

MANUAL TÉCNICO

USO DE MALLAS

ANTIPOLINIZACIÓN

EN MANDARINAS



FACULTAD DE AGRONOMÍA
E INGENIERÍA FORESTAL
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE



Comité de
Cítricos
Chile



Proyecto apoyado por

CORFO







MANUAL TÉCNICO

USO DE MALLAS ANTIPOLINIZACIÓN EN MANDARINAS

Manual

USO DE MALLAS ANTIPOLINIZACIÓN EN MANDARINAS

Editores: Johanna Mártiz, Jimena Solari



FACULTAD DE AGRONOMÍA
E INGENIERÍA FORESTAL
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE



Proyecto apoyado por



© 2022. Pontificia Universidad Católica de Chile, "Manual Técnico Uso de Mallas Antipolinización en Mandarinas".
Todos los derechos reservados.

Diseño y Producción Gráfica:

Montserrat Mancilla Pazo

Cómo citar este libro:

Mártiz J., (ed) (2022). Uso de mallas antipolinización en mandarinas. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile, 40 pp.

Ninguna parte de este libro puede ser reproducida, transmitida o almacenada por ningún medio electrónico, químico o fotocopia o de cualquier otro tipo, sin el permiso de los autores intelectuales de la obra.

INDICE:	5	AUTORES
	6	AGRADECIMIENTOS
	8	CAPÍTULO I Origen de las semillas
	11	CAPÍTULO II Establecimiento de proyecto para evaluar mallas antipolinización
	14	CAPÍTULO III Efecto de las mallas sobre las variables climáticas
	20	CAPÍTULO IV Efecto de las mallas sobre el desarrollo vegetativo
	23	CAPÍTULO V Efecto de las mallas sobre la productividad y calidad de la fruta
	32	CAPÍTULO VI Consideraciones para la instalación de mallas antipolinización
	36	CONCLUSIONES
	37	BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

AUTORA: **Dra. Johanna Mártiz M.**
Ingeniera Agrónoma, especialista en Fisiología y Producción Citrícola
Departamento de Fruticultura y Enología, Facultad de Agronomía e
Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile

COLABORADORES: **Luis Álvarez R.**
Ingeniero Agrónomo
Departamento de Fruticultura y Enología, Facultad de Agronomía e
Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile

Adolfo Rodríguez L.
Ingeniero Agrónomo
Agroinvestigación Limitada

AGRADECIMIENTOS

Como parte del equipo de trabajo del proyecto “mallas”, quisiera agradecer a Agrícola Polpaico, Agrícola San Andrés del Huique y Agrícola Millahue por la disposición a participar de este proyecto. A cada uno de los administradores y trabajadores de las agrícolas que nos ayudaron en las cosechas y mediciones, sin ellos no habría sido posible generar la información de este manual. También agradecer al Comité de Cítricos Asoex, y en especial a su gerente Monserrat Valenzuela, por el constante apoyo e interés en llevar adelante esta investigación y difundirla a la industria citrícola chilena. Finalmente quisiera agradecer al equipo de investigación que trabajó en este proyecto y los alumnos residentes de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal UC, quienes nos ayudaron en las evaluaciones de los ensayos de este proyecto, así como también agradecemos el valioso aporte de CORFO a este proyecto.

A close-up photograph of a hand wearing a dark blue, textured glove holding a ripe, bright orange. The background is blurred, showing more oranges and green foliage, suggesting an orchard setting.

Johanna Mártiz

Johanna Mártiz M.
Directora del Proyecto



CAPÍTULO I.

ORIGEN DE LAS SEMILLAS

La floración en mandarinas ocurre una vez al año en clima mediterráneo, principalmente como respuesta al frío del invierno. Las flores se desarrollan en brotes de la temporada anterior y dura, dependiendo de la zona, entre 30 a 60 días. Durante la floración ocurre la polinización, proceso en el que el grano de polen es transportado desde las anteras a los estigmas de las flores, donde germina, emite el tubo polínico que desciende por el estilo, penetra en el ovario y llega hasta el óvulo culminando con la fecundación (Mesejo *et al.*, 2012). Posterior a la fecundación comienza el desarrollo de la semilla.

La polinización puede efectuarse con el polen de la misma planta o variedad, en este caso es llamado *autopolinización*, o polen procedente de otra planta distinta genéticamente, lo cual equivale a *polinización cruzada* (Bono *et al.*, 2000).

La mayoría de las especies cultivadas de cítricos son autoincompatibles, lo que significa que su propio polen no es capaz de fecundar, y además partenocárpicas, lo que quiere decir que, en ausencia de polinización cruzada, producen frutos sin semillas (Vardi, 2008). Este es el caso de las principales variedades de mandarinas que se cultivan en Chile, como Clemenules, Clemenluz, Orogrande, Oronules y W. Murcott.

Sin embargo, es frecuente encontrar en huertos de mandarinas o clementinas frutos con abundante presencia de semillas. Esto debido a que, al plantar huertos con distintas variedades o especies de mandarinos, o al haber plantaciones de otras especies o variedades de cítricos (mandarinas e híbridos, naranjas de jugo, limoneros, pomelos, etc) dentro de un radio de al menos 5 kilómetros, son susceptibles de tener polinización cruzada entre ellas y por lo tanto producir semillas en los frutos, ya que el polen entre especies de cítricos es compatible.

Es importante señalar que **sólo habrá producción de semillas si la polinización y fecundación son exitosas**. En los cítricos la polinización es de tipo entomófila, lo que quiere decir que se requiere de abejas para que ocurra. Esto se da principalmente debido a que el polen de los cítricos es pesado, viscoso y adherente, por lo que sin la ayuda de insectos esta no se llevaría a cabo (Mesejo *et al.*, 2012). Las abejas melíferas representan el 95.4% del total de insectos que visitan las flores en los cítricos (Pons *et al.*, 1995).

La polinización y consiguiente fecundación pueden verse afectadas por factores ambientales, hormonales y nutricionales. Dentro de los factores ambientales, la temperatura y la humedad relativa son los más importantes (Fasiolo y Rey, 2013). Por lo tanto, se debe tener presente que el número de semillas formadas en los frutos de los cultivares de mandarinas Clemenules y W. Murcott varía según las diferentes especies de cítricos que las polinizan, de la zona donde se cultivan y de la temporada.

Hoy en día las mandarinas se han convertido en una de las frutas más atractivas de consumir por su alto valor nutricional, sabor, tamaño y facilidad de pelado. Sin embargo, los consumidores buscan entre los atributos de calidad que los frutos no tengan semillas. Al no tener semillas, las mandarinas pueden ingresar a mercados más exigentes generando mayores ingresos a los productores. De lo contrario, pueden ser castigadas en su precio de venta o simplemente no ser exportadas.

La contaminación por semillas en huertos de mandarinas es un problema que necesita una solución inmediata, para esto las principales estrategias que evitan la contaminación son las siguientes:

- Diseños de huertos más eficientes desde el punto de vista de combinación varietal
- Uso de variedades estériles o de baja producción de semillas en condiciones de polinización cruzada
- Aislamiento de huertos mediante uso de mallas para cubrir árboles

En cuanto a especies y variedades, las únicas especies que en forma natural no generan semillas por polinización cruzada son las naranjas del grupo Navel y las mandarinas Satsumas. Esto porque presentan esterilidad gamética, es decir, presentan polen no funcional y su saco embrionario degenera. En el caso de mandarinas la opción es usar variedades estériles como los triploides, que no son capaces de producir semillas ni tampoco de contaminar a otras especies de cítricos con su polen. Ejemplo de ello son las variedades italianas Tacle, Mandalate y Mandared o las de la Universidad de California: TDE 3 Tahoe Gold® y TDE4 Yosemite Gold®. También están las variedades diploides denominadas seedless o low seed. Entre ellas destacan las variedades que se han generado a través de irradiación como por ejemplo la variedad Tango.

Cuando el huerto ya está establecido y se produce contaminación con semillas, será necesario evitar la llegada de abejas y polen con algún tipo de barrera. El uso de mallas es quizás la forma más eficiente de prevenir la formación de semillas ya que impide el paso de las abejas.

Si bien el uso de malla antipolinizante es una práctica que ha ido aumentando con el tiempo en la citricultura nacional y mundial, la decisión de usar la malla no es fácil, ya que requiere de una gran inversión inicial y tener el conocimiento necesario sobre el comportamiento y desarrollo que tendrán los árboles y la fruta al usar este tipo de protección contra las abejas. Los métodos más populares que se están empleando son: la malla para hileras o tipo túnel (Figura 1) y el enmallado completo o netting (Figura 2). Si bien ambas han demostrado ser eficientes en el control de polinización, en este manual se darán a conocer los aspectos tanto positivos como negativos de cada una de ellas sobre el cultivo de mandarinos y cómo poder determinar cuál es la más apropiada para cada caso.



Figura 1. Enmallado sobre hilera o tipo túnel



Figura 2. Enmallado total o netting

Descripción de las mallas

Hoy en día es cada vez más común el uso de mallas para frutales con fines variados. Dentro de las funciones que éstas poseen se encuentran: protección contra granizos, mallas sombras para evitar golpes de sol, cortar el viento y mallas antipolinizante para evitar el ingreso de abejas al cultivo, entre otras. En cuanto a los materiales de las mallas, éstas están hechas principalmente de polietileno, polipropileno y poliéster, dependiendo del fin que tengan. Por otro lado, las mallas poseen distintas formas de hilado, dentro las cuales se encuentran la malla monofilamento o las mallas Raschel y la multifilamento.

La malla antipolinización es utilizada principalmente en evitar la polinización cruzada, controlando de manera pasiva y eficiente la polinización realizada por abejas u otros insectos en frutos en etapa de floración. El material empleado es de monofilamentos cilíndricos de polietileno de alta densidad con tejido de tipo Raschel y estabilizado para protección UV, cuyo hilado deja espacios desde 6,5 mm a 7 mm y cuyo peso varía entre 50 gr/m² hasta los 90 gr/m², variando así su resistencia mecánica y facilidad de instalación. Esta malla generalmente es de color blanco o cristal, con un porcentaje de sombra de 10% a 20%.

Las mallas antigranizo o la cortaviento también podrían usarse para hacer un enmallado completo o netting y evitar la polinización cruzada. Lo importante es que el tramado sea suficientemente pequeño para impedir el paso de la abeja (Figura 3).

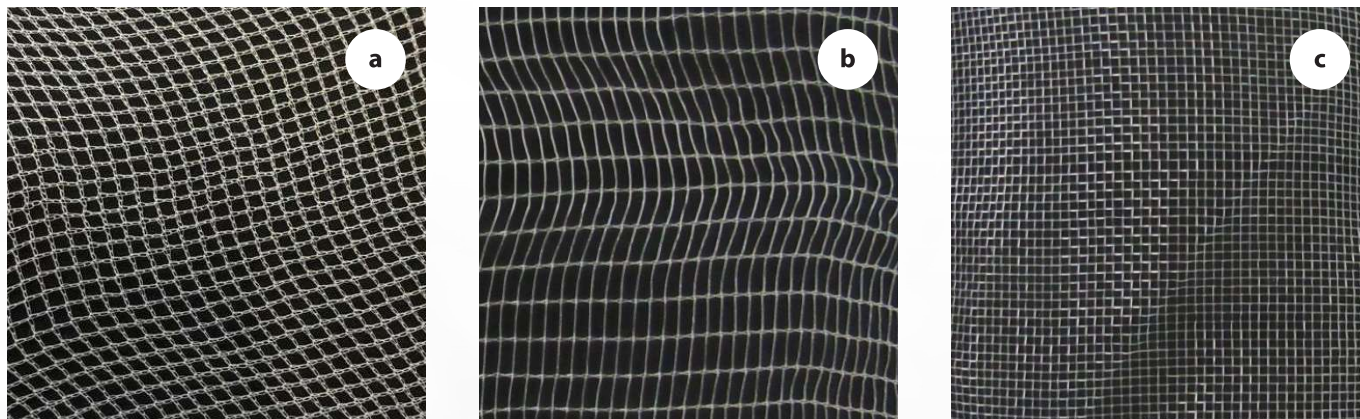


Figura 3. Tipos de mallas. (A) y (B) antipolinización, (C) cortaviento.

CAPITULO II.

ESTABLECIMIENTO DE ENSAYO PARA EVALUAR MALLAS ANTIPOLINIZACIÓN

Con el fin de determinar el efecto que tiene el uso de malla antipolinización sobre el crecimiento, desarrollo y productividad de mandarinos, entre el año 2019 y 2021 se evaluó distintos tipos de enmallados en clementina Orogrande en la localidad de Villaseca, comuna de Vicuña, Región de Coquimbo, Chile.

Esta evaluación se llevó a cabo en el marco de un proyecto Corfo (Bienes Públicos estratégicos para la competitividad), código 18BPE-93873, denominado “Sistema integrado de información para mejorar la competitividad de la industria citrícola a través del uso de mallas antipolinización en mandarinas”. Este proyecto fue impulsado por el Comité de Cítricos ASOEX y ejecutado por la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Los enmallados o tratamiento que se evaluaron fueron los siguientes:

Netting completo:

Se usó malla anti abejas de 60 g/m², monofilamento, con 10% sombra. La malla fue colocada sobre una estructura de soporte de madera de 4 metros de alto. La superficie cubierta fue de 0,8 hectáreas. La malla permanece instalada todo el año y completamente cerrada durante todo el período de estudio (Figura 4). Este sistema fue establecido entre marzo y abril de 2019.



Figura 4. Sistema de enmallado completo o netting.

Netting removable:

Corresponde al mismo sistema de enmallado completo con estructura de soporte de madera, con la diferencia que sus paredes son levantadas o retiradas una vez que la floración ha terminado. La finalidad es incrementar la ventilación al interior del enmallado (Figura 5). Este sistema fue establecido entre marzo y abril de 2019.



Figura 5. Sistema de enmallado netting removible.

Túnel o enmallado sobre hilera:

Consiste en colocar las mallas directamente sobre los árboles a lo largo de las hileras, siendo el árbol la estructura de soporte. En este caso la malla es colocada a través de una máquina previo al inicio de la floración y es retirada una vez que se inicia la cuaja (Figura 6).

Para poder comparar, se dejaron 3 hileras sin enmallar, lo que se denominó Testigo (Figura 7).

Para determinar el comportamiento de las variables climáticas, se estableció un sistema de monitoreo de temperatura del aire ($^{\circ}\text{C}$) y humedad relativa del aire (kPa) a través de un sensor VP-4, y radiación solar (W/m^2) con un piranómetro modelo PYR (Apogee Instruments), a 40 cm sobre el dosel en cada uno de los tratamientos, a excepción del enmallado túnel, que se midió bajo la malla a la altura del árbol. El sistema de monitoreo se conectó a una plataforma digital a través de una data logger, que permitió monitorear en tiempo real y coleccionar los datos en forma remota (Figura 8).

Además de las variables climáticas, se evaluaron algunos parámetros fisiológicos como la fotosíntesis, el contenido de clorofila, conductancia estomática y potencial hídrico de manera mensual entre primavera y verano; parámetros de crecimiento vegetativo, productividad y calidad de la fruta.



Figura 6. Enmallado tipo túnel.



Figura 7. Testigo sin enmallar (izquierda) junto al enmallado tipo túnel (derecha)



Figura 8. Sistema de monitoreo de variables climáticas: temperatura, presión de vapor y radiación solar.

CAPITULO III.

EFFECTO DE LAS MALLAS SOBRE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS

TEMPERATURA

Uno de los factores ambientales que se ve afectado por la cubierta de mallas es la temperatura, la cual varía tanto dentro de la malla, como en el dosel o en el suelo. Al respecto existen diferentes posturas de cómo influye. Shahak y colaboradores (2004) plantean que las mallas pueden reducir el stress que provoca la radiación o el calor en zonas donde esto podría ser un problema. Estudios de estos investigadores realizados en Israel en manzanos mostraron que la temperatura máxima diaria registrada dentro de la canopia de los árboles bajo mallas fue 1 a 5 °C menor que la temperatura externa. Por otra parte, Stamps (1994) y Pérez *et al.* (2006) señalan que al utilizar mallas de tipo netting completo, las temperaturas dentro de la malla son normalmente mayores durante el día que afuera de ellas y podrían llegar a ser menores durante la noche.

Para determinar la influencia de la malla antipolinización sobre la temperatura en el huerto estudiado, se analizaron por separado las temperaturas máximas, medias y mínimas mensuales de todo el período de duración del proyecto.

La **temperatura máxima** fue siempre superior en el netting completo (cerrado) en comparación al exterior (sin malla), llegando a presentar una diferencia de 2,7 °C más en los meses de septiembre de 2020 y 2021. Entre los meses de mayo, junio y julio, la temperatura máxima fue mayor en el testigo en la temporada 2020 y similar entre testigo y enmallado completo en la temporada 2021. En el caso del netting removible (sin paredes laterales), la temperatura máxima es menor que el exterior y que el netting completo, incluso en los meses de otoño invierno presenta casi 2 °C menos que el testigo (Figura 9), esto debido a la ventilación que se origina al no tener las paredes laterales y reducir la radiación incidente por la malla que está en el techo.

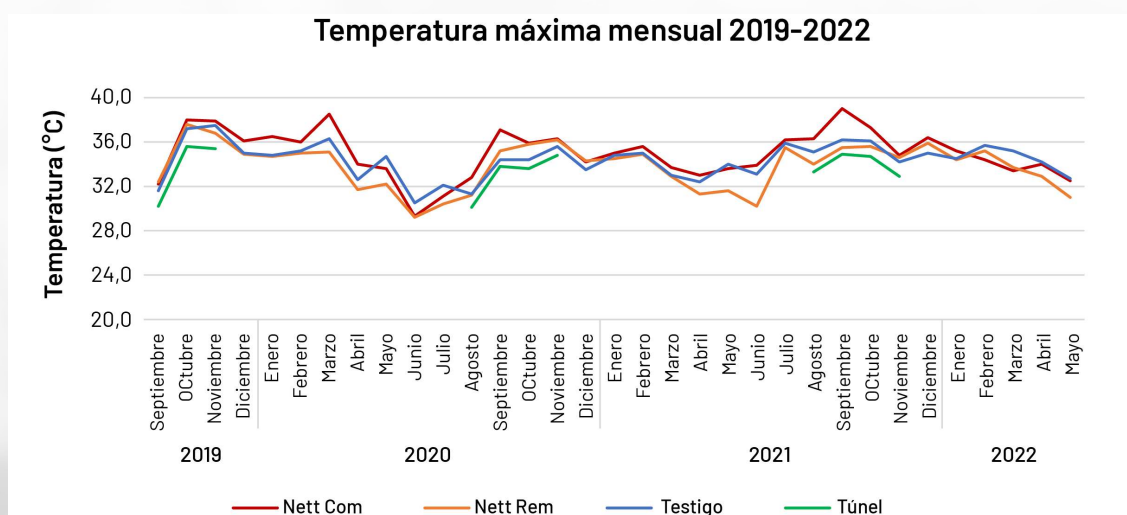


Figura 9. Temperatura máxima mensual (°C) al interior de los sistemas de enmallado netting completo, netting removible y malla tipo túnel comparado con el Testigo (sin malla) desde septiembre 2019 a mayo 2022.

En el caso de enmallado tipo túnel (líneas de color verde), se presenta una temperatura al interior de la malla levemente menor que las plantas sin enmallar durante el período que permanecen en el huerto (septiembre a noviembre). Esta diferencia puede oscilar entre 0,5 a 2,0 °C. Existe una menor entrada de radiación al estar la malla en contacto permanente con gran parte de la superficie de los árboles, lo que hace que la temperatura sea menor.

La **temperatura mínima** mensual (Figura 10) sigue un patrón similar entre los tratamientos pero en un rango de temperatura más bajo, entre 0° a 10 °C. Sin embargo, al igual que en el caso de las máximas, existe en los meses de invierno una diferencia con el exterior sin enmallar, la temperatura mínima dentro de las mallas es más baja (flecha negra en el gráfico), esto debido a la menor radiación que llega, y por lo tanto, retienen menos temperatura. El enmallado tipo túnel no presenta diferencias en las temperaturas mínimas comparado con las plantas sin enmallar durante el período que permanecen en el huerto (septiembre a noviembre).

De acuerdo a lo planteado anteriormente, se puede interpretar que para los meses de menores temperaturas o más fríos las mallas propician una temperatura de aire más baja y para los meses de mayores temperaturas o más calor el netting completo aumenta la temperatura. De esta manera se puede deducir que el enmallado tiende a extremar las temperaturas. Según Mahmood *et al.* (2018), la variación de temperatura es explicada por la energía radiativa entrante, menor en los meses de mayo a octubre y mayor en primavera-verano. Por otro lado, las temperaturas altas en verano también pueden deberse al ambiente cerrado bajo malla, lo cual reduce la velocidad del viento, dificultando el movimiento de las masas de aire. Este fenómeno no se presenta en netting removible, ya que al no tener las paredes laterales existe mayor ventilación.

En relación a la **temperatura media mensual**, se observa que la oscilación y magnitud de la temperatura media (Figura 11) es muy similar en todos los tratamientos durante el período de medición. Sin embargo, en los meses de invierno los sistemas con malla presentan una menor temperatura media, reflejo de que en estos sistemas las temperaturas mínimas son

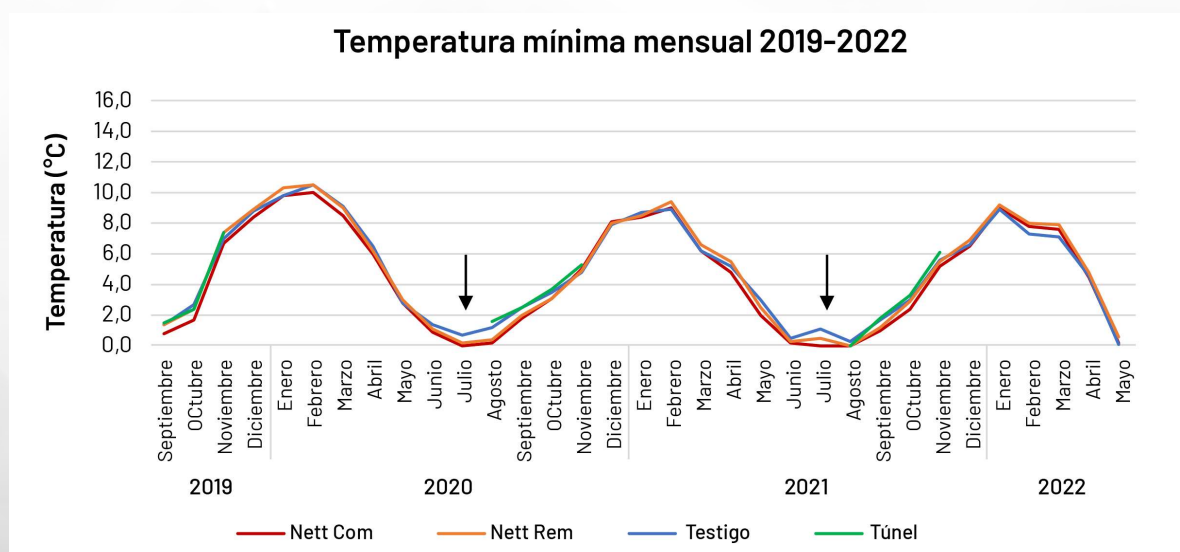


Figura 10. Temperatura mínima mensual (°C) al interior de los sistemas de enmallado netting completo, netting removible y malla tipo túnel comparado con el Testigo (sin malla) desde septiembre 2019 a mayo 2022.

más bajas en este período. Lo mismo ocurre en el verano 2019-2020 a favor del netting completo, también reflejo de una temperatura máxima más alta en esos meses (diciembre a marzo).

Grados día: En relación a la acumulación de grados días (Figura 12), la sumatoria entre los meses de septiembre a abril de la temporada 2019-2020 es de 1.482 para el testigo, 1.498 para el netting completo y 1.452 para el netting removible. En la temporada 2020-2021 la acumulación es de 1.359 para el testigo, 1.332 para el netting completo y 1.319 para el netting removible. Prácticamente no existen diferencias en la acumulación entre los sistemas enmallados y el testigo por temporada. Como se vio previamente, las diferencias entre los sistemas están dadas por las temperaturas mínimas y las temperaturas máximas, lo que no necesariamente afecta la acumulación de grados días, ya que el cálculo incluye todas

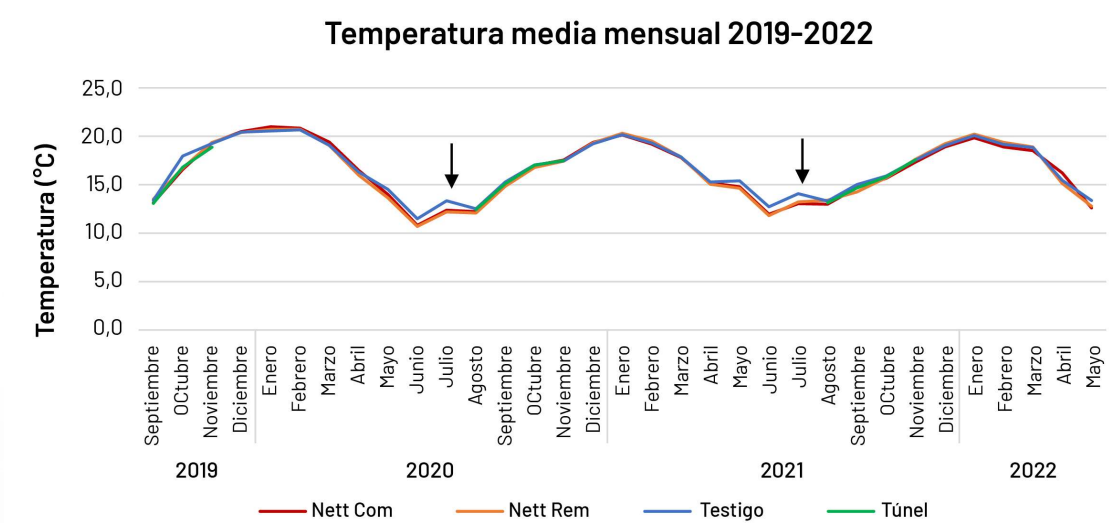


Figura 11. Temperatura media mensual (°C) al interior de los sistemas de enmallado netting completo, netting removible y malla tipo túnel comparado con el Testigo (sin malla) desde septiembre 2019 a mayo 2022.

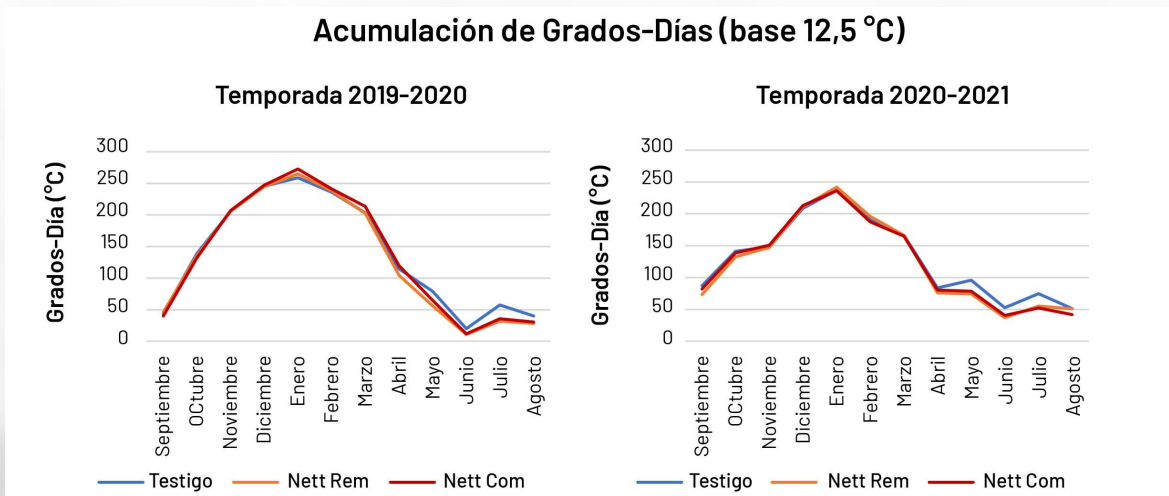


Figura 12. Grados día mensuales en netting completo, netting removible y Testigo en dos temporadas (2019-2020 y 2020-2021) en Vicuña. El modelo de cálculo de grados días considera la sumatoria entre los meses de septiembre a abril.

las temperaturas por sobre 12,5 °C y excluye todas las temperaturas por debajo de los 12,5 °C sin limitación. Lo que si se observa es la diferencia entre temporadas, mostrando que la acumulación en el segundo año de estudio, fue más baja, lo que claramente se demuestra al analizar más adelante la producción y calibres de los frutos. En años de menor acumulación térmica la fruta presenta menor calibre.

HUMEDAD RELATIVA

Con el uso de mallas, al igual que la temperatura, la humedad relativa también se ve alterada, siendo más alta al interior de la malla. Este aumento en la humedad relativa, se da principalmente debido al vapor de agua que está siendo transpirado por la planta, el cual no se mezcla con el aire seco que hay fuera de la malla (Elad *et al.*, (2007); Shahak, (2004); Stamps, (1994)). Esto provoca que haya una menor evaporación, lo que conlleva a que el suelo y las plantas retengan de mejor forma la humedad bajo la malla. Por otra parte, al igual que en la temperatura, la humedad relativa también se ve influenciada por los colores de las mallas, siendo la malla de color blanco la que presenta la mayor humedad relativa, seguidos por la malla de color azul y siendo la malla de color rojo la que presenta el menor contenido (Mditshwa, 2019; Tinyane *et al.*, 2018).

En la evaluación entre tipos de enmallado, el efecto de la malla sobre la humedad relativa resultó ser congruente a la bibliografía (Figura 13), observando un aumento de la humedad en ambos tratamientos tipo netting (completo y removible). Sin embargo, la magnitud del aumento no fue constante y fluctuó entre un 2 a 13%. La diferencia se acentuó en los meses de invierno. En el caso de la malla en túnel, la humedad medida durante el tiempo de permanencia de la malla sobre las plantas fue ligeramente superior que en las plantas sin enmallar, probablemente porque es menor el tiempo que están cubiertas las plantas con los túneles.

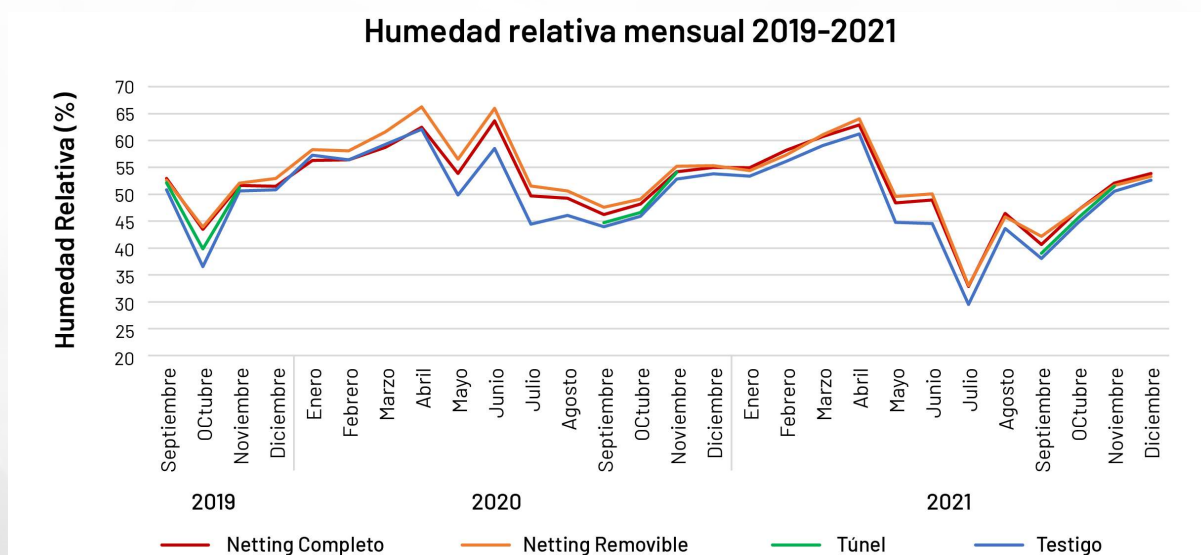


Figura 13. Humedad relativa promedio (%) en el exterior de la canopia en los sistemas de enmallado netting completo, netting removible y malla tipo túnel comparado con el Testigo (sin malla) desde septiembre 2019 a mayo 2022.

RADIACIÓN

Se ha estudiado que las mallas reducen la radiación, resultado de la intercepción que generan y de una mayor sombra. A su vez la disminución de la radiación resulta en modificaciones de la temperatura (aire, planta, suelo) y en la humedad relativa (Stamps, 1994). Además de modificar la cantidad de radiación, las mallas pueden influir en la dirección de la radiación y cambiar las proporciones de luz rojo a rojo lejano. De esta manera las nuevas longitudes de onda pueden influir en el desarrollo y crecimiento de la planta (Stamps, 2009). Con el cambio de la proporción de rojo/rojo lejano, se incrementa el crecimiento vegetativo. Una menor radiación implica mayor crecimiento de brotes (Piringer *et al.*, 1961).

La **radiación fotosintéticamente activa (PAR)** es la región del espectro solar que está entre los 400 y 700 nm de longitud de onda, la cual es captada y absorbida por las plantas, para luego ser almacenada y transformada por el sistema fotosintético. Está directamente relacionada a la producción de fotosintatos para el crecimiento, productividad y desarrollo de ellas (Durán *et al.*, 2015). De ahí la importancia que se cuente con un nivel adecuado de radiación PAR. En un estudio de Zhou *et al.* (2018) en naranjas bajo mallas de polipropileno de distintos colores (blanco perla, rojo y amarillo), se demostró que existe mayor radiación fotosintéticamente activa (PAR) en los árboles sin malla, siendo entre 15,7% y 62% mayor. Esta reducción podría estar relacionada con un cambio en la calidad de la luz a medida que pasa a través de la red al alterar la absorbancia, la reflectancia y la transmisión de la luz (Basile *et al.*, 2008).

En este proyecto, al analizar el efecto de la malla antipolinización (blanca con 10% sombra) sobre la radiación promedio mensual, se puede observar claramente que reduce la radiación que llega a los mandarinos (Figura 14). En ambos tipos de netting, completo y removible, la radiación es muy similar y la reducción varía entre un 15 a 20% respecto a la radiación que llega a los árboles sin malla (testigo).

Cuando se analiza la radiación que llega efectivamente al dosel de los árboles (Figura 15), se puede observar que en el caso de las plantas sin malla o aquellas que tuvieron enmallado túnel en la floración presentan niveles de radiación PAR significativamente más altos que las plantas que crecen bajo netting, ya sea completo o removible. Esta diferencia se da a distintas alturas del árbol, aunque más marcadamente a los 1,7 m.

La menor radiación PAR que llega al interior de los árboles en los sistemas de netting (completo y removible) se debe a que los árboles que crecen en estos sistemas tienen mayor desarrollo vegetativo, son más altos y más frondosos, con mayor volumen de copa (datos en capítulo IV), por lo que hay mayor sombreamiento al interior del dosel.

Tal como señalan algunos investigadores, una menor radiación incidente (por fuera del árbol) implica mayor crecimiento de brotes, por este motivo el uso de mallas estimularía un mayor crecimiento de brotes debido a que la radiación tiende a ser menor en sectores bajo cubierta.

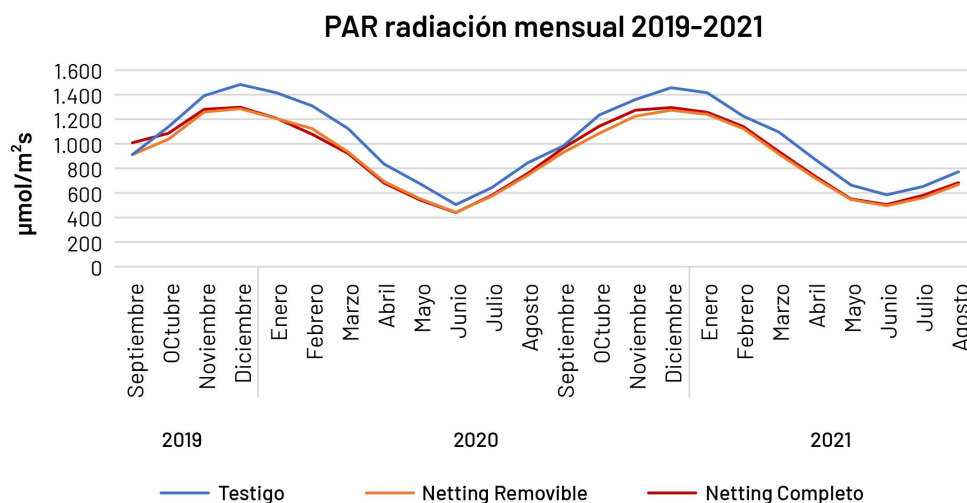


Figura 14. Radiación PAR promedio mensual ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$) en el exterior de la canopia en los sistemas de enmallado netting completo, netting removible y malla tipo túnel comparado con el Testigo (sin malla) desde septiembre 2019 a agosto 2022.

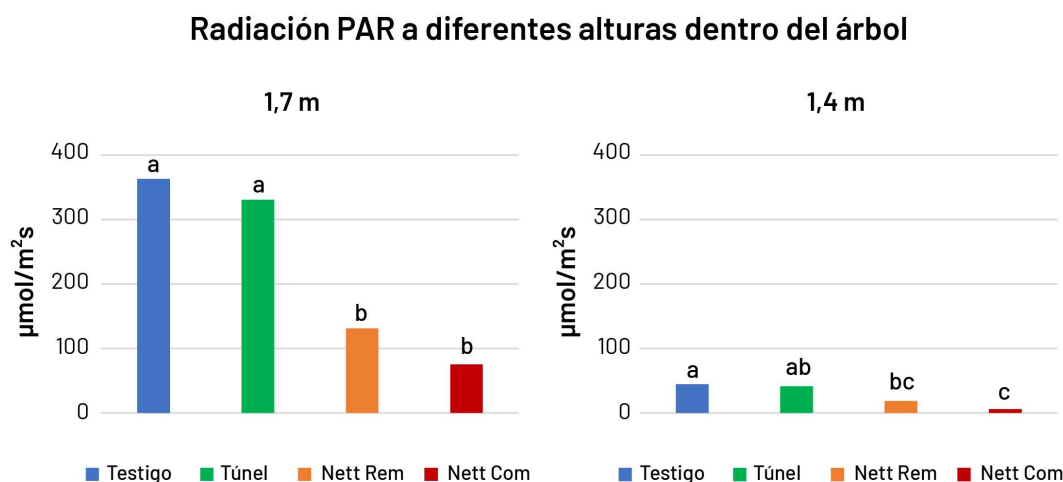


Figura 15. Radiación promedio ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$) medida a 1,7 mts y 1,4 mts de altura dentro del árbol en los sistemas de enmallado netting completo, netting removible y malla tipo túnel comparado con el Testigo (sin malla), abril 2022. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.1$ según Test de Fisher).

CAPITULO IV.

EFECTO DE LAS MALLAS SOBRE EL DESARROLLO VEGETATIVO

El crecimiento vegetativo de los árboles se ve influenciado por muchos factores, entre los que se puede destacar la temperatura, la humedad relativa, la intensidad de la luz, entre otros (Mditshwa, 2019).

Como la temperatura bajo malla tiende a ser más alta que el exterior, podría ser beneficioso para el crecimiento de brotes temprano en la temporada cuando las temperaturas son más bajas, pero también puede restringir el crecimiento cuando las temperaturas en verano son muy altas (Stamps, 1994). A su vez, la humedad relativa al ser más alta dentro de las mallas puede promover el crecimiento y fotosíntesis (Jifon y Sylvertsen, 2003). Por tanto, al igual que lo señalado por Cooper *et al.*, (1963), la temperatura y humedad relativa elevadas estimularían un mayor crecimiento en cítricos.

Por otro lado, la intensidad de la radiación también tiene relación con el crecimiento vegetativo. Una menor radiación implica mayor crecimiento de brotes (Piringer *et al.*, 1961), por este motivo el uso de mallas estimularía un mayor crecimiento debido a que la radiación tiende a ser menor en sectores bajo cubierta. Un estudio en mandarina variedad W. Murcott mostró un aumento significativo del 34% en la altura de los árboles bajo cubierta (Raveh *et al.*, 2003). Resultados similares se obtuvieron en limón Fino 49 y naranja Valencia, en donde los árboles bajo malla fueron significativamente más altos (Zhou *et al.*, (2018); García-Sánchez *et al.*, (2015)).

El aumento del crecimiento vegetativo podría relacionarse a que el uso de mallas mejora la acumulación de carbohidratos en las hojas (Raveh *et al.*, 2003). Por otro lado, el alto crecimiento puede ser relacionado a una menor tasa de fotones (menor PAR), lo que indica una cantidad de luz subóptima, lo que aumenta la síntesis de hormonas para promover su crecimiento para salir de la sombra e ir a un microclima favorable (De Wit *et al.*, 2016).

Las mediciones realizadas en el proyecto mostraron que el largo promedio de los brotes fue mayor en plantas que crecen bajo malla permanente (netting), lo que se evidenció desde el momento del establecimiento. En la Figuras 16 se muestran las mediciones realizadas durante la temporada 2020-2021 y evidencian un 32% más de crecimiento en plantas bajo malla. La reducción de la radiación al interior del enmallado claramente tiene una influencia en estimular la longitud de los brotes. En este sentido los resultados concuerdan con lo expuesto por De Wit *et al.* (2016). Es relevante considerar que todos los tratamientos bajo malla tuvieron menor radiación y mayor crecimiento respecto al testigo.

El mayor crecimiento de los brotes también se refleja en el volumen de copa de los árboles. En la figura 17 se observa que los mandarinos que crecen en ambos tipos de netting (completo y removible) tienen significativamente un mayor volumen de copa en comparación a los mandarinos que son testigos. Este mayor volumen es responsable a su vez de la menor radiación que llega al interior de los árboles en netting (capítulo III).

En la figura 18 se puede ver el mayor desarrollo de los árboles bajo netting en comparación a plantas sin mallas, en este caso mayor altura de los árboles debido al mayor crecimiento de los brotes y chupones.



Figura 16. Comparación del largo de brote en netting cerrado y Testigo en la temporada 2020-2021. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$ según Test de Student).

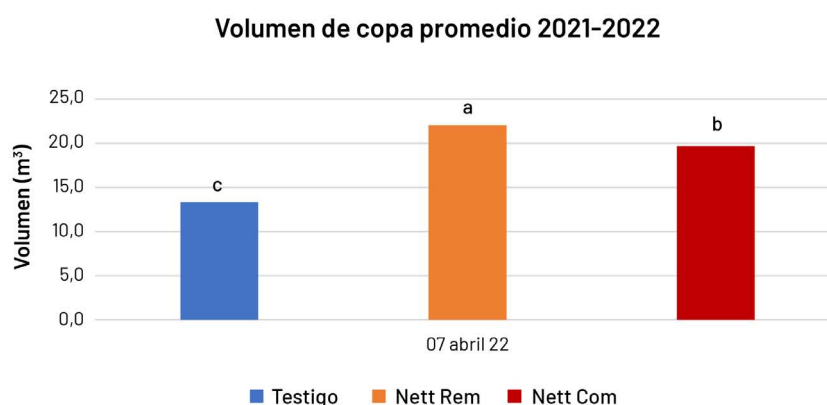


Figura 17. Volumen de copa promedio en netting cerrado, netting removable y Testigo en la temporada 2021-2022. Medición realizada el 7 de abril del 2022. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.1$ según Test de Fisher).



Figura 18. Árbol bajo netting (izquierda) muestra mayor crecimiento vegetativo en comparación a plantas sin malla (derecha), Vicuña, temporada 2021-2022.

Junto con el mayor crecimiento vegetativo de las plantas bajo netting, se observó que estas plantas en general, tienden a presentar un contenido de clorofila mayor a lo largo de la temporada (Figura 19). El microclima que se obtiene bajo las mallas crea un ambiente para la síntesis de enzimas fotosintéticas, así se incrementa el contenido de clorofila por unidad de área foliar (Manja and Anoun, 2019). Adicionalmente, el incremento de clorofila bajo mallas ha sido relacionado con el adecuado consumo neto de dióxido de carbono como resultado de la óptima temperatura y bajo déficit de presión de vapor (Zhou *et al.*, 2018). Similar comportamiento se evidencia en la primavera 2021, donde las plantas bajo netting completo presentan una mayor concentración de clorofila (Figura 20). En plantas expuestas a altas intensidades de luz, la tasa de degradación de clorofila es mayor que la tasa de síntesis, lo que provoca una disminución de la clorofila (Ilić y Fallik, 2017).

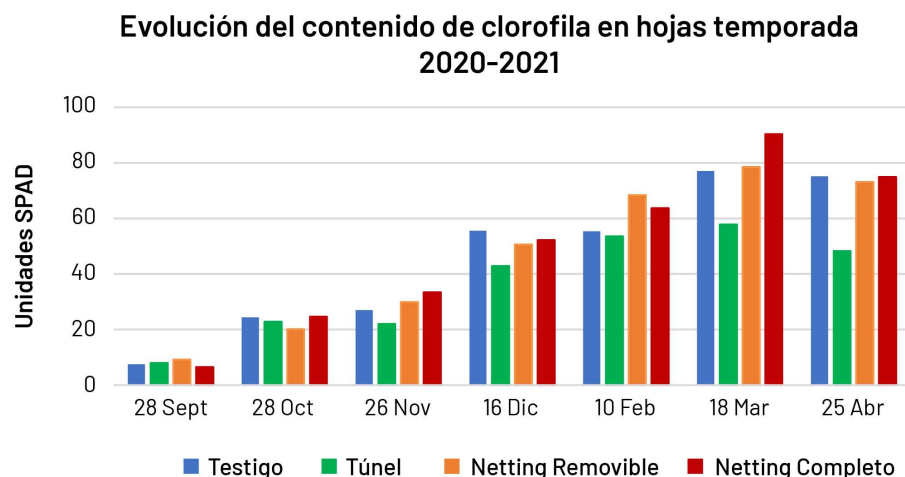


Figura 19. Unidades SPAD de Clorofila en los sistemas de enmallado netting completo, netting removible y malla tipo túnel comparado con el Testigo (sin malla) en la temporada 2020-2021 en Vicuña.

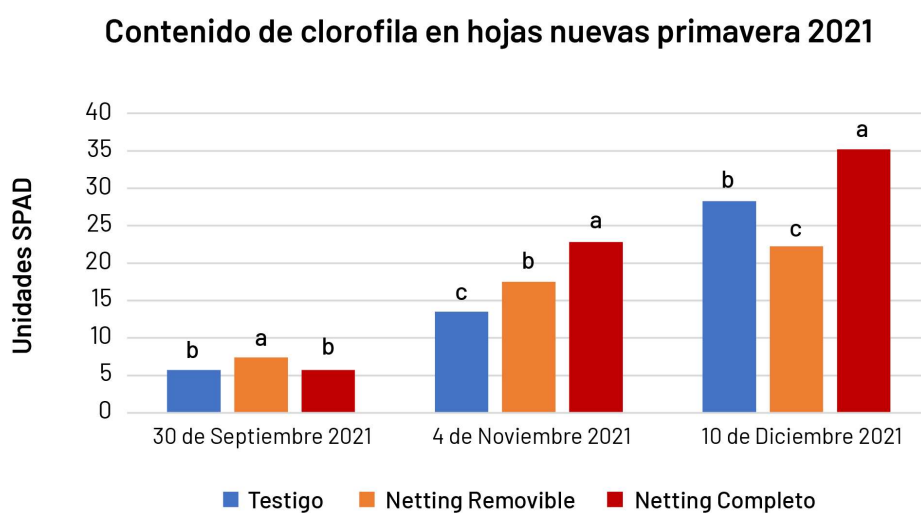


Figura 20. Unidades de Clorofila en hojas nuevas en sistemas de enmallado netting completo, netting removible y Testigo (sin malla) en la primavera 2021. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.1$ según Test de Fisher).

CAPÍTULO V.

EFECTO DE LAS MALLAS SOBRE LA PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DE LA FRUTA

PRODUCCIÓN

En la primera temporada de evaluación la cosecha del ensayo fue realizada por personal del campo debido a que el equipo técnico del proyecto no pudo participar por la pandemia. Se cosecharon hileras completas de los distintos tratamientos y los valores presentados constituyen valores promedio obtenidos de datos de producción y calibrage de packing. Se observa que el uso de mallas afectó el rendimiento total medido como kilogramos/planta (Figura 21). Las plantas que no fueron enmalladas presentaron una producción promedio de 43,7 Kg/planta, mientras que las plantas bajo netting completo tuvieron una producción total de 26,5 Kg/planta y las plantas bajo el netting removible y túnel produjeron 20,4 y 20,3 Kg/planta respectivamente. Es importante entender que esta reducción de productividad se debe al estrés que sufren las plantas adultas al ser sometidas a un nuevo sistema productivo y que claramente sólo se ve reflejado en la primera temporada en la que se utilizan las mallas.

De acuerdo a la literatura, el factor que determina el rendimiento final en los árboles bajo malla es la reducción del cuajado (Otero y Rivas, 2010). Se debe considerar que los factores que afectan la cuaja son exógenos, como acumulación de temperaturas superiores a 30 °C (Borges *et al.*, 2009) y el estrés hídrico (González -Altozano y Castell, 2003) durante la fase de división celular, los cuales promueven la abscisión, siendo más acentuado este problema en cultivares partenocárpicos en ausencia de polinización cruzada (Gravina *et al.*, 2016). Al ver las temperaturas máximas de primavera (septiembre a diciembre) del año 2019 en Vicuña, se puede establecer que estuvieron por sobre los 30 °C, con una diferencia de 1 °C entre el netting completo y el testigo (Figura 22). Esta diferencia sólo se observó entre el netting removible y el testigo en el mes de septiembre, por lo que no explicaría la reducción de producción. En nuestro caso es muy relevante considerar que, la primavera 2019 fue la primera temporada en que las plantas estuvieron con enmallado tipo netting (instalado en marzo-abril 2019), por lo que existió claramente una adaptación de las plantas al nuevo ambiente. La reducción de radiación que provocan las mallas generó un mayor crecimiento vegetativo en otoño de 2019, con un incremento del largo de brotes y aparición de chupones, factor trascendental que incide en la reducción de la inducción floral (por mayor síntesis de giberelinas) y por lo tanto en la siguiente floración.

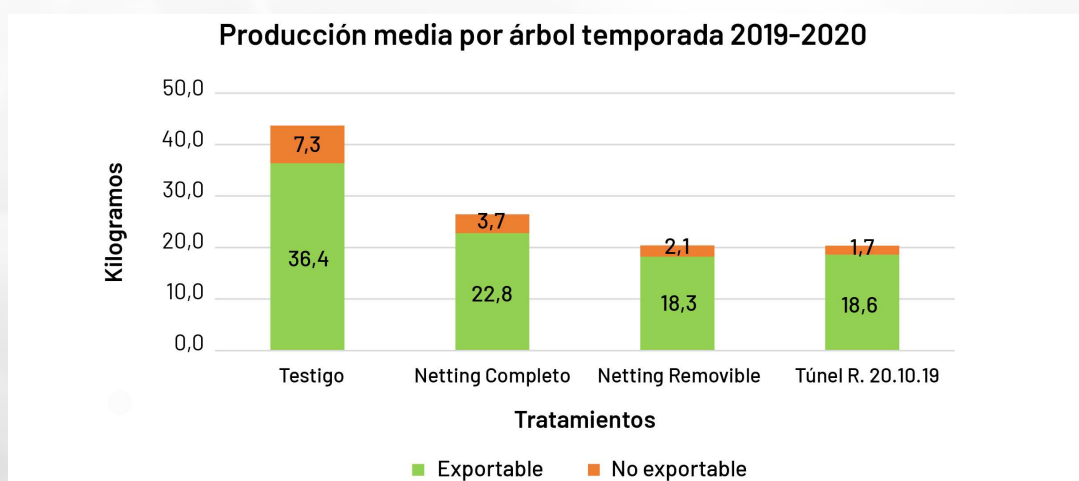


Figura 21. Producción media (Kg) por árbol en los diferentes tratamientos: Testigo, túnel, netting removible y netting cerrado, temporada 2019-2020 en Vicuña. La producción exportable considera calibres del 1XX al 5.

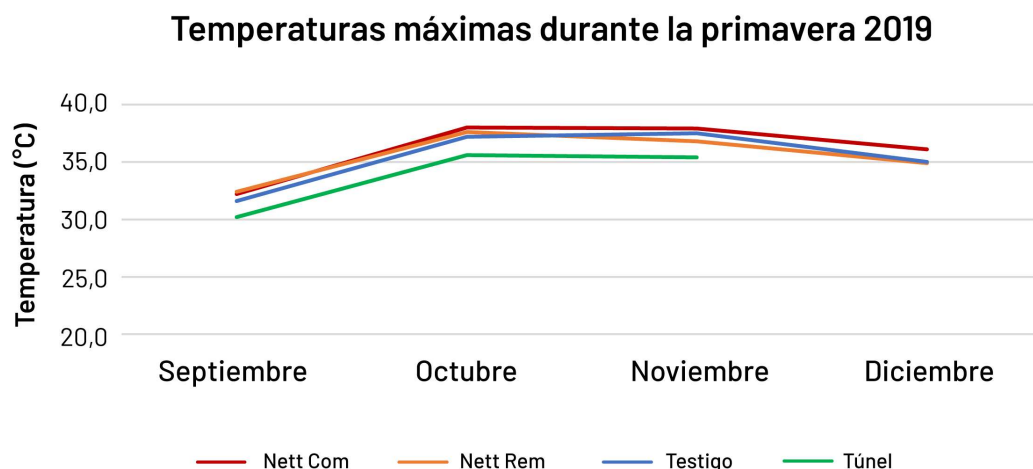


Figura 22. Temperatura máxima (°C) al interior de los sistemas de enmallado netting completo, netting removible y malla tipo túnel comparado con el Testigo (sin malla) desde septiembre a diciembre 2019 en Vicuña.

En el caso del túnel, la temperatura máxima es más baja que el testigo y los nettings (1,5 a 2 °C de diferencia), por lo que la mayor caída o aborto de flores y frutitos recién cuajados se asociarían mayoritariamente al roce que la malla ejerce sobre estas estructuras y por lo tanto, este estrés trae consigo emisión de etileno (Iglesias *et al.*, 2006) y la exacerbación de la caída al retirar la malla (Stander *et al.*, 2019). Se debe considerar además que en el túnel la eficiencia de las aplicaciones de ácido giberélico para incrementar cuaja en clementinas también se ve afectada por las mallas, tanto por la alteración de los factores ambientales como también por el impedimento físico que produce la malla.

En relación a los calibres (Tabla 1) se evidencia que el testigo obtuvo un porcentaje de fruta exportable (considerada entre los calibres 1XX al 5) del 83%, mientras que en los sistemas con malla el porcentaje exportable fue mayor, 86 a 92%. Al analizar los calibres más grandes, se observa que los dos tipos de netting concentran más de un 50% de fruta entre los calibres 1XX al 2, factor de alto impacto económico dado que hoy los mercados demandan fruta más grande y consecuentemente el precio de esta fruta es más alto.

Tabla 1. Producción promedio por planta (Kg), porcentaje de fruta exportable promedio por planta (calibres 1XX al 5) y porcentaje de kilos de fruta por planta de calibres más grandes (1XX al 2) en los diferentes tratamientos: Testigo, túnel, netting removible y netting cerrado, temporada 2019-2020 en Vicuña.

Tratamientos	TOTAL (kg)	Kg de fruta calibre 1XX al 5 (Exportable)	% Exportable	Kg de fruta calibres 1XX al 2	% Exportable calibres 1XX al 2
Testigo	43,7	36,4	83%	20,2	46,2%
Túnel	20,3	18,6	92%	9,3	45,5%
Netting Cerrado	26,5	22,8	86%	14,4	54,6%
Netting Removible	20,4	18,3	90%	52,0%	52,0%

En conclusión, cuando se instala un enmallado tipo netting en un huerto adulto de clementinas en plena producción, debe considerarse que los árboles pasarán por un período de adaptación y el productor debe estar atento a los cambios en el crecimiento y desarrollo de las plantas para adaptar sus manejos a este nuevo escenario, sobre todo en lo referido al manejo del dosel y aplicación de reguladores de crecimiento como el ácido giberélico.

Al analizar la producción de la temporada 2020-2021, la situación cambia por completo, ya que el testigo reduce significativamente la producción en relación a los sistemas con malla, producto de la alternancia propia de la especie, lo contrario ocurre con las plantas con malla que incrementan su producción (Figura 23). La producción total en ambos netting supera ligeramente los 50 kg por planta, en cambio el túnel presenta una producción de 45 kg y el testigo 33,6 kg.

Cabe mencionar que la cosecha se realizó en dos pasadas, tomado como criterio el color para desverdizado. En la primera pasada se cosechó un 31% de la fruta en el testigo y un 22% en el túnel, el resto de la fruta se cosechó 15 días después a la espera de mayor coloración. La fruta de ambos netting debió ser cosechada en su totalidad en la segunda fecha esperando un mayor desarrollo del color.

Como en la temporada 2020-2021 la exigencia en mercados internacionales se incrementó en cuanto a tamaño de la fruta, se consideró como calibre exportable desde el 1XX al 4. Tal como se esperaba, la menor producción del testigo significó un mayor porcentaje de fruta con calibre para exportación (61%), no obstante, el netting removible presentó un 57% de la fruta con calibre de exportación a pesar de tener una producción muy superior al testigo (51,4 Kg/planta) (Tabla 2). Esto también se refleja al analizar los calibres más grandes (1XX al 2), donde se mantiene que el testigo y el netting removible tienen mayor proporción de fruta con estas características.

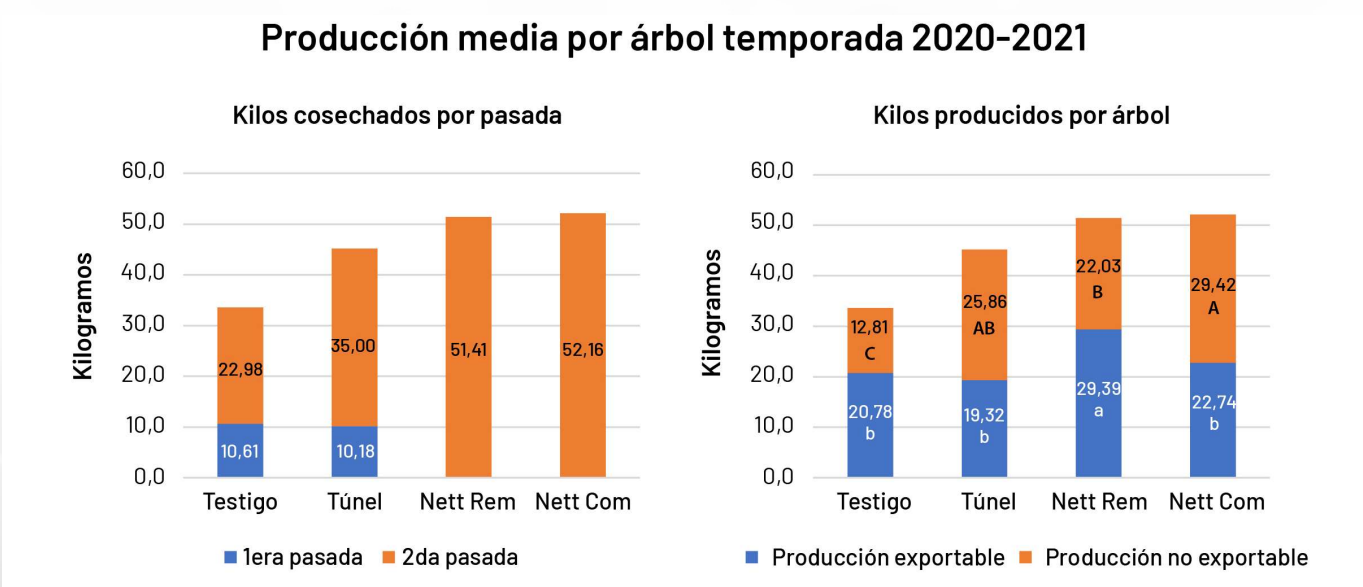


Figura 23. Producción promedio por planta temporada 2020-2021 en los diferentes tratamientos: Testigo, túnel, netting removible y netting cerrado en Vicuña. Kilos cosechados por pasadas (izquierda) y producción total (derecha). La producción exportable considera calibres del 1XX al 4. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre tratamientos en producción exportable, mientras que letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas entre tratamientos en producción no exportable ($p \leq 0.1$ según Test de Fisher).

Tabla 2. Producción promedio por planta (Kg), porcentaje de fruta exportable promedio por planta (calibres 1XX al 4) y porcentaje de kilos de fruta por planta de calibres más grandes (1XX al 2) en los diferentes tratamientos: Testigo, túnel, netting removible y netting cerrado, temporada 2020-2021 en Vicuña.

Tratamientos	TOTAL (kg)	Kg de fruta calibre 1XX al 4 (Exportable)	% Exportable	Kg de fruta calibres 1XX al 2	% Exportable calibres 1XX al 2
Testigo	33,6	20,78	61,8%	5,67	16,9%
Túnel	45,2	19,32	42,8%	4,22	9,3%
Netting Cerrado	52,1	22,74	43,6%	4,29	8,2%
Netting Removible	51,4	29,39	57,2%	6,17	12,0%

Las temperaturas máximas durante la primavera 2020 fueron 2 °C menor que la temporada anterior y nuevamente el testigo estuvo por debajo de los sistemas de enmallado tipo netting (Figura 24). También se puede observar que las temperaturas máximas van disminuyendo hacia diciembre, lo que implicaría un menor estrés para las plantas y menor caída fisiológica. La menor temperatura significó también menor acumulación térmica, lo que se tradujo, en general, que fuera un año con frutos de calibres más pequeños. En el enmallado tipo túnel, se mantiene la tendencia de una temperatura máxima más moderada que los nettings y que el testigo, por lo que no sería limitante en el cuajado de frutos.

Finalmente durante la tercera temporada de evaluación, se puede observar que las plantas testigo incrementan su producción y los sistemas con malla la reducen debido a la alternancia productiva (Figura 25).

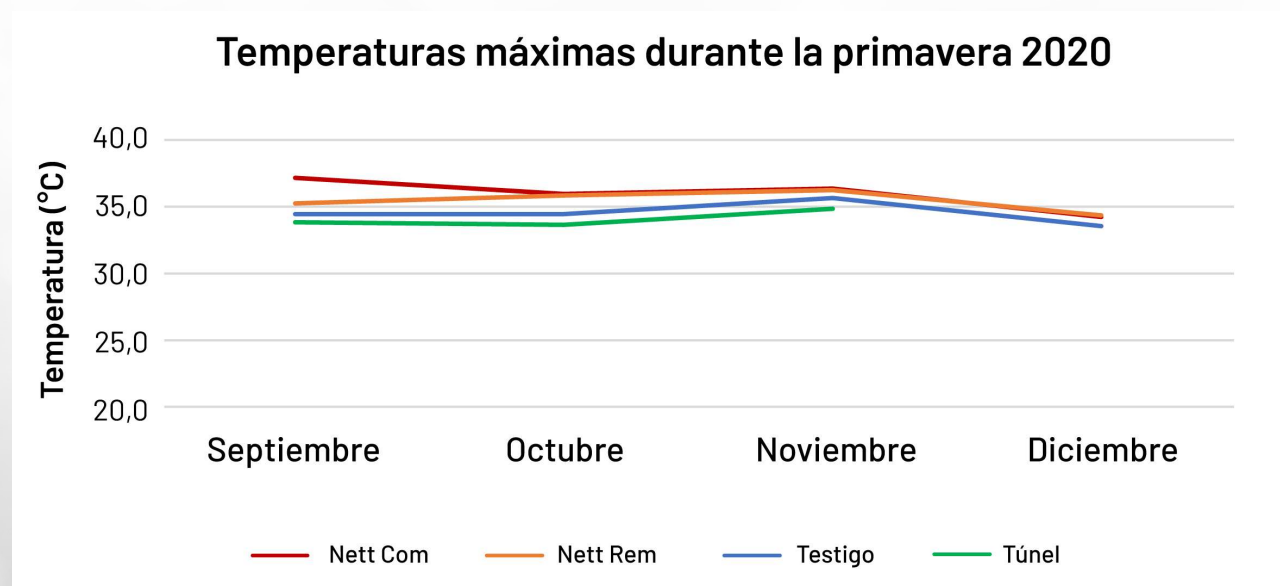


Figura 24. Temperatura máxima (°C) al interior de los sistemas de enmallado netting completo, netting removible y malla tipo túnel comparado con el Testigo (sin malla) desde septiembre a diciembre 2020 en Vicuña.

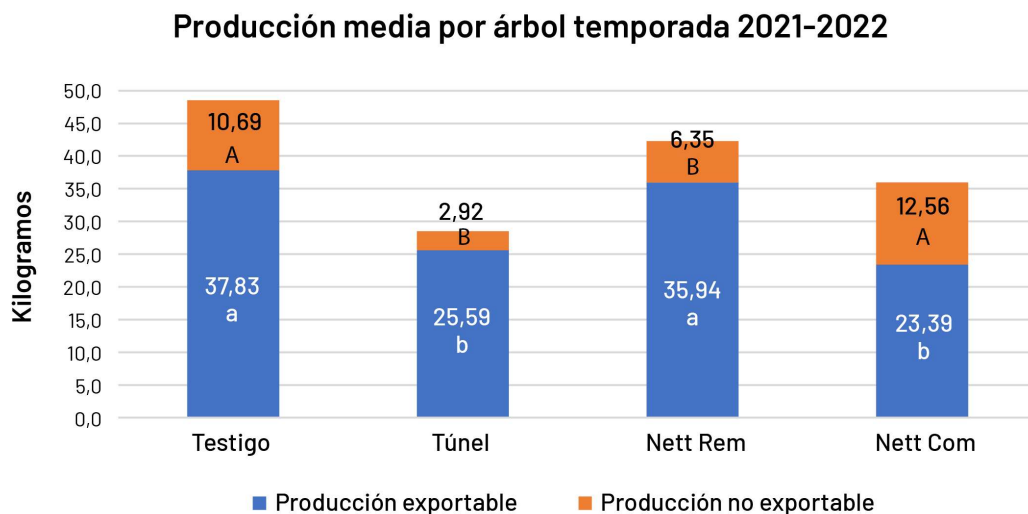


Figura 25. Producción media (Kg) por árbol en los diferentes tratamientos: Testigo, túnel, netting removible y netting cerrado, temporada 2021-2022 en Vicuña. La producción exportable considera calibres del IXX al 4. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre tratamientos en producción exportable, mientras que letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas entre tratamientos en producción no exportable ($p \leq 0.1$ según Test de Fisher).

La menor productividad fue obtenida en las plantas bajo túnel, influenciada por el añerismo y por el efecto estresante de la malla sobre los árboles. Nuevamente las temperaturas máximas entre floración y cuaja son menores que en los otros tratamientos, lo que no sería una condicionante de reducción de producción. En el caso de la netting completo, la menor producción en comparación al netting removible y testigo podría deberse al efecto de las altas temperaturas (máximas) alcanzadas entre floración y cuaja, las que podrían haber intensificado el aborto de flores y frutitos (Figura 26).

En relación a los calibres, netting removible y túnel presentan la mayor proporción de fruta con calibre de exportación (1XX al 4) y también los calibres más grandes (1XX al 2). En el caso del netting completo, hay una menor producción total pero también hay una menor proporción de calibres para exportación.

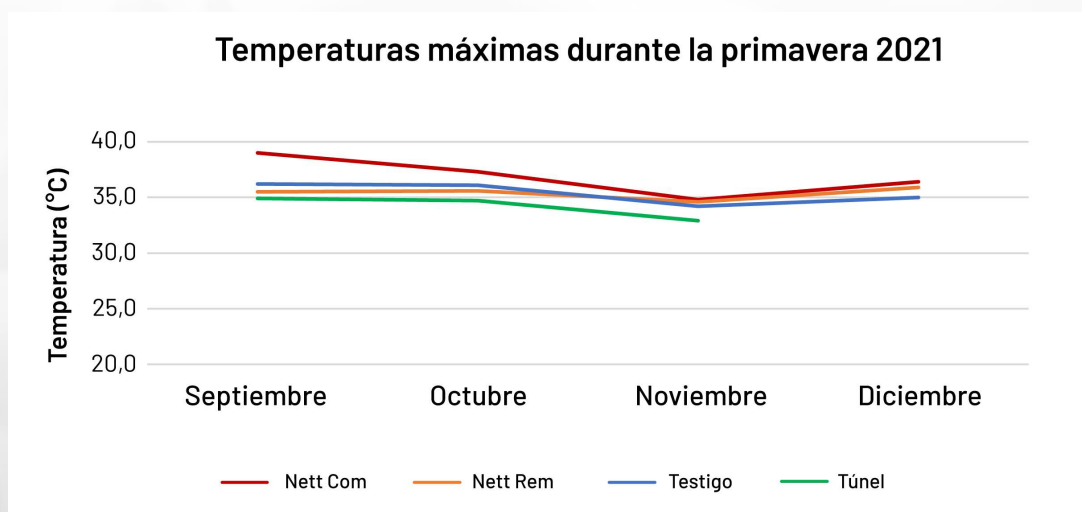


Figura 26. Temperatura máxima (°C) al interior de los sistemas de enmallado netting completo, netting removible y malla tipo túnel comparado con el Testigo (sin malla) desde septiembre a diciembre 2021 en Vicuña.

Si bien Testigo y netting removible presentan los mejores niveles productivos, este último se presenta como una opción más interesante dado su alta proporción de calibres superiores a 2 (Tabla 3).

Finalmente si hace una comparación de la producción acumulada en las 3 temporadas de evaluación, se observa que las plantas sin enmallado presentan la mayor producción promedio por planta, seguido de ambos tipos de netting y el enmallado túnel con la producción más baja. Si la producción acumulada considerara sólo la temporada 2 y temporada 3, debido a que en la temporada 1 hubo un proceso de adaptación de las plantas a los distintos sistemas, se observa que el netting completo y el netting removible producen un 7% y un 14% más que el testigo respectivamente. En el caso del enmallado túnel, éste produce un 11% menos que el testigo (Tabla 4)

Al hacer el mismo análisis anterior pero considerando la producción exportable, es decir, la que considera los calibres que efectivamente se pueden exportar, se observa que en el acumulado de las 3 temporadas las plantas sin enmallado presentan la mayor producción exportable promedio por planta, seguido por netting removible, netting completo y finalmente el enmallado túnel. Al considerar sólo la temporada 2 y 3, netting removible presenta la mejor producción exportable seguido del testigo (Tabla 5). Se debe considerar además que la fruta de las plantas testigo siempre presentarán mayor crecimiento de fruto producto de la presencia de semillas.

Tabla 3. Producción promedio por planta (Kg), porcentaje de fruta exportable promedio por planta (calibres 1XX al 4) y porcentaje de kilos de fruta por planta de calibres más grandes (1XX al 2) en los diferentes tratamientos: Testigo, túnel, netting removible y netting cerrado, temporada 2021-2022 en Vicuña.

Tratamientos	TOTAL (kg)	Kg de fruta calibre 1XX al 4 (Exportable)	% Exportable	Kg de fruta calibres 1XX al 2	% Exportable calibres 1XX al 2
Testigo	48,51	37,83	78,0%	14,06	29,0%
Túnel	28,52	25,59	89,7%	17,10	60,0%
Netting Cerrado	35,95	23,39	65,1%	5,45	15,2%
Netting Removible	42,30	35,94	85,0%	17,70	41,9%

Tabla 4. Producción total media por árbol en kilogramos para los tratamientos Testigo, netting cerrado, netting removible y túnel por temporada y acumulada.

Tratamientos	2019-2020 (T1)	2020-2021 (T2)	2021-2022 (T3)	Total T1 + T2 + T3	Total T2 + T3
Testigo	43,7	33,6	48,5	125,8	82,1
Túnel	20,3	45,2	28,5	94,0	73,7
Netting Cerrado	26,5	52,1	35,9	114,5	88,0
Netting Removible	20,4	51,4	42,3	114,1	93,7

Tabla 5. Producción media exportable (calibres 1XX al 2) media por árbol en kilogramos para los tratamientos Testigo, netting cerrado, netting removible y túnel por temporada y acumulada.

Tratamientos	2019-2020 (T1)	2020-2021 (T2)	2021-2022 (T3)	Total T1 + T2 + T3	Total T2 + T3
Testigo	36,4	20,8	37,8	95,0	58,6
Túnel	18,6	19,3	25,5	63,4	44,8
Netting Cerrado	22,8	22,7	23,3	68,8	46,0
Netting Removible	18,3	29,3	35,9	83,5	65,2

Varios autores (Beltrán *et al.*, 2019; Gambetta *et al.*, 2013; Gravina *et al.*, 2016; Otero y Rivas, 2017) han reportado que los árboles cubiertos con malla suelen presentar bajos rendimientos, evidenciado en estudios que comparan distintas estrategias para reducir la presencia de semillas. Por otro lado, también se ha descrito un aumento de la producción como resultado de la protección de las mallas contra los eventos climáticos, como los granizos, viento y daños por sol (Kiprijanovski *et al.*, 2016).

Si bien las plantas sin enmallar presentan la producción acumulada de tres temporadas más alta, se debe considerar que es fruta con semillas y que por lo tanto, pierde valor comercial. En nuestro caso, los sistemas de enmallado tipo netting se presentan como una alternativa viable y eficaz para controlar la contaminación por semillas sin afectar la productividad, siendo el netting removible el mejor.

CALIDAD

Para la cosecha 2020 (Tabla 6), se observa que tanto el testigo como el túnel presentan fruta con mayor coloración, siendo ambos significativamente mayor que el netting removible. Si bien no existen diferencias estadísticas con el netting completo, el análisis muestra también menor coloración en este tratamiento. Estos resultados corroborarían lo mencionado en la bibliografía por algunos autores que señalan que la menor radiación solar en los tratamientos bajo malla disminuiría el desarrollo de color (Arenas *et al.*, 2016).

No obstante lo anterior, se debe tener en cuenta que el tipo de malla y el porcentaje de sombra están estrechamente relacionados al color de las frutas, pudiendo estos acentuar o suprimir la coloración (Chang, *et al.*, 2016).

El espesor de cáscara fue mayor en los enmallados tipo netting, probablemente debido a la menor productividad de estos tratamientos y a la influencia del desarrollo vegetativo mayor que tuvieron los **árboles posterior a la instalación de la malla**. Los frutos de árboles más vigorizados tienden a ser más grandes y de cáscara más gruesa. Otro parámetro que presentó diferencias entre tratamientos fue el contenido de sólidos solubles, siendo mayor en el testigo y en el netting completo y más bajo en el netting removible, no mostrando ninguna tendencia clara de la influencia de las mallas en este parámetro. El porcentaje de jugo y la acidez no presentaron diferencias entre tratamientos.

Tabla 6. Parámetros de calidad analizados en frutos provenientes de los tratamientos Testigo, netting cerrado, netting removible y túnel en clementina Orogrande cosechados en mayo de 2020.

Tratamientos	Color ICC	Espesor cáscara (mm)	Jugo (%)	Sólidos Solubles (°Brix)	Acidez (%)	Relac. SS/Ac	Semillas /Fruto
Testigo	-6,45 a	2,72 b	51,25 a	9,53 a	0,99 a	9,7 a	0,24 a
Túnel	-6,18 a	2,75 b	49,22 a	9,32 b	0,98 a	9,6 a	0,0 b
Netting Cerrado	-7,03 ab	2,83 ab	53,03 a	9,71 a	1,01 a	9,7 a	0,0 b
Netting Removible	-7,28 b	2,98 a	49,45 a	9,06 c	1,01 a	9,0 b	0,0 b

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.1$ según Test de Fisher).

En cuanto al número de semillas, como era esperable el testigo sin enmallar presentó semillas con un valor de 0,24 semillas/fruto o 24 semillas cada 100 frutos, quedando fuera de la norma de comercialización.

Para la cosecha 2021 se presentan los datos del análisis de calidad de la segunda pasada (Tabla 7). En el caso de la coloración de los frutos el netting removible presenta un valor significativamente mayor, aunque en términos prácticos el color de los frutos es similar en todos los tratamientos.

Un parámetro importante de señalar es el índice de russet, se muestra que la fruta bajo ambos tipos de netting presenta menos daño que la fruta del testigo y del túnel, lo que se debería a la mayor protección del daño por viento que ejercen los netting durante la primavera, época donde se inicia el daño por viento.

Tabla 7. Parámetros de calidad analizados en frutos provenientes de los tratamientos Testigo, netting cerrado, netting removible y túnel en clementina Orogrande cosechados en junio de 2021 (segunda pasada).

Tratamientos	Color (1-8)	Russet	Jugo (%)	Sólidos Solubles (°Brix)	Acidez (%)	Relac. SS/Ac	Semillas /Fruto
Testigo	5,71 b	0,82 a	53,3	10,4	1,12	9,59	1 a
Túnel	5,92 b	0,89 a	51,0	10,5	1,08	9,80	0 b
Netting Cerrado	5,84 b	0,40 b	51,3	9,8	1,38	8,75	0 b
Netting Removible	6,33 a	0,46 b	51,8	10,2	1,36	9,83	0 b

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.1$ según Test de Fisher).

En relación a los parámetros de calidad interna, no hubo diferencias significativas en el contenido de jugo, sólidos solubles ni en el porcentaje de acidez, aunque los brix fueron levemente menor y la acidez mayor en los sistemas de netting, lo que refleja una madurez interna más retrasada respecto al testigo y túnel. Esto podría estar asociado a la reducción de la temperatura media en los sistemas de netting a partir del mes de abril, época en que se están acumulando los azúcares y metabolizando los ácidos orgánicos.

Al igual que la temporada anterior, el testigo sin enmallar presentó semillas con un valor de 1 semillas/fruto o 100 semillas cada 100 frutos.

Para la cosecha 2022 también se presentan los datos del análisis de calidad de la segunda pasada (Tabla 8). En el caso de la coloración de los frutos ésta fue similar en todos los tratamientos. El índice de russet se mantuvo más bajo en el netting completo seguido por el testigo y netting removible, en el caso del túnel, nuevamente presenta el valor más alto, esto debido al daño que ocasiona al estar en contacto la malla con los frutitos de la periferia del árbol.

En relación a los parámetros de calidad interna, se observa que el porcentaje de jugo fue significativamente menor el túnel, pero sólo producto del azar de la cosecha, ya que no existe una tendencia de comportamiento distinto de este tratamiento en los otros parámetros evaluados. Al analizar los sólidos solubles, el menor valor se presenta en el netting removible, probablemente asociado a la mayor producción en comparación al netting completo.

Tabla 8. Parámetros de calidad analizados en frutos provenientes de los tratamientos Testigo, netting cerrado, netting removible y túnel en clementina Orogrande cosechados en junio de 2022 (segunda pasada).

Tratamientos	Color (1-8)	Russet	Jugo (%)	Sólidos Solubles (°Brix)	Acidez (%)	Relac. SS/Ac	Semillas /Fruto
Testigo	5,6	0,4 b	45,3 c	11,6 a	1,11	10,5	1,2 a
Túnel	5,6	0,8 a	36,2 a	11,3 a	1,02	11,2	0,1 b
Netting Cerrado	5,7	0,2 c	43,9 bc	11,3 a	1,12	10,1	0,0 b
Netting Removible	5,2	0,5 b	42,8 b	10,8 b	1,05	10,4	0,0 b

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.1$ según Test de Fisher).

CAPÍTULO VI.

CONSIDERACIONES PARA LA INSTALACIÓN DE MALLAS ANTIPOLINIZACIÓN

La instalación de mallas antipolinización requiere de una inversión y de gastos operacionales permanentes en el huerto. El costo del sistema de enmallado dependerá de varios factores, como por ejemplo el tipo de enmallado (túnel o netting), malla (antipolinización, anti granizo, cortaviento, etc), pendiente del predio, entre otros.

ENMALLADO TIPO NETTING:

Para el enmallado tipo netting, el costo oscila entre USD 12.000 a USD 18.000 por hectárea. Esto dependerá del tipo de malla a utilizar y del tipo de infraestructura (altura del netting, tipo de postes, alambrado, etc). Se debe considerar mantención anual de la malla por posibles roturas. Este sistema es recomendado para terrenos planos o con pendiente leve a moderada, dependerá de la factibilidad de instalar la infraestructura y capacidad de realizar las labores del huerto dentro del enmallado.

ENMALLADO TIPO TÚNEL:

El costo asociado a la instalación de mallas tipo túnel dependerá de la pendiente del terreno, relieve y de la maquinaria a utilizar. En el proyecto se identificaron 3 escenarios que correspondieron a: sectores planos, laderas (sectores con pendiente) y terrazas. En las zonas planas y laderas la malla se instala con la máquina diseñada para este fin, el tiempo y eficiencia dependerán de la pendiente y relieve del huerto. En zonas con terrazas, a pesar de ser relativamente planas, tienen difícil acceso a maquinaria debido a la pendiente en los caminos y a la anchura de la terraza, por lo cual la instalación de túneles se realiza de forma manual.

En relación a la maquinaria, hoy existen en Chile varios modelos de fabricación local que han reemplazado a las máquinas importadas que tenían un valor más elevado. Lo importante es que la máquina esté diseñada para el tipo y anchura del carrete de malla que se utilice.

A continuación se presenta un resumen del costo aproximado que tendría el uso de enmallado tipo túnel:

Para inversión se debe considerar:

Malla	USD 0.2212 /m ² USD 1.061 por rollo de 12 m ancho x 400 m largo
Máquina para instalar malla	USD 12.000 a USD 20.000 dependiendo del origen

Operatividad:

Tipo de terreno	Rendimiento	Costo instalación	Costo diario
Plano (pendiente hasta 8%)	2 a 3 ha/día *	USD 200 /ha	USD 400 – USD 600
Ladera (pendiente entre 8 - 15% aprox)	1,5 a 2 ha/día	USD 250/ha	USD 3.750 – USD 500
Terrazas	1,5 a 2 ha/día	USD 250/ha	USD 3.750 – USD 500

*Rendimiento se calculó en base a instalación en plano, con un rendimiento de 12,9 metros lineales/minutos o 6,5 árboles por minuto (marco de plantación de 5x2 m)

El costo de instalación de la malla contempla un equipo de 2 a 4 personas que acompañan al operatorio del tractor, realizando las labores de instalación y aporcado de la malla para evitar la entrada de abejas por la parte baja de las mallas. En forma paralela se requiere de un equipo de 2 a 4 personas más que repasa los túneles reparando cualquier abertura en la malla. Además se considera el tractorista, operario de la máquina y costo asociado al uso del tractor (Figura 27).



Figura 27. Máquina para instalar malla con doble carrete (izquierda). Rotura de mallas que debe repararse previo inicio de la floración (derecha).



Al instalar las mallas se debe tener en cuenta que debe quedar 1 a 2 metros de malla libre al final de la hilera, esto con el propósito que la máquina pueda insertarla en el carrete fácilmente cuando sea el momento de retirarla del campo.

Una vez que la malla está sobre los árboles se debe aporcar firmemente, ya sea con tierra o algún tipo de sujeción externa, para evitar que la malla se levante. Cuando la malla se suelta y hay viento, ésta puede volarse y dejar los árboles descubiertos. También al soltarse deja espacio a la entrada de abejas. En ambos casos se puede producir polinización cruzada y formación de semillas.



¿Dónde guardar la malla después de removerla?

Se debe considerar dentro de las instalaciones del campo un lugar de almacenaje de los rollos de malla, idealmente protegido contra roedores y contra la radiación UV, ya que la malla tiene una duración limitada y mientras más se exponga a la radiación, más rápido cumplirá su vida útil



Las mallas pueden provocar daño por russet a la fruta que está más hacia la periferia del árbol, debido al roce de la malla sobre la superficie del fruto. Además el roce permanente genera estrés, incrementando el nivel de etileno favoreciendo la caída de frutitos recién cuajados. Se recomienda mantener los árboles bien podados para incrementar la fruta al interior del árbol.



CONCLUSIONES

Actualmente el uso de mallas es la estrategia más efectiva para evitar la polinización cruzada en mandarinas. Se elimina o reduce el número de semillas por fruto aumentando su valor comercial. Sin embargo, se debe considerar que el uso de la malla influye sobre el desarrollo y productividad de la planta. El efecto dependerá del tipo de enmallado (netting o túnel) y del tipo de malla (antipolinización, anti granizo, cortaviento, etc).

El enmallado tipo netting produce cambios en el microclima, como reducción de la radiación, aumento de la humedad relativa y hace las temperaturas más extremas (más altas en verano y más bajas en invierno), lo que conlleva a un incremento del desarrollo vegetativo, modificación de la fenología y cambios a nivel productivo y de calidad de los frutos. En este sentido, el uso de netting con paredes removibles reduce el efecto de la malla sobre las variables ambientales debido a la mayor ventilación entre árboles.

Bajo las condiciones de nuestro estudio, ambos sistemas de netting pueden incrementar la productividad total del huerto, siendo el netting removible el que presenta la mayor proporción de calibres para exportación.

En relación a la calidad de la fruta, el índice de madurez tiende a retrasarse en estos sistemas, retrasando levemente el desarrollo del color y retrasando la degradación de la acidez. Ambos factores de calidad pueden ser mejorados al manejar el mayor vigor del árbol.

La instalación de un enmallado tipo netting en un huerto adulto de clementinas en plena producción, produce una respuesta de mayor crecimiento en las plantas, por lo que se debe considerar un período de adaptación de las mismas y de los manejos bajo este nuevo escenario, sobre todo en lo referido al manejo del dosel. El huerto tiende a un equilibrio en los años posteriores a la instalación de la malla y puede reducir incluso la alternancia productiva propia de la especie.

El enmallado túnel no genera cambios sustanciales en el microclima, debido a la corta permanencia de la malla en el huerto. Durante el período que cubre los árboles reduce la temperatura al interior del dosel, lo que podría ser beneficioso cuando las temperaturas primaverales sobrepasan los 30 °C, y de cuidado cuando la primavera es fría, ya que podría reducir la acumulación de calor y por lo tanto interferiría en los proceso de división celular.

Bajo las condiciones del ensayo, el enmallado tipo túnel tiende a reducir la productividad del huerto entre un 10 a 30% si se compara con un testigo sin enmallar o con netting removible respectivamente. La menor productividad estaría asociada a la menor eficiencia de las aplicaciones de ácido giberélico para incrementar cuaja (esencial en clementinas) debido al impedimento físico que produce la malla y a la mayor caída o aborto de flores y frutitos recién cuajados por el roce que la malla ejerce sobre estas estructuras. Por lo tanto, se debe trabajar en la eficiencia de las aplicaciones y no retrasar el sacado de la malla una vez que ha pasado la floración, a fin de evitar el aborto excesivo de frutitos. Este método es el que se debe utilizar en condiciones donde el netting no se pueda instalar.

Por lo tanto, en base a las evidencias de este estudio, se recomienda el uso de netting removible como sistema de control de la polinización cruzada en clementinas.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Arena, C., Tsonev, T., Doneva, D., De Micco, V., Michelozzi, M., Brunetti, C., Centritto, M., Fineschi, S., Velikova, V., Loreto, F.** (2016). The effect of light quality on growth, photosynthesis, leaf anatomy and volatile isoprenoids of a monoterpene-emitting hennipaceous species (*Solanum lycopersicum* L.), an isoprene-emitting tree (*Platanus orientalis* L.) Environ, Exp. Bot. 130, 122-132.
- Basile, B., Romano, T., Giaccone, M., Barlotti, E., Colonna, V., Cirillo, C., Shahak, U., Forlani, M.** (2008). Use of photo-selective nets for hail protection of kiwifruit vines in southern Italy. Acta Hort. 770, 185-192.
- Beltrán, R., Garmendia, A., & Garmendia, F.** (2019). Uso de repelentes de insectos para reducir la cantidad de semillas en la mandarina "Nadorcott". Research Gate.
- Bono, R., Soler, J., Buj, A.** (2000). Parámetros de calidad de los cítricos. El problema de las semillas. Comunidad Valenciana Agraria, 16, 7-15.
- Borges, A.; Da Cunha Barros, M.; Pardo, E.; García, M.; Franco, J.; Gravina, A.** (2009). Cuajado de frutos en tangor 'Ortanique' en respuesta a la polinización y a distintas situaciones de estrés ambiental. Agrociencia. 13(1): 7-18.
- Chang, P., Cheng-Chia Hsieh, Yi-Lu Jiang.** (2016). Responses of 'Shih Huo Chuan' pitaya (*Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britt. & Rose) to different degrees of shading nets. Scientia Horticulturae 198:154-162.
- Cooper, W.C., A. Peynado, J.R. Furr, R.H. Hilgeman, G.A. Cahoon, and S.B. Boswell.** (1963). Tree growth and fruit quality of Valencia oranges in relation to climate. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 82:180-192.
- De Wit, M., Falvao, V.C., Fanhauser, C.** (2016). Light-mediated hormonal regulation of plant growth and development. Annu. Rev. Plant Biol. 67, 513-537.
- Durán E., Ángel Y. y Suárez J. (2015).** Dinámica de la radiación fotosintéticamente activa en arreglos agroforestales con *Hevea brasiliensis* en el norte de la Amazona colombiana. Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica 18 (2), 365-372
- Elad, Y., Messika, Y., Brand, M., David, D.R. & Szejnberg, A.** (2007). Effect of colored shade nets on pepper powdery mildew (*Leveillula taurica*) Phytoparasitica 35 285-299.
- Fasiolo, A., Rey, F.** (2013). Contribución al conocimiento de la biología reproductiva de la mandarina "Afourer" (*Citrus reticulata* Blanco). Tesis de Maestría. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay.
- Gambetta G., Gravina A., Fasiolo C., Fornero C.** (2013). Self-incompatibility, parthenocarpy and reduction of seed presence in 'Afourer' mandarin. Scientia Horticulturae, 164, 183-188.
- García-Sánchez, F., Simón, O., Lidón, V., Manera, F.J., Simón-Grao, S., Pérez-Pérez, J.G., Gimeno, V.** (2015). Shade screen increases

the vegetative growth but not the production in 'Fino 49' lemon trees grafted on *Citrus Macrophylla* and *Citrus aurantium* L. Sci. Hortic. 194, 175-180.

González-Altozano P., Castel J. (2003). Riego deficitario controlado en 'Clementina de Nules'. I. Efectos sobre la producción y la calidad de la fruta. Spanish Journal Of Agricultural Research, 2, 81-92.

Gravina A., Gambetta G., Rey F., Guimaraes N. (2016). Mejora de la productividad en mandarina Afourer en aislamiento de polinización cruzada. Agrociencia Uruguay 20: 22-28.

Iglesias, I., Alegre, S. (2006). The effect of anti-hail nets on fruit protection, radiation, temperature, quality and profitability of "Mondial Gala" apples. J. Appl. Hortic. 8, 91-100.

Ilic, Z., & Fallik, E. (2017). Light quality manipulation improves vegetable quality at harvest and postharvest: A review. Environmental and Experimental Botany.

Jifon, J. L., Sylvertsen, J.P. (2003). Moderate shade can increase net gas Exchange and reduce photoinhibition in citrus leaves. Tree Physiol. 23, 119-127.

Kiprijanovski, M.; Gjamovski, V.; Arsov, T. (2016). The effects of anti-hail net in protection of pear orchard after hailstorm occurrence. Acta Hortic. 1139, 529-534

Mahmood, A., Hu, Y., Tanny, J., Asante, E.A. (2018). Effects of shading and insect-proof screens on crop microclimate and production: a review of recent advances. Sci Hortic. 241, 241-251.

Manja, K., Aoun, M. (2019). The use of nets for tree fruit crops and their impact in the production: a review. Sci. Hortic. 246, 110-122.

Mditshwa, A., Magwaza, L. and Tesfay, S. (2019). Shade netting on subtropical fruit: Effect on environmental conditions, tree physiology and fruit quality. Scientia Horticulturae, 256, p.108556.

Mesejo, C., S. Rosito, C. Reig, A. Martínez-Fuentes, and M. Agustí. (2012). Synthetic auxin 3,5,6-TPA provokes citrus clementina (Hort. ex Tan) fruitlet abscission by reducing photosynthate availability. J. plant growth regulat. 31(2):186-194.

Mesejo, C., Yuste, R., Martinez-Fuentes, A., Reig, C., Iglesias, D., Primo-Millo, E., Agustí, M. (2013). Self-pollination and parthenocarpic ability in developing ovaries of self-incompatible Clementine mandarins (*Citrus clementina*). Physiologia Plantarum, 148(1), 87-96

Otero A., Rivas F. (2017). Field spatial pattern of seedy fruit and techniques to improve yield on 'Afourer' mandarin. Scientia Horticulturae, 225, 264-270.

Otero A., Rivas F. (2010). Producción de semillas y métodos de control en el tangor 'Afourer' en el litoral norte de Uruguay [Cd-Rom]. En: III Simposio Investigación y desarrollo tecnológico en Citrus; 15 - 17 noviembre, 2010; Salto, Uruguay. Montevideo: Facultad de Agronomía. Universidad de la República. pp. 96 - 99.

Pérez, M., B.M. Plaza, S. Jiménez, M.T. Lao, J. Barbero, and J.L. Bosch. (2006). The radiation spectrum through ornamental net houses and its impact on the climate generated. Intl.Symp. Greenhouse Cooling 719:631-636.

Piringer, A.A., R.J. Downs and H.A. Borthwick. (1961). Effects of photoperiod and kind of supplemental light on the growth of three species of citrus and *Poncirus trifoliata*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci Vol. 77:202-210.

Pons, J.; Pastor, J.; Polls, M.; Reverter, A.J. (1995 y 1996). Polinización cruzada en cítricos I, II, III. Levante Agrícola.

Raveh, E., S. Cohen, T. Raz, D. Yakir, A. Grava, and E.E. Goldschmidt. (2003). Increased growth of young citrus trees under reduced radiation load in a semi-arid climate. J. Expt. Bot. 54(381):365-373.

Shahak, Y., Gussakovsky, E.E., Fal, E., Ganelevin, R. (2004). Color Nets: crop protection and light-quality manipulation in one technology. Acta Hortic. 659, 143-151.

Stamps, R.H. (1994). Evapotranspiration and nitrogen leaching during leatherleaf fern production in shadehouses. SJRWMD Spec. Publ. SJ94-SP10. St. Johns River Water Management District, Palatka, FL.

Stamps, R.H. (2009). Use of Colored Shade Netting in Horticulture. HortScience 44 (2): 239-241

Stander, P.J Ocker, North, J. Van Niekerk, J.M., Van Wyk, T., Love, C., Gilbert, M. (2019). Influence of Nonpermanent netting on foliar spray deposition, insect pest prevalence and production of “Nadorcott” mandarin (*Citrus reticulata*). HortScience 54(4):667-675.

Tinyanne, P.P., Soundy, P., Sivakumar, D. (2018). Growing ‘Hass’ avocado fruit under different coloured shade netting improves the marketable yield and affects fruit ripening. Sci. Hortic. 230, 43-49.

Vardi, A., Levin, I. and Carmi, N. (2008) Induction of Seedlessness in Citrus: From Classical Techniques to Emerging Biotechnological Approaches. Journal of the American Society for Horticultural Science, 133, 117-126.

Zhou, K., Jerszurki, D., Sadka, A., Shlizerman, L., Rachmmilevitch, S., Ephrath, J. (2018). Effects of photoselective netting on root growth and development of younh grafted Orange tres under semi.arid climate. Sci. Hortic. 238, 272-280.

MANUAL TÉCNICO

USO DE MALLAS ANTIPOLINIZACIÓN EN MANDARINAS



FACULTAD DE AGRONOMÍA
E INGENIERÍA FORESTAL
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE



Comité de
**Cítricos
Chile**



Proyecto apoyado por

CORFO

