Frutas de Chile | Comité del Kiwi

Fedefruta
FEDERACION DE PRODUCTORES DE FRUTAS DE CHILE

PROTOCOLOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE MATERIAL GENÉTICO DE

ACTINIDIA SPP.

FDF

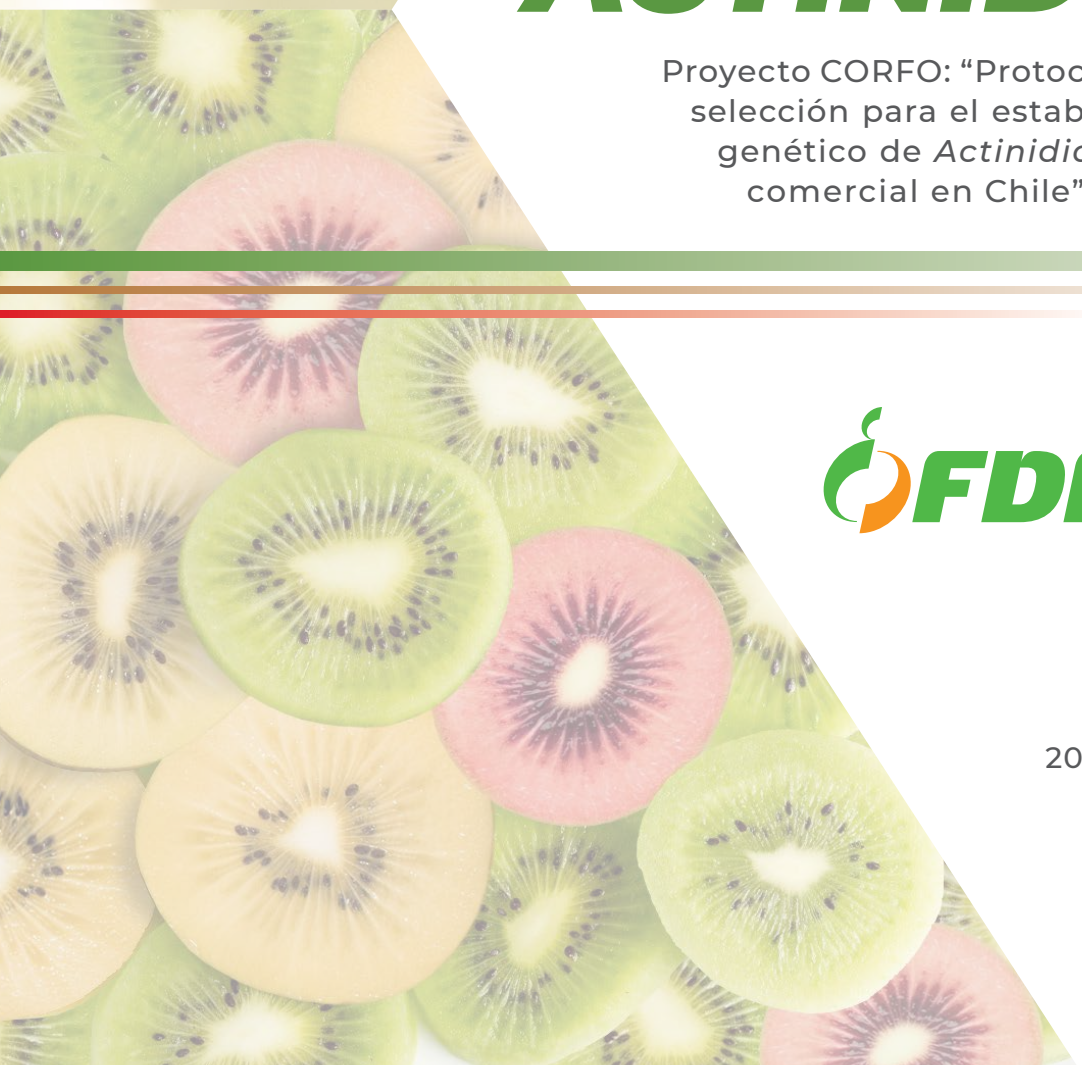
Proyecto apoyado por CORFO

Frutas de Chile | Comité del Kiwi

Fedefruta
FEDERACION DE PRODUCTORES DE FRUTAS DE CHILE

PROTOCOLOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE MATERIAL GENÉTICO DE *ACTINIDIA* SPP.

Proyecto CORFO: “Protocolos y metodologías de selección para el establecimiento de material genético de *Actinidia* spp. destinado a uso comercial en Chile” (16PTECFS-66641)



FDF

Proyecto apoyado por CORFO

2024 - Actualizado en 2026

PROTOCOLOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE MATERIAL GENÉTICO DE *ACTINIDIA* SPP.

Esta publicación se elaboró en el marco del Programa Tecnológico para la Fruticultura de Exportación Zona Centro-Sur, Proyecto 16PTECFS-66641 "Protocolos y metodologías de selección para el establecimiento de material genético de *Actinidia* spp. destinado a uso comercial en Chile" financiado por la Corporación de Fomento de la Producción, CORFO.

Se encuentra protegida por la Ley Nº 17.336 sobre Propiedad Intelectual. En consecuencia, su reproducción está prohibida sin la debida autorización de sus autores.

Registro de Propiedad Intelectual
Inscripción Nº: 2024-A-10815

ISBN: 978-956-7694-05-1

Primera edición: Diciembre 2024
Segunda edición revisada y actualizada: julio 2026

EDICIÓN: Cherie Méndez González y Elizabeth Köhler Burgoa

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN: Alejandro Rademacher González

FOTOGRAFÍAS PORTADA Y CONTRAPORTADA: Comité del Kiwi

AUTORES

- **Margarita Torres Clavería**
  Ingeniero Agrónomo, Encargada Comex y normativas, Asociación de Viveros de Chile AGV
- **Ernesto Moya Elizondo**
  Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Ph.D. Profesor Asociado, Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción
- **Paulina Sepúlveda Ramírez**
  Ingeniero Agrónomo, M. Sc. Asesora
- **Héctor García Oyarzún**
  Ingeniero Agrónomo, M. Sc. Co-Fundador y Gerente General, Laboratorios Diagnofruit Ltda.
- **Cherie Méndez González**
  Ingeniero Agrónomo, Comité del Kiwi, Frutas de Chile
- **Elizabeth Köhler Burgoa**
  Asesor técnico, Comité del Kiwi, Frutas de Chile
- **Michelle Morales Olmedo**
  Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Ph.D. Gerente I+D, Sociedad I-IDEA
- **Esteban Guzmán Garviso**
  Ingeniero en Recursos Naturales Renovables, Universidad de Chile
- **Luis Morales Salinas**
  Profesor Asociado, Ph.D. Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile
- **Jordi Casas Teixidó**
  Ingeniero Agrónomo, Asesor y Co-fundador, Caducos SpA
- **José Tomás Alvear Farías**
  Ingeniero Agrónomo, Asesor y Co-fundador, Caducos SpA
- **Raimundo Cuevas Aldunate**
  Gerente Técnico, Abud & Cía.
- **Christian Abud Cabrera**
  Director Gerente, Abud & Cía.
- **Juan Pablo Zoffoli Guerra**
  Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Ph.D. Profesor Titular, Facultad de Agronomía y Sistemas Naturales, Pontificia Universidad Católica de Chile
- **Angeli Labra Cordero**
  Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Laboratorio de Fisiología y Tecnología de Poscosecha, Facultad de Agronomía y Sistemas Naturales, Pontificia Universidad Católica de Chile
- **Paulina Naranjo Gatica**
  Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Laboratorio de Fisiología y Tecnología de Poscosecha, Facultad de Agronomía y Sistemas Naturales, Pontificia Universidad Católica de Chile

Índice

INTRODUCCIÓN 7

VARIEDADES DE *ACTINIDIA* SPP. 9

I. PROTOCOLO PARA SELECCIÓN DE PATRONES Y POLINIZANTES

1.- Guía estandarizada para la compra de plantas de kiwi 17

2.- *Verticillium* en kiwi. 31

3.- Polen y proceso de polinización 45

4.- Sincronía de floración 67

II. PROTOCOLO PARA SELECCIÓN DE MATERIAL DESTINADO A PRODUCCIÓN DE FRUTA

1.- Procesos logísticos y gestión: Internación de materiales de propagación de *Actinidia* spp. . . . 79

2.- Zonificación edafoclimática del kiwi 97

3.- Cancro bacteriano del kiwi 127

4.- Productividad en variedades de kiwi 139

5.- Etapas fenológicas 161

III. PROTOCOLO DE EVALUACIÓN DE CALIDAD Y POSCOSECHA

1.- Determinación de los parámetros de madurez a cosecha. 179

2.- Determinación de la temperatura óptima de almacenaje 193

3.- Desverdizado de la pulpa 201

Introducción

El proyecto **"Protocolos y metodologías de selección para el establecimiento de material genético de *Actinidia* spp. destinado a uso comercial en Chile"**, desarrollado durante estos años con el apoyo CORFO, a través del Programa Desarrollo Tecnológico para la Fruticultura de Exportación Zona Centro Sur, 16PTECFS-66641, ha estado perfectamente alineado y coincidente con la necesidad de la industria chilena del kiwi que actualmente se enfrenta a un muy positivo escenario mundial en el cual la demanda y la oferta han aumentado de manera significativa dando una gran oportunidad a los productores para volver a renovar sus plantaciones con la introducción de nuevas variedades.

En los últimos años, la demanda mundial ha crecido debido a que el kiwi presenta propiedades nutritivas que son beneficiosas para la salud, además, sumado a que durante la pandemia tomó relevancia en la salud mundial la alimentación orientada a favorecer el sistema inmunológico.

La oferta venía creciendo antes de este evento global, debido al esfuerzo de los países productores por aumentar el consumo a través campañas promocionales y por otra parte a que China en los últimos 20 años pasó de ser un productor menor a producir la mitad de la oferta mundial y a ser un gran consumidor.

En esta oferta, se han incorporado de manera significativa variedades de pulpa amarilla e incipientemente variedades de pulpa roja. Es una clara y fuerte tendencia en la exportación mundial el desarrollo y penetración de las variedades amarillas, debido a que son muy dulces, con poca acidez, altamente productivas y muy apetecidas por los mercados asiáticos. Esto a pesar de que su poscosecha por ahora es menor, y que presenta una mayor fragilidad frente al clima y a enfermedades, lo que ha representado un problema en todos los países productores.

Esta situación requiere de la generación de un paquete tecnológico importante para su establecimiento en cada país, adaptándolas a las condiciones de cada lugar. Existen casos de variedades que afuera han tenido un muy buen desempeño y sin embargo en Chile han fracasado por diferentes razones, pero a pesar de esas malas experiencias, Chile no se puede restar de participar de la incorporación de nuevas variedades y de ser parte del crecimiento de la industria mundial del kiwi, y es por ello que los trabajos tendientes a investigar, estandarizar, informar y evaluar tecnologías locales, son tan necesarias y valiosas para esta etapa de la industria.

El resultado de este proyecto es muy valioso, ya que generará las bases de una nueva etapa para la industria del kiwi, a través el establecimiento de material genético de Actinidia spp., para uso comercial en Chile. Como parte del proyecto PTEC, se han implementado protocolos de selección y metodologías de evaluación que permitirán orientar a los productores en el establecimiento de nuevas variedades, apoyándose en el estudio y la estandarización realizada por un grupo amplio de profesionales y de universidades de Chile. Utilizando la experiencia de lo que ha ocurrido en el pasado, y con estudios realizados para apoyar la resolución de algunos de esos problemas.

Con satisfacción vemos que, el objetivo inicial que tuvo la industria, el cual motivó el desarrollo del proyecto, sigue presente y ha adquirido más relevancia, por lo cual los resultados serán de mucha utilidad para la industria chilena del kiwi.

Comité del Kiwi

Variedades de *Actinidia* spp.

La industria del kiwi ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años. Este nuevo impulso responde al aumento de la oferta y a un mayor consumo mundial tras la pandemia, incentivado por la valoración de su aporte nutricional, en el que destacan su alto contenido de vitamina C, fibra y potasio. Actualmente, la mayor parte de la producción mundial se concentra en un número limitado de países, liderados por China y seguidos de Nueva Zelanda, Italia, Grecia, Irán y Chile. Mientras, que una producción menor se distribuye en Turquía, Francia, Portugal, España, Estados Unidos, Corea del Sur, Japón, Argentina, Brasil y Sudáfrica.

La base de la producción mundial del kiwi es la variedad 'Hayward', de pulpa verde, caracterizada por su capacidad de almacenaje durante largos períodos, sabor dulce ácido y calibres grandes. Sin embargo, producto del conocimiento y aumento de la oferta de variedades de pulpa amarilla con un alto dulzor y baja acidez los consumidores han mostrado un creciente interés por ellas, por lo cual, en los últimos años, ha surgido un número importante de nuevos cultivares amarillos, y recientemente, de variedades de pulpa roja.

El kiwi pertenece al género *Actinidia*, el cual cuenta con 54 especies y 21 variedades, con un total de aproximadamente 75 taxones (Li et al., 2007a), aunque el cultivo comercial actual, se basa casi exclusivamente en *A. chinensis var. chinensis* y *A. chinensis var. deliciosa* (A. Chevalier), variedades comerciales mayoritariamente de pulpa amarilla y verde respectivamente. Una característica clave de *Actinidia* es su notable variación cromosómica, que presenta un nivel de ploidía que va desde genotipos diploides (2n=2x=58) hasta octoploides (2n=8x=232), los niveles de ploidía reflejan su amplia diversidad genética y adaptabilidad (Han et al., 2025). Esta rica diversidad genética proporciona una base sólida para desarrollar variedades nuevas y mejoradas, y son cruciales para la conservación de recursos y el desarrollo a largo plazo del kiwi.

El aumento del interés y crecimiento de la industria mundial del kiwi ha impulsado la búsqueda de nuevas variedades que posean características superiores al cultivar 'Hayward'. Los programas de mejoramiento genético se orientan a satisfacer principalmente las preferencias del consumidor mediante atributos como mayor calibre, sabor más dulce, pulpas de color amarillo o rojo, y un alto contenido de vitamina C. Esta necesidad ha llevado a la expansión de los trabajos de investigación en el mundo, los cuales utilizan para el desarrollo de variedades, la selección mediante materiales silvestres y desarrollo de variedades híbridas.

Los países que llevan a cabo programas de mejoramiento genético en Actinidia son principalmente Nueva Zelanda, China e Italia, y en menor medida Corea del Sur, Turquía, Irán y Japón. Los nuevos desarrollos, además de priorizar las cualidades en la fruta antes mencionadas, han incorporado en sus objetivos la obtención de nuevos cultivares y selecciones con mayor resistencia a enfermedades y plagas, así como adaptación al cambio climático. Nueva Zelanda ha estado a la vanguardia en programas de mejoramientos, desarrollando la primera variedad de kiwi amarillo comercializada internacionalmente, 'Hort16A' (Zespri™ Gold), pero que luego de algunos años los volúmenes decrecieron debido a la llegada de la bacteria *Pseudomonas syringae pv. actinidiae* (Psa) que destruyó las plantaciones. Aun así, Nueva Zelanda lidera la innovación global en el desarrollo de nuevas variedades, como 'Zesy002' (SunGold™), variedad de pulpa amarilla resistente a Psa que reconstruyó la industria Neozelandesa tras la crisis de 2010 y lo convirtió en el mayor exportador de kiwi amarillo a nivel mundial. Por otro lado, recientemente han incorporado comercialmente una nueva variedad 'Zes008' (RubyRed™) de pulpa roja.

China, el país de origen del género *Actinidia*, ha trabajado desde 1980 en la investigación de esta planta, explorando y utilizando recursos de germoplasma silvestre y técnicas innovadoras de mejoramiento a

través de varios programas, desarrollando a la fecha más de 150 nuevas variedades. Existen muchos centros de investigación, incluidos algunos de poco conocimiento público que están trabajando hace años en la obtención de variedades. Uno de los centros de investigación más importante es Wuhan Botanical Garden, perteneciente a Chinese Academy of Sciences, donde se encuentra el principal banco de germoplasma de kiwi del mundo. Este centro ha desarrollado más de 45 cultivares comerciales, y sus líneas de investigación se centran en la alta calidad sensorial (color de la pulpa, altos sólidos solubles y alta concentación de vitamina C), resistencia a Psa y otras enfermedades y alta capacidad de almacenaje. Se destaca la variedad de pulpa amarilla con centro rojo 'Donghong' (Oriental Red®), que presenta un alto contenido de azúcar y una larga vida útil. Otras de las variedades desarrolladas son 'Jintao' y 'Jinyan', de pulpa amarilla, que fueron entregadas para gestionar la producción y comercialización a la empresa italiana Jingold.

En China, otro de los programas de mejoramiento más importantes se realiza en Sichuan Provincial Academy of Natural Resource Sciences, en el cual se desarrolló el primer kiwi de pulpa roja del mundo, 'Hongyang', y que ha continuado seleccionando nuevas variedades de kiwi de pulpa roja y amarilla (cultivares de kiwi de pulpa roja: 'Hongshi 2', 'Hongao' y 'Huahong 4', y de kiwi de pulpa amarilla: 'Jinshi 1', 'Jinshi 2', 'Jinshi 4', 'Huajin 3' y 'Jinao') mediante la evaluación de recursos de kiwi silvestre, la selección de plántulas y el cruzamiento. Además, existen programas privados, entre los que se encuentra el programa de mejoramiento genético, Yanoon BioTech, establecido el 2020, y que tiene como objetivo producir nuevas variedades de kiwi, de buen sabor, color, capacidad de conservación, alto rendimiento, y tolerancia a enfermedades, desarrollando una serie de variedades, que incluyen tipos de pulpa de color verde, amarillo y rojo, y portainjertos. Los materiales de Yanoon han sido licenciados a la empresa KiwiKo para su comercialización y desarrollo global.

En Europa, Italia ha sido el país líder en el trabajo de investigación de nuevas variedades de kiwi. Dentro de los programas de mejoramiento, los primeros que se desarrollaron fueron en las Universidades de Bolonia y Udine, registrando la primera variedad amarilla, 'Soreli'. Luego de algunos años surgió otro cultivar amarillo 'Dori', que se caracteriza por su sabor muy dulce y por tener una cosecha más precoz que 'Hayward', además de ser la primera cadena totalmente italiana de una variedad de club. Ésta es una tendencia a nivel mundial, donde las variedades son liberadas en formato club, lo que significa que sólo los productores autorizados pueden producirla y comercializarla, garantizando así un estricto control de calidad y una estrategia de venta coordinada.

El año 2022 después de más de 15 años de investigación se presentó una nueva variedad italiana 'Ac 459 011' (Dulcis™), que tiene su origen en un programa conjunto de mejora genética del kiwi, entre New Kiwi Plant y las Universidades de Bolonia y Udine, el resultado fue un cultivar de *Actinidia chinensis* de pulpa verde con sabor a amarillo, que tiene como objetivo introducir una variedad de cualidades superiores de sabor y aroma en el segmento del kiwi de pulpa verde. Otras variedades desarrolladas por Universidad de Udine en conjunto con New Kiwi Plant (NKP), son las variedades de pulpa amarilla 'AC 497 076' y 'AC 501 022' de cosecha temprana y tardía respectivamente, y que son comercializadas por la marca Kikoka.

En los últimos años, la producción de kiwi en Italia se ha visto severamente afectada por el Síndrome de Decaimiento de la Vid del Kiwi (KVDS), conocido como Moria del kiwi, una enfermedad relacionada con el suelo y que afecta al sistema radicular de las plantas, por lo que actualmente la investigación está enfocada en la búsqueda de portainjertos y variedades que toleren mejor el anegamiento y los suelos pesados. El 2017 se iniciaron proyectos para evaluar materiales en campos abiertos afectados por el KVDS, permitiendo años después el registro de nuevos portainjertos italianos como 'Ro.Ki 1' (Viola™), el que demostró cierta tolerancia a la Moria y buenos resultados en ambientes controlados, pero

que todavía es necesario seguir evaluando su comportamiento vegetativo y productivo bajo diversas condiciones de suelo y clima en las distintas zonas de cultivo. Otros portainjertos italianos que están en evaluación son 'Z1' (Vip Zedone®) y otro del programa de Vitroplant Italia, 'Zenit', una nueva selección de *Actinidia valvata*.

Así también se han incorporaron portainjertos de otros países como son 'Jackson' (Yanon YN-RT1), otro portainjerto de *Actinidia valvata*, del programa Yanoon BioTech, y que posee una alta tolerancia a la asfixia radicular y a suelos muy pesados o arcillosos, y el portainjerto de *Actinidia rufa*, 'Spice 24', que también ha demostrado resistencia en suelos pesados. En tanto, otra de las alternativas para enfrentar el tema de KVDS, ha sido el portainjerto 'Bounty 71', un portainjerto de *Actinidia macrosperma*, y que fue identificado y desarrollado originalmente en Nueva Zelanda, y que ha sido introducido en Italia para enfrentar esta enfermedad, debido a que presenta una buena adaptabilidad a suelos pesados y mal drenados.

Los portainjertos son un capítulo en desarrollo y evaluación, donde además de conferir propiedades adaptativas a suelos y condiciones del terroir, es necesario evaluar la compatibilidad con las posibles variedades. Un ejemplo de ello es una incompatibilidad entre 'Bounty' y 'Hayward', la cual está aún en evaluación ya que existen casos en los cuales se ha podido manejar a través de ciertos tipos de injertaciones, en los que no se presenta la incompatibilidad.

A parte de los programas de mejoramiento realizados por los países líderes en producción mundial, en otros lugares del mundo también se trabaja en la investigación de nuevos cultivares de *Actinidia*, como es en Corea del Sur, donde se busca diversificar la oferta con variedades de pulpa amarilla y roja y reducir la dependencia de licencias extranjeras. Las instituciones que han llevado a cabo estos programas son el Instituto Nacional de Ciencias Hortícolas y Herbolaria (NIHHS), el Instituto de Investigación de Frutas de Jeonnam (JARES) y la Administración de Desarrollo Rural (RDA), donde se logró obtener el año 2014, la variedad 'Goldone', una de las variedades de kiwi amarillo más exitosas desarrolladas en este país. Otra de las variedades amarillas desarrolladas en Corea es 'Haegeum', que fue seleccionada específicamente para competir con el estándar mundial de Zespri.

Varios países han establecido programas de mejoramiento genético para adaptar el kiwi a climas específicos, mejorar su resistencia a enfermedades y diversificar la oferta con variedades de pulpa amarilla y roja. Entre estos países está Irán, quien trabaja a través de la Universidad Guillán, en el desarrollo de cultivares de pulpa amarilla; Japón que lleva años desarrollando programas de mejoramiento, y que el 2005 registró la variedad 'Sanuki Gold', un kiwi amarillo de gran calibre; Turquía que comenzó el primer programa de mejoramiento el 2008 en Instituto Central de Investigación Hortícola Ataturk; Grecia que recientemente ha comenzado a participar en proyectos Europeos de mejora y evaluación de nuevas selecciones; y Francia que trabaja en la diversificación varietal a través de la gestión de licencias internacionales como lo hace la empresa Sofruileg.

En Chile también se han realizado esfuerzos para poder diversificar la oferta de variedades de *Actinidia*, entre los que se destaca el Programa de mejoramiento genético desarrollado el 2018 por la Universidad de Chile en alianza con la Universidad de Udine de Italia. Sin embargo, la principal estrategia para ampliar la oferta varietal sigue siendo la introducción de cultivares extranjeros, los que después de evaluar sus características agronómicas son producidos comercialmente.

En relación a las variedades presentes en Chile, el 98% de las plantaciones son de 'Hayward', mientras que las variedades amarillas han mostrado dificultades para adaptarse al suelo y clima, es así como 'Dori', 'Jingold' y 'Soreli' están presentes y productivos, pero con resultados muy limitados por lo que la superficie ha disminuido significativamente. Otras variedades como 'Hort16A' o 'Kiwi Kiss' han colapsado por efectos del *Verticillium* local, que presenta una letalidad inusualmente alta para el género *Actinidia*.

Hasta el momento, no se ha logrado encontrar variedades adecuadas a los requerimientos de la industria, los que principalmente están relacionados con la adaptación edafoclimática y la condición fitosanitaria, lo que ha provocado pérdidas importantes de plantaciones de variedades amarillas, por la sensibilidad a Psa y Verticilosis. Este último ha sido lo más crítico para el desarrollo comercial de nuevos cultivares, debido a la presencia de una especie de Verticillium endémico *(Verticillium gasparii)*, que comúnmente está presente en los suelos en Chile y el cual no cuenta con un control efectivo para la enfermedad. Aun así, la industria continúa realizando esfuerzos, introduciendo y evaluando nuevos materiales que se adapten de mejor forma a nuestra realidad, adquiriendo relevancia, la llegada de nuevos patrones de *Actinidia* que busquen solucionar los problemas específicos a los que nos enfrentamos.

Los programas de mejoramiento en kiwi han priorizado la selección de materiales con características superiores en sabor, color de pulpa y tamaño de la fruta, manteniendo como línea permanente de investigación el desarrollo de cultivares resistentes a patógenos y plagas. No obstante, estos programas enfrentan desafíos importantes a futuro, los que no solo deben ajustarse continuamente a las preferencias cambiantes del mercado sino también a las necesidades de los productores. Es por ello que las investigaciones futuras deben enfocarse en mitigar los efectos del cambio climático mediante el desarrollo de cultivares tolerantes al estrés térmico e hídrico, con menores requerimientos de frío que permitan la productividad en condiciones extremas, además de asegurar que la fruta posea una alta almacenabilidad en poscosecha. Finalmente, resulta indispensable el desarrollo de portainjertos que garanticen la compatibilidad varietal y una óptima adaptación a la diversidad de suelos, promoviendo así la sostenibilidad y competitividad de la industria a largo plazo.

Bibliografía

- Asadi, M., Ghasemnezhad, M., Bakhshipour, A., Olfati, J. y Atak, A. (2024). Breeding of new kiwifruit (Actinidia chinensis) cultivars with yellow (golden) fleshed and superior characteristics. BMC Plant Biology 24:1045.
- Comité del Kiwi de Chile. (2025, 15 de mayo). Comité del Kiwi en Macfrut 2025: Una participación marcada por la genética del kiwi. https://www.comitedelkiwi.cl/comite-del-kiwi-en-macfrut-2025-una-participacion-marcada-por-la-genetica-del-kiwi/
- Fan, N. (2022, 20 de enero). "Podamos las plantas de kiwi cuatro veces al año". FreshPlaza.es. https://www.freshplaza.es/spain/article/9391766/podamos-las-plantas-de-kiwi-cuatro-veces-al-ano/
- Feng X.Z., y Huang D.D. (2025). Recent advances in hybrid breeding of kiwifruit: strategies and outcomes. Tree Genetics and Molecular Breeding, 15(2): 70-79.
- FreshPlaza.com. (2022, 13 de octubre). "Ruiyu", the new kiwifruit variety launched. https://www.freshplaza.com/asia/article/9467629/ruiyu-the-new-kiwifruit-variety-launched/
- Guroo, I., Wani, SA., Wani, SM., Ahmad, M., Mir, SA. y Masoodi, FA . (2017). A Review of Production and Processing of Kiwifruit. Journal Food Processing & Technology 8 (10).
- Han, S., Wang, Y., Fang, Y., Saeed, Z., Ahmad, T., Jihong, D. y Sajjad M. (2025). Advances and challenges in kiwifruit (Actinidia spp.) genetic improvement: A comprehensive review. Asian Journal of Agriculture and Biology 13(4).
- Huang, H. (2016). Kiwifruit: The Genus ACTINIDIA. Academic Press.
- Huang, Z., y Peng, C. (2024, 16 de diciembre). Collaborative kiwi lab yields fruitful results. China Daily. https://global.chinadaily.com.cn/a/202412/16/WS675f7a39a310f1265a1d2fa8.html
- Infante, R., y Jorquera, C. (2018). Investigación en kiwi en la Universidad de Chile = Kiwifruit research at the University of Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile; FONDEF de CONICYT.
- KiwiKo Global Variety Management. Our Varieties. https://kiwikofruit.com/our-kiwifruit-varieties
- Li, J., Li, X., y Soejarto, D. D. (2007). Actinidiaceae. En Z. Y. Wu, P. H. Raven, y D. Y. Hong (Eds.), Flora of China (Vol. 12, pp. 334–360). Science Press/Missouri Botanical Garden Press.
- Tecnología Hortícola. (2025, 5 de marzo). Nueva patente de portainjerto de Kiwi. https://www.tecnologiahorticola.com/es/nueva-patente-de-portainjerto-de-kiwi
- Țilincă, L. T., y Stănică, F. (2024). Breeding of kiwifruit species (Actinidia sp.) - A review. Scientific Papers. Series B, Horticulture, 68(2), 185–189.-Workshop Varieties International Project. Macfrut2025 Plant Nursery Area 6-7, May 2025, Rimini Expo Centre – Italy (pp. 61-103).
- Zhang, Q., Wang, L. H., Zhuang, Q. G., Xie, Y., y Li, M. Z. (2025). Breeding of red-fleshed and yellow-fleshed kiwifruit in Sichuan, China. Acta Horticulturae, (1431), 201–208

Frutas de Chile | Comité del Kiwi

Fedefruta
FEDERACION DE PRODUCTORES DE FRUTAS DE CHILE

I

PROTOCOLO PARA SELECCIÓN DE PATRONES Y POLINIZANTES

FDF

Proyecto apoyado por CORFO

CAPÍTULO 1
GUÍA ESTANDARIZADA PARA LA COMPRA DE PLANTAS DE KIWI

Autor: Margarita Torres, Asociación de Viveros de Chile (AGV)

1. MARCO NORMATIVO

Toda persona que tenga intención de propagar plantas, en forma tradicional o mediante multiplicación in vitro, de especies frutales (especies botánicas cuyo fruto es comestible en estado natural o procesado), forestales u ornamentales (especies botánicas destinadas a la industrialización, forestación, decoración y otros fines similares que no corresponden al rubro frutal) para autoconsumo o para comercialización, así como el establecimiento de depósitos de plantas, debe estar inscrito en la oficina del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) correspondiente, en cumplimiento del Decreto Ley de Protección Agrícola N° 3.557 de 1980 y de la **Resolución del SAG N° 981 del 2011** (modificada por la **Resolución N° 8.908/2014**).

1.1. Fiscalización de viveros y depósitos de plantas

Los inspectores del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) realizan inspecciones periódicas a los viveros y depósitos de venta de plantas para comprobar el cumplimiento de la obligación fitosanitaria, que incluye la verificación de:

- Inscripción en el SAG.
- La condición fitosanitaria de las plantas y sustratos/suelos.
- El cumplimiento de las medidas fitosanitarias ordenadas ante detección de plagas.
- El cumplimiento de la normativa de las plagas que se encuentran bajo control obligatorio y las especies vegetales reglamentadas por ello.
- La procedencia y destino de las plantas y materiales de propagación, a través de la revisión documental de facturas, guías y otros documentos.

Si en el vivero o depósito se detecta la presencia de plagas reguladas, plagas cuarentenarias ausentes o plagas cuarentenarias bajo control oficial, los inspectores SAG pueden:

- Retener o inmovilizar las plantas afectadas en el vivero.
- Ordenar la aplicación de métodos de control de la plaga en las plantas afectadas.
- Ordenar la eliminación de plantas afectadas si la plaga no puede ser controlada.
- Ordenar el tratamiento de los suelos y sustratos.
- Establecer áreas reglamentadas y medidas de cuarentena temporal ante la presencia de plagas cuarentenarias.

Los inspectores comprueban la efectividad de los tratamientos fitosanitarios ejecutados a través de nuevas fiscalizaciones y toma de muestras. El incumplimiento de las obligaciones fitosanitarias faculta al SAG para disponer la clausura temporal, total o parcial de un vivero o depósito, hasta que se practiquen las medidas fitosanitarias ordenadas.

1.2. Plagas Reglamentadas en viveros de kiwi

Los viveros de kiwi deben cumplir con la normativa obligatoria de producción de plantas establecida en Resolución SAG N°981, la cual específica las plagas reguladas en los viveros de kiwi, lo que será fiscalizado por el SAG en el proceso de producción de acuerdo al siguiente detalle:

Ácaro

- *Brevipalpus chilensis*

Bacteria

- *Agrobacterium tumefaciens*
- *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*
- *Pseudomonas syringae* pv. *syringe*

Insecto

- *Naupactus xanthographus*

Nemátodo

- *Meloidogyne ethiopica*
- *Meloidogyne hapla*
- *Meloidogyne incognita*
- *Meloidogyne* spp.
- *Pratylenchus* spp.
- *Pratylenchus vulnus*

2. GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Contenedor:** recipiente utilizado para cultivar y vender plantas.
- **Cuartel de vivero:** área en el vivero compuesta de varios lotes, en la cual las plantas enraízan y crecen previo a su comercialización.
- **Germoplasma:** plantas destinadas para el uso en programas de mejoramiento o conservación.
- **Lote:** material para la producción de plantas francas o plantas injertadas terminadas, cuya procedencia pueda ser identificada en todo momento del proceso de producción y que se tratan como una unidad para el propósito de control de fabricación: nombre del patrón, nombre de la variedad, origen y fecha de producción o injertación, si corresponde.
- **Origen de plantas iniciales:** material de origen nacional o importado; sometido a análisis fitosanitarios preliminar y verificación varietal (sólo para el Programa de Certificación de Plantas de kiwi SAG).
- **Paquete:** grupo identificable de estacas de portainjertos, injertos, plantas francas o injertadas.
- **Plaga:** cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales (FAO 1990; revisado FAO, 1995; CIPF, 1997).
- **Planta:** plantas vivas y partes de ellas, incluido el germoplasma.
- **Planta madre:** planta de la cual se extrae material de propagación vegetal (yemas, púas, hijuelos, estolones) para formar una nueva planta.
- **Técnica de detección:** procedimiento de laboratorio estándar por el cual se determina la presencia de algún organismo en particular.
- **Vivero:** lugar o conjunto de instalaciones en el cual se multiplican o reproducen plantas (a partir de yemas, estacas y meristemas), ya sea mediante métodos tradicionales (plantación en suelo o sustrato) o por micropropagación (establecimiento en geles u otros medios de cultivo), para después de criadas ser trasplantadas a su lugar definitivo. Sinónimo: Criadero de plantas.

3. VARIEDADES EN CHILE

En Chile existen variedades libres y variedades protegidas en el Registro de Variedades Protegidas (RVP) del SAG, las cuales sólo se pueden propagar y comercializar con el permiso del representante o propietario de la variedad, lo que conlleva un pago de royalties (**Cuadro 1**).

La principal variedad comercializada en Chile es 'Hayward' y sus clones, variedad verde de libre uso, junto a sus polinizantes: 'Matua' (planta muy vigorosa y prolifera, comienza a florecer unos dos a cuatro días antes de 'Hayward'), 'Tomuri' (planta vigorosa, floración intermedia, comienza a florecer dos a cuatro días después que 'Hayward') y 'Chieftain' (planta vigorosa, de largo período de floración, logra cubrir todo el período de floración de 'Hayward').

Existen otras variedades de libre uso que se comercializan en menor cantidad como 'Jintao', 'Summer' y otras de kiwi amarillo.

Cuadro 1. Listado de las 19 variedades protegidas de kiwi en Chile, Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), actualizado al 17 de julio de 2026.

Especie	Variedad	N° de Inscripción	Tipo de Protección	Fecha Término de protección	Origen
Kiwi	**AC 459 011**	23/26	definitiva	26-05-2044	Italia
Kiwi	**AC 497 076**	14/24	definitiva	23-05-2042	Italia
Kiwi	**AC 501 022**	15/24	provisoria		Italia
Kiwi	**AC1536**	24/16	definitiva	11-01-2034	Italia
Kiwi	**Boverlig003**	78/25	definitiva	17-12-2043	Italia
Kiwi	**Dong Hong**	9/18	definitiva	27-03-2036	China
Kiwi	**HFR18**	87/16	definitiva	15-11-2034	China
Kiwi	**HFY01**	11/18	definitiva	27-03-2036	China
Kiwi	**HFY02**	38/23	provisoria		China
Kiwi	**HFY03**	49/25	provisoria		China
Kiwi	**Jinyan**	8/18	definitiva	27-03-2036	China
Kiwi	**Moshan Xiong 2**	21/20	definitiva	07-05-2038	China
Kiwi	**Red Queen**	79/25	provisoria		Italia
Kiwi	**Soreli**	54/10	definitiva	08-09-2028	Italia
Kiwi	**Z5Z6**	10/18	definitiva	27-03-2036	China
Kiwi	**ZES008**	69/24	provisoria		Nueva Zelanda
Kiwi	**ZESH004**	34/11	definitiva	12-01-2029	Nueva Zelanda
Kiwi	**ZESY002**	35/11	definitiva	12-01-2029	Nueva Zelanda
Kiwi	**ZESY003**	36/11	definitiva	12-01-2029	Nueva Zelanda

4. PRODUCCIÓN DE VIVEROS DE KIWI

4.1. Normativa SAG vigente en Producción de Plantas

En Chile se pueden producir plantas para plantar bajo dos modalidades:

4.1.1. Plantas Corrientes: Es de carácter obligatoria, debe cumplir regulación de Resolución SAG N° 981 (bajo fiscalización).

Figura 1. Etiqueta planta corriente kiwi, Viverosur.

4.1.2. Plantas Certificadas: Norma específica de resguardo fitosanitario y varietal dada bajo Resolución SAG, para cada especie, programa de carácter voluntario. El Programa de Certificación de Plantas de kiwi está dado por Resolución SAG N° 8232/2016, y está constituido por diferentes etapas (**Cuadro 2**).

Cuadro 2. Etapas del Programa de Certificación.

Etapa	Identificación
Banco de Germoplasma	BG
Etapa Comprobación Varietal	ECV
Etapa Incremento *in vitro*	EIV
Etapa Incremento	EI
Etapa Planta Certificada	EPC

Plagas de control en el Programa de Certificación

En el siguiente cuadro se indican las plagas bacteriológicas y micológicas de control en el Programa de Certificación de plantas de kiwi *Actinidia* spp. (**Cuadro 3**).

Cuadro 3. Plagas de Control en el Programa de Certificación de *Actinidia* spp.

Plagas Micológicas	Técnica de Diagnóstico
Phytophthora cryptogea Pethybr. & Laff.	Inspección Visual/Medios de Cultivo/ Microscopía/PCR o secuenciación de ADN
Phytophthora citrophthora (R.E. Sm & E.H.Sm) Leonian	Inspección Visual/Medios de Cultivo/ Microscopía/PCR o secuenciación de ADN
Verticillium dahliae Kleb.,	Inspección Visual/Medios de Cultivo/ Microscopía/PCR o secuenciación de ADN
Plagas Bacteriológicas	**Técnica de diagnóstico**
Pseudomonas syringae pv. *Actinidae Takikawa, Serizawa, Ichikawa, Tsuyumu and Goto.*	PCR tiempo real (SYBR Green) y confirmación por PCR tiempo real (TaqMan).
Pseudomonas syringae pv. *syringae*	Inspección visual

4.2. Proceso de Producción Plantas de Kiwi

4.2.1. Origen material inicial:

- Plantas madre de huerto (propio del vivero o huertos productivos)
- Plantas madre de vivero (en resguardo, bajo plástico y en macetas)
- Cultivo in vitro (cuarentena pos entrada)
- Cuarentena pos entrada
- Portainjertos provienen principalmente de semillas, siendo el más utilizado ‘Bruno’ y ‘Hayward’.

Figura 2. Banco de Germoplasma kiwi

4.2.2. Tipos de formatos de plantas a la venta

a) Planta injertada a raíz desnuda (menos usado)

- Injerto de primavera: cosecha material a injertar en diciembre
- Injerto de pua terminal (diciembre-enero) variedad en patrón de semilla
- Entrega plantas junio-julio del año siguiente
- Precio promedio: $3.800 +IVA.

b) Planta injertada en contenedor (más usada actualmente)

- Planta injertada de ojo dormido sobre un portainjerto recriado de 1 año, en un contenedor de 3-5 litros con sustrato desarrollado en el vivero con ventajas fitosanitarias y de resguardo en comparación a raíz desnuda.
- La entrega de plantas se realiza al momento de tener un brote vigoroso de la variedad a partir de 10 centímetros de altura.
- Cosecha de material a injertar en junio desde huerto o plantas madre de viveros.
- Injerto de púa (una yema tipo empalme) variedad en patrón de semilla (junio-julio).
- Venta en primavera (octubre-noviembre) en bolsas contenedor desde 3 a 5 litros, con brotes, precio promedio $3.700 + IVA.
- También se puede vender en invierno del año siguiente como planta terminada de 1 año en receso lista para plantar, precio promedio $4.200 + IVA.

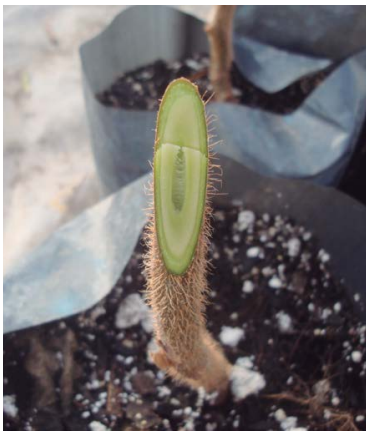


Figura 3. Injerto de kiwi y planta injertada brotada

c) Planta franca de estaca enraizada

- Estaca leñosa cosechada en invierno (junio-julio)
- Enraizamiento en camas de altura
- Traspaso a campo en primavera
- Época de entrega julio año siguiente
- Precio promedio $3.900 +IVA.

d) Portainjerto en contenedor

- Cosecha frutos (abril-mayo), despulpe y desinfección semillas
- Estratificación en frío
- Siembra en julio-agosto cama tubetes 10 centímetros
- Injerto variedad mínimo 7 milímetros diámetro (ideal 8-10)
- Bolsas desde 2,5 a 5 litros
- Entrega en invierno sin injertar
- Precio promedio $2.800 +IVA.

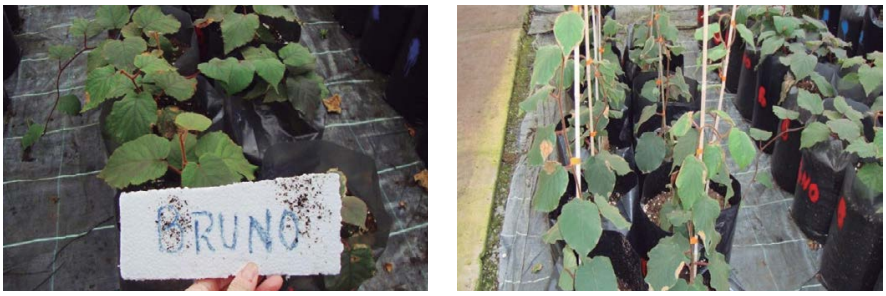


Figura 4. Portainjerto de kiwi en bolsa

4.2.3. Medidas de resguardo y sanidad en viveros de kiwi

- Programa de Monitoreo o Control Visual: semanal, se debe llevar registro.
- Instalación de pediluvios en lugares de producción de kiwi.
- Instalación de dispensadores para la desinfección de mano: en cada zona, producto en base de alcohol.
- Sistemas de sanitización y limpieza de ruedas.
- Plan de desinfección de herramientas de corte.
- Programa preventivo de aplicaciones.
- Programa de eliminación de restos vegetales en vivero.
- Restricción de acceso de personas no autorizadas, señalética.
- Registro de fechas de ejecución de labores.

Figura 5. Pediluvio y sistema de desinfección de manos

5. PROTOCOLO DE CALIDAD PARA ADQUIRIR PLANTAS DE KIWI

5.1. Aspectos a tener en cuenta al elegir un vivero

Los productores deben cerciorarse de que las plantas provengan de un vivero autorizado por el SAG. No es suficiente que el vivero tenga un número de registro vigente, sino que, las plantas deben provenir de una unidad productiva que haya sido autorizada fitosanitariamente y cumpla con la Resolución SAG N°981 Exenta, específicamente para esa producción en cuestión. Esto es importante, ya que cada vez que el viverista o comerciante utilice un nuevo predio debe inscribirlo en el SAG y cumplir las exigencias fitosanitarias establecidas. Sus suelos o medios de propagación deben haber sido muestreados.

Adicionalmente se debe pedir información respecto a trazabilidad desde material de origen, tipo de planta, corriente/certificada y aspectos de propiedad de la genética involucrada: modelo abierto o cerrado (Royalty).

Los productores no sólo deben comenzar sus plantaciones con una planta de calidad, sino también debe existir una adecuada preparación de suelo, realizar una limpieza de malezas, plantar en la época adecuada para la especie y variedad, entre otros factores, los cuales serán clave en el éxito de la plantación.

5.2. Recomendaciones de aspectos básicos que debe cumplir el vivero

- Muchas plagas se transmiten con el material de propagación, por lo tanto, se debe prevenir presencia de plagas en las plantas y el vivero debe obtener material de propagación desde plantas madre con sanidad comprobada.
- Los viveros deben contar con monitoreos e inspección periódica de sus plantas para tomar las medidas fitosanitarias oportunamente.
- El vivero debe efectuar los análisis nematológicos obligatorios de los suelos y sustratos para evaluar presencia de nemátodos fitopatógenos.
- El vivero debe realizar los análisis nematológicos durante el período de establecimiento del vivero. Estos análisis deben realizarse en laboratorios autorizados por el SAG para reconocerlos como análisis oficiales. El estándar de muestreo para determinar nemátodos juveniles reglamentados es 1 muestra de suelo por cada 0,5 hectárea de vivero. Cada muestra de 1 kilogramo de suelo se formará con 25 submuestras colectada desde diferentes partes del terreno.
- Los tenedores de predios donde se establecen viveros y depósitos de plantas están obligados a declarar su existencia en el SAG y solicitar la inscripción de los lugares destinados a la producción y comercialización de las plantas, para lo cual deben efectuar una inscripción oficial en el SAG.
- No deben expender ni movilizar, a cualquier título, plantas con presencia de plagas reglamentadas. Por lo tanto, deben contar con los medios e instalaciones necesarios para efectuar tratamientos fitosanitarios y elaborar un plan operacional en el que se describa la metodología que se usará para producir plantas y mitigar la presencia de plagas.
- La venta de plantas siempre debe estar acompañada de una guía de despacho o factura, en que se indique la genuinidad varietal, procedencia y cantidad de plantas, estacas y yemas vendidas. Además, las plantas frutales deben ir acompañadas de una etiqueta individual o por paquete, cuyo color varía de acuerdo a la calidad de la planta (rosada para plantas corrientes, y azul para las certificadas).

Figura 6. Vivero de kiwi, Los Olmos

5.3. Parámetros generales de producción en viveros

5.3.1. Época de compra

- Plantas a raíz desnuda: Invierno Julio-agosto
- Plantas en contenedor: Entrega de Primavera octubre noviembre
- Plantas en contenedor de 1 año: Invierno julio-agosto.

5.3.2. Normativa Mínima

- Planta corriente: Vivero inscrito en el SAG con cumplimiento de normativa SAG Resolución N° 981. Etiqueta Rosada.
- Planta Certificada: Etiqueta azul, proceso con seguimiento y Certificación SAG fitosanitaria y de genuinidad varietal según normativa de Programa de certificación de kiwi N° 8232/2016.

5.3.3. Origen de material

Se recomienda que las plantas de kiwi sean con material inicial de origen conocido, con trazabilidad fitosanitaria, y muestreo y análisis de plantas madre libres de *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* Psa.

5.3.4. Calidad visual

Las plantas de kiwi deben verse sanas libres de síntomas de posibles plagas tanto en la parte vegetativa como en sus raíces.

5.3.5. Calidad de raíces

Las raíces del kiwi deben tener crecimiento principal grueso y estar acompañado de raíces tipo radiales y frondosas con visual sana y libre de olores a pudrición o podridas ya que esto significa que están afectadas por hongo *Phytophthora.*

Figura 7. Raíces planta kiwi en contenedor invierno

5.4. Especificaciones físicas de las plantas a la venta

Las plantas de kiwi injertadas o francas sean a raíz desnuda o no, deberán cumplir con las especificaciones físicas detalladas. Se busca obtener plantas fuertes, sanas y de conocida procedencia (vivero con código SAG).

5.4.1. Plantas de kiwi a raíz desnuda (entrega invierno)

- La unión del injerto debe ser sana y fuerte, capaz de aguantar el estrés de la prueba de presión y doblado con el dedo, aplicada en dos direcciones. Después de aplicar una presión media, el callo debe verse completamente maduro y sin daño visible, tales como hoyos, resquebrajamientos o tejido verde alrededor del injerto.
- El largo debe tener como mínimo 20 a 25 centímetros desde la base del portainjerto a la primera yema de crecimiento para las plantas de primera categoría.
- El grosor del portainjerto debe tener entre 8 a 10 milímetros de diámetro, medido inmediatamente debajo de la región del injerto.
- Las plantas injertadas no deben tener curvatura en el portainjerto.
- Debe haber a lo menos dos o tres yemas latentes por sobre el punto de injertación.
- Altura de la planta completa debe ser de mínimo 160 centímetros.
- Según cantidad, diámetro y distribución de las raíces, se clasifican en:

  Primera Categoría: Raíces principales gruesas y con una masa radicular secundaria que abarque un diámetro mínimo de 20 centímetros y largo de 25.

  Segunda Categoría: Raíces secundarias y raicillas menos desarrolladas entre 10 y 20 centímetros de diámetro por cada planta.

5.4.2. Plantas francas raíz desnuda (entrega invierno)

- Diámetro de la planta: mínimo 7 centímetros.
- Mínimo 2-3 yemas latentes.
- Primera Categoría: Raíces Primarias distribución radial y raíces secundarias y raicillas bien desarrollas que abarquen un diámetro mínimo de 20 – 25 centímetros.

  Segunda Categoría: Raíces Primarias y secundarias con menor desarrollo pero con un mínimo de 15 centímetros de diámetro radial.

- La altura promedio de una planta de estaca leñosa a la venta debe ser de mínimo 160 centímetros.
- Tanto las raíces como la planta completa, no deben tener daños físicos evidentes, ni estructuras rotas de ramas o raíces.
- Las plantas se entregan en atados de 10 plantas generalmente, se recomienda desarmar un porcentaje de los atados y separar las plantas por completo para hacer revisión planta a planta.
- Las raíces no deben tener olor a hongos o estar podridas pues esto confiere una posible infección por *Phytophthora*.
- De las especificaciones de daño físico hasta un 2% del total de plantas injertadas de un lote es aceptable.

Figura 8. Planta kiwi terminada a raíz desnuda, Vivero Tenofrut

5.4.3. Plantas de Kiwi en Contenedor

- Las plantas vendidas en primavera, se entregan cuando están en su fase de crecimiento activo.
- Para las plantas injertadas entregadas en primavera, no se hará la prueba del doblado y presión del dedo porque la herida aún no está completamente cicatrizada.
- Para la entrega en primavera, los brotes de la variedad, mínimo deben tener un crecimiento de 10 centímetros.
- La altura de la planta brotada debe ser de al menos 20-30 centímetros desde el injerto, para plantas entregadas en primavera.

Figura 9. Planta en contenedor entrega en primavera.

- Para la entrega en invierno del año siguiente como planta terminada de 1 año, el crecimiento debe ser de 80 centímetros a 1 metro, y grosor 7 milímetros.

Figura 10. Planta entrega invierno en latencia.

- Las plantas injertadas en bolsa vendidas en latencia deben tener su unión de injerto sano y fuerte, capaz de aguantar la prueba del doblado y presión del dedo. Junto con esto el callo debe verse totalmente maduro y sin signos de daños como hoyos, quebraduras o tejido verde alrededor del injerto.
- Para plantas entregadas en invierno, el vigor de la planta está dado por la altura sobre injerto, que debe ser de mínimo 60 centímetros con un mínimo de 7-8 yemas.
- La raíz de la planta debe verse en la base del contenedor (bolsa) y debe ser suficiente para asegurar su medio (suelo) al momento de plantarla. Cualquier raíz aérea tendría que haber sido removida.
- No puede haber daños, grietas ni evidencia de daño ni enfermedades o malezas en el contenedor (bolsa o fertilpot).

- Es fundamental abrir un porcentaje de las bolsas, sacar la planta por completo y revisar el estado y crecimiento de las raíces.
- Las raíces deben estar distribuidas por todo el pan.
- Las raíces deben contar con raíces primarias, secundarias y raicillas en forma radial, color claro y sin ningún tipo de olor a pudrición.
- Las plantas de contenedor tienen un estándar muy homogéneo, por esa razón no se utilizan en general categorías, si no que estándares mínimos.
- De las especificaciones físicas hasta un 2% de plantas dañadas es aceptable.

Figura 11. Planta kiwi en contenedor, entrega en primavera, portainjerto semilla, Vivero Copequen.

Figura 12. Planta de kiwi en contenedor entrega en invierno (1 año injerto).

CAPÍTULO 2
VERTICILLIUM EN KIWI

Autores: Ernesto Moya Elizondo, Universidad de Concepción
Paulina Sepúlveda, Asesora
Héctor García, Laboratorios Diagnofruit Ltda.

INTRODUCCIÓN

Las distintas especies de kiwi que existen, como kiwi verde (*Actinidia chinensis* var. *deliciosa* (A. Chev.) Liang y Ferg.), amarillo (*Actinidia chinensis* Planch. var. *chinensis*) o 'Baby' kiwi (*Actinidia arguta* (Sieb. Y Zucc.) Planch. ex Miq.), que se producen en Chile se han visto enfrentado a distintos problemas fitosanitarios desde que se iniciaron las primeras plantaciones de este frutal en nuestro país. De acuerdo a Rina Acuña, en su libro "Compendio de bacterias y hongos de frutales y vides en Chile" (2010), en kiwi se describen 27 enfermedades, de las cuales 25 son causadas por hongos, y dos causadas por bacterias. Sin embargo, en este último grupo de patógenos, el año que fue publicado este libro, fue detectada la enfermedad conocida como **bacteriosis del kiwi** causada por *Pseudomonas syringae* pv *Actinidae* (Psa) que causó en la última década serias pérdidas de producción especialmente en los kiwis amarillos. Dada esta problemática, y como una forma de abordar el problema en forma integral, se creó al alero del Comité del Kiwi, una mesa técnica público-privada, conformada por distintos especialistas cuyo objetivo fue analizar el tema de esta nueva enfermedad desde varios puntos de vista y que se ha proyectado en el tiempo para enfrentar otros problemas fitosanitarios que permitan lograr un manejo sustentable del kiwi considerando diferentes métodos de control y con ello poder convivir con estas enfermedades, reduciendo al mínimo sus efectos sobre la producción.

Desde el año 2003, especialmente en kiwi amarillo o dorado se ha observado la pérdida de plantas por decaimiento y muerte de ellas en los primeros años de establecimiento de los huertos, asociado a patógenos del suelo del género *Verticillium* (Auger et al., 2009a; Auger et al., 2009b; Auger et al., 2011). Esta sintomatología se ha observado principalmente en huertos ubicados entre las Regiones Metropolitana y del Maule, lo cual se ha transformado en una traba para el desarrollo del kiwi amarillo. La superficie de kiwi amarillo (*Actinidia chinensis* var. *chinensis*) en nuestro país, alcanza aproximadamente las 320 hectáreas y se concentra principalmente entre las Regiones de O'Higgins y el Maule (CIREN, 2023). Los síntomas observados en distintas plantaciones han sido severos, con muerte paulatina en huertos re injertados con un 10% al tercer año después de la injertación, 40% al cuarto año y siendo económicamente no viable al quinto año (pérdidas mayores al 80%).

Después de la primera detección y reporte en plantas de la variedad 'Hort16A' realizado por Auger y colaboradores (2009), quienes clasificaron a este agente causal como *Verticillium albo-atrum*, este patógeno ha sido señalado como un problema que constituía una limitante para el desarrollo del cultivo del kiwi amarillo en el país, situación que ha sido reportada por varios asesores técnicos que indicaron el fracaso de plantaciones de huertos de kiwi amarillo entre las regiones de Valparaíso hasta Biobío (**Figura 1**). Sin embargo, estudios filogenéticos posteriores, realizados en la Universidad de California-Davis, sugirieron que los aislados obtenidos desde kiwi en Chile serían una nueva especie de *Verticillium* más emparentada con la especie *V. nonalfalfae*, denominándose *V. nonalfalfae* MLST2 [multilocus sequence type 2] (Kasson et al. 2014). Considerando estos nuevos antecedentes, los miembros de la Mesa fitosanitaria del Comité del Kiwi, realizaron un esfuerzo especial, para estudiar esta nueva enfermedad y a través del proyecto CORFO 17CH-83909: "Servicio de detección y cuantificación de *Verticillium albo-atrum* para el diagnóstico temprano de marchitamiento violento y muerte de plantas

en sistemas productivos de kiwi" liderado por la empresa Diagnofruit y desarrollado con el apoyo del SAG, la Universidad de Valparaíso, la Universidad de las Américas y la Universidad de Concepción se encontró que la especie responsable de causar marchitamiento de brotes y muerte de plantas de *A. chinensis* var. *chinensis* correspondería a una nueva especie de *Verticillium* que fue denominada como *Verticillium gasparii* sp. nov. (Syn.: *V. nonalfalfae* MLST2) (García et al., 2020).

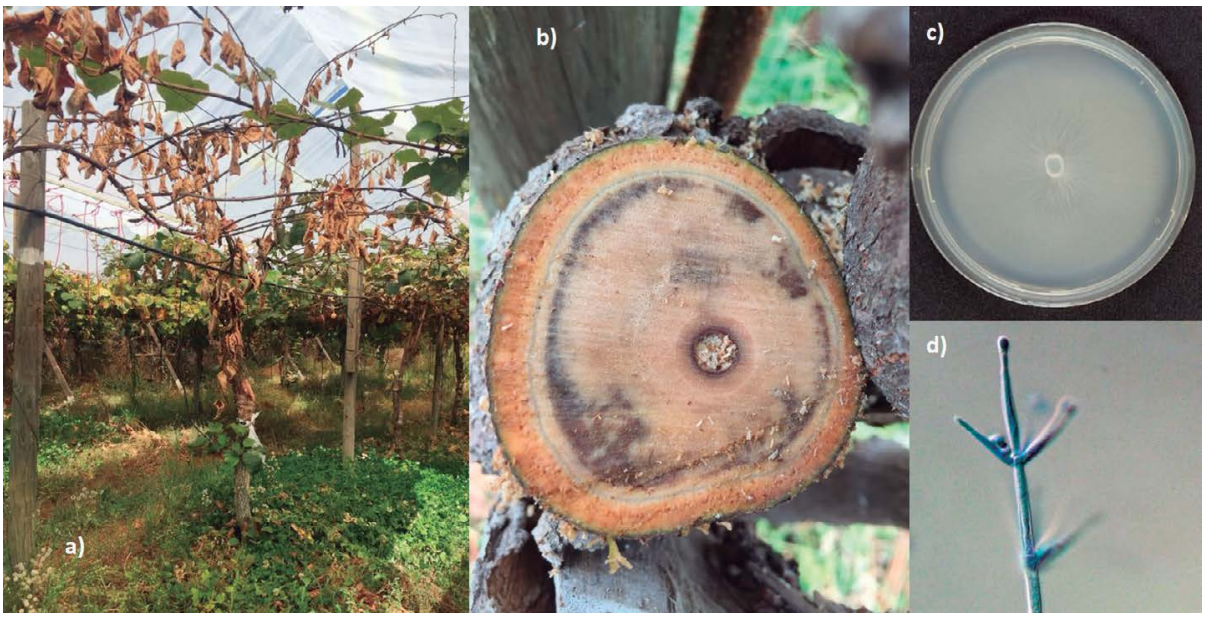


Figura 1. Síntomas de marchitamiento en planta de kiwi amarillo (a), daños en el tejido vascular del tronco central de la planta (b), vista de micelio después de 10 días en medio APD aislado desde tejido enfermo (c) y estructura verticilada del conidióforo de *Verticillium gasparii* sp. nov. observado bajo el microscopio (d).

Actualmente, aún existe poca información respecto a esta nueva especie, pero estudios en laboratorio y bajo condiciones controladas, han permitido obtener cultivos puros del hongo aislándolo desde la base del cargador de plantas enfermas en la zona de avance, logrando identificar sus estructuras morfológicas características, analizarlo genéticamente y validar su patogenicidad en kiwi y otras especie, demostrándose claramente que corresponde genéticamente a una nueva especie de *Verticillium* (**Figura 1 y 2**). A través de estudio genéticos profundos, en la última década se ha logrado reordenar el género *Verticillium* actualizando el sistema de clasificación que imperaba hasta hace unos años (Inderbitzin y Subbarao, 2014). De esta forma varias especies crípticas (sólo pueden ser establecidas a través de análisis genéticos) han sido caracterizadas, y probablemente el caso de *V. alfalfae* y la variante *V. nonalfalfae* es el caso más conocido de separación de especies a través de este tipo de análisis. *Verticillium gasparii* sp. nov. también se comporta como una especie críptica, donde los caracteres morfológicos no permiten una clasificación taxonómica completa, y sería una especie muy emparentada con *V. nonalfalfae*, que tal como se comentó, también es una especie críptica. Estos resultados se han podido establecer a través de estudios filogenéticos, donde un set de genes de cada uno de estos aislados se han secuenciado y luego concatenados, luego esta cadena de genes se somete a una serie de análisis bioinformáticos que nos permiten observar un cluster único para los aislados colectados que han producido enfermedad en kiwis dorados en Chile, mostrando una clara relación genética con *V. nonalfalfae* y *V. alfalfae* (**Figura 2**) y al mismo tiempo una clara distancia con *V. albo-atrum*, especie inicialmente propuesta como causa de la problemática (Auger et al. 2009a; Auger et al. 2009b; Auger et al., 2011).

AGENTE CAUSAL

El género *Verticillium* abarca un grupo cosmopolita de hongos ascomicetos, incluidas varias especies fitopatógenas que causan marchitamientos en las plantas. Las especies de *Verticillium* son hongos fitopatógenos que habitan el suelo y que infecta a las plantas a través de las raíces, causando las verticilosis que son enfermedades de tipo vascular y sistémica, ya que el hongo invade y bloquea los vasos del xilema, y afectan una amplia gama de especies frutales, vegetales y malezas. Existen diversas especies de *Verticillium*, entre ellas se menciona a *V. dahliae* que afecta a un amplio rango de plantas hospederas como pimiento (*Capsicum annuum* L.), papa (*Solanum tuberosum* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.), vides (*Vitis vinifera* L.), olivo (*Olea europaea* L.) y frutilla (*Fragaria x annanasa Duchesne*) entre otros. Este patógeno también ha sido descrito afectando kiwi en Nueva Zelanda, observándose patogenicidad sobre el cultivar 'Hort16A' (Mellow et al. 2019). Estudios preliminares realizados en Chile con aislados de *V. dahliae* obtenidos de tomate han mostrado que es un patógeno capaz de causar síntomas de marchitamiento en kiwi amarillo (Ernesto Moya-Elizondo, datos no publicados).

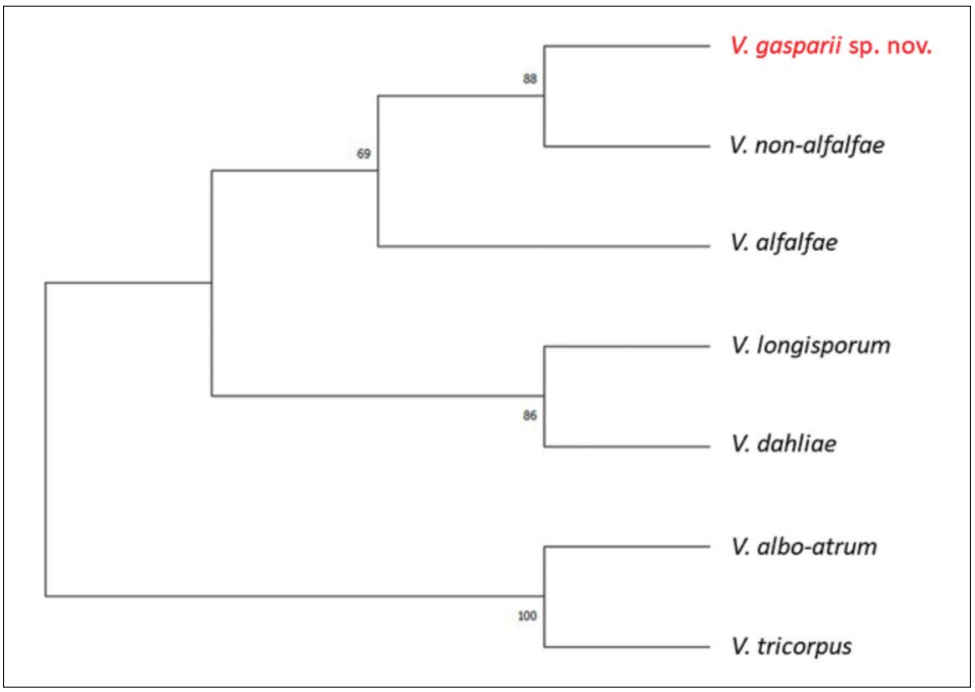


Figura 2. Árbol filogenético comparativo de aislados chilenos de *Verticillium gasparii* sp. nov con otras especies de *Verticillium*.

Verticillium albo-atrum es la otra especie causante de verticilosis con alta importancia agrícola, la cual presenta un menor rango de hospederos, siendo principalmente patógeno de alfalfa (*Medicago sativa* L.), lúpulo (*Humulus lupulus* L.), haba (*Vicia faba* L.), tomate y papa. La especie *V. albo-atrum* fue taxonómicamente dividida en tres diferentes especies: *V. albo-atrum* sensu stricto, *V. alfalfae* y *V. nonalfalfae* (Inderbitzin et al. 2011). De estas especies, *V. albo-atrum* sensu stricto ha sido descrita afectando kiwi amarillo en Nueva Zelanda (Mellow et al. 2019), pero los aislados chilenos fueron identificados primero como esta especie (Auger et al. 2009 y Auger et al. 2011), pero posteriormente estos fueron reclasificados como un clado diferente dentro de las especies de *V. nonalfalfae* (Kasson et al., 2014) y que en base a recientes estudios con varios aislados del hongo obtenido desde diversos huertos de kiwi en el país, indican que este grupo taxonómico o clado corresponde a la nueva especie que ha sido denominada *V. gasparii* sp. nov.

La identificación de especies de *Verticillium* se ha basado tradicionalmente en el tipo de estructuras de reposo producidas, como son: micelio pigmentado, microesclerocio pigmentado y clamidosporas, como también en la forma de los conidióforos y conidias. Sin embargo, actualmente requiere de herramientas moleculares para la adecuada identificación del patógeno. Las especies de *Verticillium* como *V. dahliae* tienen la capacidad de producir microesclerocios (estructuras de resistencia de estos hongos, formado por compactación del micelio) a diferencia de las especies del grupo de los *albo-atrum*, que no producen esta estructura y sólo desarrollan clamidosporas o micelio de paredes celulares engrosadas como estructuras de sobrevivencia (Agrios, 2005). En general, las hifas producidas por estos patógenos pueden penetrar a través de heridas de forma directa a través de heridas causadas por insectos, nemátodos o prácticas culturales. El hongo tiene un comportamiento endofítico avanzando inter o intracelularmente a través de la epidermis, córtex y endodermis alcanzando el xilema, sin causar daños aparentes en el sistema radicular; en el xilema se produce crecimiento micelial y formación de conidios que son transportados con la savia ascendente y forman nuevas colonias del hongo, avanzando a lo largo del tallo y pecíolos. Estas estructuras del hongo en el xilema producen un taponamiento en el transporte del agua desde las raíces al resto de la planta induciendo los síntomas de marchitamiento que finalmente llevan a la muerte regresiva de ramas y a la muerte de la planta. También ha sido determinado que distintas especies de *Verticillium* producen toxinas que favorecen la muerte celular y el marchitamiento de las plantas. La planta afectada forma en algunas especies vegetales estructuras denominadas tilosas dentro de los vasos conductores para evitar el avance del patógeno como un mecanismo de defensa. Sin embargo, esto también impide el paso de agua y nutrientes afectando la sobrevivencia de la planta. Por lo mismo, la resistencia de las especies de plantas a *Verticillium* es dependiente de la rapidez en la producción de estas estructuras de resistencia. Poco se conoce del ciclo de vida de las especies de *Verticillium* que afectan al kiwi, pero en la **Figura 3** se propone un ciclo biológico para el desarrollo de este patógeno.

Figura 3. Propuesta de ciclo biológico de infección de especies de *Verticillium* en plantas de kiwi.

ETIOLOGÍA DE LA ENFERMEDAD

La etiología es la determinación y estudio de las causas de una enfermedad, así los síntomas observados en kiwi en Chile han estado relacionados con:

- Presencia de cargadores deshidratados con necrosis rojiza del tejido vascular (xilema) y púrpura de las ramas, más coloración castaña o marrón en los vasos xilemáticos (**Figura 4**).
- Plantas jóvenes con marchitez generalizada. Aparición del síntoma: a partir de los 2 años de plantación, en individuos aislados.
- Retraso en la brotación, rapidez en la marchitez foliar, decaimiento y eventual muerte de la planta. Leve partidura de la corteza y presencia de tejidos esponjosos bajo la corteza.
- Sistema radicular reducido.

La enfermedad es aparentemente más severa en lugares donde previo a plantar kiwi amarillo hubo establecido huertos de manzano, pera, cítricos o vides, mientras huertos de kiwi plantados siguiendo al establecimiento por varios años de gramíneas como maíz, trigo o pasturas naturales no presentan la enfermedad (Auger et al. 2011).

Figura 4. Sintomatología observada en cargadores y brotes de kiwi cv. 'Dori': A y B, corresponden a cargadores deshidratados, con coloraciones rojizas y encarrujado de la corteza; C, corresponde a la zona de avance observada bajo la corteza; D, corresponde a un corte transversal donde se observa daño en la madera de tono marrón. (Fuente: Diagnofruit)

El correcto diagnóstico de la enfermedad, es fundamental para lograr utilizar las mejores medidas de manejo, ya que los síntomas pueden confundirse con aquellos provocados por otro problema de carácter fisiológico o patogénico que colapse las raíces o que obstruya los haces vasculares. Entre ellos pueden mencionar otros patógenos como los oomicetes (*Phytophthora* spp.) u hongos (*Armillaria* spp.) o con problemas en el suelo causados por anoxia por excesos de humedad, daño de raíces por labores, impedimentos físicos en el desarrollo de raíces como pérdida de la microbiota, pérdida de la aireación y estructura de los suelos, entre otros.

Es posible sugerir que la verticilosis o marchitez del kiwi en Chile podría ser causada por un complejo de hongos, donde no se descarta que pudieran estar presentes distintas especies de *Verticillium*, aunque

siendo prevalente *V. gasparii* sp. nov. En frutales como el olivo, distintos complejo de hongos causan síntomas de marchitez y clorosis asociados a la sintomatología de *V. dahliae*, pero están asociadas a muerte regresiva de la madera causado por otras especies de hongos como: *Phaeoacremonium* spp., *Phaeomoniella clamydospora, Neofusicoccum parvum, Pleurostomophora richardsiae*, y *Fusarium* spp. (Gramaje et al. 2015; Lawrence et al. 2021). Trabajos realizados en Chile, han permitido aislar varias de estas especies de hongos desde plantas con síntomas del marchitamiento del kiwi. Además, especies de los géneros *Diplodia, Neofusicoccum, Cadophora*, y *Diaporthe* han sido descritas en Chile causando muerte regresiva de madera en kiwi verde (Díaz et al. 2021) y especies de *Phaeoacremonium* causando la misma enfermedad en otras partes del mundo (Gramaje et al. 2015), pudiéndose confundir sus síntomas con la verticilosis.

La gravedad de los síntomas de una enfermedad causado por especies de *Verticillium* está dada por el nivel de inóculo presente en el suelo y las características del hospedero, como la susceptibilidad de la variedad, o la edad de las plantas, siendo mayormente afectado en plantas jóvenes.

Los métodos de identificación del agente causal de una enfermedad están asociados al análisis de la sintomatología visual o la utilización de métodos microbiológicos y/o moleculares. Es así como, la detección visual temprana ayuda a la toma de decisiones que permiten aislar la enfermedad y evitar su extensión. El método de cultivo en medios artificiales es de menor sensibilidad ya que requiere de un largo período de incubación (una a dos semanas) para reconocer las estructuras del hongo que permiten su identificación. Este método puede generar una alta proporción de resultados negativos, pues varios géneros de hongos producen conidióforos verticilados semejantes a los producidos por *Verticillium* (**Figura 1**). A esto se suma el problema de la presencia de microorganismos contaminantes, debido al largo período de incubación de las muestras, lo cual puede guiar a un erróneo diagnóstico del patógeno. La detección del patógeno en plantas mediante la técnica de PCR tiene importantes ventajas, debido a la rapidez (1 a 2 días), sensibilidad, reproductibilidad y confiabilidad que presenta, sin embargo, requiere de un laboratorio especializado en el desarrollo de la tecnología. En el caso de las especies *Verticillium* que afectan al kiwi se han desarrollado protocolos moleculares específicos para detección mediante qPCR (Lee et al. 2022; García et al. 2020) y dichos servicios están disponibles en diferentes laboratorios en el país.

Una vez obtenido el diagnóstico certero de la enfermedad es necesario desarrollar adecuadas estrategias de control, y estas se basan **esencialmente en manejos preventivos especialmente de tipo cultural**, considerándose como prioritario previo a la plantación el disponer de plantas y suelos libres del patógeno. En este aspecto, las enfermedades provocadas por especies del género *Verticillium* son de difícil control, debido a su presencia y su persistencia en los suelos y a su amplio rango de hospederos. La enfermedad generalmente se convierte en un síndrome agudo en árboles jóvenes, que eventualmente mueren en un tiempo relativamente corto.

FORMAS DE DISPERSIÓN O DISEMINACIÓN DE ESPECIES DE *VERTICILLIUM*

Para elaborar un plan de manejo preventivo de cualquier enfermedad, es relevante conocer las formas en que se dispersa el patógeno. En el caso de especies de *Verticillium* que afectan al kiwi, se tiene poco conocimiento al respecto. Sin embargo, las posibles formas de dispersión serían:

- Plantas infectadas de vivero (planta-sustrato libre del hongo), por cuanto se debe garantizar que las plantas estén libres del patógeno.
- Restos vegetales infectados, los que deben ser retirados del predio e incinerados.

- Agua de riego que arrastra microesclerocios, esporas o restos vegetales infectados.
- Polvo infectado, el transporte de partículas infectadas por el viento, no se ha determinado con precisión.
- Maquinaria y herramientas que sean portadores de plantas o suelo infectado.

Además, se ha sugerido que el espino (*Acacia caven* Mol.), especie endémica del valle central chileno, podría ser un importante hospedero nativo, el cual se distribuye ampliamente en la zona central de Chile (Jaime Auger, comunicación personal). Por lo anterior, al levantar un bosque de espinos para establecer un huerto de kiwi, existe el riesgo que dichos suelos estén contaminados con *Verticillium*.

MÉTODOS DE CONTROL

Para establecer una adecuada estrategia de control, esta debe estar basada **esencialmente en manejos preventivos especialmente de tipo cultural**, considerándose como prioritario previo a la plantación el disponer de plantas y suelos libres del patógeno. Además, se sugiere el establecimiento de variedades tolerantes y/o resistentes (situación que requiere un estudio bajo las condiciones de Chile en kiwi amarillo), asociado a un manejo integrado de la enfermedad que considere al suelo como el principal elemento supresor de la enfermedad.

El control se basa esencialmente en la ejecución de acciones que deben ser consideradas al momento del establecimiento de un nuevo huerto de kiwi amarillo. En este aspecto se debe considerar:

1. Previo a la plantación:

- Elecciones de variedad resistentes o tolerantes, previa evaluación garantizada en el país por entidades competentes. Actualmente, en el caso de la verticilosis en kiwi se sabe que cultivares de kiwi amarillo o dorado como ‘Hort16A’, ‘Kiwi Kiss’, o ‘Dori’ han sido afectados por la enfermedad, por lo cual se pueden considerar susceptibles al patógeno.
- Selección de suelos libres del patógeno, basados en el historial del predio (por ejemplo, proveniente de suelos cultivados con cereales) o el uso de análisis de suelo para determinar la densidad del inóculo mediante técnicas moleculares como qPCR. Se puede disminuir el nivel del inóculo en el suelo con técnicas de biofumigación, fumigación química o solarización, pero esto no está estudiado para producciones de kiwi.
- Utilizar plantas sanas que estén libres de infección, adquiridas desde viveros certificados.
- Impedir el contacto con restos de vegetales contaminados, evitando la dispersión local. Por ejemplo, realizando limpieza de maquinarias y herramientas provenientes de otros predios o considerar la utilización de fuente de agua no contaminada.
- La desinfección del suelo en pre-plantación con cloropicrina, dazomet, dimetil disulfuro o metam sodio puede ser una alternativa, al igual que considerar la desinfección de raíces antes de plantar con fungicidas bencimidazoles (benomilo, carbendazima o metiltiofanato), dado que han sido reportado controlando especies de *Verticillium* en distintas especies de frutales o berries, pero se requiere más estudios de su efecto sobre especies como *V. gasparii* sp. nov. Después del proceso de aplicación de estos fumigantes o fungicidas, sería recomendable considerar la biotización de raíces con microrganismos antagonistas previo a la plantación, para favorecer una protección en el tiempo a medida que las raíces crecen.

2. En suelos infectados:

- Se recomienda que las acciones comiencen, al momento observar las primeras plantas afectadas. Es muy importante hacer el diagnóstico temprano de la enfermedad, y descartar otras causas que producen síntomas similares.
- Podar y quemar restos vegetales infectados.
- Evitar el excesivo laboreo mecánico del suelo.
- Eliminar y mantener un buen control de malezas que puedan actuar como hospedero.
- Regulación del riego para evitar excesos de humedad que favorecen la anoxia y el desarrollo de la enfermedad.
- Biofumigación, consiste en incorporar al suelo material orgánico fresco, no compostado ni humificado. Esta materia seca, al descomponerse, libera sustancias que resultan perjudiciales para muchos microorganismos.
- Solarización y utilización de coberturas plásticas para aumentar la temperatura del suelo y ayudar a disminuir el inóculo presente en el suelo.
- Fertilización equilibrada, sin excesos de nitrógeno que hacen que los tejidos sean más sensibles al ataque del hongo. El fósforo y el potasio mejoran la resistencia a la sequía y al ataque de los patógenos, por lo que se recomienda mantener niveles adecuados de ellos.
- Mejoramiento del suelo a través de aumento en los contenidos de materia orgánica que contribuyen al equilibrio de los microrganismos, o uso de micorrizas u otros microorganismos que mejoran el estado nutritivo de la planta lo que ayuda a una mejor respuesta ante factores adversos.
- Uso de organismos antagónicos como los pertenecientes al género *Trichoderma*, colonizan el mismo nicho ecológico del *Verticillium* en el suelo y raíces. En este aspecto, no existen antecedentes que avalen la eficacia de antagonistas en el control de *V. gasparii*, pero en la Universidad de Concepción se están evaluando distintas especies de bacterias y una cepa de *Trichoderma harzianum* en el control de este hongo, obteniéndose a la fecha resultados promisorios.

CONTROL GENÉTICO Y OBTENCIÓN DE VARIEDADES RESISTENTES

La mejor forma de control de esta enfermedad es a través de la introducción de variedades resistentes, pero para kiwi esta información no está todavía disponible. Sin embargo, estudios realizados por Trapero et al. (2015) en olivos, señalan que al inocular variedades susceptibles en patrones resistentes lograron traspasar la resistencia y las plantas no tuvieron síntomas; mientras que, si se injerta una variedad resistente en un patrón susceptible este pierde la resistencia. También señalan que la resistencia ocurre en las raíces e incluye mecanismos bioquímicos más características estructurales de las plantas. Los mismos autores señalaron la importancia de desarrollar genotipos resistentes al marchitamiento por *Verticillium* en olivo. Para ello, realizaron estudio a 6017 genotipos derivados de 48 cruzamientos obtenidos por polinización abierta como también entre cultivares de olivo. De esos cruzamientos más de 800 genotipos fueron identificados como resistentes a la enfermedad en base a la ausencia de síntomas. Observaron también una alta variabilidad genética y una amplia segregación en la resistencia, que permitió estudiar la herencia de la resistencia e identificar los mejores progenitores y cruces para reproducir genotipos resistentes. Según los resultados, la resistencia a la marchitez por *Verticillium* en el olivo parece ser un rasgo cuantitativo o poligénico (controlada por múltiples genes, cada uno de los cuales contribuye a la resistencia parcial contra la enfermedad).

Vermeulen et al (2021) señalan que las únicas resistencias cualitativas descritas contra *V. dahliae* son el gen Ve1 y el locus V2 en tomate, pero este tipo de resistencia monogenética ha sido superadas por cepas virulentas. Se destaca que la escasez de genes de resistencia contra *V. dahliae* es causada por su comportamiento endófito en la naturaleza, lo que implica que el daño limitado que causa en la naturaleza no conduce a una presión evolutiva para desarrollar resistencias importantes.

Song *et al* (2020) señalan que las plantas pueden contrarrestar las infecciones de *V. dahliae* a través de diversos mecanismos de resistencia, como modificaciones de la pared celular, producción de enzimas extracelulares, activación de receptores celulares de reconocimiento de elicitores del patógeno (PPRs) o la producción de factores de transcripción que favorecen la producción de proteínas de defensa en la planta o la activación (inducción) de las rutas relacionadas con el ácido salicílico (SA)/ácido jasmónico (JA)/etileno (ET) para activar genes de defensa e inducir respuesta de defensa en la planta ante la presencia del patógeno. Durante la última década, se han realizado varios estudios sobre los mecanismos fisiológicos y moleculares de la resistencia de las plantas a *V. dahliae*. Se han encontrado muchos genes relacionados con la resistencia para proporcionar una base teórica para una mejor comprensión de los mecanismos genéticos moleculares de la resistencia de las plantas a esta especie de *Verticillium*. En este aspecto, estudios de respuestas proteómica frente a Psa están disponible para kiwi amarillo y verde (Petriccione et al. 2013; Petriccione et al. 2014) y pueden ser una fuente para evaluar la expresión génica en plantas de kiwi y ser una ayuda para comprender mejor la interacción planta-patógeno en esta especie y a futuro establecer un programa de mejoramiento varietal para enfrentar la verticilosis del kiwi.

La investigación de resistencia a *Verticillium* en kiwi es muy incipiente y requiere de varios años de estudio para lograr variedades resistentes, que sin lugar a duda es la principal forma de control de esta enfermedad. Estudios realizados en nuestro país, muestran que en pruebas de patogenicidad el hongo *V. gasparii* sp. nov. afecta plantas de tomate y a plantas de cinco hojas de kiwi obtenidas desde semilla del cultivar 'Jintao', y luego de dos meses post-inoculación permitió observar un alto porcentaje de mortandad de las plantas con un 100% para los aislados C1 6845 y C5 6669 del hongo; 90% aislados A3 y A7; y 80% para el aislado A5, no observándose plantas muertas en el control (plantas no inoculadas). Las plantas de kiwi inoculadas presentaron síntomas visibles luego de tres semanas post inoculación y la presencia de heridas en las raíces de estas plantas favoreció la infección y el daño provocado (Moya-Elizondo et al. 2019).

La internación de nuevas variedades de kiwi, especialmente de kiwi amarillo (*Actinidia chinensis* var. *chinensis*), requiere de un protocolo que permita validar su respuesta a la verticilosis, previo a realizar plantaciones en grandes extensiones del país. En este aspecto, se describen a continuación algunas características que debería considerar un protocolo que permita evaluar la respuesta de un cultivar a la verticilosis o marchitez del kiwi:

Ensayo básico de reacción de resistencia. El ensayo debe considerar la variedad o patrón a evaluar, considerando entre 6 a 10 plantas de cada tratamiento a los cuales se deben podar sus raíces y deben ser sumergidas en una suspensión de conidias de una cepa patogénica de *V. gasparii* sp. nov. (concentración entre 1 x 10^6 conidias*mL^{-1},) durante 10 a 20 minutos, para ser trasplantadas a maceteros individuales con un sustrato (**Figura 5**). Las plantas deben ser mantenidas por un periodo que permita que los síntomas se hagan evidentes (entre un mes a seis meses), evaluándose la incidencia y el grado de daño mediante escalas visuales.

Figura 5. Proceso de inoculación de plantas de kiwi con cepas de *Verticillium gasparii* sp. nov. para evaluar respuestas de resistencia a la infección de este patógeno. (Fuente: Juan San Martín y Ernesto Moya).

Para el cálculo de severidad, se deben evaluar las plantas semanal o quincenalmente, después de 30 a 40 días de la inoculación con una cepa de *Verticillium*, o hasta que se observen síntomas visibles de marchitamiento en hojas y tallos de la planta en el cultivar o patrón bajo estudio. Además, al final del ensayo se debe evaluar la raíz y la planta usando una escala visual de severidad.

Adicionalmente, es recomendable considerar un cultivo de tejido enfermos para reaislar el hongo inoculado, desde trozos de tejido (raíz, tallo y hojas), los cuales pueden ser sembrados en medios de cultivo como APD suplementado con un antibiótico, y que permitirán observar crecimiento del micelio y estructuras de identificación del hongo bajo microscopio. Esto permite validar que el daño observado fue causado por el hongo inoculado y descartar a otros patógenos que puedan causar síntomas similares, además de ayudar a determinar el nivel de avance que alcanza el patógeno en los tejidos de la planta.

Las plantas deben mantenerse bajo condiciones ambientales de bajo estrés (por ejemplo, bajo un sombreadero con una malla Raschel o en una sala de crecimiento bajo condiciones controladas, manteniendo un fotoperiodo de 16 horas luz y 8 horas oscuridad a 22°C). Las plantas deben mantenerse con riegos periódicos, basados en la aplicación de un volumen de agua asociado a la pérdida del 40% del peso de la maceta por evapotranspiración y que se aplicará directamente a la maceta. La aplicación de fertilizantes debería realizarse de forma foliar de acuerdo al requerimiento del cultivar y evitando causar un estrés en las plantas.

De acuerdo a la experiencia de estudios realizados en la Universidad de Concepción, en un periodo de 4 a 6 meses se tendría la respuesta varietal a la infección por verticilosis en plantas de kiwi (**Figura 6**). Es recomendable considerar una variedad como “control estándar” sobre la cual comparar resultados de resistencia/susceptibilidad que podría ser el cultivar ‘Hayward’ y/o ‘Hort16A’.

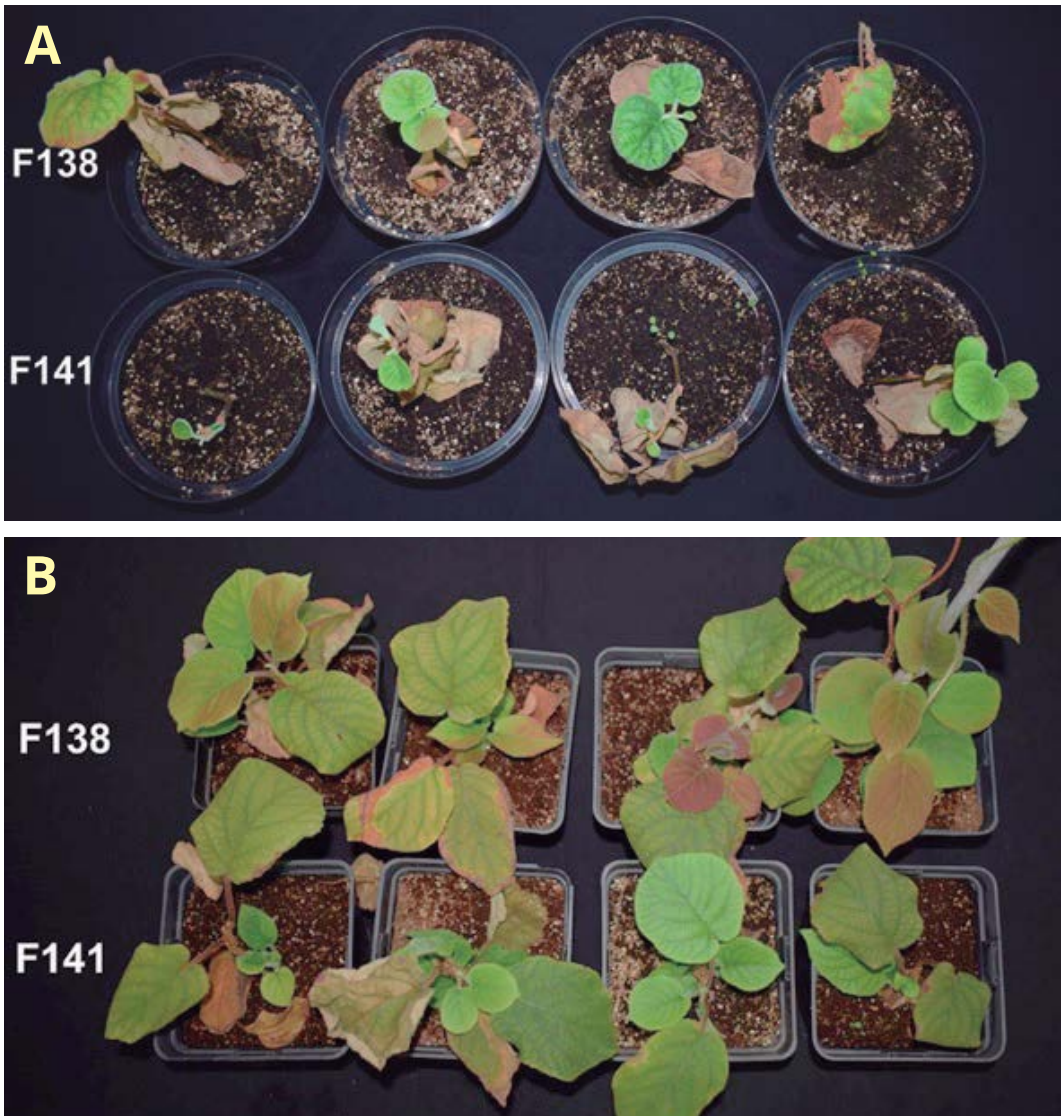


Figura 6. Vista de plantas de dos variedades de kiwi que presentaron respuestas de resistencia diferenciada a dos cepas de *Verticillium gasparii* sp. nov., después de cuatro meses de estudio en macetas (A: altamente susceptible y B: con cierto grado de resistencia). **A.** Efecto de *Verticillium gasparii* sp. nov. cepas F138 y F141, sobre plantas de kiwi altamente susceptibles al patógeno. (Fuente: Juan San Martín). **B.** Efecto de *Verticillium gasparii* sp. nov. cepas F138 y F141, sobre plantas de kiwi con grados de resistencia a la infección por el patógeno. (Fuente: Juan San Martín).

Otros ensayos que deberían ser considerados están asociados a evaluar la reacción de resistencia a distintas especies de *Verticillium*, por ejemplo *V. dahliae*, o estudios que evalúen la reacción de resistencia en el tiempo, donde se considere la utilización de plantas terminadas en vivero de las variedades en estudios sobre uno o más patrones distintos, que hayan presentado cierto grado de resistencia. El proceso de inoculación con el patógeno sería el mismo descrito anteriormente, pero se deberían mantener las plantas entre seis a 24 meses evaluándose la incidencia y el grado de daño de forma periódica. Adicionalmente, después de seis meses, se debería evaluar el grado de avance del patógeno en los tejidos de cambium y xilema de algunas plantas, mediante siembra en medios selectivos y observación microscópica o molecular tanto del tejido del patrón como del injerto varietal.

CONCLUSIONES

La verticilosis o marchitez del kiwi es una enfermedad relativamente nueva en el cultivo del kiwi, de la cual se tiene poco conocimiento al respecto, por lo que su manejo, como el de muchas enfermedades causadas por hongos de suelo, es difícil y requiere considerar varios factores para tener éxito. El productor o asesor debe considerar la gran dificultad que implica recuperar un huerto ya dañado. Por lo anterior, la aproximación a la enfermedad que se encuentra presente y también para una plantación futura debe ser realista y considerar lo siguiente:

- No existe actualmente, un control fácil y menos que sea definitivo.
- Para una adecuada prevención, el manejo de un huerto sano no debe ser distinto al que se realiza para el control de huertos enfermos, tal como se aprendió a realizar con la experiencia de la Psa en kiwi.
- Un huerto enfermo difícilmente mejorará, con esfuerzo puede detenerse el avance de la enfermedad.
- Los haces vasculares del tejido obstruido no se pueden destapar, por lo cual en árboles con conducción de mono eje, la enfermedad es una sentencia.
- La enfermedad buscará camino a través de los tejidos xilemáticos para llegar al injerto, puesto que el portainjerto no actúa como filtro. Los portainjertos resistentes o tolerantes, en general, no evitarían que se manifieste la enfermedad en la variedad susceptible injertada. En las mejores condiciones lograrían dilatar la manifestación de síntomas.
- Un huerto que se inicia con un programa preventivo, tiene mayor posibilidad de que se establezca y conviva con la enfermedad. El correcto manejo integrado puede hacer que un huerto responda comercialmente bien, inclusive en casos de variedades moderadamente sensibles.
- En la actualidad no existe un método eficaz para combatir la enfermedad por lo que aumenta la importancia de integrar diferentes medidas de lucha preventivas que por sí mismas no pueden solucionar el problema, pero todas juntas facilitan la disminución de la incidencia.
- La búsqueda de variedades tolerantes o resistentes es la vía más rápida y efectiva, una vez que se dispone de ellas, pero ese camino puede ser largo e incierto.

Finalmente, el desarrollo de estrategias de control biológico integrado a los manejos tradicionales para el control de esta enfermedad cobra cada día más relevancia, aún con el desconocimiento que existe de cómo actúan los microrganismos en el control de la verticilosis en plantas de kiwi. Existen además de *Trichoderma*, bacterias del género *Bacillus, Pseudomonas* u otros géneros o especies aisladas desde ecosistemas locales que actúan a nivel radicular y foliar colonizando rápida y eficientemente, tanto la rizósfera como los tejidos vegetales, generando con ello una barrera asociada a una alta población microbiana antagonista que puede inhibir o retrasar la infección del patógeno. Además, a nivel de suelo, no sólo aumenta la biodisponibilidad de nutrientes, sino que también eleva la fertilidad natural al colonizarlo con microorganismos benéficos, mejorando entonces las condiciones nutricionales para el cultivo. Para ello la correcta aproximación a obtener un suelo supresor y un buen desarrollo de las poblaciones microbianas benéficas es un desafío a integrar en la producción de kiwi amarillo en un futuro cercano.

Bibliografía

- Acuña, R. (2010). Compendio de bacterias y hongos de frutales y vides en Chile. División de Protección Agrícola y Forestal del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), Santiago – Chile.
- Agrios, G. N. (2005). Plant pathology. 5th edition. Elsevier Academic Press.
- Arias-Calderón R., Rodríguez-Jurado D., León L., Bejarano-Alcázar J., De la Rosa R. y Belaj A. (2015). Pre-breeding for resistance to Verticillium wilt in olive: Fishing in the wild relative gene pool. Crop Protection, Volumen 75, pp. 25-33.
- Auger, J., Pérez, I., Rubilar, M., Fullerton, R. A., y Esterio, M. (2009a). Marchitez violenta y muerte de plantas de kiwi dorado (*Actinidia chinensis* Planch) cv. Hort16A en Chile. Fitopatología 44 (1): 18.
- Auger, J., Pérez, I., Fullerton, R. A., y Esterio M. (2009b). First report of Verticillium Wilt of Gold Kiwifruit, *Actinidia chinensis* Cv. Hort16A, caused by *Verticillium albo-atrum* in Chile. Plant Disease 93(5):553.
- Auger, J., Pérez, I., Esterio, M., y Fullerton, R. A. (2011). Outbreak of a lethal wilt form of gold kiwifruit, *Actinidia chinensis* 'Hort16A' in Chile. ISHS Acta Horticulturae 913: VII International Symposium on Kiwifruit.
- Bubici, G. y Cirulli, M. (2012). Control of Verticillium wilt of olive by resistant rootstocks. Plant Soil 352: 363–376.
- Carroll, C.L., Carter, C.A., Goodhue, R., Lawell, C.C. y Subbarao, K.V. (2018). A Review of Control Options and Externalities for Verticillium Wilts. Phytopathology, 108 2, 160-171.
- CIREN. (2023). Catastro Frutícola 2023, Principales resultados.
- Díaz, G.A., Zoffoli, J. P., Ferrada, E. E., y Lolas, M. (2021). Identification and Pathogenicity of *Diplodia, Neofusicoccum, Cadophora,* and *Diaporthe* Species Associated with Cordon Dieback in Kiwifruit cultivar 'Hayward' in Central Chile. Plant Disease, 105: 1308-1319.
- García, H., Cifuentes-Esquivel, N., Moya-Elizondo, E., Piontelli E., Palma, M. A, San Martín, J., Vega, Y., Chávez, E., Donoso, E., y Ramos, C. (2020). Reclasificación y caracterización del agente causal de la verticilosis (*Verticillium albo-atrum*) del kiwi amarillo (*Actinidia chinensis*) como *Verticillium gasparii* sp. nov. y detección específica a través de qPCR-HRM 17CH-83909. LXX Congreso Agronómico- Santiago- Enero 2020.
- Gramaje, D., Mostert, L., Groenewald, J. Z. y Crous, P. W. (2015). *Phaeoacremonium*: From esca disease to phaeohyphomycosis. Fungal Biology, 119(9): 759-783.
- Inderbitzin, P., Bostock, R. M., Usami, T. y Subbarao, K. V. (2011). Phylogenetics and Taxonomy of the Fungal Vascular Wilt Pathogen Verticillium, with the Descriptions of five New Species. PLoS ONE, 6 (12): e28241.
- Inderbitzin, P. y Subbarao, K. V. (2014). *Verticillium* systematics and evolution: how confusion impedes Verticillium wilt management and how to resolve it. Phytopathology 104(6): 564-574.
- Kasson, M.T., Short, D.P.G., O´Neal, E.S.O., Subbarao, K. V. y Davis, D.D. (2014). Comparative pathogenicity, biocontrol efficacy, and multilocus sequence typing *Verticillium nonalfalfae* from the invasive *Ailanthus altissima* and other hosts. Phytopathology 104:282-292.
- Lawrence, D., Nouri, M. y Trouillas, F. P. (2021). Pleurostoma Decline of Olive Trees Caused by *Pleurostoma richardsiae* in California. Plant Disease, 105: 2149-2159.
- Lee, H. W., Ho, W., Alexander, B. y Baskarathevan, J. (2022). A Rapid qPCR for the Detection of *Verticillium nonalfalfae* MLST2 – A Highly Pathogenic Fungus on Kiwifruit. Plant Disease 106: 2348-2354.

- Mellow, K. D., Tyson, J. L., Manning, M. A., y Wright P. J. (2019). Preliminary pathogenicity screening of *Verticillium* spp. on kiwifruit in New Zealand. New Zealand Plant Protection 72: 89-94.
- Moya-Elizondo, E., San Martín, J., Vega, Y., Cifuentes-Esquivel, N., Ramos, C. y García, H. (2019). Patogenicidad de cepas de *Verticillium gasparii* sp. nov. strains afectando huertos de kiwi amarillo (*Actinidia chinensis*) en Chile. XXVII Congreso Chileno de Fitopatología (SOCHIFIT) – Arica – Enero 2019.
- Pegg G. F. y Brady B. L. (2002). Verticillium wilts. CABI Publishing.
- Petriccione, M., Salzano, A. M., Di Cecco, I., Scaloni, A. y Scortichini, M. (2014). Proteomic analysis of the *Actinidia deliciosa* leaf apoplast during biotrophic colonization by *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*. Journal of Proteomics 101: 43 – 62.
- Petriccione, M., Di Cecco, I., Arena, S., Scaloni, A. y Scortichini, M. (2013). Proteomic changes in *Actinidia chinensis* shoot during systemic infection with a pandemic *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* strain. Journal of Proteomics 78: 461– 476.
- Saavedra M. y Alcántara C. (2010). Qué puede hacer el agricultor frente a al Verticilosis en olivar. Colección Transferencia - Servifapa; 1-38; Junta de Andalucía. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Consejería de Agricultura y Pesca, España.
- Song, R., Li, J., Xie, C., Jian, W., y Yang, X. (2020). An Overview of the Molecular Genetics of Plant Resistance to the Verticillium Wilt Pathogen *Verticillium dahlia*. International Journal of Molecular Sciences. 21(3), 1120.
- Trapero, C., López-Escudero, F.J., Roca L.F., Blanco-López, M.A. y Trapero, A. (2011). La verticilosis, un grave problema de la olivicultura actual. Agricultura: Revista Agropecuaria y Ganadera, N°937, 106-110.
- Trapero, C., Rallo, L., López-Escudero, F.J., Barranco, D. y Díez, C.M. (2015). Variability and selection of verticillium wilt resistant genotypes in cultivated olive and in the Olea genus. Plant Pathol, 64: 890-900.
- Vermeulen, J. P., Hanika, K., Thomma, B., Bai, Y., y Schouten, H. J. (2021). Scarcity of Major Resistance Genes Against Verticillium dahlia. PREPRINT Research Square.

CAPÍTULO 3
POLEN Y PROCESO DE POLINIZACIÓN

Autor: Héctor García, Laboratorios Diagnofruit Ltda.

1. INTRODUCCIÓN

El proceso de polinización es fundamental para lograr el cuajado de frutos en el género *Actinidia*, la cantidad de polen que recibe una flor determina aspectos claves en la calidad de un kiwi: el tamaño (calibre) y la forma del fruto, dos de las características más importantes en términos productivos y cosméticos. Debemos considerar que ambos atributos, son el resultado del grado de polinización alcanzada en huerto; por lo tanto, este capítulo tiene especial relevancia, ya que gran parte de la producción de un huerto de kiwi sostenible se basan en una polinización exitosa.

Hay aspectos claves en este género que influyen de manera positiva o negativa en que el proceso de polinización sea exitoso en *Actinidia*:

I. Las flores para polinizar por planta son pocas (entre 500 y 1000 como rango promedio en Chile), en relación con otras especies como cerezos.

II. La necesidad de que el polen se mueva entre plantas, esto debido a que es una especie dioica.

III. La falta de producción de néctar, que transforma en un blanco muy poco atractivo para las flores de estas especies y la visita de polinizadores.

IV. Elevado número de óvulos a fecundar en muchas especies del género (más de 1.000 en algunos cultivares de *Actinidia chinensis*).

Si bien hay pocas flores a polinizar por planta o superficie, cada flor posee muchos óvulos a fecundar lo que eleva la cantidad de polen disponible necesario, al mismo tiempo hay que mover polen de una planta “macho” a otra “hembra” lo que significa que se debe tener sincronía y un marco de plantación básico que funcione. Sumado a todas estas dificultades, la flor es muy poco atractiva para insectos polinizadores, por lo que es necesario incurrir en manejos para apoyar el proceso; todo lo anterior resulta en que el proceso es realmente delicado y complejo de realizar de forma óptima, es mucho más fácil fallar que ser exitoso, por lo que comprender de forma profunda el como una flor de kiwi es perfectamente fecundada varios de cientos de veces, con el objetivo de obtener un fruto de alta calidad, es un factor clave para una producción sostenible.

Con el propósito de conocer este proceso clave en la formación de un fruto de calidad, este capítulo revisará información actualizada de características del polen, proceso de polinización y manejos fundamentales para establecer con el mayor éxito probable, un proceso que nos asegure una producción de fruta con características de exportación.

2. MORFOLOGÍA Y FISIOLOGÍA DE LAS FLORES DE KIWI

A diferencia de lo que pudiésemos creer, ambos tipos de flor, macho y hembra del kiwi producen polen, sin embargo, el “polen pistilado”, que se origina desde una antera de flor con pistilo (**Figura 1**), posee pared celular pero no citoplasma por lo que se consideraba, hasta hace un tiempo, de poca utilidad por su carácter inviable; es más, se creía que las plantas hembra engañaban a los polinizadores para que colectaran este polen estéril, produciendo un polen de menor valor nutricional (Jay y Jay, 1993).

Hoy se especula que en realidad las plantas de Actinidia ofrecen dos tipos de polen a sus polinizadores con distintas características nutricionales, de esta forma el polen estaminado tiene mayor cantidad de carbohidratos y proteínas (Schmid 1978) y al mismo tiempo el pistilado tendría mayor concentración de calcio, manganeso, hierro, además de lípidos (Clark y Lintas, 1992), estos últimos son la fuente preferida de energía de la abeja melífera (Manning, 2001). Toda esta oferta de "calidades" de polen impulsaría el comportamiento de búsqueda de alimento por parte de los polinizadores (Vaudo et al. 2020). De esta forma, las flores pistiladas "imitan" a las flores estaminadas (**Figura 2**), que son las que producen polen viable, esta característica fue denominada como Dioica Críptica (Schmid 1978).

Figura 1. Flor pistilada (Hembra) de kiwi cv. 'Hayward'. Además de las anteras cargadas de polen "pistilado" se puede observar claramente en el centro de la flor el pistilo y estigmas (Fuente: Héctor García).

Figura 2. Flor estaminada (macho). En el centro de la flor no es posible observar un pistilo bien desarrollado, sin embargo, es posible distinguir un gran desarrollo de estambres que liberan polen "estaminado" listo para fecundar (Fuente: Comité del Kiwi)

Cuando observamos plantas macho y hembra en primavera, la primera característica que salta a la vista es el gran número de flores que tienen las primeras (**Figura 3**) en comparación con las segundas (**Figura 4**). Esta característica que presentan plantas macho de *A. chinensis* y *A. arguta* ('baby kiwi') llevadas a números se traduce en una producción de 2 a 10 veces más flores que las hembras, aunque esto también puede ser modificado con manejos como la poda o el clima, más allá de la genética propiamente tal (Ferguson, 1991).

Figura 3. Floración planta macho, se observa un gran número de flores por área de canopia (Fuente: Comité del Kiwi).

Generalmente los cultivares comerciales poseen períodos de floración más bien cortos (5 a 12 días), esta característica asegura que la maduración del fruto es más uniforme, y la fruta tiene poca diferencia de edad; en Chile, variedades como 'Hayward', en promedio demoran entre 5 y 7 días en avanzar de 10% a 80% de flores abiertas. Sin embargo, se debe considerar, que periodos cortos de floración puede generar posibles problemas de sincronía entre plantas hembra y macho, considerando la ventana de tiempo mínima y sobre todo el cambio climático que genera comportamientos erráticos en todas las especies vegetales.

Figura 4. Floración de cultivar hembra, 'Hayward', con menor generación de flores con relación a plantas masculinas (Fuente: Héctor García).

Las flores de ambos sexos tienden a abrirse entre la medianoche y el mediodía, dependiendo del clima y el tiempo. En climas más cálidos, como la India, se observa que las flores se abren más temprano, entre la medianoche y las 06:00 horas (Thakur y Rathore, 1991), mientras que en Nueva Zelanda, más fría, las flores se abren entre las 05:00 horas y el mediodía (Goodwin 1987; Goodwin et al. 2013), probablemente el vegetal que ha coevolucionado con especies polinizadoras, se ajusta a temperaturas de trabajo de especies como la abeja, priorizando la liberación de polen fresco bajo condiciones más "cómodas", tanto para el polen como para los agentes polinizadores. También se ha demostrado, que la lluvia retrasa tanto la apertura de las flores como la liberación del polen en varias especies de *Actinidia* (Goodwin, 1987).

3. POLEN DE KIWI, CARACTERÍSTICAS Y FISIOLOGÍA

3.1. Cantidad y viabilidad del polen

Como en esta especie el proceso de polinización es tan relevante, los investigadores se han realizado dos preguntas: **¿Cuánto polen produce una flor estaminada?** y **¿Cuánto tiempo es viable el polen o tiene la capacidad de fecundar el óvulo?.** Muchas investigaciones han buscado dilucidar estas interrogantes y a continuación algunas respuestas a las mismas.

Las flores masculinas del kiwi producen una gran cantidad de granos de polen que son binucleados, tricolporados (grano de polen con tres aperturas compuestas de una combinación de poros y colpos) y de entre (16-28) x (11-21) µm de tamaño (Huang, 2014) (**Figura 5**). La producción de polen varía ampliamente entre las especies y cultivares de *Actinidia*: oscila entre 500 mil granos de polen por flor y más de 3 millones en *A. chinensis* var. *deliciosa* aproximadamente (Hopping, 1986) y entre 1,4 y 4 millones en *A. arguta* (Stasiak et al. 2020); al mismo tiempo entre especies el tamaño del grano posee variaciones mínimas; sin embargo, en forma y ornamentaciones el espectro es muy amplio (Huang 2014) (**Figura 6**).

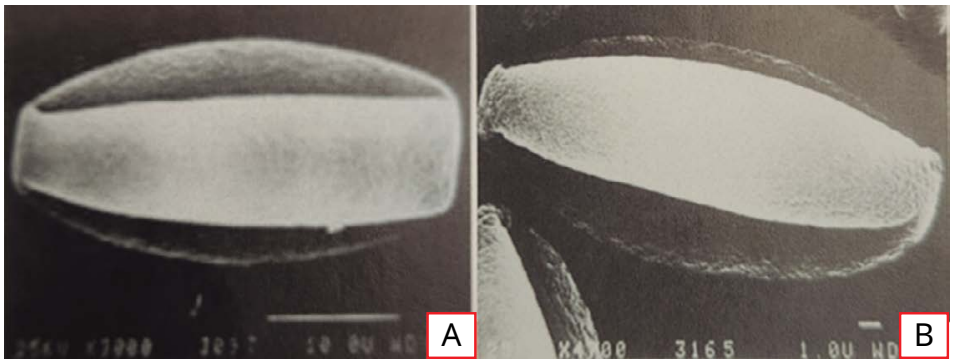


Figura 5. Fotografía de microscopía electrónica de granos de polen de *Actinidia.* **A.** grano de polen planta hembra *Actinidia chinensis* cv. *deliciosa* ('Hayward'). **B.** grano de polen planta macho *Actinidia chinensis* cv. *chinensis* ('Moshan nº5') (Modificado de Huang, 2014).

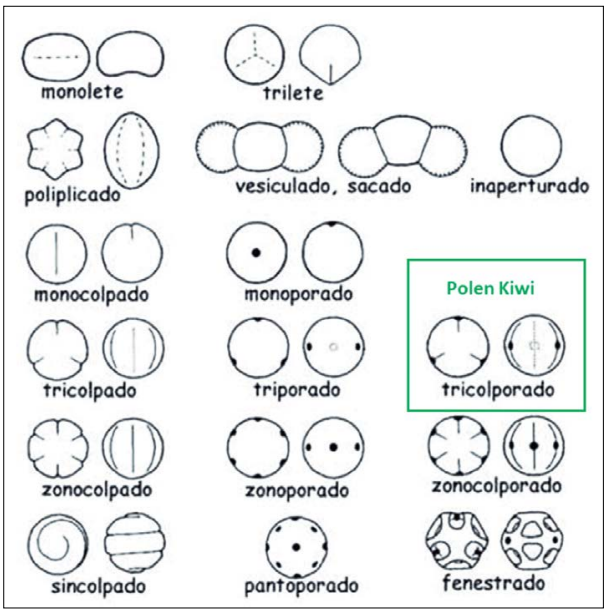


Figura 6. Tipos de granos de polen según el tipo y posición de las aperturas (Faegri y Iversen, 1964).

La cantidad máxima de polen está disponible en la etapa de palomitas de maíz o globo, justo antes de la antesis (Oh et al., 2020) y no todo el polen está disponible inmediatamente cuando se abre la flor, en investigaciones no publicadas en Chile, hemos observado una gran cantidad de polen inmaduro en los primeros estadios después de la antesis. Para *A. chinensis* var. *deliciosa* (variedades masculinas y femeninas), aproximadamente el 50% del polen se libera dentro de las 24 horas siguientes a que los pétalos comienzan a desplegarse (Goodwin, 1987; Hopping, 1990; Chen et al. 1996), y el resto se libera durante los siguientes 1 a 3 días, siguiendo un patrón de decaimiento exponencial (Goodwin, 1987).

La liberación diaria de polen puede medirse mediante el polen transportado por el aire y es máxima entre las 09:00 y las 13:00 horas, lo que corresponde aproximadamente al período de mayor actividad de los insectos (McKay, 1978; Malabœuf, et al. 1997), tal como explicamos en el punto anterior, esta característica sería una evidencia de coevolución. Luego, la liberación continúa durante todo el día en niveles bajos (Broussard y Pattemore, 2023).

El polen de kiwi de plantas estaminadas es generalmente muy viable y de alta germinación (80-100%) (Hopping, 1986; Chen et al. 1996; Stasiak et al. 2017), aunque en investigaciones locales hemos observado germinaciones no superiores al 30% en variedades macho como 'Tomuri' (región de O'Higgins), en situaciones de alto estrés salino y temperatura (**Figura 7**). La viabilidad máxima se produce en la apertura de la flor (Oh et al., 2020) y es solo ligeramente menor varios días antes de la antesis. Los factores ambientales y las inclemencias del tiempo pueden reducir la viabilidad del polen del kiwi, este es un factor clave que se debe estudiar localmente para establecer los mejores cultivares según el nivel de estrés ambiental recurrente, disminuye bruscamente por encima de los 30 °C (Polito y Weinbaum 1988) y en condiciones de alta humedad (Hopping 1990; Pyke y Alspach 1992). La edad del huerto también puede afectar el máximo de viabilidad, donde el polen de las plantas jóvenes tiene una menor viabilidad y un menor rango de temperaturas en las que es viable, en comparación con las más viejas (Polito y Weinbaum, 1988).

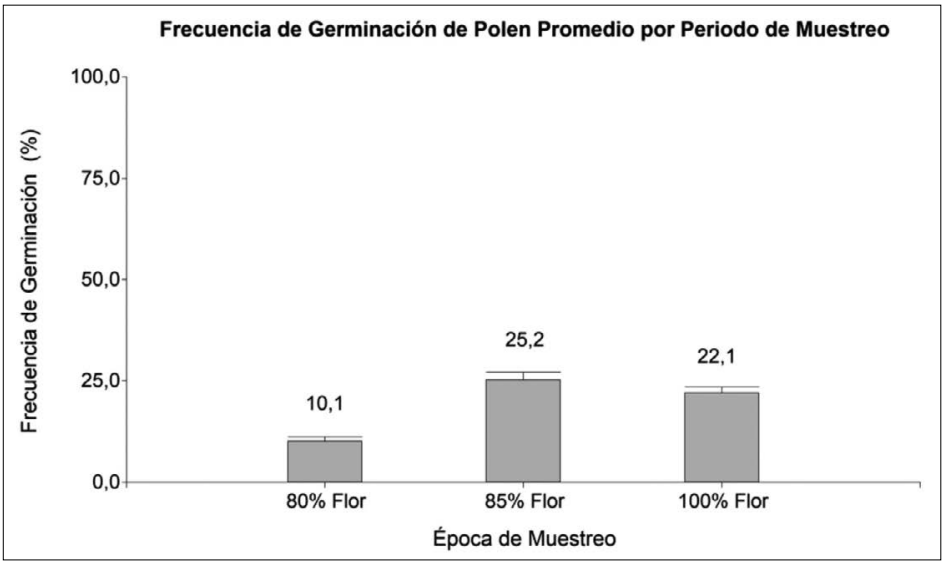


Figura 7. Resultados de ensayo de caracterización de germinación de polen de kiwi cv. 'Tomuri' colectado de flores en estado de palomita de maíz considerando tres momentos de apertura de flores hembras cv. 'Hayward'. Localidad Codegua, Región de O'Higgins. Noviembre 2020. Proyecto Diagnofruit-Universidad de las Américas.

3.2. Periodo de polinización efectiva

Las flores pistiladas de kiwi se pueden polinizar con éxito durante todo el día (Broussard et al. 2021); la polinización no se limita al período matutino de alta disponibilidad de polen. Después de aterrizar en el estigma, los tubos polínicos penetran el estilo en 7 horas (Hopping y Jerram, 1979) y alcanzan el ovario en 74 a 96 horas (Hopping y Jerram, 1979; González et al. 1997). La viabilidad del estigma disminuye en los días posteriores a la antesis (González et al. 1995a, b). Para *Actinidia chinensis* var. *deliciosa* 'Hayward', las temperaturas más altas reducen la ventana durante la cual la polinización da como resultado un cuajado de frutos razonable (>50%). Esta ventana varía desde 8 días después de la apertura en Nueva Zelanda (Hopping, 1990), hasta 4 días en España e Italia (González et al. 1995b; Gianni y Vania 2018) y 3 días en India (Thakur y Rathore, 1991). En un estudio realizado en la zona central de Chile, polinizaciones manuales de kiwi cv. 'Hayward' realizadas a 2, 3, 4, 5, 6 y 7 días después de antesis no generaron diferencias en la tasa de crecimiento ni en el calibre de la fruta a cosecha (Pinto et al., 2022).

3.3. Fenómeno Xenia, cómo el polen afectar la calidad del kiwi

La fuente de polen y sus características genéticas pueden afectar rasgos del fruto como el cuajado, el número de semillas, el tamaño/forma, el color de la pulpa, la evolución de la madurez en términos de la caída de firmeza de pulpa y la calidad del fruto en *Actinidia*, un fenómeno conocido como Xenia, este fenómeno ha sido muy estudiado los últimos años, sobre todo por la incorporación de variedades de pulpa roja (Qi et al. 2007; Seal et al. 2016; Seal et al. 2017; Seal et al. 2018; Chen et al. 2019; Stasiak et al. 2019; Oh et al. 2021).

En un ensayo realizado en Nueva Zelanda se investigó el efecto de polinización con tres distintos polinizadores considerando distintas ploidías, 'Bruce' (diploide *A. chinensis*), 'M248' (tetraploide *A. chinensis*) y 'Chieftain' (hexaploide *A. deliciosa*) sobre el cultivar diploide 'Hort22D' de pulpa roja. Al final de la cosecha la fruta polinizada con 'Bruce' tenía un 47% más de antocianinas encargadas de otorgar el color rojo (**Figura 8**) y pesaba un 38% más que la fruta polinizada por 'Chieftain'; al mismo tiempo los pesos totales e individuales de las semillas fueron mayores en 'Bruce', mientras que para 'M248' los resultados fueron intermedios. Estos resultados marcan la relevancia de la elección de los polinizantes en este cultivar (Seal et al. 2017).

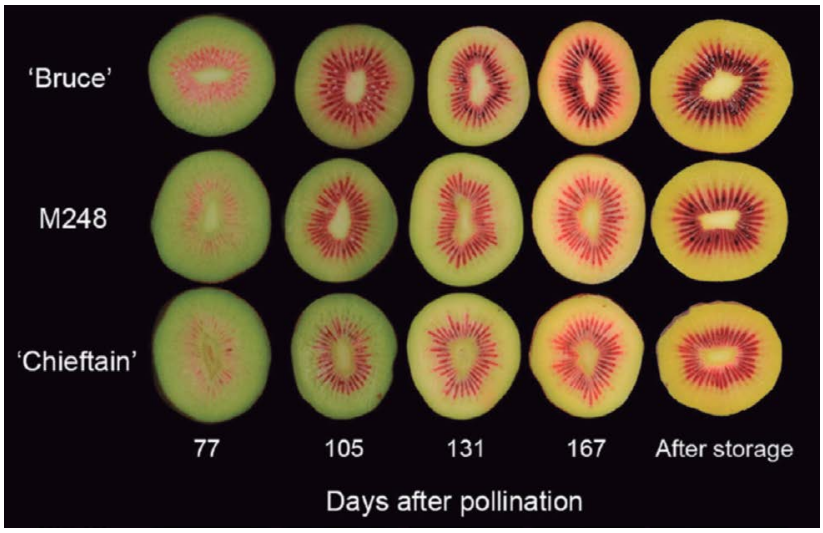


Figura 8. Fruta cortada de *A. chinensis* 'Hort22D' muestreada mensualmente en cuatro fechas durante la temporada de crecimiento y después de 24 semanas de almacenamiento a 1 °C. El fruto resultó de la polinización manual con polen de cada uno de tres machos: 'Bruce' (diploide *A. chinensis*), 'M248' (tetraploide *A. chinensis*) y 'Chieftain' (hexaploide *A. deliciosa*). Los frutos no están en la misma escala (excepto aquellos dentro de la muestra después del almacenamiento) (Modificado de Seal et al., 2016).

De acuerdo con esta información, es extremadamente importante realizar pruebas locales para conocer la influencia sobre la calidad del kiwi resultante al realizar polinización con diversos polinizantes, el fenómeno xenia podría ser un punto clave para la incorporación de nuevas variedades y la obtención de rendimientos máximos para una nueva variedad. A la fecha, en Chile, carecemos de este tipo de pruebas de gran relevancia, pero de poco conocimiento.

3.4. Importancia del polen para el calibre, rendimiento total, calidad cosmética y el almacenaje del kiwi

El kiwi tiene una alta tasa de cuajado, a menudo superior al 90% y, en las condiciones adecuadas, puede alcanzar el 100% de cuajado, muchas veces las pérdidas por mala cuaja están dadas por problemas fitosanitarios, asociados a tizón de botones y flores causados por bacterias y/u hongos (Rubilar et al., 2022) (**Figura 9**).

Figura 9. Flores afectadas por tizón de la flor que no cuajaron y kiwis cuajados cv. 'Hayward' (Fuente: Héctor García).

El alto cuajado de frutos tiene implicancias negativas para la producción comercial de frutos, ya que las plantas, particularmente el cultivar 'Hayward', producen frutos "poco polinizados" y no comercializables que tienen la mitad del tamaño de los frutos completamente polinizados (**Figura 10**). En el kiwi, el cuajado no es un buen indicador del éxito de la polinización como en otros cultivos y sólo el número de semillas es un indicador más confiable ya que las condiciones ambientales, la carga de cultivo, y el uso de CPPU pueden, eventualmente esconder una polinización problemática. Por lo tanto, las evaluaciones de los requisitos de polinización de los genotipos de plantas, se miden idealmente, como la cantidad de polen requerido para una producción completa de semillas (González et al. 1994).

Figura 10. Kiwis cv. 'Hayward' "poco polinizados" calibre pequeño y no conservan forma cilíndrica (Fuente: Héctor García).

El requerimiento de polen de las diversas especies o cultivares de *Actinidia* es muy variable, considerando lograr un conjunto completo de semillas y tamaño de fruto máximo (Broussard et al. 2021):

A. chinensis var. *chinensis* cv. 'Zesy002' requiere 3.500-5.000 granos de polen, lo que resultaría en aproximadamente 600 semillas (**Figura 11**).

A. chinensis var. *deliciosa* cv. 'Hayward' requiere 10.000-13.000 granos de polen, lo que resultaría en 1.500-2.000 semillas.

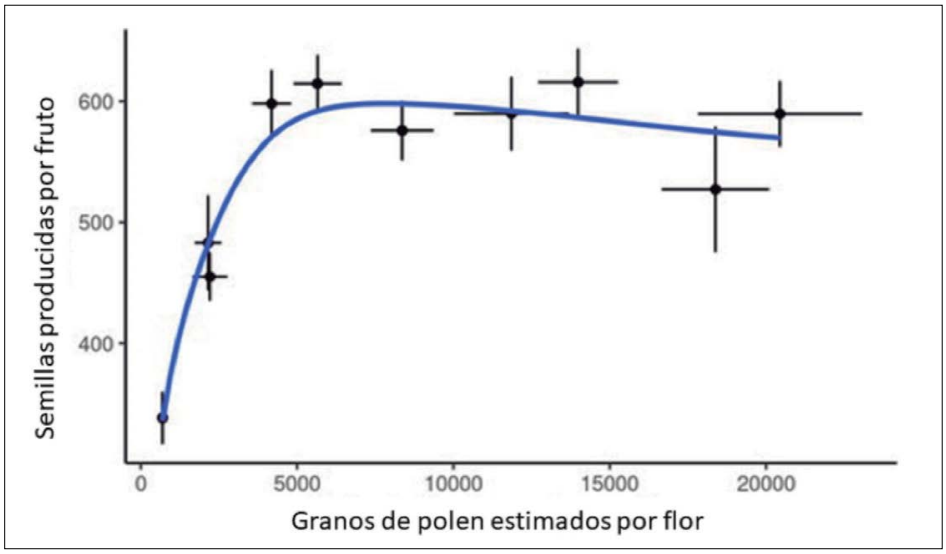


Figura 11. Relación entre el número de granos de polen en los estilos del cultivar de kiwi *Actinidia chinensis* var. *chinensis* 'Zesy002' y el número de semillas del fruto resultante. Los puntos representan la media de granos de polen depositados y la media de semillas por fruto para cada concentración. Las barras representan el error estándar de la media. La línea de tendencia es un modelo aditivo generalizado con una función suave aplicada al número de semillas logarítmicas (Modificado de Broussard et al., 2021).

Distintas fuentes, citan, si bien números cercanos, diversos resultados en relación con número de semillas necesarias para un fruto basal (70 gramos) y otro de calidad superior con calidad exportable (100 gramos) (**Tabla 1**). En promedio un fruto pequeño, cercano al precalibre, bordea las 450 semillas y uno exportable debiera contener cerca de 960 semillas. Los distintos resultados de la Tabla 1, expresan muy bien la realidad de los manejos en Chile, muy marcados por el uso de CPPU, que pueden generar fruta de menor contenido de semillas con un peso cercano o superior a 100 gramos, por lo que los datos obtenidos deben ser referenciales y asociados al manejo.

Tabla 1. Estimación del número de semillas señaladas en literatura requeridas para 70 y 100 g de fruto fresco, basado en la correlación entre el número de semillas y el peso de frutos cv. 'Hayward' (Modificado Broussard y Pattemore., 2023).

Fuentes:	Número aproximado de semillas necesarias para:	
	70 g por fruto	100 g por fruto
Costa et al., 1993*	240	750
	200	700
Goodwin et al., 2000	710	1070
Hopping, 1976	750	1290
Hopping, 1986	300	930
Hopping y Hacking, 1983b	820	1150
McAneney et al., 1984	840	1160
Pyke y Alspach, 1986	330	1050
Testolin et al., 1991	370	800
Woolley et al, 1988*	180	620
	320	980
	430	1050
Promedio=	**458**	**963**

(*) = más de un set de datos es reportado por el autor en el artículo.

Si bien, factores como el riego, carga, clima, entre otros, pueden afectar el tamaño y la forma del kiwi, establecer una polinización exitosa es la base para la generación de un kiwi de alta calidad. Las primeras flores tienen mayor capacidad de ser polinizadas y transformarse en kiwis de calidad cilíndrica, para *A. chinensis*, el número de semillas está correlacionado con el calibre, de forma lineal o logarítmica dependiendo del rango del número de semillas (Hopping, 1986; Testolin, 1991).

Una buena polinización también resulta en fruta de mejor almacenaje, se ha demostrado que fruta con más semillas es un sink de atracción de Calcio, lo que mejora la firmeza y disminuye la susceptibilidad a pudriciones (Ainalidou et al. 2015).

En las especies frutales para que una flor sea completamente polinizada, un tubo polínico debe llegar a cada óvulo. En el caso del kiwi, si el polen depositado se restringe sólo a algunos estigmas, los tubos polínicos se distribuyen uniformemente alrededor del ovario y dará como resultado una distribución uniforme de las semillas (McKay 1978; Howpage et al. 1998). De esta forma, en *A. chinensis* var. *deliciosa*, es posible polinizar completamente la flor depositando polen en unos pocos estigmas. Las flores del kiwi son aparentemente sincárpicas, esto quiere decir que varios carpelos forman un solo ovario.

En algunos cultivos frutales, los frutos deformes se han atribuido a una polinización deficiente, que podría ocurrir si el polen no se aplicara uniformemente a través de los estigmas y cada estigma estuviera vinculado solo a un conjunto discreto de carpelos. Este no parece ser el caso

del kiwi (Haslam et al., 1988), los hombros caídos (**Figura 12**), parecen deberse a una infección por *Pseudomonas viridiflava* (tizón del botón/flor) u otros *Pseudomónidos*, y otras deformidades o falta de calibre estarían relacionada más bien a la falta de polen o problemas en el proceso de polinización.

Figura 12. Detalle de fruto con "hombro caído", presentando ausencia de semillas en el sector de deformidad (Fuente: Héctor García).

3.5. Técnicas para evaluar polinización en kiwi, protocolo para conteo de semillas

Existen diferentes metodologías para contar el número de semillas y como ya se mencionó, esta es la única forma eficaz de conocer si el proceso de polinización fue efectivo. Los frutos pueden ser colectados inmaduros o ya maduros; sin embargo, siempre se deben trabajar con éstos cuando estén en un grado de madurez alto (blandos < 2Lbf). Para acelerar el proceso de madurez los frutos se pueden sumergir en una solución al 0,5% de Ethrel (Etephon) y dejar a temperatura cercana a 20 °C por algunos días.

Una vez que los kiwis están blandos se deben pelar y cortar la pulpa cuidando de no extraer las semillas desde el centro del fruto, luego se coloca en un recipiente y se sumerge en una solución de agua al 2% p/v de pectinasa (2% p/v) para disolver la pulpa, tamizar para recoger las semillas, las que luego deben ser secadas en deshidratador u horno. Las semillas de cada fruto por separado se deben pesar en una balanza de precisión y tomar 3 submuestras de 50 semillas las que también se pesan, luego, el peso de las submuestras se promedia y se establece una regla de 3 para conocer el peso individual aproximado de cada semilla, y finalmente el número de semillas total en el fruto de acuerdo con el peso total de la muestra de semillas inicial (Modificado de Goodwin et al., 2013).

4. POLINIZACIÓN DEL KIWI

4.1. Polinización anemófila y por insectos

Inicialmente existía la idea de que el viento era el principal agente polinizador, considerando que ciertas características de la flor como la falta de néctar, mínimas cantidades de polen y una proporción alta entre polen y óvulo eran evidencia de este comportamiento; sin embargo, investigaciones han demostrado que una polinización realizada por insectos como abejas melíferas o abejorros en *A. chinensis* resulta en mayor número de semillas (Abbate et al. 2021), por lo que se considera que los insectos son mucho mejores polinizadores de kiwi que el viento.

A pesar de lo descrito, el viento es un medio para la polinización, no se descarta y se podría considerar como la base del proceso, y apoyaría la polinización por insectos de forma natural. En Italia, era común soplar las plantas o hileras machos con máquinas con el fin de "ayudar" la polinización por viento, sobre todo cuando las abejas eran escasas dentro del huerto.

Insectos Polinizadores de kiwi

Las abejas melíferas (*Apis mellifera*) dominan como polinizadoras del kiwi, secundariamente los abejorros han sido estudiados y mucho menos otras especies. Las abejas melíferas son los principales insectos polinizadores en Estados Unidos, España, Francia, Australia, Nueva Zelanda, Argentina y Chile; otras regiones como China poseen una mayor fauna de polinizadores (Broussard et al., 2022), debido a que la coevolución milenaria en las zonas en que el kiwi es originario permite una mayor interacción entre especies en nuestros días.

En un estudio realizado en Nueva Zelanda sobre *Actinidia chinensis* var. *deliciosa* 'Hayward' y *A. chinensis* var. *chinensis* 'Zesy002', se monitoreó insectos en periodo de floración que visitaban flores durante 24 horas, si bien la abeja melífera fue la especie dominante, las siguientes especies en el ranking fueron dípteros, moscas y mosquitos; sin embargo, aún no está claro su efectividad en términos de polinización. También fue estimada la cantidad de polen depositada en una visita de distintas especies de insectos, y los resultados mostraron que varias especies sírfidos como *Helophilus hochstetteri* y *Eristalis tenax*, y otras abejas como *Leioproctus* spp. y *Bombus* spp. depositan cantidades de polen similares a *Apis mellifera* (Broussard et al., 2022). Estos nuevos antecedentes podrían indicar que la biodiversidad en los huertos de kiwi sería un soporte a la polinización realizada por abejas melíferas.

Manejo básico de polinización por abejas

Desde un antiguo estudio de principio de los 70's, se ha establecido un rango de población óptima de colmenas entre 7 y 10 colmenas por hectárea (Palmer-Jones y Clinch, 1976) para una polinización óptima de *A. chinensis* var. *deliciosa* 'Hayward'. En Chile la recomendación va en un rango de 10 a 15 colmenas por hectárea, considerando las condiciones propias de la temporada, cantidad de polinizantes, clima, etc. Estudios posteriores, no fueron capaces de demostrar una correlación fuerte entre el número de colmenas y el número de abejas por cada 1000 flores abiertas (Clinch, 1984), probablemente, la discrepancia se da por el diverso vigor de las colmenas, que puede ser más importante que el número por superficie de estas, es por este motivo en Nueva Zelanda hoy se habla de al menos 12 "marcos" con "fuerza de polinización" por hectárea (Goodwin, 2015), considerando además 4 marcos cubiertos con crías, este último detalle es de extrema importancia, ya que con esto obligan un trabajo más eficiente de las abejas en virtud de la crianza y crecimiento de las colmenas de cría, es muy cercano a duplicar la cantidad de marcos por hectárea. De esta forma, el control del vigor de las colmenas es un punto crítico que cada agricultor debe establecer como base para una polinización exitosa.

Independiente del número de colmenas o de la fuerza de polinización, una tasa de 6 abejas por cada 1000 flores abejas en el periodo peak de búsqueda de alimento y desarrollo de floración, es el piso para obtener una polinización óptima (Palmer-Jones et al. 1976; Clinch, 1984; Goodwin 1987).

Para que ocurra la polinización, una abeja debe visitar una flor macho, y luego comienza a visitar flores hembra, a medida que visita hembras, el polen de flores estaminadas se va agotando, por este motivo es muy importante que la distancia entre plantas hembra y macho sea la menor posible (Goodwin et al., 2013).

Flores de cítricos, leguminosas, Brassicaceae como el "yuyo" o de especies de Rosáceas, todas con atractivo néctar, son fuente de distracción para las abejas puestas en huertos de kiwi; por este motivo es recomendado eliminar este tipo de especies del sector que rodea el huerto, además de alimentar las colmenas con azúcar, "pre-alimentar" las colonias con jarabe de azúcar y polen de kiwi.

Las colmenas usualmente se llevan al huerto cuando la floración de las plantas hembra bordea el 15-20%; ante situaciones extremas y polinización problemática, podría una pequeña porción de colonias de abejas ser instaladas antes en el huerto de kiwis. Al mismo tiempo, introducir en dos periodos las abejas, al 20% y luego en plena flor 70-80%, podría ayudar cuando el entorno posee mucha competencia de flores.

Con el fin de procurar que las abejas tengan una alta demanda de polen, las abejas deben ser alimentadas para que, de alguna manera, compense la falta de néctar de las flores de kiwi. Para esto cada 2 días las colmenas (de preferencia en la mañana) deben ser alimentadas con jarabe de azúcar y con esto es posible aumentar la cantidad de polen colectado. El retiro de marcos de polen desde las colmenas o el uso de trampas de polen, también son estrategias para aumentar el "hambre" de polen de las abejas (Goodwin, 2015; Gemeda et al., 2018).

Polinización por abejorros

Aunque no se haya instalado colmenas de abejorros en un huerto de kiwi, es muy común que estos aparezcan en las flores.

Ciertas características de los abejorros los posicionarían como mejores polinizadores que las abejas, depositan más polen por visita, visitan más flores por minuto y cambian con mayor frecuencia visitas entre flores estaminadas y pistiladas de kiwi, generando mejores probabilidades de fecundación (Broussard et al., 2022). En términos más generales, el abejorro realiza trabajo activo por más horas al día que la abeja; pueden iniciar muy temprano en la mañana, antes del amanecer y hasta que se esconde el sol, esto porque su umbral de temperatura para iniciar vuelo es bajo, cercano a 5 °C, incluso se ha observado su actividad en arándanos en Chile durante periodos con temperaturas de 1 °C (Estay P., 2007).

Para lograr una fecundación óptima en la variedad 'Hayward' es necesario 0,9 abejorros por cada 1000 flores abiertas, menos de la sexta parte de la presencia necesaria para abejas melíferas, marcando una clara diferencia en términos de eficiencia (Pomeroy y Fisher, 2002).

Las colmenas de abejorros son bastante más pequeñas que las de abejas, por lo que la recomendación es mucho más alta en términos de superficie, llegando a 22-48 colmenas por hectárea (Cutting et al. 2018).

Una última característica que se ha descrito más recientemente, es la capacidad de trabajo de los abejorros bajo cubiertas, como mallas y otros tipos protecciones; de esta forma los abejorros se verían menos impactados que las abejas bajo estos sistemas (Cutting et al. 2018).

4.2. Polinización artificial

Varias problemáticas pueden afectar el proceso de polinización y reducir los rendimientos: una floración asincrónica, falla en el trabajo de las abejas, inclemencias climáticas (lluvias, exceso de calor) cada vez más comunes como resultado del cambio climático, ataque de patógenos como Psa donde plantas macho son especialmente susceptibles y manejos como uso de mallas o cubiertas plásticas.

Pensando en estas y otras problemáticas, a fines de los 70's se comenzó a estudiar la polinización artificial (Hopping y Jerram, 1979), como una herramienta aditiva a la polinización por abejas. Países como Italia, el sur de China y Corea han adoptado esta técnica con mucho éxito y de forma muy generalizada. En Nueva Zelanda es un manejo común pero no general, esencialmente es utilizado en la variedad 'Hayward', sin embargo, este país es uno de los principales productores y exportadores de polen en el mundo.

El polen se puede aplicar eficazmente en seco o en suspensión líquida (polinización húmeda). La ventaja de la aplicación en seco es que utiliza las fuerzas electrostáticas naturales que ayudan a transferir el polen de la abeja a la flor incluso antes de que la abeja aterrice (Clarke et al. 2017). Las abejas también pueden redistribuir el polen seco desde áreas no objetivo (es decir, pétalos, hojas) hasta los estigmas (Thomson y Eisenhart, 2003) y además es más económica que la líquida. Algunos agricultores en Nueva Zelanda, conociendo estas características del polen seco, hacen programas de aplicación durante todo el periodo de floración, con dosis inferiores a las recomendadas, pero separadas por 48 horas, con el objetivo de que siempre exista polen disponible en los distintos tejidos de la planta y no solo en la flor, de esta forma aumentar las probabilidades de polinización.

La aplicación líquida debiera ser usada cuando los huertos poseen insuficiente número de plantas macho, el trabajo de las abejas es ineficiente, huertos vecinos poseen cultivos con flores atractivas para la abeja, y cuando el viento, el frío y/o la lluvia se transforman en un limitante de la polinización por abejas. La aplicación en seco debiera ser usada cuando la floración de machos no es óptima, huertos poseen insuficiente número de machos, y en huertos que, si bien los problemas son menores, es necesario la polinización artificial como medio para alcanzar la maximización productiva (Kiwipollen, 2024a).

Los dos métodos de aplicación de polen líquido y seco son generalmente equivalentes para el kiwi, pero en algunos casos la polinización húmeda puede dar como resultado frutos de menor peso que la polinización seca (Holcroft y Allan, 1994), todo es muy dependiente del momento de aplicación, dosis de polen, calidad del polen, etc. Al mismo tiempo, la aplicación en seco no puede utilizarse si hay presencia de alta humedad ambiental (lluvias), debido a que este tipo de polen no esté preparado para presencia de agua libre. De esta forma no existe una receta única para el tipo de polen a utilizar, todo debe ser evaluado bajo las limitaciones de cada caso.

El polen puede ser aplicado pasando las anteras de una flor masculina sobre el estigma de una flor femenina (comúnmente el uso de un “pompón” imita esta técnica), soplando polen sobre las flores o rociando polen suspendido en un líquido. Existe una amplia gama de equipos capaces de automatizar la aplicación de polen, pero como se mencionó, la realidad local es la única que puede definir cuál sería la mejor técnica de aplicación.

Si bien, existen diversos tiempos de aplicación, lo más común es al menos 2 pasadas en distintos momentos de floración, aunque en Italia es recomendado una aplicación al inicio de caída de pétalos (Tacconi et al., 2016). Quienes comercializan polen y los equipos de aplicación de este, deben brindar asesoramiento sobre, por ejemplo, las dosis que son necesarias para generar una polinización exitosa en cada realidad y el timing de aplicación, este punto es muy importante de considerar debido a que la zona central de Chile es realmente un lugar donde las condiciones naturales para la polinización son adversas, por lo que muy probablemente las dosis utilizadas en Nueva Zelanda o Italia difieren con lo que realmente se necesita bajo nuestra realidad local. Al mismo tiempo, cada variedad difiere de la cantidad de polen necesaria para obtener un kiwi de calidad óptima, en Nueva Zelanda la variedad ‘Zesy002’ (más conocida como Gold3 o G3) necesita muy poco polen en relación a ‘Hayward’, por lo que generalmente los agricultores, más allá de mantener una cantidad de plantas macho adecuada, no realizan esfuerzos en términos de polinización artificial, considerando además de que es una variedad de mucha flor hembra, lo que asegura un piso productivo con relativa facilidad.

4.2.1. Cosecha y almacenaje de polen

La mejor cosecha de polen se logra desde flores en estado de capullo o palomita de maíz (previo a abrir). Si bien las anteras se pueden sacar de forma manual, es un trabajo tedioso por lo que generalmente esta técnica es para baja escala o ensayos. Para colecta comercial se muelen flores enteras y luego se separan las anteras de las demás estructuras florales. Después, a través de vacío y uso de tamices se separa el polen de las anteras.

El polen de kiwi es menos delicado que el de otras especies, como carozos; en efecto, puede permanecer viable por varios días a temperatura ambiente. Almacenaje entre 0-4 °C podría mantener polen viable entre 6 y 12 meses, aunque mientras más tiempo menos viabilidad en la proporción final. Polen con baja humedad es apto para almacenaje a temperaturas menores a 0 °C, de esta forma -20 °C es la temperatura óptima para almacenaje de más de 12 meses y es lo más recomendado.

Una vez que el polen comercial llega al huerto, se debe procurar observar los sellos y si se mantuvo la cadena de frío. Luego se puede conservar en un congelador doméstico entre -12 y -18 °C, en un conservado de plástico hermético apto para alimentos y convenientemente trabajar este proceso en ambientes de baja humedad. Al momento de la polinización, se debe descongelar el polen lentamente durante la noche en refrigerador (no freezer) entre 4-6 °C durante un máximo de 24 horas, y dejar que la temperatura aumente entre 10 y 20 °C una hora antes de su uso. Importante, no descongelar el polen bajo la luz directa del sol (Kiwipollen, 2024b).

4.2.2. Control de calidad de polen para polinización artificial

Independiente del tipo de polen, tipo de aplicación, almacenaje, es muy relevante conocer el estado del polen; si bien, como se mencionó, el polen de kiwi es bastante resistente en comparación a otras especies, es un órgano vivo que necesita cuidados desde su cosecha hasta el momento mismo de la aplicación.

Tres parámetros son importantes de analizar para estimar la calidad de un polen:

a) **Viabilidad:** frecuencia de granos de polen vivos en una muestra. Una muestra de alta calidad posee al menos una viabilidad de 90%.

b) **Capacidad *in-vitro* de Geminación:** frecuencia de granos de polen germinados luego de un periodo de incubación en medio de cultivo. Un óptimo porcentaje de germinación se considera desde 70%.

c) **Pureza:** frecuencia de granos polen con relación a contaminantes. Si bien este parámetro tiene mucho que ver con el tipo de polen a analizar, líquido o seco, productos de alta calidad superan el 90% de pureza.

Materiales para análisis de polen

- Medio de germinación: agua destilada estéril, agar, ácido bórico y sacarosa.
- Microscopio óptico 100x
- Cámara de Neubauer de 100 µm Cámara húmeda oscura
- Placas Petri pequeñas
- Tubos Eppendorff 1,5 ml

Preparación de la muestra

Las muestras deben almacenarse a -20°C en espera al inicio del análisis. Una vez que todo esté en orden para el inicio del análisis, materiales e instrumentos, una porción de la muestra (100 mg) se debe rehidratar en medio de germinación líquido a 25 °C por 10 minutos.

a) Viabilidad (Test Alexander)

El concepto de viabilidad refiere a que el polen está vivo, es el primer paso en la caracterización; eventualmente puede estar vivo pero no necesariamente con capacidad de germinar. Una de las técnicas para evaluar viabilidad es la publicada por MP. Alexander en 1980, se basa en la tinción de las células (polen, hongos, levaduras y bacterias) cuyo color resulta en un diagnóstico efectivo para establecer si hay viabilidad en el microorganismo o célula en análisis. La mezcla se prepara combinando en el siguiente orden: etanol, 20 ml; verde de malaquita al 1% en etanol al 95%, 2 ml; agua destilada, 50 ml; glicerol, 40 ml; fucsina ácida al 1% en agua destilada, 10 ml; fenol, 5 g y ácido láctico, 1-6 ml (Alexander MP., 1980). El polen no abortado o viable se torna rojo carmesí y el abortado verde de poco tono (**Figura 13**). Esta técnica también puede ser utilizada para diferenciar polen plantas femeninas y masculinas.

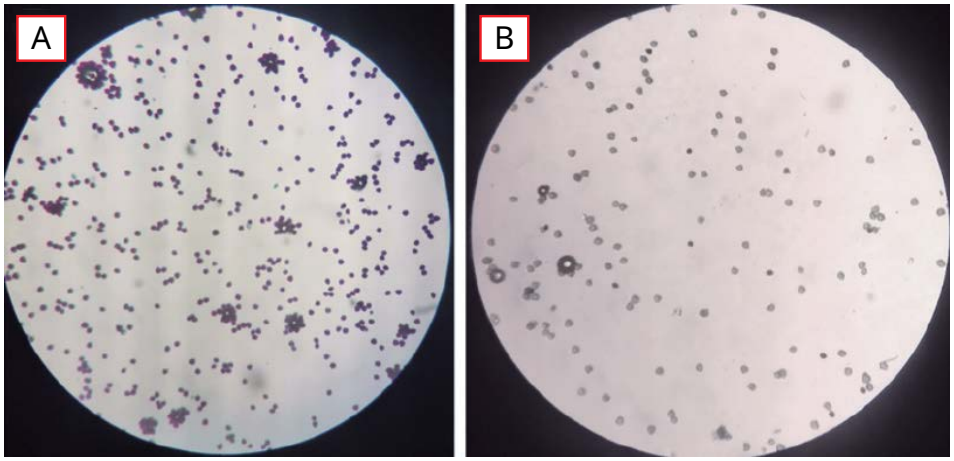


Figura 13. Polen de kiwi luego de tinción de Alexander. **A:** polen viable (>90%). **B:** polen de baja viabilidad o de alta frecuencia de abortados (<10%).

La prueba es relativamente sencilla, una vez que el polen está rehidratado, la tinción se puede realizar con una gota de tinte en un portaobjetos o en unas pocas gotas de tinte en el tubo Eppendorff (después de la prueba de germinación), para luego observar al microscopio. Una vez bajo el lente se cuentan 100 granos de polen considerando los abortados y los viables, estimando una frecuencia, eventualmente para facilitar la lectura es recomendada una cámara de Neubauer.

b) Germinación

Se han desarrollado diversas técnicas in-vitro o variantes de estas con el objetivo de evaluar la capacidad de germinación del polen de kiwi, que como se señalaba en el punto anterior, el polen puede estar vivo pero no necesariamente tener capacidad de germinar. Una de las técnicas más citadas en literatura es la prueba en agar semisólido (1 % de agar). Este medio se complementa con sacarosa (10 %) y una mínima concentración de ácido bórico (0,01%). El medio de cultivo se calienta hasta casi hervir (95 °C) y luego se distribuye en

placas de Petri pequeñas. Los granos de polen hidratados previamente, se distribuyen uniformemente sobre la superficie del medio de cultivo utilizando un cepillo de siembra. Las placas se almacenan a 25 ± 2 °C por un período entre 3 y 5 horas. La viabilidad del grano de polen se evalúa bajo un microscopio óptico. Se cuentan 200 granos clasificando si germinó o no, cada uno de estos. Se considerarán germinados los granos de polen cuya longitud del tubo polínico es mayor que el diámetro del grano de polen (**Figura 14, A y B**) (Borghezan et al., 2011). Se considera un polen de calidad óptima aquel que presenta al menos un 80% de germinación.

c) Pureza

Esta prueba intenta describir la pureza del polen, en términos de todo el material sólido contenido en la muestra versus los granos de polen presentes.

Se utilizan 100 mg de la muestra para cuantificar las partículas presentes, una gota de la solución debe ser puesta en la cámara de Neubauer de 100 µm de profundidad, considerando "partícula" a elementos de tamaño igual o superior a los granos de polen observados en la superficie de foco. El objetivo es leer 100 partículas, guiándose en las cuadrículas de la cámara de Neubauer, registrando polen versus contaminantes, estimando de esta forma una frecuencia de polen por sobre material inerte (**Figura 14, C**).

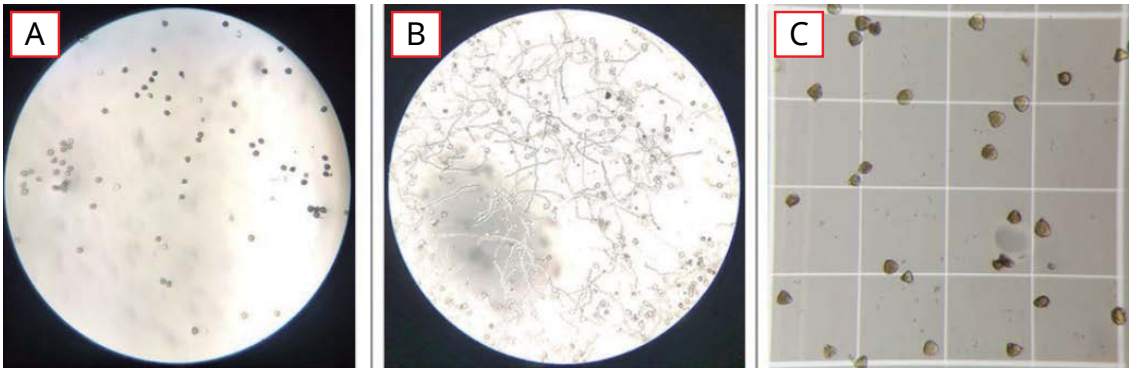


Figura 14. Pruebas de calidad de polen de kiwi. **A.** polen de kiwi sin germinar luego de incubación. **B.** polen de kiwi germinado luego de 3 horas de incubación. C. test de pureza de polen de kiwi.

CONCLUSIONES

A diferencia de otras especies frutales, la polinización del kiwi es un proceso complejo, que en términos productivos tiene incidencia en la calidad final del fruto, generando mayor calibre y forma cilíndrica en el caso del cv. 'Hayward' y, al mismo tiempo, tiene poca influencia con relación a la cuaja y carga final en términos de número de frutos por planta.

Entre las dificultades más relevantes del proceso de polinización en kiwi se pueden mencionar: que es una especie dioica, lo que significa que el polen debe viajar desde plantas macho a hembras considerando una sincronía ajustada, tiene un gran número de óvulos por fecundar y presenta flores poco atractivas para polinizadores como abejas, debido a la nula generación de néctar.

Las selecciones modernas de pulpa amarilla y roja poseen menos requerimientos de polen con relación a variedades verdes como 'Hayward', lo que podría simplificar el manejo productivo de dichos cultivares bajo condiciones adversas. El fenómeno conocido como "xenia" que se define como el efecto del polen (origen) sobre las características del fruto, es un factor clave a considerar a la hora de evaluar polinizantes adecuados para nuevas variedades de uso local, sobre todo en aquellas de pulpa amarilla y roja.

Si bien la polinización anemófila podría considerarse el método de polinización para el cual las flores del kiwi están adaptadas, debido a características como la falta de néctar, la polinización entomófila realizada por abejas y abejorros mejora considerablemente el número de semillas en el fruto, por lo que se considera que los insectos son mejores que el viento en esta compleja tarea.

La polinización artificial es una herramienta que complementa el proceso realizado por el viento y/o insectos, sobre todo cuando existen problemas en factores críticos como uso de coberturas plásticas, falta de plantas polinizantes, lluvias o días fríos que disminuyen el trabajo de las abejas. Uno de los factores más importante tener en cuenta en este tipo de polinización, es el análisis de la calidad del polen (viabilidad, germinación y pureza) a utilizar en campo, debido a que es producto de fácil pérdida de viabilidad.

La aplicación de polen seco y líquido son las alternativas hoy disponibles para polinización artificial, los resultados generalmente son equivalentes; ambas metodologías son muy dependientes de la dosis, calidad del polen, momento de aplicación y condiciones ambientales. Pero son necesarios estudios en Chile para establecer de forma fehaciente los puntos críticos a considerar para la elección del tipo de polinización artificial adecuado para cada huerto según sus características ambientales y de manejo.

Bibliografía

- Abbate, A.P., Campbell, J.W., Vinson, E.L. y Williams, G.R. (2021). The pollination and fruit quality of two kiwifruit cultivars (Actinidia chinensis var. chinensis 'AU Golden Sunshine' and 'AU Gulf Coast Gold') (Ericales: Actinidiaceae) grown in the southeastern United States. Journal of Economic Entomology 114(3), 1234–1241.
- Ainalidou, A., Karamanoli, K., Menkissoglu-Spiroudi, U., Diamantidis, G., Matsi, T. (2015). CPPU treatment and pollination: Their combined effect on kiwifruit growth and quality. Scientia Horticulturae 193, 147–154.
- Alexander, M.P. (1980) A versatile Stain for Pollen Fungi, Yeast and Bacteria. Stain Technology, 55:1, 13-18.
- Borghezan, M., Clauman, A., Steinmacher, D., Guerra, M. y Orth, A. (2011). In vitro viability and preservation of pollen grain of kiwi (Actinidia chinensis var. deliciosa (A. Chev.) A. Chev). Crop Breeding and Applied Biotechnology Vol. 11(4):338-344.
- Broussard, M.A., Goodwin, M., McBrydie, H.M., Evans, L.J. y Pattemore, D.E. (2021). Pollination requirements of kiwifruit (Actinidia chinensis Planch.) differ between cultivars 'Hayward' and 'Zesy002'. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 49(1), 30-40.
- Broussard, M.A., Howlett, B.G., Evans, L.J., McBrydie, H., Cutting, B.T., Read, S.F.J., Pattemore, D.E. (2022). Pollinator identity and behavior affect pollination in kiwifruit (Actinidia chinensis Planch.). PeerJ 10: e12963.
- Broussard, M. y Pattemore, D. (2023). Kiwifruit Pollination. En: Kiwifruit: Botany, Production and Uses. CABI.
- Chen, Y., Li, H., Zhu, D. y Zha, Y. (1996) A study on the viability and storage time of the pollen for Actinidia. Acta Agriculturae Universitatis Henanensis 30(2), 175-177.
- Chen, L., Wang, S-Y., Zhong, M., Huang, C-H., Liao, G-L., Xu, X-B. (2019). Effects of pollens from the 10 selected Actinidia male genotypes on 4 commercial planting kiwifruit female cultivars in Southern China. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 47(3), 155-169.
- Clark, C.J. y Lintas, C. (1992). Chemical composition of pollen from kiwifruit vines. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 20, 337-344.
- Clarke, D., Morley, E. y Robert, D. (2017). The bee, the flower, and the electric field: electric ecology and aerial electroreception. Journal of Comparative Physiology A 203(9), 737-748.
- Clinch, P.G. (1984). Kiwifruit pollination by honey bees 1. Tauranga observations, 1978–81. New Zealand Journal of Experimental Agriculture 12(1), 29-38.
- Cutting, B.T., Evans, L.J., Paugam, L.I., McBrydie, H.M., Jesson, L.K., Pomeroy, N., Janke, M., Jacob, M. y Pattemore, D.E. (2018) Managed bumble bees are viable as pollinators in netted kiwifruit orchards. New Zealand Plant Protection 71, 214-220.
- Estay, P. (2007). Bombus en Chile: especies biología y manejo. 82 p. Collección Libros INIA Nº22. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación La Platina, Santiago, Chile.
- Faegri, K. y Iversen, J. (1964). Text book of Pollen Analysis. 2nd Edition, Muksgaard, Copenhangen.
- Ferguson, A.R. (1991). Kiwifruit (Actinidia). Acta Horticulturae 290, 603-656.

- Gemeda, T.K., Li, J., Luo. S., Yang, H., Jin, T., Huang, J., Wu, J. (2018). Pollen trapping and sugar syrup feeding of honey bee (Hymenoptera: Apidae) enhance pollen collection of less preferred flowers. PLoS One 13(9):e0203648.
- González, M.V., Coque, M. y Herrero, M. (1994). Pollinator selection in kiwifruit (Actinidia deliciosa). Journal of Horticultural Science 69(4), 697-702.
- González, M.V., Coque, M. y Herrero, M. (1995a). Papillar integrity as an indicator of stigmatic receptivity in kiwifruit (Actinidia deliciosa). Journal of Experimental Botany 46(2), 263-269.
- González, M.V., Coque, M. y Herrero, M. (1995b). Stigmatic receptivity limits the effective pollination period in kiwifruit. Journal of the American Society for Horticultural Science 120(2), 199-202.
- González, M.V., Coque, M. y Herrero, M. (1997). Kiwifruit flower biology and its implications on fruit set. Acta Horticulturae 444, 425-429.
- Goodwin, R.M. (1987). Biology of honeybee (Apis mellifera L.) pollination of kiwifruit (Actinidia deliciosa (A. Chev.). PhD thesis. University of Auckland, Auckland, New Zealand.
- Goodwin R. (2015). Feeding sugar syrup to honey bee colonies to improve pollination: a review. Bee World, 78:2, 56-62.
- Goodwin, R.M., McBrydie, H.M. y Taylor, M.A. (2013). Wind and honey bee pollination of kiwifruit (Actinidia chinensis 'HORT16A'). New Zealand Journal of Botany 51(3): 229-240.
- Haslam, S.K., Hanson, J.S. y Hanson, A.J. (1988). Preliminary investigation of a small fruit problem in kiwifruit, Actinidia deliciosa. New Zealand Journal of Experimental Agriculture 16(4), 379-383.
- Holcroft, D.M. y Allan, P. (1994). Applied research note: Artificial pollination of kiwifruit. Journal of the South African Society for Horticultural Science 4: 24-26.
- Hopping, M.E. (1986). Kiwifruit. En: S.P. Monselise (ed.), Handbook of Fruit Set and Development (pp. 217-232). CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Hopping, M.E. (1990). Floral biology, pollination and fruit set. En: I.J. Warrington y G.C. Weston (eds.), Kiwifruit: Science and Management (pp. 71-96). Ray Richards Publisher en asociación con New Zealand Society for Horticultural Science, Auckland, New Zealand.
- Hopping, M.E. y Jerram, E.M. (1979). Pollination of kiwifruit (Actinidia chinensis Planch.): stigma-style structure and pollen tube growth. New Zealand Journal of Botany 17(3), 233-240.
- Howpage, D., Vithanage, V. y Spooner-Hart, R.N. (1998). Pollen tube distribution in the kiwifruit (Actinidia deliciosa A. Chev. C. F. Liang) pistil in relation to its reproductive process. Annals of Botany 81, 697-703.
- Huang, H. (2014). The genus Actinidia, a world monograph. 1st Edition, Science Press. Beijing, China.
- Jay, S.C. y Jay, D.H. (1993). The effect of kiwifruit (Actinidia deliciosa A Chev) and yellow flowered broom (Cytisus scoparius Link) pollen on the ovary development of worker honey bees (Apis mellifera L). Apidologie 24 (6), 557-563.
- KiwiPollen, 2024a. Wet vs dry application. Disponible en: https://www.kiwipollen.com/ (consultado Marzo 2024). Advice for Pollen Storage.

- KiwiPollen, 2024b. Advice for Pollen Storage. Disponible en: https://www.kiwipollen.com/ (consultado Marzo 2024).
- Malaboeuf, F., Vaissière, B.E. y Cour, P. (1997). Pollen flow in the atmosphere ofkiwifruit (Actinidia deliciosa) orchards. Acta Horticulturae 444, 413-418.
- Manning, R. (2001). Fatty acids in pollen: a review of their importance for honey bees. Bee World 82(2), 60-75.
- McKay, S.A. (1978). Pollination and other factors affecting fruit-set and size of kiwifruit.MS thesis. University of California, Davis, USA.
- Oh, E.U., Jeong, S.Y., Kang, H.H. y Song, K.J. (2020). Characterization of pollen development in staminate kiwifruit (Actinidia sp.) cultivars. Horticultural Science and Technology 38(1), 1-8.
- Oh, E.U., Jeong, S.Y., Kim, J.Y. y Song, K.J. (2021). Response of fruit set and quality and seed formation to ploidy levels of pollen donor in yellow-fleshed kiwifruits. Horticulture, Environment, and Biotechnology 62, 9-15.
- Palmer-Jones, T., Clinch, P.G. y Briscoe, D.A. (1976). Effect of honey bee saturation on the pollination of Chinese gooseberries variety 'Hayward'. New Zealand Journal of Experimental Agriculture 4(2), 255-256.
- Pinto, C., Tudela, V. y Reginato, G. (2022). Modelling kiwifruit growth: impact of pollination period on fruit growth dynamic. Acta Horticulturae 1332, 245-252.
- Polito, V.S. y Weinbaum, S.A. (1988). Intraclonal variation in pollen germinability in kiwifruit, pistachio and walnut as influenced by tree age. Scientia Horticulturae 36(1-2), 97-102.
- Pomeroy, N. y Fisher, R. (2002). Pollination of kiwifruit (Actinidia deliciosa) by bumble bees (Bombus terrestris): effects of bee density and patterns of flower visitation. New Zealand Entomologist, 25(1): 41-49.
- Pyke, N.B. y Alspach, P.A. (1992). The collection and quality of bee-collected pollen for supplemental pollination in kiwifruit. New Zealand Beekeeper 216, 16-17.
- Qi, X-J., Han, L-X., Li, M., Xu, S-K., Zhu, Y-S., Li, W-X. y Qiao, S-R. (2007). Studies on pollen xenia of kiwifruit. Journal of Fruit Science 24(6): 774–777.
- Rubilar-Hernández, C., Miranda, E., López, M., Arenas, A., Rojas, V., Parra, S., Ramos, C. García, H. (2022). Characterization of associated agents to kiwi blossom blight (*Actinidia deliciosa* cv. Hayward) in Central Chile. XXVIII Congreso de la Sociedad Chilena de Fitopatología. Libro de Resúmenes p. 93.
- Schmid, R. (1978). Reproductive anatomy of Actinidia chinensis (Actinidiaceae). Botanische Jahrbücher für Systematik, Planzengesichte und Pflanzengeographie 100 (2), 149-195.
- Seal, A., Blackmore, A., Jaksons, P., McAtee, P. y Cheng, C. (2017). Pollen donor effects on the expression of red flesh colour in kiwifruit. Acta Horticulturae 1218, 373-379.
- Seal, A.G., Clark, C.J., Sharrock, K.R., de Silva, H.N., Jaksons, P., y Wood, M. E. (2018). Choice of pollen donor affects weight but not composition of Actinidia chinensis var. chinensis 'Zesy002' (Gold3) kiwifruit. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 46(2), 133-143.
- Seal, A., McGhie, T., Boldingh, H., Rees, J., Blackmore, A., Jaksons, P., y Machin, T. (2016) The effect of pollen donor on fruit weight, seed weight and red colour development in Actinidia chinensis 'Hort22D'. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 44(1), 1-12.

- Stasiak, A., Łata, B., Bieniasz, M. y Latocha, P. (2020). Morphological variation of male A. arguta plants affects their flowering potential and pollen efficiency. Horticultural Science 47(2), 100-109.
- Stasiak, A., Latocha, P., Drzewiecki, J., Hallmann, E., Najman, K., Leontowicz, H., Leontowicz, M. y Łata, B. (2019). The choice of female or male parent affects some biochemical characteristics of fruit or seed of kiwiberry (Actinidia arguta). Euphytica 215, 52.
- Stasiak, A., Stefaniak, J., Łata, B. y Latocha, P. (2017). Efficiency of A. arguta (Siebold et Zucc.) Planch. ex. Miq. pollination using A. deliciosa pollen. Journal of International Scientific Publications: Agriculture and Food 5, 178-187.
- Tacconi, G., Michelotti, V., Cacioppo, O. y Vitonne, G. (2016). Kiwifruit Pollination: The Interaction Between Pollen Quality, Pollination Systems and Flowering Stage. Journal of Berry Research 6(4), 417-426.
- Testolin, R. (1991). Male density and arrangement in kiwifruit orchards. Scientia Horticulturae 48, 41-50.
- Thakur, B.S. y Rathore, D.S. (1991). Effective pollination period in Chinese goosberry (Actinidia chinensis Planch.). Gartenbauwissenschaft 56(5), 230-232.
- Thomson, J.D. y Eisenhart, K.S. (2003). Rescue of stranded pollen grains by secondary transfer. Plant Species Biology 18(2-3), 67-74.
- Vaudo, A.D., Tooker, J.F., Patch, H.M., Biddinger, D.J., Coccia, M., Crone, M.K., Fiely, M., Francis, J.S., Hines, H.M., Hodges, M., Jackson, S.W., Michez, D., Mu, J., Russo, L., Safari, M., Treanore, E.D., Mu, J., Russo, L., Vanderplanck, M., Yip, E., Leonard, A.S. y Grozinger, C.M. (2020) Pollen protein: Lipid macronutrient ratios may guide broad patterns of bee species floral preferences. Insects 11(2):132.

CAPÍTULO 4
SINCRONÍA DE FLORACIÓN

Autor: Comité del kiwi, Frutas de Chile

INTRODUCCIÓN

La polinización es el proceso mediante el cual el polen llega a los estigmas y queda retenido en ellos, es la condición previa indispensable para la fecundación. En el cultivo del kiwi, una de las etapas más críticas es la polinización, especialmente porque el tamaño del fruto está directamente relacionado con el número de semillas formadas (óvulos fertilizados), las que no existirían sin polinización y fecundación.

El kiwi es una especie dioica, morfológicamente hermafrodita pero fisiológicamente unisexual, presenta plantas femeninas con flores pistiladas y estambres que contienen polen inviable y plantas masculinas con flores estaminadas y pistilos rudimentarios (González et al. 1994). Debido a esta condición, es fundamental que las plantas estaminadas tengan una producción polínica abundante y de alta calidad, con el fin de asegurar la fecundación del mayor número posible de óvulos en las plantas pistiladas, cuyos ovarios poseen hasta 1500 óvulos. Para asegurar una producción de mayor calidad y calibre, los frutos deben contar con alrededor de 1000 semillas para alcanzar un peso de 90 a 100 gramos, el cual es valorado comercialmente (Marcellán et al. 2018).

La floración es uno de los eventos más importantes en el ciclo de vida de una planta, en Actinidia spp. los estudios sobre la regulación de la floración son de suma relevancia por la alta dependencia de la especie con la polinización, se han determinado dos factores limitantes de este proceso: el corto período de polinización efectiva (PPE) de las variedades y la falta de donantes masculinos eficientes de polen debido a problemas con la sincronía en la floración (Ferradán et al., 2017).

Las variedades que se comercializan a nivel mundial están constituidas por plantas pistiladas o plantas estaminadas según se trate de variedades femeninas o masculinas respectivamente. El principal cultivar femenino es 'Hayward', ya que presenta características de calibre, sabor y muy buena capacidad de conservación de los frutos. Los polinizantes de esta variedad normalmente son 'Matua' (floración temprana) y 'Tomuri' (floración tardía), los cuales logran traslapar todo el periodo de floración de 'Hayward'. Estos cultivares masculinos, fueron desarrollados en Nueva Zelanda, por lo que se adaptan bastante bien a esas condiciones, pero no así en otras partes del mundo, donde se han visto problemas por falta de coincidencia con la floración de 'Hayward'.

Debido a lo anterior, la elección de polinizadores eficientes es esencial para la producción de fruta comercial. Para las plantas masculinas de kiwi, los programas de mejoramiento genético basan su selección en los siguientes aspectos: (a) sincronía en la floración con el cultivar femenino, (b) densidad de flores que producirán polen/cm de brote, (c) viabilidad del polen y (d) capacidad de producir frutos de tamaño comercial (Testolin et al.1997).

La sincronía de la floración, se ha demostrado que es altamente variable debido a los cultivares masculinos que se emplean y a las condiciones climáticas propias de las zonas (González et al. 1994), por lo tanto, es un aspecto muy importante a la hora de considerar la polinización natural (anemófila o entomófila) en un huerto de kiwi.

FLORACIÓN

La floración es el logro de procesos sucesivos, primero la inducción floral que ocurre durante el verano anterior, luego la diferenciación que tiene lugar al final del invierno, un mes antes de la brotación, y finalmente, el desarrollo de meristemos reproductivos en yemas axilares inactivas hasta la apertura de las flores (Agostini et al. 1999). Todos estos procesos de desarrollo están fuertemente afectados por la temperatura, la que parece ser la variable clave, lo que explicaría las diferencias que experimentan las variedades femeninas y masculinas en las diferentes zonas donde se establecen, mostrando alta variabilidad en el momento y la intensidad en la etapa de floración.

También existen algunos factores de manejo que influyen en la inducción y diferenciación, y que tienen un efecto depresivo en la cantidad y calidad de las flores como son: el sombreamiento, una reducción del 50% de la intensidad lumínica reduce a la mitad las flores y un sombramiento total podría evitar la floración; la defoliación, tiene un efecto a fines de verano afectando el desarrollo de la yema, la cual no alcanza un grado suficiente; y la carga elevada, que puede reducir moderadamente la floración en un 30% y la producción del año siguiente, creando cierta alternancia (Gil, 2006).

Las flores de cultivares femeninas y masculinas, presentan importantes diferencias morfológicas y fisiológicas. En el caso de las variedades femeninas, el periodo de floración abarca de 10 hasta 18 días dependiendo de las condiciones climáticas; la receptividad del estigma comienza cuando la flor se abre, durante una semana antes de senescer, sin embargo, el periodo de polinización útil es más breve, para la llegada del polen no debe pasar más de 3 o 4 días después de la apertura de la flor, para alcanzar un tamaño final óptimo del fruto (Valenzuela y Konig, 1991). En variedades masculinas, la liberación de polen comienza con la apertura de los pétalos y continúa durante 2 o 3 días, también, se ha comprobado que una flor libera cerca del 50% de su polen antes que esté completamente abierta, lo que implicaría que el primer día es crucial.

Otro de los aspectos importante de las flores de kiwi, es que se ha demostrado que el tamaño y la calidad de las flores pueden determinar el tamaño final de fruto, varios autores han demostrado que las flores tempranas tienen ovarios más grandes con más lóculos y óvulos que las flores tardías en el mismo cargador, produciendo frutos más grandes (Mcpherson et al. 2001). Otros autores como Richarson et al. 2019, determinaron que el tiempo de floración (temprano 5% abierto, mediados de 50% abierto y tardío 95% abierto) y el tipo de flor (terminal o lateral) influyeron en el peso final del fruto, pesando entre 12 a 13 gramos más los frutos que los que se desarrollaron a partir de flores terminales de apertura temprana.

Por lo que, dada las características que presentan los cultivares femeninos y masculinos, es primordial considerar la sincronía de floración entre estos 2 tipos de variedades, en el caso de decidir por la polinización natural cuando se establece una nueva variedad de kiwi. La polinización exitosa, la fertilización del óvulo y la cuaja dependen de la receptividad de las flores durante pocos días después de la floración.

Al establecer una variedad de *Actinidia* spp. es clave hacer evaluaciones bajo las condiciones locales, tanto de las variedades femeninas como de sus polinizantes, sobre todo en aspectos como la sincronía de floración, que tiene alta dependencia con las señales estaciones como el fotoperíodo y la temperatura ya que pueden afectar en gran medida el comportamiento reproductivo de las variedades.

El periodo de floración en los distintos cultivares, puede ser evaluado fácilmente en etapas tempranas de una planta, por lo que podría entregar información bastante útil para seleccionar el o los polinizadores más adecuados para una nueva variedad, en las condiciones climáticas de las diferentes zonas de establecimiento.

Una de las herramientas para determinar fenología en especies vegetales es la escala BBCH (**Ver Capítulo 5.- Protocolo para selección de material destinado a producción de fruta**), que es un sistema de codificación uniforme que permite describir las etapas principales de desarrollo del cultivo, entre las que se encuentra la floración.

El objetivo de este capítulo es evaluar diferentes las variedades de *Actinidia* spp. que están presente en Chile, aplicando la escala BBCH para determinar la sincronía de floración en condiciones locales.

METODOLOGÍA

Las mediciones de la etapa de floración se realizaron de acuerdo a la escala BBCH para el kiwi. La escala BBCH es un sistema de codificación que describe las etapas fenológicas de crecimiento, con etapas fenológicas primarias y secundarias. Cada etapa está identificada por un código de dos dígitos (0 - 9), el primer dígito se refiere a la etapa fenológica principal y el segundo, a la etapa fenológica secundaria, en el caso de la floración, el estado de crecimiento principal se identifica con el dígito 6.

Los datos se registraron durante dos temporadas consecutivas (2020-21 y 2021-22), en 3 cuarteles adultos con producción de kiwi estable y comercial, los que estaban ubicados en las comunas de Quinta de Tilcoco y Placilla, región de O'Higgins.

Se realizó el seguimiento de la floración en las siguientes variedades y sus polinizantes:

Cuartel 1 (Quinta de Tilcoco): *Actinidia chinensis* var. *deliciosa* 'Hayward' y sus polinizantes 'Matua' y 'Tomuri'.

Cuartel 2 (Placilla): *Actinidia chinensis* var. *chinensis* 'Soreli' y polinizante 'Belén'.

Cuartel 3 (Placilla): *Actinidia chinensis* var. *chinensis* 'Jintao' y sus polinizantes 'Belén', 'Summer Faenza' y 'Matua'.

Los cuarteles seleccionados tenían una superficie máxima de 5 hectáreas, y la totalidad de la unidad debía cumplir con requisitos básicos como: idéntico estado desarrollo (Edad), único plan de manejo cultural (fitosanitario, fertilización, riego, poda, CPPU) y fuente única de agua de riego.

En cada cuartel, se ubicaron 6 sectores representativos y distribuidos en la totalidad de la superficie. Dentro de cada sector se eligieron 2 plantas, y en cada una se marcaron cuatro cargadores, los cuales se ubicaron en distintas orientaciones. Para cada variedad de polinizantes, se escogió en cada sector 1 planta y se marcaron cuatro cargadores (en distintas orientaciones).

Las mediciones se realizaron 3 veces a la semana y consistieron en el seguimiento del porcentaje de flores abiertas, para lo cual previamente, se contabilizó el número total de botones florales presentes en los cargadores marcados. Luego en cada evaluación, se identificó y contabilizó el número de flores abiertas (considerando los estados BBCH 60 y 65), tanto en los cargadores de plantas hembras como de machos. Los resultados se expresaron en curvas de seguimiento de flores abiertas para cada variedad y sus polinizantes correspondientes.

Se identificaron 2 estados fenológicos de acuerdo a la escala BBCH (**Figura 1**), a continuación, el detalle:

Floración (6)

60. Primeras flores que se abren, se observa la corola con forma de campana.

65. Flores con pétalos extendidos.

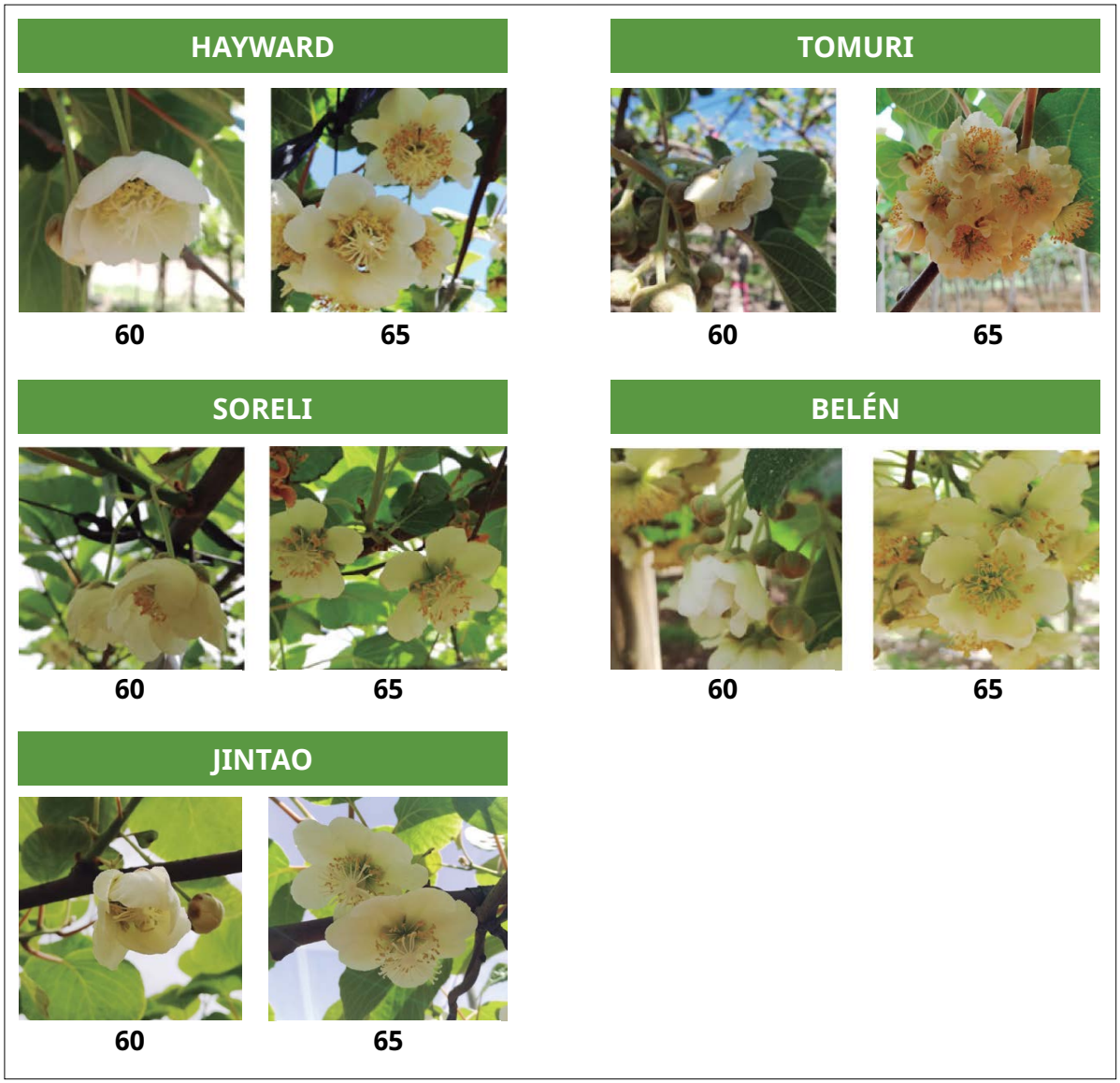


Figura 1. Estados fenológicos de la floración, para cultivares femeninos y masculinos.

El objetivo de las mediciones, es mostrar el porcentaje que se observa de flores con receptividad (planta hembra) y con capacidad de liberar polen (planta macho) durante la etapa floración, ya que estos estados permiten asegurar que se produzca la polinización. Como se mencionó anteriormente, las flores de plantas hembras tienen un periodo breve de 3 a 4 días de polinización útil (**Figura 2**), y necesita la rápida llegada de polen desde las flores de plantas macho (**Figura 3**).

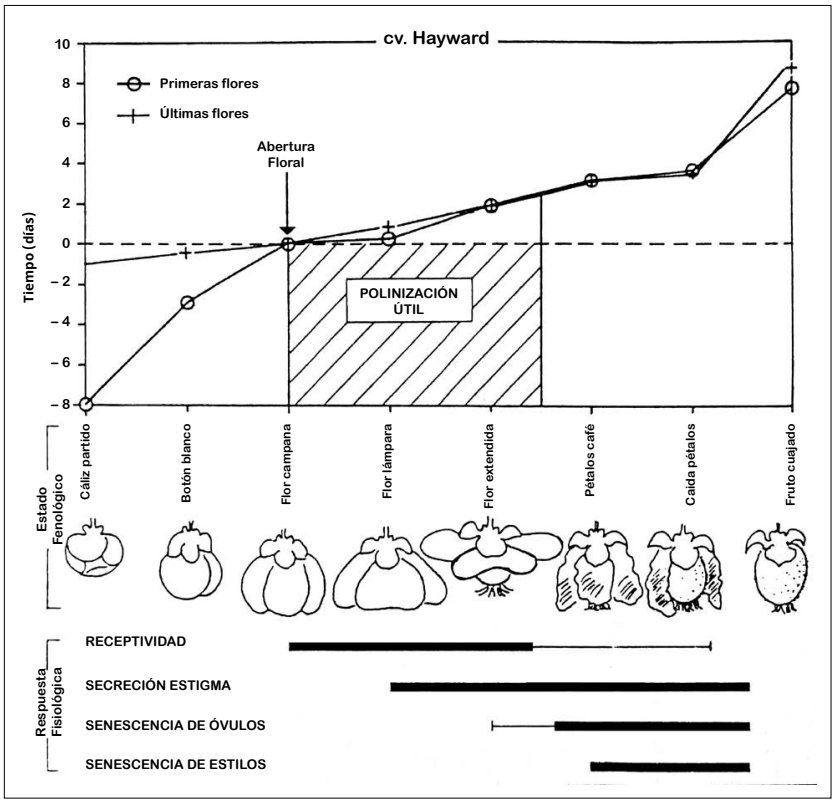


Figura 2. Relación en tiempo entre estados fenológicos y respuestas fisiológicas en flores hembras de kiwi (Fuente: Valenzuela y Konig, Revista Frutícola, 1991)

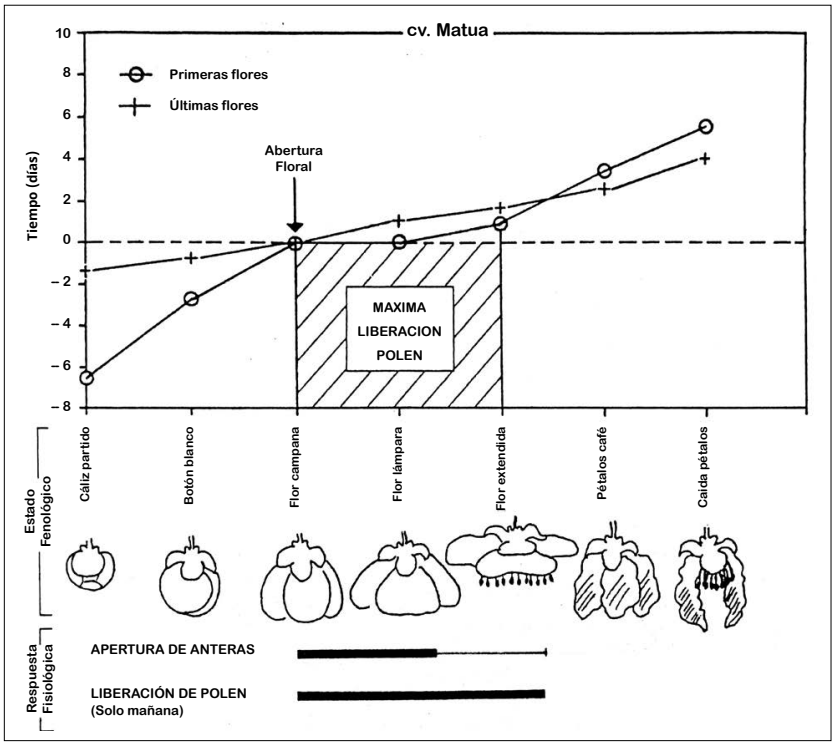


Figura 3. Relación en tiempo entre estados fenológicos y respuestas fisiológicas en flores machos de kiwi (Fuente: Valenzuela y Konig, Revista Frutícola, 1991).

RESULTADOS Y CONSIDERACIONES

A partir de los datos obtenidos se generaron curvas de apertura floral para cada una de las variedades, que permitieron describir el comportamiento varietal y el nivel de sincronía presente con sus respectivos polinizantes (**Figura 4**).

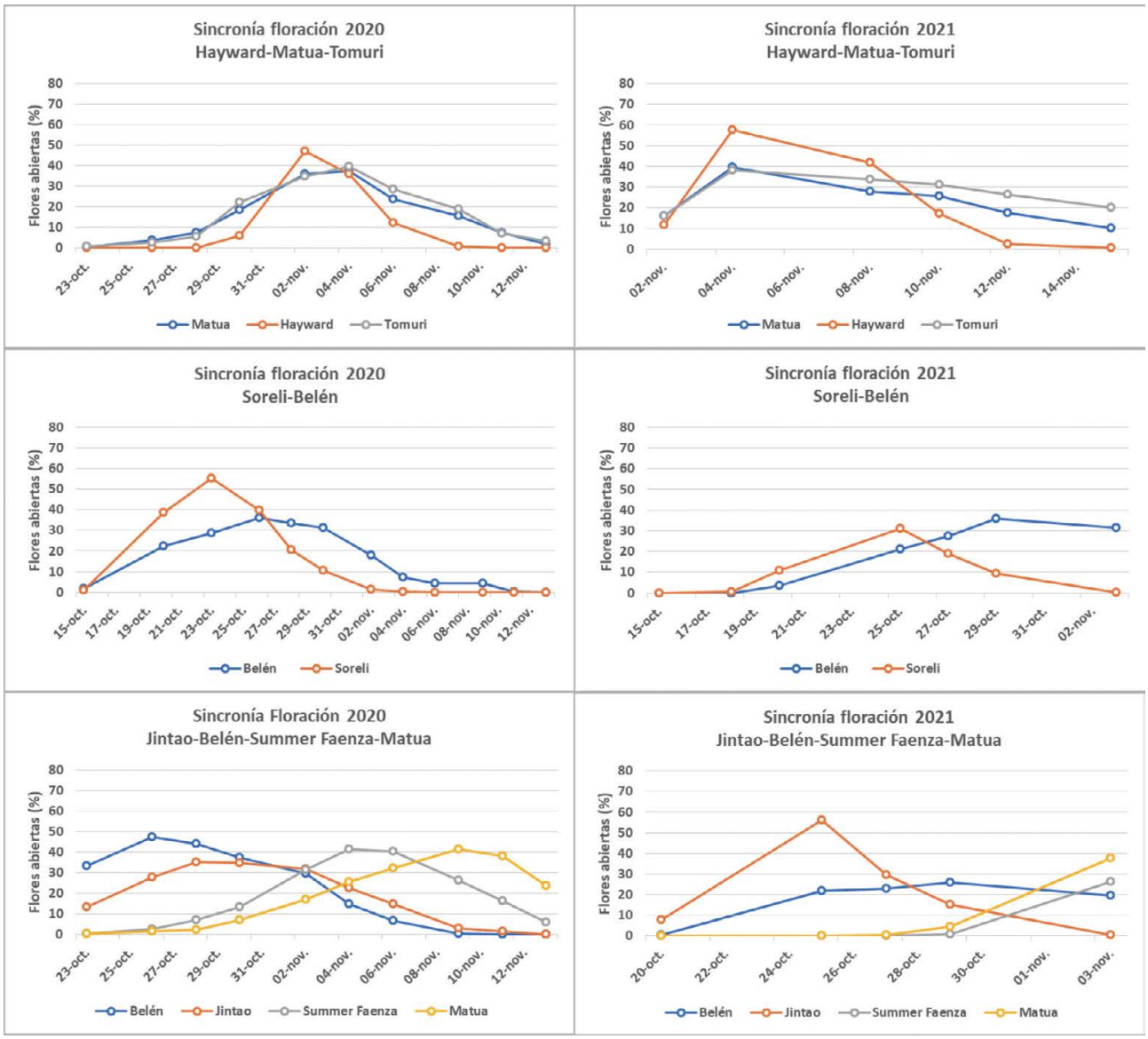


Figura 4. Curvas de apertura floral (%) para las diferentes variedades y polinizantes evaluados, durante los años 2020 y 2021.

El periodo de floración de estas variedades en Chile se produce, entre la quincena de octubre y la quincena de noviembre. Durante las temporadas que se registraron datos, en general las variedades, alcanzaron el mayor porcentaje de flores abiertas casi en la misma fecha en los 2 años de mediciones, con diferencias de entre 2 a 3 días.

La duración de la floración fue bastante larga, sobre todo en las variedades amarillas como 'Soreli' y 'Jintao', que registraron duraciones de hasta un mes, en el caso de 'Hayward' la floración tuvo una duración de 10 a 12 días durante las dos temporadas de mediciones, lo que es similar a los datos

registrados del comportamiento de la variedad en Chile. También, los polinizantes tuvieron periodos largos de floración, lo que podría ser una característica positiva ya que permite tener polen disponible para las flores hembras, durante un largo periodo de tiempo, mejorando el proceso de fecundación y polinización.

Los resultados de la sincronía de floración mostraron que las variedades 'Hayward' y 'Jintao' tuvieron un traslape completo con sus polinizantes. El cultivar 'Hayward' es el que presenta mejor sincronía con sus polinizantes, especialmente el año 2020, y al tener disponible dos tipos de macho 'Matua' y 'Tomuri', permite tener polen durante toda la floración de 'Hayward'. El comportamiento de floración de 'Matua' y 'Tomuri' se produjo casi de forma similar en la temporada, en los dos años de registro de datos, pero algo adelantada el año 2020. Según datos en Chile y otros países, la variedad 'Matua' tiende a florecer anticipadamente respecto a 'Hayward' y en el caso de 'Tomuri' presenta una floración más tardía, estos comportamientos no se observaron en las dos temporadas de mediciones, lo que podría deberse a condiciones climáticas diferentes en la zona o condiciones particulares de la temporada que mueven algunos días la floración, produciéndose estas variaciones por la acumulación de frío en invierno, la aplicación de cianamida hidrógena u otros manejos productivos.

El cuartel del cultivar 'Soreli', tenía solo un tipo de macho, dependiendo 100% el proceso de polinización de un solo tipo polen y al trabajo de las abejas. Las dos temporadas de datos de floración, mostraron que no se produjo una buena sincronía entre la variedad y el polinizante, ya que la floración de 'Soreli' fue más anticipada respecto de 'Belén' (polinizante), por lo que podría haberse producido una falta polen en las flores tempranas que tiene un alto impacto en la producción debido a la importancia que presentan las primeras flores por producir fruta de mayor tamaño. La apuesta de algunas producciones, de contar con sólo tipo de polinizante puede ser bastante arriesgada en algunos casos, la floración es una etapa muy determinada por las condiciones climáticas lo que es muy difícil de manejar o de predecir temporada a temporada, por eso la polinización asistida podría ser un buen complemento en años complicados climáticamente para producir.

A diferencia de 'Soreli', 'Jintao' presentaba tres tipos de polinizantes en el cuartel, lo que permitió que las flores de 'Jintao' estuvieran cubierta durante toda la etapa fenológica, el año 2020 la variedad 'Belén', se traslapó muy bien con las primeras flores abiertas, la variedad 'Summer Faenza' para las flores medias y 'Matua' con las últimas flores de 'Jintao'. En cambio, el año 2021, la floración de los polinizantes fue muy similar al año anterior, pero la floración de 'Jintao' fue más anticipada y más corta, llegando a un peak de más del 55% de flores abiertas en pocos días, lo que provocó que no hubiera polen suficiente durante octubre y mucho polen en noviembre cuando ya no quedaban flores receptivas. Un comportamiento tan errático como lo mencionado, hacen pensar que tres polinizantes podría ser un número muy alto en una superficie plantada con kiwi que depende su producción de las plantas hembras. De acuerdo a los cultivares evaluados y los datos obtenidos, tener distribuidos en un cuartel dos variedades de plantas de macho podría ser un número adecuado, pero es necesario evaluar, a parte de la sincronía de floración, otras características de los polinizantes como son: la cantidad, viabilidad y germinación de su polen.

CONCLUSIONES

Es primordial para seleccionar los polinizadores de *Actinidia* spp. conocer su comportamiento durante el periodo de floración. El conocimiento de las variedades puede provenir directamente de la información que se entrega de parte de los obtentores y puede ser una buena referencia, pero también puede ser obtenida de la evaluación de las variedades bajo las condiciones climáticas del lugar en que se quiere cultivar, lo que ha demostrado tener un impacto en el comportamiento fenológicos según la zona.

La evaluación del periodo de floración de una variedad y sus respectivos polinizantes puede ser una herramienta bastante útil a la hora de establecer nuevas variedades de *Actinidia* spp. en Chile, además de ser muy fácil de aplicar, y puede ser utilizada en etapas tempranas de vida de una planta.

Bibliografía

- Agostini, Dominique., Habib, R. y Chadœf, J. (1999). A stochastic approach for a model of flowering in kiwifruit `Hayward'. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 74(1): 30-39.
- Devi, I., Thakur, B.S. y Garg, S. (2015). Floral morphology, pollen viability and pollinizer efficacy of kiwifruit. International Journal of Current Research and Academic Review, 3(8): 188-195.
- Ferradás, Y., Martínez, O., Rey, M. y González, M.V. (2017). Identification and expression analysis of photoreceptor genes in kiwifruit leaves under natural daylength conditions and their relationship with other genes that regulate photoperiodic flowering. Journal of Plant Physiology, 213:108-121.
- Gil, G. (2006). Fruticultura: La producción de fruta. Ediciones Universidad Católica de Chile. 2da. Edición.
- González, M., Coque, M., y Herrero, M. (1994). Pollinator selection in kiwifruit (Actinidia deliciosa). Journal of Horticultural Science, 69(4), 697–702.
- González, M.V., Coque, M. y Herrero, M. (1995). Stigmatic Receptivity Limits The Effective Pollination Period In Kiwifruit. Journal of the American Society for Horticultural Science 120(2):199–202.
- Iliescu, L., Popa, V., Meena, N. y Stanica, F. (2022). Romanian kiwifruit breeding program - preliminary study of fifteen male hybrids for selection as pollinators. Current Trends in Natural Sciences, 11(21): 279-289.
- Marcellán, O., Godoy, C. y De Brito, A. (2018). Eficiencia de cultivares estaminados en la polinización de kiwi (Actinidia deliciosa, cv. Hayward) en el sudeste bonaerense. Revista Facultad de Agronomía volumen 117 (1): 147-156.
- Mcpherson, H. G., Richardson, A. C., Snelgar W. P., Patterson, K. J. y Currie, M. B. (2001). Flower quality and fruit size in kiwifruit (Actinidia deliciosa). New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 29(2): 93-101.
- Richardson, A., Boldingh, H., Kashuba P., Knight, G. y Ellingham, D. (2019). Flowering time determines the weight and composition of Actinidia chinensis var. chinensis 'Zesy002' kiwifruit. Scientia Horticulturae, 246: 741-748.
- Testolin, R., Cipriani, G., Gotardo, L. y Costa, G. (1997). Selection and evaluation of late flowering pollinizers in Actinidia deliciosa. Acta Horticulturae 444:113-118.
- Valenzuela, L., y Konig, A. (1991). Polinización en kiwi. Revista Frutícola, 12(1): 27-42.

Frutas de Chile | Comité del Kiwi

Fedefruta
FEDERACION DE PRODUCTORES DE FRUTAS DE CHILE

II

PROTOCOLO PARA SELECCIÓN DE MATERIAL DESTINADO A PRODUCCIÓN DE FRUTA

FDF

Proyecto apoyado por CORFO

CAPÍTULO 1
PROCESOS LOGÍSTICOS Y GESTIÓN: INTERNACIÓN DE MATERIALES DE PROPAGACIÓN DE *ACTINIDIA* SPP.

Autor: Margarita Torres, Asociación de Viveros de Chile (AGV)

1. PRE IMPORTACIÓN E IMPORTACIÓN DE MATERIALES DE PROPAGACIÓN

1.1. Estudio de factibilidad: En primera instancia se debe proceder a revisar la existencia de requisitos fitosanitarios de ingreso por parte de Chile, a través del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), considerando la especie y el producto a internar de acuerdo al país de origen.

1.2. Si el producto no está regulado en Chile, es decir, no tiene requisitos fitosanitarios de importación, es necesario realizar un Análisis de Riesgo de Plaga (ARP) por parte del SAG, para establecer regulaciones y requisitos de ingreso **(Anexo 1. NIMF N°2).**

El establecimiento de requisitos de importación para ingreso de material de propagación de una especie, a través del ARP es solicitado al SAG, mediante el siguiente formulario:

- Información requerida para iniciar el Análisis de Riesgo de Plagas para la importación de productos de origen vegetal a Chile de cualquier país de origen **(Anexo 2. Formulario SAG N°2).**

La información indicada en este formulario deberá emanar oficialmente de la Organización Nacional de Protección Fitosanitaria (ONPF) del país de origen (Homólogo oficial SAG), siendo la entrega de esta información condición para el inicio de cualquier análisis (excepto productos procedentes de la Comunidad Europea, para los que se presenta el mismo Formulario N°2, pero la información sobre los procesos es solicitada al importador y la información con respecto a plagas y manejos la realiza el SAG).

La pauta oficial para realizar el Análisis de Riesgo de Plaga es la Norma Internacional de Medidas Fitosanitarias N°11, Análisis de Riesgo de Plagas para Plagas Cuarentenarias, de 2013, de la Secretaría de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria, de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, FAO. **(Anexo 3)**

1.3. Gestión de Resolución SAG: cuando el producto tiene los requisitos establecidos se procede a solicitar al SAG un Permiso de autorización de internación y cuarentena (predial, absoluta o vitro) en el caso que corresponda, si el producto a ingresar no debe realizar cuarentena de posentrada, no será necesario gestionar una Resolución de Autorización de internación a Cuarentena de posentrada. Chile no emite permisos de importación para material de propagación, se utiliza la Resolución de ingreso a cuarentena o la Resolución de establecimiento de requisitos como permiso de importación.

1.4. Emisión de Certificado Fitosanitario (CF): En el país de origen del material se deben realizar todos los análisis oficiales requeridos, para incorporar como Declaración Adicional en el Certificado fitosanitario, ya sea de plantas madres o de lote final según sea lo requerido por el SAG, así como también se deben realizar los tratamientos cuarentenarios solicitados, todo debe ser incluido en el CF emitido por la ONPF del país de origen **(Anexo 4. NIMF 12).**

1.5. Envío de instrucciones a la parte exportadora (País de origen):

- Forma de embalar: Se debe siempre utilizar envases nuevos, libres de suciedad y en el caso de utilizar madera esta debe venir con certificación NIMF 15. (**Anexo 5**)

- Documentos que deben acompañar al embarque o carga: Certificado Fitosanitario, Invoice (Factura), Packing List, Resolución SAG de ingreso y Guía de embarque o aérea (AWB). Todos los documentos deben ser en original excepto desde países donde el SAG tiene convenio de Certificación electrónica o digital.

- Instrucciones y rotulaciones para el envío: la carga debe venir con etiqueta con nombre de consignatario, nombre especie y Remitente con nombre del exportador y país de origen. En el caso de que los materiales vayan a cumplir cuarentena de posentrada, el envío debe venir desde origen con cartel con letras mayúsculas de color rojo que diga CUARENTENA VEGETAL SAG, por dos caras de la carga.

1.6. Ingreso de material: Para iniciar el proceso de importación, ya sea de una muestra o embarque comercial, se deberá presentar en la Oficina SAG del punto de ingreso (terrestre, marítimo o aéreo) la siguiente documentación:

- Certificación de Destinación Aduanera (CDA): Es el documento mediante el cual se inicia un trámite de importación en el punto de ingreso. Es responsabilidad de los importadores o de los agentes de aduanas que los representen, declarar en este documento, de manera exacta y veraz, los productos que requieran, para su ingreso al territorio nacional, visto bueno del Servicio.

- Certificado Fitosanitario: Es el documento oficial, emitido por la Organización Nacional de Protección Fitosanitaria (ONPF) del país de origen, que ampara un envío, cuando corresponda. Este documento debe acreditar el cumplimiento de los requisitos fitosanitarios para el producto a importar.

Una vez arribado el envío, los documentos, el producto, sus embalajes y material de acomodación serán sometidos a una inspección, por parte de los inspectores del Servicio, en el recinto primario del punto de ingreso autorizado, u otras instalaciones que el SAG determine, según corresponda a la categoría de riesgo fitosanitario del producto.

El proceso de inspección contempla dos etapas:

- Verificación documental
- Inspección Fitosanitaria y/o verificación del producto.

1.7. Punto de Ingreso:

- Los puertos de ingreso serán vía aérea, marítima o terrestre, pudiendo ser gestionado logísticamente por un Agente de Aduanas.

- Contraparte Técnica en punto de inspección: en la recepción de material de propagación en puerto de entrada, ya sea para material de courier o de carga, debe estar presente durante la inspección SAG, la contraparte técnica profesional, en representación de la empresa contratante del servicio y firmar los documentos oficiales necesarios.

- En el caso de que el producto sea rechazado, deberá ser reembarcado o destruido, a costo del importador. Una vez culminado el proceso de importación, el Servicio emite un Informe de Inspección de Productos Agropecuarios (IIPA), el cual define la condición final del envío.

Para los siguientes productos se requieren, además, procedimientos y requerimientos específicos:

- Organismos Vegetales Vivos Modificados (OVVM)
- Material de propagación con régimen de cuarentena de posentrada.

En la actualidad sólo el material correctamente certificado (sanitariamente) y/o proveniente de centros acreditados por el SAG ingresan al país a través de la unidad de aduana, y puede ser utilizado en programas de mejoramiento genético o usado para propagación y adaptación en nuestro país. Todo el material vegetal de procedencia desconocida o que no cumple con los estándares sanitarios actualmente establecidos, no ingresará al país y es retenido en Aduana, para ser devuelto al lugar de origen y/o desechado.

2. CUARENTENAS DE POSENTRADA

La Cuarentena Posentrada es el proceso de verificación fitosanitaria bajo condiciones de confinamiento oficial al que deben ser sometidos las plantas y partes de plantas de especies frutales, forestales, ornamentales y cultivos, después de su entrada al país, sea este con fines comerciales o de investigación, a objeto de realizar las pruebas fitosanitarias orientadas a la verificación de ausencia o presencia de plagas reglamentadas asociadas a estos materiales, definiendo su autorización definitiva de ingreso o su rechazo (destrucción), según sea el caso **(Anexo 6. Resolución SAG N° 6383/2013)**.

Las cuarentenas de posentrada están reguladas por la Normativa SAG Resolución N°6383/2013 y sus modificaciones:

- Resolución SAG N°1818/2020: Establece que todo material que ingrese a cuarentena de posentrada debe realizar un tratamiento acaricida e insecticida para evitar cualquier plaga cuarentenaria del tipo **(Anexo 7).**
- Resolución SAG N°2590/2019: Establece requerimiento de mencionar el nombre de la variedad en solicitud de cuarentena y contar con la autorización del obtentor o representante en caso de ser una Variedad protegida en el país (**Anexo 8**).

El objetivo de esta medida fitosanitaria es prevenir la entrada y posterior dispersión de plagas reglamentadas al territorio nacional, por lo que durante el período de verificación los materiales vegetales son mantenidos en Estaciones Cuarentenarias durante el período de Cuarentena Posentrada (CPE). Los materiales vegetales que cumplen con CPE corresponden a plantas o partes de plantas (estacas, ramillas, púas, esquejes, semillas, cultivo in vitro, entre otras), destinadas a plantarse o a injertarse, con el fin de asegurar su posterior crecimiento, reproducción o propagación. Esta acepción incluye materiales destinados a investigación y técnicas de diagnósticos **(Anexo 9. Directrices SAG Cuarentena Posentrada).**

2.1. Tipos de Cuarentenas de Posentrada (CPE)

a) Cuarentena Posentrada para Material Vegetal como Cultivo de Tejido In Vitro (Cuarentena In Vitro y Ex vitro)

Nivel de Cuarentena Posentrada aplicada a un envío correspondiente a material vegetal producido bajo técnicas de cultivo in vitro, que contemple Declaraciones Adicionales que requieran verificación mediante técnicas específicas de laboratorio y que al momento del ingreso mantiene la condición in vitro **(Anexo 10. Resolución N° 5622/2013).**

Estos ingresarán a una Estación Cuarentenaria 2 y 3 (EC2 o EC3), en un lugar presentado por el importador y autorizado por el Servicio, hasta que éste compruebe mediante técnicas de diagnóstico oficial, la ausencia de las plagas descritas como Declaración Adicional.

Etapas:

- Verificación requisitos fitosanitarios y medidas fitosanitaria.
- Evaluación lugar de cuarentena: Se realiza solicitud de ingreso a cuarentena al SAG, el cual deberá realizar una inspección del laboratorio de cuarentena in vitro (EC3) y lugar de cuarentena ex vitro (EC2) para luego autorizar el ingreso del material a través de una Resolución SAG, que actuará como permiso de importación.
- Ingreso envío a cuarentena: Luego de la inspección en aeropuerto CAMB, los materiales son derivados de forma inmediata al laboratorio in vitro donde se realizará cuarentena tipo 3.
- Período de cuarentena: Según la especie y de sus requerimientos fitosanitarios de ingreso, la cuarentena in vitro tendrá una duración de entre 4 y 8 meses.
- Para el caso de las especies de *Actinidia* spp. se debe realizar además una cuarentena ex vitro tipo 2, en lugar de confinamiento, con el fin de realizar el análisis para *Pseudomonas syringae* pv. *Actinidae* (excepto biovar 3), cuando el material se encuentre en la 11ª hoja.
- Evaluación y término de cuarentena (liberación de material): Análisis de plagas cuarentenarias negativo.

b) Cuarentena Posentrada Absoluta

Etapas (Anexo N°11. Resolución SAG N°7316/2013, modificada por la Resolución SAG N°373/2019):

- Presentación Solicitud de Ingreso: El Importador/Contraparte Técnica presenta al Subdepartamento Laboratorios y Estación Cuarentenaria Agrícola (SLECA), la Solicitud Ingreso a Cuarentena Absoluta, a través de Formulario SAG de solicitud (**Anexo 12**), a objeto de solicitar el ingreso de plantas y partes de plantas bajo este nivel de cuarentena, individualizando el envío, al proveedor, y entregando antecedentes referenciales para conducir los materiales a la Estación Cuarentenaria Agrícola (ECA) del SAG, requiriéndose el documento original para la completa tramitación de la referida Resolución.
- Evaluación Antecedentes y Disponibilidad Cubículos: El profesional o encargado de la ECA, evalúa los antecedentes entregados a través de la referida solicitud y designando cubículo exclusivo de cuarentena en condiciones controladas en dependencias SAG Lo Aguirre.

- El SAG, al igual que para todas las cuarentenas, emite una Resolución de Ingreso que autoriza Cuarentena Posentrada Absoluta, en la cual se individualiza el envío, se hace referencia a los requisitos y declaraciones adicionales, se define el lugar de cuarentena y las condiciones particulares de ingreso del envío.

- La asignación de cubículos en la ECA será realizada directamente por personal SAG en base al orden de llegada de éstas, consultándose para su activación a la Contraparte Técnica, de forma de verificar la vigencia de la solicitud.

- El Importador debe disponer de personal para realizar las diferentes actividades asociadas a la CPE:

  Contraparte Técnica: Definida por el Importador, con conocimientos en la normativa y procedimientos vigentes que realiza el Servicio en el ámbito de la CPE. La Contraparte Técnica podrá informarse respecto al avance de la cuarentena, solicitar visitas programadas a la ECA para interiorizarse respecto al estado de sus materiales cuarentenados, coordinar la entrega de portainjertos en caso de ser requerido y el retiro de las plantas una vez finalizada la cuarentena.

- Seguimiento de evolución y análisis de laboratorio de los materiales: Durante la etapa de CPE que será de una temporada de crecimiento (1 año aproximadamente), se realizarán todos los análisis de laboratorio correspondientes a detectar las plagas reglamentadas incluidas en los requisitos fitosanitarios de ingreso.

- Levantamiento final de material liberado en territorio, se certifica libre de plagas reguladas, pudiendo liberarse al vivero para su posterior propagación.

c) Cuarentena Posentrada Predial:

Nivel de Cuarentena Posentrada aplicada a un envío de plantas para plantar, el cual ingresa a Estación Cuarentenaria 2 (EC2), lugar presentado por el importador y autorizada por el Servicio; el cual puede estar o no dentro del vivero y debe cumplir con todas las exigencias de infraestructura y resguardo fitosanitario requeridos, por un periodo de cuarentena de al menos dos temporadas de crecimiento (2 años aproximadamente), definido en la Resolución que establece regulaciones para ingreso de material vegetal a Cuarentena Posentrada Predial **(Anexo 13. Resolución SAG N°7315/2013, modificada por la Resolución SAG N°809/2016).**

Etapas:

- Verificación requisitos fitosanitarios y medidas fitosanitarias.

- Evaluación lugar de cuarentena: Se realiza solicitud de ingreso al SAG, el cual deberá realizar una inspección del lugar de cuarentena, para luego autorizar el ingreso del material a través de una Resolución SAG, que actuará como permiso de importación.

- Ingreso envío a Cuarentena Posentrada: Luego de la inspección en aeropuerto CAMB, los materiales son derivado de forma inmediata al lugar de cuarentena predial autorizado, donde se realizará cuarentena tipo 2.

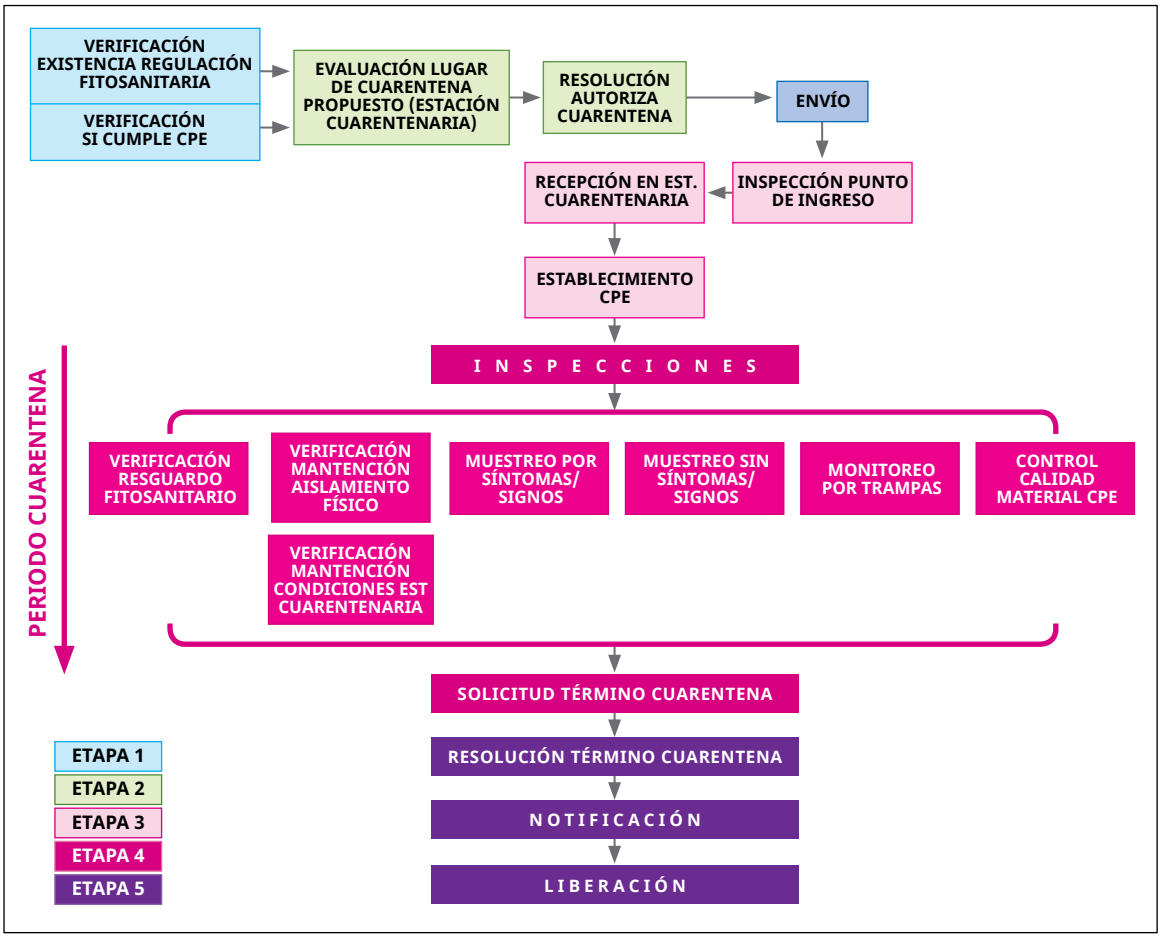
- Período de cuarentena: Para las especies de *Actinidia* spp., la cuarentena tendrá una duración de dos temporadas, lo que se traduce en dos años para la especie.

- Evaluación y término de Cuarentena Posentrada: Análisis de plagas cuarentenarias negativo.

d) Reconocimiento de Centros en el Extranjero:

Cuarentena Posentrada de Centros Reconocidos (Cuarentena de Centros): Nivel de Cuarentena Posentrada aplicada a un envío de plantas para plantar, que proviene de un Centro de Producción Reconocido Oficialmente por el Servicio, en una Estación Cuarentenaria 4 **(Anexo 14. Resolución SAG N°7317/2013)**.

e) Flujograma Cuarentena Posentrada (CPE)



3. PROPAGACIÓN EN VIVEROS

- Una vez cumplido el período de cuarentena, que varía según el tipo de material y tipo de cuarentena, tiene una duración de 6 a 24 meses (MINAGRI et al., 2013), el material es liberado y queda disponible para su uso si se verifica que está libre de plagas cuarentenarias (MINAGRI et al., 2003).
- Se procederá luego de las cuarentenas a dirigir los materiales de propagación a un Vivero establecido y con registro SAG para su multiplicación y crianza, antes de ser introducidos en un huerto productivo.
- Los materiales luego de la cuarentena de posentrada pueden establecerse directamente como plantas madres de cada variedad, con el fin de ser reservorio de multiplicación para el vivero asignado, y entrar en un Programa de Certificación de plantas.
- Como objetivo de formar un germoplasma, existen dos alternativas, plantel madre para material in vitro o para realizar plantas convencionales francas o injertadas.

4. CERTIFICACIÓN DE PLANTAS DE ESPECIE KIWI *ACTINIDIA* SPP.

- El SAG, mediante el Departamento de Semillas y Plantas, es el organismo oficial responsable de ejecutar el proceso de Certificación Varietal de Semillas y Plantas, que tiene como objetivo garantizar la identidad y pureza varietal, como asimismo su pureza física, facultad germinativa y calidad sanitaria **(Anexo 15. Resolución SAG N° 372/2014)**.

- El objetivo de la certificación de plantas es asegurar la calidad genético sanitaria de la planta, lo cual involucra el control de plagas presentes en el país, disminuye la incidencia de plagas cuarentenarias y apoya los controles obligatorios de plagas de viveros. Conjuntamente se busca mejorar los resultados de la industria, ofreciéndole una planta cuya genuinidad varietal y calidad sanitaria hayan sido controladas, con ello se pretende reducir el riesgo de aparición de enfermedades de importancia estratégica (cuarentenaria) y económica en los campos, así como garantizar a los productores que la planta que adquieren corresponde a lo que dice ser.

En el caso de plantas de kiwi, existe un programa específico de certificación, el cual asegura la genuinidad varietal de las plantas y la certificación libre de los hongos *Phytophthora cryptogea, Phytophthora citrophthora, Verticillium dahliae* y las bacterias *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* y *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, a través del seguimiento varietal y fitosanitario mediante análisis en etapas de Germoplasma, Bloque Fundación, Incremento y finalmente como Planta Certificada **(Anexo 16. Resolución SAG N° 8232/2016)**.

5. REQUISITOS DE INTERNACIÓN PARA MATERIAL DE PROPAGACIÓN *ACTINIDIA* SPP. EN CHILE

5.1. Importación de plantas y partes de plantas de *Actinidia* spp. Requisitos vigentes a agosto 2023:

- Procedentes de la Comunidad Económica Europea: Para *Actinidia* spp. Resolución SAG N°2269/2007, modificada por la Resolución N°5627/2021 **(Anexo 17 y 18)**.

- Procedentes de Japón: *Actinidia deliciosa* y *Actinidia chinensis* Resolución SAG 2344/2005, modificada por la Resolución N°5628/2021 **(Anexo 19 y 20)**.

- Procedentes de Nueva Zelanda: *Actinidia* spp. Resolución SAG N°7376/2012, modificada por la Resolución SAG N°5629/2021 **(Anexo 21 y 22)**.

5.2. Importación de material In Vitro *Actinidia* spp.:

- Los requisitos de ingreso para material de kiwi se encuentran establecidos para todo país origen por la Resolución SAG N°633/2003 (**Anexo 23**), con especificaciones exclusivas para kiwi en la Resolución SAG N°1960/2014 (**Anexo 24**), en la que se establece que todo material in vitro de kiwi debe realizar una cuarentena in vitro y ex vitro para Psa, excepto biovar 3.

5.3. Importación de semillas de *Actinidia* spp.:

- Los requisitos de ingreso para semillas de kiwi para propagación, están establecidos para todo origen excepto USA en la Resolución SAG N°3305/2003 **(Anexo 25)** y una Resolución específica para origen USA., en la Resolución SAG N°3306/2003 **(Anexo 26)**.

5.4. Importación de Polen de *Actinidia* spp.:

- Los requisitos de ingreso para polen de kiwi para polinización se encuentran establecidos para todo país origen por las Resoluciones SAG N°4912/2004, N°4992/2021 y N°2290/2022 **(Anexo 27, 28 y 29)**.

6. INTERNACIÓN DE MATERIAL DE PROPAGACIÓN EN PAÍSES DEL MUNDO

6.1. Estados Unidos

Estados Unidos cuenta con los océanos Pacífico y Atlántico como principales límites fronterizos, limitando también con Canadá y México, al ser uno de los países más grandes del mundo y uno de los cuatro que más superficie cubren en el planeta, Estados Unidos cuenta con una gran diversidad de climas, tales como tundra, boreal, continental húmedo, seco, marítimo, mediterráneo y subtropical húmedo y seco, que permite el desarrollo de una amplia gama de especies vegetales (La Guía, 2007).

El USDA-APHIS de Estados Unidos, se encarga de velar por la bioseguridad vegetal y proteger la salud y valor de la agricultura, y los recursos naturales del país (USDA, 2018). Para ello, ha establecido una serie de requisitos y medidas fitosanitarias para la importación de material vegetal, contando con regulaciones específicas para la importación de material vegetal de investigación. La importación de material vegetal con ese fin, se encuentra regulada por el Título 7 CFR, parte 300, del Código de Regulaciones Federales. La importación se inicia con el envío de una solicitud de "Permiso de Importación Controlado" que permite obtener la autorización de APHIS (USDA, 2023).

Todas las plantas o partes de plantas de cada género importado para propagación están clasificadas por APHIS-PPQ en una de las tres categorías de riesgo (restringido, posentrada o prohibido) según la capacidad para detectar las plagas reglamentadas de ese género en el material vegetal importado.

Las plantas o partes de plantas **restringidas** se inspeccionan y tratan si es necesario para detectar plagas grandes, como insectos, en un puerto de entrada o en una estación de inspección APHIS-PPQ.

Las plantas o partes de la planta de **posentrada** se inspeccionan al ingresar, pero también deben cultivarse en un sitio aprobado donde un funcionario estatal inspecciona las plantas en crecimiento para detectar plagas, tanto los géneros restringidos como los posteriores pueden importarse en cantidades comerciales.

Las plantas o partes de plantas **prohibidas** para la propagación pueden ser portadoras de patógenos o insectos de plantas pequeñas que no pueden detectarse de manera confiable mediante la inspección, ya que las plagas son demasiado reducidas en su tamaño, ocurren dentro del tejido de la planta y / o no causan síntomas constantes en estado latente o plantas en crecimiento. El material vegetal prohibido para la propagación, sólo se puede importar en pequeñas cantidades a través de un programa de cuarentena aprobado por el APHIS, a menos que provenga de una fuente aprobada que se encuentre en la lista 319.37-5.

La cuarentena posentrada es el período de inspección y cuarentena que sigue a la admisión de ciertas plantas para plantar en un puerto de entrada para verificar si las plantas están infectadas o infestadas con plagas cuarentenarias. La posentrada puede imponerse una restricción de cuarentena a la importación de determinados taxones de plantas para plantar, basadas en un riesgo de plaga identificado. Las semillas están exentas de cuarentena posentrada.

Las plantas importadas que requieren cuarentena posentrada se enumeran por tabla (**Anexo 30**). Se aplican restricciones generales y se pueden aplicar otras restricciones específicas.

Las plantas para plantar (excepto semillas) cuya importación está sujeta a posentrada, la cuarentena debe ser:

- Acompañada por un permiso válido de cuarentena de posentrada.
- Destinada a un estado que haya completado una cuarentena de posentrada estatal, acuerdo con el APHIS.
- Importado en virtud de un acuerdo de crecimiento de cuarentena posentrada importador.
- El acuerdo de crecimiento de cuarentena de posentrada debe ser firmado por el mismo importador de las plantas.

Los servicios de los inspectores estatales están disponibles para monitorear y hacer cumplir los cuarentena posentrada (los inspectores estatales de viveros son responsables de realizar y documentar las inspecciones requeridas).

Las plantas para plantar que se requieren para someterse a cuarentena posentrada, sólo pueden importarse si se destinan a la cuarentena posentrada que crece en un Estado que ha firmado un acuerdo por escrito con APHIS, firmado por el Administrador o su designado y por el Oficial Regulador de Plantas del Estado.

- www.aphis.usda.gov/aphis/ourfocus

  USDA (United States Department of Agriculture) 2023. Importation of Plant Parts for Propagation.

6.2. Argentina

El proceso de importación de material de propagación requiere de las siguientes etapas:

- **Solicitud de autorización fitosanitaria de importación (AFIDI):** Para ingresar al país plantas o sus partes (frutos, flores, semillas, etcétera), madera, turba, maquinaria agrícola usada u otros artículos reglamentados que pueden vehiculizar plagas que ponen en riesgo la producción nacional, se debe solicitar una Autorización Fitosanitaria de Importación (AFIDI) ante el Senasa.

- **La vigencia del AFIDI es distinta de acuerdo al destino de uso y al tipo de producto:**

  Para destino de uso propagación (semillas, plantas, bulbos, etcétera.): 270 días.

  Para destino de uso propagación para eventos transgénicos regulados al comercio: 120 días.

  Para destino de uso consumo (frutos, flores, granos, etcétera): 60 días.

- Para la importación de plantas, esquejes, yemas, bulbos, etcétera, que son los productos de mayor riesgo fitosanitario, se debe cumplir con los procedimientos de Cuarentena Posentrada (CPE), medida fitosanitaria para el manejo del riesgo de plagas que no pueden detectarse en la inspección y análisis de laboratorio, que se hace al ingreso de material de propagación al país.

Para Argentina el material de propagación (plantas, yemas, estacas) es de alto riesgo fitosanitario y el que presenta mayor dificultad para la detección de plagas durante una inspección en los puntos de ingreso, esto hace que sea necesario mantenerlo en Cuarentena luego de su entrada, es decir bajo control oficial y en condiciones de relativo aislamiento; durante determinados períodos de tiempo, que variarán dependiendo de las plagas involucradas. Estas Cuarentenas Posentrada (CPE) se realizan en sitios privados o en Organismos Oficiales que habilita el Senasa, como Predios Cuarentenarios.

Procedimiento Importación Material de Propagación Argentina:

1. Requisitos Fitosanitarios: Ya establecidos o Análisis de Riesgos de Plagas.
2. Solicitudes de Afidi y Habilitación Predio Cuarentenario: Autogestión online en SIGPV-IMPO.
3. Habilitación Predio Cuarentenario: Inspección Senasa Regional - Evaluación y Aprobación en la Dirección de Comercio Exterior Vegetal.
4. Solicitud de Importación (Certificado Fitosanitario + Autorización Instituto Nacional de Semillas (INASE) + Certificado de habilitación de Predio + Factura): Online en SIGPV-IMPO.
5. Inspección al ingreso y toma de muestras.
6. Traslado a Depósito Cuarentenario: (Guía de Tránsito + Documento de Tránsito Vegetal (DTV)).
7. Cuarentena Posentrada: recepción - inspecciones - toma de muestras - levantamiento.

Existen distintas modalidades de CPE en Argentina: CPE General, CPE reducida y CPE *In Vitro*.

En cualquiera de las modalidades se debe contar con un *Sitio para la CPE*, que haya sido habilitado por Senasa. Para ello se adjunta a la solicitud de Afidi para la importación del material en el Sistema SIGPV-IMPO, esta solicitud debidamente completada.

Documentación que se otorga:

Certificado de Habilitación de Predio Cuarentenario, el cual se debe presentar en la oficina Senasa del Punto de Ingreso al momento de realizar la importación.

Duración:

El plazo máximo para la habilitación de un predio cuarentenario hasta 25 días (promedio 10 días), dependerá de su ubicación y la disponibilidad de personal de Senasa en la zona.

Para la importación de semillas u otro órgano de propagación vegetal es necesario amparar esa operación con una solicitud tramitada ante el INASE, quien emitirá el certificado de solicitud de Importación y/o exportación de semillas y donde se contemplarán las exigencias establecidas en la Resolución 56/2018 **(Anexo 31)**.

- www.senasa.gob.ar

6.3. Perú

El comercio internacional de productos de origen agrícola está en aumento cada día y Perú no se encuentra ajeno a esta situación, por tal motivo el SENASA, es el encargado de salvaguarda de la sanidad agraria nacional, mediante el área de importaciones de la Subdirección de Cuarentena Vegetal, el cual regula los requisitos fitosanitarios necesarios que debe cumplir cualquier persona natural o jurídica que desee importar plantas, productos vegetales y otros artículos reglamentados hacia el Perú.

El objetivo es prevenir el ingreso, establecimiento y diseminación de plagas cuarentenarias y no cuarentenarias reglamentadas que pudieran ingresar al país en productos de origen vegetal.

SENASA Perú ha elaborado los procedimientos que deben ejecutarse durante el proceso de internación de plantas, productos vegetales y otros artículos reglamentados, que mitiguen el riesgo de introducción de plagas agrícolas al país.

SENASA Perú a través de la Directiva General Nº 043-2000-AG-SENASA-DGSV-DDF, estableció el Manual de Procedimiento de Cuarentena Pos entrada (Directiva DEROGADA por Resolución Directorial Nº 0009-2021-MIDAGRI-SENASA-DSV del año 2021).

Todo el proceso de importación de Material de Propagación a Perú y las etapas de Cuarentena de Posentrada están normadas en el "Manual de Procedimientos de Importaciones" de SENASA Perú actualizado en abril del 2022 **(Anexo 32)**.

Se entiende por cuarentena posentrada al procedimiento por el cual un material vegetal de propagación se encuentra sujeto a acciones de confinamiento en un lugar de producción del importador pero autorizado por el SENASA, por un periodo determinado.

El Material vegetativo importado es sometido a pruebas fitosanitarias orientadas a la verificación de ausencia o presencia de plagas reglamentadas, definiendo su autorización definitiva de ingreso o su rechazo (destrucción), según sea el caso.

A través de la aplicación del Manual de Procedimiento de Cuarentena Posentrada, establecido en Decreto Supremo Nº 032-2003-AG, Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Cuarentena Vegetal, modificado y complementado por el Decreto Supremo N°015- 2015- MINAGRI, el Servicio Nacional de Sanidad Agraria lleva a cabo el proceso de verificación fitosanitaria del material vegetal de propagación, bajo condiciones de confinamiento oficial, después de su entrada al país.

Los inspectores de campo del SENASA tienen como finalidad descartar la presencia de plagas potenciales que puede ser transportadas en el material importado, difíciles de interceptar en los puntos de ingreso y que se manifiestan por lo general, durante el crecimiento activo del cultivo.

La denominación de Material Sujeto a Cuarentena Posentrada (CPE) se le otorga a plantas y sus partes, como esquejes, estacas, plumas, púas, yemas, cormos, bulbos, rizomas y otros similares destinado a propagación y/o siembra. En la región Áncash, estos casos se presentan permanentemente en los cultivos de Lilium, Tulipanes y flores que llegan desde diversas partes del mundo.

Asimismo, se incluye al germoplasma de semilla sexual, organismos y entes de control biológico que lleguen en medios de cultivo especial, a plantas y sus partes para exhibición en congresos o festivales y otros, cuando la Subdirección de Cuarentena Vegetal lo estime necesario e indique mediante norma o en el Permiso Fitosanitario de Importación (PFI).

Para garantizar que el producto importado esté libre de plagas cuarentenarias, el período de seguimiento cuarentenario del material importado comprende tres meses, tiempo en el que SENASA efectúa 3 inspecciones y toma muestras de partes vegetativas de las plantas cultivadas que luego son remitidas a la Unidad del Centro de Diagnóstico de Sanidad Vegetal para descartar la presencia de plagas cuarentenarias. Descartada la presencia de plagas cuarentenarias, se procede al levantamiento de la cuarentena, no obstante, si se encuentra alguna plaga cuarentenaria, se procede a la eliminación de todas las plantas del mismo expediente que ingresó al país.

Registro de Importadores y responsables Técnicos del material sujeto a Cuarentena Posentrada:

- Es el registro emitido por el SENASA, para aquella persona natural o jurídica que desee importar material sujeto a este procedimiento. Este registro debe realizarse antes de la importación del producto. En el registro se consigna al o los profesionales responsables (Ingeniero Agrónomo), personal técnico si lo hubiese, el o los productos autorizados y el o los lugares de producción autorizados por el SENASA.

Requisitos generales para los lugares de producción:

- Poseer un ambiente cercado que asegure el aislamiento con el exterior, el mismo donde se realiza el desempaquetado de material sujeto a CPE.
- Poseer un área o lugar destinado a la destrucción del material que se encuentre con presencia de plagas reglamentadas, cuyas paredes y piso (suelo) deben ser constantemente espolvoreados con cal.
- Poseer a la entrada del lugar de producción un ambiente adecuado, en el cual se pueda realizar el cambio de ropa o indumentaria por la de campo.
- Todas las demás construcciones, herramientas de siembra, cosecha, etc. que se usen para la CPE deben estar ubicadas dentro del lugar de producción y deben ser de uso exclusivo para tal fin.
- El sistema de riego, en lo posible, debe ser exclusivo para el área cuarentenada, no se debe permitir el flujo de agua hacia otras áreas, campos, acequias, ríos, etc.
- Contar con insumos y materiales para la desinfección de herramientas y equipos, se recomienda el empleo de hipoclorito de sodio al 2%.
- Debe ser de fácil acceso para las evaluaciones y seguimiento de la CPE, por parte del personal autorizado para tal fin.

Tipos de Lugar de Producción:

- Cerrados: Cultivo del material sujeto a cuarentena posentrada en infraestructuras que aseguren el total aislamiento del material con el exterior.
- Abiertos: Cultivo del material sujeto a cuarentena posentrada en campos cuyo aislamiento del exterior esté constituido por cercos que la circunden.

En el caso de la especie kiwi en Perú, en la actualidad, sólo se permite ingresar plantas de origen Estados Unidos.

- www.senasa.gob.pe/senasa

6.4. Australia

El Departamento de Agricultura y Recursos Hídricos de Australia, es el organismo encargado de velar por la bioseguridad del país, y gestionar aquellos riesgos que puedan afectar negativamente a la agricultura, medio ambiente, salud animal y humana (Department of Agriculture and Water Resources, s.f.).

Para manejar el riesgo fitosanitario que representan las importaciones de materiales vegetales, la Ley de Bioseguridad del año 2015, que establece requisitos y medidas fitosanitarias que los importadores deben cumplir. Específicamente, Australia cuenta con un sistema estandarizado para la importación de material vegetal, que se inicia elevando una solicitud a la plataforma en línea "BICON", señalando las características del material a importar y su propósito (Department of Agriculture And Water Resources).

Para Australia, el material vegetal vivo importado puede introducir plagas y enfermedades de plantas extranjeras que podrían ser perjudiciales para el medio ambiente, la agricultura y la economía de Australia. Para protegerse contra este riesgo, el Departamento de Agricultura y Recursos Hídricos establece condiciones para la importación de todo el material vegetal vivo a Australia.

Los requerimientos para el proceso de ingreso y cuarentenas de posentrada están especificados en Post Entry Biosecurity System User Guide **(Anexo 33)**.

Las condiciones de importación varían según el género y la especie de la planta y la forma del material vegetal importado. Los detalles completos de las condiciones para la importación de material vegetal vivo a Australia se pueden encontrar en el Departamento de Sistema de Condiciones de Importación de Bioseguridad (BICON).

La primera etapa es analizar que la especie que se requiere importar esté permitida en Australia y verificar todas las condiciones y requisitos de entrada, luego se debe presentar una solicitud de permiso de importación, emitida por el Departamento de Agricultura y Recursos Hídricos.

Posteriormente se debe verificar si las plantas deben ingresar a una instalación gubernamental de cuarentena de entrada (PEQ) o si deben someterse a cuarentena de entrada en un sitio aprobado a su llegada. Australia no emitirá un permiso de importación hasta que se hayan hecho los arreglos apropiados de cuarentena después de la entrada.

Para las plantas que ingresan a la instalación de cuarentena de entrada de Mickleham (PEQ), se utiliza el sistema de reserva de Post Entry Biosecurity System (PEBS).

Los importadores son responsables de garantizar que sus proveedores conozcan y cumplan con los requisitos de importación de Australia. El incumplimiento de las condiciones descritas en BICON y en el permiso de importación puede hacer que las plantas no puedan ingresar a Australia.

A partir del 9 de abril de 2018, el departamento ya no facilita el despacho de productos condicionales no prohibidos que lleguen sin el permiso de importación requerido. Por lo tanto, el material vegetal vivo que requiere un permiso de importación, pero llega sin él, incluso cuando una aplicación está actualmente bajo consideración, se dirigirá a la exportación desde territorio australiano o se deberá destruir de forma aprobada.

Australia posee una instalación de cuarentena posentrada (PEQ) en un sitio propiedad de la Commonwealth en Mickleham, Victoria. Las instalaciones de PEQ han consolidado todas las

operaciones actuales de PEQ del departamento en un sólo sitio, todas las plantas y animales importados completan la cuarentena posentrada en la nueva instalación en Mickleham, Victoria.

- www.agriculture.gov.au
  bicon.agriculture.gov.au/BiconWeb4.0

6.5. Nueva Zelandia

Las existencias de viveros importadores para el cultivo, incluidas plantas enteras, plantas cultivadas en tejidos y otras partes de plantas, deben cumplir los requisitos de bioseguridad para evitar la entrada de organismos no deseados en Nueva Zelanda. El Ministerio de Industrias Primarias (MPI) ayuda a los importadores a cumplir con estos requisitos.

El MPI de Nueva Zelandia se encarga de administrar y aplicar la Ley de Bioseguridad para resguardar la importación de materiales vegetales, la seguridad alimentaria y la bioseguridad del país; y gestionar la protección y respuesta frente a plagas y pestes, servicio de cuarentena y servicios de información (MPI, 2022).

Para ingresar material de propagación de frutales se requiere un permiso de importación, a menos que se especifique lo contrario o un programa de condiciones especiales. Para solicitar un permiso, se debe entregar formulario "Solicitud de permiso para importar material de vivero" disponible en la Oficina de permisos o en el sitio web de MPI (www.mpi.govt.nz/importing/plants/nursery-stock/forms-and-templates).

El formulario completo debe devolverse a la Oficina de Permisos, quien se asegurará de que los requisitos de PEQ puedan cumplirse antes de emitir un permiso de importación.

Los envíos deben ir acompañados de un certificado fitosanitario que certifique que el material de propagación de viveros se haya inspeccionado en el país exportador de acuerdo con los procedimientos oficiales apropiados, que se encuentre libre de plagas reglamentadas detectables visualmente, y que cumpla con los requisitos actuales de importación de Nueva Zelanda. Si se encuentran plagas visualmente detectables que no están incluidas en la norma de fitosanitaria de importación, la ONPF certificadora debe establecer su estado reglamentario antes de emitir el certificado. Esta información está disponible en MPI.

El Registro de Organismos de Bioseguridad para Productos Importados (BORIC) registra organismos que pueden estar asociados con plantas o productos vegetales que se importan a Nueva Zelanda. El estado de cuarentena para cada especie se indica, es decir, regulado o no regulado. El Ministerio de Industrias Primarias (MPI) tomará las medidas apropiadas para las especies reguladas interceptadas en la frontera de Nueva Zelanda. Esta lista se actualiza con frecuencia, generalmente en intervalos de 1 a 2 semanas.

El MPI clasifica las plagas asociadas con plantas y productos vegetales en plagas reguladas y no reguladas. Se desarrollan medidas para la prevención de la entrada y/o el establecimiento de plagas reglamentadas en Nueva Zelanda de acuerdo con la Norma Internacional de Medidas Fitosanitarias de la FAO (NIMF) correspondiente. Las plagas reglamentadas son aquellas plagas por las cuales se tomarían medidas y acciones si fueran interceptadas o detectadas.

Además de las plagas cuarentenarias, estos también incluyen nuevos organismos según lo define la Ley de Sustancias Peligrosas y Nuevos Organismos de 1996, organismos que pueden ser de interés

para otras agencias gubernamentales de bioseguridad, vectores de plagas cuarentenarias asociadas y cepas de plagas no reguladas que no están presente en Nueva Zelanda. Las plagas no reguladas son aquellas plagas para las cuales no se emprenderían acciones si fueran interceptadas o detectadas.

Los productos de riesgo importados tienen el potencial de introducir plagas y organismos no deseados en Nueva Zelanda. Por esa razón, los productos de riesgo importados deben obtener una autorización de bioseguridad antes de poder ingresar oficialmente a Nueva Zelanda.

Los productos de riesgo que deben ir a una instalación de transición a su llegada a Nueva Zelanda, deben permanecer allí hasta que se otorgue la autorización de bioseguridad, o se trasladen a otra instalación, o se exporten.

El objetivo de PEQ (cuarentena) es gestionar con eficacia el material vegetal importado para excluir los organismos regulados de Nueva Zelanda. La sanidad de las plantas no se puede evaluar fácilmente en material que no está creciendo activamente. Por lo tanto, si una Norma Fitosanitaria de Importación (IHS) lo requiere, el material vegetal importado debe aislarse y mantenerse para su inspección y/o prueba para detectar cualquier organismo regulado, antes de que las plantas reciban una autorización de bioseguridad. Las instalaciones y sistemas operativos de PEQ están diseñados y administrados para evitar el escape de organismos que pueden estar asociados con material vegetal importado.

Se espera que el material vegetal importado llegue libre de organismos regulados; el PEQ no es un proceso para curar o liberar material vegetal de organismos regulados. Cuando se encuentra que una ruta o especie de planta en particular albergan de manera rutinaria organismos regulados, MPI puede tomar medidas para cerrar esa ruta o imponer más restricciones o condiciones a las importaciones de esa especie de planta.

Todas las regulaciones de importación de material de propagación a Nueva Zelanda, se encuentran en el Documento oficial “Importation of Nursery Stock”, en su última versión actualizada en julio 2023 **(Anexo 34)** del Ministry for Primary Industries (MPI) y en el Manual de Estándar de Cuarentena Pos entrada para Plantas **(Anexo 35)**.

Específicamente para materiales de *Actinidia* spp. los estándares de importación se encuentran en el documento “Import Health Standard: Actinidia Plants for Planting” 2023 **(Anexo 36)**.

- www.biosecurity.govt.nz

Anexos

0. **Glosario de términos (NIMF N°5)**
   Glosario de términos fitosanitarios

1. **NIMF N°2**
   Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias N°2. Directrices para el Análisis de Riesgos de Plagas (1995)

2. **Formulario N°2 SAG**
   Formulario N°2 "Información requerida para iniciar el análisis de riesgo de plaga para la importación de productos de origen vegetal a Chile"

3. **NIMF N°11**
   Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias N°11. Análisis de riesgo de plagas para plagas cuarentenarias (2013)

4. **NIMF N°12**
   Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias N°12. Certificados Fitosanitarios (2022)

5. **NIMF N°15**
   Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias N°15. Reglamentación del embalaje de madera utilizado en el comercio internacional (2018)

6. **Resolución SAG N°6383**
   Establece los requisitos para ingreso de material vegetal a cuarentena posentrada.

7. **Resolución SAG 1818/2020**
   Modifica Resoluciones Nºs 6383 de 2013, 7315 de 2013 y 7316 de 2013, que establecen regulaciones para el ingreso de material vegetal a cuarentena de posentrada.

8. **Resolución SAG 2590/2019**
   Modifica Resolución Nº 6383 de 2013, que establece los requisitos para ingreso de material vegetal a cuarentena posentrada.

9. **Directrices SAG Cuarentena Posentrada**

10. **Resolución SAG N°5622/2013**
    Establece requisitos para la importación de material vegetal como cultivo de tejidos in vitro.

11. **Resolución SAG N°7316/2013**
    Establece regulaciones para ingreso de material vegetal a nivel de cuarentena posentrada absoluta y de filtro.

    Resolución SAG N°373/2019
    Modifica resolución N° 7316 de 2013 que establece regulaciones para ingreso de material vegetal a nivel de cuarentena posentrada absoluta y de filtro.

12. **Solicitud Autorización Cuarentena Posentrada (2022)**

13. **Resolución SAG N°7315/2013**
    Establece regulaciones para ingreso de material vegetal a nivel de cuarentena posentrada predial.

    Resolución SAG N°809/2016
    Modifica Resolucion Nº 7315 de 2013 que establece regulaciones para ingreso de material vegetal a nivel de cuarentena posentrada predial.

14. **Resolución SAG N°7317/2013**
    Establece regulaciones para ingreso de material vegetal a nivel de cuarentena posentrada de centros.

15. **Resolución SAG N°372/2014**
    Establece normas generales de certificación de semillas agrícolas y de plantas frutales.

16. **Resolución SAG N°8232/2016**
    Establece las normas específicas de certificación de material de propagación de Kiwi *(Actinidia* spp.*)*

17. **Resolución SAG N°2269/2007**
    Establece regulaciones para la importación de material de reproducción de kiwi *(Actinidia* spp.*)* procedente de los Estados Miembros de la Comunidad Europea.

18. **Resolución SAG N°5627/2021**
    Modifica Resolución N°2269 de 2007 que establece regulaciones para material de reproducción de kiwi (*Actinidia* spp.) procedente de los Estados Miembros de la Comunidad Europea.

19. **Resolución SAG N°2344/2005**
    Establece regulaciones para la importación de plantas, estacas y ramillas de kiwi *(Actinidia deliciosa, Actinidia chinensis)* procedentes de Japón.

20. **Resolución SAG N°5628/2021**
    Modifica Resolución N°2344 de 2005 que establece regulaciones para importación plantas, estacas y ramillas de kiwi *(Actinidia deliciosa, Actinidia chinensis)* procedentes de Japón.

21. **Resolución SAG N°7376/2012**
    Establece requisitos fitosanitarios para la importación de material de propagación de kiwi *(Actinidia arguta, A.chinensis, A. deliciosa)* y manzano *(Malus* spp.*)*, procedentes de Nueva Zelanda.

22. **Resolución SAG N°5629/2021**
    Modifica Resolución N°7376 de 2012, que establece requisitos fitosanitarios para la importación de material de propagación de kiwi *(Actinidia arguta, A. chinensis, A. deliciosa)* y manzano *(Malus* spp.*)*, procedentes de Nueva Zelanda.

23. **Resolución SAG N°633/2003**
    Establece requisitos para la importación de material vegetal como cultivo de tejido in vitro.

24. **Resolución SAG N°1960/2014**
    Modifica Resolución N°633 de marzo de 2003 que establece requisitos para la importación de material vegetal como cultivo de tejido in vitro.

25. **Resolución SAG N°3305/2003**
Establece requisitos para el ingreso de semillas de especies frutales desde cualquier origen, excepto Estados Unidos de Norteamérica.

26. **Resolución SAG N°3306/2003**
Establece requisitos para el ingreso de semillas de especies frutales desde Estados Unidos de Norteamérica.

27. **Resolución SAG N°4912/2004**
Establece requisitos fitosanitarios para el ingreso de polen de las especies que indica.

28. **Resolución SAG N°4992/2021**
Modifica resolución N° 4912 de 2004 que establece requisitos fitosanitarios de ingreso para polen de las especies que indica.

29. **Resolución SAG N°2290/2022**
Modifica resolución N° 4912 de 2004, que establece requisitos fitosanitarios de ingreso para polen de las especies que indica y deroga resolución N° 106 de 2022.

30. **USDA United Department of Agriculture**
Plants for planting Manual 2023

31. **Resolución 56/2018**
INASE Requisitos ingreso variedades Argentina

32. **Manual Procedimiento Importación SENASA Perú 2022**

33. **Post Entry Biosecurity System User Guide Australia**

34. **Importation of Nursery Stock NZ 2023 MPI Nursery Stock - Import Health Standard**

35. **Facility Standard: Post Entry Quarantine for Plant Nueva Zelanda 2023**

36. ***Actinidia* Plants for Planting NZ 2023**

CAPÍTULO 2
ZONIFICACIÓN EDAFOCLIMÁTICA DEL KIWI

Autores: Michelle Morales, Esteban Guzmán y Luis Morales, Sociedad I-IDEA

1. INTRODUCIÓN

El mapeo de zonas agroclimáticas es un método bien establecido que permite definir áreas adecuadas para el uso particular del suelo y cultivos específicos. A escala internacional, las amplias relaciones entre el clima y el uso del suelo han sido un componente integral del Proyecto de Zonas Agroecológicas, llevado a cabo por la FAO entre 1978 y 1981 (FAO, 1978-81), y que ha servido de base para estudios detallados más recientes a nivel nacional e internacional (FAO, 1993). También se han realizado una serie de estudios más específicos sobre la correspondencia entre los cultivos y el clima. A escala de países, esto se ha traducido en generar una cartografía de zonas idóneas para los cultivos utilizando índices climáticos. Más recientemente, este tipo de enfoque se ha utilizado en combinación con los sistemas de información geográfica (GIS) (Radočaj y Jurišić, 2022; Orhan, 2021). De forma práctica, la mejor manera de validar el mapeo de estos índices es comparándola con la distribución conocida de los cultivos que son objetos de zonificación.

Para facilitar la toma de decisiones referente a la vulnerabilidad que rodea al rubro agrícola, FAO ha desarrollado el modelo EcoCrop, que permite calcular la idoneidad de ciertas especies basado en parámetros climáticos, permitiendo contrarrestarlas con diferentes escenarios y zonas propuestas en función de sus temporadas fenológicas (Ramírez-Villegas et al., 2013). Esto permite disminuir la incertidumbre para los territorios, al lograr determinar posibles áreas para la producción de distintos tipos de cultivos (Falasca et al., 2012).

Dicho modelo se ha aplicado a diversos cultivos y zonas a lo largo del mundo, demostrando efectividad en los resultados expuestos al utilizar parámetros concisos, de fácil obtención dentro de las bases de datos de la mayoría de los países (Møller et al., 2021). Algunos ejemplos de aplicación de este modelo son: Áreas para producción de jengibre en la India (Parthasarathy et al., 2008), áreas idóneas para la caña de azúcar en la cuenca del río Bhogawati (Pawa-Patil y Mali, 2015), el efecto del cambio climático para la producción de sorgo en grano (Ramírez-Villegas et al., 2013), distribución de la chía en Chile (Cortés et al., 2017), estimación de territorio para especies bioenergéticas en Chile (Morales-Salinas et al., 2015), entre otros.

Por otro lado, existen diversas técnicas de zonificación que permiten incorporar distintas variables en función de los requerimientos de cultivos, como lo es el modelo Aptitud Productiva por Clima (CIREN, 2011), integrando en su cálculo hasta 5 variables climáticas, el Análisis Estadístico de Datos Climáticos, los Modelos Climáticos, entre otros (Serrano et al., 2012; Román-Figueroa et al., 2017). De estas técnicas se realza la información climática en función de las necesidades fisiológicas de los mismos cultivos, posibilitando mejorar los resultados en función de los requerimientos de éstos.

En Kiwi, por ejemplo, un estudio cuyo objetivo fue realizar una evaluación de la idoneidad de zonas para el establecimiento de *Actinidia arguta* en China, mediante el uso de modelos de nicho ecológico y SIG (Sistema de Información Geográfica), permitió definir un área altamente adecuada para el establecimiento de esta especie. Por otro lado, se logró definir que los factores ambientales importantes que afectaron la distribución de Actinidia arguta fueron: precipitación en julio, estacionalidad de la temperatura, altitud, temperatura media en abril y precipitación del trimestre

más cálido (Wang et al. 2020). Otro estudio fue el realizado por Zhu et al. (2023) que indicó que el hongo *Corynespora cassiicola* que causa la mancha marrón del kiwi estaba ampliamente distribuida en toda la región productora de Sichuan, afectando predominantemente a la variedad 'Hong Yang'.

En Chile, de acuerdo al VIII Censo Agropecuario Nacional 2020-21, las Regiones de O´ Higgins y del Maule concentran el 87% de la superficie nacional y las Regiones de Valparaíso, Región Metropolitana, Ñuble y del Biobío representan sólo un 12% (https://www.ine.gob.cl/censoagropecuario). Las principales zonas de producción se encuentran bajo la clasificación de clima mediterráneo, (templado cálido, con precipitaciones invernales y sequía estival), que en Chile se extiende desde el norte en la Región de Valparaíso hasta la Región del Biobío (32° a 37° latitud Sur). Los regímenes de precipitaciones y temperaturas en estas Regiones se caracterizan por presentar un importante déficit hídrico en los meses más cálidos (diciembre, enero y febrero), lo que genera condiciones de estrés ambiental y alta dependencia del riego, con agua obtenida mayoritariamente de los deshielos estivales de las Cordillera y en menor medida de la captación de napas subterráneas. Esto diferencia a Chile de otros países como Nueva Zelandia e Italia, donde la mayor pluviometría de verano les permite producir con menor dependencia del riego. Además, el régimen pluviométrico de estas zonas de cultivo se caracteriza por fluctuaciones interanuales, que explica el desarrollo de captaciones de napas subterráneas para compensar el déficit de abastecimiento de agua de deshielos en años de sequía.

Por otro lado, en el 2011, el Comité del Kiwi adoptado además una clasificación de las zonas de kiwi que considera diferencias de conducta y aptitud frutícola por la influencia marina y de altitud, nombrándose las macrozonas como, Valles con Influencia Marina (VIM), Valle Central Interior (VCI) y Pre Cordillera (PC), presentes a veces dentro de una misma provincia climática e incluso dentro de una misma comuna.

Considerando lo anteriormente expuesto, y sumado a los efectos del cambio climático, se han generado entre otros efectos, un cambio en las zonas de producción frutícola actual y una incertidumbre sobre el futuro de algunas especies y su real impacto en la producción y calidad de la fruta. En este contexto, durante los últimos años, el rubro del kiwi ha tenido un especial interés por identificar zonas donde es posible desarrollar el cultivo en condiciones óptimas para potenciar la productividad y la calidad de la fruta, para posicionarse a nivel internacional y aumentar la competitividad como parte de la estrategia de diversificación de variedades a nivel nacional para exportación.

Dado lo anterior, surge la necesidad de realizar una zonificación para el Kiwi como una herramienta que juega un rol interesante y que otros países ya utilizan para rentabilizar eficientemente el uso de los terrenos agrícolas que cada vez son más escasos. Es por ello que el principal objetivo de este trabajo fue elaborar una zonificación edafoclimática del kiwi, que permita delimitar las zonas homogéneas para la producción en la Región de O'Higgins como piloto para proyectarlo a otras regiones del País, mediante la utilización de modelos de nicho y modelación de idoneidad territorial considerando factores climáticos y edáficos. Se utilizó como ejemplo la variedad Hayward ya que es la de mayor producción a nivel nacional y se tiene mayor conocimiento técnico y de manejo sobre ella, aunque la zonificación climática es una herramienta versátil que podría orientarse para evaluar la introducción de nuevas variedades e incorporar como factor limitante la incidencia de enfermedades como ya se ha hecho en otros cultivos como el nogal.

2. METODOLOGÍA

2.1. Lugar de estudio

El lugar de estudio corresponde a la región del Libertador General Bernardo O'Higgins, ubicada entre las latitudes 34° y 35° aproximadamente (**Figura 1**), abarcando 2,2% de la superficie territorial continental de Chile (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile [BCN], s.f.).

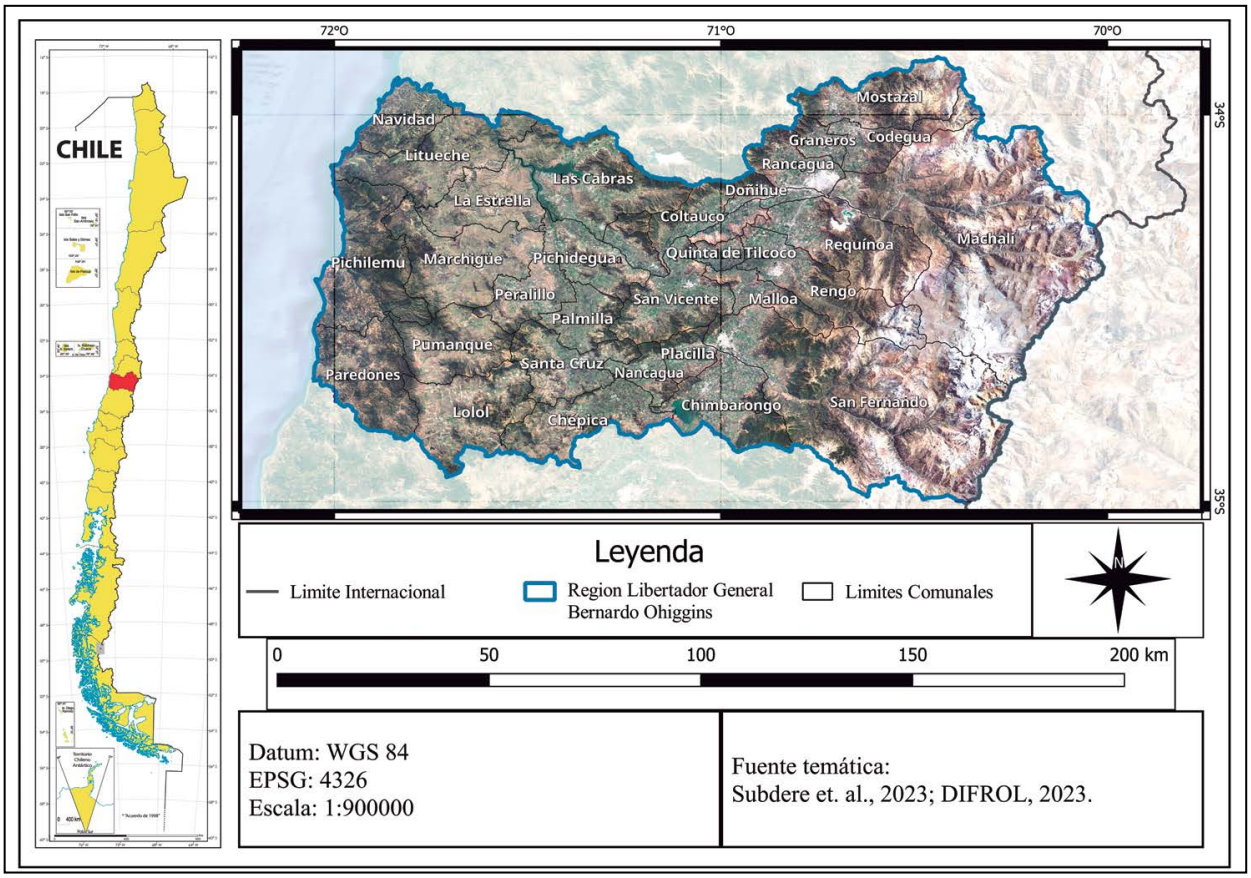


Figura 1. Área de estudio, Región de O'Higgins.

Conforme a la clasificación bioclimática presentada por Di Catri y Hajek (1976), el lugar de estudio presenta la tendencia climática denominada como "templado cálido con lluvias invernales", también llamada de tipo mediterránea, con un régimen -corregido por la altitud- térmico cálido (Luebert y Pliscoff, 2017), presentes desde la franja costera 23°S hacia el interior del territorio llegando con fuerza hasta el 37°S.

Con respecto a las precipitaciones, que alcanzan los 898 mm en promedio al año, éstas presentan una disminución de aproximadamente 12% de acuerdo con la información de las nuevas Normales Climáticas actualizadas para el periodo de 1991-2020 (DGA, 2021). Para el año 2019 ya se informaba un déficit acumulado de precipitaciones de 77% (Secretaría Regional Ministerial de Agricultura Región de O'Higgins, 2020) y en los dos cauces principales de la región, río Cachapoal y río Tinguiririca, existe una disminución de caudal que supera el 50% de éstos.

Se presentan 4 franjas longitudinales asociadas al relive: Planicies litorales, Cordillera de la Costa, Depresión intermedia y Cordillera de los Andes, ésta última con alturas por sobre los 4000 m.s.n.m. y

un marcado volcanismo (Charrier y Lillo, 1973). La cordillera de La Costa destaca por su penetración al interior de la región a través de estribaciones, pero con menor altitud a la presente en otras regiones de la zona central del país (Errázuriz et al., 1998).

Esta última confluye por medio de extensos cursos de agua con la planicie litoral, donde ésta expone una gran extensión con formación de dunas. La zona de la depresión intermedia, en cambio, presenta lechos orientados en variadas direcciones que acarrean material de origen glacio-fluvio-volcánico, donde se ejecutan gran parte de las actividades agrícolas de la región y también se encuentran los principales centros urbanos de la región (Gac y Miranda, 2019; CSIRO, 2007).

Las zonas de producción de la región se presentan en la provincia seco estival nubosa y seco estival medio. En la primera, si bien presenta menores riesgos climáticos, es la que más se afecta en años de sequía, especialmente en las cuencas de más al norte. En la segunda provincia, existen riesgos crecientes de heladas en primavera y de otoño, siendo necesario adoptar métodos activos de control de heladas. En esta macrozona se presentan también con cierta frecuencia eventos de granizos, mayormente en primavera.

En la Región, predominan suelos de origen volcánico con regímenes xéricos, conformados preferentemente por alfisoles (Flores et al., 2010), presentando régimen de humedad údico desde la precordillera de Los Andes hasta las zonas más costeras. Sin embargo, presentan leves variaciones debido a los factores que influyen en la formación del suelo, principalmente clima y material parental (Beinroth et al., 1985).

La región cuenta con dos reservas y un parque nacionales dentro del SNASPE (Corporación Nacional Forestal [CONAF], s.f.), además de una serie de sitios prioritarios que se sustentan principalmente en la presencia de bosque esclerófilo en el lugar (Serey et al., 2006), considerado “hotspot” de biodiversidad biológica mundial (Otavo y Echeverría, 2017; Giorgi, 2006; Arroyo et al., 2008) además de un rico patrimonio geológico (González et al., 2021).

Aproximadamente, el 25% de los suelos de la región corresponden a uso de suelo de terrenos agrícolas, solo superando este porcentaje por praderas y matorrales con un 38,4%, y presenta más del 52% de los suelos de la región erosionado (Flores et. al 2010; Valdebenito et. al, 2020). Según el último Catastro frutícola regional la superficie frutícola asciende a 95.082,24 hectáreas, de las cuales 2.487,01 corresponde a kiwi verde que es el más plantado (CIREN y ODEPA, 2021), siendo la segunda región con más participación en este cultivo sólo superado por la región del Maule con 3.104,64 (CIREN y ODEPA, 2022).

2.2. Base de datos

Para la manipulación de la información climática y edáfica se utilizó las herramientas computacionales Rstudio y QGis, en el procesamiento matemático del comportamiento de las variables edafoclimáticas y la visualización del resultado final de la zonificación, respectivamente. Respecto al modelamiento topoclimático, considerando la importancia de contar con buenas calibraciones a nivel global de los métodos de estimación de las variables, dado la inestabilidad paramétrica asociada, se usó el método denominado Geographically Weighted Regression (GWR) que ha demostrado buenos resultados y la capacidad de generar mapas de los parámetros ajustados a escala global (Fotheringham et al., 1997; 2000; 2002; Morales et al., 2010; Draper y Smith, 1981).

- **Base de datos de suelo:** La información geográfica, morfológica, física y química del pedón modal fue obtenida de estudios agroecológicos del Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN,

2010). Para crear la base de datos de suelos se extrajo la siguiente información: Latitud, Longitud, Profundidad, Arena (%), Limo (%), Arcilla (%), Clase textural y pH en cada uno de los horizontes descritos en el estudio de CIREN. Los datos fueron asignados al punto central del polígono que conforma la serie de suelos en base al supuesto de homogeneidad interna, sin embargo, es posible encontrar variaciones espaciales considerables de algunas variables de suelo debido al manejo y topografía en suelos chilenos. Para construir una base de datos grillada de suelos, se aplicó el método de relaciones espacialmente explícitas GWR.

- **Base de datos información climatológica:** Se consolidó una base de datos climáticos de estaciones meteorológicas distribuidas en el área de estudio, principalmente, estaciones meteorológica automáticas derivadas de datos históricos (redes DGA, DMC y principalmente RAN), corregidas y generadas en base a informes consolidados públicos, durante el periodo de 2010 a 2021. Para el caso de variables relacionadas con la temperatura (Horas frío, Días Grado, Días Cálidos y el índice SiFRI) se utilizaron datos horarios de 44 estaciones automatizadas de la RAN, que contenían información suficiente (más de 70% datos) desde el año 2010 al 2020. Estas variables fueron calculadas y luego espacializadas, quedando disponibles en formato grillado con una resolución espacial de 90 metros. Las variables dependientes serán los productos climatológicos grillados y la altitud, o también llamado modelo digital de elevación (DEM) que se usó como variable explicativa o independiente, ya que es preciso contar con información digital de la topografía que dé cuenta de la distribución espacial de distintos procesos biofísicos.

Finalmente, para contrastar la información generada con las zonificaciones se utilizó una capa de información del Catastro Frutícola de la Región de O'Higgins del año 2018 con la ubicación de los huertos de kiwi a nivel regional (CIREN, 2018).

2.3. Requerimientos del kiwi

Las relaciones del kiwi con el clima son claves para determinar el desempeño de este cultivo en diferentes zonas geográficas, siendo particularmente importantes la temperatura, el viento, la humedad relativa y la radiación solar, necesitando inviernos cortos con temperaturas bajas que permitan una buena acumulación de frío, primaveras sin riegos de heladas y veranos poco calurosos, y en zonas húmedas que permitan reducir el efecto negativo de la excesiva radiación solar en la zona central del país, esto debido a que existe evidencia empírica que alta radiación acompañada de excesiva temperatura y baja humedad, frena el crecimiento de la planta y daña estructuras en desarrollo, pero no se obtuvo valores referenciales para cuantificar el daño en este trabajo. Referencias internacionales señalan con respecto a los requerimientos asociado a precipitación anual, un mínimo de 1250 mm, y lluvias durante el verano (Kerr et al. 1981; Judd et al. 1989), lo que en Chile claramente no se alcanzan teniendo que compensar con sistemas de riego en los huertos productivos, pero es una variable que debe considerarse asociada a la disponibilidad hídrica anual y a zonas húmedas en que el kiwi se desarrolla mejor.

Todas las variables climáticas mencionadas son particularmente importantes y variables dependiendo de la fenología del frutal por lo que es necesario analizarlas por periodos fenológicos y sus respectivas fechas de ocurrencia en la Región de O'Higgins.

- **Letargo o dormancia (mayo a agosto):** Las temperaturas del invierno son importantes para la acumulación de frío de las plantas, seguida de las temperaturas más cálidas en primavera que permiten el quiebre del letargo (Morley-Bunker y Salinger 1987; McPherson et al. 1992; Salinger et al. 1993). Una baja acumulación de horas frío, se traduce en una brotación deficiente, heterogénea y prolongada, junto a una menor fertilidad de yemas. En zonas con baja acumulación de horas frío, se ha recurrido a la aplicación de cianamida de hidrógeno para romper químicamente el letargo.

El modelo usado para cuantificar la acumulación de frío fue el de Horas Frío (HF), que equivale a una hora con temperaturas por encima de 0 ° C y hasta 7°C (Weinberger, 1950). Para la variedad Hayward (*Actinidia deliciosa*), se estiman entre 655 y 1100 HF, pudiendo ser suficiente con la mitad de éstas en el caso de las variedades de *Actinidia chinensis* var. *chinensis* (Zhao et al., 2017), y se contabilizan desde el 1 de mayo al 31 de agosto. Temperaturas inferiores a -10 °C un mes antes de la brotación, cuando se inicia el movimiento de savia, pueden producir daños en los troncos a nivel del cuello, llegando a ocasionar la muerte de toda la parte aérea de la planta, aunque no del sistema radical. Las temperaturas mínimas en invierno no deberían bajar de los -10 °C (Comunicación Comité del kiwi).

- **Brotación y Floración (septiembre-octubre-noviembre):** Debido a que el kiwi brota temprano en septiembre y sus tejidos tiernos son sensibles, las heladas primaverales tardías pueden afectarlo, llegando a destruir hojas y botones en alto porcentaje, desde estado de algodón. El daño por bajas temperaturas también se expresa como deformaciones de frutos después de cuaja, generando un deterioro de la calidad. Temperaturas de -1°C durante varias horas pueden ser suficientes para dañar las primeras brotaciones, que son las únicas portadoras de botones florales, perdiendo, por tanto, la producción del año (Comunicación Comité del kiwi). Incluso, se señala que, al inicio de la floración, las yemas florales son vulnerables a las bajas temperaturas, ocurriendo daños luego de 30 minutos de exposición entre -1,5°C y -2°C (Hewett y Young, 1981).

  Es por ello que, se estableció un índice de riesgo de heladas peligrosas (SiFRI) que incorporan variables climáticas como la temperatura mínima y la duración de la helada. El índice SiFRI permite comparar zonas y cuantificar el riesgo de heladas perjudiciales en periodos de tiempo determinados o en todo el año, y toma valores de 0 a 100, siendo 100 el valor con mayor peligrosidad de heladas. Para el cultivo del kiwi se estableció este índice en el mes de septiembre considerando que es el mes más crítico y las heladas en la región son más frecuentes que en el mes de octubre o noviembre, se consideró una temperatura mínima crítica inferior a -1,5°C con una hora de duración, y temperaturas bajo 0 asociadas a una duración crítica de heladas superior a 3 horas.

- **Crecimiento y madurez del fruto (diciembre hasta abril):** La pluviometría media anual debe oscilar entre 1.300 y 1.500 mm, distribuidos de forma uniforme durante todo el año. No obstante, como esto no suele ocurrir así en el clima mediterráneo y, además, existen períodos de mayores necesidades hídricas, como el que va desde el cuajado del fruto hasta el final de verano, es imprescindible cubrir estas carencias con el riego. El exceso de radiación y altas temperaturas provocan daños sobre la madera expuesta de troncos y brazos, además de diversas quemaduras en frutos sobre expuestos que deterioran su calidad. Temperaturas mayores a 29 °C que se combinan con viento y baja humedad relativa (inferiores al 60%) hacen que la tasa transpiratoria de las hojas se eleve sobre la capacidad de abastecimiento del suelo y la planta, generándose que las plantas dejen de trabajar y los frutos detengan su desarrollo. Es por ello que se consideró un índice de estrés térmico por altas temperaturas, Días Cálidos, los permiten cuantificar el número de días por un periodo determinado, en que las temperaturas máximas superan los 29°C, en este caso durante el verano (diciembre a febrero). Además, se incorporó la variable de Humedad Relativa del mes de enero, considerando que es en este mes donde se produce la mayor radiación en el año y las temperaturas máximas, lo que combinado con humedades relativas bajo el 60% son perjudiciales para el kiwi, y muy graves si están bajo 50%.

  La madurez del fruto está influenciada por la temperatura, el requisito de tiempo térmico para el kiwi, durante la temporada que contempla desde septiembre hasta abril, es de al menos 1100 Grados Día (GD) por encima de una base de 10°C (Salinger et al. 1993), o desde los 1300 GD señalado por algunos autores (Salinger y Kenny, 2010; Snyder et al., 1999).

Además de los datos climáticos, se consideraron datos topográficos como la pendiente y la información edáfica como textura, profundidad y pH del suelo, relacionado con los requerimientos que producen el óptimo desarrollo del frutal en un determinado lugar. La pendiente, que no es una propiedad del suelo pero se incorporó en la función debido a que en la literatura internacional lo destaca como relevante en ámbitos edáficos (Trnka et al., 2021; Arruajo-Carrillo et al., 2019).

Para la mayoría de las plantas, el pH del suelo es muy importante para el crecimiento, ya que afecta la disponibilidad de nutrientes en el suelo. En el caso del kiwi, éste prefiere suelos ácidos a moderados dentro del rango de pH de 5,5 a 6,5 (Strik y Davis, 2021) y se afecta por rangos extremos menores a 4,5 y mayores a 8,3 pH. Además, el kiwi demanda suelos con buen drenaje y buena permeabilidad, y la textura es una característica importante que determina estas propiedades, por lo que el kiwi se desarrolla mejor en suelos con textura media a fina (franco arenosas a franco arcillosas), mientras que la profundidad del suelo es otra propiedad clave para el buen desarrollo de las plantas, siendo óptima si supera el metro que garantice un buen desarrollo de las raíces.

2.4. Zonificación edafoclimática del kiwi

La zonificación del kiwi se llevó a cabo mediante un análisis de multicriterio basado en el modelo propuesto por el método ECOCROP (FAO, 1997), usando al igual que esta herramienta, curvas de respuesta para obtener una idoneidad territorial mediante el análisis de la información asociada al cultivo del kiwi. De este modo, para cada variable relevante para la especie (tanto climática como edáfica) se establecieron de 3 a 5 rangos, y se realizaron reclasificaciones asignando notas (de 1 a 7) según los requerimientos del cultivo del kiwi en cada rango según la variable. Luego se calculó el índice global de adaptabilidad o “suitability”, que corresponde a la suma ponderada de todas las puntuaciones de idoneidad. Se generaron cartografías de idoneidad de clima, de suelo y la de idoneidad del kiwi, eliminando zonas de restricción como la cordillera mediante el uso de un filtro de capa.

Se generó por separado una zonificación climática y otra edáfica, utilizando una ponderación diferente para cada uno de los índices de idoneidad por variable, en función de los datos recopilados y validados por el Comité del Kiwi. Las variables climáticas e índice que fueron consideradas para la idoneidad climática fueron el índice de peligrosidad de heladas (SiFRI), las Horas Frío (HF), los Días Grado (DG), los Días Cálidos (DC), la Humedad Relativa en enero (HRe) y la Precipitación anual (PPa), (Ecuación 1). Por otro lado, las variables que se consideraron relevantes para la idoneidad edáfica fueron la clase textural, la profundidad, el pH y la pendiente para el cultivo del kiwi (**Ecuación 2**). Finalmente, con ambos mapas de idoneidad se ponderó la idoneidad del cultivo del kiwi (**Ecuación 3**).

$$IC = (SiFRI * \%_{SiFRI}) + (HF * \%_{HR}) + (GD * \%_{GD}) + (DC * \%_{DC}) + (HRe * \%_{HRe}) + (PPa * \%_{PPa})$$

Ecuación 1: Ecuación numérica para el cálculo de la Idoneidad Climática del kiwi considerando una estructura de análisis multicriterio.

Donde,

SiFRI: Índice de riegos de heladas peligrosas

$\%_{SiFRI}$: Ponderación SiFRI

HF: Horas Frío

$\%_{HF}$: Ponderación Horas Frío

GD: Grados Día

$\%_{GD}$: Ponderación Grados Día

DC: Días Cálidos (Tmáx >29°C)

$\%_{DC}$: Ponderación Días Cálidos

HRe: Humedad relativa en enero

$\%_{HRe}$: Ponderación Humedad relativa en enero

PP0a: Precipitación anual

$\%_{PPa}$: Ponderación Precipitación anual

$$IE = (Pr * \%_{Pr}) + (Pe * \%_{Pe}) + (Tex * \%_{Tex}) + (pH * \%_{pH})$$

Ecuación 2: Ecuación numérica para el cálculo de la Idoneidad edáfica del kiwi considerando una estructura de análisis multicriterio.

Donde,

Pr: Profundidad de suelo

$\%_{Pr}$: Ponderación profundidad de suelo

Pe: Pendiente

$\%_{Pe}$: Ponderación Pendiente

Tex: Textura de suelo

$\%_{Tex}$: Ponderación Textura de suelo

pH: Grado de acidez o alcalinidad del suelo

$\%_{pH}$: Ponderación pH de suelo

Posteriormente se realizó una zonificación que incorporaba a ambas, ponderando de manera diferenciada los resultados para clima y suelo, en función de la bibliografía internacional sobre estos factores y también, las recomendaciones por parte del Comité del Kiwi. La zonificación propuesta se basa en un Índice de Idoneidad, el cual queda definido por la combinación entre los factores climáticos, edáficos y topográficos (**Ecuación 3**), con una propuesta de 65% y 35% de ponderación para clima y suelo respectivamente.

$$Indice\ de\ Idoneidad = (IC * \%_{IC}) + (IE * \%_{IE})$$

Ecuación 3: Índice de Idoneidad global para el kiwi, considerando la idoneidad climática y edáfica.

Donde,

IC: Idoneidad Climática

$\%_{IC}$: Ponderación de Idoneidad Climática

IE: Idoneidad Edáfica

$\%_{IE}$: Ponderación de Idoneidad Edáfica

Para mejorar y simplificación en la interpretación de los mapas generados y su visualización se aplicó una escala cualitativa para la idoneidad territorial basada en cuatro clases (**Cuadro 1**). Los rangos de categorías más extremas tienen una menor frecuencia según un enfoque estadístico y de distribución de datos (Román, 2016), por lo que presentan una menor amplitud.

Cuadro 1. Clases para clasificación de índices de Idoneidad.

Clase	Rango
No Apta	[1,0-4,0[
Medianamente Apta	[4,0-5,0[
Apta	[5,0-6,0[
Muy Apta	[6,0-7,0]

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La zonificación agroclimática es una clasificación espacial para una región que integra las relaciones entre el clima y la producción agrícola de acuerdo a los requerimientos de cada especie de interés y es una herramienta relevante para priorizar los recursos territoriales de una zona específica y planificar eficientemente el establecimiento y producción de los cultivos agrícolas (Yamada y Sentelhas, 2014; García-Barreda et al., 2019). A continuación, se muestra la idoneidad climática, la idoneidad edáfica y la combinada de ambas para obtener zonas de aptitud para el establecimiento de huertos de kiwi, específicamente para la variedad Hayward (*Actidinia chinensis* var. *deliciosa*).

3.1. Idoneidad climática

Dentro del alcance del presente estudio, que se llevó a cabo para determinar áreas adecuadas para el cultivo del kiwi, en primer lugar, como resultado de la clasificación discreta de idoneidad climática (**Figura 2**) se determinó que el 16,83% (213038,9 hectáreas) del área de estudio era Muy Apta para el kiwi verde, mientras que el 28,2% (356938,0 hectáreas) se consideró No Apta (**Cuadro 2**). Para realizar esta clasificación se consideraron los factores climáticos como el índice de peligrosidad de heladas (**Anexo 1**), las Horas Frío (**Anexo 2**), los Días Grado (**Anexo 3**), los Días Cálidos (**Anexo 4**), la Humedad Relativa en enero (**Anexo 5**) y la Precipitación anual (**Anexo 6**), y el criterio de exclusión fue determinado con 2 de los 5 factores climáticos (no contabilizando la precipitación anual como factor excluyente) con nota 1, considerándose condiciones muy limitantes para el crecimiento del kiwi.

Al analizar la zona No Apta, cerca del 50% contempla el área nororiente de la Provincia de Cachapoal (excluyendo gran parte de la comuna de Machalí por la Cordillera), siendo los factores más limitantes los Días Cálidos y el índice de Peligrosidad de las heladas, mientras que en menor medida lo fue la Humedad relativa en el mes de enero. El kiwi es muy propenso a daños por heladas en primavera causando quemaduras de brotes nuevos y mermando la producción, y zona norte de la región al tener mayor acumulación térmica y suficiente acumulación de frío se inicia antes la salida de receso teniendo mayor riesgo de daños por heladas, es así que una helada en septiembre como ocurrió el año 2013 generó enormes pérdidas en huertos de kiwi y bajas producciones en general. Por otro lado, la zona norte de la región posee una alta frecuencia de temperaturas sobre 29°C durante el verano, generando un excesivo crecimiento vegetativo en las plantas de kiwi a expensas de crecimiento de fruto y calidad (Richardson et al., 2004), además de mayores costos y menores rendimientos (Cradock-Henry, 2017). Finalmente, si a las altas temperaturas en verano se suma una humedad relativa bajo el 60%, las probabilidades de generar estrés son altas, aunque no se encontraron a nivel local datos que permitan establecer un índice de estrés, considerando estas dos variables para el caso del kiwi.

En la provincia de Colchagua se concentra otra zona No Apta que corresponde a las comunas de Palmilla, Santa Cruz, Pumanque y Lolol, debido principalmente a factores limitantes de Horas Frío para el kiwi verde (<700 HF) y con Días Cálidos mayores a 50 Días durante la época de verano.

Finalmente, una parte de la Provincia de Colchagua y la Provincia de Cardenal Caro concentran el mayor porcentaje de zonas Muy Aptas desde el punto de vista puramente climático en los parámetros evaluados, cumple con los requerimientos climáticos óptimos para el kiwi como las Horas Frío necesarias, tiene pocos Días Cálidos, además de una alta humedad relativa en los meses más cálidos, al igual que los requisitos de las demás variables consideradas en este estudio. Se destacan las comunas de Chimbarongo y San Fernando para la Provincia de Colchagua, y un área en la comuna de Las Cabras en la Provincia de Cachapoal. Dentro de la Provincia de Cardenal Caro también se mencionan como zonas Muy Aptas áreas de las comunas de Navidad, Litueche y Marchigüe, aunque en realidad esto no es del todo cierto sobre todo para la costa, por las siguientes razones: existe muy poca densidad de estaciones meteorológicas en la costa de la región que dificulta una buena estimación de las variables climáticas (Navidad, Litueche, La Estrella, Marchigüe, Paredones y Pichilemu), adicionalmente no está considerado en el estudio la variable de viento, en este sentido hay antecedentes de excesivos vientos en la zona de Litueche, Navidad, factor limitante para el kiwi, ya que causa daños mecánicos y fisiológicos, como roturas en hojas, frutos y flores, aunque el principal daño es en brotes en activo de crecimiento en primavera que se rompen con facilidad. Otra variable que no ha sido considerada en este estudio es la disponibilidad hídrica, y es justamente estas zonas de la costa, Marchigüe y otras de más al sur no cuentan con oferta hídrica adecuada (zona de secano), donde no es posible establecer zonas frutícolas dependientes de riego como es el caso del kiwi. Se incorporó la variable precipitación para introducir un parámetro asociada a la oferta hídrica, pero ésta depende de factores no climáticos como la red de distribución de canales, disponibilidad de embalses que no son contempladas en este estudio.

Cuadro 2. Superficie asociada a las clases de idoneidad de clima.

Clase	Superficie (ha)	% regional
No Apta	356.938,0	28,20
Medianamente Apta	63.127,9	4,99
Apta	632.595,5	49,98
Muy Apta	213.038,9	16,83

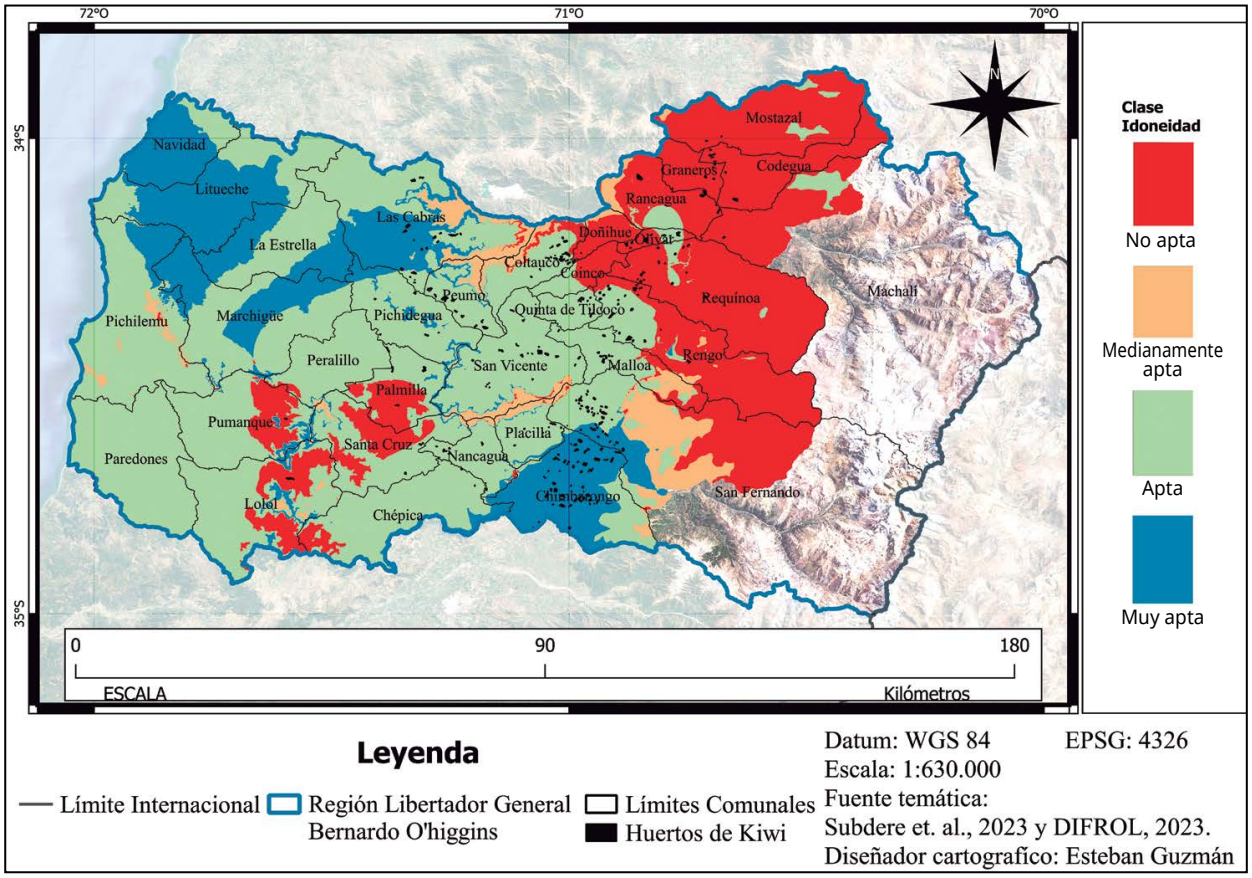


Figura 2. Mapa de clases de aptitud para idoneidad climática para el kiwi.

3.2. Idoneidad edáfica

En general, el resultado de la zonificación edáfica asociada a la aptitud productiva del kiwi (**Figura 3**) muestra que más del 50% del área de estudio es clasificada como No Apta (51,48%), mientras que las zonas Aptas y Muy Aptas suman 31,2% con una distribución heterogénea de las zonas (**Cuadro 3**). Esta clasificación considera la distribución de parámetros de suelo espacializadas como la profundidad de suelo (**Anexo 7**), pendiente de suelo (**Anexo 8**), clase textural de suelo (**Anexo 9**) y pH de suelo (**Anexo 10**). Se destacan como zonas Muy Aptas una gran parte de la comuna de Chimbarongo donde adicionalmente se concentra una gran cantidad de huertos de kiwi, por otro lado, también existe una zona significativa en la comuna de Marchigüe. Las principales variables de suelo que condicionan el cultivo del kiwi varían según la zona, las áreas No Aptas en la zona oriente es principalmente por pendiente y profundidad, mientras que en la zona costera está asociada particularmente por la profundidad y la textura, ya que los suelos delgados y las texturas muy finas no son recomendables para establecer kiwi en la región. Finalmente, en el sector del valle, las limitantes principales son la profundidad y el pH. En esta zonificación no está considerado manejos agronómicos para mejorar algunas características de suelo, ya que se presenta la situación real de la condición de suelo, por lo que algunas áreas productivas actuales pueden no estar dentro de los rangos apropiados y fueron modificadas para mejorar el desempeño y la productividad del kiwi. Otro factor que puede generar un mayor porcentaje de áreas No Aptas, es la falta de información de propiedades de suelo que existe a nivel regional y nacional, que fueron rellenados con valores de 3 para evitar subestimar la clasificación final de suelo, además de no contar con suficiente información de la variable salinidad y usarla como criterio de clasificación, siendo un parámetro crítico en varios frutales incluido en

kiwi. Este es un aspecto que puede ser mejorada con información local y recopilación de estudios asociados a las propiedades de suelo en diferentes investigaciones.

Cuadro 3. Superficie asociada a las clases de idoneidad de suelo.

Clase	Superficie (ha)	% regional
No Apta	650.259,63	51,48
Medianamente Apta	218.757,34	17,32
Apta	254.482,38	20,15
Muy Apta	139.553,85	11,05

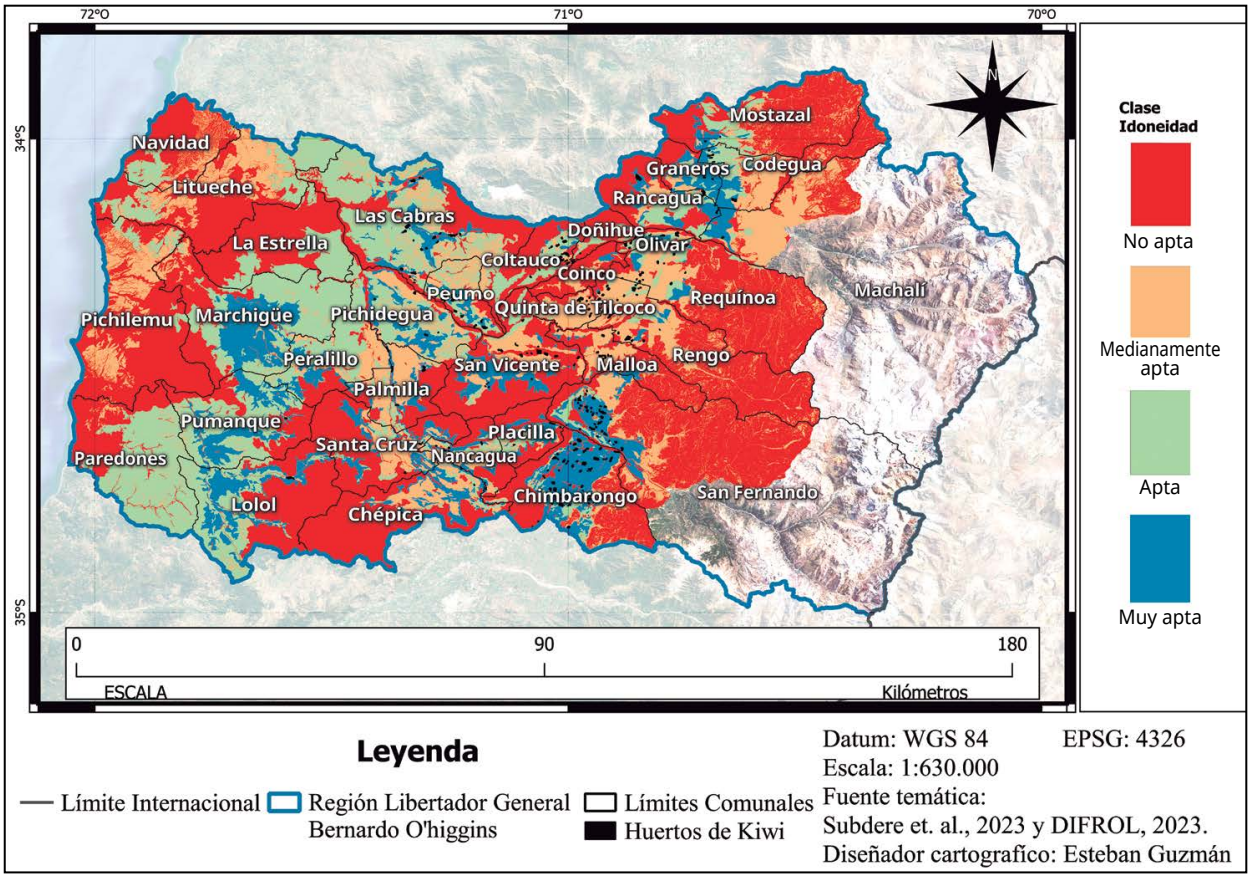


Figura 3. Mapa de clases de aptitud para la idoneidad edáfica (Suelo) para el kiwi.

3.3. Idoneidad edafoclimática del kiwi

En general como resultado del proceso de ponderación de la zonificación de clima y de suelo, según los criterios del Comité del kiwi, revisión bibliográfica internacional y parámetros edafoclimáticos disponibles, se ha obtenido una visión general de la aptitud productiva del kiwi en la región de O'Higgins, como un ejemplo que puede ser proyectado a otras regiones, así como también para identificar potenciales zonas para la introducción de nuevas variedades acorde a sus requerimientos.

La **Figura 4** muestra el mapa final del área potencial de cultivo de kiwi generado por el traslape del mapa de clima y suelo para el kiwi, considerando una ponderación del 65% y 35% respectivamente,

visualizado 4 clases de idoneidad. Las áreas azules, verdes, anaranjadas y rojas en el mapa final indican una idoneidad alta, una idoneidad moderada, baja y nula idoneidad para el cultivo del kiwi, respectivamente. Al examinar las distribuciones espaciales de las áreas de aptitud para el cultivo del kiwi, se determinó que las áreas Muy Aptas tienen una superficie de 79.978,71 hectáreas mientras que este valor es de 604.579,42 hectáreas para las áreas Aptas y 578.675 hectáreas que suman las áreas con baja adaptabilidad (Medianamente Aptas y No Aptas) como se señala en el **Cuadro 4**.

Al aplicar las categorías de la metodología de zonificación considerando los aspectos climáticos, topográficos, fenología del cultivo, requerimientos de la especie y propiedades de suelo, se obtuvo este mapa de Zonificación Edafoclimática para el cultivo del kiwi con las condiciones que la naturaleza provee, sin la consideración de manejos agronómicos correctivos o inversiones altas. Las 4 clases de aptitud fueron las siguientes:

- **Muy Apta:** En esta zona se reúnen las condiciones climáticas y edáficas favorables para el desarrollo del kiwi, abarcando 79.798,71 hectáreas que representa el 6,32% del área de estudio. Se encuentra distribuida en 3 áreas asociada a las 3 provincias de la región, con mayor superficie en la provincia de Colchagua, en las comunas de Chimbarongo y San Fernando, mientras que en la provincia de Cardenal Caro destaca la zona central de la comuna de Marchigüe (que tiene limitaciones de disponibilidad hídrica u otras no consideradas en este estudio como salinidad, viento y pedregosidad), y finalmente en la provincia de Cachapoal, donde se puede destacar áreas en la comuna de Las Cabras. Con referencia a los huertos de kiwi de la región, gran parte de ellos se sitúan en la zona Muy Apta de Chimbarongo y San Fernando, mientras que el resto abarca un grupo en la comuna de Nancagua y Las Cabras.

- **Apta:** Estas áreas no cumplen con alguna de las categorías que exige la clasificación, por lo que han sido degradadas una clase. Las zonas aptas cubren un amplio nivel regional (47,87%) con una superficie de 604.579,42 hectáreas, distribuidas ampliamente en la zona centro, sur y costera. Gran parte de la superficie de kiwi de la provincia de Cachapoal se encuentra en esta zona, por lo que se podrían encontrar diferencias en cuanto a desarrollo y rendimiento productivo del cultivo, comparado con las establecidas en la zona Muy apta. Pero puede ser posible que algunas de las limitantes en esta zona pueden corregirse con manejos agronómicos que permitan alcanzar buenas producciones, como es el caso de los huertos de la comuna de Peumo, en que la limitante es principalmente la acumulación de frío la que es corregida por la aplicación de cianamida hidrogenada, pero es probable que algunas temporadas no alcance la necesaria acumulación de frío. En algunos trabajos se señala que para producir una adecuada brotación y cuaja en primavera el kiwi, se requiere 950 a 1100 Horas Frío (Sale and Lyford 1990; Hancock, 2008), que no son alcanzadas en la mayoría de las temporadas en esta zona.

- **Medianamente Apta:** Esta zona presenta mayores limitaciones, es decir, no cumple con las exigencias del cultivo y la metodología es muy rigurosa en ese aspecto, causando degradación en más de una categoría. Ocupa una superficie de 222.400,16 ha (17,61%), ubicada hacia la parte sur y costera de la región. Existen escasos huertos de kiwi en esta zona, principalmente algunos en la comuna de San Vicente y Rengo. La prevalencia del cultivo es debido a que existe probablemente manejos que permiten suplir esas limitaciones y la adaptación de la planta para resistir a condiciones adversas de suelo y/o climáticas, y dependiendo de la temporada se pueden generar fluctuaciones en la producción de fruta y/o calidad de ésta.

- **No Apta:** Estas áreas no reúnen las condiciones necesarias para cultivar kiwi, en definitiva, no son áreas adecuadas para el establecimiento del cultivo. Las zonas no aptas ocupan el 28,2% del área

de estudio, cubriendo una superficie de 356.274,9 ha, ubicadas en la parte norte y sur de la región. Como el clima tiene gran importancia en la idoneidad final del kiwi, son variables como la severidad de heladas, el exceso de calor y la baja humedad relativa en verano que excluyen esta zona para el cultivo del kiwi, además se suman otros factores limitantes de suelo como las pendientes fuertes y, la segunda restrictiva respecto a la profundidad de suelo. En esta zona existen huertos de kiwi según el Catastro frutícola del 2018, señalados en el mapa como áreas negras (**Figura 4**), principalmente en la zona norte de la provincia de Cachapoal, y muy pocos en la zona sur. Al comparar el Catastro del 2018 con el último catastro frutícola de la Región de O'Higgins el 2021, hubo una reducción en la superficie de producción de kiwi que equivale al 17,5%, bajando de 219 explotaciones a 171. Esta reducción coincide con las comunas de Rancagua, Rengo y San Vicente, con reducciones de 77%, 27% y 22% respectivamente. Estas mismas comunas tienen limitaciones moderadas a graves según el mapa de idoneidad del kiwi, aunque las decisiones de recambio varietal también pueden estar asociadas a decisiones comerciales. Si es relevante mencionar que las zonas restrictivas en rojo asociadas a la zona nororiente tiene limitantes necesarias de considerar en el establecimiento de nuevos huertos de kiwi, mientras que la zona más cordillerana hacia el sur en las comunas de Requínoa y Rengo podría ser mejoradas con manejos agronómicos asociados a clima y suelo.

Cuadro 4. Superficie asociada a las clases de idoneidad de edafoclimática del kiwi.

Clase	Superficie (ha)	% regional
No Apta	356.274,90	28,20
Medianamente Apta	222.400,16	17,61
Apta	604.579,42	47,87
Muy Apta	79.798,71	6,32

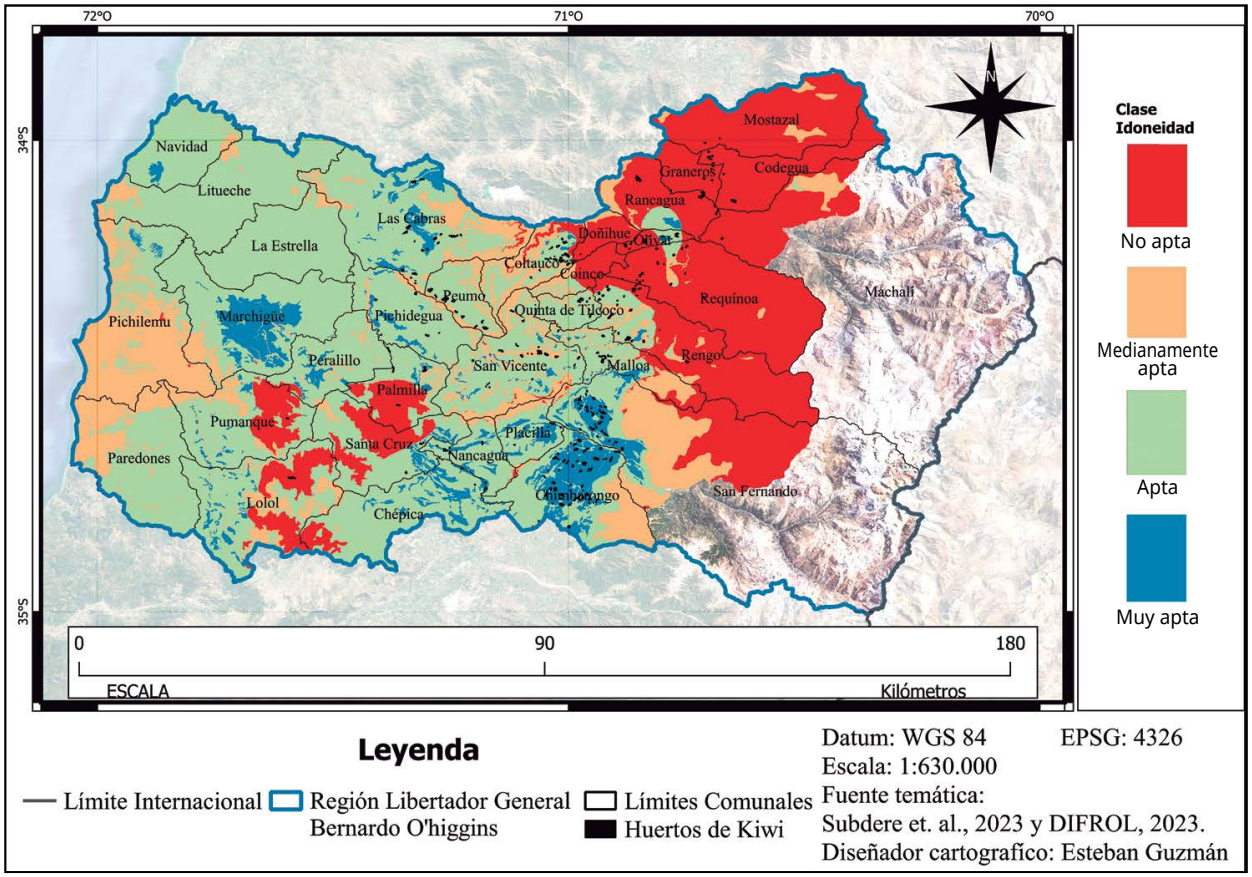


Figura 4. Mapa de clases de aptitud para idoneidad del kiwi.

4. CONCLUSIONES

Se definieron espacialmente las zonas con mayor potencial productivo para el establecimiento del kiwi en la Región de O'Higgins, así como aquellas que no cumplen con los requerimientos idóneos con base en las características ambientales naturales que poseen la región. Las mejores condiciones edafoclimáticas para el cultivo del kiwi son reducidas alcanzando sólo 6,32% del área de estudio correspondientes a la categoría Muy Apta, pero con un área más extensa del 47,87% asociada a la categoría Apta. Es relevante mencionar que un área no menor del 28,2% posee limitaciones restrictivas para el establecimiento del cultivo, que engloban variables climáticas difíciles de manejar como las altas temperaturas en verano combinada con baja humedad relativa, que hacen difícil un buen desarrollo del kiwi. Además, se suma una alta incidencia de heladas severas que es la principal limitante de esa área, provocando daño significativo en las plantas y pérdidas productivas significativas.

Este trabajo de zonificación presentó un primer acercamiento que permite hacer una mejor planeación sobre el uso de los espacios productivos, siendo una herramienta valiosa para proyectar la adaptación de nuevas especies y variedades en el territorio nacional reduciendo la incertidumbre y los altos costos para los productores e inversionistas cuando se arriesgan con la mínima información. Si bien la zonificación nos puede ayudar a tomar decisiones, se debe tener en cuenta que es una aproximación que depende de la calidad de la información climática y de suelo del territorio a explorar, además de la validación de los modelos o los mapas resultantes con información precisa de tipo productivo del cultivo y de calidad de la fruta, lo que es un gran desafío para la industria. Referente a lo anterior, es necesario señalar que, para la zonificación de la Región de O'Higgins, se requiere mayor información y de calidad para mejorar las estimaciones de la zona de la costa (incorporar nuevas estaciones meteorológicas y actualizar información SIG de suelo). En efecto, la ubicación y densidad de las estaciones meteorológicas juega un rol muy determinante al momento de realizar una caracterización climática de la región, generando errores locales y que son muy difíciles de resolver. Por otro lado, una información de esta calidad va más allá de un interés de un cultivo, si no que se podría extrapolar para otros cultivos de interés regional y prioritario. En una próxima etapa se podría realizar una modelación del clima mediante un modelo meteorológico de mesoescala anidado con un modelo de diagnóstico meteorológico, este modelo corresponde a un tipo de modelo matemático-numérico que simula la meteorología de un lugar a nivel horario, es decir, entrega las variables meteorológicas hora a hora. Adicionalmente, en el futuro esta herramienta de zonificación, podría tener un mayor nivel de análisis, incorporando nuevas variables como el cálculo de la oferta hídrica (disponibilidad) o la velocidad del viento, la cual se considera para estimar el índice de peligrosidad por daño mecánico.

La articulación de las capacidades científicas y técnicas que generen productos de alto valor a nivel de rubro agrícola es el camino que se proyecta a corto y largo plazo, sobretodo asociado a los cambios que se generarán debido a futuros escenarios en un clima cambiante.

Para el cultivo del kiwi, la variedad Hayward sigue dominando la superficie nacional y las exportaciones, concentrando el 96,6% del mercado, principalmente porque los intentos de incorporar variedades amarillas al país se vieron comprometidos por la alta sensibilidad de esta especie a enfermedades como Psa y *Verticilium*. La necesidad de acceder a nuevos mercados y con nuevas variedades de *Actinidia* spp. hace necesario explorar herramientas que permitan identificar zonas óptimas para el establecimiento de nuevos huertos, además de conocer los requerimientos particulares de las nuevas variedades, y cruzar esa información para generar áreas potenciales de producción que reduzcan la incertidumbre a los productores y exportadores.

Bibliografía

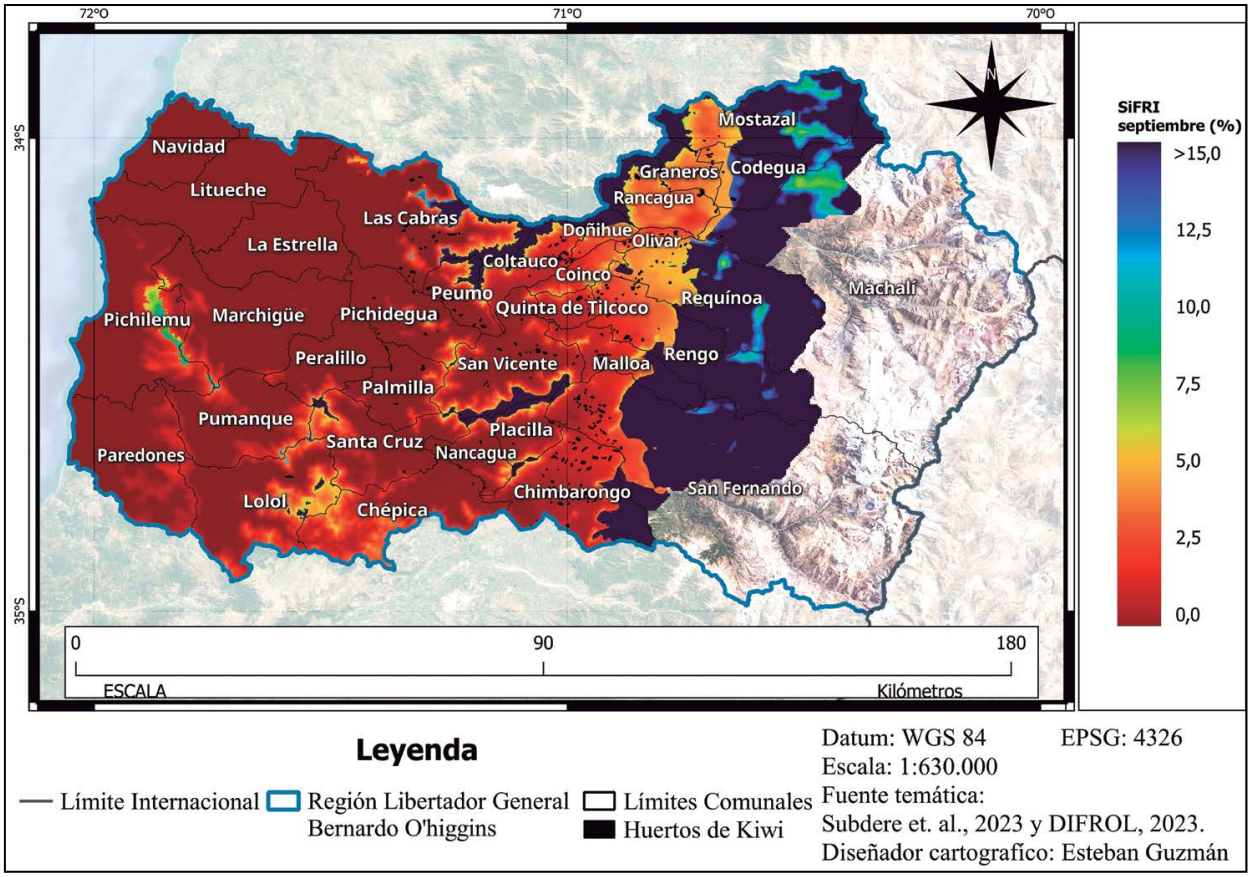
- Arroyo, M., Marquet, P., Marticorena, C., Simonetti, J., Cavieres, L., Squeo, F., Rozzi, R. y Massardo, F. (2008). El hotspot chileno, prioridad mundial para la conservación. En R. Banda (Ed.), Biodiversidad de Chile: Patrimonio y desafíos (2° ed., Vol. 1, 90-93). Comisión Nacional del Medio Ambiente.
- Aruajo-Carrillo, G., Martínez-Maldonado, F., Deantonio-Florido, L. y Gómez-Latorre, D. (2019). Zonificación agroclimática: una estrategia de planificación para sistemas agrícolas y pecuarios en la Alta Guajira, Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Horticolas, 13(3), 435-477.
- Beinroth, F., Luzio, W., Maldonado, F. y Eswaran, H. (1985). Taxonomy and Management of Andisols, Proceedings of the Sixth International Soil Classification Workshop, Chile and Ecuador, Part II: Tourguide for Chile. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo, Santiago, Chile.
- Charrier, R. y Lillo, F. (1973). Geología regional y geoquímica del drenaje de las provincias de O'Higgins y Colchagua. Santiago, Chile: IREN.
- CIREN. (2010) Estudio agrológico Región del Libertador General Bernardo O'Higgins: Sobre ortoimágenes a escala de salida 1:10.000. Pub. N°179.
- CIREN y ODEPA. (2021) Catastro frutícola Región de O'Higgins: Principales Resultados septiembre 2021.
- CIREN y ODEPA. (2022) Catastro frutícola Región del Maule: Principales Resultados septiembre 2022.
- CIREN. (2011) Antecedentes sobre producción frutícola y vitícola de la Región de Valparaíso. Pub. CIREN N°138.
- Cortés, D., Silva, H., Baginsky, C. y Morales, L. (2017). View of Climatic zoning of chia (Salvia hispanica L.) in Chile using a species distribution model. Spanish Journal of Agricultural Research, 15(3): 12.
- Cradock-Henry, N.A. (2017). New Zealand kiwifruit growers' vulnerability to climate and other stressors. Regional Environmental Change 17, 245–59.
- CSIRO (Organización de Investigación Científica e Industrial del Commonwealth). (2007) Región Del Libertador General Bernardo O'Higgins División Político-Administrativa y CENSAL.
- Di Castri, F. y Hajek, E. (1976). Bioclimatología de Chile. Santiago, Chile: Universidad Católica de Chile.
- Dirección General de Aguas [DGA]. (2021) Nuevas normales climáticas 1991-2020. SDT N°440. Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas (MOP).
- Draper, N. y Smith, H. (1981). Applied regression analysis. Wiley, Nueva York, USA.
- Errázuriz, A. M., González, J. I., Henríquez, M., Cereceda, P., González, M. y Rioseco, R. (1998). Manual de Geografía de Chile. Santiago, Editorial Andrés Bello.
- Falasca, S., Ulberich, A. y Ulberich, E. (2012). Developing an agro-climatic zoning model to determine potential production areas for castor bean (Ricinus communis L.). Industrial Crops and Products, 40 (1): 185-191.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (1978-81) Report on the agro-ecological zones project. Volume 1, Methodology and results for Africa; Volume 2, Results for Southwest Asia; Volume 3, Methodology and results for South and Central America; Volume 4, Results for Southeast Asia. World Soil Resources report. FAO, Roma.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (1993) Agro-ecological assessments for national planning: the example of Kenya. FAO soils bulletin 67. FAO, Roma.
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (1997) Concepts and definitions. En: FAO (ed.), Agro-ecological zoning. FAO Soils Bulletin 73. FAO, Roma, Italia.

- Fotheringham, A., Charlton, M. y Brunsdon, C. (1997). Measuring spatial variations in relationship with geographically weigthed regression. En: M. M. Fischer y A. Getis (eds.), Recent development in spatial analysis (pp. 60-82). Springer, Alemania.
- Fotheringham, S., Brunsdaon, C. y Charlton, M. (2000). Quantitative Geography, Perspectives on spatial data analysis. SAGE publications, Londres, Inglaterra.
- Fotheringham, S., Brundson, C. y Charlton, M. (2002). Geographically Weighted Regression: the analysis of spatially varying relationships. Wiley.
- Flores, J., Martínez, E., Espinosa, M., Henríquez, G., Avendaño, P., Torres, P. y Ahumada, I. (2010). Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile: Región del Lib. Gral. Bernardo O'Higgins. CIREN.
- Gac, D. y Miranda, F. (2019). Nuevas desigualdades en los territorios agrarios globalizados en el Valle de Colchagua en Chile. Andamios Revista de Investigación Social, 16(39): 177-204.
- García-Barreda, S., Sánchez, S. Marco, P., Serrano-Notivoli, R. (2019). Agro-climatic zoning of Spanish forests naturally producing black truffle. Agricultural and Forest Meteorology, volumen 269-270, 231-238.
- Giorgi, F. (2006). Climate change hot-spots. Geophysical Research Letters, 33(8).
- González, E., Soto, P. y Ortega, S. (2021). La estratigrafía de la memoria en la Región de O'Higgins. En M. Canales y C. González (Eds.), La sociedad local: Cachapoal, Colchagua y La Costa (1° ed., pp. 23–62). Universidad Estatal de O'Higgins.
- Hancock, J.F (ed). (2008). Temperate Fruit Crop Breeding: Germplasm to Genomics. Springer.
- Hewett, E.W. y Young, K. (1981). Critical freeze damage temperatures of flower buds of kiwifruit (Actinidia chinensis planch.). New Zealand Journal of Agricultural Research 24(1):73-75.
- Judd, M. J., McAneney, K. J., Wilson, K.S. (1989). Influence of water stress on kiwifruit growth. Irrigation science 10, 303-311.
- Kerr, J. P., Bussell, W., Hurnard, S., Sale, P., Todd, J., Wilton, J., Wood, R. (1981). Matching horticultural crops and the climates of the lower North Island. DSIR Plant Physiology Division, technical report N° 11.
- Luebert, F. y Pliscoff, P. (2017). Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- McPherson, H.G., Hall, A.J. y Stanley, C.J. (1992). The influence of current temperature on the time from bud break to flowering in kiwifruit (Actinidia deliciosa). Journal of Horticultural Science 67(4): 509-519.
- Møller, A., Mulder, V., Heuvelink, G., Jacobsen, N. y Greve, M. (2021). Can we use machine learning for agricultural land suitability assessment?. Agronomy 11(4): 703.
- Morales, L., Parra J.C. y Espinosa, J. (2010). Generation of continuous rasters of climatological variables using geographic weighted regression. Proceeding book 3rd Recent Advances in Quantitative Remote Sensing. Universidad de Valencia. España.
- Morales-Salinas, L., Acevedo, E., Castellaro G., Román-Osario, L., Morales-Inostroza, J. y Alonso, M. (2015). A simple method for estimating suitable territory for bioenergy species in Chile. Ciencia e Investigación Agraria (Ed.) 42(2): 227-242.
- Morley-Bunker, M.J. y Salinger, M.J. (1987). Kiwifruit and development: the effect of temperature on budburst and flowering. Weather and climate 7(1): 26-30.

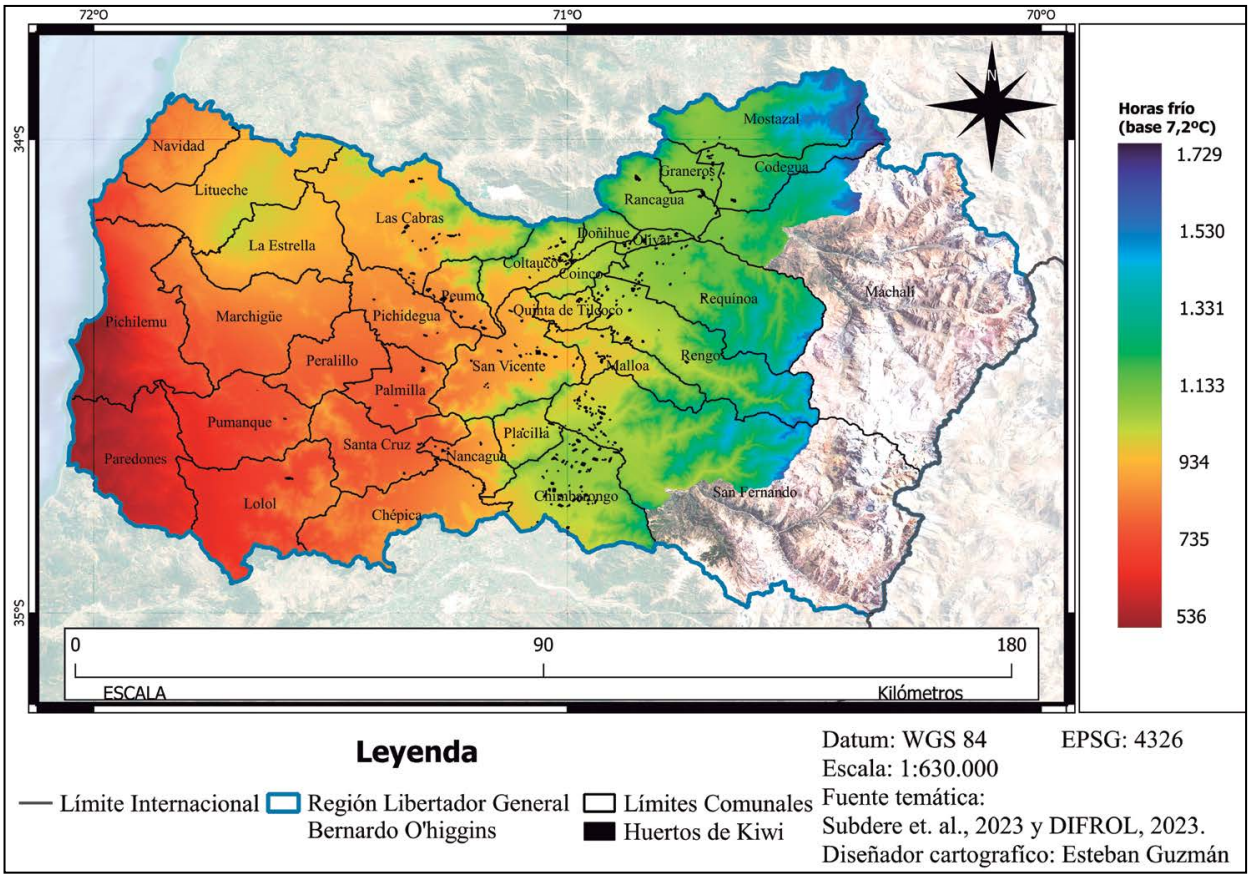
- Orhan, O. 2021. Land suitability determination for citrus cultivation using a GIS-based multi-criteria analysis in Mersin, Turkey. Computers and Electronics in Agriculture, 190, 106433.
- Otavo, S. y Echeverría, C. (2017). Fragmentación progresiva y pérdida de hábitat de bosques naturales en uno de los hotspot mundiales de biodiversidad. Revista Mexicana de Biodiversidad 88(4): 924-935.
- Parthasarathy, U., Jayarajan, K., Johny, A. y Parthasarathy V. (2008). Identification of suitable areas and effect of climate change on ginger - a GIS study. Journal of Spices Aromatic Crops 17 (2): 61-68.
- Pawar-Patil V. y Mali, S. (2015). Ecocrop model approach for agro-climatic sugarcane crop suitability in Bhogawati River basin of Kolhapur District, Maharashtra, India. Universal Journal of Environmental Research and Technology 5(5): 259–264.
- Radočaj, D., y Jurišić, M. (2022). GIS-based cropland suitability prediction using machine learning: A novel approach to sustainable agricultural production. Agronomy 12(9): 2210.
- Ramírez-Villegas, J., Jarvis, A. y Läderach, P. (2013). Empirical approaches for assessing impacts of climate change on agriculture: The EcoCrop model and a case study with grain sorghum. Agricultural and Forest Meteorology, volumen 170, 67-78.
- Richardson, A.C., Marsh, K.B., Boldingh, H.L., Pickering, A.H., Bulley, S.M., Frearson, N.J., Ferguson, A.R., Thornber, S.E., Bolitho, K.M. (2004). High growing temperatures reduce fruit carbohydrate and vitamin C in kiwifruit. Plant, Cell and Environment 27(4):423-435.
- Román, P. (2016). Tema 6: Algunos modelos de distribuciones continuas, Cálculo de Probabilidades I. Universidad de Granada.
- Román-Figueroa, C., Padilla, R., Uribe, J. M. y Paneque, M. (2017). Land suitability assessment for camelina (Camelina sativa L.) development in Chile. Sustainability (Switzerland), 9(1): 154.
- Sale, P.R. y Lyford, P.B. (1990). Cultural, management and harvesting practices for kiwifruit in New Zealand. En: I.J. Warrington y G.C. Weston (eds.) Kiwifruit: science and management (pp.247-297). Ray Richards Publisher, Auckland.
- Salinger, M. J., Kenny, G. J. y Morley-Bunker, M. J. (1993). Climate and kiwifruit cv. Hayward 1. Influences on development and growth. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 21(3): 235-245.
- Salinger, M. J. y Kenny, G. J. (2010). Climate and kiwifruit cv. “Hayward” 2. Regions in New Zealand suited for production. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 23(2): 173-184.
- Serey, I., Smith-Ramírez, C., De la Barrera, F., Moraga, S., Ricci, M., Lobos, P. y González, T. (2006). Sitios prioritarios de la región de O’Higgins. En I. Serey, C. Smith-Ramirez y M. Ricci (Eds.). En Libro Rojo de la Región de O’Higgins. Corporación Nacional Forestal (CONAF) y Universidad de Chile.
- Serrano, S., Zuleta, D., Moscoso, V., Jácome, P., Palacios, E. y Villacís, M. (2012). Análisis estadístico de datos meteorológicos mensuales y diarios para la determinación de variabilidad y cambio climáticos en el Distrito Metropolitano de Quito. Revista La Granja, Universidad Politécnica Salesiana Ecuador, 16(2): 23-47.
- Snyder, R. L., Spano, D., Cesaraccio, C. y Duce, P. (1999). Determining degree-day thresholds from field observations. International Journal of Biometeorology, 42(4): 177-182.
- Strik, B. y Davis, A. (2021). Growing Kiwifruit: A Guide to Kiwiberries and Fuzzy Kiwifruit for Pacific Northwest Producers. PNW 507 Pacific Northwest Extension Publication.
- Trnka, M., Balek, J., Brázdil, R., Dubrovsky, M., Eitzinger, J., Hlavinka, P., Chuchma, F., Mozny, M., Prasil, I., Ruzak, P., Semeradova, D., Stepanek, P., Zahradnicek, P. y Zalud, Z. (2021). Observed changes in the agroclimatic zones in the Czech Republic between 1961 and 2019. Plant, Soil and Environment, 67(3): 154-163.

- Valdebenito, G., Hormazábal, M., y Álvarez, A. (2020). Obras de recuperación y conservación de suelo. INIA. Proyecto FIA.
- Wang, R., Jiang, C., Huang, T., Zhang, Z., Wang, M., Shen, Z., Wang, Y. y Li, Q. (2020). A Simulation Study of the Geographical Distribution of Actinidia arguta in China. Polish Journal of Environmental Studies, 29(2): 1889-1898.
- Weinberger, J.H. (1950). Chilling requirements of peach varieties. Proceedings of American Society of Horticultural Science, volumen 56, 122-128.
- Yamada, E.S.M. y Sentelhas, P.C. (2014). Agro-climatic zoning of Jatropha curcas as a subside for crop planning and implementation in Brazil. International Journal Biometeorology 58(9): 1995-2010.
- Zhao, T., Li, D., Li, L., Han, F., Liu, X., Zhang, P., Chen, M. y Zhong, C. (2017). The Differentiation of Chilling Requirements of Kiwifruit Cultivars Related to Ploidy Variation. HortScience 52(12): 1676-1679.
- Zhu, Y., Yao, K., Ma, M., Cui, Y., Xu, J., Chen, W., Yang, R., Wu, C. y Gong, G. (2023). Occurrence Regionalization of Kiwifruit Brown Spot in Sichuan. Journal Fungi 9(9): 899.

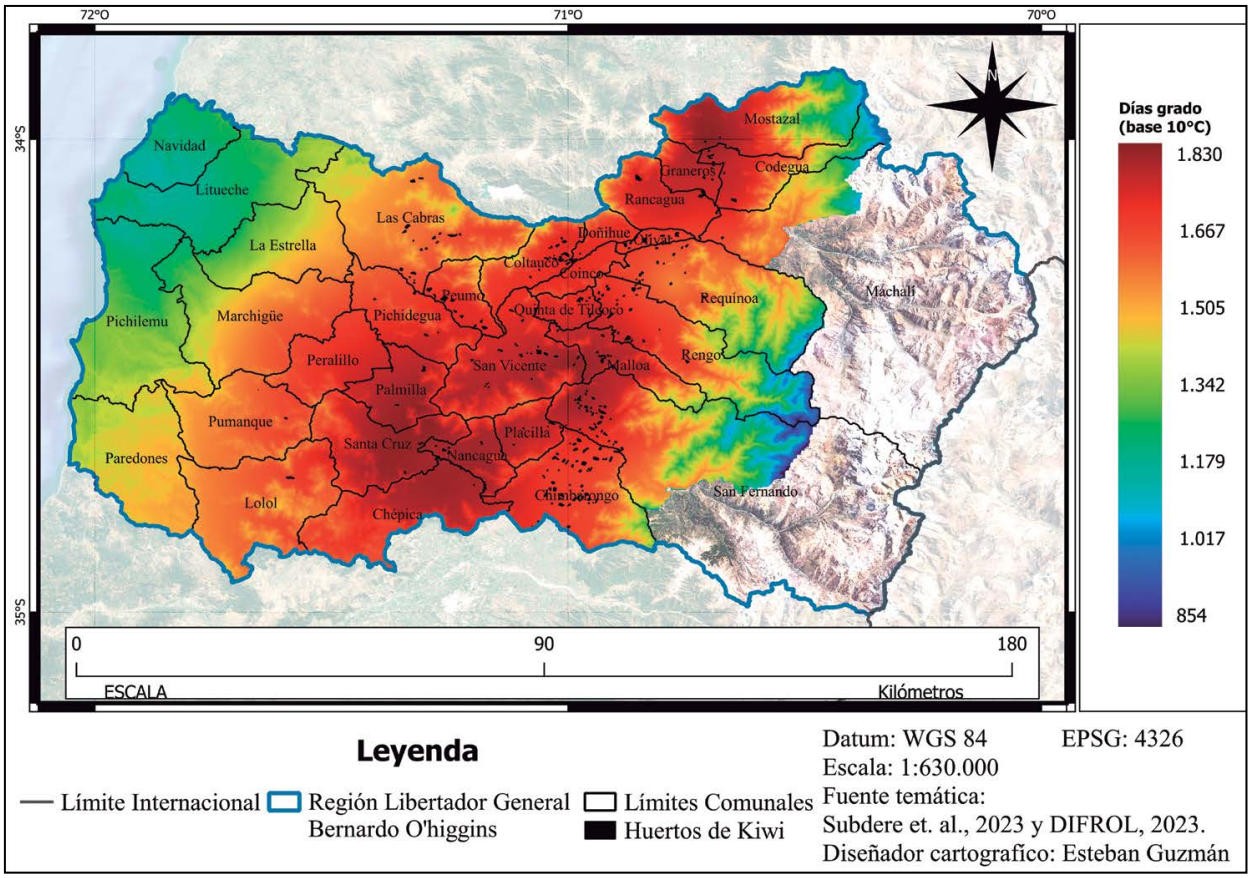
Anexos



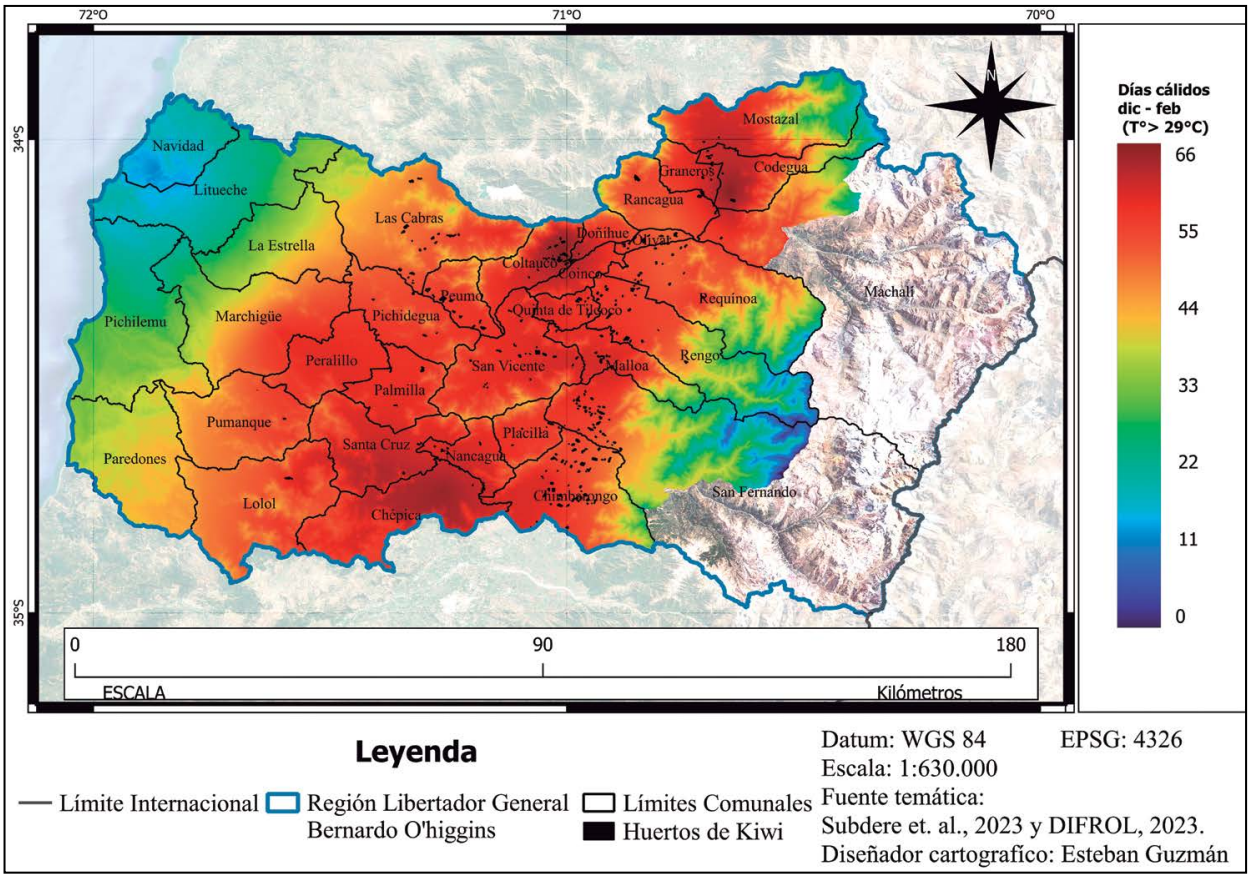
Anexo 1. Índice de riesgo de heladas peligrosas (SiFRI) en el mes de septiembre, que considera para el kiwi una temperatura mínimas crítica inferior a -1,5°C con una hora de duración, y temperaturas bajo 0 asociada a una duración crítica de heladas superior a 3 horas



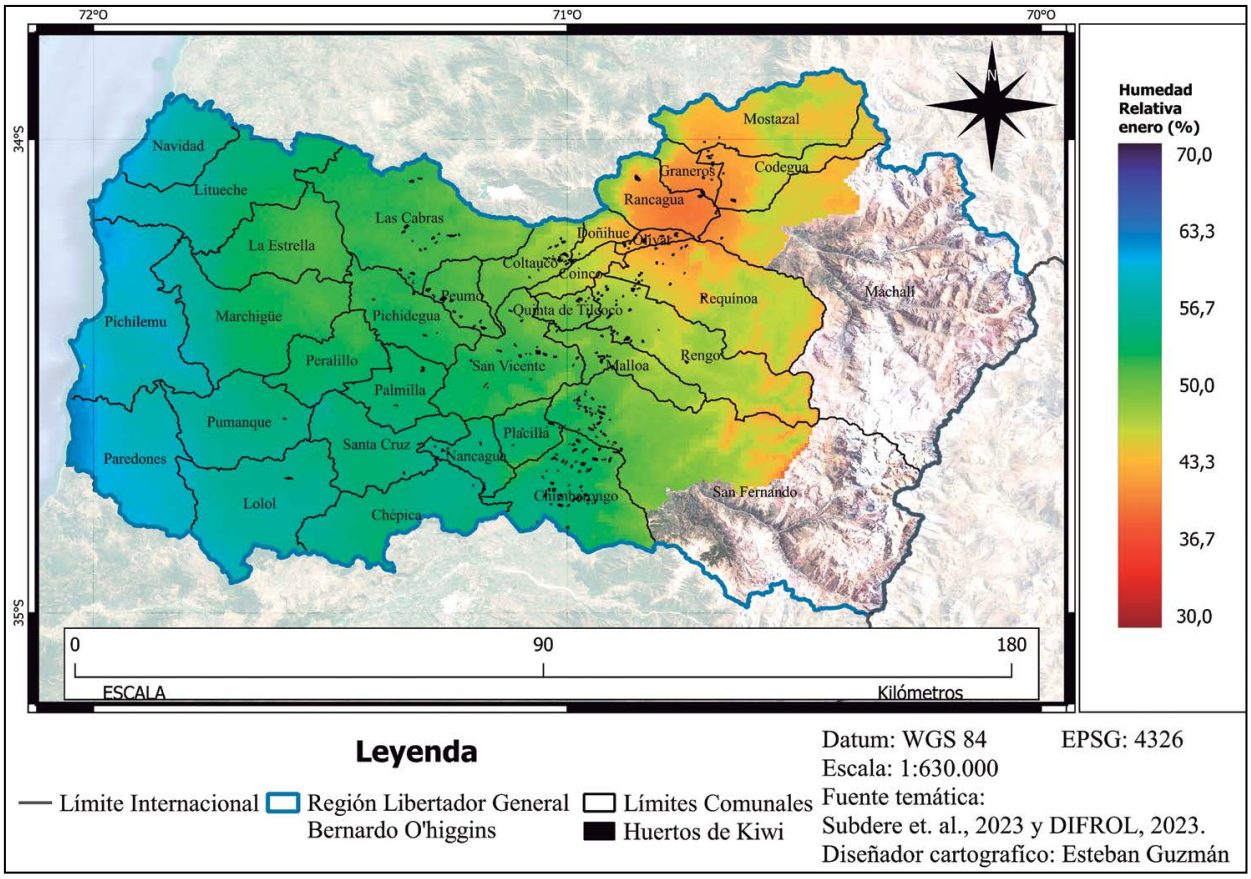
Anexo 2. Horas Frío en base 7,2°C histórico de la Región de O'Higgins.



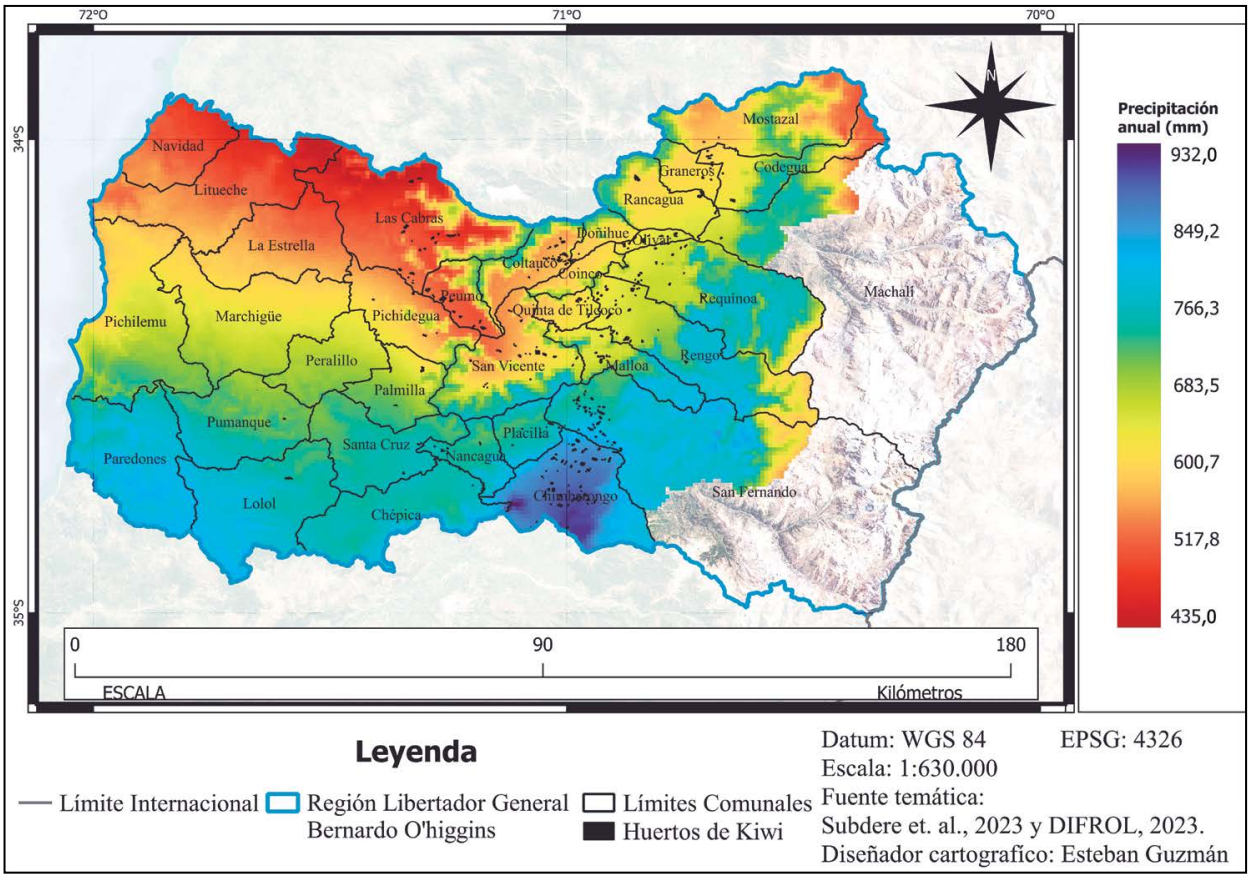
Anexo 3. Días Grado en base 10°C histórico de la Región de O'Higgins.



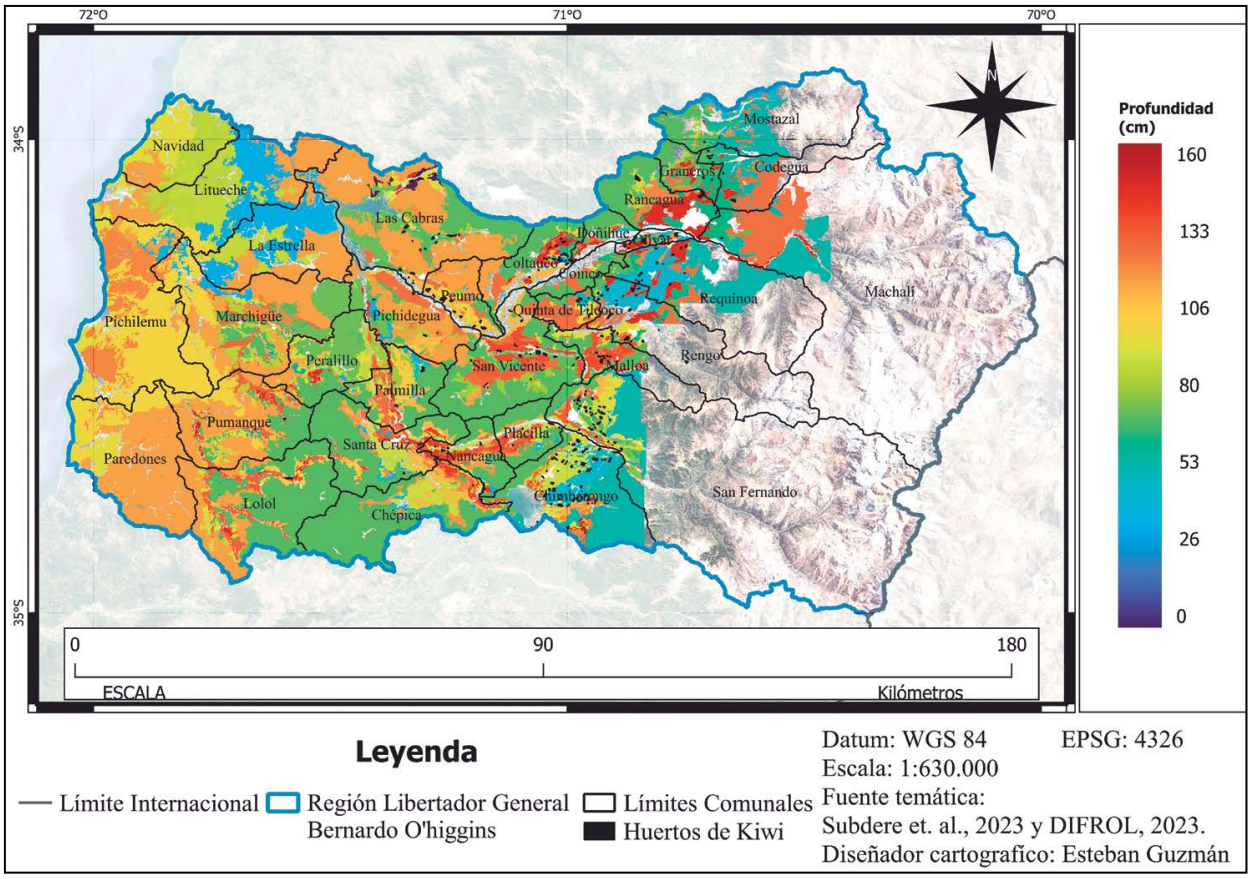
Anexo 4. Días Cálidos en periodo de verano. Es el promedio anual de la sumatoria de los días en que la temperatura diaria máxima está por encima de los 29°C en los meses de verano (diciembre, enero y febrero) en la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins con datos históricos de los años 2010 al 2019 obtenidos de las estaciones de la RAN.



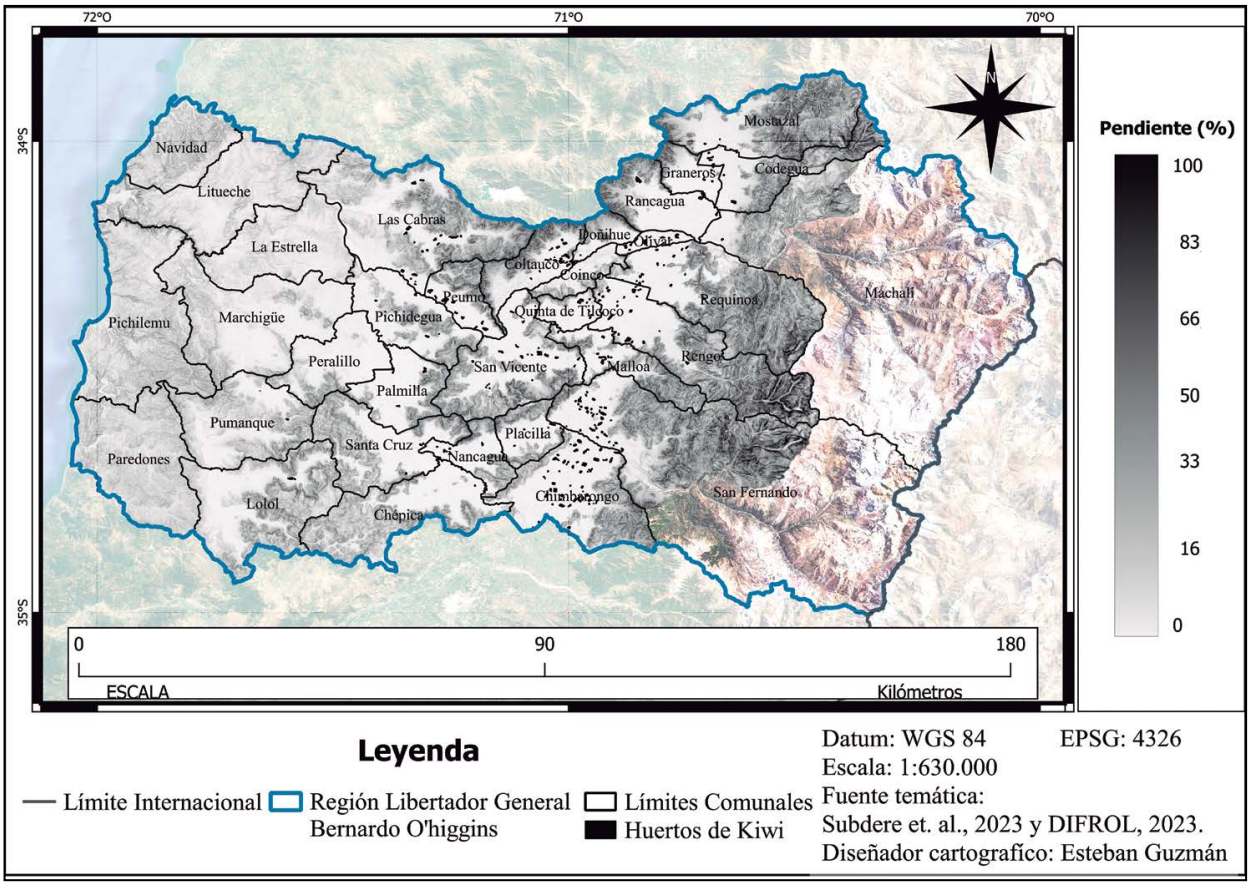
Anexo 5. Humedad relativa histórica para el mes de enero de la Región de O'Higgins.



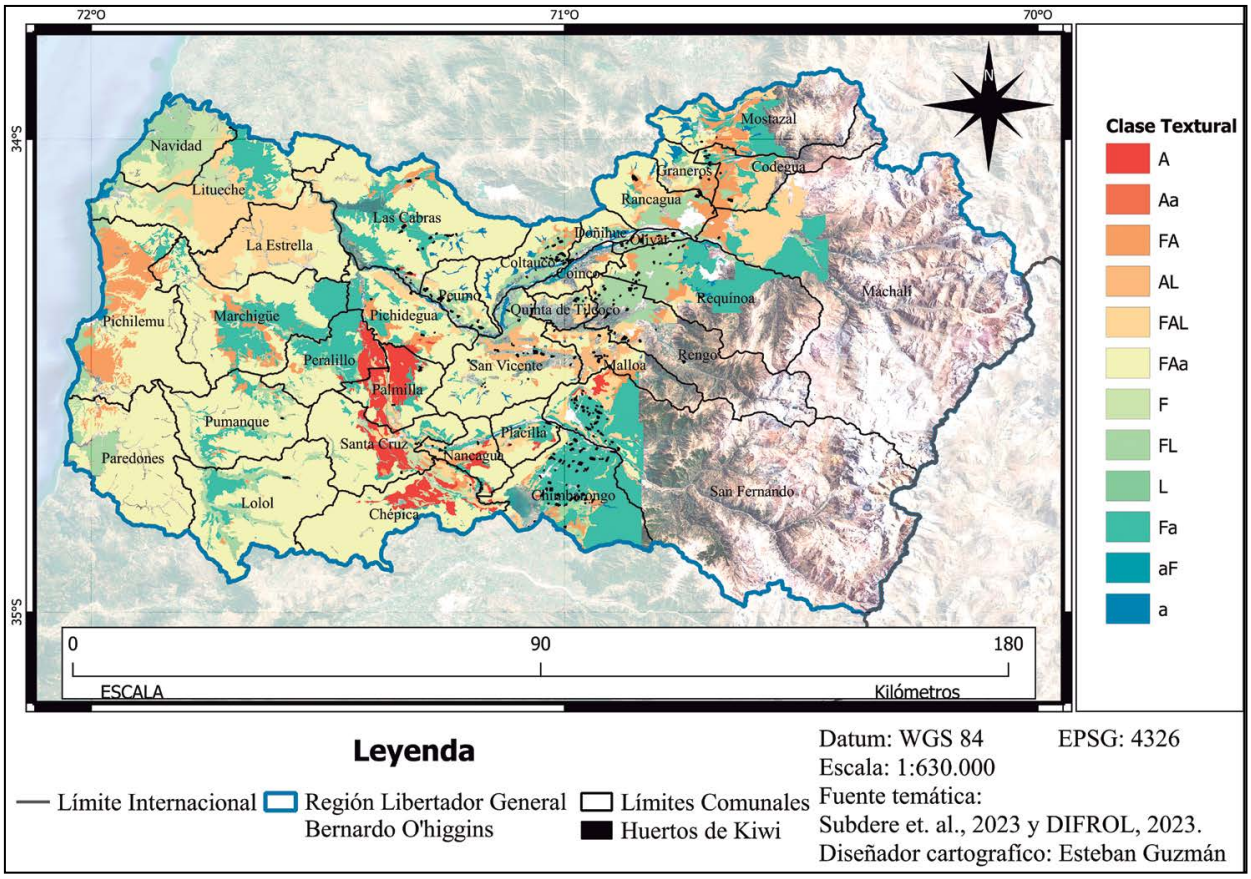
Anexo 6. Precipitación anual histórica de la Región de O'Higgins.



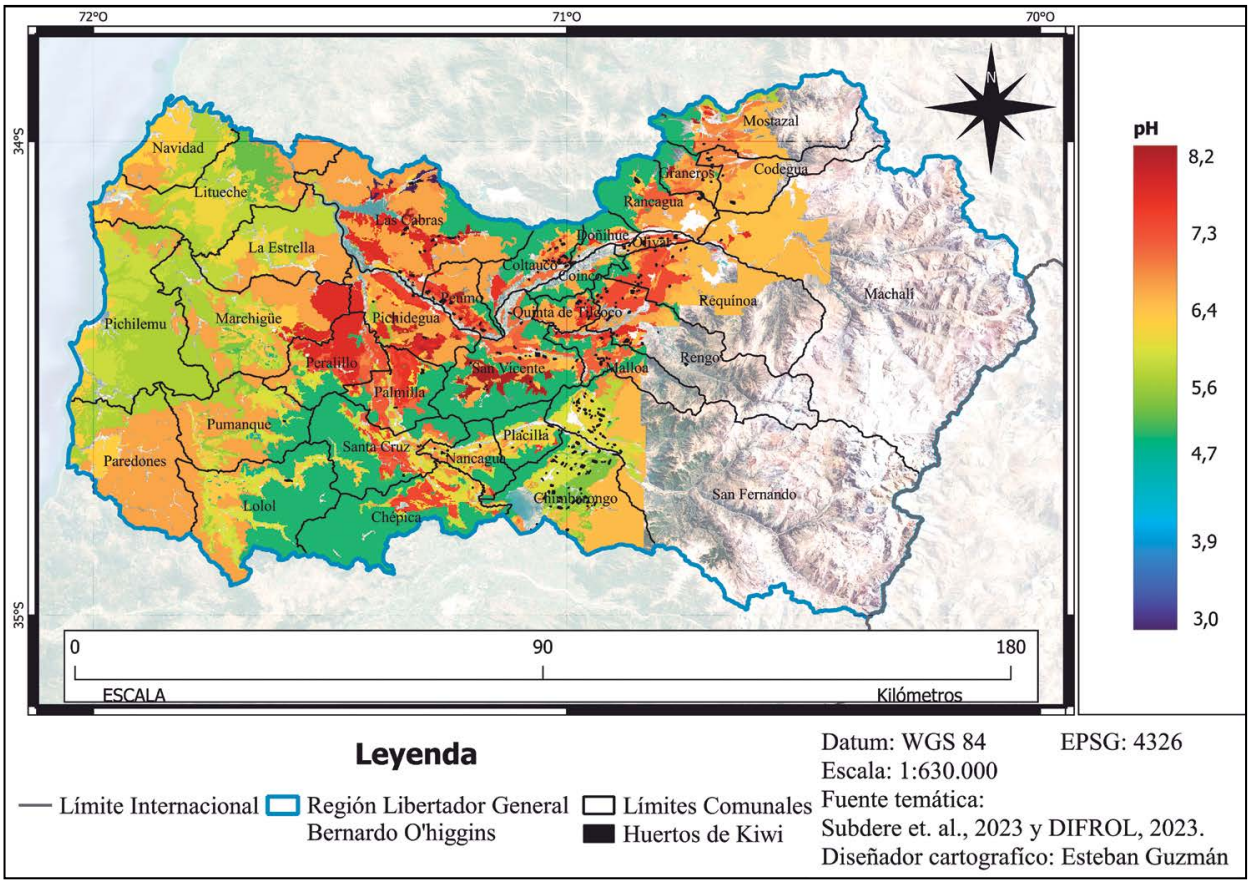
Anexo 7. Profundidad de suelo en la Región de O'Higgins según el Centro de Información de Recursos Naturales.



Anexo 8. Pendientes en la Región de O'Higgins según el Centro de Información de Recursos Naturales.



Anexo 9. Texturas de suelo en la Región de O'Higgins según el Centro de Información de Recursos Naturales.



Anexo 10. El pH de suelo en la Región de O'Higgins según el Centro de Información de Recursos Naturales.

CAPÍTULO 3
CANCRO BACTERIANO DEL KIWI

Autores: Jordi Casas, José Tomás Alvear, Caducos

INTRODUCCIÓN

El kiwi, una fruta exótica y deliciosa, ha sido objeto de atención y preocupación debido a diversas enfermedades que afectan su producción y calidad. Entre estas enfermedades se incluyen patógenos fúngicos, bacterianos y virales, así como problemas asociados con el crecimiento y el manejo del cultivo. Entre las principales enfermedades que afectan al kiwi en Chile se encuentran:

- Pudrición de la raíz (*Phytophthora* spp.): Esta enfermedad es causada por hongos del género Phytophthora, que infectan las raíces y pueden provocar la pudrición de estas. La enfermedad se desarrolla especialmente en suelos con mal drenaje y condiciones de alta humedad, lo que puede comprometer seriamente la salud de las plantas de kiwi y reducir la producción.

- Pudrición de la corona (*Phytophthora* spp.): Otra forma de la enfermedad causada por Phytophthora afecta a la corona de la planta, causando pudrición en la base del tallo y el cuello de la planta. Esto puede debilitar significativamente la estructura de la planta y conducir a su muerte prematura.

- Pudrición del fruto (*Botrytis cinerea*): Esta enfermedad fúngica afecta principalmente al fruto del kiwi durante su almacenamiento y transporte. Se manifiesta como manchas marrones en la piel del fruto, que pueden expandirse rápidamente y provocar la descomposición completa del kiwi. La pudrición del fruto puede resultar en pérdidas económicas significativas para los productores.

- Hongos de la madera (*Chondrostereum purpureum* (plateado), *Fomitiporella vitis* (enrollamiento clorótico) y *Botryosphaeria* sp. (cancrosis muerte de brazos)): Estas enfermedades son de desarrollo lento, ya que los primeros años no son observadas. Se manifiestan con la muerte interna de tejido (madera), color plateado de hojas, obstrucción de haces vasculares y presencia de hongos en el exterior de la madera. Son propagadas en su mayoría por cortes en la madera durante la poda. También su propagación es por herramientas de poda.

- Virus del mosaico del kiwi: Este virus puede afectar la salud general de la planta y reducir la calidad y cantidad de frutos producidos. Los síntomas incluyen deformación de las hojas, mosaico en la superficie de las hojas y reducción del crecimiento de la planta. Esta enfermedad es muy poco habitual en Chile.

- Verticillium en Kiwi (*Verticillium gasparii*): El género Verticillium abarca un grupo cosmopolita de hongos ascomicetos, incluidas varias especies fitopatógenas que causan marchitamientos vasculares de las plantas. El *Verticillium* spp. es un hongo fitopatógeno habitante de suelo que infecta a las plantas a través de las raíces. Es una enfermedad de tipo vascular y sistémica, el hongo invade y bloquea los vasos del xilema. El ciclo comienza con la infección y colonización de la raíz, el hongo produce esporas que se desplazan y crecen desarrollando micelio dentro de los vasos xilemáticos interrumpiendo la circulación de la savia. Los síntomas observados en kiwi en Chile han estado relacionados con: Necrosis rojiza del tejido vascular (xilema) y púrpura de las ramas, más coloración castaña en los vasos, en plantas jóvenes se produce marchitez generalizada. La aparición de los síntomas es a partir de los 2 años de plantación, en individuos aislado se produce un retraso en la brotación, rapidez en la marchitez foliar, decaimiento y eventual muerte de la planta, leve partidura de la corteza y presencia de tejidos esponjosos bajo la corteza y sistema radicular reducido.

- *Pseudomonas syringae* pv. *synringae* (Pss) y *Pseudomonas syringae* pv. *viridiflava* (Psv): son bacterias patógenas del género *Pseudomonas* que dañan el cultivo, junto con *Pseudomonas syringae* pv. *Actinidiae* (Psa) forman un complejo bacteriano que afecta la floración en los huertos de kiwi. Sus síntomas son muy similares, por lo que su identificación requiere de métodos de diagnóstico específico en laboratorios especializados.
- *Pseudomonas syringae* pv. *Actinidiae* (Psa): es una bacteria que afecta en específico el género *Actinidia* (Kiwi). Esta bacteria puede causar síntomas devastadores en las plantas, incluyendo manchas en hojas y frutos, necrosis de tejidos, y en casos graves, la muerte de la planta. La rápida propagación de esta enfermedad y su capacidad para afectar gravemente la producción ha generado preocupación a nivel global.

El cancro bacteriano del kiwi, causado por la bacteria *Pseudomonas syringae* pv. *Actinidiae* (Psa), es actualmente a nivel mundial, la principal enfermedad en kiwi. La bacteria *Pseudomonas syringae* puede atacar muchas especies como el tomate, pimientos, durazno, manzano, etc. En el caso del kiwi, *Pseudomonas syringae* pv. *Actinidiae* es un patovar específico para el cultivo, esta subespecie es responsable de provocar la muerte en las plantas atacadas.

En el caso específico de Chile, la llegada de la Psa supuso un desafío importante para los productores de kiwi. Se implementaron medidas de control y prevención para evitar la propagación de la enfermedad, incluyendo la adopción de prácticas de bioseguridad y la eliminación de plantas afectadas. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos, la Psa logró establecerse en algunas zonas productivas, impactando en la producción y generando pérdidas económicas significativas.

Se cree que la bacteria fue introducida en Chile a principios de la década de 2010, probablemente a través de material vegetal importado, los primeros brotes de la enfermedad causada por Psa en kiwis en Chile se reportaron alrededor del año 2010 en las regiones de O'Higgins y Maule. La bacteria se propagó rápidamente en las plantaciones tanto nuevas como adultas provocando la destrucción de numerosos huertos y graves impactos económicos en la industria chilena del kiwi.

La situación al 2024 para la Psa en Chile no ha cambiado, la amenaza de la enfermedad sigue presente y la industria del kiwi continua enfrentando desafíos para mantener la salud de sus cultivos y asegurar una producción sostenible a largo plazo. Debido a la derogación del control oficial de la enfermedad por parte del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), hoy existen menos medidas estrictas de control, pero hay una mayor conciencia por parte de los productores sobre la importancia de la bioseguridad en el manejo de esta enfermedad, además de la elección de las plantaciones modernas en zonas geográficas más benignas.

EPIDEMIOLOGÍA DE LA ENFERMEDAD

La epidemiología de *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*, el agente causal de la enfermedad del cancro bacteriano del kiwi, es crucial para comprender cómo afecta a los cultivos de kiwi en Chile.

¿Cómo actúa?

Pseudomonas syringae pv. *actinidiae* es una bacteria que infecta a las plantas, y utiliza distintas vías como ingreso tanto naturales como artificiales, en el caso de aberturas naturales a través de estomas y lenticelas, y por heridas artificiales provocadas principalmente por la poda y amarra. Causando síntomas como manchas foliares, cancros en ramas y troncos, necrosis de flores y frutos, aborto de frutos y en casos graves, puede llevar a la muerte de la planta, estos síntomas se expresan principalmente a salida de invierno y primavera.

Condiciones favorables

El clima es un factor predominante para esta enfermedad, siendo las primaveras más lluviosas y frías las más críticas. Las fluctuaciones climáticas, alta humedad y temperaturas cálidas, favorece el desarrollo del cancro bacteriano del kiwi. Este patógeno requiere ciertas condiciones ambientales para su desarrollo, condiciones en las cuales tendrá tanto la capacidad de reproducción, desarrollo, contaminación y/o mantención en latencia, sin provocar daños a las plantas, hasta que las condiciones ambientales nuevamente sean propicias para su desarrollo.

Las condiciones favorables para el desarrollo de Psa corresponde a:

- Fluctuaciones climáticas: Las variaciones en las condiciones climáticas, como heladas, lluvias y lloviznas, pueden favorecer la proliferación de Psa.
- Humedad matutina alta: La humedad en las primeras horas del día proporciona un ambiente adecuado para el crecimiento de la bacteria.
- Temperaturas medias a altas durante el día: Las temperaturas cálidas son propicias para la propagación de Psa. Temperaturas mínimas en primavera y otoño de 7 a 12°C y máximas de 18 a 26°C.
- Temperatura y humedad: La bacteria prospera en condiciones de alta humedad (>80%) y temperaturas moderadas, típicamente entre 10-25°C, siendo más activa en primavera y otoño. Pero su crecimiento se ve limitado a temperaturas sobre los 25°C.
- Cultivo protegido bajo malla: En lugares donde se cultiva el kiwi bajo mallas (como en Italia), se crea un clima más húmedo y con mayor crecimiento vegetativo, lo que aumenta la susceptibilidad.
- Heladas: es uno de los principales factores de riesgo, al generar heridas que funcionan como vías de ingreso, además de la liberación de agua y nutrientes debido al daño de las paredes celulares podrían contribuir a la multiplicación de la bacteria.
- Heridas en la planta: Las bacterias suelen ingresar a través de heridas en la planta, principalmente por heridas naturales como la brotación y la caída de hojas, también ya sea por poda, daño mecánico o condiciones climáticas adversas.

Propagación

La bacteria puede propagarse a través de varias vías:

- Agua de riego y lluvia contaminada: Las gotas de agua pueden transportar la bacteria de una planta infectada a otra sana.
- Instrumentos de poda contaminados: Las herramientas utilizadas en la poda pueden transferir la bacteria de una planta a otra si no se desinfectan adecuadamente.
- Contacto directo entre plantas: La bacteria puede transferirse de una planta infectada a una sana por contacto directo.

Sintomatología

Los síntomas de la infección por *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* incluyen: manchas foliares de color marrón o negro, exudados que van de blanco a rojo, cancros en ramas y troncos, necrosis de flores y frutos, aborto floral, marchitez de brotes y hojas (**Figura 1**). El patógeno puede habitar igualmente como epifitas en variedades verdes y amarillas, pero estas últimas son las más afectadas por Psa por su mayor susceptibilidad natural y posibles factores asociados al mejoramiento genético, manifestando síntomas en climas más benignos (**Figura 2**).

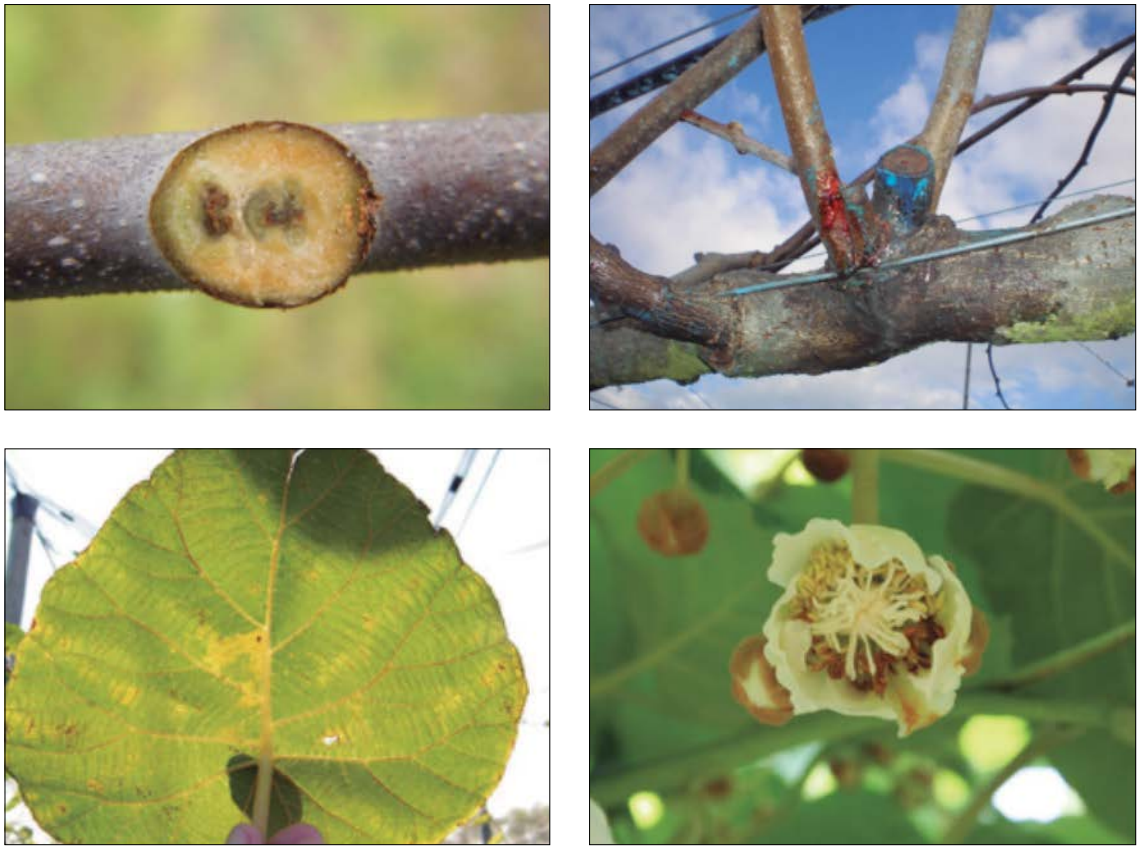


Figura 1. Diferentes daños causados por Pseudomonas en la variedad 'Hayward' (Fuente: Caducos).

Figura 2. Muerte de plantas de kiwi variedad 'Jintao', Chimbarongo (Fuente: Caducos).

Monitoreo

El monitoreo de Psa en Chile es fundamental para la gestión de la enfermedad, esto implica:

- Inspección regular de los cultivos: los agricultores y técnicos agrícolas deben inspeccionar regularmente los cultivos para detectar cualquier signo de la enfermedad. Desde mediados de invierno a primavera, se pueden observar síntomas de exudado blanco, naranjo o rojizos en la madera, y en brotación

cargadores que no brotan o que están completa o parcialmente secos. A fines de primavera a verano, la aparición de manchas foliares, botones manchados, seguidos de flores y frutos atizonados. Y la tercera inspección, a fines de veranos a otoño, con la aparición de cargadores con decaimiento de brotes cuyos frutos quedan atrofiados o deshidratados.

- Muestreo y análisis de laboratorio: se pueden tomar muestras de plantas sospechosas y enviarlas a laboratorios especializados para su análisis y confirmación de la presencia de la bacteria.

- Implementación de medidas de control: Si se detecta la enfermedad, se deben implementar medidas de control, como la eliminación de plantas infectadas, esto con la finalidad de reducir los riesgos asociados a condiciones climáticas óptimas para la diseminación de la bacteria; la desinfección de herramientas, considerando la inmersión en soluciones desinfectantes por al menos 3 minutos; y la aplicación de productos fitosanitarios.

En resumen, entender la epidemiología de *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* es crucial para prevenir y gestionar el control de la enfermedad, lo que ayuda a proteger los cultivos y mantener la salud de la industria en el país.

REGULACIÓN DE LA PSA EN CHILE

La regulación de Psa por parte del Servicio Agrícola y Ganadero, SAG ha sido un proceso en constante evolución a lo largo de los años, en respuesta a los avances científicos, cambios en la epidemiología de la enfermedad y nuevas tecnologías disponibles para el control de enfermedades.

Históricamente, la regulación del SAG respecto a Psa ha incluido medidas como la inspección de plantas en viveros, la cuarentena de áreas afectadas, el control de movimientos de material vegetal y la promoción de prácticas de manejo integrado de enfermedades. Estas medidas se implementan para prevenir la introducción y propagación de la bacteria en nuevas áreas y para reducir su impacto en las regiones donde ya está presente.

Ante la grave amenaza que representaba Psa para la industria del kiwi, el gobierno de Chile por medio del SAG implementó medidas de control y erradicación, incluyendo la cuarentena de áreas afectadas, la destrucción de plantas infectadas y la promoción de prácticas de manejo integrado de plagas para reducir la propagación de la enfermedad. Esta medida corresponde a la Resolución Nº 5.655 de 2011 que declaró el Control Obligatorio para la plaga “Cancro Bacteriano del Kiwi”, causada por la bacteria *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* (Psa), en todo el territorio nacional de Chile. Esta resolución estableció medidas fitosanitarias específicas para los huertos y viveros de kiwi. Sin embargo, posteriormente, se realizó una modificación mediante la Resolución Nº 6.780 exenta, emitida el 19 de noviembre de 2012.

Se realizaron esfuerzos significativos en investigación para comprender mejor la biología y epidemiología de *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*, así como para desarrollar variedades de kiwi resistentes a la enfermedad y métodos de control más efectivos. La presencia de Psa generó preocupación en los mercados internacionales, lo que llevó a restricciones comerciales para el kiwi chileno en algunos países importadores. Esto representó otro golpe para la industria exportadora de kiwi en el país.

Esta plaga estuvo bajo Control oficial desde el año 2011 hasta 2020, el cual fue derogado mediante la Resolución N° 3.305 de 31 de mayo 2020. La derogación del control de esta enfermedad se justifica, ya que la plaga paso de ser una pandemia a estar presente en todo Chile, por lo que se clasifico como una enfermedad endémica, por lo que el objetivo no es erradicarla, sino convivir con ella.

Actualmente, la condición fitosanitaria de la Psa en el país es de "plaga presente", distribuida entre las regiones Metropolitana y Biobío. Como es relevante su diseminación por material de propagación, continuará siendo plaga reglamentada para la especie kiwi (*Actinidia* spp.) como lo indica la Resolución Nº 981 de 2011, que establece normas en viveros y depósitos de plantas.

En la actualidad, el SAG sigue desempeñando un papel crucial en la regulación y control de Psa en Chile. Esto implica la aplicación continua de medidas de bioseguridad en las áreas productoras de kiwi, la vigilancia epidemiológica para detectar y controlar posibles brotes, y la colaboración con productores y otros organismos como el Comité del Kiwi, para implementar prácticas de manejo integrado de plagas y enfermedades. Además, el SAG trabaja en estrecha colaboración con instituciones de investigación y universidades para desarrollar estrategias de control más efectivas y sostenibles contra Psa, incluyendo el desarrollo de variedades resistentes y el uso de métodos de control biológico.

La regulación de *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* por parte del SAG ha evolucionado a lo largo del tiempo, adaptándose a los desafíos cambiantes y empleando nuevas tecnologías y enfoques para proteger la industria del kiwi y garantizar la seguridad alimentaria.

SUSCEPTIBILIDAD VARIETAL

La susceptibilidad a Psa varía entre las diferentes variedades de kiwi y la experiencia de las variedades que han llegado a Chile puede ofrecer información valiosa sobre su respuesta a esta enfermedad.

En términos generales, algunas variedades han demostrado tener una menor suceptibilidad o mayor tolerancia a Psa en comparación con otras. Estas variedades pueden mostrar una menor incidencia de la enfermedad, menor severidad de los síntomas o una capacidad mejorada para recuperarse del ataque de la bacteria. La identificación y promoción de variedades resistentes o tolerantes es crucial para mitigar el impacto en las plantaciones de kiwi.

Durante las temporadas se ha logrado ver el comportamiento de cada variedad y su nivel de susceptibilidad a la enfermedad. En el caso de 'Hayward' se ha constatado que cuando el clima es benigno para la bacteria, existen daños en todo orden, desde la pérdida de producción que puede variar entre 10% hasta 70% menos, hasta el daño en madera, hojas y flores. Realizando adecuados manejos productivos se puede recuperar en 1 a 2 temporadas los valores históricos de producción del campo. Se cree que el comportamiento de los kiwis verdes es estable entre variedades, aún existen plantas del cultivar 'Summer 3373' que se comportan de igual manera que Hayward. Para nuevas variedades de verdes se estima que debieran seguir la misma tendencia.

En Chile, en el caso de las variedades amarillas, dejando fuera 'Hort16A' y 'Enza Gold' ya que detuvieron sus producciones por otros problemas (Verticillium y problemas productivos), tenemos experiencia con 3 variedades 'Soreli', 'Jintao' y 'Dori'. A nivel de susceptibilidad a Psa, estas variedades son bastante sensibles, se cree que 'Jintao' es levemente más sensible que el resto, ya que se pudo evaluar en más zonas productivas del país. En la actualidad, las 3 variedades se mantienen con bajas producciones, en pequeñas superficies y casi nulos aumentos en superficie.

En cuanto a los polinizantes, en Chile se ha observado que la mayoría de las variedades de machos son más susceptibles que las hembras, se ha visto mayor sobrevivencia de Chico Male, intermedia de Tomuri y menor de Matua en algunos huertos de kiwis verdes infectados, mientras que, en variedades amarillas, Belén y Moshan han mostrado una alta susceptibilidad. También, se cree que el comportamiento de los polinizantes es errático, lo que podría deberse a que en los machos no se realizan los manejos

agronómicos correctos, principalmente manejos de poda de luz en los momentos correctos. Se ha observado un buen desarrollo en temporadas complejas por clima en machos como Matua, Tomuri y Chieftain, principalmente por el vigor que imprimen, pero no se podría afirmar que son resistentes. Hay experiencia en otros países con el polinizante 'Zuva', en el cual se ha observado un grado de resistencia a Psa, pero en Chile esto aún no se ha comprobado.

En la actualidad en Chile, las variedades amarillas correspondientes al género *Actinidia chinensis* var. *chinensis* son más susceptibles que las variedades verdes (*Actinidia chinensis* var. *deliciosa*). En el mundo existen subespecies como *Actinida arguta* y *Actinida kolomikta*, las cuales aún no se tiene experiencia suficiente para determinar algún grado de susceptibilidad en las condiciones productividad en Chile. Pero se ha discutido con otros consultores experiencias positivas sobre la resistencia en *Actinidia arguta*.

La importancia de las variedades resistentes o tolerantes a Psa radica en varios aspectos:

- Menores pérdidas económicas: Las variedades resistentes o tolerantes pueden sufrir menos daños por la enfermedad, lo que resulta en menores pérdidas económicas para los productores
- Menor necesidad de pesticidas: Al elegir variedades que son naturalmente resistentes o tolerantes a Psa, los productores pueden reducir la necesidad de aplicar pesticidas para el control de la enfermedad, lo que conlleva beneficios ambientales y económicos.
- Estabilidad de las plantaciones: Las variedades resistentes o tolerantes contribuyen a la estabilidad de las plantaciones a largo plazo al reducir el riesgo de pérdidas catastróficas debido al cancro bacterial del kiwi.
- Mejora de la seguridad alimentaria: Al mantener la salud de las plantaciones y la producción de kiwis, las variedades resistentes o tolerantes pueden contribuir a garantizar un suministro más estable de este alimento, mejorando así la seguridad alimentaria.

En el contexto de Chile, donde la industria del kiwi es importante, la selección y promoción de variedades resistentes o tolerantes a Psa pueden ser especialmente relevantes para proteger y fortalecer la producción de kiwi en el país. La experiencia acumulada con las variedades existentes en Chile, así como la investigación continua sobre nuevas variedades, puede ayudar a los productores a tomar decisiones informadas sobre qué cultivares plantar para mitigar los riesgos asociados con el cancro bacteriano del kiwi.

MEDIDAS PREVENTIVAS

Hay diversas acciones preventivas que se pueden llevar a cabo en los huertos de kiwi para evitar la propagación de Psa, y éstas deben realizarse según el desarrollo fenológico de las plantas, desde el período de receso hasta la caída de las hojas. A continuación, se detallan las medidas culturales que deben tomarse:

- Identificación de la enfermedad: si se detectan síntomas sospechosos en huertos previamente sanos, se recomienda realizar análisis especializados en un laboratorio capacitado para análisis genéticos.
- Monitoreo y detección de síntomas tempranos: Desarrollar un plan de monitoreo que considere el perfil de riesgo de su huerto y la época del año. Enfocándose en áreas de alto riesgo en el huerto, por ejemplo, áreas de alto tráfico, bloques expuestos a vientos predominantes, bloques con bajo rendimiento debido a factores de estrés (exceso de agua, frío y heladas). Desde el momento en que la yema se hincha hasta que los brotes alcanzan los 15 cm, es importante mantener una vigilancia

constante de cualquier signo de lloros, exudados y caída de brotes o cargadores. Luego, se debe seguir observando cualquier aparición de manchas en las hojas o signos de tizón floral desde la etapa de floración hasta cuajado de frutos.

- Limpieza de órganos: El material infectado representa un riesgo continuo de propagación adicional, ya que, las poblaciones bacterianas pueden aumentar rápidamente si no se gestionan. Esto puede resultar en la propagación de enfermedades dentro y entre los huertos. Desde yema hinchada hasta fruto cuajado eliminar cancros o material infectado, limpieza de tejido vivo justo después del monitoreo.

- Desinfección de herramientas: Esta práctica cultural es uno de los puntos más importantes, se ha demostrado que parte del avance de la Psa dentro del huerto está determinado por este factor. Usar doble juego de herramientas, desinfectar siempre entre planta y planta, sumergir en permanganato de potasio usando una dosis de 5 g/l por un tiempo mínimo de 3 minutos. Adicionalmente usar escobillado de tijeras, serruchos y tijerón dos veces al día.

- Apriete de ápices entre inicio de floración y cuaja: Un dosel abierto y plano ayuda a optimizar la cobertura de pulverización y promueve buenas condiciones de secado. Todas las heridas, incluidas las heridas provocadas por el hombre, proporcionan un punto de entrada para el Psa y combinadas con condiciones húmedas aumentarán el riesgo de infección, por esto es tan importante controlar el vigor de las plantas, esto determinará el número de manejos en verde que se realizarán durante la temporada. Una canopia bien iluminada reduce los cortes y mejora la aireación del huerto.

- Raleos de brotes y botones desde inicio brotación a precosecha: Realizar en días con buenas temperaturas, si llueve cercano a la labor coincidir con aplicaciones de cobre. Importante destacar el no realizar estas acciones con humedad relativa alta, lloviznas o bajas temperaturas. Aplicar ácido peracético (150 cc/100 L) antes o después de la labor.

- Anillado de cargadores y tronco entre floración y fruto cuajado: Usar dos juegos de cuchillos y desinfectar entre planta y planta. En caso de realizar anillados de tronco, se recomienda pintar el corte con pintura de poda más 25 g de cobre por litro.

- Poda de machos: Importante que la poda de machos se realice en los tiempos y condiciones de temperatura adecuados, esto es clave para lograr que los cargadores logren un tamaño correcto y una buena lignificación. La poda hembras y machos debe realizarse de forma separada.

- Desde fruto 40 mm, corte cero, poda en verde: Realizar esta labor con buenas temperaturas, ideal sobre 20°C. Si se presentan lluvias al momento de realizar alguna de estas labores, es preferible realizarlas post lluvia. Aplicar ácido peracético (150cc/100 L) antes o después de la labor en la zona tratada.

- Plantaciones nuevas: importante proteger el injerto en el caso de lluvias o heladas, que puedan provocar microfisuras.

En general, todas las labores que provoquen heridas, especialmente el rebaje de brazos o troncos, desbrota, apitonado y poda en verde, se deben realizar con plantas secas, por lo que se deben postergar las labores para después de pronósticos de lluvias y esperar climas más secos y calurosos.

PROGRAMA DE MANEJO

El plan de manejo fitosanitario para el control de Psa se basa en una estrategia integral de varios modos de acción. Se debe tener precaución de abusar con el uso de productos de un mismo activo para no generar resistencias.

A continuación se detalla el plan anual de manejo fitosanitario para el control de Pseudomonas:

	INVIERNO			PRIMAVERA			VERANO			OTOÑO		
	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE/FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
	Dormancia		Yema hinchada	Brote	Botón	Floración	Fruto recién cuajado	Desarrollo fruto y follaje		Cosecha/ Caída de hojas	Caída de hojas	Inicio del receso
NIVEL DE RIESGO:	**RIESGO MEDIO A BAJO**		**RIESGO EXTREMO**				**RIESGO MEDIO**		**RIESGO EXTREMO**			**RIESGO MEDIO**
Activo a usar												
COBRE:												
- Óxido de cobre 75%			130 gr/100 L							130 gr/100 L		
- Hidróxido de cobre 35%			275 gr/100 L							275 gr/100 L		
- Cobre pentahidratado 25%			60 gr/100 L							60 gr/100 L		
BACTERICIDAS QUÍMICOS:												
- Agrygent plus					80 gr/100 L							
- Strepto plus					60 gr/100 L							
- Kasumin					250 cc/100 L							
BACTERICIDAS BIOLÓGICOS												
- Mamull							100 gr/100 L					
- Nacillus							100 gr/100 L					
- Amylo-x							200 gr/100 L					
- Baciforte							150 gr/100 L					
- Phyllo bacter							500 gr/HA					
- Taniri							100 gr/100 L					
BIOESTIMULANTES												
- Vacciplant						300 cc/100 L						
- Bion											200 gr/HA	
- CCPU 0,1%					150cc/100 L							

CONCLUSIONES

La Psa sigue siendo la principal enfermedad del cultivo por lo que es importante continuar con las medidas de prevención y control. La intensidad de los ataques por Psa está muy favorecido por condiciones climáticas de lluvia y humedad en invierno y primavera, además de eventos como heladas y granizos, lo que lleva a los productores a estar constantemente alerta a los síntomas de la enfermedad dado lo cambiante que es el clima cada temporada. El monitoreo permanente de los huertos es fundamental para lograr detectar tempranamente la aparición de síntomas y así poder establecer estrategias que permitan la contención de la enfermedad.

A partir de la experiencia adquiridas con la llegada de la Psa a Chile, se ha determinado que el control más adecuado está basado en una estrategia de manejo integrado que considera: plantas bien manejadas y sin estrés, un buen programa fitosanitario y aplicado correctamente y muy importante una estricta profilaxis e higiene de herramientas de poda y de remoción de restos enfermos. La sanitización de los huertos es determinante para evitar la propagación y dispersión de la enfermedad.

Al pensar en introducir y establecer un nuevo cultivar de kiwi se debe considerar esta enfermedad para la elección del tipo de variedad, debido a que el grado de susceptibilidad a la bacteria varia ampliamente, por lo que los productores interesados en traer variedades nuevas, deben tomar decisiones informados sobre el comportamiento de la variedad y ojalá promover variedades resistente o con algún grado de tolerancia a Psa.

Bibliografía

- Albornoz, J. y Elorriaga, A. (2011). La Bacteriosis del kiwi. Revista Frutícola, 33 (2):4-7.
- Auger, J., Pérez, I., Fullerton, R. A., y Esterio M. (2009b). First report of Verticillium Wilt of Gold Kiwifruit, Actinidia chinensis Cv. Hort16A, caused by Verticillium albo-atrum in Chile. Plant Disease 93(5):553.
- Berlanger, I. y Powelson, M. L. (2000). Verticillium wilt. The Plant Health Instructor.
- CIREN (Centro de Información de Recursos Naturales). (1988). Manual del cultivo del kiwi (Actinidia chilensis) Santiago, Chile.
- Díaz, G.A., y Latorre, B.A. (2018). First report of cordon dieback of kiwifruits caused by Diaporthe ambigua and D. australafricana in Chile. Plant Disease 102:446-446.
- Donoso, E. (2013). La Bacteriosis del Kiwi: Sintomatología, Monitoreo y Control. Revista Frutícola, 35 (2):32-35.
- Donoso, E. y Valenzuela, L. (2009). Hongos de la madera en kiwi importancia, prevención y control. Revista frutícola, 31(2):28-32.
- Elorriaga, A., Abud, C., Urrejola, E., Casas, J., Valenzuela, L. y Kulczewski M. (2013). Manual de Contención de Bacteriosis para el kiwi Chileno. FIA, SAG y Comité del kiwi.
- Herrera, J., y Osses, M. (2017). Monitoring and management of Psa in Chilean kiwifruit orchards. Plant Disease, 101(4), 512-519.
- Kong, P., Hong, C., y Richardson, P. A. (2010). Fungal Diseases of Kiwifruit (Actinidia spp.). En K. M. Evans y M. M. Marois (Eds.), Compendium of Kiwifruit Diseases and Pests (pp. 23-25). American Phytopathological Society Press.
- Kulczweski, M. (2004). Visión actual de la tecnología de producción de kiwi en Chile (en línea).
- Latorre, B. (2018). Compendio de las Enfermedades de las Plantas. Ediciones UC, 220-230.
- Mesa Fitosanitaria del Kiwi. (20202). Programa Fitosanitario Complejo Bacteriano del Kiwi. Primavera-Verano 2020-21. Comité del kiwi.
- Riquelme, T. (2020). Fitopatología-Enfermedades en frutales: Pudrición gris del kiwi. Ficha técnica 45. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) La Platina.
- Sepúlveda, P. y Soto, S. (2014). Avances en el control de Bacteriosis del kiwi causada por Pseudomonas syringae pv. actinidiae (Psa). Revista Frutícola, 36 (2):14-20.
- Smith, J. R. (2019). Understanding Phytophthora crown rot in plants. Journal of Plant Pathology, 10(2), 123-135.

CAPÍTULO 4
PRODUCTIVIDAD EN VARIEDADES DE KIWI

Autor: Abud & Cía.

1. SITUACIÓN ACTUAL

La especie *Actinidia chinensis* cuenta actualmente con tres grandes tipos de variedades comerciales, que se caracterizan por el color de la pulpa. Estas son, las de pulpa verde, amarilla y roja. Esta clasificación es relevante, ya que aparte de las evidentes diferencias de color interno de la fruta, también existen distintas características a nivel de comportamiento y fisiología que hacen que estos grupos deban manejarse de manera diferenciada. Dentro de las más conocidas es la resistencia a la enfermedad *Pseudomonas syringae* pv. *Actinidae* (Psa), donde las variedades de pulpa verde son menos sensibles que las amarillas, siendo las rojas las más delicadas. A nivel de mercado los consumidores también demandan de manera diferenciada estas distintas categorías, por lo que la decisión del tipo de variedad a elegir para un nuevo proyecto es un punto clave a considerar.

Es por esto que durante todo el capítulo se irán describiendo los factores más determinantes en la productividad de nuevas variedades de kiwi según su color de pulpa de fruta, considerando que en cada grupo los manejos para las variedades del mismo color de pulpa son muy similares.

Kiwi verde

Actualmente es la especie de kiwi más importante en el país, con 'Hayward' como la principal variedad. La productividad promedio a nivel nacional bordea las 20 ton/ha. (Barriga, M. y Pizarro R. 2023). Pero en huertos ubicados en zonas adecuadas y con manejos agronómicos óptimos se pueden lograr producciones sobre 40 ton/ha. Según la experiencia registrada en otras variedades de kiwi de pulpa verde que han sido cultivadas en Chile, como 'Summer kiwi', 'Green light', entre otras, no han logrado ser una alternativa real a 'Hayward', dado que no lograban igualar su potencial de calibre, productividad y poscosecha, que son uno de los atributos más relevantes a la hora de evaluar una variedad desde el punto de vista de la fruta.

Actualmente la principal alternativa a 'Hayward' existente en el mercado es 'Clon 8' (**Figura 1**), una selección de la misma variedad ampliamente difundida en Europa, especialmente Italia con más de 15 años de plantaciones. Sus principales cualidades son menor cantidad de frutos defectuosos o deformes, lo que tienden también a dar botones más cilíndricos especialmente desde la base del brote, lo que reduce las labores de raleo, aumenta el potencial productivo y el rendimiento del packing. También se ha observado una mayor tolerancia a *Pseudomonas syringae* pv. *Actinidae* (Psa) en comparación al 'Hayward' tradicional, especialmente lo referido a muerte temprana de cargadores y Tizón de la flor.

Figura 1. Fruta de 'Hayward' Clon 8 (Fuente: Abud & Cía.)

Kiwi amarillo

La historia de esta especie en Chile es de muchos intentos, que hasta ahora no han logrado encontrar una variedad que pueda cumplir con los requerimientos necesarios para adaptarse a la realidad edafoclimática chilena. La primera variedad que se trajo desde Nueva Zelanda en los 2.000, fue 'Hort16A', la cual resultó ser extremadamente susceptible a una cepa endémica de *Verticillium*, presente en prácticamente todas las zonas de cultivo, lo que hizo imposible seguir cultivando la variedad (García et al., 2020). Desde entonces muchos nombres de kiwis amarillos han tratado de aprovechar el atractivo comercial que tiene la especie, que por lo general tiene un precio superior en un 50% a las variedades de pulpa verde, sin un éxito o consolidación clara todavía, dado que aparte de los problemas de *Verticillium*, la irrupción de la Psa en el 2010 supuso un golpe muy duro a una industria que estaba emergiendo con variedades como 'Jintao', 'Soreli', 'Enza Gold' y 'Kiwi Kiss' (**Figura 2**), que mostraban una cierta tolerancia al patógeno, pero que sucumbieron frente a una nueva enfermedad a la que eran muy sensibles y que se estaba recién aprendiendo a controlar. A finales de la década, ya se había logrado un mayor grado de conocimiento para lograr convivir con la enfermedad, mediante el uso de cobertores plásticos, programas fitosanitarios, uso de elicitores y manejos que favorecen un menor estrés en las plantas como el manejo sostenible del suelo, pero finalmente estas variedades dejaron de ser atractivas para el productor por problemas de calibre ('Jintao'), poscosecha ('Soreli') y falta de viraje de color amarillo de la pulpa ('Enza Gold'). Otras variedades que mostraron ser muy interesantes desde el punto de vista productivo y de calidad de fruta como 'Kiwi Kiss' y 'Dori', sufrieron la misma suerte que 'Hort16A' por su susceptibilidad a *Verticillium*, a pesar de los múltiples intentos por controlar el patógeno mediante control químico, biológico, cultural o mediante el uso de portainjertos resistentes. Hasta el día de hoy, no se ha logrado dar con una variedad que cuente con las características adecuadas tanto de resistencia a esta enfermedad como de productividad y calidad de fruta, los que son variables muy importantes que evaluar al momento de ingresar un nuevo cultivar al país.

Figura 2. Kiwi amarillo variedad 'Kiwi Kiss' (Fuente: Abud & Cía.)

Kiwi rojo

El cultivo de esta especie en Chile es mucho más incipiente en comparación al resto, dado que es mucho más desconocido y de introducción más tardía al país. Las primeras experiencias fueron en la década del 2010, principalmente con la variedad 'Hong Yang', la cual no prosperó principalmente por la llegada de la Psa, ya que este kiwi, de acuerdo con el comportamiento que ha tenido en los principales lugares de cultivo del mundo, es de una susceptibilidad aún mayor en comparación a un verde o incluso un amarillo, provocando que todos los esfuerzos por evitar que las plantas se murieran como instalación de cobertores plásticos y otros manejos, fracasaran. Dado la escasez de este kiwi a nivel mundial, el retorno a productor puede ser un 300% superior al de uno de pulpa verde, pero bajo las condiciones actuales de cultivo en Chile no se ha logrado dar con un paquete tecnológico que permita proporcionar seguridad sobre el flujo productivo (**Figura 3**).

Figura 3. Kiwi rojo, variedad 'Red Passion', en Italia con sistema de cobertor 100% cerrado (Fuente: Abud & Cía.)

2. ECUACIÓN PRODUCTIVA

La estimación del potencial productivo y regulación de carga durante la temporada son esenciales para cumplir los objetivos propuestos cada año, de manera de poder tomar decisiones adecuadas durante los eventos fenológicos clave de la especie. Para ello, se ha propuesto una ecuación productiva, que permite desde el invierno fijar objetivos, proyectar la producción y hacer seguimiento a medida que avanza la temporada. Esta se describe a continuación:

*kg/ha a proceso = N° yemas/ha * % brotación * N° botones centrales/brote * % cuaja * peso fruto (kg)*

A modo de ejemplo, para lograr un objetivo de 40 toneladas/hectárea en un kiwi verde, que se dejaron 200.000 yemas/hectárea, se deben cumplir los siguientes supuestos:

*220.000 yemas/ha * 70% brotación * 2,5 botones/brote * 95% cuaja * 0,11 kg/fruto = 40.232 kg/ha a proceso*

Cada una de las variables de la ecuación se ve afectada por las condiciones climáticas y de manejo de la temporada, por lo que, para poder hacer estimaciones adecuadas, es muy importante llevar un registro histórico de cada una de ellas, de manera de tener un historial que permita tener rangos y valores propios de cada predio y/o cuartel, lo que permite además evaluar mediante causa-efecto, en qué magnitud se afecta cada componente de acuerdo con las condiciones de la temporada en particular.

La medición de cada una de las variables debe realizarse en base a un muestreo representativo de la realidad de cada cuartel o sector, para la cual es necesario considerar idealmente el 1% de la superficie del huerto, tomando como unidad el cuadrante o claro, que corresponde al cuadrado que hay entre cuatro plantas, siendo cada uno vértice de este.

2.1. Objetivo productivo

Según la experiencia local en kiwis de variedades de pulpa verde, se considera una producción entre 40 y 50 ton/ha. En el caso de variedades amarillas, se busca oscilar entre 30 y 40 ton/ha, dado que producciones más elevadas afectan el calibre y el viraje de color de la pulpa, además de debilitar seriamente la planta. En kiwi rojo, la producción esperada no debiese superar las 35 ton/ha, dado la mayor sensibilidad de estas variedades a debilitarse con sobreproducción.

Para alcanzar estos números, los componentes de la ecuación productiva deben comportarse de la siguiente manera:

Yemas por hectárea

El N° de yemas/ha depende principalmente de la cantidad de cargadores y el número de yemas por cargador que se deja luego de la poda, por ende, se puede ajustar el objetivo en base a estos factores (Testolin 1990). A continuación, se presentan los rangos óptimos de N° de yemas /ha.

- Kiwi verde: 200.000 a 240.000 yemas/ha.- Se refiere a yemas productivas, de buena calidad de madera (material de primera brotación idealmente y de madera bien lignificada) y en cargadores separados entre sí a no menos de 30 cm, de manera de poder asegurar una correcta iluminación, que favorezca el calibre y calidad de fruta.
- Kiwi amarillo: 160.000 a 220.000 yemas/ha.- Dado que estas variedades tienen un largo de entrenudos más cortos, es más fácil dejar en la poda-amarra un número muy superior al objetivo, por lo que se hace muy relevante una correcta distancia entre cargadores y elegir sólo material vigoroso y de buena calidad, que es donde se obtiene la fruta de mayor calibre (**Figura 4**).

- Kiwi rojo: 120.000 a 180.000 yemas/ha.- Dado que estas variedades tienden a ser de vigor moderado a bajo, y de alta fertilidad, se debe ser bien estricto en buscar material productivo de alto vigor (sobre 8 mm de diámetro) y no sobrepasar el número de yemas en la poda, dado la posibilidad de tener sobre producción y afectar calidad de fruta.

Figura 4. Poda invernal en kiwi de pulpa amarilla, 'Dori' (Fuente: Abud & Cía.)

Porcentaje de brotación y número de brotes frutales por hectárea

El porcentaje de brotación está influenciado por condiciones climáticas y por el N° de yemas/cargador, donde estudios previos han señalado que el porcentaje de brotación disminuye levemente a medida que aumenta el número de yemas por cargador (Costa et al., 1987). A continuación, se presentan los rangos óptimos de porcentajes de brotación y brotes frutales /ha.

- Kiwi verde: 60% a 75% de brotación, con un rango de 140.000 a 160.000 brotes frutales/ha. Estos dos parámetros pueden verse seriamente afectados por las condiciones de frío invernal y clima en primavera, siendo acumulaciones deficientes de frío (menos de 500 Horas Frío) o clima muy frío a salidas de invierno, responsables en gran medida de baja brotación y/o fertilidad, para lo cual se usa cianamida hidrogenada entre el 3% al 5%, pero no siempre logra compensar (**Figura 5**).
- Kiwi amarillo: 65% a 80% de brotación, con 150.000 a 180.000 brotes frutales/ha. Estas variedades por lo general son de requerimiento de frío un poco más bajo, por lo que tienden a tener mejores porcentajes de brotación y con mayor fertilidad, lo que en muchas ocasiones obliga a hacer regulaciones de carga mediante raleo de brotes pequeños o mal ubicados para no tener una sobre producción.
- Kiwi rojo: En las variedades sobre las que se tiene experiencia en Chile, el objetivo y manejo es bastante similar al de las de pulpa amarilla.

Figura 5. Plena brotación en 'Hayward' (Fuente: Abud & Cía.)

Número de botones centrales por brote

Esta variable de la ecuación productiva es clave para tomar decisiones de regulación de carga previo a la floración. A continuación, se presentan los rangos de botones florales/brote.

- Kiwi verde: En estas variedades se busca un promedio de entre 2,5 a 3 botones/brote, de manera de llegar a unas 400 a 450 mil flores/ha. También es importante para no tener exceso de fruta por brote que pueda ver afectado el calibre y en la decisión de dejar algunos laterales o fruta de menor categoría para compensar producción en un escenario de baja fertilidad (**Figura 6**).
- Kiwi amarillo: En estas variedades se busca una regulación por brote según el vigor de este, ya que se ha visto que el mejor calibre o tamaño se logra en los de mayor crecimiento. En este sentido el objetivo que se busca es dejar de 2 a 3 botones/brote de acuerdo con su vigor (2 para brotes determinados y 3 para los indeterminados, por ejemplo) dejando hasta 4 en casos más extremos. Dado la alta fertilidad que presentan muchas de estas variedades, es importante la eliminación de todos los laterales, para no interferir con el desarrollo de la fruta central.
- Kiwi rojo: La poca experiencia en Chile, indica una fertilidad similar a un kiwi amarillo, pero con más problemas de calibre, por lo que la regulación de carga en botón debe ser más estricta, buscando 2 botones/brote en aquello vigorosos y 1 o 0 en los más débiles.

Figura 6. Brote de 'Hayward' de alta fertilidad, con 3 botones defectuosos en su base (Fuente: Abud & Cía.)

Porcentaje de cuaja

Esta variable depende mucho del trabajo que se haga en polinización mediante agentes polinizadores como viento, insectos y artificial. También la sanidad es muy relevante, dado que ataques de *Pseudomonas syringae* pv *syringae* (Pss) o *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* (Psa) durante el desarrollo de botón y la floración pueden significar pérdidas de hasta el 50% de las flores, siendo curiosamente las variedades verdes las más sensibles junto con las rojas. En caso de tener una adecuada polinización - fecundación con un huerto sanitariamente adecuado, la cuaja no debiera ser menor al 95% (**Figura 7**).

Figura 7. Fruta recién cuaja en variedad amarilla, 'Soreli' (Fuente: Abud & Cía.)

Peso de fruto

- Kiwi verde: El peso promedio objetivo en 'Hayward' es de 100 a 110 gramos promedio. Existen variedades como 'Summer kiwi', que no prosperaron comercialmente dado que no lograban llegar a este valor, a pesar de que desde el punto de vista organoléptico es superior. Es por ello que es muy relevante para una nueva variedad poder llegar o superar este estándar (**Figura 8**).

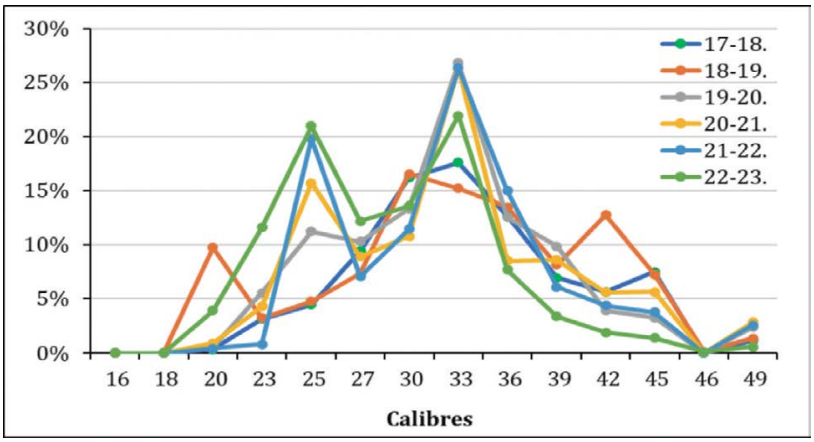


Figura 8. Curva de calibre de kiwi verde en las últimas 6 temporadas grupo ProFruta de Abud & Cía.

- Kiwi amarillo: Por lo general todas las variedades de pulpa amarilla en Chile, no han logrado un calibre similar o superior al de 'Hayward', oscilando entre 85 y 100 gramos de peso promedio para un buen desempeño. Aun así, la demanda por fruta más pequeña en amarillos es alta, por lo que los retornos por este tipo de fruta siguen siendo interesantes (**Figura 9**).

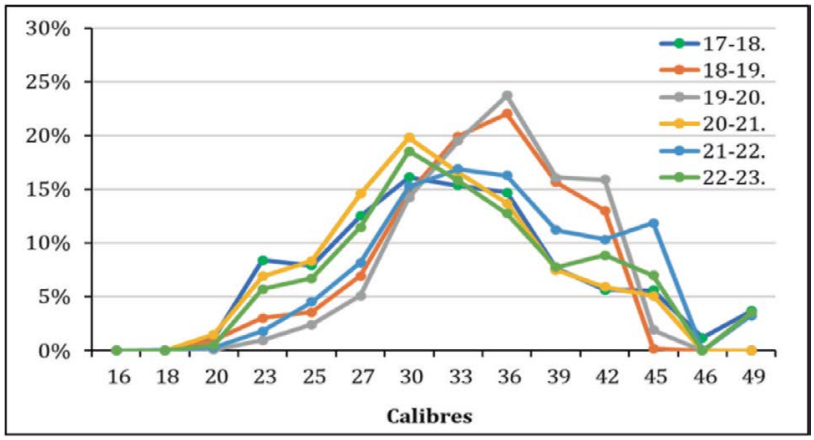


Figura 9. Curva de calibre de kiwi amarillo en las últimas 6 temporadas grupo ProFruta de Abud & Cía.

- Kiwi rojo: La poca experiencia con las variedades en Chile muestra que el peso en estas variedades es similar o incluso un poco más bajo en comparación a los amarillos, moviéndose entre 80 a 90 gramos de peso promedio de fruto, aunque los huertos que pudieron establecerse a nivel comercial nunca pudieron estar en un estado sanitario o de manejo óptimo para ver el real potencial de la fruta.

2.2. Coeficiente de producción

Existe una manera de hacer una ecuación productiva simplificada, la cual, con datos sencillos y fáciles de obtener, permite lograr un registro histórico confiable y hacer estimaciones desde la poda amarra con una alta precisión. Para ello se agrupan todas las variables de la ecuación, excepto el número de yemas, en una sola que se denomina coeficiente de producción, el cual se calcula de la siguiente manera:

*CP = (kilos por hectárea a proceso / Número de yemas por hectárea dejadas en la amarra) * 1.000*

Como ejemplo, en una variedad amarilla en la que se dejaron 200.000 yemas/ha y tuvo una producción de 30 ton/ha el coeficiente de producción de esa temporada sería:

*CP = (30.000 kg / 200.000) * 1.000*

CP = 150 g/yema

Eso quiere decir que por cada yema que se deja en la poda-amarra se deben obtener 150 gramos de fruta. Este es un valor real y práctico de obtener que puede resultar muy útil a la hora de definir objetivos productivos y cantidad de material productivo a dejar en el invierno.

De tal manera, si en la misma variedad amarilla se pusiera como objetivo subir la producción a 35 ton/ha, y se necesita saber cuántas yemas es necesario tener a salidas de invierno en la amarra, el cálculo se hace de la siguiente forma:

233.333 yemas/ha = (35.000 kilos por ha / 150) / 1.000

El coeficiente de producción objetivo para variedades verdes debe ser superior a los 200 g/yema, mientras que para variedades amarillas es de 150 a 180 g/yema. Finalmente, para la realidad nacional, los coeficientes alcanzados en huertos comerciales no superan los 120g/yema.

3. FACTORES LIMITANTES DE LA ECUACIÓN PRODUCTIVA

3.1. Poda-amarra

Para todas las especies y variedades, estas labores definen el potencial productivo desde el inicio. Mientras la poda define la cantidad de yemas y la elección de la calidad del material, lo cual ya se describió anteriormente, la amarra determina la distribución espacial del material, lo cual es fundamental para la iluminación y correcto desarrollo de los frutos. Para ello es importante mantener siempre una distancia de al menos 30 centímetros entre cargadores, ya que distancias inferiores terminan generando exceso de follaje y competencia entre brotes que afectan el calibre de los frutos. Por lo tanto, una correcta amarra es tanto o más importante como la cantidad de material productivo que se está dejando. El despunte de cargadores es otro elemento relevante, ya que muestra que tanto en variedades verdes como amarillas tiene una directa relación con el peso de fruto (a mayor diámetro de despunte, mayor calibre). Esto en amarillos tiende a ser más relevante dado el menor potencial de tamaño respecto de los verdes, de acuerdo con el comportamiento de este cultivo en Chile.

3.2. Polinización

La polinización es uno de los eslabones más importantes de la cadena productiva, ya que tiene relación directa con la productividad y calidad de los frutos (Changqing et al., 2023). Es así como el calibre de la fruta está influenciado por el número de semillas, presentando una relación directamente proporcional, tal como se muestra en la **figura 10**.

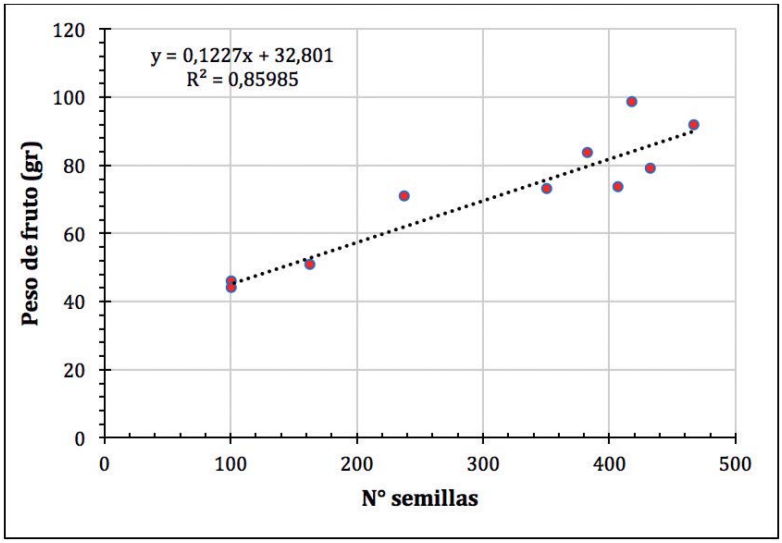


Figura 10. Correlación entre el número de semillas y el peso de los frutos en kiwi amarillo (Fuente: Abud & Cía.)

El kiwi necesita de una polinización cruzada, ya que no tiene la capacidad de lograr una autopolinización (Castro et al., 2021). Ante este escenario a continuación se describen en orden de importancia los puntos más críticos para tener en cuenta en un huerto de kiwi para una adecuada polinización.

Polinizantes

En variedades de pulpa verde por lo general se utilizan 3 tipos de polinizantes 'Matua', 'Tomuri' y 'Chieftain'. En menor medida 'Chico male' es otra opción. Por lo general se recomienda tener al menos dos variedades, una que sea un poco más temprana que la hembra ('Matua' en caso de 'Hayward') y otra un poco más tardía ('Tomuri'). La distribución más usada en huertos modernos es el 16,6%. En variedades de pulpa amarilla la oferta de machos es un poco más reducida, ya que al ser por lo general de floraciones una a dos semanas antes de las variedades verdes, se utilizan machos específicos, que por lo general su origen viene del mismo vivero o programa genético. En Chile uno de los más utilizados ha sido 'Belén', que al ser de floración temprana, logra una adecuada sincronía con variedades como 'Dori', 'Soreli' o 'Jintao'. Para variedades de pulpa roja es importante que las variedades que se introduzcan tengan sus propios polinizantes específicos para tener una floración compatible, ya que hay muy poca experiencia sobre su comportamiento en Chile.

Polinización entomófila

Las abejas corresponden al principal agente polinizante en esta especie, en todas las variedades. A diferencia de otros cultivos, la flor hembra no es atractiva para la abeja al no producir polen ni néctar, por lo que el número de colmenas (sobre 15 cajones/ha), la alimentación de éstas y su estrategia de postura es esencial. El uso de atrayente de abejas mediante productos en base a azúcar o extracto de tomillo rojo han demostrado tener buenos efectos sobre la actividad de las abejas tanto en variedades de pulpa verde y amarillo. El uso de bombus terrestres puede ser una alternativa en caso de cultivos de pulpa amarilla o roja que deban estar bajo cobertor o túnel para el control de Psa, dado que no tienen problemas en volar en esas condiciones, a diferencia de las abejas, aunque debido al reducido número de individuos por colmena (200 a 300) y el costo más elevado, no llegan a ser suficientes para completar la polinización por sí solos, siendo necesario complementar con otras técnicas, como viento o manual (**Figura 11**).

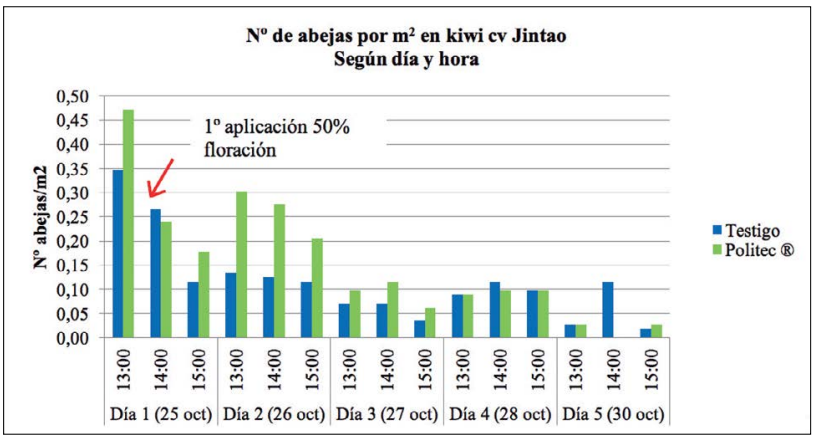


Figura 11. Efecto de aplicación de extracto de tomillo rojo sobre actividad de abejas en variedad amarilla, 'Jintao' (Fuente: Abud & Cía.)

3.3. Riego - nutrición

El kiwi es una especie muy ineficiente en su regulación estomática (Judd et al., 1989) por lo que tiene un alto requerimiento de agua durante los períodos de alta demanda, desde fruto recién cuajado hasta 60 días después, que es donde tiene un crecimiento exponencial del tamaño de fruto (Ontivero et al., 2012). Es en este período, donde es capaz de consumir alrededor del 50% del suministro de volumen de riego por hectárea en una temporada. Estudios hechos en variedades verdes han demostrado que estrés hídrico en este período tienen un impacto negativo directo

sobre la productividad y tamaño de los frutos (Shunsheng et al., 2023). El manejo eficiente del riego en kiwi verde muestran buenos resultados de producción y calidad de fruta con un consumo de alrededor de 12.000 m^3/ha/temporada.

Respecto a la nutrición, la especie es especialmente demandante de Potasio, el cual se acumula principalmente hacia la fruta, siendo esta una de las con mayor concentración de este elemento en comparación con otros frutales. Por otro lado, se ha observado que tiene una preferencia por absorber y acumular Cloruros en las hojas, el cual cuando pasa sobre las 12.000 ppm presenta síntomas de necrosis en bordes de las hojas, lo que limita el potencial productivo y en casos extremos, puede causar defoliación anticipada, siendo variedades amarillas y rojas más sensibles que las verdes (**Figura 12**). Para superar este problema es fundamental tener fuentes de agua de riego con niveles de conductividad eléctrica inferior a 0,8 mmhos/cm, evitar fertilización con fuente que contengan Cloruros, como el muriato de Potasio, hacer gestión de riego con láminas que eviten acumulación de sales en la zona de raíces, para lo cual es fundamental hacer seguimiento de humedad del suelo con sensores de humedad y control de las sales con análisis de solución suelo, la cual siempre debe estar por debajo de los 0,8 mmhos/cm.

Figura 12. Kiwi amarillo, variedad 'Dori', con síntomas de toxicidad por exceso de acumulación de sales en solución suelo (Fuente: Abud & Cía.)

3.4. *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* (Psa)

- Kiwi verde: La variedad 'Hayward' es una de las variedades más resistentes, pudiendo convivir con la enfermedad en la mayoría de las zonas productivas con un adecuado manejo cultural, programa fitosanitario y manteniendo plantas sin estrés y con sus defensas activas. Actualmente el estado más sensible es desde botón a plena flor, donde, en casos de condiciones climáticas favorables para el desarrollo de la bacteria, se presentan síntomas como manchas necróticas en hoja y tizón en órganos florales, donde se han reportado casos con daño cercano al 50%, lo que afecta directamente la productividad. Para ello el uso de elicitores y antibióticos es esencial en el control a tiempo del avance de los síntomas. Las heladas tanto en invierno como primavera también son muy perjudiciales, ya que debilitan la planta, quedando más susceptible a una infección agresiva, que se expresa como una brotación con daño en yemas, brotes y cargadores, llegando en casos extremos a la muerte de toda la planta (**Figura 13**).

Figura 13. Hojas y botones florales afectados por Psa en 'Hayward' (Fuente: Abud & Cía.)

- Kiwi amarillo: Estas variedades son más sensibles que las de pulpa verde a la enfermedad (García et al., 2014). Durante los primeros años de irrupción de este patógeno, se observó la muerte progresiva de huertos y cuarteles completos, principalmente en zonas de mayor riesgo, desde la región del Maule al sur y la precordillera de desde O'Higgins al sur (**Figura 14**). Actualmente es posible convivir con la enfermedad en variedades como 'Kiwi Kiss', 'Jintao', 'Dori' o 'Soreli' con el uso de cobertores plásticos desde plantación en adelante o en huertos sin síntomas o daño severo (Saavedra et al., 2017). Incluso en zonas de bajo riesgo para la enfermedad es posible el cultivo sin tener daño importante sin cobertor. El problema es que en esas zonas las limitantes son otras, como la alta conductividad del agua de riego, baja disponibilidad de agua y principalmente, la incidencia de *Verticillium*.

Figura 14. Plantas de kiwi amarillo, variedad 'Jintao', afectadas severamente por Psa (Fuente: Abud & Cía.)

- Kiwi rojo: La escasa experiencia en Chile con estas variedades está explicada en gran parte por su alta susceptibilidad al patógeno, sucumbiendo la gran mayoría de los huertos con la irrupción de la enfermedad, no pudiendo ser controlada con ningún manejo o tecnología, ni siquiera con el uso de cobertor plástico. En caso de querer instalar una nueva variedad en el país, se debe considerar el usar invernaderos o sistemas totalmente cerrados y aislados para no tener ingreso de la bacteria, además de hacerlo en una zona de bajo riesgo, con disponibilidad de agua para 10.000 m3/ha/temporada y de baja conductividad eléctrica.

3.5. *Verticillium*

- Kiwi verde: La gran mayoría de las variedades con historia en Chile han convivido con la cepa endémica que hay en Chile, presentándose algunos síntomas o problemas en sectores con plantas débiles o con estrés, en suelos con alta presión del patógeno (Garcia et al., 2020). La principal forma de tener huertos asintomáticos es lograr un gran desarrollo de raíces, lo que implica implementar proyectos en el suelo correcto, con adecuada preparación y manejo de riego - nutrición desde plantación en adelante.

- Kiwi amarillo: Es la mayor limitante actualmente para el crecimiento de este cultivo en Chile. Desde la introducción de la primera variedad amarilla en el país 'Hort16A', en adelante, la gran mayoría de nueva genética que se ha intentado desarrollar, no ha sido capaz de tolerar la raza endémica presente en nuestro país. Variedades con un gran potencial como 'Hort16A', 'Kiwi Kiss', 'Dori' entre otras, han tenido muchas dificultades para lograr una productividad mínima, no sobreviviendo en la mayoría de los casos (**Figura 15**). Los síntomas se presentan como una muerte progresiva de brotes o cargadores, desde el ápice hacia atrás, cerca del segundo o tercer año, si la presión del patógeno en el suelo es alta, comenzando en los sectores más débiles o de suelos con más limitantes, siendo muy agresivo desde que el huerto entra en producción, avanzando cada vez más a medida que las plantas más producen, dado el estrés y debilitamiento que eso les genera. En situaciones extremas, las plantas no sobreviven ni al tercer año desde plantación, mientras que, en otras, con la injertación sobre huertos adultos de 'Hayward' es posible llegar a tener buenas producciones durante algunos años, pero luego el huerto termina con más del 80% de las plantas muertas o seriamente afectadas. Hoy en día no existe una forma de control de la enfermedad para variedades susceptibles, siendo la principal manera de convivir el contar con una genética que pueda tolerar la enfermedad sin afectar de manera importante la producción o el uso de portainjertos resistentes, donde se están haciendo pruebas con el recientemente llegado a Chile, 'Bounty', (*Actinidia macrosperma*) el que se está usando para el combate de la Moria en Italia.

Por lo tanto, es fundamental a la hora de ingresar cualquier nuevo material de pulpa amarilla a Chile, hacer las pruebas de resistencia o tolerancia a las cepas de *Verticillium* presentes en los suelos de Chile, lo mismo con nuevos patrones que puedan tener cierto potencial para mejorar la productividad de éstas.

Figura 15. Plantas de kiwi amarillo, variedad 'Kiwi Kiss', afectadas severamente por Verticillium (Fuente: Abud & Cía.)

- Kiwi rojo: Dado que la Psa ha sido la principal causa de muerte de estas variedades y que en el resto de mundo el *Verticillium* no es un problema para el kiwi, no hay experiencia sobre qué tan susceptible al patógeno presente en Chile sean este tipo de kiwis, pero se sospecha que debiese tener las mismas dificultades que la genética de pulpa amarilla o incluso peor, por lo que es un tema muy importante de dilucidar a la hora de ingresar nuevo material.

4. INVERSIÓN O TECNOLOGÍA NECESARIA PARA EL MANEJO DE CULTIVO

Para el éxito en el proyecto del cultivo de una nueva variedad de kiwi, es muy importante considerar las inversiones necesarias para su protección frente a eventos climáticos adversos, para lo cual es relevante tener un estudio agroclimático detallado de la zona o "terroir frutícola" específico y las características propias del nuevo material que podrían hacerlo susceptible a eventos como heladas o exceso de radiación, así como *Verticillium* o Psa. Por lo mismo se detallan a continuación la infraestructura o tecnología más utilizada o exitosa para la protección del cultivo frente a esas amenazas.

4.1. Cobertor plástico

Gracias al uso de cobertores plásticos permanentes, similares a los que se usan en uva de mesa, se logró la supervivencia de muchas hectáreas de kiwi amarillo que estaban con distinto tipo de daño por causa de la Psa, gracias a la modificación del ambiente que reducía las ventanas de tiempo de desarrollo de la bacteria y favorecía el desarrollo de la planta y la reducción del estrés, al ser una barrera contra la lluvia y viento, el aumento de las temperaturas durante el otoño y primavera y la baja de la humedad relativa. Abud & Cía, ejecuto un proyecto CORFO para evaluar el uso de cobertores plástico en kiwi amarillo (15PDTD-43757), donde los resultados indicaron que bajo cobertor plástico se obtiene una fruta de mayor calibre y mejores rendimientos, producto de la disminución de los síntomas y muerte de las plantas (**Tabla 1**). Actualmente se considera como inversión desde el año 1 en cualquier proyecto de kiwi amarillo que esté en una zona climática de riesgo para la Psa (**Figura 16**).

Tabla 1. Rendimiento (kg/ha) de los cuarteles de kiwi amarillo con y sin cobertor plástico.

Cuartel	2015-16		2016-17	
	Con cobertor	Sin cobertor	Con cobertor	Sin Cobertor
Ctl 1	28.435	7.115	13.076	-
Ctl 2	27.825	14.669	16.216	7.252
Ctl 3	29.284	-	6.734	-

*Proyecto 15PDTD-43757 ejecutado por Abud & Cía.

Figura 16. Kiwi amarillo, variedad 'Dori', bajo cobertor plástico para control de Psa (Fuente: Abud & Cía.)

4.2. Malla sombra

El uso de malla sombra favorece la reducción del exceso de radiación directa que reciben los kiwis en verano, disminuyendo el estrés en el período de mayor demanda hídrica del cultivo y de crecimiento exponencial de la fruta, favoreciendo la productividad y condición de la fruta. Sin embargo, durante el período de inducción, dado el mayor desarrollo vegetativo que se produce, y, por lo tanto, mayor emboscamiento sumado al efecto sombra que hace la malla, se evidencia una baja en el retorno floral para la siguiente temporada, por lo que esta tecnología no ha tenido un uso muy extendido en el país. Actualmente se están haciendo pruebas en huertos nuevos para superar el estrés oxidativo, logrando una tasa de crecimiento de brotes un 20% superior respecto del testigo, lo que puede ser muy efectivo en zonas de alta temperatura y radiación durante los primeros años. El uso de estructuras más alta y horizontales también puede presentarse como una solución para atenuar las externalidades negativas (**Figura 17**).

Figura 17. Kiwis amarillos en formación, con uso de malla sombra (Fuente: Abud & Cía.)

4.3. Control heladas

Todas las variedades de kiwi tienen una susceptibilidad importante a eventos de heladas, las que pueden afectar de manera importante la productividad. Heladas durante la entrada en receso o el período invernal inferiores a -2°C debilitan las defensas de la planta, favoreciendo la agresividad de Psa que luego se manifiesta en primavera con muerte de cargadores y brazos, mientras que, desde inicio de brotación de adelante, eventos bajo 0°C afectan seriamente a brotes y botones florales. Dado que las heladas invernales son más difíciles de controlar por su intensidad y la época del año, lo más utilizado es la aplicación de cobre o bactericidas antes y/o después del evento, para bajar la carga de la bacteria y evitar la formación de cristales de hielo que puede generar el patógeno como mecanismo de entrada mediante las heridas que estos producen. Para el control de heladas primaverales, el uso de control con viento, mediante hélices o helicóptero es lo más usado, mientras que también los cobertores plásticos aparecen como una alternativa, dado los 2°C extra que generan dentro de la estructura en comparación al exterior (Abud & Cía. 2015). Sin embrago el método más efectivo es el uso de sistema de control con agua, existiendo en el mercado tecnología de bajo volumen, que permite un menor consumo de agua y disminuir la cantidad de humedad en el ambiente que pudiese generar un ambiente propicio para la Psa. De todas maneras, es muy importante tener en consideración cualquiera de estos sistemas en caso de proyectos con nuevas variedades que tengan una incidencia de heladas durante el mes de septiembre y principios de octubre.

4.4. Invernadero o sistema cerrado

Esta alternativa, si bien no se usa en Chile, está pensada para la introducción de variedades rojas, dado la alta susceptibilidad a Psa y la experiencia del cultivo bajo este sistema en Italia, que ha logrado buenos resultados.

5. RENTABILIDAD ESPERADA

5.1. Retorno a productor

Se considera retornos promedio de las últimas 5 temporadas para kiwi 'Hayward' y 'Jintao' en Chile, de acuerdo con datos del grupo de comercialización Profruta y considerando una proyección de demanda favorable en los próximos 10 años. En el caso de variedades rojas, se consideran retornos en el mercado europeo de la variedad 'Red Passion'.

Tabla 2. Retorno promedio para los diferentes tipos de variedades.

VARIEDAD	PROYECTADO US$/KG	MERCADO INTERNO US$/KG
VERDE	$ 0,88	0,15
AMARILLO	$ 1,30	0,25
ROJO	$ 2,50	0,30

5.2. Costo de cosecha

Datos reales obtenidos de huertos de la zona de Curicó.

Tabla 3. Costo de cosecha promedio

	US$/Kg
KIWI	0,06

5.3. Embalaje

Estándar de embalaje y categoría de fruta deseable, de acuerdo con criterios de calidad de exportadoras de las regiones de O'Higgins y Maule. CAT1 se refiera a fruta cilíndrica y sin defectos de forma. CAT 2 es fruta con defectos menores, por lo que obtiene por lo general un menor retorno para el productor.

Tabla 4. Porcentaje de embalaje por tipo de variedad.

VARIEDAD	CAT 1	CAT 2	COMERCIAL
VERDE	90%	10%	5%
AMARILLO	90%	10%	5%
ROJO	80%	20%	8%

5.4. Producción

Considera la producción óptima que se debiera esperar de una nueva variedad, cultivada en condiciones adecuadas, dado las experiencias en Chile del comportamiento de variedades anteriores.

Tabla 5. Producción a proceso en huertos en plena producción, para las distintas variedades.

VARIEDAD	KG/HA	TECNOLOGÍA NECESARIA
VERDE	45.000	
AMARILLO	35.000	COBERTOR PLÁSTICO
ROJO	28.000	TÚNEL INVERNADERO

5.5. Inversión por hectárea y total

Basado en datos reales de la temporada 2022-23 de huerto de kiwi de la zona de Curicó, considera marco de plantación de 4 x 2 metros, 16,6% de polinizantes y formación de brazo unilateral. Sistema de riego con doble línea de goteo.

Tabla 6. Costos de inversión para la implementación de un proyecto de kiwi.

ÍTEM	UNID.	US$/UN	US$ HA
HOYAD. - PLANTACIÓN	1.250	0,56	700
ESTRUCTURA 1° AÑO	1	8.889	8.889
ESTRUCTURA 2° AÑO (FORMACIÓN)	1	2.222	2.222
LEVANTAR PARRÓN (M.O)	1	2.222	2.222
PLANTAS (4 X 2 M)	1.250	5,56	6.950
ENMIENDAS	1.250	0,56	700
PROTECTORES	1.250	0,40	500
PREPARACIÓN SUELO	1	2.778	2.778
RIEGO TECNIFICADO	1	4.444	4.444
OBRAS CIVILES	1	2.000	2.000
TOTAL INVERSIÓN			***31.405***

Costos inversiones extra

En kiwi amarillo se considera el uso de cobertor plástico para evitar infección por Psa, reducir golpe de sol y estrés, lo cual debe hacerse desde el año 1 o 2. En zonas de bajo riesgo de Psa se puede hacer una cobertura con malla.

En el caso de kiwi rojo, al ser más sensible a Psa, se debe considerar una estructura plástica totalmente cerrada, para reducir al máximo las ventanas de infección y evitar que la bacteria pueda ingresar.

Tabla 7. Costo de inversión para variedades amarillas y rojas.

	VALOR/HA	RECAMBIO/HA
COBERTORES PLÁSTICOS	35.000	10.000 6 AÑOS
TÚNEL INVERNADERO	90.000	25.000 6 AÑOS

5.6. Costos operacionales

Estos costos son sin considerar cosecha, obtenidos de datos reales de huertos de la zona de Curicó. Para el primer año se calcula el 50% y para el segundo el 75%, dado los menores costos asociados a la formación y la entrada a producción en la tercera hoja.

Tabla 8. Costos operacionales por hectárea para las distintas variedades.

VARIEDAD	COSTOS US$/HA
VERDE	12.000
AMARILLO	15.000
ROJO	15.000

5.7. Curva de producción

Curva de producción que considera plantación de planta en bolsa en octubre y sin contratiempos en la formación de huerto.

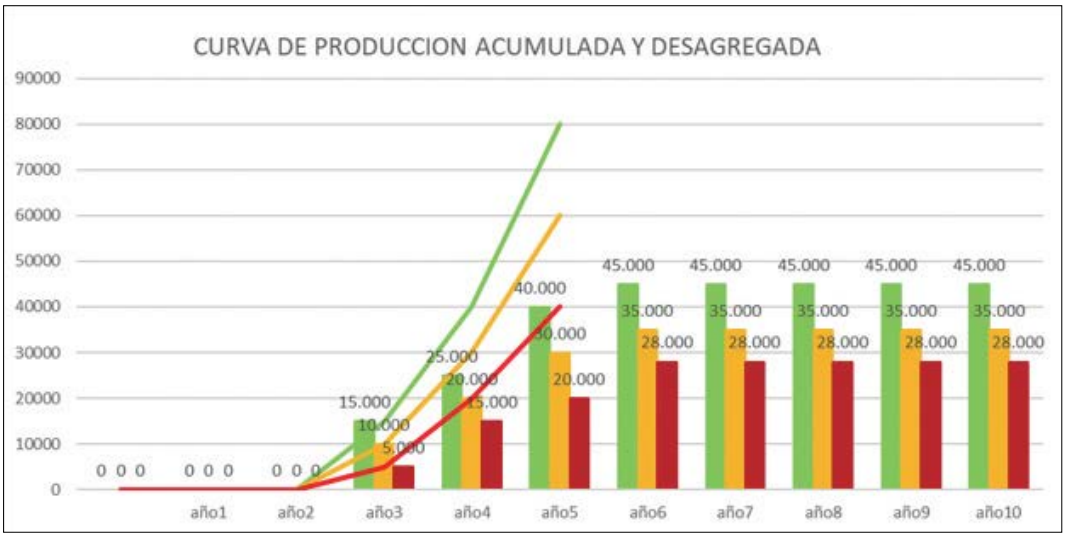


Figura 18. Curvas de producción para variedades verdes, amarillas y rojas.

5.8. Rentabilidad por hectárea

Se calcula con los ingresos de kilos exportados y de mercado interno, menos los costos de inversiones, operacionales y de cosecha. La celda coloreada indica la estabilización de la rentabilidad en el tiempo.

Tabla 9. Escenario con retorno de US$0,8/kg para verde, US$1,3/kg para amarillo y US$2,5/kg para rojo.

RENTABILIDAD POR HA										
Variedad	**AÑO 1**	**AÑO 2**	**AÑO 3**	**AÑO 4**	**AÑO 5**	**AÑO 6**	**AÑO 7**	**AÑO 8**	**AÑO 9**	**AÑO 10**
VERDE	- 37.655	- 6.250	- 2.375	4.375	14.500	17.875	17.875	17.875	17.875	17.875
AMARILLO	- 38.905	- 43.500	- 3.650	7.700	19.050	24.725	14.725	24.725	24.725	24.725
ROJO	- 38.905	- 97.500	- 3.900	18.300	29.400	40.500	15.500	40.500	40.500	40.500

VPN/HA	TIR /HA esperada
$28.023	**20%**
$15.871	**15%**
$25.194	**15%**

Tabla 10. Escenario con piso de retorno de US$0,6/kg para verde, US$1,0/kg para amarillo y US$2,0/kg para rojo.

RENTABILIDAD POR HA										
Variedad	**AÑO 1**	**AÑO 2**	**AÑO 3**	**AÑO 4**	**AÑO 5**	**AÑO 6**	**AÑO 7**	**AÑO 8**	**AÑO 9**	**AÑO 10**
VERDE	- 37.655	- 6.250	- 5.075	- 125	7.300	9.775	9.775	9.775	9.775	9.775
AMARILLO	- 38.905	- 43.500	- 6.350	2.300	10.950	15.275	5.275	15.275	15.275	15.275
ROJO	- 38.905	- 97.500	- 6.150	11.550	20.400	29.250	4.250	29.250	29.250	29.250

VPN/HA	TIR /HA esperada
$-6.813	**10%**
$-24.377	**6%**
$-21.872	**9%**

Bibliografía

- Abud & Cía. 2015. Uso de cobertores plásticos en el cultivo del kiwi amarillo, transferencia tecnológica de un potencial sistema de contención de *Pseudomona syringae* pv *actinidiae* (Psa). CORFO 15PDTD-43757.
- Barriga, M. y Pizarro R. (2023). La imprescindible metamorfosis del kiwi chileno. Redagricola.
- Castro, H., Siopa, C., Casais, V., Castro, M., Loureiro, J., Gaspar, H. y Castro, S. (2021). Pollination as a key management tool in crop production: Kiwifruit orchards as a study case. Scientia Horticulturae, volumen 290.
- Changqing, G., Leilei, H., Wentai, F., Zhenchao, W., Hanhui, J., Rui, L. y Longsheng F. (2023). A novel pollination robot for kiwifruit flower based on preferential flowers selection and precisely target. Computers and Electronics in Agriculture, volumen 207.
- Costa, G., Succi, F., Biasi, R. y Miserocchi, O. (1987). Vegetative and cropping performance of kiwifruit (cv. Hayward) as related to pruning length and bud number. First International Symposium Kiwi, Padova, Italy, 14–16 Oct.
- García, H., Cifuentes-Esquivel, N., Moya-Elizondo, E., Piontelli E., Palma, M., San Martín, J., Vega, Y., Chávez, E., Donoso, E., Ramos, C. (2020). Reclasificación y caracterización del agente causal de la Verticilosis (*Verticillium albo-atrum*) del kiwi amarillo (*Actinidia chinensis*) como *Verticillium gasparii* sp. nov. y detección específica a través de qPCR-HRM. LXX Congreso Agronómico.
- García, J. García, G. y Ciordia M. (2014). Variedades de kiwi. Tecnología agroalimentaria. Boletín informativo del SERIDA 14, 2-7.
- Judd, M. J., McAneney, K. J., y Wilson, K. S. (1989). Influence of water stress on kiwifruit growth. Irrigation science 10, 303-311.
- Miller, S.A., Smith, G.S., Boldingh, H.L. y Johansson, A. (1998). Effects of water stress on fruit quality attributes of kiwifruit. Annals of Botany, 81(1): 73–81.
- Ontivero, M., Abel, H. y Baghin, L. (2012). Evolution of the size and weight of “Hayward” kiwifruit (*Actinidia deliciosa* (A. Chev.) Liang et Fergurson) cultivar during the final stage of growth. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo 44(2): 99-108.
- Saavedra, J., Abud, C., Cuevas, R. y González P. (2017). Impact of plastic covers on the progression of P. syringae pv. Actinidiae and fruit productivity in yellow kiwifruit Orchard. Poster in IX International Symposium on Kiwifruit.
- Shunsheng, Z., Shouzheng, J., Ningbo, C., Lu, Z., Daozhi, G., Yaosheng, W., Zongjun, W. y Quanshan, L. (2023). Deficit drip irrigation improves kiwifruit quality and water productivity under rain-shelter cultivation in the humid area of South China. Agricultural Water Management, volumen 289, 108530.
- Testolin, R. (1990). Kiwifruit Yield Efficiency, Plant Density, and Bud Number per Surface Unit. Journal of the American Society for Horticultural Science, 115(5):704-707.

CAPÍTULO 5
ETAPAS FENOLÓGICAS

Autor: Comité del Kiwi, Frutas de Chile

INTRODUCCIÓN

La fenología es el estudio de los eventos biológicos que ocurren periódicamente, como son la brotación, floración, crecimiento y madurez del fruto, cada una de estas etapas está estrechamente vinculada a cambios estacionales y climáticos, especialmente a los provocados por la variable de temperatura. La temperatura inicia todos los procesos biológicos que resultan en la ocurrencia de una determinada etapa fenológica.

La fenología define la temporada y la duración del crecimiento, por lo que es, uno de los fenotipos más importantes considerados en la selección varietal en agronomía, ya que determina el rendimiento y la calidad organoléptica de la cosecha.

El conocimiento de la fenología es fundamental para el correcto manejo de una variedad, el reconocimiento de las etapas fenológicas como la brotación, floración y maduración de la fruta son esenciales para lograr implementar las diferentes prácticas de manejo (poda; aplicación de biorreguladores, fertilizantes, pesticidas, etc.; polinización natural, manual y mecánica; raleo de flores y frutos; tiempo de cosecha, etc.) y alcanzar una alta productividad y calidad de fruta.

Las variedades de *Actinidia*, requieren diversos manejos productivos, y su éxito se encuentra condicionado, al momento en el cual se realicen. Este momento nace de sincronizar la fenología o eventos que ocurren en las plantas con los objetivos perseguidos con las labores, a partir de una planificación anual y de un atento seguimiento durante cada temporada, basado en la observación tanto del desarrollo de los brotes, flores, frutos y raíces como del ambiente aéreo y subterráneo (Sabaini, 2013).

Uno de los manejos más importantes es la aplicación de cianamida hidrogenada, la cual rompe el letargo y aumenta la brotación y floración en zonas con déficit de horas de frío, este producto se aplica 40 días antes de brotación, por lo que es determinante identificar esta etapa.

Otra de las etapas que es necesario su identificación, es la floración, tanto para el caso de huertos que dependan de polinización natural con abejas o polinización asistida. La polinización en kiwi es primordial para alcanzar un nivel adecuado de la cuaja, mejorar la calidad, aumentar el calibre, y por lo tanto el rendimiento de un huerto. En la polinización a través de abejas se recomienda instalar las colmenas cuando se tiene al menos un 10% de flores abiertas para evitar que las abejas se desvíen y busquen otras flores más atractivas. En el caso de la polinización artificial o asistida, que ha sido un sistema utilizado por algunos huertos de kiwi amarillo en Chile, su eficiencia depende de varios factores, uno de ellos es el estado de la floración, donde se recomienda aplicar el polen por lo menos en 2 pasadas, 40-50% y 80% de flores abiertas. También, es clave la etapa de botón floral ya que durante este periodo se realiza el raleo, que regula la carga excesiva, para disminuir la competencia entre los frutos. El raleo y la polinización son determinantes en la forma final de las frutos, por ello, estos manejos requieren de una alta sincronía con la fenología de las plantas y una prolijidad suficiente y competencias de gestión (Sabaini, 2018).

Entre otros manejos en kiwi, se encuentra la aplicación de reguladores de crecimientos, los que tienen como objetivo aumentar el diámetro y peso de los frutos, esta aplicación se realiza en diciembre durante la primera etapa de crecimiento del fruto, se efectúa entre los 30 o 40 días después de plena flor, lo que implica el seguimiento periódico de la fenología.

La etapa de crecimiento de los frutos en kiwi, es un periodo relativamente largo, lo que permite llevar el seguimiento de la evolución del peso a través de curvas de calibre, con la finalidad de mantener informado al productor o tomar medidas en el caso del observar problemas en las tasas del crecimiento. Las curvas de calibre en kiwi, se describen como un aumento de peso fresco o volumen de fruto con dos fases distintas, aproximadamente lineales, la primera una fase inicial con un rápido crecimiento que dura hasta 50 a 60 días después de plena flor, momento en el cual se alcanza casi la mitad del volumen final de la fruta; y la segunda una fase más larga, de crecimiento más lento que dura aproximadamente 100 días hasta la cosecha (Hall et al., 1996). Dado el comportamiento de crecimiento de la especie, permitiría aproximarse, a partir de la recopilación de datos de varias temporadas, a un modelo de predictivo de calibre, el cual sería una herramienta muy apreciada por productores, ya que la capacidad de predecir el tamaño promedio y su distribución ayudarían a orientar las decisiones sobre el manejo del cultivo y la planificación del embalaje, transporte y comercialización de la fruta.

También, durante la etapa de crecimiento, que se produce aproximadamente desde diciembre hasta abril, se realiza monitoreo de la evolución de los parámetros de madurez, los que son clave en kiwi para determinar la fecha de cosecha, debido a su condición particular de maduración en esta especie.

Para elaborar descripciones de las distintas etapas de crecimiento fenológico en varios cultivos frutales, incluido el kiwi, se utiliza la escala BBCH. La escala Biologische Bundesantalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie (BBCH), fue desarrollada por un grupo de empresas agroquímicas, para su uso universal en plantas, y describe los cambios fenológicos en el crecimiento utilizando una escala numérica común.

ESCALA BBCH

La observación y registro de eventos fenológicos tiene larga tradición, la historia de la fenología y su importancia en el presente y en el futuro es descrita por más de 50 científicos de diferentes disciplinas. La necesidad de una comprensión común de la terminología también es importante para la descripción de las etapas fenológicas de crecimiento de las plantas, por lo que la escala BBCH es una buena base para satisfacer esta necesidad. (Meier et al., 2009)

Durante los últimos 70 años, numerosos autores han publicado escalas descriptivas de etapas de desarrollo para diferentes especies de plantas individuales, entre los que se encuentra, Zadoks et al. (1974) quien presentó una escala decimal numérica ajustada para cereales y arroz que todavía se utiliza. Desde 1979 hasta 1988, el Centro Federal de Investigaciones Biológicas para la Agricultura y la Silvicultura (BBA) publicó una serie de folletos, con escalas basadas en general en la publicación de Zadock et al. (1974), las cuales presentaban una desventaja importante, la falta de un código común que permitiera comparar directamente de las etapas de crecimiento homólogas de diferentes cultivos. Luego, el equipo formado por empleados de cuatro empresas químicas que llevan décadas investigando en el campo agrícola, elaboró una escala común para la descripción de las etapas fenológicas de crecimiento de plantas mono y dicotiledóneas. El sistema de codificación BBCH es un avance del sistema de codificación Zadoks y fue publicado por primera vez por Bleiholderet al. (1989), lo que rápidamente

generó interés y se distribuyó internacionalmente. En 1991, diferentes grupos de trabajo formaron un nuevo grupo cooperativo, y el primer resultado de este trabajo fue la publicación de los principios de la escala general mejorada BBCH (Hack, 1992). Desde 1992 los miembros de este grupo de trabajo, publican en diversas revistas científicas escalas BBCH extendidas para cultivos específicos.

La escala extendida BBCH es una codificación uniforme de identificación fenológica de estados de desarrollo para todas las especies de plantas mono y dicotiledóneas. El ciclo completo de desarrollo de las plantas se subdivide en diez etapas principales de crecimiento, estos estadios principales, son descritos usando números del 0 al 9 en orden ascendente, iniciándose con la germinación o brotación (estadio 0), según la planta, y finalizando con la muerte o el inicio de la dormancia (estadio 9) (**Cuadro 1**). Es importante considerar que según la especie de la planta, pueden producirse cambios en el proceso de desarrollo, o también puede suceder que determinados estadios no tengan lugar. Los estadios principales de crecimiento, no son adecuados para definir exactamente fechas de aplicación o evaluación, porque ellos describen tiempos amplios en el curso del desarrollo de la planta.

Cuadro 1. Estadios principales de crecimiento. (Hack et al., 1992)

Estadio	Descripción
0	Germinación, brotación, desarrollo de la yema
1	Desarrollo de las hojas (brote o tallo principal)
2	Formación de brotes laterales / macollamiento
3	Crecimiento longitudinal del tallo o crecimiento en roseta, desarrollo de brotes (retoños)/encañado (tallo principal)
4	Desarrollo de las partes vegetativas cosechables de la planta o de órganos vegetativos de propagación/embuchamiento
5	Aparición de la inflorescencia (tallo principal) / espigamiento
6	Floración (tallo principal)
7	Desarrollo del fruto
8	Coloración o maduración de frutos y semillas
9	Senescencia, comienzo de la dormancia

Los estadios secundarios también se numeran del 0 al 9, correspondiendo a valores ordinales o porcentuales del desarrollo, por ejemplo el estadio 3 puede representar: 3era hoja verdadera, tercer brote, tercer nudo, 30% de la longitud final típica de la especie o 30% de las flores abiertas. Los estadios secundarios son usados para describir con precisión fases cortas, ocurridas durante un determinado estadio principal de desarrollo. La combinación de los números de un estadio principal de crecimiento y el número de un estadio secundario de crecimiento conducen al código digital de 2 cifras. El código de 2 dígitos es una escala que ofrece la posibilidad de precisar y definir todos los estadios fenológicos para la mayoría de las especies de plantas (Hack et al., 1992).

La escala BBCH (Biologische Bundesantalt, Bundessortenamt und Chemis che Industrie) es un sistema unificado para caracterizar todo el ciclo de desarrollo de la planta para una amplia gama de cultivos, y ha sido utilizada por varios autores para clasificar diferentes familias de plantas: Meier et al. (1993) para la remolacha; Hack et al. (1993) para papa; Meier et al. (1994) para los frutos de hueso y pepita, grosella y fresa; Lorenz et al. (1994) para vid; Feller et al. (1995) para varias hortalizas; Agustí et al. (1995) para especies de cítricos, y Martínez Calvo et al. (1999) para el níspero japonés (*Eriobotrya japonica* Lindl). Además, la aplicación de la escala BBCH se ha extendido a árboles frutales como caqui (García Carbonell et al., 2002), chirimoya (Cautín y Agustí, 2005), mango (Hernández Delgado et al., 2011), aguacate (Alcaraz et al., 2013), durazno (Mounzer et al., 2008), damasco (Pérez-Pastoret al., 2004) y kiwi (Salinero et al., 2009).

En kiwi, una de los primeros estudios de la fenología de 'Hayward' (*Actinidia chinensis* var. *deliciosa*) la hizo Brundell (1975a, b), quien propuso seis etapas para el desarrollo de las yemas después del letargo invernal, y otras seis etapas para el desarrollo de yemas florales hasta la plena floración. Luego en 2009, Salinero et al. describieron todas las etapas de desarrollo fenológico de las plantas de kiwi 'Hayward' utilizando la escala BBCH, proporcionado descripciones detalladas de las principales etapas de crecimiento para yemas, hojas, brotes, aparición de inflorescencia, floración, desarrollo de la fruta, madurez de la fruta y senescencia. Otras descripciones publicadas, basada en el sistema BBCH, son: la realizada en *Actinidia chinensis* 'Hort16A', centrada específicamente en el desarrollo fruto, desde la antesis hasta la senescencia, e incluye el crecimiento y maduración del fruto (Richardson et al. 2011); la descripción para cuatro variedades de *Actinidia arguta* 'Geneva', 'Jumbo', 'Ken's Red' y 'Weiki' (plantas pistiladas y estaminadas), desde el letargo hasta la cuaja (Van Labeke et al. 2015); la presentación de todas las etapas principales de crecimiento fenológico de dos variedades de kiwi ('Hayward' y 'Bruno') y algunos híbridos rumanos intra e interespecíficos de *Actinidia* (Iliescu et al., 2020) y la descripción de 41 etapas de crecimiento secundario en *Actinidia deliciosa* 'Jinfu', que busca respaldar la introducción y promoción de una nueva cultivar de kiwi (Zhang et al. 2024).

Los estudios realizados para determinar la fenología en diferentes variedades de *Actinidia* spp., han permitido demostrar que existen claras diferencias estacionales en el desarrollo de las etapas fenológicas, principalmente en la brotación, floración y madurez del fruto.

Al establecer por primera vez un nuevo cultivar de *Actinidia* spp., podemos identificar la necesidad de ampliar el conocimiento sobre su fenología, con el objetivo de obtener información específica que nos permita desarrollar de mejor forma las prácticas de manejo productivo más importantes de la especie, las que pueden tener un impacto significativo en el rendimiento y calidad de un huerto.

APLICACIÓN DE LA ESCALA BBCH

1. Objetivo

Las nuevas variedades de *Actinidia* spp. son una oportunidad de negocio importante para la industria del kiwi en Chile, ya que los mercados cambian y es necesario ir ampliando la oferta existente. Según la experiencia adquirida con la producción de variedades amarillas en Chile, son varios los factores que han condicionan el éxito de este negocio, entre los que se encuentran la adaptación al clima local, problemas fitosanitarios, productividad y poscosecha.

En productividad, una de las metas es acercarnos a una correcta gestión de los manejos productivos, tomando en cuenta la oportunidad y prolijidad en la ejecución de las labores. La determinación y seguimiento de la fenología es una herramienta para alcanzar la óptima gestión productiva ya que proporciona la oportunidad para alcanzar los objetivos que se buscan con los manejos.

La escala BBCH es capaz de describir todas las etapas fenológicas de un cultivo, y su utilización en terreno ha resultado útil y práctica, por lo que a continuación, se describirá el desarrollo, implementación y adaptación de una metodología para la determinación de etapas fenológicas en *Actinidia* spp.

2. Metodología

Se registraron datos durante dos temporadas consecutivas de crecimiento (2020-21 y 2021-22), en dos huertos adultos con producción de kiwi estable y comercial, los huertos estaban ubicados en la región de O´Higgins. Los cuarteles monitoreados correspondían a sectores de plantaciones que presentaban una dinámica de maduración similar y una superficie máxima de cinco hectáreas.

En cada huerto se siguió el crecimiento en dos cuarteles: en el primer huerto ubicado en la localidad de Quinta de Tilcoco, en las variedades *A. chinensis* var. *chinensis* 'Dori' y *A. chinensis* var. *deliciosa* 'Hayward' y el segundo huerto ubicado en Placilla, en *A. chinensis* var. *chinensis* 'Soreli' y *Actinidia chinensis* var. *chinensis* 'Jintao'.

En cada uno de los cuarteles se llevó el registro de las condiciones específicas asociadas a la producción como son:

- Características generales del huerto (año de plantación, distancia de plantación, orientación de las hileras, % de polinizantes, usos de coberturas, sistema de riego, tipo de suelo)
- Variables climáticas (temperaturas, radiación, precipitaciones)
- Manejos culturales (poda, raleo, tipo de polinización, control fitosanitario y aplicaciones de productos como CPPU, cianamida hidrogenada).

En cada cuartel, se ubicaron 6 sectores representativos y distribuidos en la totalidad de la superficie. Dentro de cada sector se eligieron 2 plantas, y en cada una se marcaron cuatro cargadores, los cuales se ubicaron en distintas orientaciones.

Las mediciones se realizaron dos a tres veces por semana, y consistían en la observación y registro de las etapas fenológicas primarias y secundarias presentes en cada cargador (Salinero et al., 2009). Es importante considerar al momento de determinar una etapa, que en el caso de la escala BBCH, la descripción de un estadio de crecimiento está basada en las características principales de una planta individual, si la escala es usada para describir un estadio de desarrollo de una población de plantas, la descripción debe por lo menos describir el 50% de la población de plantas. (Hack et al., 1992)

Se describieron las principales etapas de crecimiento para el desarrollo de yemas, hojas, aparición de inflorescencia, floración, desarrollo de fruto, madurez del fruto y senescencia, con un total de 20 etapas de crecimiento secundarias. A continuación el detalle de las mediciones:

Desarrollo de la yema (0)

00. Las yemas de la temporada anterior están completamente cerradas. Se ve un pequeño ostiolo (menor a 2 mm de diámetro).

01. Empieza la hinchazón de la yema: Yemas activas empiezan a hincharse. Escamas cubiertas de tricomas blancos comienzan a ser visibles.

03. Fin de la hinchazón de la yema: Escamas, densamente cubiertas de tricomas café en su cara abaxial, sobresalen a través de un tejido corchoso desde el tallo.

07. Inicio de la brotación: Yemas florales y foliares contenidas por escamas cubiertas de tricomas café.

09. Escamas separadas, se ven las puntas de hojas verdes, cubiertas por tricomas café.

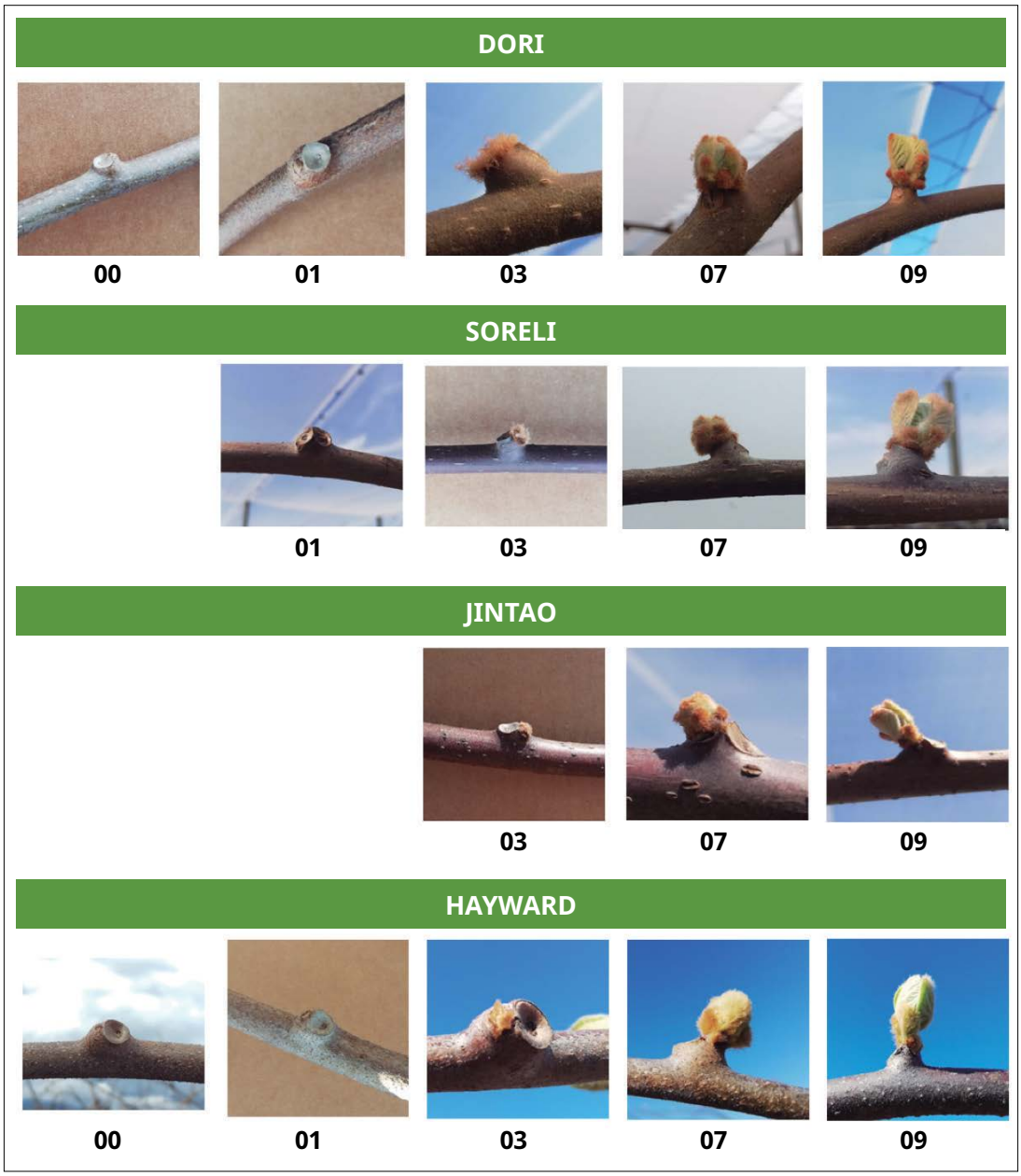


Figura 1. Estados fenológicos del desarrollo de yema, para distintas variedades de *Actinidia* spp.

Desarrollo de hojas (1)

11. Se ven hojas expandidas y empiezan a extenderse lejos del brote.

12-18. De dos a ocho hojas o más expandidas, pero no todavía al tamaño final.

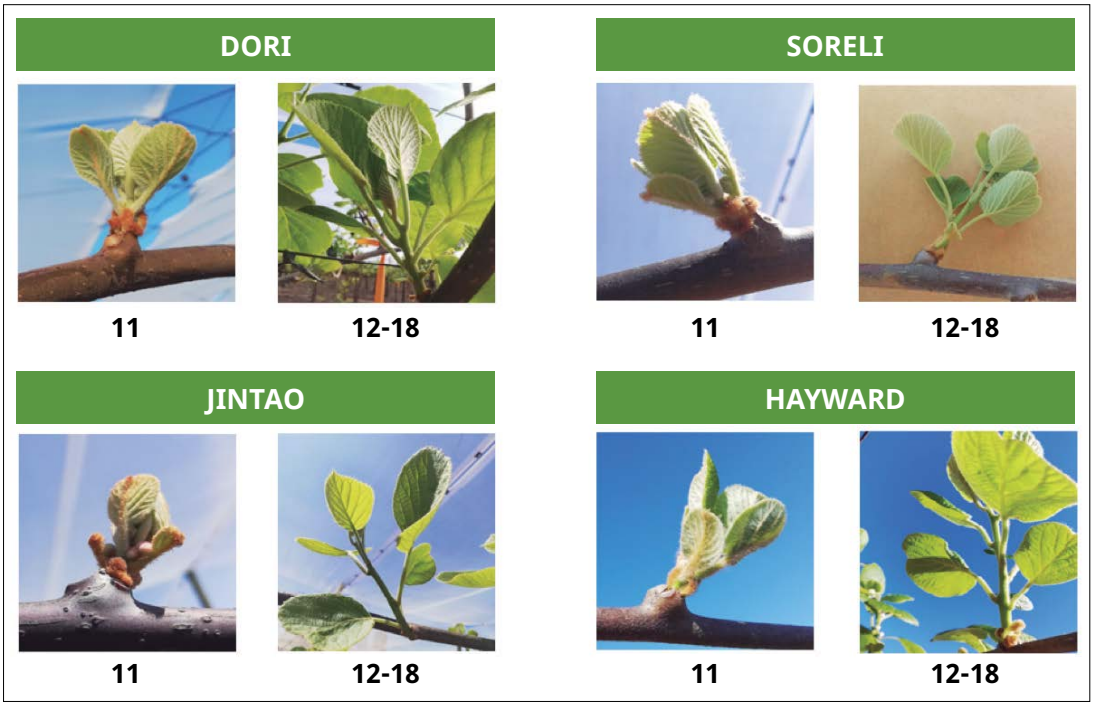


Figura 2. Estados fenológicos del desarrollo de hojas, para distintas variedades de *Actinidia* spp.

Aparición de inflorescencia (5)

51. La yema floral se hincha (las flores nacen como singles o tripletes en axila de la hoja): Los botones están cerrados, sin pedúnculo, se aprecian sépalos verdes cubiertos por tricomas.

53. Crecimiento del botón floral: El botón todavía está cerrado, pedúnculos rojizos elongándose.

56. Los sépalos se separan, y los pedúnculos se elongan y engrosan: La corola se ve claramente, es más larga que el cáliz, cambia de color de blanca verdosa a blanca.

59. Varios pétalos separados: Los pistilos todavía no se ven y son más largos que el cáliz.

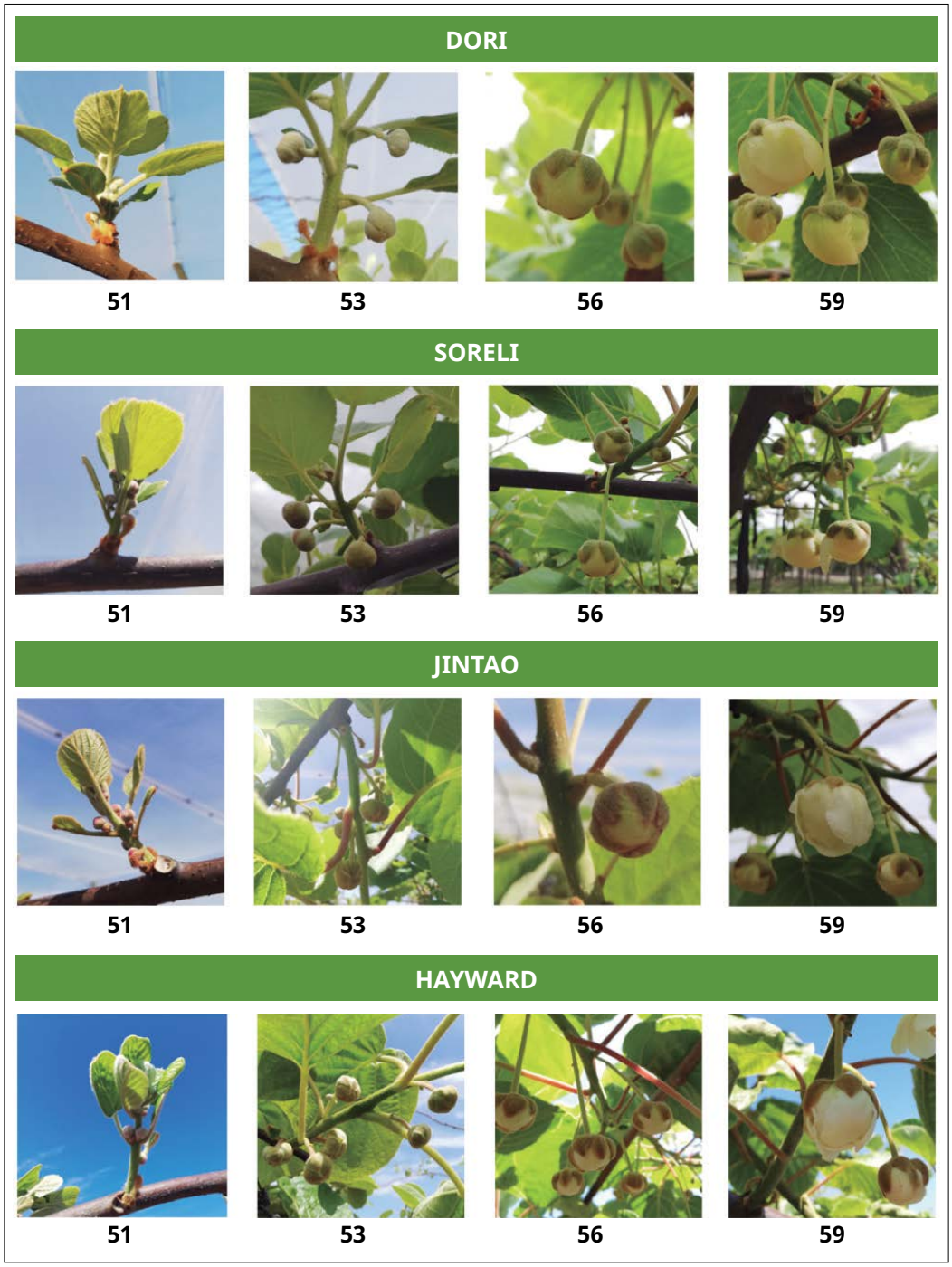


Figura 3. Estados fenológicos del desarrollo del botón floral, para distintas variedades de *Actinidia* spp.

Floración (6)

60. Primeras flores se abren: La corola con forma de campana.

65. Completa floración, al menos 50% de las flores abiertas, flores con pétalos extendidos.

67. Primeros pétalos debilitándose o cayendo: Algunos pistilos todavía fértiles.

69. Fin de la floración, fruto cuajado visible.

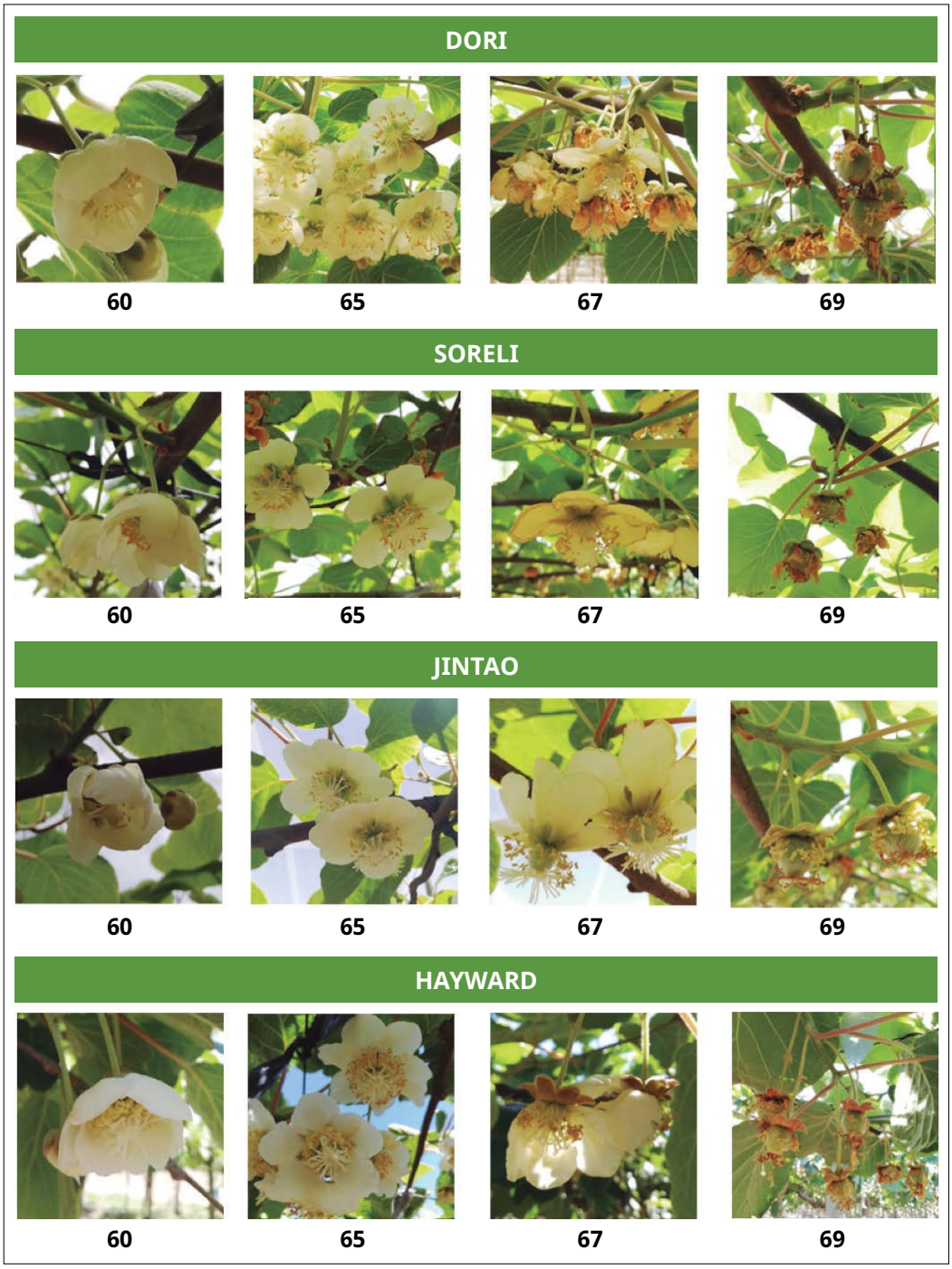


Figura 4. Estados fenológicos de la floración, para distintas variedades de *Actinidia* spp.

Desarrollo del fruto (7)

75. Frutos alcanzan el 50 % del tamaño final

79. Frutos alcanzan el 90 % del tamaño final, frutos adecuados para cosecha comercial.

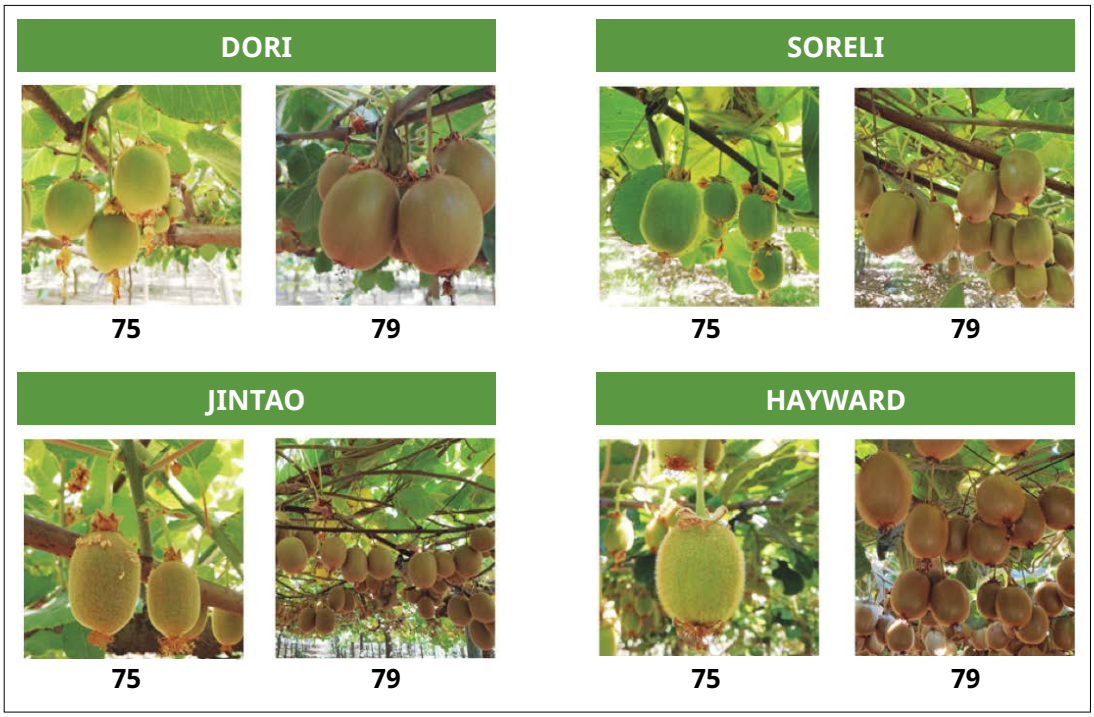


Figura 5. Estados fenológicos del desarrollo del fruto, para distintas variedades de *Actinidia* spp.

En la etapa del desarrollo del fruto, cada estadio se estima cuando los frutos alcanzan un porcentaje del tamaño final, por lo que se realizó el seguimiento de crecimiento en los frutos. Para este seguimiento se marcaron 100 frutos distribuidos en las 12 plantas marcadas inicialmente, las mediciones consistieron en el registro de las medidas del diámetro polar, diámetro ecuatorial mayor y diámetro ecuatorial menor, y se realizaron cada 10 días, iniciando a los 30 después del plena flor y terminado hasta cuando los frutos fueron cosechados comercialmente. Los datos obtenidos proporcionarán la información necesaria para construir la curva de crecimiento del cuartel.

Madurez del fruto (8)

85. Fruto maduro para cosecha comercial.

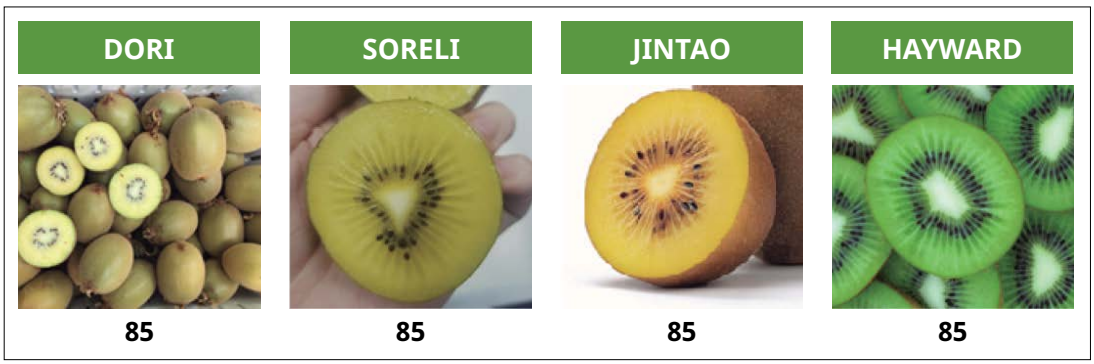


Figura 6. Estado fenológico 85, para distintas variedades de *Actinidia* spp.

En el estadio de madurez de fruto sólo se registró cuando el fruto alcanza la madurez de cosecha, que es determinada cuando los frutos alcanzan los parámetros madurez óptimos (sólidos solubles, materia seca, color, etc.) establecidos para la variedad.

Para determinar los estadios secundarios de la etapa de madurez del fruto, se requiere de datos más detallados de los parámetros de madurez, entre los cuales están los sólidos solubles, firmeza, color, acidez titulable, materia seca, y almidón. El objetivo del análisis de madurez del fruto es determinar la ventana de cosecha del kiwi, a través de la evolución de los parámetros de madurez durante el desarrollo del fruto.

Senescencia, inicio de dormancia (9)

93. Empieza la senescencia del follaje antiguo, las hojas se caen.

97. Todas las hojas se caen, comienza el período de receso invernal.

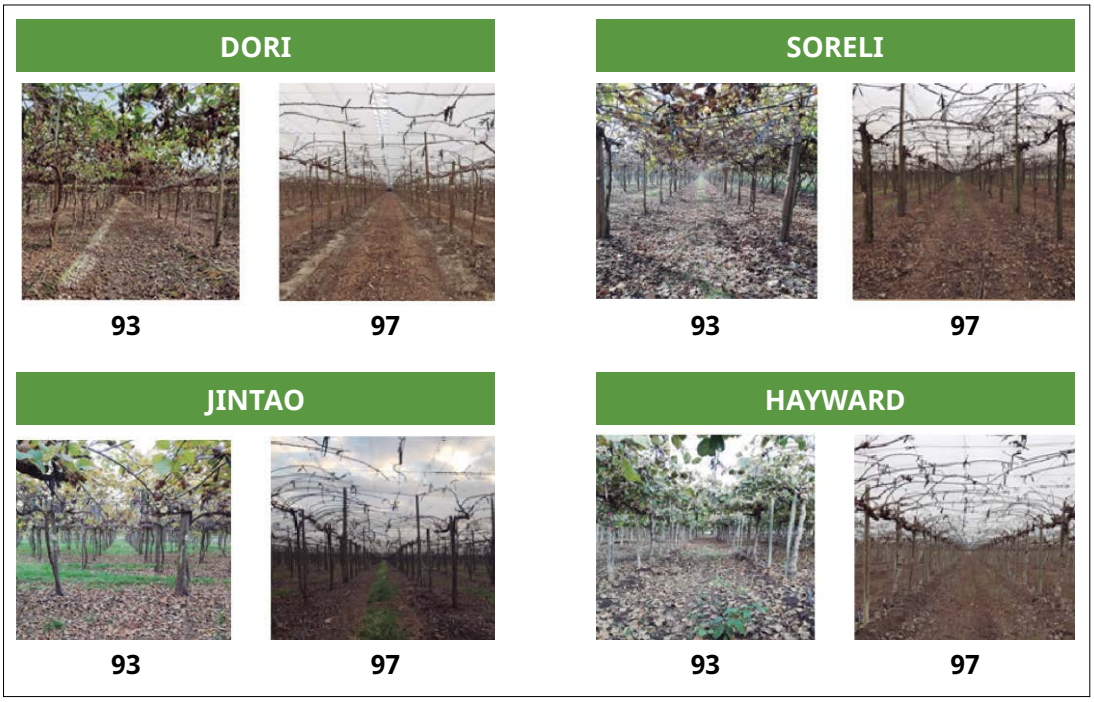


Figura 7. Estados fenológicos del inicio de dormancia, para distintas variedades de *Actinidia* spp.

En la etapa 9 de senescencia, se registró la caída de hojas, este evento marca el inicio de la dormancia y la acumulación de horas de frío, durante esta medición se realizó el conteo y caída de las hojas en los cargadores marcados inicialmente.

RESULTADOS Y CONSIDERACIONES

La escala BBCH resulta fácil y práctica para ser aplicada en *Actinidia* spp. durante todo su ciclo de crecimiento. A través de las descripciones detalladas, es posible identificar claramente las etapas en que se encuentra el cultivo ya que se utilizan características externas que se aprecian a simple vista. (**Figura 8**)

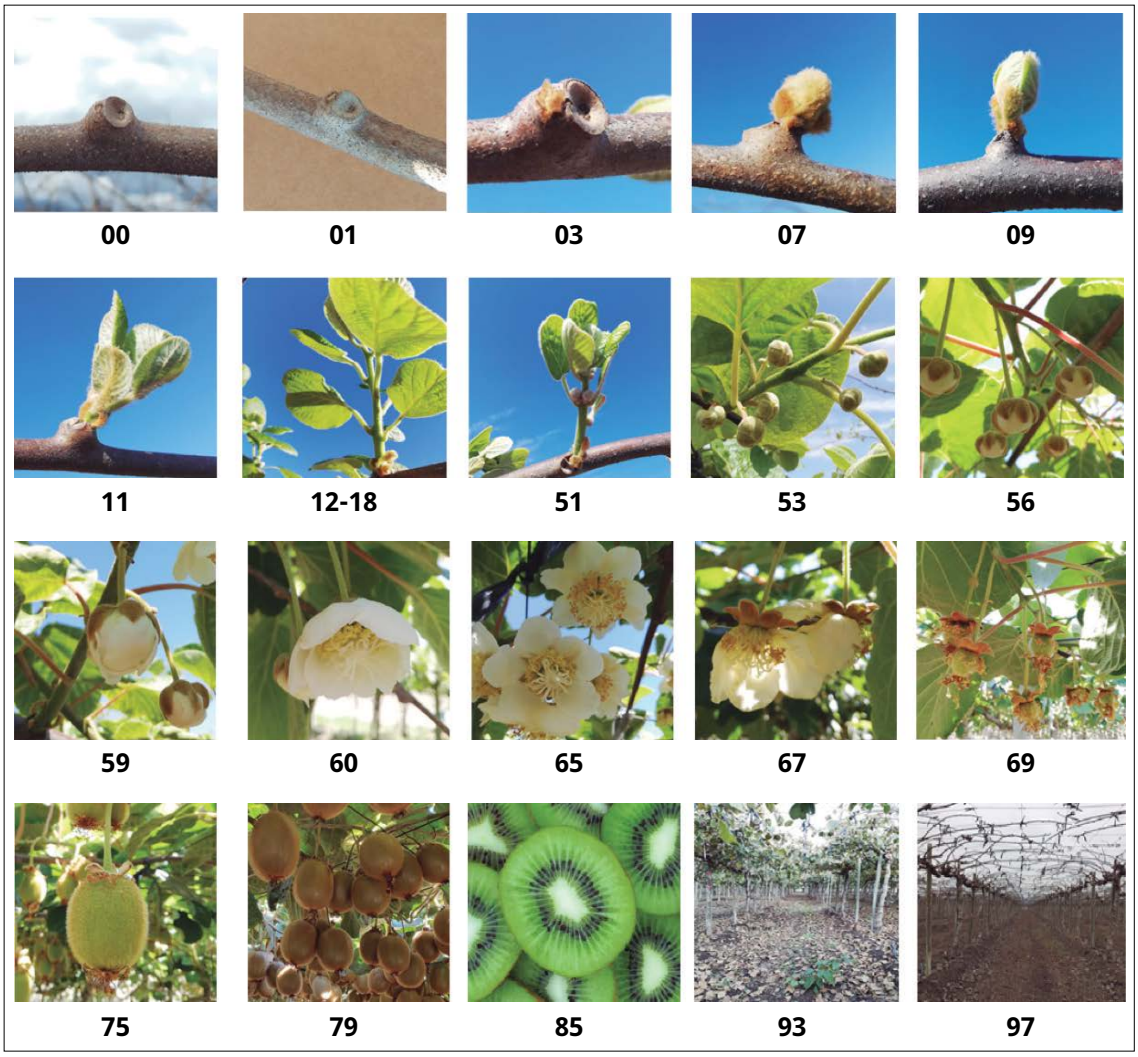


Figura 8. Etapas fenológicas primarias y secundarias de *Actinidia deliciosa* cv. 'Hayward', según la escala BBCH.

Durante las dos temporadas de implementación de la escala, se logró mejorar y simplificar algunos aspectos de la metodología, como son, la selección e identificación de 20 etapas fenológicas secundarias. Inicialmente, se consideró evaluar 29 etapas, de las cuales algunas se eliminaron por ser un estadio muy corto, no poder identificarse claramente o por no tener relevancia práctica su identificación. Las 20 etapas seleccionadas son las más relevantes para los productores ya que son una buena referencia para la correcta aplicación de los principales manejos culturales de un huerto de kiwi.

La ocurrencia de las distintas etapas en las cuatro variedades de *Actinidia* spp. estudiadas, muestran marcadas diferencias entre ellas, las que pueden llegar a 20 días entre la variedad más temprana ('Dori') y la variedad más tardía ('Hayward'). La diferencia registrada, demuestra la necesidad de conocer

específicamente cómo se comporta una nueva variedad en una zona determinada, lo que permitiría un manejo especializado de las labores. (**Tabla 1**)

Tabla 1. Comparación de los estados fenológicos para cuatro variedades de *Actinidia* spp. durante las temporadas 2020-21 y 2021-22.

2020-21											
Variedad	Desarrollo de la yema		Desarrollo de la hoja	Aparición de la inflorescencia		Floración		Desarrollo del fruto		Madurez del fruto	Senescencia
	03	09	11	53	59	65	69	75	79	85	97
DORI	04 sep	11 sept	14 sept	29 sept	13 oct	18 oct	27 oct	07 dic	11 mar	11 mar	13 may
SORELI	04 sep	14 sept	16 sept	29 sept	20 oct	24 oct	03 nov	13 dic	01 mar	01 mar	27 may
JINTAO	11 sept	22 sept	26 sept	08 oct	23 oct	31 oct	13 nov	20 dic	05 abr	05 abr	27 may
HAYWARD	08 sept	14 sept	22 sept	08 oct	27 oct	02 nov	10 nov	22 dic	05 abr	05 abr	10 jun

2021-22											
Variedad	Desarrollo de la yema		Desarrollo de la hoja	Aparición de la inflorescencia		Floración		Desarrollo del fruto		Madurez del fruto	Senescencia
	03	09	11	53	59	65	69	75	79	85	97
DORI	07 sep	10 sept	14 sept	04 oct	14 oct	18 oct	29 oct	07 dic	01 mar	01 mar	24 may
SORELI	10 sep	16 sept	23 sept	08 oct	21 oct	25 oct	02 nov	14 dic	03 mar	03 mar	25 may
JINTAO	14 sept	16 sept	23 sept	08 oct	21 oct	24 oct	02 nov	13 dic	29 mar	29 mar	25 may
HAYWARD	10 sept	20 sept	23 sept	14 oct	02 nov	06 nov	15 nov	26 dic	01 abr	01 abr	31 may

El seguimiento de crecimiento de los frutos se realizó a partir de sus dimensiones, debido a que el peso es altamente dependiente de los diámetros del fruto, lo cual se relaciona con su forma cilíndrica. Variados estudios, han demostrado que una regresión lineal funciona bastante bien para estimar el peso a partir de los diámetros del fruto.

Al ser la etapa de crecimiento del fruto en los cultivares de *Actinidia* spp., bastante larga de por lo menos cuatro meses, se vuelve muy importante mantener un monitoreo constante de las tasas de crecimiento, ya que permitiría aplicar y corregir los manejos destinados a aumentar el calibre en la fruta. Con los datos obtenidos durante dos temporadas, se elaboraron las curvas de crecimiento para las distintas variedades (**Figura 9**), que demostraron lo indicado por Hall et al 1996, que las curvas de aumento en peso o diámetro en *Actinidia* spp., tiene un comportamiento con dos fases lineales distintas. Una fase inicial donde existe un rápido crecimiento hasta los 50 o 60 días después de plena flor, seguido por una fase más larga de crecimiento que dura aproximadamente 100 días hasta la cosecha. Además, se demostró que durante la primera fase de crecimiento se alcanza casi la mitad del peso final de la fruta, por lo cual resulta necesario prestar mayor atención a los factores que influyen en el crecimiento de los frutos, ya que podrían tener un gran impacto en el resultado de la cosecha.

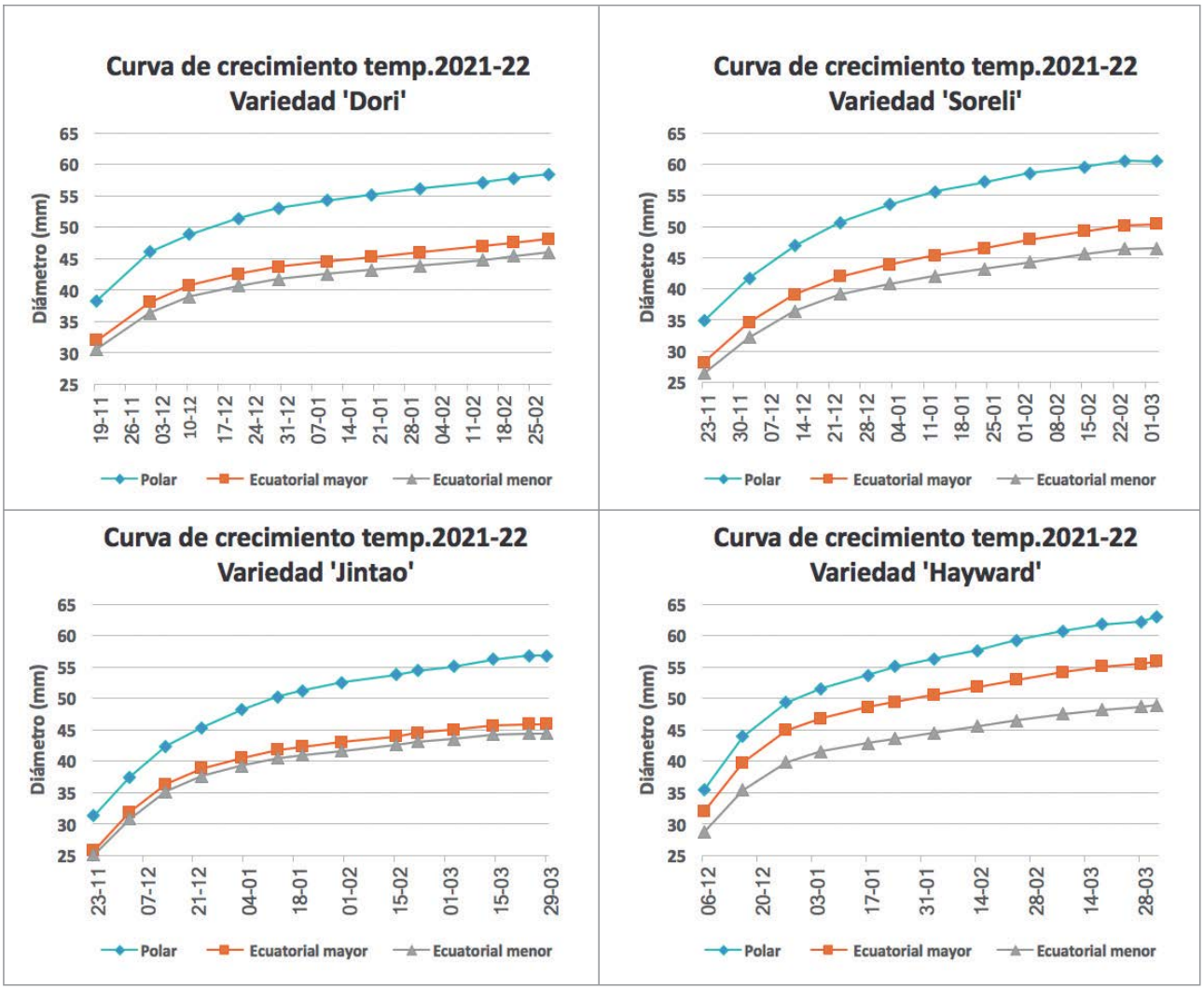


Figura 9. Curvas de crecimiento para las variedades de *Actinidia* spp. durante la temporada 2021-22.

Para la etapa fenológica de madurez del fruto, sólo se registró cuando se alcanzaron los parámetros de madurez correspondientes a la cosecha comercial. Cada variedad de *Actinidia* spp. debe establecer los valores específicos para cada parámetro (sólidos solubles, firmeza, color, acidez titulable, materia seca, y almidón), los cuales deben optimizar la calidad comestible del fruto al consumo y el tiempo de conservación. El seguimiento de la madurez del fruto basado en la escala BBCH, describe el desarrollo fisiológico de los frutos, por lo que se requiere de un análisis más detallado a nivel de laboratorio. Con el estudio de esta etapa, a través del conocimiento de la evolución de cada uno de parámetros durante el desarrollo del fruto, es posible establecer la ventana de cosecha óptima para una variedad, lo que es primordial a la hora de introducir y establecer una nueva variedad de *Actinidia* spp. debido al comportamiento inusual de maduración de la especie (**Ver Capítulo 1.- Protocolo de Evaluación de Calidad y Poscosecha**).

CONCLUSIONES

Sobre la implementación de la escala BBCH para establecer la adaptabilidad de una nueva especie o variedad de kiwi en Chile, es posible desprender consideraciones importante, primero es necesario realizar observaciones dos a tres veces por semana, realizar un registro de datos de al menos dos temporadas consecutivas, registrando tanto las etapas fenológicas primarias como las secundarias, bajo condiciones específicas como localidad, clima, características del suelo, distancia de plantación, número de plantas por hectárea, sistema de riego, sistema de polinización y manejos.

Segundo, los sectores y plantas marcadas deben estar distribuidos en la totalidad del cuartel, tratando de representar toda la unidad de medición, y considerando a nivel de las plantas, marcar cargadores en diferentes orientaciones, ya que podrían tener distinto comportamiento por efecto del microclima del cuartel.

Finalmente, la implementación de la escala BBCH resulta bastante fácil de aplicar, y proporciona un amplio conocimiento de una especie o variedad, recomendando su uso en variedades nuevas, las cuales se desconoce su comportamiento en condiciones locales de clima y suelo.

Bibliografía

- Brundell, D.J. (1975a). Flower development of the Chinese gooseberry (*Actinidia chinensis* Planch.):I. Development of the flowering shoot. New Zealand Journal of Botany 13, 473–483.
- Brundell, D.J. (1975b). Flower development of the Chinese gooseberry (*Actinidia chinensis* Planch.): II. Development of the flower bud. New Zealand Journal of Botany 13: 485–496.
- Chuine I. y Régnière J. (2017). Process-Based Models of Phenology for Plants and Animals. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 48: 159-182.
- Hack, H., Bleiholder, H., Buhr, L., Meier, U., Schnock-Fricke, U., Weber, E. y Witzenberger, A. (1992). Einheitliche Codierung der phänologischen Entwick lungsstadien monound dikotyler Pflanzen–Erweiterte BCH-Skala, Allgemein. Nachrichtenblatt des Deustschen Pflanzenschutzdienses, 44, 265–270.
- Hall A.J., McPherson H.G., Crawford R.A. y Seager N.G. (1996). Using early-season measurements to estimate fruit volume at harvest in kiwifruit. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 24: 379-391.
- Iliescu L.M. y Stănică F. (2020). Kiwifruit (Actinidia spp.) phenological growth stages in Southern Romanian climate according to the BBCH scale. Scientific Papers. Series B, Horticulture. Vol. LXIV, No. 1, 2020.
- Meier U., Bleiholder H., Buhr L., Feller C., Hack H., Lancashire P.D., Schnock U., Stauß R., van den Boom T., Weber E. y Zwerger P. (2009). The BBCH system to coding the phenological growth stages of plants – history and publications. Journal für Kulturpflanzen, 61 (2). S. 41–52.
- Ormeño J.P. (2019). Actualización en polinización asistida del kiwi. Revista Frutícola Copefrut Volumen 41(2): 10-18.
- Richardson A.C., Boldingh H.L., McAtee P.A., Gunaseelan K., Luo Z., Atkinson R.G., David K.M., Burdon J.N. y Schaffer R.J. (2011). Fruit development of the diploid kiwifruit, *Actinidia chinensis* 'Hort16A'. BMC Plant Biology 11(182).
- Sabaini C. y Goecke P. (2013). Hacia la producción de un kiwi Hayward más homogéneo y dulce. Revista Frutícola Copefrut 35(2): 17-23.
- Sabaini C. y Stowhas T. (2018). Caracterización de los principales manejos productivos que inciden sobre la forma del fruto de kiwi cv. Hayward. Revista Frutícola Copefrut Volumen 40(3): 28-33.
- Salinero MC, Vela P. y Sainz MJ. (2009). Phenological growth stages of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* 'Hayward'). Scientia Horticulturae 121, 27–31.
- Tang, J., Körner C., Muraoka H., Piao S., Shen M., Thackeray S.J. y Yang X. (2016). Emerging opportunities and challenges in phenology: a review. Ecosphere Volume 7(8): Article e01436.
- Van Labeke M.C., Vaes E., Debersaques F. (2015). Spring phenological growth stages of Actinidia arguta planch. Acta Horticulturae 1096, 455-460.
- Zhang Q., Zhang H., Gui Y., Geng S., Liu Z., Liu Y. y Liu Z. (2024). Phenological growth stages of a new kiwifruit cultivar (*Actinidia deliciosa* 'Jinfu'). Scientia Horticulturae, Volumen 327.

Frutas de Chile | Comité del Kiwi

FedeFruta
FEDERACION DE PRODUCTORES DE FRUTAS DE CHILE

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE

III

PROTOCOLO DE EVALUACIÓN DE CALIDAD Y POSCOSECHA

FDF

Proyecto apoyado por CORFO

CAPÍTULO 1
DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE MADUREZ A COSECHA

Autores: Juan Pablo Zoffoli, Angeli Labra, Paulina Naranjo
Laboratorio de Poscosecha, Facultad de Agronomía y Sistemas Naturales
Pontificia Universidad Católica de Chile

INTRODUCCIÓN

La comercialización de nuevos cultivares de Kiwi, entre otros aspectos productivos, involucra el estudio y la adecuación de los índices de madurez a cosecha bajo la determinación de nuevos valores o parámetros, cuya importancia se sustenta en la conservación de fruta de calidad y condición según los requerimientos de los distintos mercados de destino. En el caso de los nuevos cultivares de kiwi, como por ejemplo los de pulpa amarilla y roja, el color es un parámetro imprescindible que debe ser logrado para la comercialización exitosa de tales características.

En el caso de los cultivares de pulpa verde otros índices deben tenerse en cuenta que aseguren la conservación y la calidad organoléptica exigida por el mercado como lo son la materia seca y los sólidos solubles a consumo.

Independiente del color de la pulpa, la madurez mínima de cosecha de los diferentes cultivares de kiwi, debe considerar el término del crecimiento del fruto, lograr la madurez fisiológica, asegurar la máxima acumulación de almidón y haber iniciado su degradación, además resulta fundamental que la fruta sea capaz de alcanzar la maduración de consumo una vez que la fruta es removida de la planta. Esta característica es especialmente importante en esta especie reconocida como climactérica, pero de baja y tardía producción de etileno, donde los cambios de maduración previa a la madurez de consumo ocurren independientes de la producción de etileno, pero los cambios posteriores al almacenaje requieren la activación climactérica para conseguir una uniforme maduración. Este efecto fisiológico de la madurez es diferente entre las distintas variedades, siendo característico para la variedad verde más importante 'Hayward', y variable entre las demás especialmente amarilla, donde se encuentran variedades con mayor actividad metabólica lo que significa que los cambios de maduración se producen a mayor velocidad.

El objetivo del siguiente capítulo es exponer las principales variables que determinan el establecimiento del momento adecuado de cosecha de nuevos cultivares de kiwi, a través de los índices y parámetros de madurez que optimicen la calidad comestible del fruto al consumo y el tiempo de conservación de los diferentes cultivares.

En el caso de los cultivares de pulpa verde se establecieron distintos momentos de cosecha, basándose en los parámetros de madurez (en la planta) según los valores ya estandarizados en la industria actual para 'Hayward' con seguimiento de la maduración final al consumo luego en poscosecha. Por otro lado, en el caso de los cultivares de pulpa amarilla se consideró la evolución del color de la pulpa como principal factor decidor en la madurez de cosecha y como se complementaban con los cambios fisiológicos relativos a firmeza, sólidos solubles, acidez, almidón y materia seca.

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE MADUREZ

1. Cultivares de pulpa verde

La descripción de la evolución de los diferentes parámetros de madurez durante el desarrollo del fruto, es la metodología utilizada para determinar la ventana de cosecha del kiwi. En el caso de los cultivares verde donde 'Hayward' es el más importante en volumen a nivel mundial, no existen cambios externos visibles que puedan explicar el inicio de la maduración. Sin embargo, los sólidos solubles y la materia seca son los parámetros más importantes estandarizados para definir el momento óptimo de cosecha.

En el caso de los sólidos solubles estos sirven para definir el estado de madurez fisiológica que asegura una correcta madurez de consumo después de un tiempo de almacenaje a 0°C, a diferencia de otras especies este índice no se relaciona con el contenido de azúcar al consumo, por otro lado, la acidez titulable determina junto con los sólidos solubles al consumo la aceptabilidad de la fruta por los consumidores. La firmeza, es un indicador del estado de avance de la maduración, especialmente el inicio del ablandamiento y los valores bajos (< 5 lb) el estado de la sensibilidad de la fruta al daño mecánico.

Los sólidos solubles al consumo corresponden al desdoblamiento de la reserva de almidón y los sólidos solubles sintetizados en las hojas y traslocados al fruto, ambos determinados a cosecha a través de la cuantificación de materia seca. La concentración de almidón, a diferencia del porcentaje de materia seca, alcanza un máximo de acumulación y luego comienza progresivamente su degradación; debido a lo anterior para la cosecha se sugiere alcanzar una alta acumulación de materia seca y con la degradación del almidón ya iniciada.

A continuación, se entrega la metodología y resultados para el seguimiento de los diferentes parámetros de madurez del kiwi en el cultivar 'Hayward' siguiendo la evolución de los principales índices en la planta.

1.1. Metodología aplicada al seguimiento de madurez en la planta

Para el seguimiento de los parámetros de madurez del fruto en la planta, se realizan muestreos aleatorios en diferentes momentos del desarrollo del fruto en la planta. El protocolo de muestreo consiste en la selección de 4 plantas al azar, conformando el muestreo de 16 frutos por planta (64 frutos en total).

Los aspectos a evaluar son los siguientes:

- Masa (gramos)
- Firmeza (lb) de pulpa y columela, con un penetrómetro (émbolo de 7,9 mm)
- Sólidos solubles (%), medidos con un refractómetro digital
- Materia seca (%), según el protocolo descrito en el Programa Aseguramiento de Madurez del Comité del kiwi de Chile (PAM). A cada fruto se extrae una lámina de corte transversal de 3 mm, disponer en platillos individuales y registrar el peso del platillo solo y con la muestra fresca. Las muestras son secadas en un deshidratador a 65°C por el tiempo necesario hasta lograr peso constante. Calcular el porcentaje de materia seca en base a la variación del peso fresco- peso seco de la muestra.

- Acidez titulable (%), elaborado con 5 ml de jugo y 5 ml de agua destilada, el método de titulación con una solución de NaOH 0,1 N con uso de pHmetro hasta pH 8,2, expresando los miliequivalentes en ácido cítrico.
- Concentración de almidón (%). Determinada a través de las muestras de materia seca previamente obtenidas y pulverizadas con un molinillo eléctrico a un tamiz de 0,5 mm. El método de análisis se fundamenta en los métodos AOAC 996.11, AACC método 76-13, utilizando el Kit de Ensayo de Almidón total (Megazyme).

Aplicación de la metodología en huerto

La metodología de seguimiento fue aplicada en *Actinidia chinensis* var. *deliciosa* cultivar 'Hayward' obtenido de un huerto localizado en Quinta de Tilcoco, Región de O'Higgins. Para el estudio de la determinación del momento de cosecha más adecuado, se establecieron 3 momentos de cosecha distintos para comparar la evolución de parámetros de madurez de firmeza, sólidos solubles y acidez titulable al finalizar el almacenamiento a 0°C (poscosecha) como indicador de la calidad organoléptica final del fruto a consumo.

El seguimiento fue realizado durante las temporadas 2020-2021 y 2021-2022, las fechas de plena flor estimadas fueron el 02 de noviembre de 2020 y 06 de noviembre de 2021, respectivamente. La cosecha comercial para la temporada 2020-2021 fue a los 156 DDPF y para la temporada 2021-2022 fue a los 150 DDPF.

La **Figura 1** muestra la comparación de los parámetros de madurez del seguimiento para el cultivar 'Hayward' durante la primera temporada de crecimiento. La acumulación de almidón máxima se alcanzó a los 150 DDPF, con un valor promedio de 7,1%, punto a partir del cual comenzó la degradación de almidón a azúcares solubles. Los momentos de cosecha marcaron un 6%, 5,25% y 4,7% de almidón es decir se produjo un 10, 25 y 33% del desdoblamiento de almidón para la madurez 1, 2 y 3, respectivamente. El inicio de la degradación de almidón coincidió con el aumento rápido de sólidos solubles y la disminución de la firmeza. El porcentaje de materia seca fue superior a 16% en los tres momentos de cosecha.

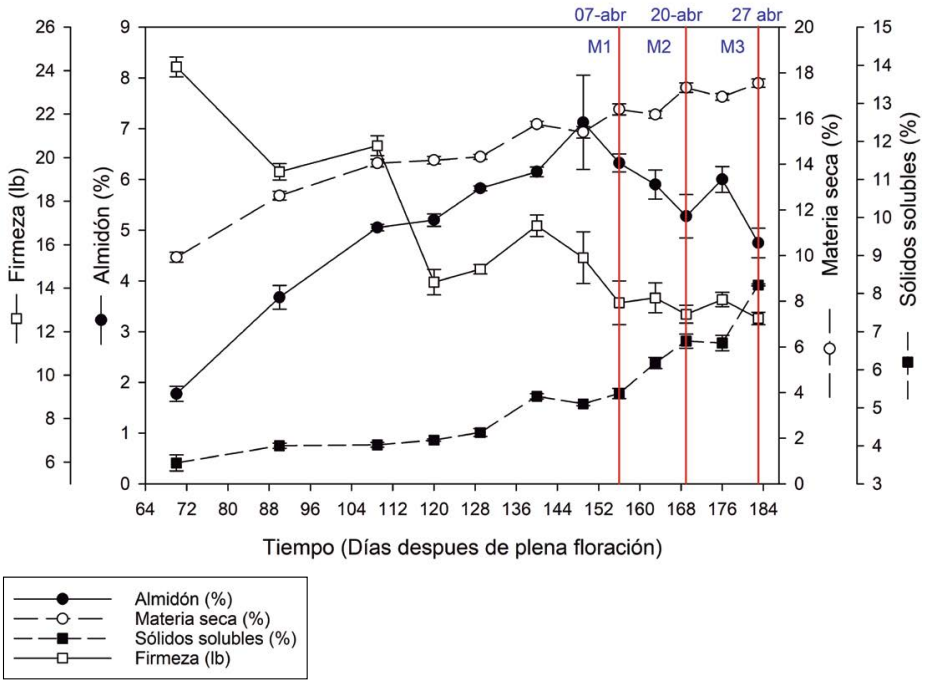


Figura 1. Evolución de los parámetros de madurez de firmeza de pulpa, materia seca, almidón y sólidos solubles en el cultivar 'Hayward' durante la primera temporada de crecimiento 2020-2021. Las líneas verticales indican los tres momentos de cosecha. Barras indican error estándar de la media con cuatro repeticiones.

En la segunda temporada de crecimiento (**Figura 2**) la mayor acumulación de almidón se produjo a los 135 DDPF (Madurez 1) pero con menor porcentaje respecto de la temporada anterior (5,8% versus 7,1%). Basado en este máximo, se consideró un almidón total de 36,7mg/bs, siendo los porcentajes de desdoblamiento de un 2,3% y 18,0% respectivamente, mucho menor al estimado en base al supuesto inicial a través del porcentaje de sólidos solubles.

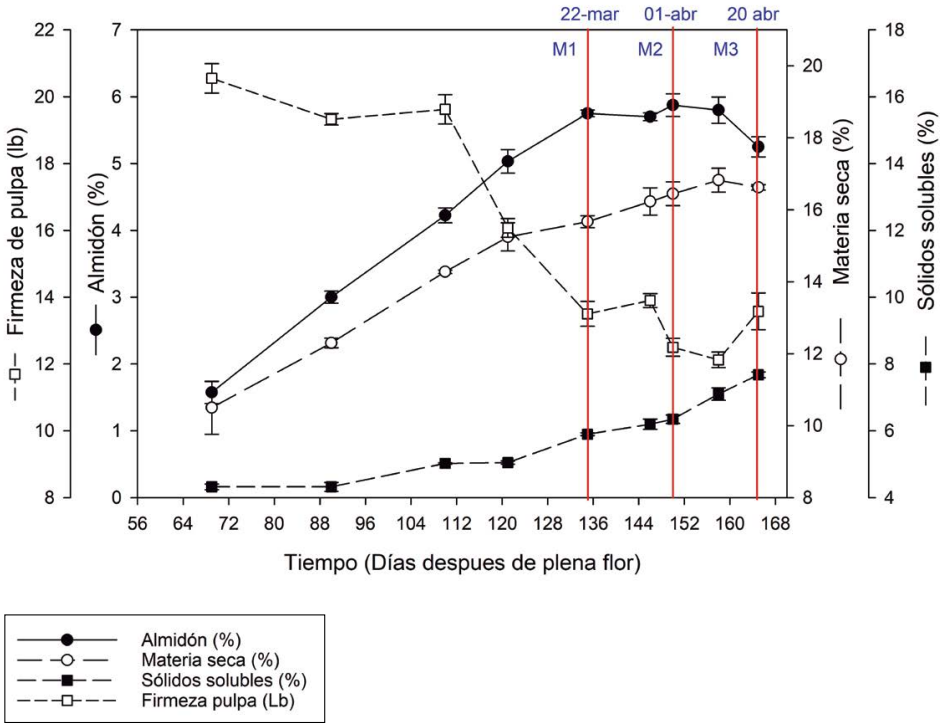


Figura 2. Evolución de los parámetros de madurez de firmeza de pulpa, materia seca, almidón y sólidos solubles en el cultivar 'Hayward' durante la segunda temporada de crecimiento 2021-2022. Las líneas verticales indican los tres momentos de cosecha. Barras indican error estándar de la media con cuatro repeticiones.

Desde el punto de vista del porcentaje de almidón, la temporada 2021-2022 tuvo permanentemente valores menores a los del año anterior. Sin embargo, los sólidos solubles siempre fueron mayores a la temporada 2020-2021. Esto aumenta la brecha entre el desdoblamiento supuesto del almidón y el real, ya que los sólidos solubles no indicarían ser un estimador absoluto de ello.

Evolución de la madurez en poscosecha

En ambas temporadas de crecimiento se realizaron 3 momentos de cosecha, definidos como Madurez 1 (M1), Madurez 2 (M2) y Madurez 3 (M3). El resumen de los principales parámetros de madurez a cosecha asociados a cada madurez y en ambas temporadas es presentado en la **Tabla 1**. Posterior a la cosecha se realizó un curado entre 18-20°C por 48 horas.

Tabla 1. Caracterización a cosecha de los parámetros de firmeza de pulpa, materia seca (MS), almidón, sólidos solubles (SS) y acidez titulable (AT) en kiwis cultivar 'Hayward' cosechados en tres estados de madurez para las temporadas 2020-2021 y 2021-2022.

Temporada	Madurez	DDPF	Firmeza pulpa (lb)	MS (%)	Almidón (%)	SS (%)	AT (%)
2020-2021	Madurez 1	156	13,3	16,4	6,3	5,4	1,65
	Madurez 2	169	12,8	17,3	5,3	6,7	1,62
	Madurez 3	183	13,0	17,4	4,7	8,2	1,55
2021-2022	Madurez 1	135	14,6	15,7	5,8	5,9	2,25
	Madurez 2	150	12,5	16,4	5,9	6,3	2,13
	Madurez 3	165	13,6	16,6	5,2	7,7	1,88

Para la **temporada 2020-2021** el almacenamiento consistió en 90 días a 0°C (posterior al curado), se utilizó el embalaje comercial de bolsa de atmósfera modificada en cajas de 9 kg. El enfriamiento fue hecho de forma pasiva en cámara de 0°C, durante 12 horas, hasta que la temperatura de pulpa de la fruta alcanzó los 3°C; en ese momento se procedió al sellado de las bolsas.

Transcurridos 90 días a 0°C la fruta fue expuesta a temperatura para simular condiciones de maduración con evaluaciones de calidad (firmeza, sólidos solubles, acidez titulable) a los 0, 3, 7 y 13 días a 20°C. La madurez 1 (156 DDPF, cosecha comercial) si bien no obtuvo la firmeza más baja, su evolución a 20°C mostró un rápido ablandamiento a partir de los 7 días (**Tabla 2**). La madurez 2 (169 DDPF) presentó la firmeza significativamente más alta al término de 90 días a 0°C y con el transcurso de los días en 20°C se mantuvo estable, llegando a los 13 días a valores de firmeza similares a la madurez 3.

Durante las evaluaciones se observaron condiciones de traslucidez y granulosidad en la pulpa de los frutos, asociándolas a síntomas de daño por enfriamiento, principalmente en la madurez 1. La madurez 1 presentó un 6,9%, la madurez 2 un 0,3% y la madurez 3 un 4,4%, identificados al término del régimen de frío como fruta blanda.

Tabla 2. Evolución de los parámetros de firmeza de pulpa, columela, sólidos solubles y acidez titulable de kiwis cultivar 'Hayward' (Temporada 2020-2021) a los 0, 3, 7 y 13 días a 20°C luego de almacenaje por 90 días a 0°C.

Madurez / Días a 20°C	Firmeza de pulpa (lb)				Firmeza de columela (lb)				Sólidos solubles (%)			
	0	3	7	13	0	3	7	13	0	3	7	13
Madurez 1	6,5 ab	4,8 ab	3,9 b	2,7 a	15,6 b	13,7	10,0 b	7,0 b	12,1 a	12,2 a	12,5 a	13,0 a
Madurez 2	8,1 b	5,7 a	4,1 b	3,3 b	16,8 b	10,9	7,2 ab	6,2ab	12,4 a	12,5 a	12,9 b	13,2 a
Madurez 3	4,3 a	4,3 a	2,6 a	3,8 b	7,9 a	6,9	4,7 a	5,3 a	13,6 b	13,5 b	13,6 c	13,8 b
Valor-p	*0,019*	*0,030*	*0,041*	*0,007*	*0,001*	*0,379*	*0,030*	*0,001*	*0,003*	*0,005*	*<0,001*	*0,003*

Conforme los resultados obtenidos en la primera temporada de seguimiento, para la segunda **temporada 2021-2022** se seleccionaron 3 momentos de cosecha en base a la evolución de sólidos solubles en la planta. Además del huerto de seguimiento (Quinta de Tilcoco), se seleccionaron otros 3 productores de distintas localidades y se establecieron los mismos tres momentos de cosecha asociados a un rango específico de sólidos solubles:

Madurez 1: 5,5-6,0 % SS. Inicio del desdoblamiento de almidón estimado en base a los sólidos solubles, de acuerdo a los resultados obtenidos en la primera temporada.

Madurez 2: 6,0-7,0 % SS. Desdoblamiento de almidón cercano al 50%, estimado en base a los sólidos solubles, de acuerdo a los resultados obtenidos en la primera temporada. Coincidente con la cosecha comercial.

Madurez 3: 7,0-8,0 % SS. Desdoblamiento de almidón cercano al 70%, estimado en base a los sólidos solubles, de acuerdo a los resultados obtenidos en la primera temporada.

Para la temporada 2021-2022 el protocolo de almacenamiento fue similar a la primera temporada, un curado inicial de 48 horas a 20°C. El enfriamiento antes del sellado de realizó de forma pasiva en cámara de 0°C. La fruta fue embalada en bolsa comercial de atmósfera modificada (AM) (Viewfresh) y fue almacenada por 90 días a 0°C. Al finalizar el almacenamiento a 0°C, se verificó la maduración a 20°C con evaluaciones a los 0, 3, 7 y 13 días a 20°C.

La información de los parámetros de madurez asociada a cada productor en las tres fechas de cosecha seleccionadas es presentada en la **Tabla 3**. Los productores seleccionados están localizados en la Región de O'Higgins, Quinta de Tilcoco y Tinguiririca, y en la Región de Maule, Longaví y Los Niches.

En el caso del huerto "Los Niches", la fruta presentó la menor concentración de SS al consumo lo que estuvo reflejado por su menor acumulación de materia seca (M 1: 15,3 y M2: 15,7%) y por consecuente bajo almidón a pesar de registrar valores altos de SS a cosecha. El resto de los productores presentaron valores de materia seca acordes a los estándares establecidos (>16%).

Tabla 3. Caracterización a cosecha de los estados de Madurez 1, 2 y 3, en relación a firmeza de pulpa, materia seca (MS), sólidos solubles (SS) y acidez titulable (AT) en el cultivar 'Hayward' seleccionado de distintos productores, temporada 2021-2022.

Huerto / Madurez	DDPF	Cosecha	Firmeza de pulpa (lb)	MS (%)	Almidón (%)	SS (%)	AT (%)
Quinta de Tilcoco							
Madurez 1	135	21-mar	14,6	15,7	5,8	5,9	2,25
Madurez 2	150	05-abr	12,5	16,4	5,9	6,3	2,13
Madurez 3	165	20-abr	13,6	16,6	5,2	7,7	1,88
Longaví							
Madurez 1	146	06-abr	14,1	16,5	6,2	6,2	1,87
Madurez 2	158	18-abr	15,4	16,3	5,4	7,0	2,28
Madurez 3	172	02-may	13,3	17,2	4,3	8,8	2,28
Los Niches							
Madurez 1	144	08-abr	13,6	15,7	4,7	5,9	1,44
Madurez 2	155	19-abr	15,8	15,3	3,9	7,6	1,91
Madurez 3	169	03-may	11,3	16,3	2,5	9,7	1,72
Tinguiririca							
Madurez 1	138	01-abr	16,2	16,2	4,9	6,0	1,50
Madurez 2	144	07-abr	12,0	17,0	5,6	6,7	1,61
Madurez 3	157	20-abr	13,0	17,1	4,8	7,4	2,29

Analizando entre madureces por cada productor, se obtuvieron diferencias significativas en las firmezas al momento de término de almacenamiento a 0°C, siendo más firmes (pulpa y columela) la madurez 1 (antes de cosecha comercial), con una evolución tal que a los 7 días tales diferencias ya no estaban presentes. Longaví fue el huerto que tuvo una disminución en la firmeza de la columela, perdiendo sus diferencias significativas entre las madureces a los 7 días de exposición a 20°C (**Tabla 4**).

Al comparar los productores para cada madurez, la firmeza de pulpa obtenidas en la madurez 1, bajan a valores adecuados entre los 0 y 7 días, sin embargo, la firmeza de columela sigue siendo alta en todos los productores. En la madurez 2, ya se pueden observar valores de firmeza de pulpa y columela más bajos para los huertos de Quinta de Tilcoco, Longaví y Los Niches, no así para Tinguiririca. Éste último sigue presentando firmeza de columela altas para la madurez 3. Con respecto a los sólidos solubles, el huerto Longaví, presentó los valores más altos y Los Niches presentó los más bajos sólidos solubles en todos los estados de madurez.

Tabla 4. Evolución de los parámetros de firmeza de pulpa, firmeza de columela y sólidos solubles (SS) en el cultivar 'Hayward' obtenido de distintos productores y cosechado en tres estados de madurez para la temporada 2021-2022, a los 0, 3, 7 y 13 días a 20°C posterior al almacenaje de 90 días a 0°C.

Madurez Días a 20°C	Firmeza de pulpa (lb)				Firmeza de columela (lb)				Sólidos solubles (%)			
	0	3	7	13	0	3	7	13	0	3	7	13
Quinta de Tilcoco												
Madurez 1	7,4 c	4,4 b	3,7	2,6	24,8 c	17,9 c	16,0 c	12,3	11,7 a	12,5 a	12,0 a	11,8 a
Madurez 2	4,5 b	3,5 a	3,0	2,2	15,0 b	10,0 b	9,2 b	7,8	12,3 a	12,8 a	12,5 a	12,8 b
Madurez 3	3,7 a	3,7 a	3,9	2,8	10,9 a	8,1 a	5,5 a	6,0	13,1 b	13,4 b	13,6 b	13,7 c
Valor-p	*<0,001*	*0,002*	*0,222*	*0,116*	*<0,001*	*<0,001*	*0,017*	*0,051*	*0,002*	*0,002*	*<0,001*	*<0,001*
Longaví												
Madurez 1	6,0 b	5,3	5,1	3,2	21,5 b	16,5 b	11,8	14,7	12,7 a	13,0	12,8 a	13,0 a
Madurez 2	4,6 a	4,7	4,8	3,4	19,8 b	16,3 b	9,7	13,2	13,8 b	13,5	13,9 b	14,0 b
Madurez 3	4,8 a	4,9	4,1	3,8	9,1 a	9,3 a	6,4	7,1	14,1 b	13,8	14,3 b	14,5 c
Valor-p	*0,010*	*0,226*	*0,083*	*0,306*	*<0,001*	*<0,001*	*0,061*	*0,125*	*<0,001*	*0,479*	*<0,001*	*<0,001*
Los Niches												
Madurez 1	4,8 b	4,5	4,2	4,3	20,1 b	17,0 b	15,8 b	16,3 b	11,8	11,8	11,5 a	11,5 a
Madurez 2	3,8 a	4,1	4,6	3,8	11,6 a	11,0 a	9,0 a	9,4 a	12,3	12,3	12,5 b	12,4 b
Madurez 3	4,1 ab	4,4	4,3	3,9	12,4 a	10,8 a	9,8 a	8,7 a	12,2	12,2	12,7 b	12, 7 b
Valor-p	*0,025*	*0,200*	*0,303*	*0,126*	*<0,001*	*<0,001*	*<0,001*	*<0,001*	*0,086*	*0,625*	*<0,001*	*0,003*
Tinguiririca												
Madurez 1	7,1 c	4,4	4,9 b	4,0 b	24,1 b	10,8 a	19,7 b	20,7 c	11,8 a	12,2 a	12,9	12,3 a
Madurez 2	5,3 b	4,1	4,0 a	4,2 b	21,1 b	16,4 b	15,0 a	15,5 b	13,4 b	13,9 b	13,1	13,5 b
Madurez 3	3,9 a	4,1	5,1 b	3,4 a	14,5 a	14 ab	10,8	10,9 a	13,4 b	13,5 b	13,2	13,6 b
Valor-p	*<0,001*	*0,100*	*0,019*	*<0,001*	*<0,001*	*<0,001*	*0,005*	*0,002*	*<0,001*	*0,001*	*0,723*	*0,019*

Letras diferentes indican diferencias significativas según prueba de LSD con p≤0,005

En la temporada 2021-2022, la incidencia de daño por frío fue de 27,5%, 3,8% y 2,5% para la madurez 1, 2 y 3 respectivamente.

La mejor expresión de madurez de consumo, firmeza de pulpa (< 4 lb) SS (>13%) y columela comestible (< 7 lb) se obtuvo con la Madurez 3 para la fruta de los huertos Quinta Tilcoco y Longaví. En el caso de los huertos Los Niches y Tinguiririca estas condiciones mínimas de madurez no se lograron. En el primer caso por la baja acumulación de MS y en el otro caso por su incapacidad de maduración (persistencia de columela firme).

CONCLUSIONES

La alta materia seca a cosecha y el ablandamiento de la columela del fruto son necesarios para lograr una alta aceptabilidad organoléptica y textura al momento de la madurez de consumo de kiwi, 'Hayward'.

El seguimiento del proceso de maduración del kiwi debe incluir la materia seca, sólidos solubles y firmeza. La degradación del almidón reflejó el proceso de maduración del kiwi similar a lo reflejado por el aumento de los sólidos solubles.

La cosecha de kiwi cultivar 'Hayward' por su baja capacidad de maduración de consumo debe tender a cosecharse con madurez avanzada incluso sobre 8% de sólidos solubles. Sin embargo, esta cosecha está limitada por la baja firmeza a cosecha y durante el procesamiento de la fruta. Esta situación implica que esta especie/variedad para que logre una aceptable madurez de consumo después de un tiempo de almacenaje y una cosecha con firmeza >14 lb (MS> 16% y SS>6,2%) debe complementarse con otras prácticas de manejo como son los procesos de acondicionamiento y/o premaduración.

2. Cultivares de amarilla

En los cultivares amarillos el color de la pulpa es un aspecto de calidad exigido por el mercado y por lo tanto el momento de cosecha debe considerar este índice, toda vez que el color no varía en almacenaje, es decir, no se produce un incremento de color en forma natural a baja temperatura (<5°C) de almacenamiento. Por lo tanto, los cultivares que se introduzcan comercialmente deberán evaluarse en base a cómo se consigue el color y cómo se consiguen los otros parámetros de madurez, especialmente la firmeza en la condición edafoclimática seleccionada.

La coloración amarilla de la pulpa es la expresión de los carotenoides enmascarados por la presencia del pigmento clorofila responsable del color verde. Por lo tanto, uno de los principales índices de madurez utilizado para el seguimiento de la madurez en nuevos cultivares de *Actinidia chinensis* var. *chinensis* corresponde al color de la pulpa. Adicionalmente para asegurar el mayor grado de dulzor a la madurez de consumo se debe conocer la acumulación del polisacárido de almidón y los sólidos solubles; la materia seca está positivamente relacionada con la sumatoria de ambos índices por lo tanto su análisis durante el proceso de maduración es importante para definir el grado organoléptico y debe ser considerado en conjunto con el grado de acidez del fruto y la firmeza.

El desverdizado corresponde al cambio natural de **color de la pulpa** de verde amarillo por degradación de los pigmentos responsables del color verde (clorofilas) a medida que avanza el proceso de desarrollo y maduración del fruto, desenmascarando pigmentos carotenoides (amarillo/anaranjado) y/o antocianinas (rojo) ya presentes. Este proceso se produce naturalmente en la fruta o puede inducirse en condiciones controladas de temperatura con una madurez mínima de la fruta. El cambio de color de la pulpa puede o no estar relacionado directamente a otros cambios bioquímicos del proceso de maduración, como por ejemplo el porcentaje de sólidos solubles y la firmeza de la pulpa. De esta manera las variedades que consiguen el color en estados avanzados de madurez con baja firmeza presentarán limitaciones importantes para su desarrollo comercial. Por lo tanto, el seguimiento y comparación de los parámetros de madurez con el desarrollo del color resulta importante para definir la oportunidad de cosecha comercial de un cultivar de pulpa coloreado.

La medición del color de pulpa requiere la destrucción del fruto, y su medición se realiza en la zona ecuatorial de la pulpa sin incluir las semillas ni columela, pudiéndose evaluar también cortando un trozo de piel. El instrumento utilizado es un colorímetro y la información es interpretada a través del sistema de color CIELCHue, específicamente a través del ángulo hue (°, hue). La **Figura 3** muestra

la evolución del color representado a través de valores hue durante el desarrollo del fruto en la planta para los cultivares 'Dori' (pulpa amarilla) y 'Hayward' (pulpa verde) hasta el momento de la cosecha comercial, según los días después de plena flor (DDPF). 'Hayward' presenta valores hue altos, manteniendo el color verde característico del cultivar; en cambio, 'Dori' mantiene valores hue altos solo al inicio del desarrollo para luego disminuir progresivamente a medida que avanza el desarrollo y maduración en la planta, curva característica de descenso sigmoidal (**Figura 3**).

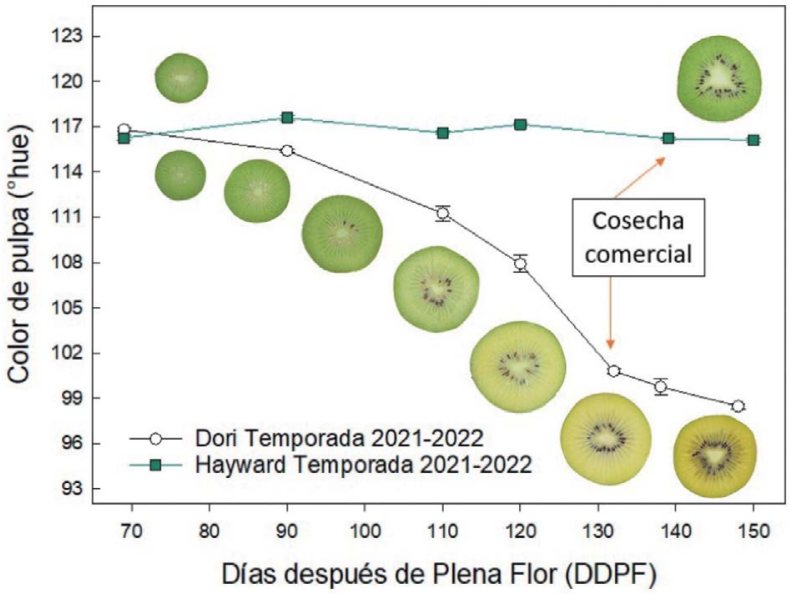


Figura 3. Evolución del color de la pulpa (°hue) en los cultivares 'Dori' y 'Hayward' durante el desarrollo en la planta, temporada 2021-2022.

Cabe destacar que el inicio del viraje de color (quiebre) se caracteriza por la presencia de un halo (corte ecuatorial) que marca la diferencia entre el color verde y el color amarillo que comienza a aparecer progresivamente (**Figura 4**). En el caso analizado de la temporada 2021-2022 el viraje de color se inició a los 110 DDPF y el viraje como tal a los 120 DDPF.

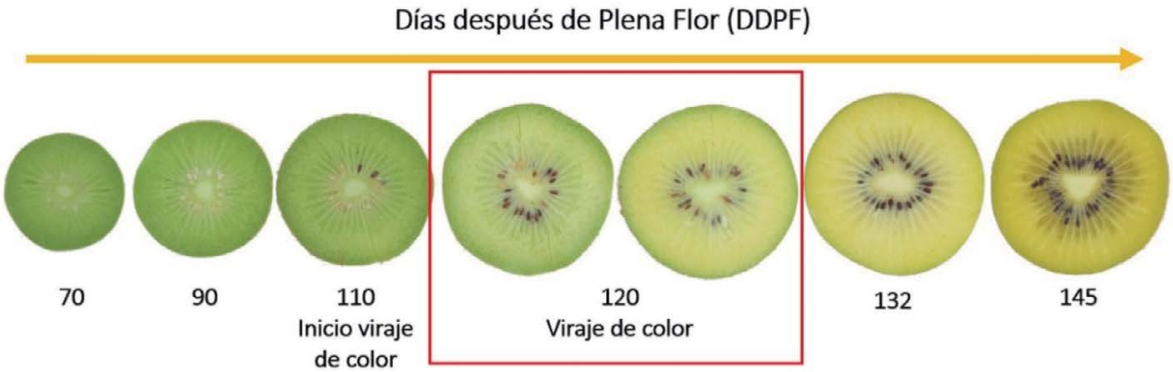


Figura 4. Representación de la evolución del color de la pulpa en el cultivar 'Dori' durante el desarrollo en la planta.

Es necesario que al momento de la cosecha el proceso de desverdización este iniciado, en el punto de aseguramiento de la madurez fisiológica del fruto, es decir, el fruto una vez cosechado debe ser capaz de finalizar el proceso de maduración (aumento de sólidos solubles, disminución de la acidez, disminución

de la firmeza) acompañado del desverdizado completo de la pulpa, es decir, que pueda alcanzar una madurez de consumo óptima, entendiendo que estos procesos se reducirán a la temperatura de almacenaje. En general no existe aumento del color a la temperatura de almacenaje de kiwis amarillos. El problema actual asociado a la cosecha de los cultivares amarillos es el alto ablandamiento al momento de la cosecha al esperar el desverdizado completo de la pulpa en la planta. El momento de cosecha según grado de evolución del color (hue) debe considerar el protocolo de desverdización en poscosecha acorde al destino final de comercialización.

Los parámetros de materia seca, almidón y sólidos solubles también son usados en el seguimiento de la madurez del fruto en la planta. La materia seca es un indicador de los sólidos solubles finales que se logrará en la madurez de consumo y contempla principalmente los azúcares y el contenido de almidón presente en el fruto; el almidón, carbohidrato insoluble, se convierte a sólidos solubles luego de alcanzar un peak de acumulación y posterior desdoblamiento.

2.1. Metodología aplicada en el seguimiento

Para el seguimiento de los parámetros de madurez del fruto en la planta se realizan muestreos en diferentes momentos del desarrollo del fruto.

El muestreo se realiza en momentos distintos especificados como días después de floración. En este caso se realizaron a los 69, 90, 110, 120, 132, 138 y 145 días después de plena flor. El protocolo de muestreo consiste en la selección de 4 plantas al azar, conformando el muestreo de 16 frutos por planta (64 frutos en total por muestreo).

Las evaluaciones son las siguientes:

- Color de pulpa (°hue), con un colorímetro en la zona de pulpa expuesta al realizar un corte transversal.
- Masa (gramos), con una balanza.
- Firmeza (lb) de pulpa y columela, con un penetrómetro (émbolo de 7,9 mm).
- Sólidos solubles (%), medidos con un refractómetro digital.
- Materia seca (%), según el protocolo descrito por el Programa Aseguramiento de Madurez del Comité del Kiwi de Chile (PAM). A cada fruto extrae una lámina de corte transversal de 3 mm, disponer en platillos individuales y registrar el peso del platillo solo y con la muestra fresca. Las muestras son secadas en un deshidratador a 65°C por el tiempo necesario hasta lograr peso constante. Calcular el porcentaje de materia seca en base a la variación del peso fresco- peso seco de la muestra.
- Acidez titulable (%), elaborado con 5 ml de jugo y 5 ml de agua destilada, el método de titulación con una solución de NaOH 0,1 N con uso de pHmetro hasta pH 8,2, expresando los miliequivalentes en ácido cítrico.
- Concentración de almidón (%). Determinada a través de las muestras de materia seca previamente obtenidas y pulverizadas con un molinillo eléctrico a un tamiz de 0,5 mm. El método de análisis se fundamenta en los métodos AOAC 996.11, AACC método 76-13, utilizando el Kit de Ensayo de Almidón total (Megazyme).

Aplicación de la metodología

La metodología de seguimiento fue aplicada en el cultivar ‘Dori’ obtenido de un huerto localizado en Quinta de Tilcoco, Región de O’Higgins. El seguimiento fue realizado durante las temporadas 2020-2021 y 2021-2022, las fechas de plena flor fueron el 20 de octubre de 2020 y 22 de octubre de

2021. La cosecha comercial para la temporada 2020-2021 fue a los 135 DDPF y para la temporada 2021-2022 fue a los 136 DDPF.

En la **Figura 5** se muestra la comparación de los parámetros de madurez del seguimiento para el cultivar 'Dori' en ambas temporadas de crecimiento.

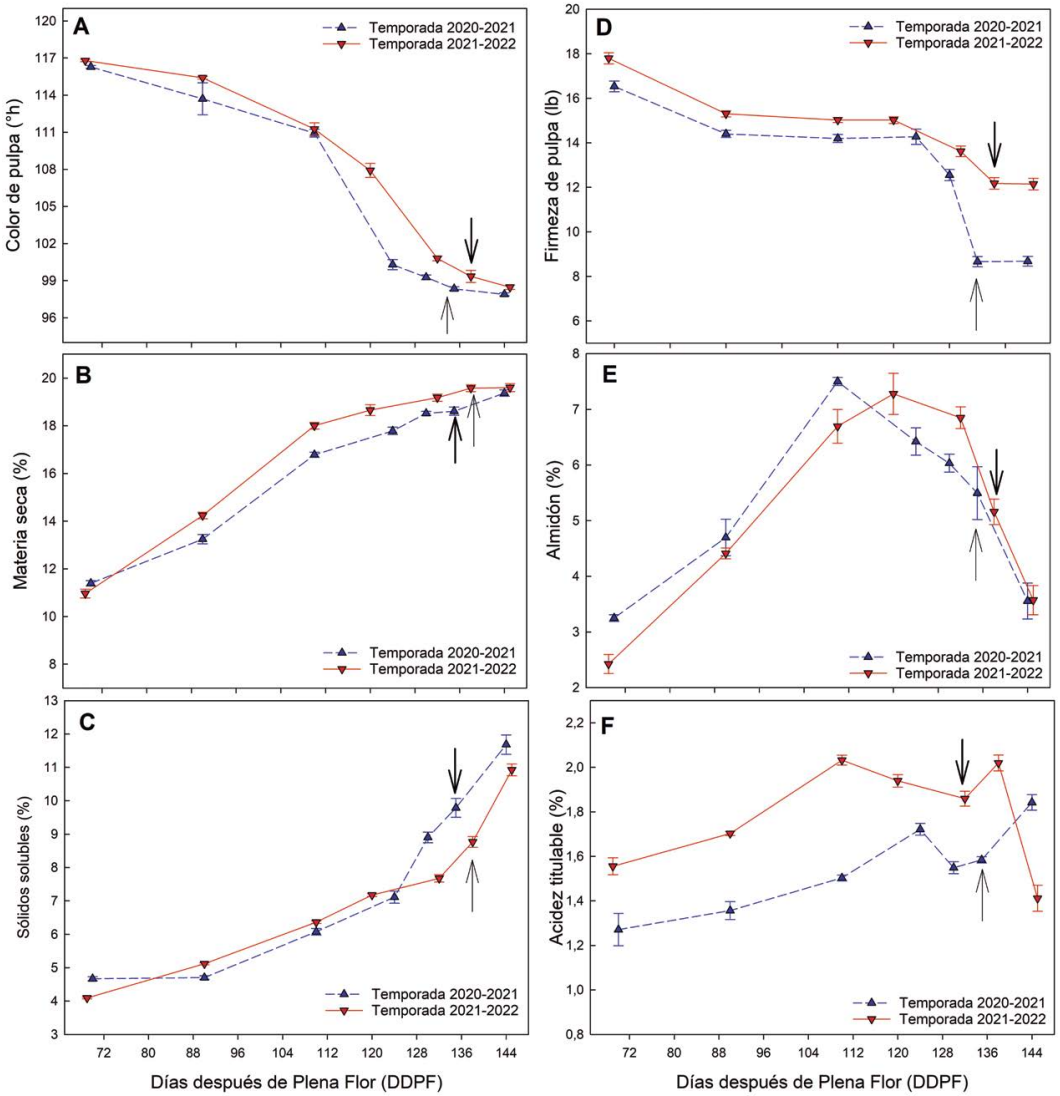


Figura 5. Evolución de los parámetros de madurez de Color de pulpa (A), Materia seca (B), Sólidos solubles (C), Firmeza de pulpa (D), Almidón (E) y Acidez titulable (F) en Kiwi cv. 'Dori' durante el periodo de desarrollo en la planta para las temporadas 2020-2021 y 2021-2022. Las flechas indican el momento de cosecha de cada temporada. Barras indican error estándar de la media con cuatro repeticiones.

La evolución del color (valor hue) tuvo un patrón de descenso de tipo sigmoidal durante ambas temporadas, con diferencias principalmente en la magnitud del hue para cada punto de muestreo. En la primera temporada los valores hue fueron significativamente más bajos (menor a 100°) entre los 120 y 136 DDPF, con un desverdizado de la pulpa prácticamente completo al momento de cosecha a los 135 DDPF (**Figura 5A**), acompañado de una baja firmeza (media inferior a 9 lb) (**Figura 5D**). Al momento de cosecha ya se inició el desdoblamiento de almidón, siendo superior al 50 % de degradación (**Figura 5E**), y con un aumento significativo de sólidos solubles a partir de los 124 DDPF (**Figura 5C**).

En la segunda temporada los valores hue durante el periodo de desarrollo fueron más altos respecto de la primera temporada, con un valor de 100,8° hue al momento de cosecha y firmeza significativamente más alta (media de 12 lb). La evolución conjunta de los principales parámetros de madurez, analizados en la segunda temporada para el cultivar 'Dori', se presenta en la **Figura 6**.

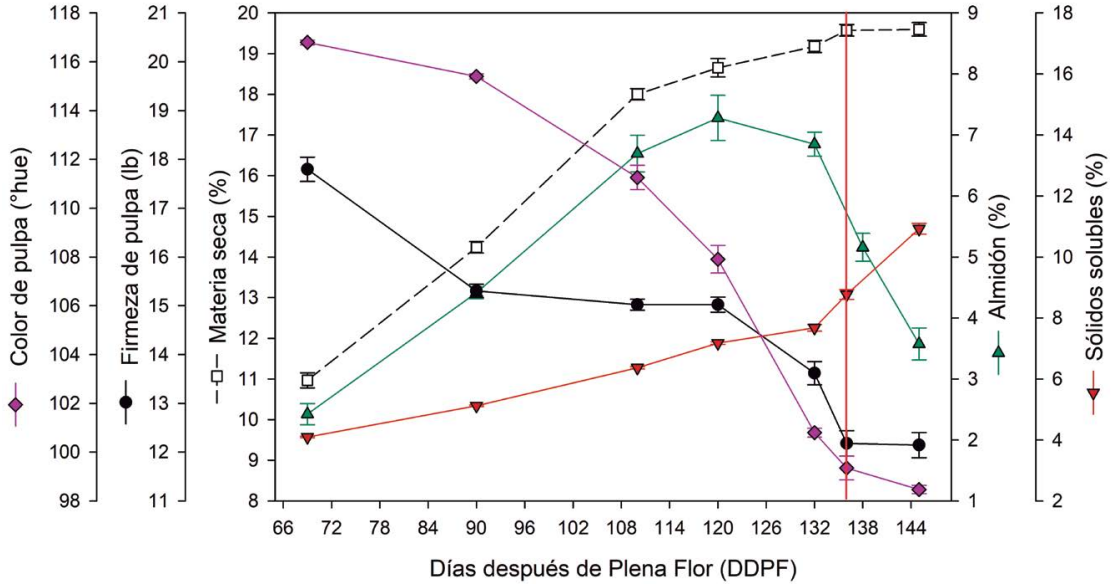


Figura 6. Evolución de los parámetros de madurez de color de pulpa, firmeza de pulpa, materia seca, almidón y sólidos solubles en kiwi cv. 'Dori' durante la segunda temporada de crecimiento 2021-2022. La línea roja vertical continua indica el momento de cosecha comercial (136 DDPF). Barras indican error estándar de la media con cuatro repeticiones.

CONCLUSIONES

La correcta determinación de los parámetros de madurez del kiwi debe especificar los índices que reflejen correctamente la madurez fisiológica de la fruta y permita la conservación comercial proyectada. En el caso del kiwi amarillo el color de pulpa es un índice comercial; la fruta difícilmente se comercializará si no dispone de un color atractivo. El color evoluciona en paralelo a los otros cambios asociados con la maduración como por ejemplo la firmeza y degradación de almidón en cada temporada, la limitante importante estará asociada al valor de firmeza. En años de mayor ablandamiento se debería reconocer un color de pulpa mínimo y recurrir a una cosecha anticipada para promover la degradación del color en condiciones controlada de temperatura en fruta embalada a través del proceso asistido de desverdización (**ver Capítulo 3.- Protocolo de Evaluación de Calidad y Poscosecha**). Al igual que la temporada, cada variedad tiene un comportamiento diferente que deberá determinarse en forma particular.

Cabe destacar que el valor del índice de cosecha puede ser distinto según el destino final de comercialización de la fruta. Por ejemplo, el color del fruto para fruta que se comercializará inmediatamente luego de la cosecha puede involucrar un desverdizado casi completo de la pulpa, menor firmeza, con un mayor porcentaje de sólidos solubles y menor acidez. Completamente opuesto cuando el tiempo de comercialización es más prolongado.

CAPÍTULO 2
DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA ÓPTIMA DE ALMACENAJE

Autores: Juan Pablo Zoffoli, Angeli Labra, Paulina Naranjo
Laboratorio de Poscosecha, Facultad de Agronomía y Sistemas Naturales
Pontificia Universidad Católica de Chile

INTRODUCCIÓN

El manejo adecuado de la temperatura es una herramienta útil que ayuda a extender la vida de poscosecha del Kiwi. Generalmente, la remoción del calor latente de la fruta proveniente del campo se realiza a través de enfriamiento rápido (túnel de aire forzado) para luego almacenarlo en una cámara de conservación a 0°C durante un determinado tiempo que depende de las condiciones iniciales y del destino final del producto. Este procedimiento de enfriamiento rápido por aire forzado a la cosecha en kiwi se ha descartado por la alta predisposición de esta fruta al daño por enfriamiento (chilling injury) y al desarrollo de pudriciones. Experiencia que se ha obtenido de investigaciones que se han realizado en el cultivar 'Hayward', dejándose la práctica de enfriamiento rápido para la fruta embalada y el enfriamiento pasivo en cámara para la fruta recién cosechada.

Según lo anterior, la estandarización de las prácticas de poscosecha especialmente el enfriamiento debe ser específico para las diferentes variedades, especialmente por la susceptibilidad al daño por enfriamiento o *chilling injury*. El género Actinidia es considerado sensible a este daño, pero varía su sensibilidad en relación a la especie y variedades dentro de estas especies.

En el caso de las nuevas variedades de pulpa amarilla el almacenaje prolongado a 0°C puede provocar la ocurrencia de desórdenes fisiológicos asociados a daño por enfriamiento o *chilling injury* con síntomas típicos de granulosidad y traslucidez de la pulpa. Estos daños también se han descritos para 'Hayward' (*Actinidia chinensis* var. *deliciosa*), con la diferencia de que en este cultivar la expresión del daño requiere de almacenajes prolongados a 0°C (superior a 90-120 días), mientras que cultivares de *Actinidia chinensis* var. *chinensis* pueden expresarlo en tiempos más cortos (45-60 días), además de ser altamente susceptibles al ablandamiento.

La determinación de la temperatura óptima de almacenaje es crítica para lograr las características deseadas en el producto final que recibe el consumidor. Son determinantes el tiempo y la tasa de enfriamiento para llegar a la temperatura de almacenamiento de 0°C, además de las oscilaciones térmicas que pueden suceder a lo largo de este, pudiendo afectar la calidad organoléptica final del producto.

Los síntomas de daño son evidentes después de un almacenamiento prolongado a 0°C y se acentúan en una posterior maduración bajo condiciones de temperatura ambientales. En cultivares de pulpa amarilla el uso de bajas temperaturas inapropiadas para el almacenaje ocasiona el desverdizado incompleto de la pulpa.

DESÓRDENES FISIOLÓGICOS

Los desórdenes fisiológicos asociados a la exposición prolongada a bajas temperaturas pueden presentar síntomas tanto a nivel de la piel o la pulpa. La granulosidad es un síntoma típico de daño por enfriamiento en la pulpa y comienza a visualizarse inicialmente en la zona distal del fruto para luego extenderse por el resto del pericarpio interno. La evolución de la severidad del daño se complementa además con un aspecto de alta saturación en agua del tejido, reconocible con una pérdida de integridad de la pulpa al realizar un corte en el fruto. La aparición de estos síntomas va acompañada de una desuniformidad del color de la pulpa, es decir, el desverdizado de la pulpa o el progreso del desverdizado en poscosecha puede verse alterado (**Figura 1**). En cultivares de pulpa roja también se han reportado casos de lignificación de la columela.

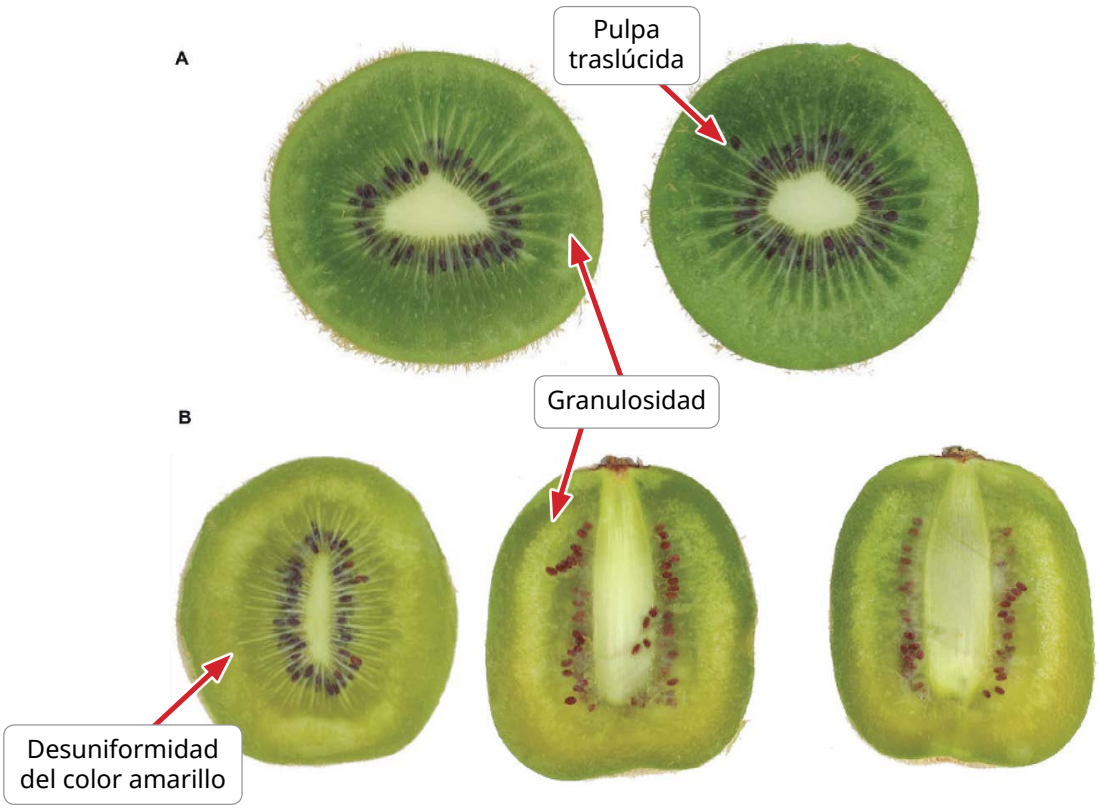


Figura 1. Síntomas de daño por enfriamiento asociados a traslucidez, granulosidad y desuniformidad del color en el cultivar 'Hayward' (A) y 'Dori' (B) derivados del almacenaje prolongado a 0°C.

VERIFICACIÓN DE LA TEMPERATURA ÓPTIMA DEL KIWI

La metodología para la determinación de la temperatura de almacenaje óptima del kiwi fue implementada en el cultivar de pulpa amarilla 'Dori', variedad que presenta ablandamiento rápido y desórdenes fisiológicos asociados a bajas temperaturas. Esto fue implementado en la temporada 2021-2022 a través de dos ensayos, uno basado en técnicas de enfriamiento rápido y el otro a través de atraso de enfriamiento (acondicionado). Los parámetros de madurez a cosecha se presentan en la **Tabla 1**. En ambos ensayos se caracterizó la incidencia de daño por enfriamiento según la escala de la **Figura 2**. Es importante destacar que los kiwis son sensibles al daño por enfriamiento, siendo la variedad 'Hayward' la más estudiada, su sensibilidad está en función no solo de la temperatura de almacenaje sino también está asociada al tiempo de almacenaje y al protocolo de enfriamiento. En este caso los

síntomas asociados a un deficiente enfriamiento son incremento de pudrición, desarrollo de pitting, ablandamiento desuniforme y prematuro, además de pulpa traslúcida.

La incidencia fue calculada contemplando el número de frutos con síntomas sobre la cantidad de fruta evaluada en cada instancia, con la agrupación de las tres categorías de severidad del daño: leve, moderado y severo.

Tabla 1. Parámetros de madurez a cosecha en el cultivar 'Dori' temporada 2021-2022.

Madurez (DDPF)	Firmeza pulpa (lb)	Color de pulpa (°hue)	Materia Seca (%)	Sólidos solubles (%)	Acidez titulable (%)
136	13,6	100,8	20,1	8,7	2,09

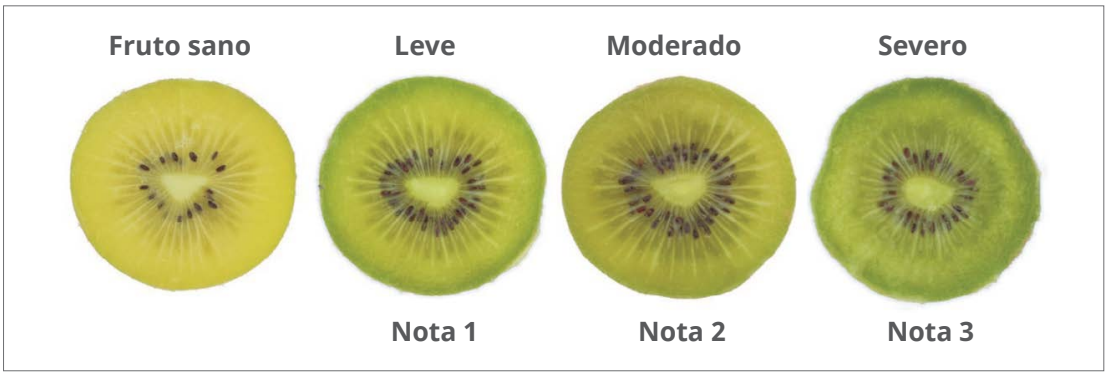


Figura 2. Escala visual de severidad de síntomas de daño por enfriamiento en el cultivar 'Dori' con las categorías de daño leve, moderado y severo, evaluadas con la nota 1, 2 y 3, respectivamente.

Temperatura de enfriamiento rápido

El objetivo del ensayo fue determinar la temperatura de enfriamiento rápido óptima para el kiwi de pulpa amarilla.

La fruta para el montaje de ambos ensayos fue obtenida de un huerto localizado en Quinta de Tilcoco, Región de O'Higgins. La fruta fue embalada en cajas de 6,4 kg (calibre 33) en bolsa perforada de 0,9% área ventilada. Los tratamientos consistieron en el uso de dos temperaturas distintas de enfriamiento rápido y almacenamiento. Un tratamiento control con enfriado rápido en túnel de aire forzado a 0°C y posterior almacenaje de 45 días a 0°C. El segundo tratamiento requirió un enfriado rápido a una temperatura de 2-3°C y luego almacenaje de 45 días a 1-2°C. El tiempo de enfriado fue entre 4-5 horas con verificación continua de la temperatura de pulpa en cada caso. Se realizó evaluación de caracterización inicial a cosecha, al término del almacenaje de 45 días (0 días) y luego a 3, 6 y 9 días a 20°C.

Los tratamientos tuvieron efectos significativos sobre los distintos parámetros de madurez asociados a la calidad del fruto. En la evaluación a temperatura ambiente (20°C) se observaron valores hue más bajos en la fruta enfriada a 2-3°C respecto de la enfriada a 0°C (**Figura 3A**). La firmeza de pulpa al término del almacenaje fue significativamente superior a 0°C, sin embargo, los primeros días a 20°C experimentó una rápida caída (fase rápida de ablandamiento) que se prolongó hasta los 9 días, alcanzando prácticamente la misma firmeza final que la fruta enfriada a 2-3°C con un promedio de 1,7-1,8 lb (**Figura 3B**).

El aumento de sólidos solubles fue mayor en la fruta enfriada a 2-3°C y fue relacionado además con una mayor disminución de la acidez titulable (**Figura 3C**, **3D**).

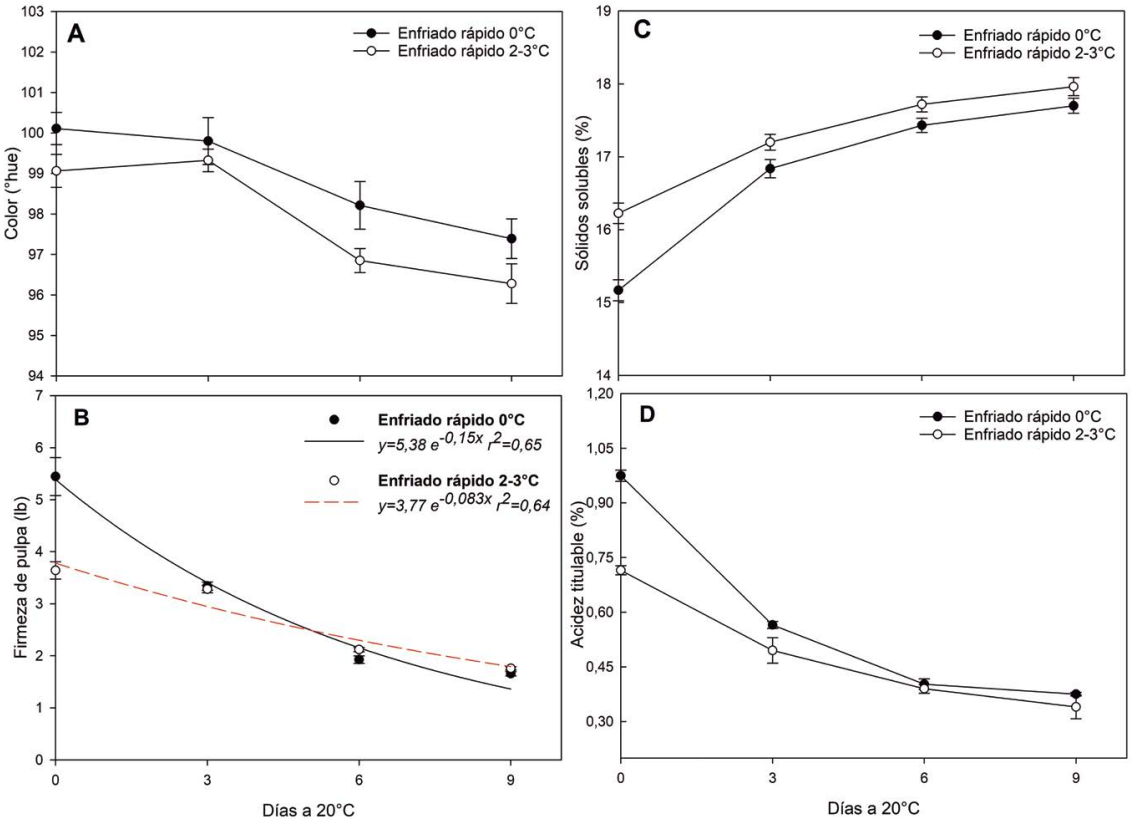


Figura 3. Evolución del color de la pulpa (**A**), firmeza de pulpa (**B**), sólidos solubles (**C**) y Acidez Titulable (**D**) en el cultivar 'Dori' sometido a enfriamiento rápido a 0°C y 2-3°C con posterior almacenaje de 45 días a 0°C y un periodo de maduración de 0, 3, 6 y 9 días a 20°C. La pérdida de firmeza de pulpa fue representada con un modelo exponencial decreciente $y_{\mathbf{firmeza}}$=a $e^{-\mathbf{bx(días)}}$). Barras indican error estándar de la media con cuatro repeticiones.

La incidencia de fruta con daño por enfriamiento luego de los 45 días de almacenaje fue baja para ambos tipos de enfriado, aumentando significativamente a partir de los 3 días a 20°C. A pesar de que a los 9 días a 20°C ambos tratamientos lograron el 100% de la fruta con síntomas de daño (**Figura 4A**), la diferencia estuvo en la severidad del daño observado; la fruta enfriada a 0°C presentó mayor severidad comparado con aquella enfriada a 2-3°C, finalizando en su mayoría con daño severo (Nota 3) luego de 9 días a 20°C (**Figura 4B**).

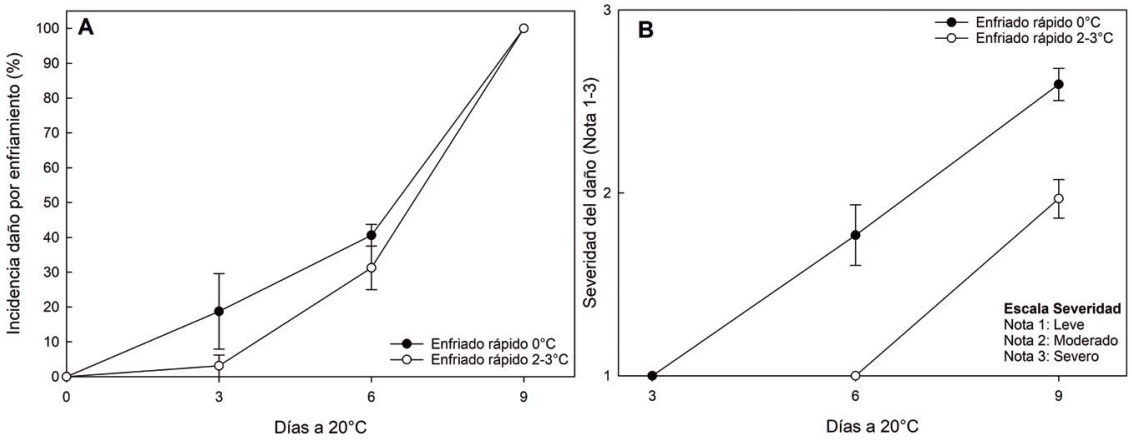


Figura 4. Incidencia de frutos con daño por enfriamiento (**A**) y Severidad del daño por enfriamiento (**B**) en cultivar 'Dori' sometido a enfriamiento rápido a 0°C y 2-3°C con posterior almacenaje de 45 días a 0°C o 1-2°C respectivamente y un periodo de maduración de 0, 3, 6 y 9 días a 20°C. Barras indican error estándar de la media con cuatro repeticiones.

Práctica de acondicionado

El objetivo del segundo ensayo fue determinar una práctica de acondicionamiento que permita reducir el daño por enfriamiento a 0°C.

Se seleccionó kiwi cv. 'Dori' de cosecha comercial (136 DDPF) temporada 2021-2022. La fruta fue embalada en cajas de 6,4 kg (calibre 33) en bolsa perforada de 0,9%. Los tratamientos fueron determinados mediante el atraso de enfriamiento a 0°C: un atraso del enfriamiento de 0 horas (control) y un atraso de 48 horas a 18-20°C. La fruta fue almacenada por 45 días a 0°C. Se realizó evaluación de caracterización inicial y luego de 48 h de atraso de enfriamiento (**Tabla 2**), al término del almacenaje por 45 días a 0°C y a los 3, 6 y 9 días a 20°C.

Tabla 2. Caracterización inicial de parámetros de madurez en el cultivar 'Dori' temporada 2021-2022 para dos atrasos de enfriamiento a 0°C (0 y 48 horas).

Atraso de enfriamiento (h)	Firmeza pulpa (lb)	Color de pulpa (°hue)	Materia Seca (%)	Sólidos solubles (%)	Acidez titulable (%)
0	13,6	100,8	20,1	8,7	2,09
48	11,2	99,3	19,9	11,1	1,97

Los resultados mostraron que luego de 45 días a 0°C los parámetros de color, firmeza y sólidos solubles mostraron diferencias entre ambos tratamientos. El color se vio afectado con una disminución del ángulo hue mayor en el atraso de 48 horas, significativamente distinto del atraso de 0 horas, tendencia que se mantuvo durante todo el periodo a 20°C (**Figura 5A**). La firmeza de pulpa no experimentó diferencias entre tratamientos (**Figura 5B**).

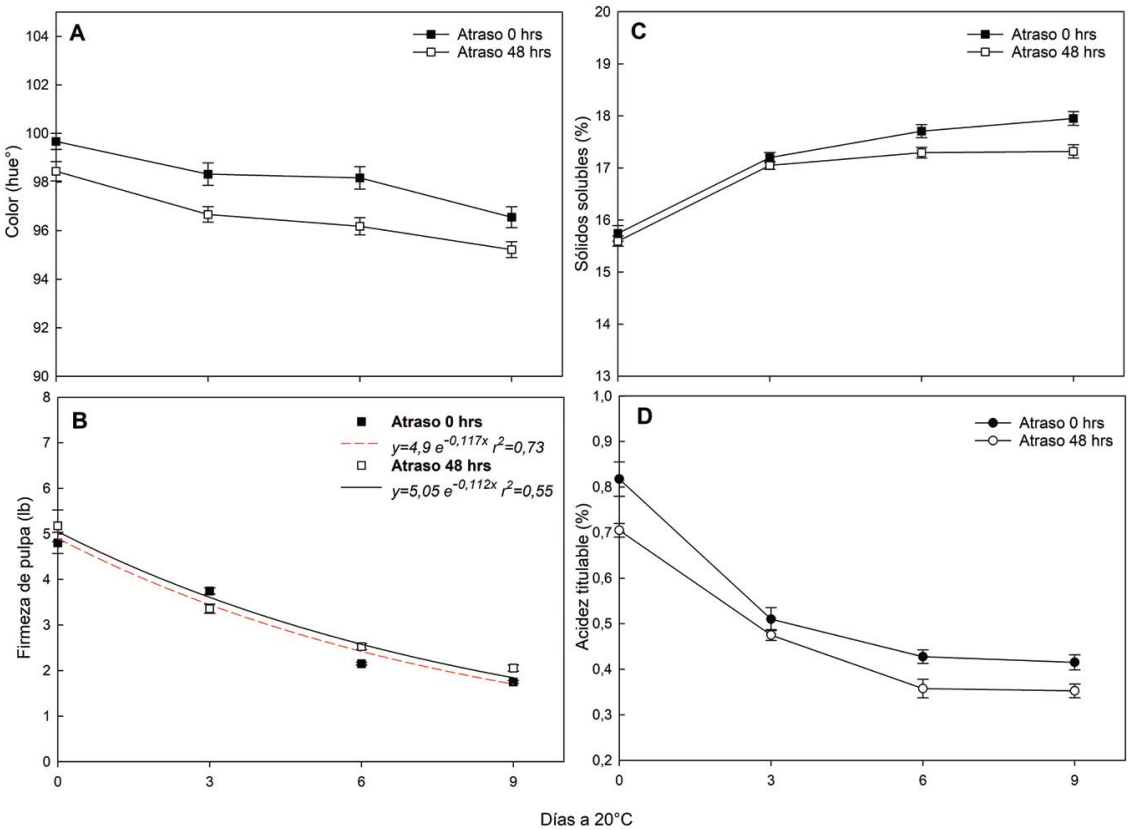


Figura 5. Evolución del Color amarillo (**A**), Firmeza de pulpa (**B**), Sólidos Solubles (**C**) y Acidez Titulable (**D**) en el cultivar 'Dori' proveniente de dos atrasos de enfriamiento de 0 y 48 horas previo al almacenaje de 45 días a 0°C y luego de 0, 3, 6 y 9 días a 20°C. La pérdida de firmeza de pulpa fue representada con un modelo exponencial decreciente $y_{\mathbf{firmeza}}$=a $e^{-\mathbf{bx(días)}}$). Barras indican error estándar de la media con cuatro repeticiones.

La incidencia de frutos con síntomas de daño por enfriamiento se presentó luego de 3 días a 20°C en ambos atrasos, siendo significativamente más baja en el atraso de 48 horas a los 3 y 6 días a 20°C. A pesar de que luego de 9 días a 20°C la incidencia es cercana al 90%, la diferencia radica en la severidad, siendo significativamente mayor en la fruta control. (**Figura 6**).

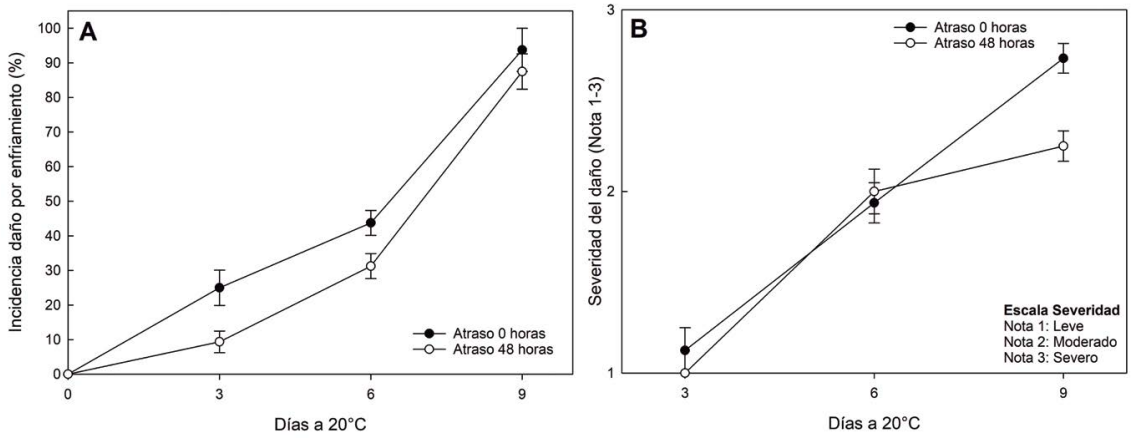


Figura 6. Incidencia de frutos con daño por enfriamiento (**A**) y Severidad del daño por enfriamiento (**B**) en el cultivar 'Dori' proveniente de dos atrasos de enfriamiento de 0 y 48 horas previo al almacenaje de 45 días a 0°C y luego de 0, 3, 6 y 9 días a 20°C. Barras indican error estándar de la media con cuatro repeticiones.

CONCLUSIONES

El uso del enfriado rápido y el almacenamiento a 0°C no son considerados adecuados en el manejo de poscosecha de cultivares de pulpa amarilla como es el caso del cv. 'Dori'. Este cultivar es sensible a desórdenes fisiológicos y ablandamiento prematuro, con alteraciones posteriores en el proceso de maduración a temperatura ambiente y el desverdizado incompleto de la pulpa (principal atributo de calidad comercial) cuando se expone a temperatura de 0°C. En el caso del cultivar 'Dori' los trabajos efectuados para definir la estrategia de manejo de enfriamiento concluyeron que: la inmadurez incrementa la sensibilidad a las bajas temperaturas, el almacenaje a temperaturas superiores de 0°C aumenta el ablandamiento, por lo tanto, la fruta debe manejarse a través del protocolo de desverdización a 15°C por 7-15 días y cosechada 7 días antes de la madurez de cosecha comercial (**Ver Capítulo 3.- Protocolo de Evaluación de Calidad y Poscosecha**). Bajo este protocolo la fruta puede almacenaje a 0°C sin desarrollar los síntomas de daño por enfriamiento.

El uso de técnicas como enfriar a temperatura de 2-3°C o atrasar el ingreso a 0°C pueden ayudar a disminuir la incidencia y severidad de los problemas generados por el almacenaje prolongado a bajas temperaturas, sin embargo, no son suficientes para garantizar la apropiada maduración (coloración) a nivel del consumidor.

El kiwi es una especie sensible al daño por enfriamiento rápido; por lo tanto, debe establecerse la sensibilidad de cada cultivar. El procedimiento incluye la evaluación del enfriado rápido a 0°C y almacenaje al menos de 45 días a 0°C para especies sensibles como las de pulpa amarilla. Se debe verificar la coloración característica de la variedad y si se desarrollan los síntomas del daño por enfriamiento después de 3 días a 20°C; en caso de no lograrse la coloración adecuada se debe evaluar después de 6 y 9 días a 20°C.

CAPÍTULO 3
DESVERDIZADO DE LA PULPA

Autores: Juan Pablo Zoffoli, Angeli Labra, Paulina Naranjo
Laboratorio de Poscosecha, Facultad de Agronomía y Sistemas Naturales
Pontificia Universidad Católica de Chile

INTRODUCCIÓN

El color de la pulpa destaca como una de los principales atributos de los cultivares de kiwi comerciales en el mundo. En *Actinidia chinensis* var. *deliciosa*, cultivar 'Hayward' el color de la pulpa permanece verde durante todo el proceso de desarrollo y maduración del fruto (periodo de precosecha y poscosecha), debido a que no hay degradación de las clorofilas que componen las células del pericarpio, manteniendo intacta la estructura cloroplástica típica, aunque exista alto contenido de carotenoides. Sin embargo, en cultivares de *Actinidia chinensis* var. *chinensis*, amarillos, no se observa el mismo comportamiento y el desarrollo del color amarillo se produce a medida que la maduración del fruto progresa principalmente por la acción de enzimas que promueven la degradación de la clorofila, produciendo el desenmascaramiento de carotenoides que ya se encuentran presentes desde el inicio del desarrollo del fruto y con una transformación de cloroplastos a cromoplastos.

Comercialmente es importante conseguir un color amarillo atractivo acorde con la genética de la variedad, pues esta característica es un requisito más de la calidad del producto a parte de la condición organoléptica, exigido por los consumidores en el mercado.

Como se discutió en el Capítulo 1 de maduración, conseguir el color amarillo deseado a cosecha está asociado a la característica genética de la variedad y a los otros índices de madurez, siendo el más crítico la firmeza del producto, por lo que es muy común conseguir fruta de la calidad visual característica con ablandamiento excesivo. Esto es válido, especialmente porque el incremento del color en almacenaje difícilmente se produce a la baja temperatura a que se somete el producto. Por lo tanto, resulta relevante conocer para las diferentes variedades la capacidad de desverdización fuera de la planta en condiciones controladas; de manera de producir la coloración deseada anticipándose en la cosecha y optimizando la coloración con la textura deseada.

El protocolo de desverdizado fuera de la planta en kiwi, debe incluir los siguientes aspectos: definir la madurez mínima de cosecha, temperatura y tiempo del proceso y la respuesta de ablandamiento en almacenaje.

El momento de cosecha debe establecerse en base a un índice que asegure el desarrollo del color en poscosecha según la temperatura y tiempo de exposición. La temperatura y tiempo de exposición considera 5, 10 o 15°C por 7, 14 o 21 días. Este proceso se compara con la temperatura de 0°C, asociado al manejo normal de poscosecha.

A continuación, se describe la operación de definición de estos aspectos para kiwi cultivar 'Dori'.

DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA Y MADUREZ DEL FRUTO PARA EL PROCESO DE DESVERDIZADO DE KIWI

Metodología

El objetivo de este estudio de desverdizado en kiwi cultivar 'Dori' fue definir la metodología para determinar la efectividad de la práctica de desverdización de la pulpa en cultivares de pulpa amarilla, en relación a la madurez de cosecha y la temperatura del proceso.

Los ensayos de estudio de desverdizado fueron conducidos en el cultivar 'Dori' de un huerto localizado en Cocalán, Las Cabras, Región de O´Higgins. Se seleccionaron 3 estados de madurez asociados a la evolución del color amarillo del fruto en la planta. El color fue caracterizado en base al sistema color L*C*hue en los siguientes rangos:

Madurez 1: 105-108° (Inicio del viraje del color verde a verde amarillo).

Madurez 2: 103-105° (viraje del color verde amarillo a amarillo).

Madurez 3: 99-100° (amarillo, cosecha comercial).

Se organizaron subgrupos de 5 frutos cada uno (repetición), organizados en cajas de 6,4 kg al interior de bolsa AM traslapada, con cuatro repeticiones por tratamiento.

La fruta seleccionada en cada madurez fue almacenada por 41 días a 0, 5 y 15°C. Las evaluaciones se realizaron a los 4, 7, 14, 21, 30 y 41 días. Luego de los 41 días de almacenaje la fruta restante fue llevada a condiciones de temperatura ambiente con evaluaciones a los 3, 6 y 9 días a 20°C.

Los parámetros definidos en cada madurez de cosecha, según rango de color, son descritos en la **tabla 1**. En la **Figura 1** se presenta el avance del color amarillo en cada madurez basado en la media del color hue asociado en ese momento.

Tabla 1. Caracterización de los Parámetros de Madurez de firmeza de pulpa, materia seca (MS), almidón, sólidos solubles (SS) y acidez titulable (AT), en cada cosecha asociados a distintos rangos de color de la pulpa (°h) correspondientes a la madurez 1, 2 y 3 en el cultivar 'Dori', temporada 2021-2022.

Madurez	Fecha cosecha	Parámetro de Madurez					
		Firmeza de pulpa (lb)	MS (%)	Almidón (%)	SS (%)	AT (%)	Color (°h)
1	16 feb	15,7	16,8	6,3	6,1	1,93	**107,2**
2	23 feb	13,6	17,4	6,9	6,4	1,17	**103,1**
3	01 mar	13,3	18,1	6,7	7,0	1,70	**100,8**

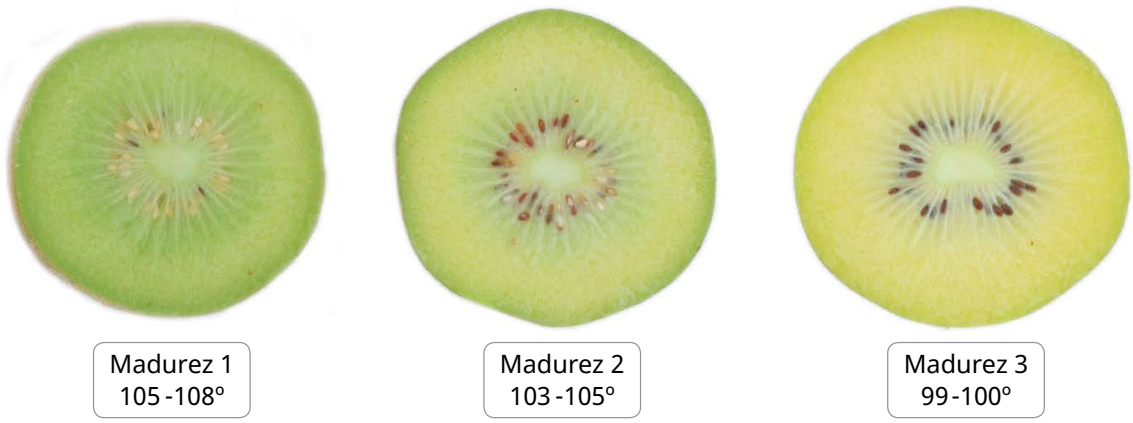


Figura 1. Representación del avance del color en cada madurez de cosecha en el cultivar 'Dori', temporada 2021-2022. La madurez 1 estuvo en el rango de 105-108° hue, la madurez 2 en 103-105° hue y la madurez 3 en 99-100° hue.

La evolución de los parámetros de madurez de color de pulpa, firmeza, sólidos solubles y acidez titulable es descrita por cada madurez.

Madurez 1

La evolución del color de pulpa se vio afectado en la fruta almacenada a 5 y 15°C con diferencias observables desde los primeros 4 días (**Figura 2A**). El tratamiento de 15°C mostró un efecto favorable en el desarrollo del color amarillo a partir de los 4 días. El mayor descenso del valor hue se produjo hasta el día 14 con una media de 100° hue y a partir del día 21 la disminución fue constante a una tasa de 0,1°hue/día. Lo anterior indicó un desverdizado completo de la pulpa a 15°C luego de 41 días con un valor hue promedio de 96,8° (**Figura 2A**). El color final se expresó con un valor hue promedio de 95,8° luego de 9 días a 20°C (**Figura 2D**). La **Figura 3** muestra una representación de la evolución del color en la madurez 1, con una visualización del avance de color amarillo completo para 15°C. La fruta almacenada a 0°C mantuvo valores hue más altos (menos amarillo) que se mantuvieron durante los 41 días, retomando el desverdizado luego a 20°C sin lograr el desverdizado completo de la pulpa. Por otro lado, la fruta a 5°C a pesar de experimentar un descenso del valor hue en los primeros 7 días de almacenaje, este no siguió disminuyendo y se mantuvo hasta los 41 días (**Figura 2A**, **2D**).

El tratamiento de 0°C finalizó con la firmeza más alta a los 41 días, sin embargo, experimentó una mayor pérdida de firmeza respecto de 5 y 15°C luego de 6 días a 20°C con un valor de 1,9 lb. Los demás tratamientos de temperatura experimentaron una rápida caída de la firmeza entre los 14 y 30 días a 5°C y entre 21 y 30 días a 15°C, para luego estabilizarse y pasar a una fase de ablandamiento lento hasta completar los 41 días (**Figura 2B**, **2E**). El aumento de sólidos solubles mostró diferencias entre tratamientos a partir de los 21 días de almacenamiento, siendo más alto a 15°C, seguido de 5°C y el más bajo a 0°C. Dicha tendencia se mantuvo luego a 20°C (**Figura 2C**, **2F**).

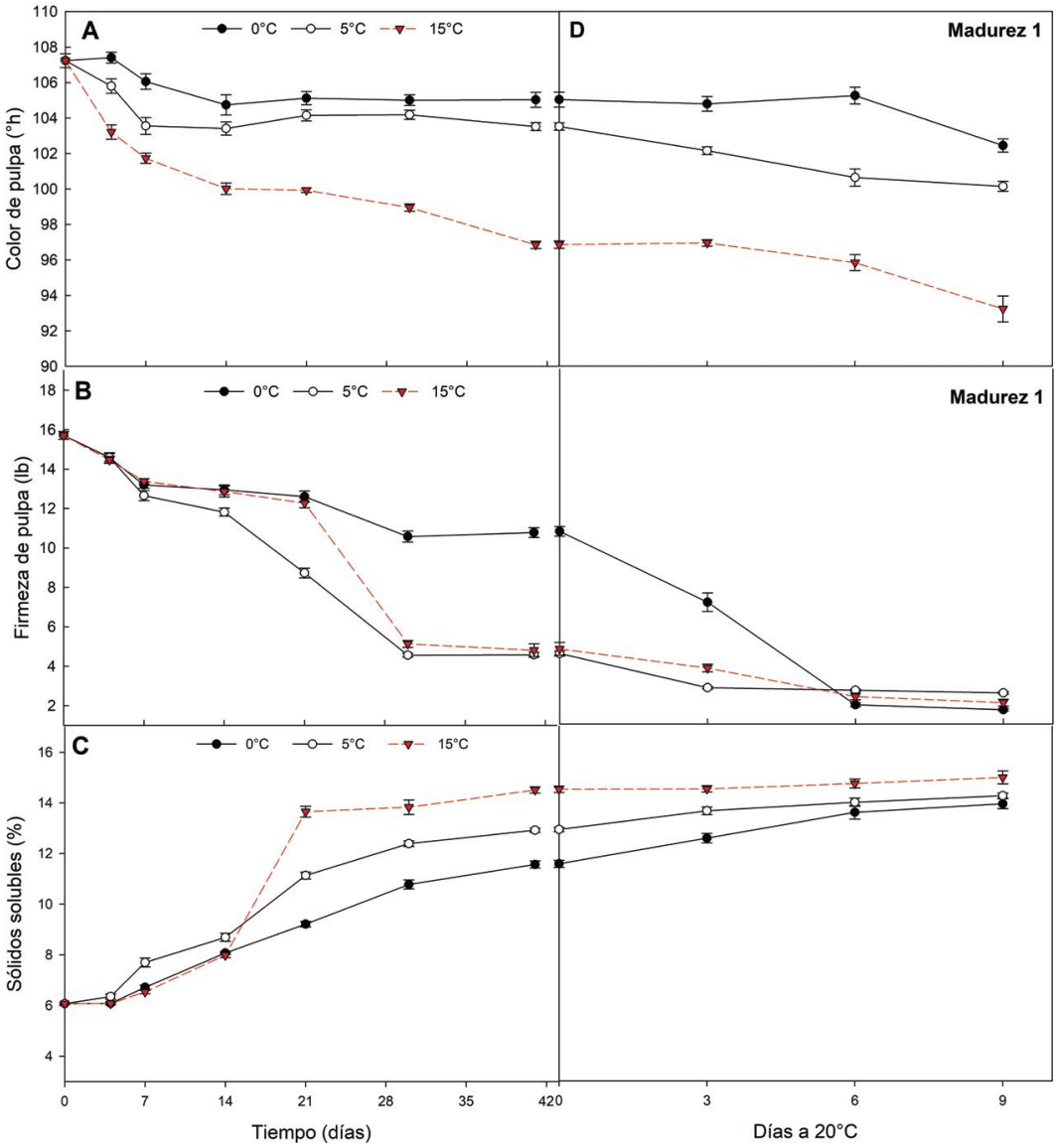


Figura 2. Evolución de los parámetros de color de pulpa (**A, D**), firmeza de pulpa (**B, E**) y sólidos solubles (**C, F**) en Kiwi cultivar 'Dori', Madurez 1 desverdizado a distintas temperaturas de 0, 5 y 15°C por 41 días (A, B, C) y luego por 9 días a 20°C (D, E, F). Barras indican error estándar de la media con cuatro repeticiones.

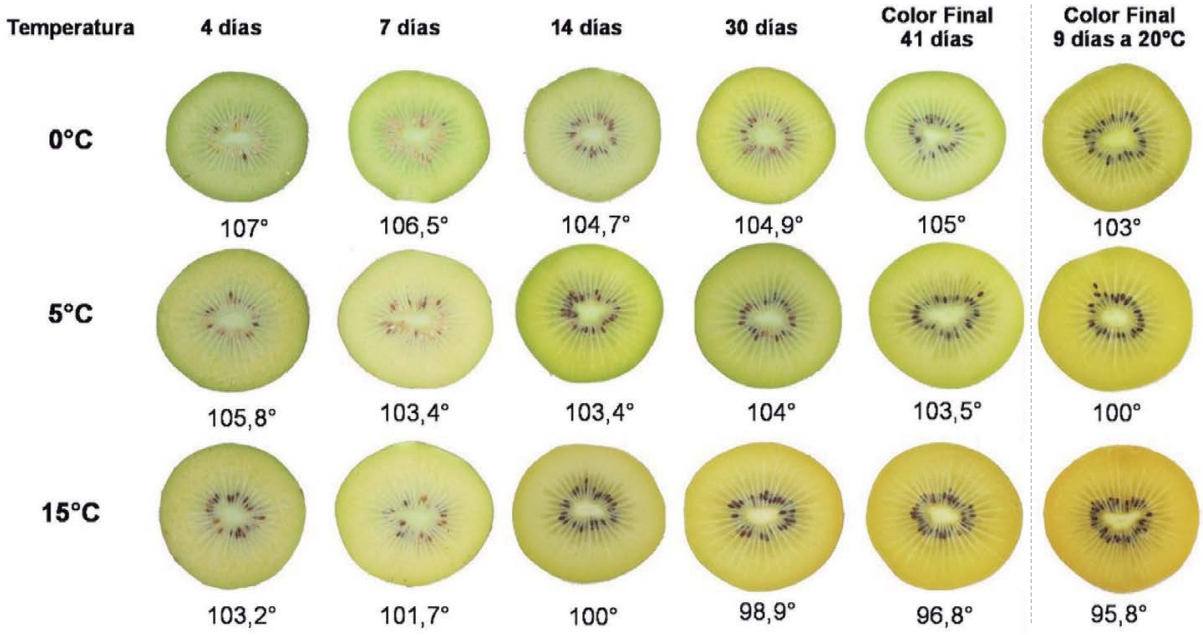


Figura 3. Representación del avance del color amarillo en el cultivar 'Dori' Madurez 1 luego de 4, 7, 14, 30 y 41 días a temperaturas de 0, 5 y 15°C y posteriormente luego de 9 días a 20°C. Las fotografías representan el valor hue promedio obtenido en cada momento.

Madurez 2

La disminución del ángulo hue fue menos marcada respecto de la primera madurez, con un descenso más progresivo pero que mantuvo la misma tendencia. La temperatura de 15°C tuvo la mayor disminución del hue con diferencias significativas desde los primeros 7 días y finalizó con 95,7° luego de 41 días (**Figura 4A**). Similar a lo observado en la madurez 1, a pesar de un leve descenso inicial los valores hue durante el almacenaje se mantuvieron altos, sin lograr el desverdizado de la pulpa luego de 41 días de almacenaje. Luego a 20°C la tendencia fue similar, con mayor descenso del hue para 15°C, seguido de 5 y 0°C (**Figura 4D**). La **Figura 5** muestra una representación del avance de color en la madurez 2.

Se observaron diferencias en la firmeza a partir de los 14 días y luego de 41 días la firmeza a 0°C fue significativamente más alta a 0°C respecto de 0 y 5°C (**Figura 4B**). Sin embargo, luego de 9 días a 20°C no existieron diferencias en la firmeza final del fruto, entre 2,0 y 5,3 lb (**Figura 4E**). Al igual que en la madurez 1, los sólidos solubles fueron superiores en la fruta desverdizada a 15°C (**Figura 4C**, **4F**).

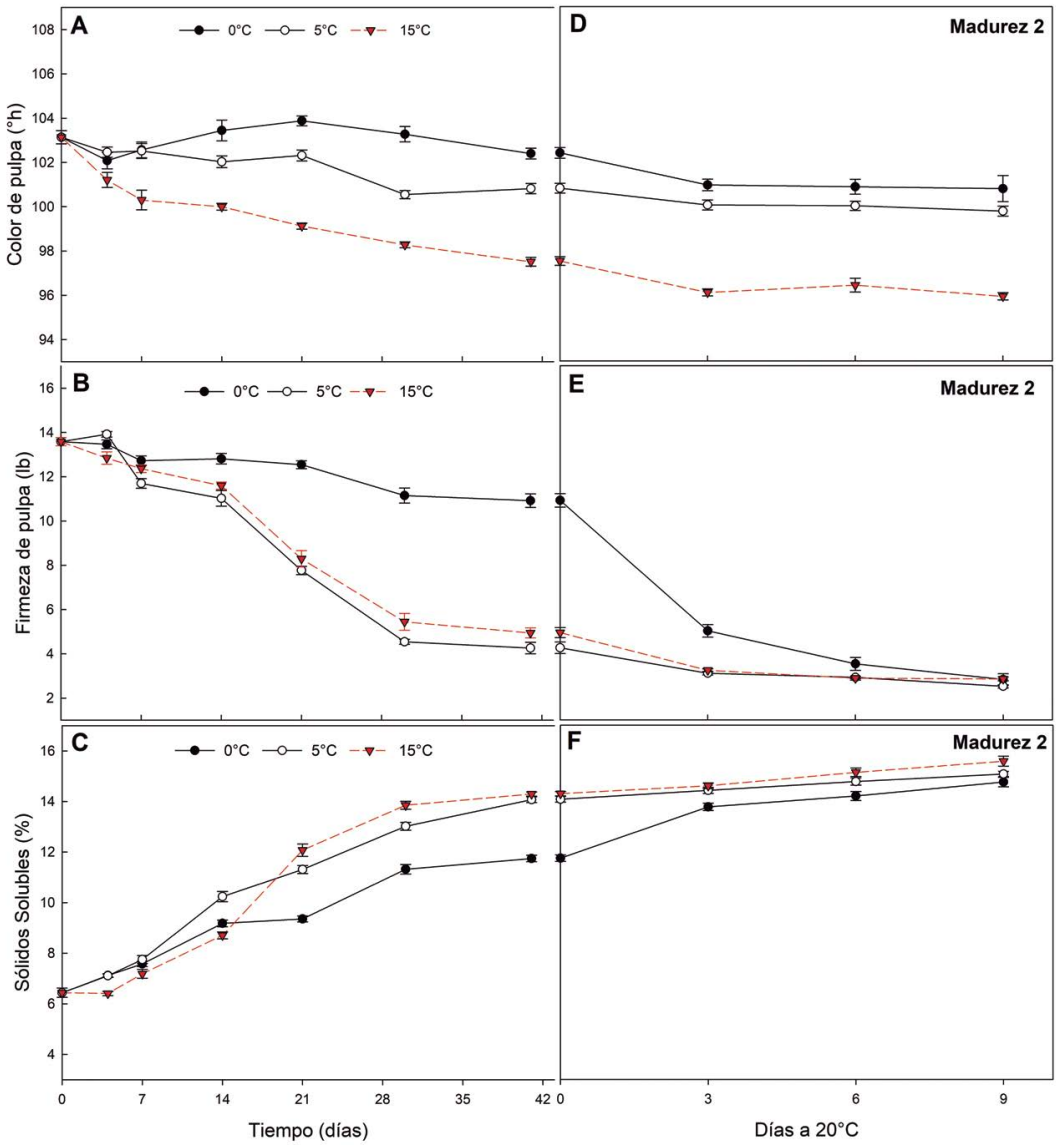


Figura 4. Evolución de los parámetros de color de pulpa (A, D), firmeza de pulpa (B, E) y sólidos solubles (C, F) en kiwi cultivar 'Dori', Madurez 2 desverdizado a distintas temperaturas de 0, 5 y 15°C por 41 días (A, B, C) y luego por 9 días a 20°C (D, E, F). Barras indican error estándar de la media con cuatro repeticiones.

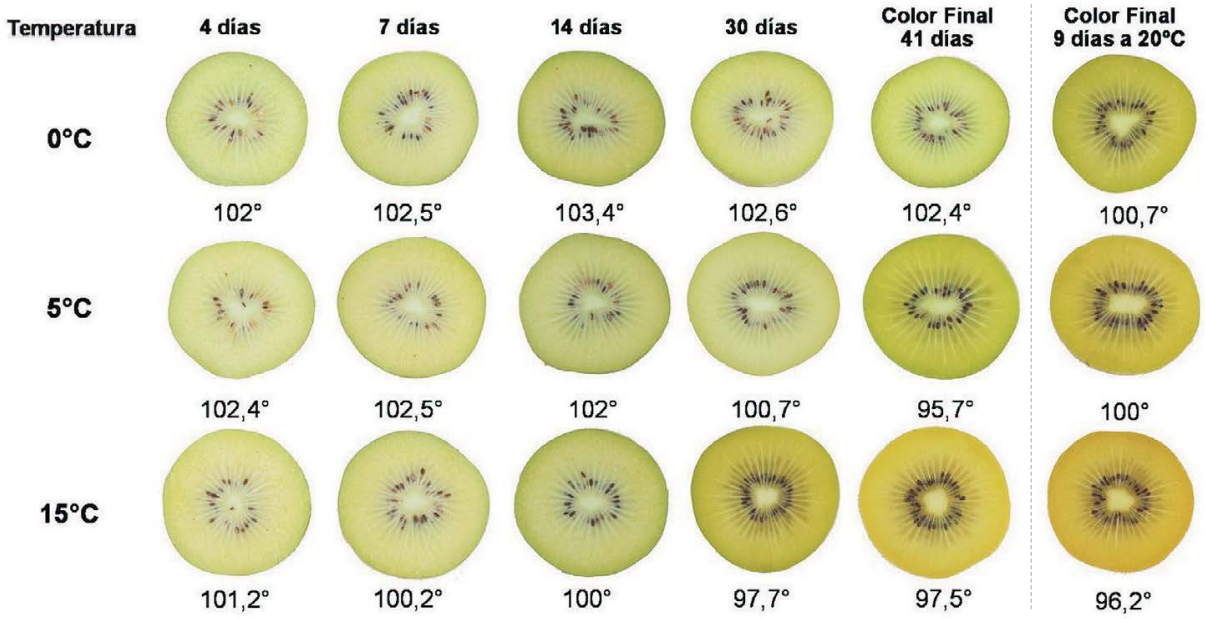


Figura 5. Representación del avance del color amarillo en el cultivar 'Dori' Madurez 2 luego de 4, 7, 14, 30 y 41 días a temperaturas de 0, 5 y 15°C y posteriormente luego de 9 días a 20°C. Las fotografías representan el valor hue promedio obtenido en cada momento.

Madurez 3

El típico comportamiento sigmoidal decreciente del valor hue experimentado en la fruta desverdizada a 15°C no se mantuvo en la madurez 3, sin embargo, el descenso logrado a los 30 y 41 días fue significativamente distinto de las demás temperaturas de desverdizado (**Figura 6A**). El desverdizado completo de la pulpa fue logrado en todos los tratamientos de desverdizado a 0, 5 y 15°C luego de 9 días a 20°C (**Figura 6D**). La **Figura 7** muestra una representación de la evolución del color a cada temperatura de la madurez 3.

La disminución de la firmeza fue mayor a 15°C, contrario a lo observado en la madurez 1 y 2, desde los primeros 4 días de desverdizado. La fruta almacenada a 0°C obtuvo la firmeza más alta luego de 41 días, sin embargo, experimentó un rápido ablandamiento a 20°C, sin diferencias significativas entre tratamientos después de 6 días a 20°C (**Figura 6E**). Similar a la madurez 1 y 2, el aumento de sólidos solubles fue superior a 15°C a partir de los 21 días, tendencia que se mantuvo a 20°C (**Figura 6C**, **6F**).

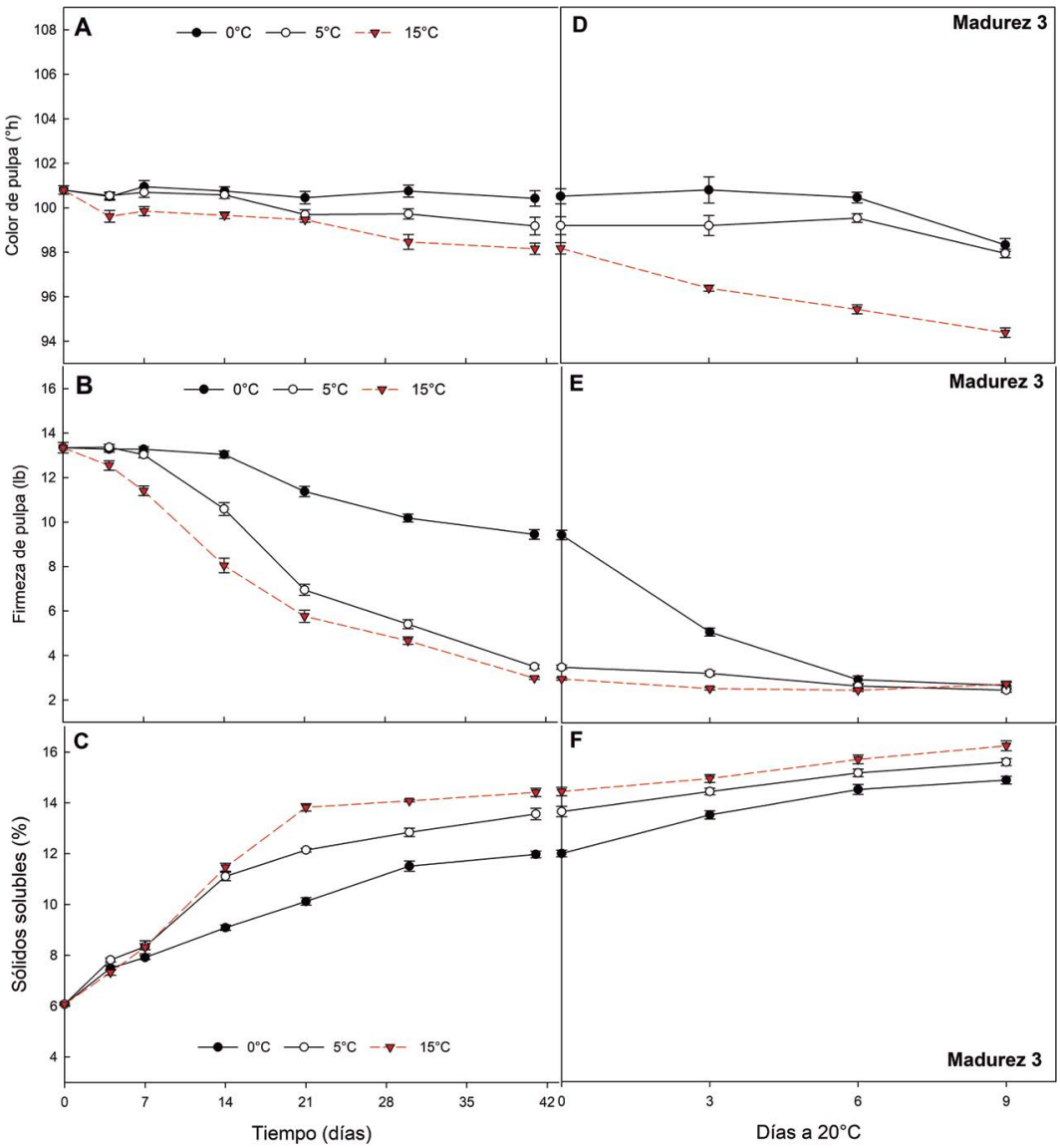


Figura 6. Evolución de los parámetros de color de pulpa (A, D), firmeza de pulpa (B, E) y sólidos solubles (C, F) en Kiwi cultivar 'Dori', Madurez 3 desverdizado a distintas temperaturas de 0, 5 y 15°C por 41 días (A, B, C) y luego por 9 días a 20°C (D, E, F). Barras indican error estándar de la media con cuatro repeticiones.

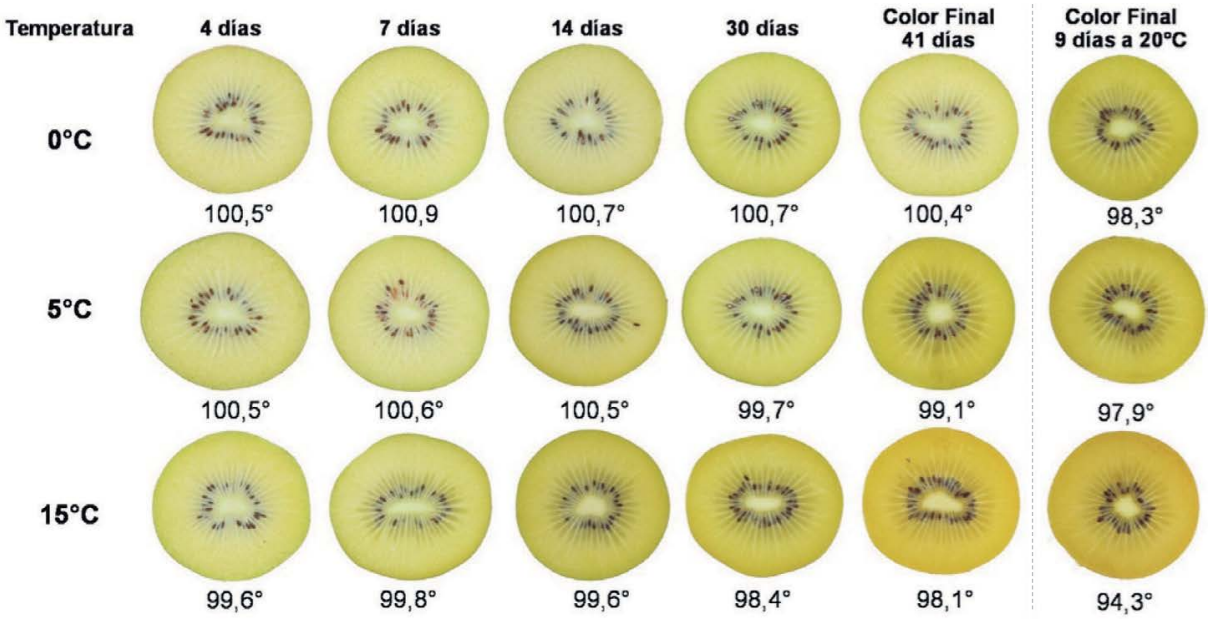


Figura 7. Representación del avance del color amarillo en el cultivar 'Dori' Madurez 3 luego de 4, 7, 14, 30 y 41 días a temperaturas de 0, 5 y 15°C y posteriormente luego de 9 días a 20°C. Las fotografías representan el valor hue promedio obtenido en cada momento.

Color externo del fruto

Además de las diferencias en el color interno se observaron diferencias en el color externo de la fruta según los distintos tratamientos de temperatura utilizados, independiente de la madurez. Se elaboró una escala de color externo basado en rangos de color asociados a cada una de las temperaturas de desverdizado (**Figura 8**). La fruta desverdizada a 15°C desarrolló, además del desverdizado completo de la pulpa (interno), un desverdizado de la piel del fruto (externo), fácilmente distinguible de la fruta desverdizada a 0 y 5°C, que mantuvieron la típica coloración. El valor hue final obtenido para cada temperatura de desverdizado fue similar, independiente de la madurez, siendo significativamente más bajo a la temperatura de 15°C (**Tabla 2**).

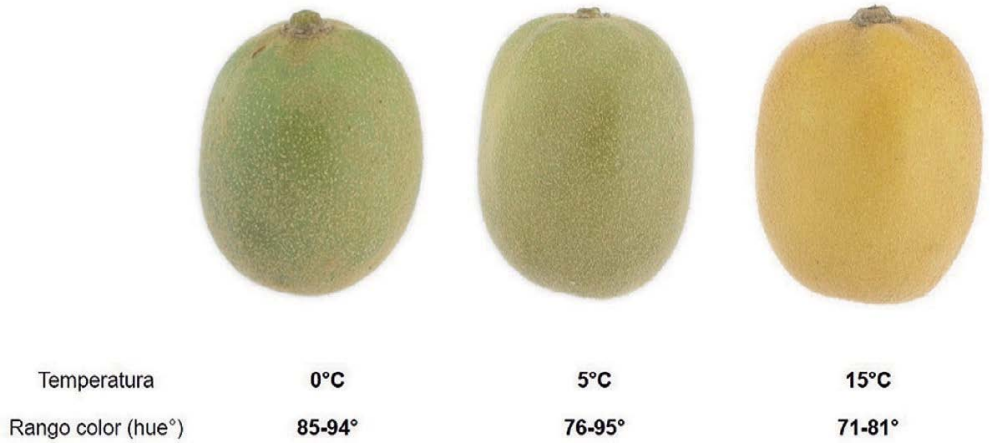


Figura 8. Representación del color externo final del fruto en Kiwi cv. 'Dori' luego de 41 días de almacenaje a 0, 5 y 15°C.

Tabla 2. Evolución del color externo de la piel del fruto (°h) obtenido en Kiwi cultivar 'Dori' luego de 41 días de almacenaje a 0, 5 y 15°C y después de 9 días a 20°C.

Temperatura / Madurez	Almacenaje de 41 días		
	Madurez 1	Madurez 2	Madurez 3
0°C	91,5 b	88,9 b	89,7 c
5°C	89,3 b	88,3 b	85,3 b
15°C	79,4 a	78,9 a	78,5 a
Valor p	*0,001*	*<0,001*	*<0,001*
	9 días a 20°C		
	Madurez 1	Madurez 2	Madurez 3
0°C	91,1c	86,2 b	82,9 c
5°C	86,3 b	87,1 b	79,7 b
15°C	76,3 a	74,9 a	74,6 a
Valor p	*<0,001*	*0,001*	*<0,001*

Letras diferentes indican diferencias significativas según Prueba LSD con p≤0,05

Desordenes fisiológicos

El daño por enfriamiento fue el principal desorden asociado a la madurez de la fruta y temperatura de almacenaje. El desorden se expresó como una alteración en la coloración natural de la pulpa, quedando zonas acuosas y con síntomas de granulosidad, detalles de los síntomas se describieron en el Capítulo 2. La incidencia del desorden fue mayor a 0°C y disminuyó totalmente a 15°C siendo intermedio para el caso de 5°C. El desorden fue de mayor incidencia cuando la cosecha se realizó en forma más anticipada o inmadura. (**Figura 9**).

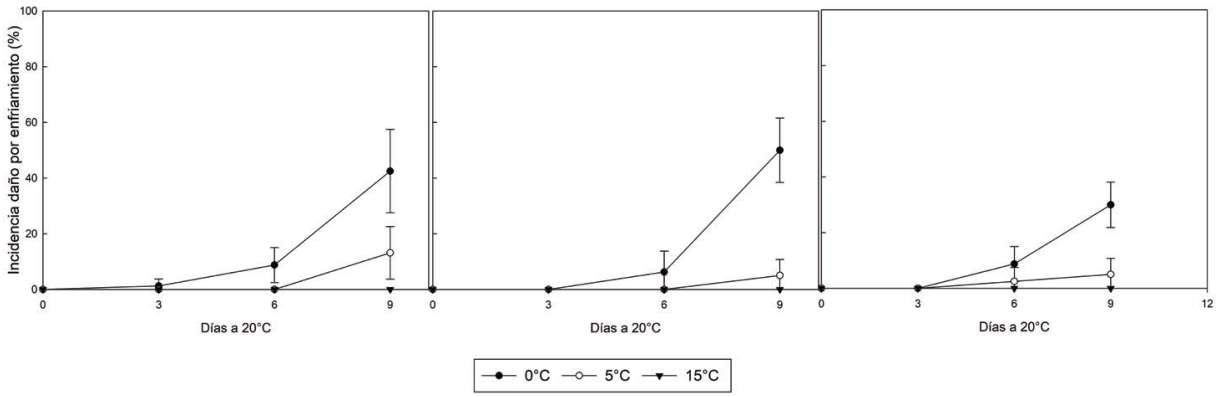


Figura 9. Efecto de la madurez y temperatura de acondicionamiento en la incidencia de daño por enfriamiento en kiwi cv. 'Dori'.

VERIFICACIÓN DEL PROTOCOLO DE DESVERDIZADO

Los resultados del ensayo 1 permitieron definir que la madurez 2 sería el estado más adecuado para realizar el protocolo de desverdizado y que la temperatura óptima sería 15°C. Con estos antecedentes se verificó el tiempo para lograr el desverdizado de una fruta cosechada anticipadamente en comparación con la cosecha comercial sin desverdizar y almacenada en forma continua a 0°C.

Metodología

El ensayo para verificar lo anterior fue conducido en el cultivar 'Dori', huerto Cocalán, Las Cabras, Región de O'Higgins. Se seleccionaron dos estados de madurez según avance del color; con una primera madurez previa de 12 días antes de la cosecha comercial (Madurez 1) y una segunda madurez en fecha de cosecha comercial (Madurez, 2 comercial). Los parámetros de madurez a cosecha se describen en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Caracterización de los Parámetros de Madurez de color de pulpa (°h), firmeza de pulpa, materia seca (MS), sólidos solubles (SS) y acidez titulable (AT), asociados a dos momentos de cosecha: Madurez 1 y Madurez 2 (comercial) en el cultivar 'Dori', temporada 2022-2023.

Madurez (DDPF)	Fecha de cosecha	Parámetro de madurez				
		Color de pulpa (°h)	Firmeza de pulpa (lb)	MS (%)	SS (%)	AT (%)
119	17 feb	104,2	14,3	18,4	6,4	1,92
130 Comercial	01 mar	99,9	12,9	18,8	7,4	1,84

La fruta fue embalada en cajas de 3,2 kg (1 bandeja, calibre 33) en bolsa perforada 0,9%. Se realizó un desverdizado a temperatura de 15°C por 0, 7, 14 y 21 días y se comparó con fruta en cosecha comercial y embalada en los mismos materiales. Posterior al tiempo de desverdizado de cada tratamiento la fruta fue almacenada por 60 días a 0°C. Se realizaron evaluaciones de calidad de la fruta en cada momento de término de desverdizado (7, 14 y 21 días), luego de 60 días a 0°C y finalmente a los 3, 6, 9 y 12 días a 20°C.

Resultados

La evolución del color amarillo de la pulpa de kiwi 'Dori' cosechado 12 días antes de la madurez comercial fue significativa en cada tiempo de desverdizado a 15°C. El desverdizado casi completo fue obtenido a los 7 días, con un valor promedio inferior a 100° hue; en contraste la fruta almacenada continuamente a 0°C mantuvo valores hue altos (**Figura 10**). La firmeza de la fruta no varió con el desverdizado por 7 o 14 días a 15°C, recién a los 21 días se observaron diferencias en firmeza y sólidos solubles, con una firmeza de pulpa más baja y un aumento de los sólidos solubles en el desverdizado a 15°C versus el almacenaje a 0°C (**Figura 10B**, **10C**). La acidez titulable fue mayor en el desverdizado a 15°C a partir de los 14 días (**Figura 10D**).

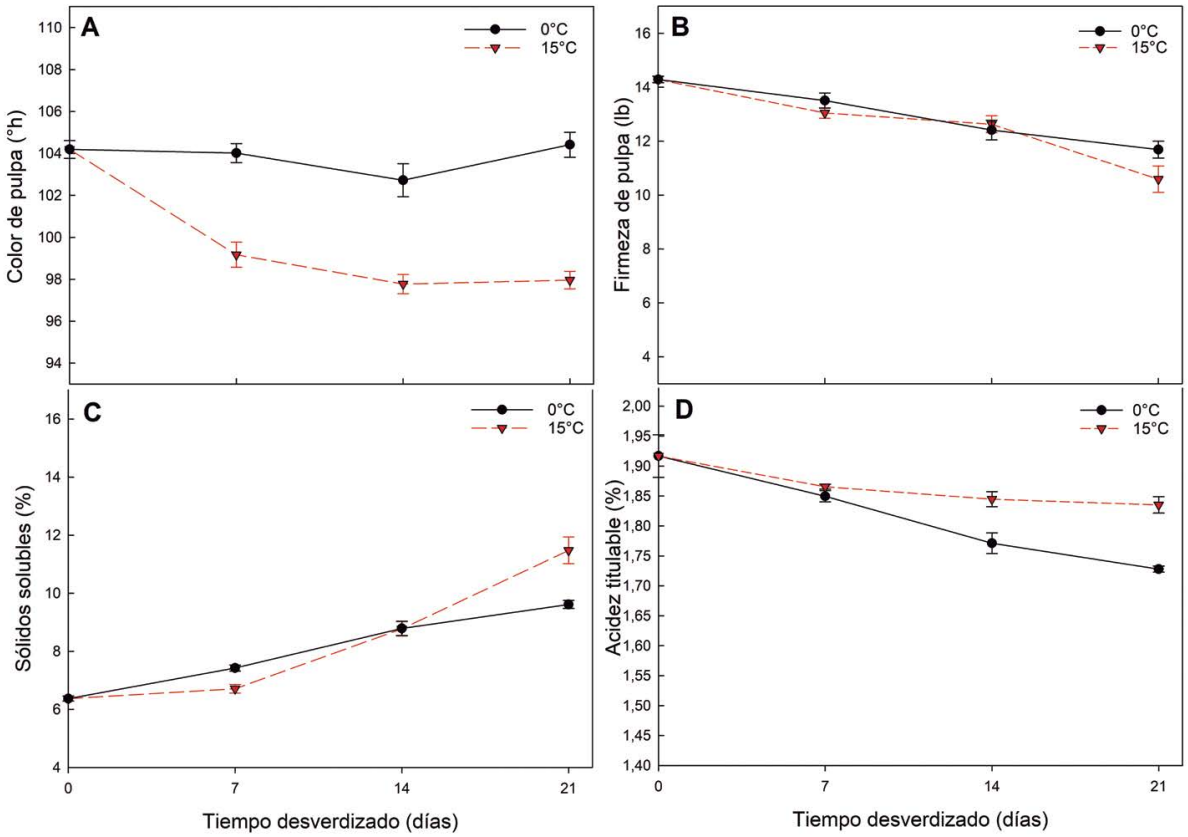


Figura 10. Evolución de los parámetros de color de pulpa (A), firmeza de pulpa (B), sólidos solubles (C) y acidez titulable (D) en Kiwi cultivar 'Dori', Madurez 1 desverdizado por 0, 7, 14 y 21 días a 15°C. Barras indican error estándar de la media con cuatro repeticiones.

Luego del desverdizado por 7, 14 y 21 días a 15°C la fruta fue almacenada por 60 días a 0°C. La evaluación inicial a 20°C (0 días) indicó un desverdizado completo de la pulpa para los tratamientos de 14 y 21 días a 15°C con valores hue de 99,9° y 98,2°; aquella desverdizada por 7 días a 15°C alcanzó un hue <100° solo a los 12 días y la fruta almacenada continuamente mantuvo el color sin producirse el desvedizamiento. (**Figura 11A**).

Al comparar la fruta desverdizada con la cosecha comercial, después de 60 días de almacenaje a 0°C fue posible establecer un cambio de coloración similar al obtenido con el desverdizado de 7 días. La fruta desverdizada por 14 y 21 días tuvieron mejor coloración que la fruta comercial.

La firmeza más alta después de 60 días a 0°C se alcanzó con la M1 sin desverdizar, pero esta fruta experimentó un ablandamiento importante en los primeros 3 días a 20°C, similar respuesta tuvo la fruta comercial. El desverdizado por 7 o 14 días a 15°C de la M1, produjo fruta de similar firmeza que la fruta comercial sin desverdizar, después de 60 días a 0°C. La fruta más blanda en este tiempo de almacenaje fue la desverdizada por 21 días a 15°C. En el periodo a 20°C, las firmezas de los diferentes tratamientos tendieron a igualarse.

La firmeza final alcanzada a los 12 días a 20°C fue significativamente menor los tratamientos de 14 y 21 días a 15°C (<1,5 lb) (**Figura 11B**).

Los sólidos solubles fueron cercanos a 16% en el desverdizado de 21 días a 15°C, aumentando sobre 16% en las evaluaciones posteriores de 20°C, logrando el mismo valor final respecto del tratamiento de 14 días a 15°C con 16,1% y 15,9% de sólidos solubles a los 12 días. La fruta comercial fue la más consistente en expresar 16% de SS. (**Figura 11C**).

La acidez titulable fue más alta en la fruta M1 sin desverdizar y la desverdizada por 7 días a 15°C (>1,50%) luego de 60 días a 0°C, a diferencia de los tratamientos de 14 y 21 días a 15°C que presentaron valores inferiores al 1,0%. La disminución de la acidez llega a valores similares entre los diferentes tratamientos después de 6 días a 20°C. El tratamiento comercial fue el que presentó la disminución más consistente y se mantuvo en 0,25%. (**Figura 11D**).

La expresión del daño por frío después de maduración a 20°C y previo a un almacenaje de 60 días a 0°C se describe en la **figura 12**, en ella la fruta de la madurez 1, anticipada en 12 días a la madurez comercial fue la más sensible, sin embargo, el desverdizado por 7 días a 15°C redujo el desorden significativamente a valores similares a los presentados por la fruta de la madurez comercial. El desverdizado por 14 y 21 días lo redujo totalmente.

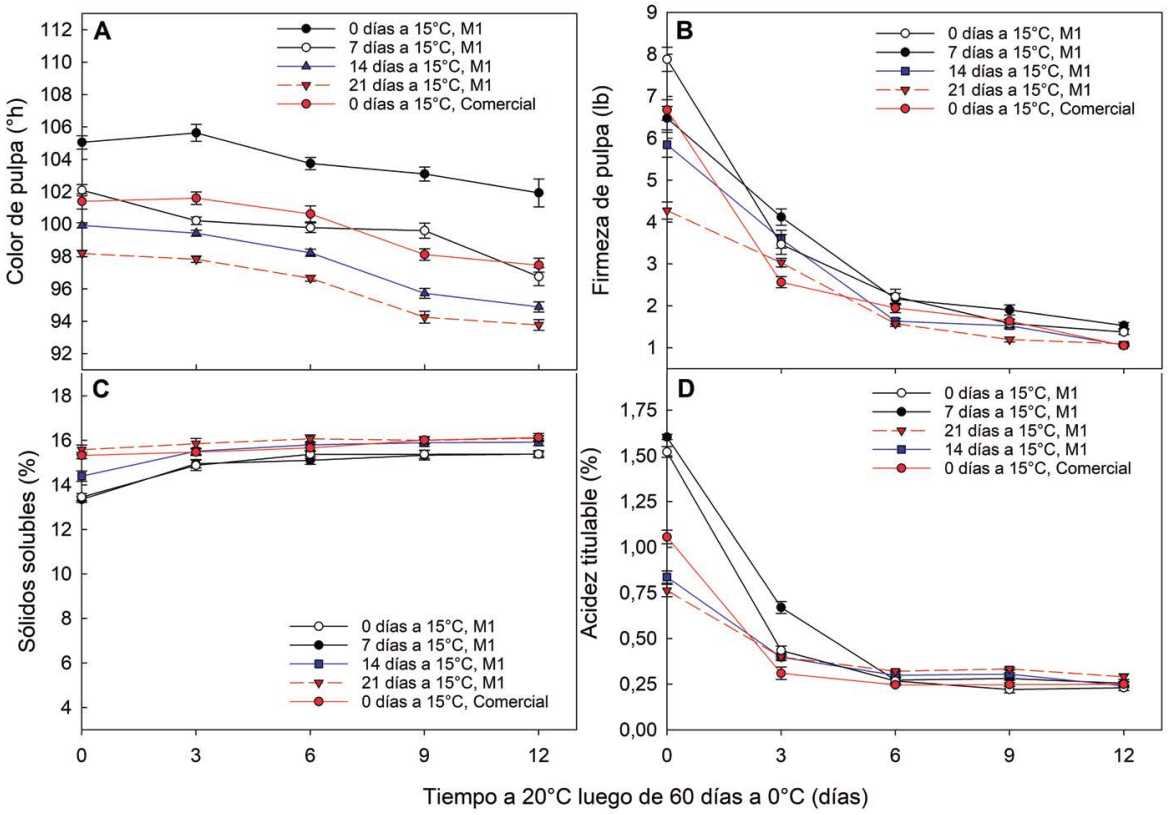


Figura 11. Evolución de los parámetros de color de pulpa (A), firmeza de pulpa (B), sólidos solubles (C) y acidez titulable (D) en Kiwi cultivar 'Dori' Madurez 1, desverdizado a distintos tiempos a 15°C (0, 7, 14 y 21 días) y evaluado a 20°C luego de 60 días a 0°C. Barras indican error estándar de la media con cuatro repeticiones.

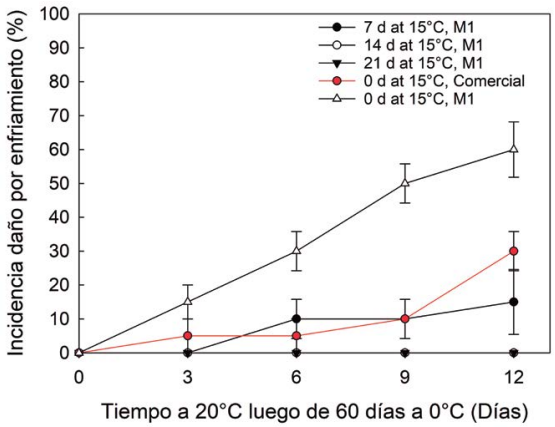


Figura 12. Incidencia de daño por enfriamiento (%) de kiwi cv. 'Dori' M1, durante 20°C luego de 60 días a 0°C previa desverdización por 0, 7, 14, 21 días a 15°C en comparación con kiwi cv. 'Dori' cosechado en madurez comercial sin desverdizar, cosechado 12 días después.

CONCLUSIONES

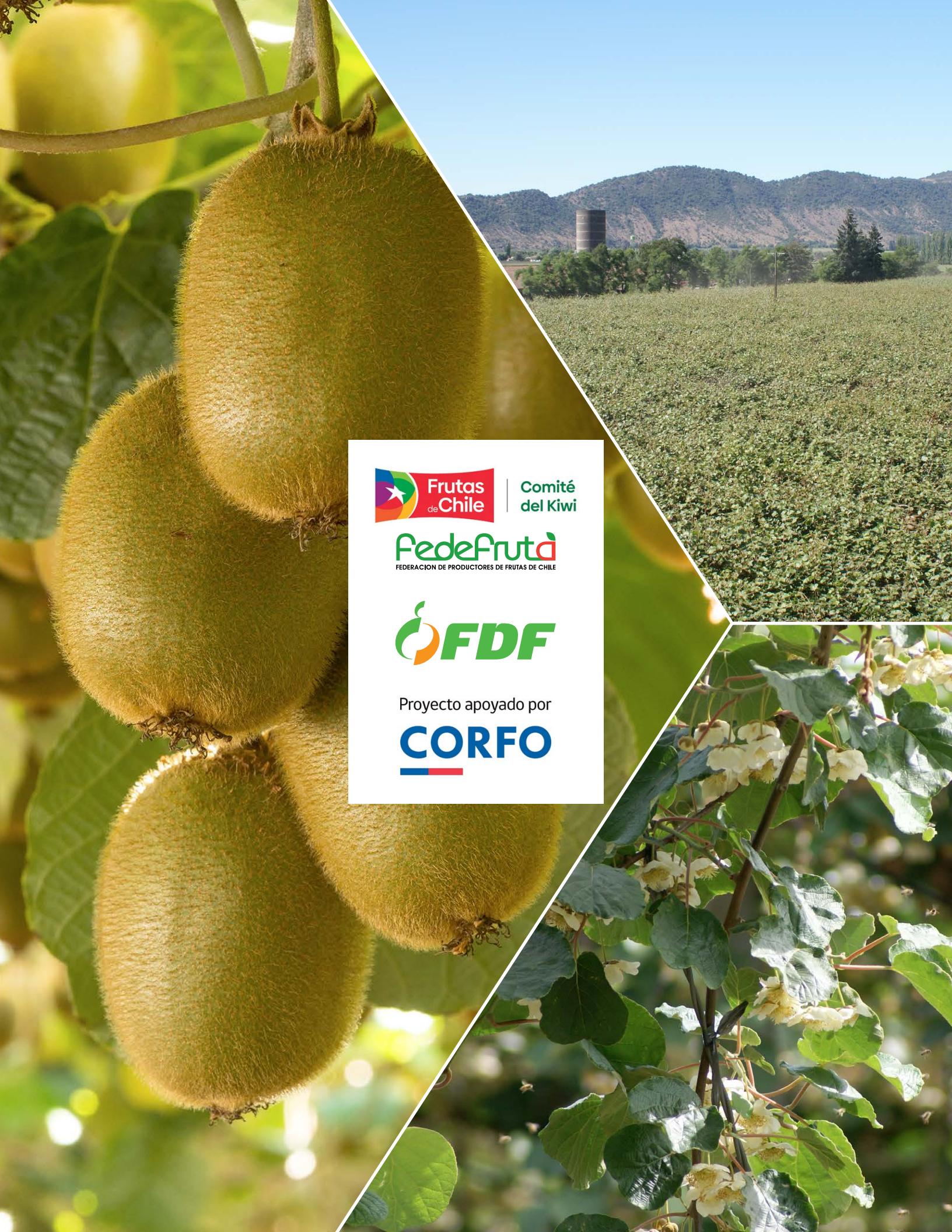
El desverdizado del kiwi fuera de la planta es una alternativa para lograr el color de pulpa deseado, maximizando además otros parámetros de la madurez como la firmeza, los sólidos solubles y la acidez. La **temperatura** de desverdizado, el **tiempo** y la **madurez** del fruto al momento de la cosecha son factores determinantes para este proceso. Cosechar antes de que se inicie la etapa de ablandamiento rápido del fruto en el árbol permite que la pérdida de firmeza durante el periodo de desverdizado fuera de la planta a temperaturas más altas sea menos significativa.

Una desventaja es la mayor susceptibilidad de fruta más inmadura al desarrollo de desórdenes fisiológicos en poscosecha ligado al almacenaje a bajas temperaturas, sin embargo, el proceso mismo lo reduce sin constituir un problema en el almacenaje.

Realizar una cosecha con fines de desverdizado requiere que en dicho momento el viraje de color de la pulpa haya sido iniciado en la planta, para asegurar el desverdizado completo y la evolución de la madurez del fruto. La evolución del color es mínima a temperaturas inferiores a 5°C, siendo 15°C una temperatura óptima para el desverdizado sin efectos significativos que aceleren la evolución de la madurez del fruto previo al almacenaje a bajas temperaturas, además de actuar como un acondicionamiento previo que permite resistir mejor las bajas temperaturas. Se sugiere el uso de la práctica de desverdizado en combinación con el uso de temperatura y tiempo adecuados de almacenaje, acorde al destino final de comercialización de la fruta.

El tratamiento de desverdizado es una opción interesante para mejorar la expresión del color en variedades amarillas como el cultivar 'Dori'.

Este proceso para esta variedad debe considerar una madurez mínima que sería entre 103-105 °h anterior a la cosecha comercial actual de 100°h. Esta fruta de cosecha anticipada es más sensible al daño por enfriamiento, pero el desverdizado por 7 días reduce significativamente este desorden a niveles similares de la fruta comercial. Desverdizado por 14 o 21 días lo eliminan completamente. Por lo tanto, en el caso de la introducción de una nueva variedad de kiwi de pulpa amarilla debe considerarse un protocolo para definir el momento de cosecha y verificar si 7 o 14 días a 15°C es suficiente para producir la degradación de la clorofila. La comparación debe hacerse con la fruta de cosecha comercial. Esto es especialmente válido, para variedades de alto ablandamiento, sensibles al daño por enfriamiento y con baja capacidad de degradación de la clorofila.



Frutas de Chile | Comité del Kiwi

FedeFruta
FEDERACION DE PRODUCTORES DE FRUTAS DE CHILE

FDF

Proyecto apoyado por

CORFO