaje de frutos en el calibre 33 (96 - 104 g), mientras que en la cobertura MG, el calibre 27 concentra la mayor proporción de frutos.

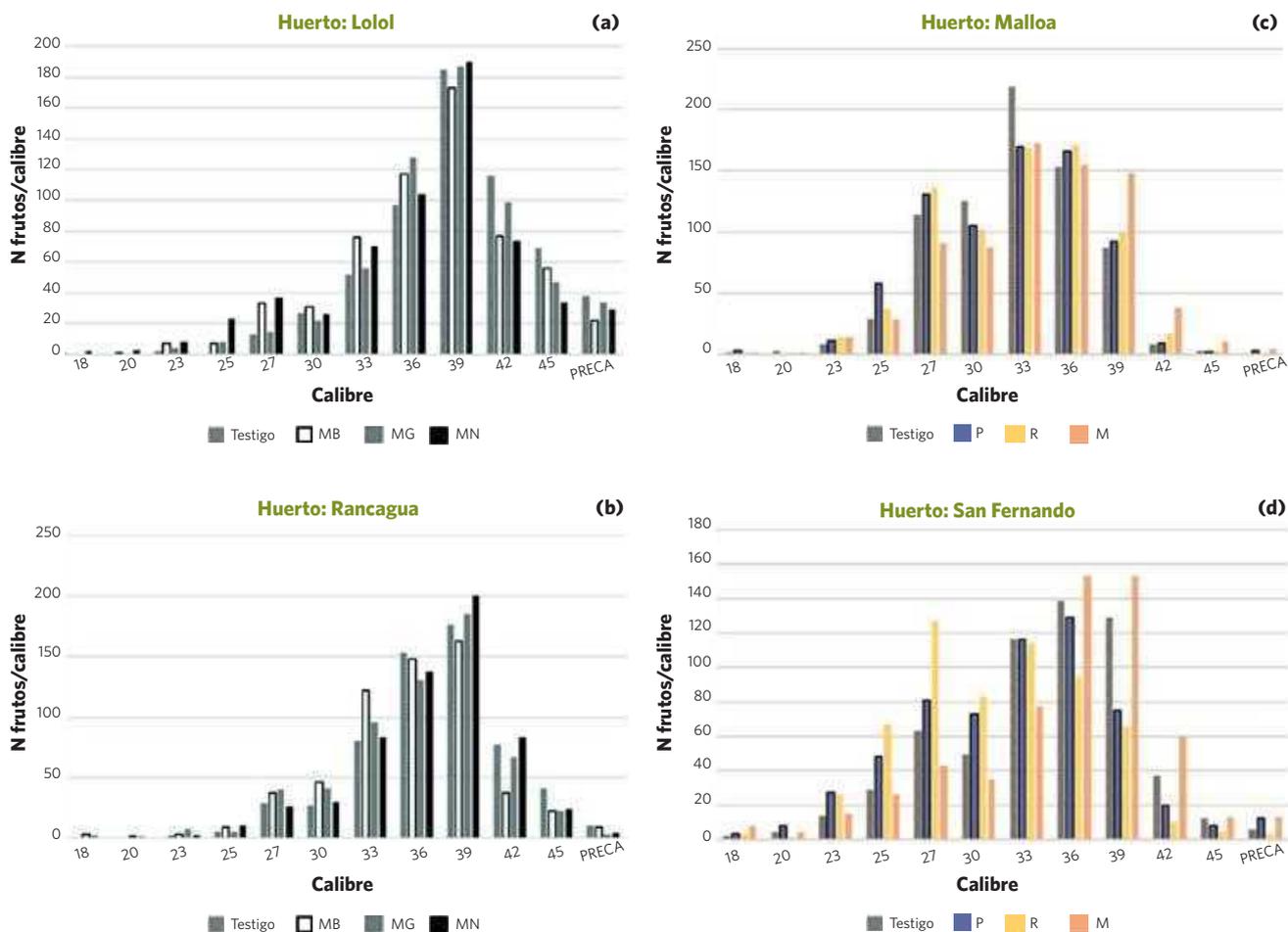
Respecto al cultivar Jintao, en el huerto de Malloa (Figura 6c), el calibre 33 agrupó el mayor porcentaje de frutos (22,5% aproximadamente) en los tratamientos testigo, coberturas P y M, mientras que el tratamiento R presentó un mayor porcentaje de frutos en el calibre 27. Por otra parte, en el huerto de San Fernando (Figura 6d), los tratamientos T y R mostraron un mayor porcentaje de frutos en el calibre 39, mientras que en las coberturas P y M la fruta se concentró en el calibre 36.

Figura 6. Distribución de calibre durante la temporada **2020/2021** para el cultivar **Hayward** en los huertos de Lolol **(a)** y Rancagua **(b)**, y para el cultivar **Jintao** en los huertos de Malloa **(c)** y San Fernando **(d)**.



En la Figura 7 se presenta la distribución de calibre para la temporada 2021/2022, en ambos cultivares y huertos evaluados en el estudio. Para 'Hayward', tanto en el huerto de Lolol (Figura 7a) como en Rancagua (Figura 7b) el mayor porcentaje de frutos se presentó en el calibre 39, lo que en promedio correspondió a un 30,7% en Lolol, y un 30,2% en Rancagua. Mientras que para 'Jintao' en el huerto de Malloa (Figura 7c), la cobertura M y tratamiento T presentaron el mayor porcentaje de fruto en el calibre 33 (23,1% y 29,2%, respectivamente). En tanto que en las coberturas P y R, los frutos se concentraron en los calibres 33 y 36 (22,4% y 22,7%, respectivamente). En San Fernando (Figura 7d), la cobertura R presentó mayor cantidad de frutos en el calibre 27 (21,2%), seguido del calibre 33 (19%). En el caso de la cobertura P y tratamiento testigo los frutos se concentraron en el calibre 36, con porcentajes de 21,5% y 23,2%, respectivamente. Finalmente, en la cobertura M, el mayor número de frutos se presentó en los calibres 36 y 39, ambos con un 25,5% (Figura 7d).

Figura 7. Distribución de calibre durante la temporada **2021/2022** para el cultivar **Hayward** en los huertos de Lolol **(a)** y Rancagua **(b)**, y para el cultivar **Jintao** en los huertos de Malloa **(c)** y San Fernando **(d)**.



Calidad de fruta a cosecha

El análisis de los parámetros no destructivos de calidad a cosecha para el cultivar Hayward mostró diferencias estadísticas en la última temporada de evaluación (2021/2022) en las variables diámetro ecuatorial mayor y menor (mm) para el huerto de Lolol, y solo en la variable de diámetro ecuatorial menor (mm) para el huerto de Rancagua (Cuadro 6).

En Lolol los tratamientos de cobertura MB y MN presentaron los mayores valores para diámetro ecuatorial mayor y menor, mientras que los menores valores fueron para el testigo con 50,36 mm y 45,20 mm, para diámetro ecuatorial mayor y menor, respectivamente (Cuadro 6). En el

huerto de Rancagua, es también el testigo el que presenta el menor valor de diámetro ecuatorial menor (46,68 mm), mientras que las coberturas de MG y MN mostraron los valores más altos diferenciándose estadísticamente. La cobertura MB presentó un comportamiento intermedio, sin diferencias significativas con los tratamientos de cobertura y testigo.

Cuadro 6. Valores diámetros polar, ecuatorial mayor y menor de frutos de kiwi cultivar **Hayward**, en los huertos de **Lolol** y **Rancagua**, para dos temporadas de evaluación.

Huerto	Tratamiento	Diámetro polar		Diámetro ecuatorial mayor		Diámetro ecuatorial menor	
		mm					
		2020/2021	2021/2022	2020/2021	2021/2022	2020/2021	2021/2022
Lolol	MB	61,74	63,08	54,86	54,59 a	49,54	47,83 a
	MG	60,78	60,25	53,74	52,62 ab	48,28	46,29 ab
	MN	60,35	63,10	53,13	52,93 a	48,31	46,92 a
	T	62,52	62,16	54,85	50,36 b	48,12	45,20 b
	<i>p-value</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	***	<i>n.s.</i>	*
Rancagua	MB	62,24	60,44	56,87	54,45	50,78	47,23 ab
	MG	61,80	60,88	55,97	54,15	50,33	48,34 a
	MN	61,98	60,92	57,40	54,70	50,85	48,19 a
	T	61,38	60,02	56,42	53,06	49,41	46,68 b
	<i>p-value</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	*

Letras distintas en sentido vertical indican diferencias estadísticas significativas. *p*-values: *n.s.*, no significativo; * <0,05; ** <0,01; *** <0,001.

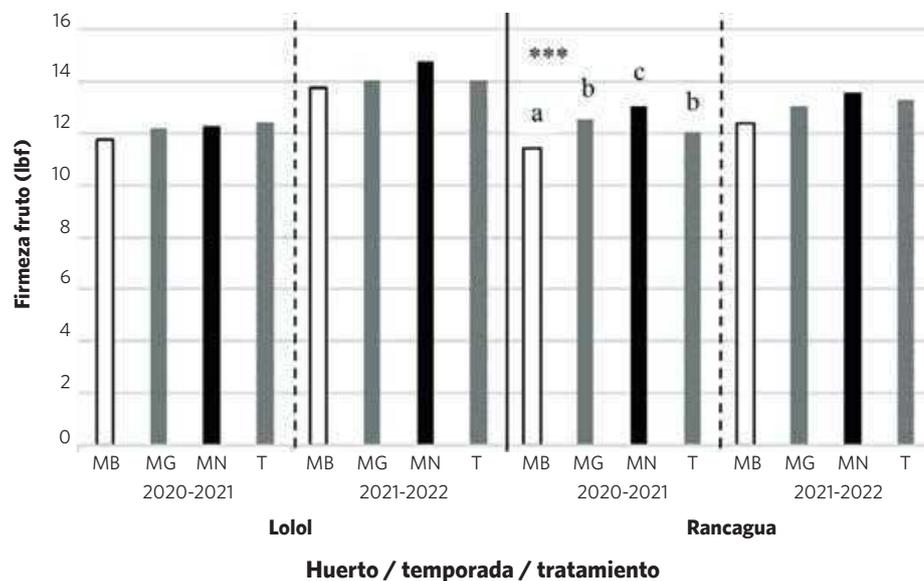
En cuanto al análisis de calidad en el cultivar Jintao, los resultados mostraron durante las dos últimas temporadas de evaluación diferencias sólo para el huerto de San Fernando (Cuadro 7). El huerto de Malloa no mostró diferencias significativas entre los tratamientos y temporadas de evaluación. En San Fernando se observó que, para todas las variables analizadas en forma no destructiva, por temporadas, existieron diferencias estadísticas. El patrón de comportamiento fue similar, así para las variables de diámetro polar y ecuatorial menor, son los tratamientos de cobertura plástica y rafia los que presentaron los valores más altos, diferenciándose estadísticamente de la cobertura malla y el testigo (Cuadro 7). El diámetro ecuatorial mayor (mm) en la temporada 2020/2021 alcanzó el valor más alto en la cobertura rafia (49,75 mm), mientras que el menor diámetro se obtuvo en el tratamiento de cobertura malla (47,15 mm). En la temporada 2021/2022, se observó un patrón similar al anteriormente descrito, donde los valores más altos fueron obtenidos por las coberturas plástica (51,95 mm) y rafia (52,38 mm), diferenciándose estadísticamente de la malla (50,20 mm) y el testigo (49,27 mm).

Cuadro 7. Valores de diámetros polar, ecuatorial mayor y menor de frutos de kiwi cultivar **Jintao**, en los huertos de **Malloa** y **San Fernando**, para dos temporadas de evaluación.

Huerto	Tratamiento	Diámetro polar		Diámetro ecuatorial mayor		Diámetro ecuatorial menor	
		mm					
		2020/2021	2021/2022	2020/2021	2021/2022	2020/2021	2021/2022
Malloa	M	65,77	70,41	50,81	48,81	49,29	47,23
	P	67,21	71,81	50,47	49,43	49,03	47,78
	R	67,71	71,74	50,37	50,11	49,16	48,21
	T	67,94	72,13	50,16	49,25	49,71	47,79
	<i>p-value</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
San Fernando	M	61,40 b	64,00 b	47,15 c	50,20 b	45,38 b	48,19 b
	P	65,40 a	66,69 a	49,37 ab	51,95 a	47,73 a	49,91 a
	R	65,40 a	67,02 a	49,75 a	52,38 a	47,83 a	50,12 a
	T	62,49 b	62,88 b	47,92 bc	49,27 b	45,14b	47,60 b
	<i>p-value</i>	**	***	*	***	**	***

Letras distintas en sentido vertical indican diferencias estadísticas significativas. *p*-values: *n.s.*, no significativo; * <0,05; ** <0,01; *** <0,001

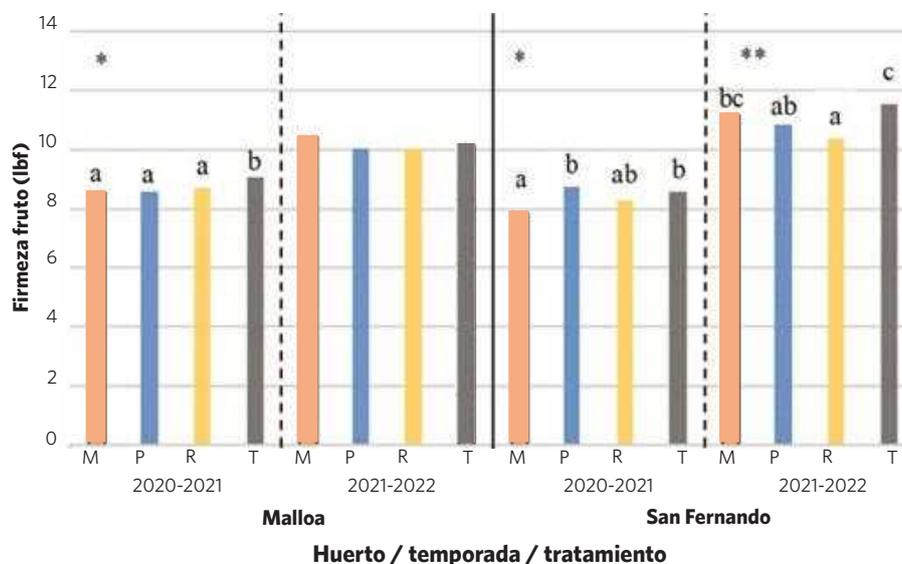
Figura 8. Firmeza de fruto (lbf) a cosecha en el cultivar **Hayward** en los huertos de **Lolol** y **Rancagua**, para dos temporadas de evaluación (**2020/2021** y **2021/2022**).



Letras distintas para un mismo huerto y temporada, indican diferencias estadísticas significativas. *p*-values: *n.s.*, no significativo; * <0,05; ** <0,01; *** <0,001.

La firmeza de frutos para el cultivar Hayward se presenta en la Figura 8. El uso de coberturas no generó diferencias en los valores de firmeza para el huerto de Lolol, en las temporadas 2020/2021 y 2021/2022. Para el huerto de Rancagua, se obtuvieron diferencias estadísticas solo en la temporada 2020/2021, donde la cobertura MN mostró una firmeza estadísticamente mayor (13,05 lbf) al tratamiento MB (11,42 lbf), siendo superior en un 14,3%. El tratamiento de cobertura MG y tratamiento testigo no se diferenciaron entre ellos, presentando valores medios de 12,5 y 12,04 lbf, respectivamente.

Figura 9. Firmeza de fruto (lbf) a cosecha en el cultivar **Jintao** en los huertos de **Malloa** y **San Fernando**, para dos temporadas de evaluación (**2020/2021** y **2021/2022**).



Letras distintas para un mismo huerto y temporada, indican diferencias estadísticas significativas. p-valores: n.s, no significativo; * <0,05.

La firmeza de fruto a cosecha en el cultivar Jintao registró diferencias solo en la temporada de evaluación 2020/2021 para el huerto de Malloa (Figura 9). El análisis mostró que los tratamientos de cobertura no se diferenciaron entre ellos, y presentaron menores valores respecto al tratamiento testigo (9,09 lbf). Por otra parte, en San Fernando, existieron diferencias estadísticas en ambas temporadas. Los mayores valores de firmeza fueron alcanzados por los tratamientos de cobertura plástica (8,72 lbf) y testigo (8,57 lbf) en la temporada 2020/2021, diferenciándose significativamente del tratamiento de cobertura malla (7,86 lbf). En tanto que, para la temporada 2021/2022, el tratamiento testigo presentó el mayor valor (11,55 lbf) y la cobertura rafia el menor (10,35 lbf).

Los parámetros de CSS (°Brix) y MS (%) mostraron diferencias en el huerto de Lolol en las dos temporadas de evaluación (Cuadro 8). La cobertura MN mostró la menor CSS en ambas

temporadas (5,94 y 5,65 °Brix, respectivamente). Los mayores valores fueron presentados por los tratamientos de MG (6,50 °Brix) y T (6,51 °Brix), en la temporada 2020/2021, mientras que en la temporada 2021/2022, correspondió al tratamiento de MB (6,34 °Brix). Para la materia seca, en la temporada 2020/2021, el tratamiento de MN presentó el menor valor (15,13 %). Los tratamientos de MB, MG y T, obtuvieron los mayores valores sin diferencias estadísticas entre ellos. El comportamiento en la temporada 2021/2022 fue distinto, y el menor valor fue registrado por los tratamientos de MG y MN, con 15,75% y 15,49%, respectivamente, y el tratamiento de MB presentó el mayor valor (16,48 %). Los parámetros de saturación y tonalidad de pulpa no presentaron diferencias significativas en ambas temporadas de evaluación (Cuadro 8).

En el huerto de Rancagua se registraron diferencias estadísticas solo para la saturación y CSS, en la temporada 2020/2021 (Cuadro 8). En saturación, los tratamientos de MB y MN presentaron los menores valores de 41,93 y 42,51 C*, respectivamente, y los tratamientos de MG y T presentaron los mayores valores (43,60 y 43,96, respectivamente). Para la CSS, el tratamiento de MG registró el menor valor (4,77 °Brix), y los tratamientos de MB, MN y T, presentaron los mayores valores sin diferencias estadísticas entre ellos.

Cuadro 8. Valores de saturación, tonalidad, CSS y Materia Seca de frutos de kiwi cultivar **Hayward**, en los huertos de **Lolol** y **Rancagua**, para dos temporadas de evaluación.

Huerto	Tratamiento	Saturación		Tonalidad		CSS		MS	
		C*		h°		°Brix		%	
		2020/2021	2021/2022	2020/2021	2021/2022	2020/2021	2021/2022	2020/2021	2021/2022
Lolol	MB	41,87	42,50	115,55	116,61	6,31 ab	6,34 c	15,93 b	16,48 b
	MG	41,22	43,00	115,38	116,66	6,50 b	6,04 bc	16,35 b	15,75 a
	MN	42,04	43,09	115,67	116,64	5,94 a	5,65 a	15,13 a	15,49 a
	T	42,26	43,21	115,55	116,74	6,51 b	5,83 ab	16,49 b	15,98 ab
	signif.	n.s	n.s	n.s	n.s.	*	**	**	*
Rancagua	MB	41,93 a	43,17	115,37	115,94	5,13 b	5,69	13,87	14,28
	MG	43,60 b	43,84	115,39	116,23	4,77 a	5,61	13,80	14,33
	MN	42,51 a	43,33	115,56	116,03	5,02 b	5,60	14,38	14,18
	T	43,96 b	43,11	115,62	115,87	5,02 b	5,85	14,02	14,44
	signif.	***	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.

Letras distintas en sentido vertical indican diferencias estadísticas significativas. p-values: n.s, no significativo; * <0,05; ** <0,01; *** <0,001

El análisis para el cultivar Jintao mostró diferencias significativas en el huerto de Malloa, para ambas temporadas de evaluación en saturación (C*) y CSS (°Brix) (Cuadro 9). El comportamiento en saturación fue el mismo en las dos temporadas, donde los tratamientos P y R obtuvieron los valores más bajos, y los tratamientos de M y T los mayores valores. El parámetro de CSS

presentó un patrón diferente entre temporadas. En la temporada 2020/2021 los tratamientos P y T mostraron los valores más bajos de 8,51 y 8,61 °Brix, respectivamente. El mayor valor lo registró el tratamiento R (9,20 °Brix). Sin embargo, en la temporada 2021/2022 el tratamiento R presentó el menor valor (9,64 °Brix) junto con el tratamiento M (9,38 °Brix), mientras que el tratamiento T presentó el mayor valor (10,35 °Brix).

En San Fernando se registraron diferencias en las variables de saturación, tonalidad y MS en la temporada 2021/2022, mientras que sólo en la CSS para la temporada 2020/2021 (Cuadro 9). En saturación, los tratamientos P y R, presentaron los menores valores (41,25 y 40,82 C*, respectivamente), mientras que los tratamientos de M y T los mayores valores (43,20 y 43,84 C*, respectivamente). En tonalidad se observó que solo el tratamiento P presentó el menor valor (104,85 h°), mientras que entre los tratamientos de M, P y T no existieron diferencias estadísticas. Respecto a la variable de MS en la temporada 2021/2022 el tratamiento R presentó el menor valor (18,04), y el tratamiento P el mayor valor (19,76 %), mientras que los tratamientos M y T registraron valores intermedios de MS sin diferencias significativas entre ellos. Por último, para CSS los tratamientos de M y P, obtuvieron los menores valores en la temporada 2020/2021, y el tratamiento R presentó el mayor valor (10,70 °Brix). El tratamiento T presentó un comportamiento intermedio sin diferencias significativas con los tratamientos de coberturas.

Cuadro 9. Valores de saturación, tonalidad, CSS y Materia Seca de frutos de kiwi cultivar **Jintao**, en los huertos de **Malloa** y **San Fernando**, para dos temporadas de evaluación.

Huerto	Tratamiento	Saturación		Tonalidad		CSS		MS	
		C*		h°		°Brix		%	
		2020/2021	2021/2022	2020/2021	2021/2022	2020/2021	2021/2022	2020/2021	2021/2022
Malloa	M	37,73 b	39,83 b	105,97	107,00	8,89 ab	9,38 a	18,39	18,40
	P	36,09 a	38,45 a	105,52	106,34	8,51 a	9,66 ab	17,98	18,47
	R	36,16 a	38,01 a	105,07	106,08	9,20 b	9,64 a	17,86	18,44
	T	38,64 b	39,75 b	105,92	105,89	8,61 a	10,35 b	18,03	18,82
	<i>signif.</i>	***	**	<i>n.s</i>	<i>n.s</i>	*	*	<i>n.s</i>	<i>n.s</i>
San Fernando	M	39,37	43,20 b	106,79	106,38 b	9,44 a	11,64	17,05	18,97 ab
	P	39,28	41,25 a	105,80	104,85 a	9,69 a	11,70	16,96	19,76 b
	R	39,87	40,82 a	105,84	106,63 b	10,70 b	11,40	16,97	18,04 a
	T	40,44	43,44 b	106,82	107,25 b	9,93 ab	11,70	16,63	18,99 ab
	<i>signif.</i>	<i>n.s</i>	***	<i>n.s</i>	*	*	<i>n.s</i>	<i>n.s</i>	*

Letras distintas en sentido vertical indican diferencias estadísticas significativas. p-values: *n.s*, no significativo; * <0,05; ** <0,01; *** <0,001

Conclusiones

El uso de sistemas coberturas determinó un efecto positivo en el tamaño de las plantas. En esta investigación se encontraron diferencias en el tamaño de la planta evaluado como fracción de radiación interceptada (PAR_i), donde ambos cultivares protegidos con coberturas presentaron mayor PAR_i que el testigo.

Considerando que los sistemas de coberturas se mantuvieron en forma permanente desde su instalación en agosto 2019, no se observaron cambios en la producción evaluada como número de frutos y peso total de frutos por planta. Una mayor eficiencia productiva se destaca en 'Jintao' bajo cobertura, pero no así para 'Hayward' protegido con mallas.

Por otro lado, si bien no fueron resultados consistentes dado las condiciones de manejo, climáticas y sanitarias, se encontró un efecto positivo de la malla blanca en 'Hayward' y rafia y plástico en 'Jintao' en el calibre de los frutos.

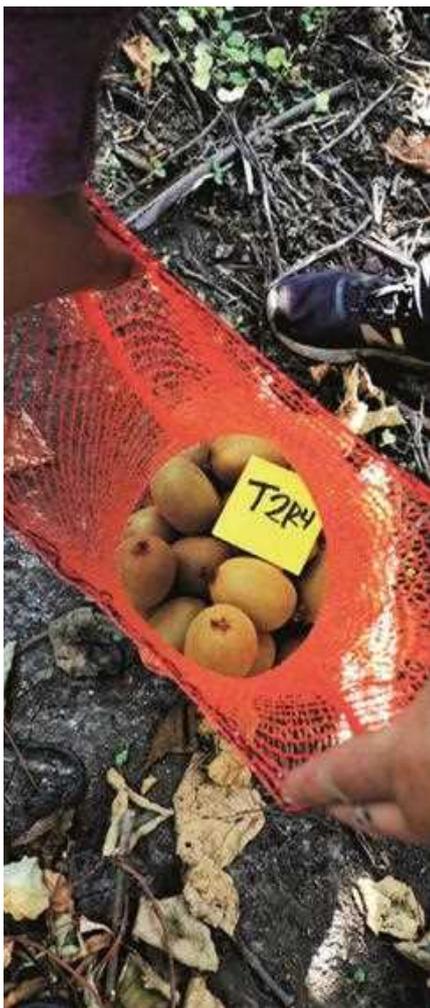
En cuanto a calidad, la menor firmeza de la pulpa y el mayor CSS pueden ser un indicativo de una maduración más temprana de los frutos bajo coberturas, lo cual podría ser de interés para acortar el ciclo productivo en kiwi.

Literatura citada

Chiabrando, V. & Giacalone, G. (2018). Kiwifruit under plastic covering: impact on fruit quality and on orchard microclimate. *Journal of Food, Nutrition and Agriculture*, 1, 1-6. <https://doi.org/10.21839/jfna.v1i1.113>

Mesa, K., Olguín, J., Guerrero, C. & Pinto, C. (2022). Preliminary impact of cover protection systems in kiwifruit cultivars in the Central Valley of Chile. *Acta Horticulturae*, 1332, 239-244. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1332.32>

Shahak, Y., Gussakovsky, E.E, Gal, E. & Ganelevin, R. (2004). ColorNets: Crop protection and light-quality in one technology. *Acta Horticulturae*, 659, 143-151 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.659.17>







7. CALIDAD Y CONDICIÓN DE FRUTOS EN POSCOSECHA

 Karen Mesa, Catalina Pinto y Set Pérez Fuentealba

El kiwi es cada vez más popular en todo el mundo debido a su sabor y alto contenido de vitamina C, sin embargo, los parámetros de calidad pueden variar entre los cultivares y por los manejos agronómicos. En particular el uso de coberturas fotoselectivas representa uno de los sistemas más eficaces para proteger los frutales y viñedos de eventos meteorológicos extremos, pero las características del material de cobertura, el color y el tamaño pueden tener un efecto en la calidad y condición de los frutos en poscosecha (Selahle et al., 2021; Grasso et al., 2022).

De acuerdo al manual de poscosecha y calidad del kiwi chileno (Comité del Kiwi, 2010), se requiere cumplir con estándares mínimos de madurez. En general, no es aconsejable anticipar demasiado la cosecha, ya que la calidad que la fruta presente al momento de su comercialización y la duración en almacenaje dependen, en gran medida, del estado de madurez con que fue cosechada (Godoy et al., 2010). Los frutos de kiwi cosechados con baja concentración de sólidos solubles y materia seca no se ablandan normalmente y no alcanzan un nivel de sólidos solubles tan elevado como los frutos cosechados con una madurez apropiada, ni desarrollan un buen sabor después del almacenamiento (Given, 1993; Godoy et al., 2010). Adicionalmente, los kiwis son susceptibles a sufrir deformaciones después de la cosecha causadas por una serie de hongos patógenos, como *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum*, *Alternaria alternata*, *Botryosphaeria dothidea* y *Diaporthe spp.* Entre estos patógenos, *B. cinerea* es el más frecuente y devastador. Las infecciones por estos hongos patógenos provocan un deterioro de la calidad de la fruta y una reducción del rendimiento comercial (Dai et al., 2021).

En este capítulo exploramos si las coberturas evaluadas en condiciones agroclimáticas de la Región de O'Higgins presentan efectos en la calidad y condición de los frutos de kiwi en poscosecha.

Metodología

Las evaluaciones de calidad y condición de fruta en poscosecha se realizaron durante la segunda temporada de la investigación (2020/2021) en el cultivar Jintao proveniente de los huertos

localizados en las comunas de Malloa y San Fernando, y en el cultivar Hayward del huerto de Lolol. Los períodos de almacenamiento en cámara de frío convencional (0°C), correspondieron a 45, 60 y 90 días posteriores a cosecha. Además, para cada salida de frío se aplicaron dos momentos de *shelf life* o vida en el anaquel, con el objetivo de simular las condiciones de venta de la fruta en supermercado, de 4 y 8 días a temperatura ambiente (20°C).

La fruta utilizada fue recolectada al momento de cosecha comercial de cada uno de los huertos. Posteriormente, se efectuó el proceso de curado durante 24 horas en dependencias del Campus Colchagua de la Universidad de O'Higgins y el embalaje en forma comercial. Se asignaron 10 frutos (Malloa y Lolol) y 12 frutos (San Fernando) por cada caja, disponiendo de tres réplicas técnicas por tratamiento (testigo y coberturas) y combinación de las tres salidas de almacenaje más dos tiempos de *shelf life* (4 y 8 días).

Evaluación de calidad a salida de frío y tiempos de shelf life

Las evaluaciones de calidad correspondieron a los mismos parámetros no destructivos y destructivos descritos anteriormente en el Capítulo 6 de este ejemplar. Por consiguiente, peso de fruto (g), diámetros polar, ecuatorial mayor y menor (mm), componentes del color de pulpa (tonalidad y saturación), firmeza de la pulpa (lbf), concentración de sólidos solubles (CSS, °Brix), acidez titulable (AT, g ácido cítrico/100 mL) y porcentaje de materia seca (MS) fueron determinados en cada salida de frío y tiempos de *shelf life*.

Evaluación de la condición posterior a las salidas de frío

Durante la temporada 2020/2021, se evaluó el efecto de las coberturas foselectivas sobre la presencia de hongos de poscosecha asociados a kiwi cv. Jintao cosechados en los huertos de Malloa y San Fernando. Las evaluaciones de condición se realizaron solo para las tres salidas de frío (45, 60 y 90 días).

Mediante análisis visual, se registró la incidencia de hongos totales como porcentaje (%); se consideraron como frutos infectados aquellos que mostraron evidencias de podredumbre blanda o seca, y/o con signos de hongos (Figura 1). Por otra parte, la identificación de hongos fue determinada por sus características morfométricas desarrolladas en medio de cultivo APD acidificado, utilizando lupa estereoscópica y microscopio óptico y claves taxonómicas para clasificación de los aislados a nivel de género.

Figura 1. Presencia de signos de **hongos de poscosecha** en la zona peduncular del kiwi.



Resultados

Calidad en cada salida de frío

El análisis de calidad no destructivo para el cultivar Jintao en el huerto de Malloa en los tres períodos de almacenaje se presenta en el Cuadro 1. Los resultados mostraron diferencias estadísticas solo en la salida de 90 días para las variables de diámetro polar y ecuatorial menor (mm), donde se observaron frutos más grandes en la muestra obtenida del tratamiento testigo. Para el huerto de San Fernando (datos no mostrados) no se presentaron diferencias en tamaño de fruto entre los tratamientos analizados en la salida de 45, pero sí para las salidas de 60 y 90 días. Estas diferencias se encontraron solo en el diámetro ecuatorial menor (mm). Así, los frutos de la muestra proveniente de las plantas bajo cobertura rafia destacó por presentar valores mayores en comparación de los otros tratamientos.

Cuadro 1. Caracterización de calidad no destructiva de kiwi amarillo 'Jintao', posterior a 45, 60 y 90 días de almacenaje, en el **huerto de Malloa** durante la temporada **2020/2021**.

Período de almacenaje	Tratamiento	Peso de fruto	Diámetro polar	Diámetro Ecuatorial mayor	Diámetro Ecuatorial menor
		g	mm		
45	Malla	130,3	74,9	54,4	52,6
	Plástico	122,0	74,2	52,6	51,3
	Rafia	116,9	72,8	52,3	50,7
	Testigo	123,8	74,5	58,3	51,8
	<i>p-value</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
60	Malla	124,3	76,2	53,1	51,5
	Plástico	119,8	74,3	52,4	51,1
	Rafia	118,9	73,8	52,2	50,8
	Testigo	121,2	75,7	52,6	51,1
	<i>p-value</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
90	Malla	119,3	72,1 ab	53,0	51,2 ab
	Plástico	113,8	71,5 b	51,9	50,1 b
	Rafia	116,5	73,6 ab	51,8	50,2 b
	Testigo	125,2	74,7 a	53,7	51,9 a
	<i>p-value</i>	<i>n.s.</i>	*	<i>n.s.</i>	*

Valores promedio n=20. Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) según Prueba de LSD. *, **, ***, **** Nivel de significancia con un $p \leq 0,05$; 0,01; 0,001; 0,0001, respectivamente, correspondiendo ns= no significativo.

En el Cuadro 2 se muestra el resultado de la evaluación de parámetros destructivos correspondientes a CSS, firmeza de la pulpa y MS en frutos provenientes del huerto de Malloa. Cabe señalar que en las salidas de 45 y 60 días poscosecha se determinó un efecto significativo de los tratamientos de coberturas. A 45 días de almacenaje, la firmeza de la pulpa presentó diferencias significativas, donde el testigo es quien presenta el menor valor promedio (4,57 lbf), en comparación con las coberturas que alcanzaron valores cercanos a 5,89 lbf. Respecto a la salida de 60 días, se identificaron diferencias en los parámetros de CSS y MS. Los frutos bajo malla blanca destacaron por el mayor CSS (14,43 °Brix) y MS (19,45 %). Por otra parte, el testigo evidenció la menor CSS (13,70 °Brix), y los tratamientos de cobertura plástica y rafia tuvieron un comportamiento intermedio con un valor promedio de 14,05 °Brix. En el caso de la MS, los menores porcentajes fueron obtenidos en la cobertura rafia (17,61%) y el testigo (18,20%).

Cuadro 2. Parámetros de calidad destructiva para las tres salidas de almacenaje refrigerado en fruto de kiwi amarillo 'Jintao', provenientes del **huerto de Malloa, temporada 2020/2021.**

Período de almacenaje	Tratamiento	CSS	Firmeza	MS
		°Brix	lbf	%
45	Malla	13,16	5,80 b	18,84
	Plástico	13,37	5,93 b	18,30
	Rafia	13,03	5,95 b	17,95
	Testigo	13,63	4,57 a	17,54
	<i>p-value</i>	<i>n.s.</i>	***	<i>n.s.</i>
60	Malla	14,43 c	5,77	19,45 c
	Plástico	14,05 b	5,11	18,67 bc
	Rafia	14,05 b	5,14	17,61 a
	Testigo	13,70 a	4,85	18,20 ab
	<i>p-value</i>	**	<i>n.s.</i>	**
90	Malla	15,04	3,85	17,77
	Plástico	14,51	3,78	18,51
	Rafia	14,33	3,88	18,5
	Testigo	14,79	4,45	18,4
	<i>p-value</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

Valores promedio n=20. Letras distintas en la vertical indican diferencias significativas según Prueba de LSD. ($p \leq 0,05$). *, **, ***, **** Nivel de significancia con un $p \leq 0,05$; 0,01; 0,001; 0,0001, respectivamente, correspondiendo ns= no significativo.

Asimismo, en el Cuadro 3 se presentan los resultados para el huerto de San Fernando, donde se obtuvieron diferencias significativas coincidentemente solo en las salidas de 45 y 60 días poscosecha. En cambio, a 90 días de almacenaje no se evidencia efecto de las coberturas en los parámetros de madurez de los frutos evaluados. Es preciso señalar que a los 45 días se detectaron diferencias en firmeza de la pulpa (lbf) y MS. En efecto, la cobertura plástica presentó el menor valor, correspondiente a 4,68 lbf, mientras que las otras coberturas (malla y rafia), junto con el testigo no se diferenciaron entre sí. Respecto a la MS, los frutos provenientes del tratamiento bajo malla presentaron el mayor porcentaje (21,04%). El resto de los tratamientos presentaron valores promedio de MS entre 16-17%. Finalmente, para los 60 días de almacenamiento se observó que los frutos bajo cobertura presentaron mayor CSS a diferencia del testigo.

Cuadro 3. Parámetros de calidad destructiva para las tres salidas de almacenaje refrigerado en fruto de kiwi amarillo 'Jintao', provenientes del **huerto de San Fernando**, temporada **2020/2021**.

Período de almacenaje	Tratamiento	CSS	Firmeza	MS
		°Brix	lbf	%
45	Malla	13,76	6,01 b	21,04 b
	Plástico	13,69	4,68 a	16,61 a
	Rafia	13,18	6,30 b	17,62 a
	Testigo	13,26	6,43 b	17,56 a
	<i>p-value</i>	<i>n.s.</i>	*	***
60	Malla	14,35 b	6,67	18,05
	Plástico	14,47 b	6,05	18,11
	Rafia	14,34 b	5,36	17,98
	Testigo	13,67 a	5,00	16,89
	<i>p-value</i>	**	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
90	Malla	14,73	2,73	17,02
	Plástico	14,61	3,58	17,54
	Rafia	14,75	2,70	16,30
	Testigo	14,22	3,01	17,01
	<i>p-value</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

Valores promedio n=20. Letras distintas en la vertical indican diferencias significativas según Prueba de LSD. ($p \leq 0,05$). *, **, ***, **** Nivel de significancia con un $p \leq 0,05$; 0,01; 0,001; 0,0001, respectivamente, correspondiendo ns= no significativo.

El análisis para el cultivar Hayward a las salidas de los tres períodos de almacenaje se presentan en el Cuadro 4. En general, existieron diferencias estadísticas a 45, 60 y 90 días de poscosecha, para algunos de los parámetros evaluados. Es necesario mencionar que en poscosecha no existe una mejora de los atributos físicos, es decir, la calidad y condición a cosecha se mantienen en poscosecha (Mahajan et al., 2014) Entonces, las características que se describen responden a la situación inicial del material obtenido a cosecha. Así, diferencias en el peso de fruto (g) encontramos a 60 y 90 días, donde para ambas fechas es la cobertura MB la que presenta los mayores valores, 102,96 g y 107,96 g, respectivamente, diferenciándose del testigo a los 60 días, y de las coberturas de MG, MN y testigo a 90 días. Consecuentemente, esto está en concordancia con los resultados reportados a cosecha para la temporada 2020/2021, y de distribución de calibre, donde la MB destaca por mayor peso de fruto y porcentaje de frutos en el calibre 27 (ver Capítulo 6). En cuanto a los diámetros, existen diferencias significativas entre

tratamientos. La MB obtiene el mayor valor, en directa relación al peso de fruto. En el último periodo de almacenaje, el testigo, MB y MN presentan diámetros ecuatoriales inferiores.

Cuadro 4. Caracterización de calidad no destructiva de kiwi verde 'Hayward', posterior a 45, 60 y 90 días de almacenaje, para el **huerto de Lolol**, durante la temporada **2020/2021**.

Período de almacenaje	Tratamiento	Peso de fruto	Diámetro polar	Diámetro Ecuatorial mayor	Diámetro Ecuatorial menor
		g		mm	
45	Malla blanca	106,11	68,37	56,13 b	49,92 b
	Malla gris	92,18	62,10	52,15 a	47,11 a
	Malla negra	99,96	66,53	53,38 a	48,62 ab
	Testigo	98,55	66,02	54,56 ab	46,92 a
	<i>p-value</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	*	***
60	Malla blanca	102,96 b	64,74	54,74	48,70
	Malla gris	93,65 ab	62,08	54,55	48,22
	Malla negra	97,53 ab	65,38	53,40	47,91
	Testigo	89,06 a	63,00	52,44	46,89
	<i>p-value</i>	*	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
90	Malla blanca	107,69 b	67,67 b	55,55 b	49,79 b
	Malla gris	91,49 a	64,05 a	52,13 a	47,34 a
	Malla negra	96,91 a	66,60 ab	53,50 ab	47,05 a
	Testigo	96,17 a	65,22 ab	54,59 b	46,60 a
	<i>p-value</i>	**	*	*	**

Valores promedio n=20. Letras distintas en la vertical indican diferencias significativas según Prueba de LSD. ($p \leq 0,05$). *, **, ***, **** Nivel de significancia con un $p \leq 0,05$; 0,01; 0,001; 0,0001, respectivamente, correspondiendo ns= no significativo.

De los parámetros destructivos en el cultivar Hayward se evaluó la firmeza de la pulpa (Cuadro 5), en los tres periodos de almacenaje en frío, y se obtuvieron diferencias estadísticas en las salidas de 60 y 90 días. El comportamiento mostró que la cobertura MN presentó la menor firmeza de 3,21 y 3,46 lbf, respectivamente. En la salida de 60 días no se identificaron diferencias entre las coberturas MB, MG y el tratamiento testigo, mientras que, para la salida de 90 días, es el tratamiento MB el que alcanza la mayor firmeza (4,44 lbf). Respecto de las variables CSS y MS, para las salidas de 60 y 90 días, no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. En tanto que, a los 45 días poscosecha, el tratamiento de cobertura MG evidenció mayor CSS (13,59 °Brix), y MS (17,40%), respecto a los tratamientos de cobertura MB y MN, y testigo (Cuadro 5).

Cuadro 5. Parámetros de calidad destructiva para las tres salidas de almacenaje refrigerado en fruto de kiwi verde 'Hayward', provenientes del **huerto de Lolol**, temporada **2020/2021**.

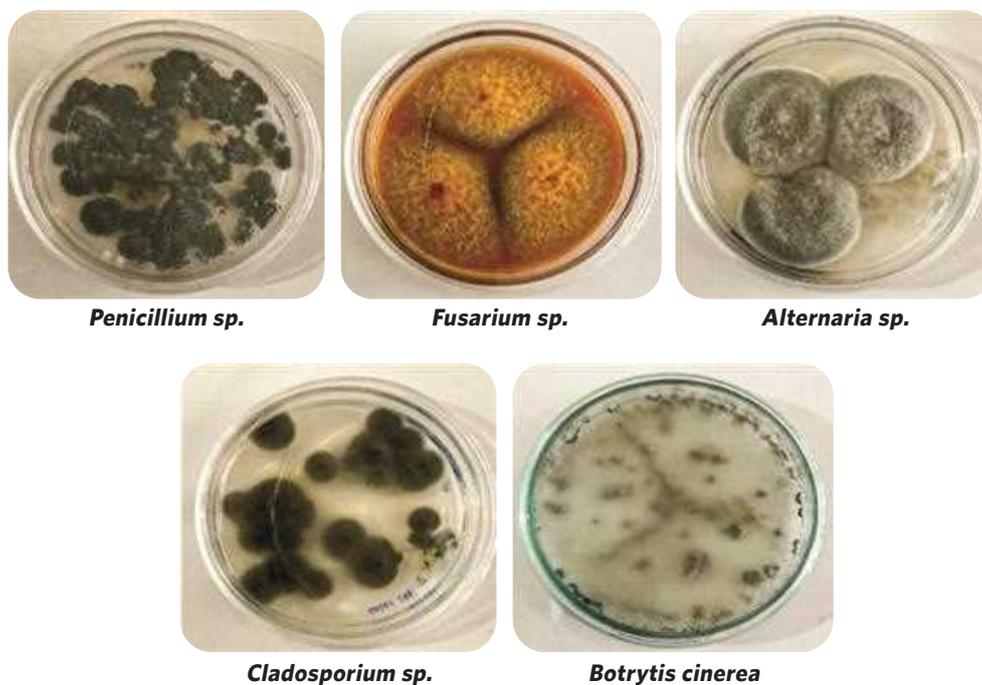
Período de almacenaje	Tratamiento	CSS	Firmeza	MS
		°Brix	lbf	%
45	malla blanca	12,81 a	5,61	16,58 a
	malla gris	13,59 b	4,82	17,40 b
	malla negra	12,39 a	5,54	16,32 a
	Testigo	12,76 a	5,45	16,63 a
	<i>p-value</i>	***	<i>n.s.</i>	*
60	malla blanca	13,49	3,98 b	16,22
	malla gris	13,27	4,61 b	16,21
	malla negra	13,69	3,21 a	16,62
	Testigo	13,58	4,36 b	16,95
	<i>p-value</i>	<i>n.s.</i>	**	<i>n.s.</i>
90	malla blanca	13,44	4,44 c	16,61
	malla gris	13,30	4,38 bc	16,28
	malla negra	13,36	3,46 a	16,52
	Testigo	13,42	3,72 ab	16,35
	<i>p-value</i>	<i>n.s.</i>	*	<i>n.s.</i>

Valores promedio n=20. Letras distintas en la vertical indican diferencias significativas según Prueba de LSD. ($p \leq 0,05$). *, **, ***, **** Nivel de significancia con un $p \leq 0,05$; 0,01; 0,001; 0,0001, respectivamente, correspondiendo ns= no significativo.

Condición de la fruta a salida de frío

En general, en ambos huertos evaluados la incidencia promedio de hongos se incrementó proporcionalmente con el tiempo de almacenaje en frío por 45, 60 y 90 días. Por otra parte, se deja en evidencia que frecuentemente se realizaron aislamientos desde signos del hongo (micelio) desde la zona peduncular, y en menor proporción desde kiwi con pudrición; es así, que se lograron identificar por sus características morfométricas a nivel de género los siguientes hongos: *Penicillium sp.*, *Fusarium sp.*, *Botrytis cinerea*, *Alternaria sp.* y *Cladosporium sp.* (Figura 2).

Figura 2. Tipos de hongos de poscosecha aislados desde kiwi cultivar Jintao.



Para kiwis del huerto de Malloa con el cultivar Jintao, se observó una relación directa del tiempo de almacenamiento con la incidencia de hongos que causan pérdida de condición de fruta en poscosecha (Cuadro 6). Para el caso del almacenaje de 45 y 60 días no se establecieron diferencias significativas entre los tratamientos, ni entre estos y el testigo. Contrariamente, para el periodo de almacenaje de 90 días, el tratamiento plástico mostró menor incidencia de hongos totales. Para el caso de fruta cultivar Jintao proveniente del huerto de San Fernando, los tratamientos no difirieron significativamente entre ellos, ni estos con el testigo. Se observó para todos los tratamientos, una relación directa del tiempo de almacenamiento con la incidencia de hongos de poscosecha (Cuadro 7). Cabe destacar el gran porcentaje de incidencia en el testigo, lo que es indicativo de una alta carga de inóculo que se encuentra en el huerto.

Cuadro 6. Incidencia promedio (%) de hongos totales en kiwi en **huerto de Malloa**, según tiempo de almacenaje en frío.

TRATAMIENTOS	Período de almacenaje		
	45 días	60 días	90 días
Testigo	26,7	46,7	70,0 b
Plástico	20,0	46,6	46,6 a
Rafia	23,3	53,3	73,3 b
Malla blanca	33,3 ns	46,6 ns	73,3 b

Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre los tratamientos según Prueba de Tukey. Nivel de significancia: $p \leq 0,05$. ns: no significativo.

Cuadro 7. Incidencia promedio (%) de hongos totales en kiwi en **huerto de San Fernando**, según tiempo de almacenaje en frío.

TRATAMIENTOS	Período de almacenaje		
	45 días	60 días	90 días
Testigo	41,7	66,7	87,5
Plástico	43,7	50,0	81,2
Rafia	29,2	35,4	70,8
Malla blanca	25,0 ns	37,5 ns	83,3 ns

Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre los tratamientos según Prueba de Tukey. Nivel de significancia: $p \leq 0,05$. ns: no significativo.

Conclusiones

El estudio preliminar de calidad de los cultivares Hayward y Jintao bajo coberturas confirma que existe influencia en el tamaño de los frutos de las muestras seleccionadas para almacenaje en frío. En cuanto a las diferencias evidenciadas en los parámetros de firmeza de pulpa, CSS y MS, pareciera que es posible asumir cambios en el nivel de madurez de los frutos provenientes de los tratamientos de cobertura, los que son mantenidos en poscosecha.

Se detectaron cinco géneros fungosos asociados a kiwi 'Jintao' procedentes de Malloa y San Fernando. A través de las características morfológicas se lograron identificar a nivel de género los hongos: *Penicillium sp.*, *Fusarium sp.*, *Botrytis cinerea*, *Alternaria sp.* y *Cladosporium sp.* Se observó para fruta de ambos huertos, un incremento de la incidencia promedio de hongos que fue directamente proporcional al tiempo de almacenaje en frío por 45, 60 y 90 días. Por otra parte, se constató que con mayor frecuencia los signos de hongos se encontraban asociados a la zona peduncular del kiwi. Según los resultados obtenidos, es posible inferir que ambos campos poseen una alta carga de inóculo por hongos de poscosecha, por lo que se recomienda verificar la eficacia de los productos fitosanitarios.

Literatura citada

Comité del Kiwi. (2010). Manual de poscosecha y calidad del kiwi chileno. 100p.

Dai, Y., Wang, Z., Leng, J., Sui, Y., Jiang, M., Wisniewski, M., Liu, J. & Wang, Q. (2021). Eco-friendly management of postharvest fungal decays in kiwifruit. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-12. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1926908>

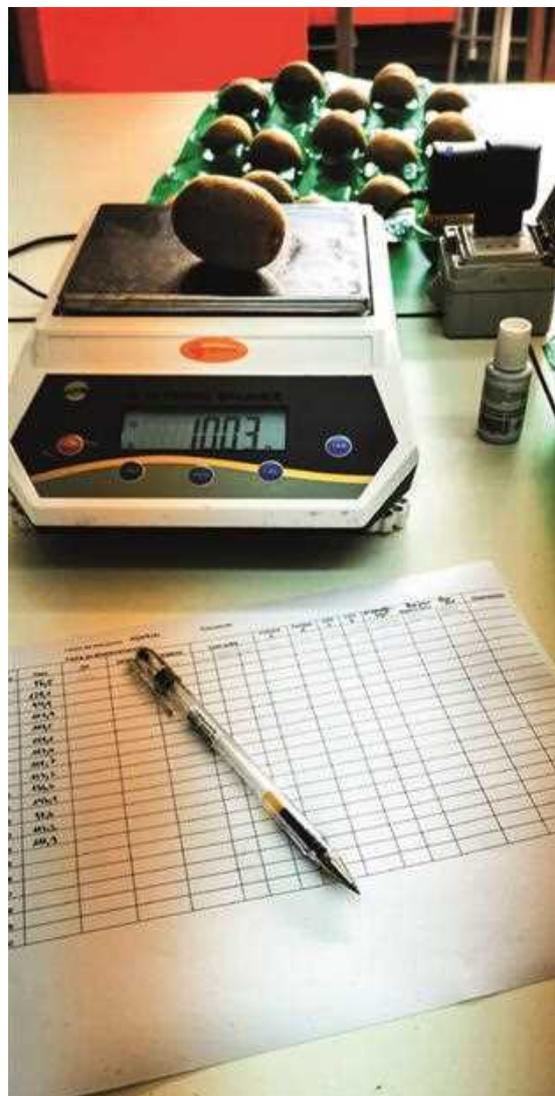
Grasso, C., Forniti, R. & Botondi, R. (2022). Post-Harvest quality evaluation of "Soreli" kiwifruit at two ripening °Brix values from vineyards of different age under hail nets. *Foods*, 11, 431. <https://doi.org/10.3390/foods11030431>

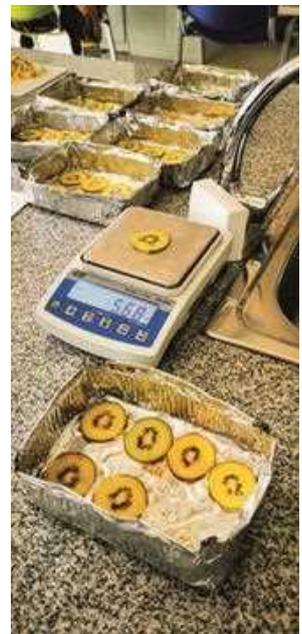
Given, N.K. (1993). Kiwifruit. In: Seymour, G. B., Taylor, J.E. & Tucker, G.A (Eds.). *Biochemistry of fruit ripening*, Chapman & Hall, p. 235-254.

Godoy, C., Domé, C. & Monti, C. (2010). Determinación de índices de cosecha y calidad en kiwi en el sudeste bonaerense (Argentina). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 42(1), 53-72.

Mahajan, P.V., Caleb, O.J., Singh, Z., Watkins, C.B. & Geyer, M. (2014). Postharvest treatments of fresh produce. *Philosophical Transaction of the Royal Society. A* 372: 20130309. <https://doi.org/10.1098/rsta.2013.0309>

Selahle, M.K., Sivakumar, D. & Soundy, P. (2014). Effect of photo-selective nettings on post-harvest quality and bioactive compounds in selected tomato cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(11), 2187-95. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6536>







8. CANCRO BACTERIANO DEL KIWI

 Set Pérez Fuentealba y Enrico Biondi

El fruto de kiwi presenta una gran popularidad en el mercado, no obstante, gran parte de los productores han decidido arrancar sus huertos y replantar con otra especie, esto debido a la merma que se ha generado en las producciones como consecuencia de la incidencia del cancro bacteriano, provocado por la bacteria *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*. La rápida propagación de Psa, la susceptibilidad de los cultivares de kiwi, más las condiciones ambientales predisponentes en campo han requerido de mayores esfuerzos de los actores de esta industria.

El cancro bacteriano del kiwi, es considerada la más grave y destructiva enfermedad de esta especie frutal (Chiabrando y Giacalone, 2018). La sintomatología típica generada por la bacteria en las plantas de *Actinidia* se caracteriza por manchas necróticas rodeadas por un halo clorótico, canchros y presencia de exudados en tronco y sarmientos de tonalidades blanquecinas y anaranjadas-rojizas, muerte regresiva de brotes y, en casos de infección severa, muerte prematura de la planta. El biovar 1 de Psa (Psa 1) fue reportado por primera vez en el año 1989 en Japón, en plantaciones de kiwi del cultivar Hayward (Hee Kim et al., 2017). Posteriormente, el biovar 3 de Psa se diseminó rápidamente por el mundo, con detección en Chile en el año 2010 desde material vegetal de propagación y polen importado (Biondi et al., 2012; Donati et al., 2014).

El cancro bacteriano del kiwi hasta el pasado 31 de mayo del 2020, fue considerado como una enfermedad cuarentenaria bajo control oficial por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), debido a su gran incidencia y severidad en los huertos de kiwi, registrándose 333 de estos positivos a Psa; 28% de las plantaciones afectadas se reportaron en la región de O'Higgins (SAG, 2020). Luego de 10 años de convivencia y un minucioso trabajo dedicado a la contención del fitopatógeno en los huertos de kiwi, el SAG cambió el status del cancro bacteriano a una enfermedad relevante presente en el país (Comité del Kiwi, 2020).

Otro factor a considerar en la salud de las plantas es el cambio climático, el que incide sobre las modificaciones en oscilación térmica, el nivel de humedad relativa ambiental y en la ocurrencia de eventos climáticos que son perjudiciales para la plantación (lluvias ocasionales, granizo y ráfagas de viento) (Black et al., 2015). La implementación de coberturas foselectivas en campo, es una medida de protección física para el cultivo ante diferentes condiciones climáticas y eventos meteorológicos, tales como: lluvias ocasionales, fuertes ráfagas de viento, granizo, radiación excesiva y temperatura extrema que puedan ser perjudiciales para la plantación. El uso de esta tecnología según reportan Chiabrando y Giacalone (2018), limita la incidencia de Psa debido al incremento de la temperatura en el entorno del cultivo y disminuye el porcentaje de humedad relativa ambiental, lo que permite mantener la canopia seca. Asimismo, otros estudios (Saavedra et al., 2018; Black et al., 2015) plantean que esta tecnología produce un microclima en el huerto que es beneficioso para las plantas y perjudicial para la bacteria; esta condición contribuiría al bienestar de las plantas y consecuentemente al aumento de la productividad en los huertos de kiwi.

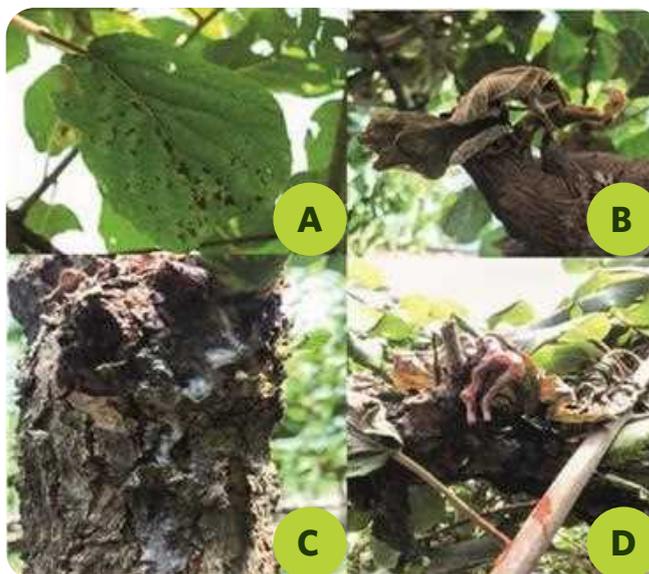
Metodología

La investigación se llevó a cabo durante los años 2020, 2021 y 2022 en cuatro huertos de kiwi con coberturas foselectivas. Los antecedentes sobre las características de los huertos y en especial de la condición fitosanitaria de estos, se exponen a continuación.

Cuadro 1. Antecedentes de los **huertos de kiwi en estudio.**

Localidad	Coordenadas	Cultivar	Año plantación	Condición fitosanitaria a Psa
Rancagua	(34°06' 55.77"S, 70°42' 50.11"O)	Hayward	1999	Positivo
San Fernando	(34°35' 49.03"S, 70°57' 03.80"O)	Jintao	2008	Positivo
Malloa	(34°25' 32.90"S, 70°56' 11.34"O)	Jintao	2017	Negativo
Lolol	(34°42' 53.81"S, 71°35' 28.87"O)	Hayward	2007	Negativo

Figura 1. Sintomatología característica de *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* en plantas de kiwi. (a) manchas necróticas poligonales en hoja rodeadas por un halo clorótico, (b) muerte regresiva de brotes y (c y d) exudado blanquecino y anaranjado-rojizo en tronco.



Determinación de prevalencia del cancro bacteriano del kiwi

Durante la temporada 2020/2021 se realizaron tres monitoreos en un periodo entre diciembre y febrero. Se cuantificaron los síntomas relacionados con la presencia de Psa, tales como muerte regresiva de brotes, manchas necróticas poligonales en hojas rodeadas por un halo clorótico, canchros y presencia de exudado rojizo en tronco y/o sarmientos. La evaluación de incidencia en las plantas de kiwi se realizó otorgando valores de 0 y 1; donde "0" corresponde a una planta sin síntomas, mientras que "1" es indicativo de presencia de síntomas atribuibles a Psa. La severidad de los síntomas fue cuantificada mediante una escala de notas de 0 al 4 (Cuadro 2), reportada por Sepúlveda y Soto (2014) con algunas modificaciones.

Cuadro 2. Escala de severidad empleada para evaluar el nivel de avance de los síntomas asociados a *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* en hojas de kiwi.

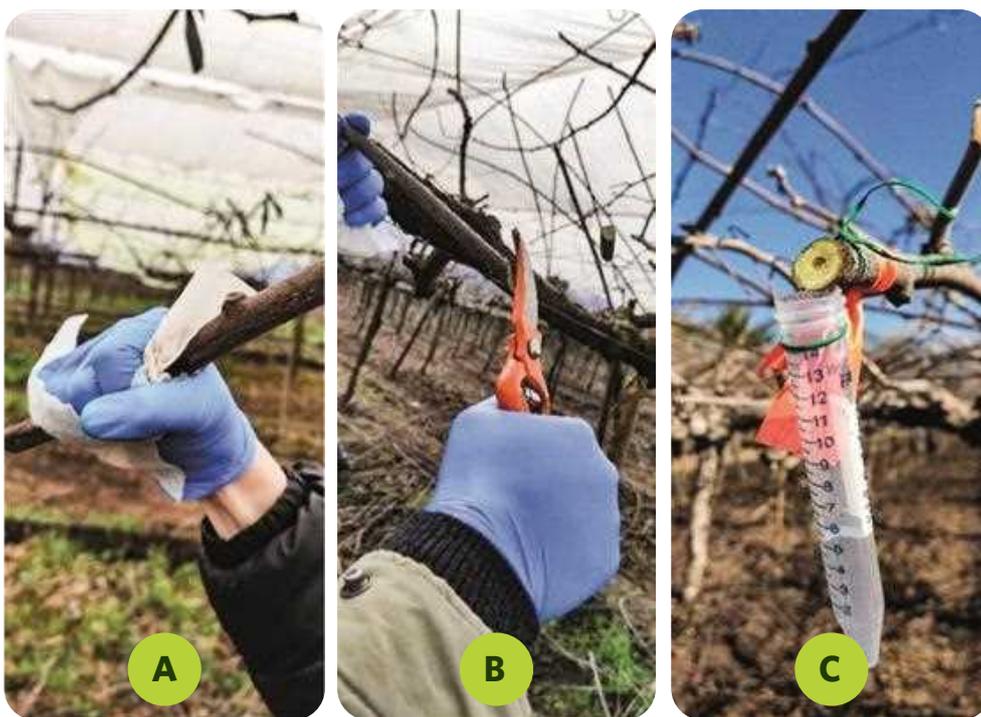
Nota	Descripción sintomatológica de la lámina foliar
0	Hoja sana
1	< 20% de la lámina foliar afectada
2	21% - 40% de la lámina foliar afectada
3	41% - 75% de la lámina foliar afectada
4	> 75% de la lámina foliar afectada

Fuente: Modificado de Sepúlveda y Soto (2014).

Colecta y procesamiento de lloro primaveral

Se realizó la colecta del lloro primaveral en cuatro campos, considerando el inicio de la brotación del kiwi. En primera instancia fueron individualizadas dos plantas asintomáticas por cada repetición (4) y tratamiento; luego, 3 sarmientos fueron seleccionados para la colecta del lloro primaveral. Se procedió a realizar una desinfección con etanol al 70%, en la zona distal (2-3 cm) de los sarmientos. Se fijó a cada punto de corte un tubo Falcon de 15 mL por aproximadamente 1 hora; los tubos fueron retirados cuidadosamente y conservados en un contenedor portátil refrigerado ($4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) hasta su llegada al laboratorio. Las muestras fueron homogenizadas en un vórtex para posteriormente verter el contenido en un tubo Falcon de 50 mL. Las muestras fueron centrifugadas a $10.000g$ por 20 min a una temperatura de 4°C ; el pellet se suspendió en 1 mL de agua destilada estéril y fue dividido en dos alícuotas de 700 y 300 μL para su uso en distintos análisis microbiológicos y moleculares.

Figura 2. Recolección de lloro primaveral en huertos de kiwi. **(a)** desinfección de la superficie del sarmiento, **(b)** corte de la zona distal, y **(c)** recolección en tubos Falcon.



Determinación de la presencia de Psa

Se emplearon diversas pruebas para facilitar la detección e identificación de Psa, como: PCR anidada, aislados bacterianos en medios de cultivo nutritivos, semi-selectivos y diferenciales, y reacción de hipersensibilidad en hojas de tabaco. De forma previa a la ejecución de los ensayos de reacción en cadena de la polimerasa (PCR), se realizó un procedimiento de extracción rápida de ADN a través de un shock o colapso térmico; las muestras fueron incubadas en un termoblock a 100°C por 15 min y se mantuvieron a -20°C por un mínimo de 5 min para su posterior uso. Para la detección específica de Psa se aplicó una PCR anidada tanto al lloro primaveral, como a colonias bacterianas de 24 horas de crecimiento en medio de cultivo (Biondi et al., 2012; Biondi et al., 2018). Se empleó como control positivo en todos los ensayos moleculares, la cepa de Psa IPV-BO 9312.

Acorde al Boletín 44 de la EPPO (2014), se procedió a realizar aislamientos de 50 µL en medio de cultivo NSA-BC. Los aislamientos y purificaciones fueron incubados a 27°C. Al obtener las colonias con la morfología distintiva a Psa, se procedió a su purificación en medio de cultivo NSA, los cuales fueron incubados por 24 horas a 27°C para su posterior utilización en pruebas moleculares y/o bioquímicas.

Desde los aislados sospechosos a Psa, se observó la producción de fluorescencia en medio de cultivo King B, a través de la incubación por 48 horas a 27°C (King et al., 1954). La producción de levano, por otra parte, fue evidenciada luego de sembrar los aislados en medio de cultivo NSA e incubar a 27°C por 2-3 días (Schaad et al., 2001).

En lo que respecta a la reacción de hipersensibilidad en tabaco (RH), una suspensión bacteriana de 10⁷ UFC/mL (OD= 0.01_{600 nm}), fue inoculada a nivel subepidermal en las hojas de tabaco; las plantas fueron mantenidas en cámara de crecimiento a 25°C (4 1°C) con un fotoperiodo de 16/8 h de luz y oscuridad. La evaluación de los resultados se realizó a las 24, 48 y 72 h posterior a la inoculación. Se utilizó la cepa de Psa IPV-BO 9312 como control positivo y agua destilada estéril como control negativo.

Resultados

Prevalencia de Psa en huertos de Actinidia chinensis cultivares Hayward y Jintao

De acuerdo con los resultados obtenidos en el huerto de Rancagua con 'Hayward', no se establecieron diferencias significativas de la incidencia promedio (IP) del cancro bacteriano del kiwi en los tratamientos con coberturas fotoselectivas respecto al testigo (Cuadro 3). En cuanto al análisis de incidencia promedio total (IPT), se observaron diferencias significativas entre los tratamientos malla negra y malla blanca en comparación al testigo. Por otro lado, en la malla gris no se presentó diferencia estadística con el testigo, por lo tanto, su efecto sobre la propagación de la bacteria en campo es mínimo.

Cuadro 3. Incidencia promedio (IP) según instancia evaluativa e incidencia promedio total (IPT) por tratamiento en el campo de **Rancagua (cultivar Hayward)**.

TRATAMIENTOS	IP por evaluación			Diferencia 1ra y 3ra evaluación	IPT (%)	Desviación estándar
	1ra	2da	3ra			
Testigo	55,2	65,5	69,0	13,8	63,2 a	± 0,48
Malla blanca	43,7	58,2	61,5	17,8	54,5 b	± 0,50
Malla gris	48,3	63,6	65,9	17,6	59,3 a	± 0,49
Malla negra	41,8 ns	53,2 ns	54,4 ns	12,6	49,8 b	± 0,50

Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre los tratamientos empleados según Prueba de DGC. Nivel de significancia: $p \leq 0,05$. ns: no significativo.

Respecto al huerto de Lolol, en 'Hayward' la incidencia promedio (IP) en las 341 plantas que componen el experimento, no mostró diferencias significativas entre las coberturas foselectivas y el testigo, esto para los tres periodos de evaluación (Cuadro 4). Por otro lado, los resultados de incidencia promedio total (IPT) para los tratamientos malla blanca y malla gris permitieron establecer diferencias significativas en la contención de la enfermedad en el huerto en comparación con el testigo.

Cuadro 4. Incidencia promedio (IP) según instancia evaluativa e incidencia promedio total (IPT) por tratamiento en el campo de **Lolol (cultivar Hayward)**.

TRATAMIENTOS	IP por evaluación			Diferencia 1ra y 3ra evaluación	IPT (%)	Desviación estándar
	1ra	2da	3ra			
Testigo	57,0	73,4	74,7	17,7	68,8 a	± 0,47
Malla blanca	40,5	56,5	67,1	26,6	54,9 b	± 0,50
Malla gris	50,6	57,9	59,7	9,1	56,1 b	± 0,50
Malla negra	57,0 ns	64,0 ns	67,0 ns	10,0	62,7 a	± 0,48

Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre los tratamientos empleados según Prueba de DGC. Nivel de significancia: $p \leq 0,05$. ns: no significativo.

Respecto al huerto de San Fernando con 'Jintao', el monitoreo se llevó a cabo en 299 plantas que formaron parte del ensayo. El análisis estadístico no evidenció un efecto de la incidencia promedio (IP) de las coberturas fotoselectivas al compararlas con el testigo en ambos periodos de evaluación. Sin embargo, debido a la condición sanitaria observada en las plantas de kiwi, se decidió realizar una tercera evaluación con el propósito de registrar la severidad de los síntomas evidenciados en campo, focalizándose principalmente en síntomas foliares. Los resultados evidenciaron un nivel de severidad estadísticamente mayor en el testigo respecto a las coberturas fotoselectivas, las cuales no mostraron diferencias significativas entre ellas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Severidad promedio según cobertura en campo de **San Fernando cultivar Jintao**.

TRATAMIENTOS	Severidad promedio (%)	Desviación estándar
Testigo	2,83 a	± 0,24
Plástico	2,40 b	± 0,22
Rafia	2,40 b	± 0,26
Malla blanca	2,10 b	± 0,14

Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre los tratamientos empleados según Prueba de DGC. Nivel de significancia: $p \leq 0,05$. ns: no significativo

En cuanto al huerto de Malloa, el monitoreo de 'Jintao' se llevó a cabo en 503 plantas que constituían el experimento en campo. Se observó que los tratamientos testigo, plástico, rafia y malla blanca presentaron una baja incidencia de síntomas atribuibles a Psa: 0,2%, 0,4%, 0,2% y 0,2% respectivamente. En el análisis de severidad promedio (Cuadro 6), se determinaron diferencias significativas entre los tratamientos de coberturas fotoselectivas y el testigo; se consigna entonces que Rafia y Malla blanca, son tratamientos con menor severidad promedio de síntomas por Psa, mientras que el tratamiento Plástico y Testigo no tuvieron diferencias significativas para esta evaluación.

Cuadro 6. Severidad promedio según cobertura en campo de **Malloa cultivar Jintao**.

TRATAMIENTOS	Severidad promedio (%)	Desviación estándar
Testigo	2,46 a	± 0,21
Plástico	2,36 a	± 0,14
Rafia	2,11 b	± 0,23
Malla blanca	2,07 b	± 0,21

Letras distintas en sentido vertical indican diferencias significativas entre los tratamientos empleados según Prueba de DGC. Nivel de significancia: $p \leq 0,05$. ns: no significativo

PCR anidada aplicada directamente en muestras de lloro primaveral

En las muestras de lloro primaveral analizadas directamente por PCR anidada, se logró detectar la presencia de Psa en 14 de las 110 muestras analizadas (27 de San Fernando, 28 de Rancagua, 23 de Malloa y 32 de Lolol).

- **Rancagua ('Hayward')**: se detectaron 9 muestras positivas a Psa, equivalente a un 32% del total, distribuidas en: testigo= 0 (0%), malla blanca= 4 (14,3%), malla gris= 0 (0%) y malla negra= 5 (17,9%).
- **San Fernando ('Jintao')**: no se detectó la presencia de Psa a través de este ensayo PCR.
- **Malloa ('Jintao')**: se detectaron 2 muestras positivas a Psa, equivalente a un 9% de del total de muestras procesadas para este huerto; consignar que ambas muestras provenían del tratamiento malla blanca. La detección de Psa consideraría un cambio en la condición fitosanitaria de este huerto, puesto que previamente tenía una condición de "huerto libre de Psa".
- **Lolol ('Hayward')**: se obtuvieron 2 muestras positivas a Psa, valor equivalente al 6% del total de muestras analizadas para este huerto; destacar que ambos aislados son referidos al tratamiento testigo. Previamente, este huerto se consideraba como "libre de Psa".

Pruebas microbiológicas, bioquímicas y moleculares aplicadas a colonias sospechosas

Desde 110 muestras de lloro primaveral obtenidas desde los cuatro huertos en estudio, se obtuvieron 24 aislados con fenotipo similar al de Psa (22% de las muestras totales; Cuadro 7), es decir: colonias blanquecinas, mucoides, convexas y de márgenes enteros (Figura 3). Por otra parte, los resultados de fluorescencia permitieron evidenciar 21 aislados concordantes con la morfología esperada (Cuadro 7), mientras que en 3 casos se observó fluorescencia, lo que es atípico para Psa (Figura 3).

En cuanto a la reacción de hipersensibilidad en tabaco (Figura 4), se evidenció que 9 aislados identificados como Psa (provenientes de los cuatro campos) no produjeron una reacción positiva como era esperable (Cuadro 7); por otro lado, 3 aislados tuvieron una reacción blanda posterior a las 48 horas. Estos resultados serán corroborados con nuevos experimentos.

Figura 3. *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*: Aislamiento y purificado en medio de cultivo (a) NSA-BC y (b) NSA; prueba de fluorescencia en medio de cultivo King' B, reacción negativa (c) y positiva (d).

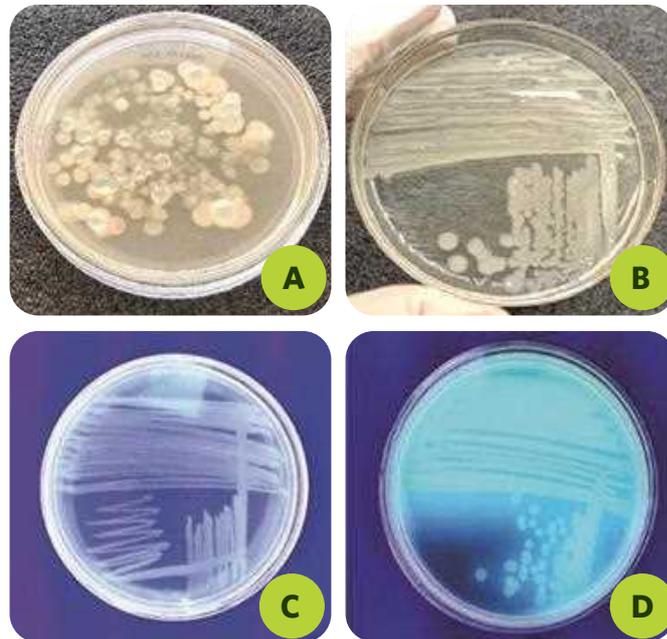
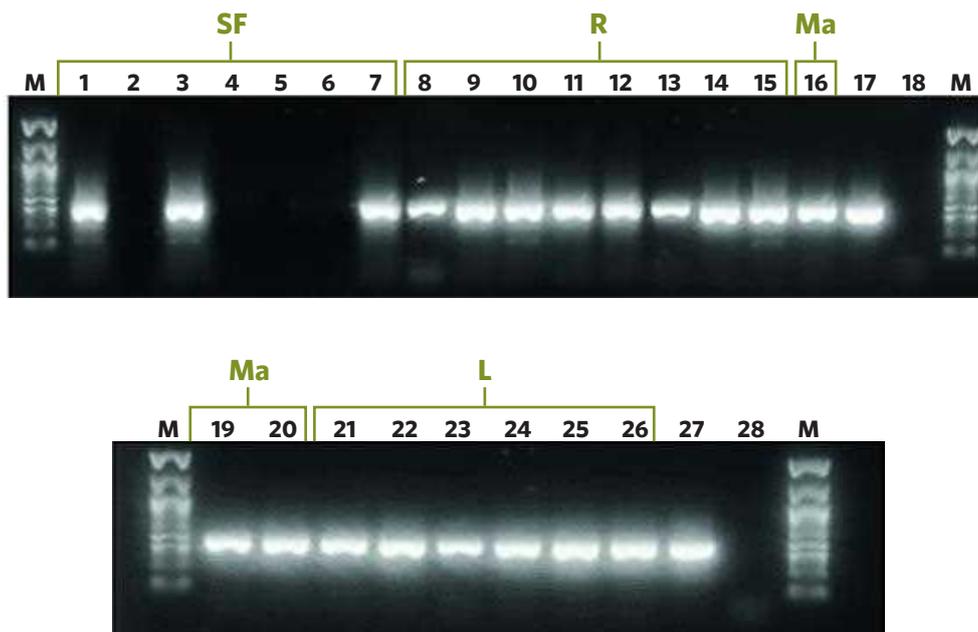


Figura 4. Reacción de hipersensibilidad (RH) en paneles intervenales de hojas de tabaco inoculadas con aislados sospechosos a Psa.



Las colonias bacterianas con un fenotipo sospechoso al de Psa fueron analizadas por PCR anidada, la cual permitió detectar a Psa en 19 de los 24 aislados sospechosos (Figura 5). Con estos resultados se confirma la presencia de Psa en todos los huertos evaluados. En el caso de Rancagua con el cultivar Hayward, se determinó a Psa en 8 aislados asociados con los tratamientos testigo, malla blanca y malla gris. Para el huerto de San Fernando, en el cultivar Jintao se estableció la identidad de Psa para 3 de los 7 aislados examinados, estos fueron detectados en los tratamientos testigo y malla blanca; destacar que de los 4 aislados restantes, en 2 casos se determinó a *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. Respecto al huerto de Malloa con 'Jintao', se confirmó la presencia de Psa en los 3 aislados evaluados, procedentes de los tratamientos testigo, plástico y malla blanca. Para el huerto de Lolol con 'Hayward', los 6 aislados procesados correspondieron a Psa, estos fueron obtenidos del lloro primaveral de los tratamientos testigo, malla blanca, malla gris y malla negra. Los detalles se pueden encontrar en la Figura 5.

Figura 5. Detección de Psa por PCR anidada (para el gen *OmpP1*) en aislados procedentes de los cuatro huertos. Gel de electroforesis (1,5% P/V). **(SF)** San Fernando cv. Jintao (1-7), **(R)** Rancagua cv. Hayward (8-15), **(Ma)** Malloa cv. Jintao (16-19-20) y **(L)** Lolol cv. 'Hayward' (21-26). Carriles M: marcador de peso molecular de 100 pb (Promega); Carril 17 y 27: cepa Psa IPV-BO 9312; Carril 18 y 28: agua destilada estéril.



Cuadro 7. Resultados condensados de las pruebas microbiológicas, bioquímica y molecular en aislados con fenotipo sospechoso a Psa obtenidos desde lloro primaveral, según tratamientos y localidades de procedencia.

Localidad - cultivar	Tratamiento	L (NSA)	Fluorescencia (King B)	RH			PCR anidada
				24 h	48 h	72 h	
Rancagua Hayward	Testigo	Pos	Neg	Pos	Pos	Pos	Pos
		Pos	Neg	Pos	Pos	Pos	Pos
		Pos	Neg	Pos	Pos	Pos	Pos
		Pos	Neg	Neg	Neg	Neg	Pos
		Pos	Neg	Pos	Pos	Pos	Pos
	Malla blanca	Pos	Pos	Pos	Pos	Pos	Pos
		Pos	Pos	Neg	Neg	Pos	Pos
	Malla gris	Pos	Neg	Neg	Neg	Neg	Pos
	San Fernando Jintao	Testigo	Pos	Neg	Pos	Pos	Pos
Pos			Neg	Pos	Pos	Pos	Neg
Pos			Neg	Pos	Pos	Pos	Pos
Rafia		Pos	Neg	Neg	Pos	Pos	Neg
		Pos	Neg	Neg	Neg	Neg	Pos
Malla blanca		Pos	Neg	Neg	Neg	Neg	Pos
		Pos	Neg	Neg	Neg	Pos	Pos
Malloa Jintao	Testigo	Pos	Neg	Neg	Neg	Neg	Pos
	Plástico	Pos	Neg	Neg	Neg	Neg	Pos
	Malla blanca	Pos	Neg	Neg	Neg	Neg	Pos
Lolol Hayward	Testigo	Pos	Neg	Pos	Pos	Pos	Pos
	Malla blanca	Pos	Neg	Neg	Neg	Neg	Pos
		Pos	Neg	Neg	Neg	Neg	Pos
	Malla gris	Pos	Neg	Neg	Neg	Pos	Pos
		Pos	Pos	Pos	Pos	Pos	Pos
	Malla gris	Pos	Neg	Neg	Neg	Neg	Pos
Malla negra	Pos	Neg	Pos	Pos	Pos	Pos	

Las abreviaturas del cuadro corresponden a: producción de levano (L) y reacción de hipersensibilidad en plantas de tabaco (RH). Resultado positivo: Pos.; resultado negativo: Neg.

Conclusiones

La implementación de coberturas fotoselectivas en los huertos comerciales de kiwi evaluados en este trabajo, deja en evidencia que esta tecnología puede contener la prevalencia de los síntomas asociados con Psa, esto según lo observado de los huertos de kiwi de Rancagua, Malloa y Lolol.

Se infiere por los resultados de incidencia y severidad de los cuatro huertos de kiwi de este estudio, que el tratamiento malla blanca presenta una mejor contención de los síntomas asociados con Psa, en comparación con el testigo.

Se confirma la efectividad del método para detección temprana de Psa en lloro primaveral de plantas asintomáticas de los cultivares Hayward y Jintao. La detección de Psa por PCR anidada, permitió detectar la presencia de la bacteria tanto en muestras de lloro primaveral como en colonias aisladas en medio de cultivo de todos los campos analizados en este trabajo.

Se determinaron aislados atípicos de Psa en pruebas de fluorescencia y reacción de hipersensibilidad en tabaco (RH), lo que sugiere que hay poblaciones de Psa que requieren ser analizadas desde el punto de vista genético y epidemiológico.

Se detectaron dos aislados de *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* (Pss) en muestras de lloro primaveral provenientes del huerto de San Fernando, confirmando su presencia en el xilema de las plantas de *Actinidia chinensis*. Pss no fue detectado en coexistencia con Psa en las muestras de lloro primaveral de los cuatro huertos evaluados.

Literatura citada

Biondi, E., Galeone, A., Kuzmanović, N., Ardizzi, S., Lucchese, C. & Bertaccini, A. (2012). *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* detection in kiwifruit plant tissue and bleeding sap. *Annals of Applied Biology*, 162, 60-70. <https://doi.org/10.1111/aab.12001>.

Biondi, E., Zamorano, A., Vega, E., Ardizzi, S., Sitta, D., De Salvador, F., Campos, R., Meneses, C., Pérez, S., Bertaccini, A. & Fiore, N. (2018). Draft whole genome sequence analyses on *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* hypersensitive response negative strains detected from kiwifruit bleeding sap samples. *Phytopathology*, 108(5), 552-560. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-08-17-0278-R>.

Black, M., Casonato, S., y Bent, S. (2015). Opportunities for environmental modification to control *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* in kiwifruit. *Acta Horticulturae*, 1105, 353-360. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1105.36>.

Chiabrando, V., y Giacalone, G. (2018). Kiwifruit under plastic covering: impact on fruit quality and on orchard microclimate. *Journal of Food, Nutrition and Agriculture*, 1, 1-6. <https://doi.org/10.21839/jfna.v1i1.113>.

Comité del Kiwi. (01 de junio de 2020). El SAG establece el término del control oficial de la PSA en kiwi. Comité del kiwi Chile. <https://www.comitedelkiwi.cl/el-sag-establece-el-termino-del-control-oficial-de-la-psa-en-kiwi/>.

Donati, I., Buriani, G., Cellini, A., Mauri, S., Costa, G. & Spinelli, F. (2014). New insights on the bacterial canker of kiwifruit (*Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*). *Journal of Berry Research*, 53-67. <https://doi.org/10.3233/JBR-140073>.

EPPO. (2014). PM 7/120 (1) *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*. European and Mediterranean Plant Protection Organization, 44, 360-375. <https://doi.org/10.1111/epp.12171>.

Hee Kim, G., Sung Jung, J. & Koh, J. (2017). Occurrence and epidemics of bacterial canker of kiwifruit in Korea. *Plant Pathology Journal*, 33(4), 351-361. <https://doi.org/10.5423/PPJ.RW.01.2017.0021>.

King, E. O., Ward, M. K. & Raney, D. E. (1954). Two simple media for the demonstration of pyocyanin and fluorescein. *The Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, 44(2), 301-307. <https://doi.org/10.5555/uri:pii:002221435490222X>.

Saavedra, J., Abud, C., Cuevas, R., y González, P. (2018). Impact of plastic covers on the progression of *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* and fruit productivity in a yellow-kiwifruit orchard. *Acta Horticulturae*, 1218, 341-346. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1218.47>.

SAG. (02 de abril de 2020). Condición de huertos de kiwi, 2020 [Archivo Excel]. Bacteriosis del kiwi (PSA). <http://www.sag.cl/ambitos-de-accion/bacteriosis-del-kiwi-psa/1836/registros>.

Schaad, N. W., Jones, J. B., & Chun, W. (2001). Laboratory guide for the identification of plant pathogenic bacteria. (3ra ed.). Sociedad Americana de Fitopatología.

Sepúlveda, P., y Soto, S. (2014). Avances en el control de bacteriosis del kiwi causada por *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* (Psa). *INIA*, 36(2), 14-20.







9. CONCLUSIONES Y PROYECCIONES

A partir de las tres temporadas de estudio del proyecto “Transferencia: Coberturas fotoselectivas en kiwi” se ha evaluado el impacto de las coberturas en diferentes parámetros microclimáticos, fisiológicos, productivos, de calidad y condición, por lo que es posible concluir lo siguiente:

- En los parámetros microclimáticos monitoreados bajo malla blanca, cobertura plástica y el testigo no se detectó variación en la humedad relativa y se registró mínima alteración térmica. La radiación fotosintéticamente activa no varió durante las dos temporadas de evaluación.
- En los parámetros fisiológicos, como estado hídrico e intercambio gaseoso, no se presentaron diferencias en las plantas de kiwi bajo coberturas y en el testigo.
- En el crecimiento vegetativo, el filtro de radiación de las coberturas indujo un aumento en el crecimiento de brotes, cambios en la morfología de la hoja y tamaño de las plantas evaluado como fracción de radiación interceptada (PAR_i).
- En la etapa de crecimiento de fruto se reporta un efecto positivo de las coberturas en kiwi amarillo ‘Jintao’, especialmente con rafia y plástico. En kiwi verde ‘Hayward’, las mallas impactarían positivamente sobre el diámetro ecuatorial de los frutos.
- Una mayor eficiencia productiva se evidencia en ‘Jintao’ bajo cobertura, pero no así para ‘Hayward’ protegido con mallas. Si bien los resultados no fueron consistentes entre huertos y temporadas, se determinó un efecto positivo en el calibre de los frutos de la malla blanca en ‘Hayward’ y rafia y plástico en ‘Jintao’.
- En calidad, se destaca la menor firmeza de la pulpa y la mayor concentración de sólidos solubles de frutos bajo coberturas, lo cual puede ser un indicativo de una maduración más temprana. Las diferencias en los niveles de madurez de los frutos a cosecha provenientes de los tratamientos de cobertura fueron mantenidos en poscosecha.
- Para condición de los frutos, se determinó un incremento directamente proporcional entre la incidencia promedio de hongos y el tiempo de almacenaje en frío (45, 60 y 90 días). Se infiere por los resultados que existió una alta carga de inóculo de hongos en los huertos de kiwi amarillo asociados a esta evaluación.

- La implementación de coberturas fotoselectivas en los huertos comerciales de kiwi evaluados, sugieren que esta tecnología puede contener la prevalencia de los síntomas asociados con Psa. De hecho, el tratamiento malla blanca presentó una mejor contención de los síntomas asociados con esta bacteria, en comparación con el testigo. Asimismo, se confirma la detección temprana de Psa desde lloro primaveral obtenido de plantas asintomáticas en los cuatro huertos evaluados, aspecto relevante para establecer medidas de control oportuna.

Los autores de este trabajo discuten que las condiciones agroclimáticas de los huertos y las temporadas de estudio fueron muy diferentes entre ellas. Adicionalmente, en el contexto de pandemia existieron dificultades operativas por lo que algunos ensayos específicos en periodos de poda y polinización, o la medición de otros parámetros como humedad de suelo y calidad de luz no fueron incorporados. Si bien esta investigación es un primer aporte a la generación de directrices tecnológicas bajo coberturas, se requieren de otras temporadas de estudio y condiciones de producción para evaluar el impacto en el cultivo del kiwi.

UO Universidad
de O'Higgins



GOBIERNO REGIONAL
REGIÓN DE O'HIGGINS

