

# Berries y cambio climático: estrategias de manejo para afrontar las condiciones de estrés abiótico y la presión de plagas y enfermedades

Editor: Javier Chilian

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS



ACTA INIA / N° 61

Villa Alegre, julio 2021 / Centro Regional de Investigación INIA Raihuén



**SEMINARIO INTERNACIONAL**

**Berries y cambio climático:  
estrategias de manejo para  
afrontar las condiciones de estrés  
abiótico y la presión de plagas y  
enfermedades**

Julio 2021

Centro Regional de Investigación INIA Raihuén

Editor  
Javier Chilian

**Editor**

Javier Chilian  
Licenciado en Genética  
Investigador INIA Quilamapu

**Corrector técnico**

Robert Pierre Andrés Giovanetti Machuca  
Ingeniero agrónomo  
Representante macrozonal O´Higgins y Maule  
Fundación para la Innovación Agraria - FIA

**Director Regional INIA**

Rodrigo Avilés Rodríguez

**ACTA INIA N° 61****Cita bibliográfica correcta**

Chilian, Javier (Ed.) 2021. "Berries y cambio climático: estrategias de manejo para afrontar las condiciones de estrés abiótico y la presión de plagas y enfermedades". ACTA INIA N° 61, 82 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Villa Alegre. Chile.

Este boletín fue editado por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación INIA Raihuén, Ministerio de Agricultura.

**ISSN: 0717- 4810**

Permitida su reproducción total o parcial citando la fuente y editor.

Esta publicación reúne las ponencias entregadas en el seminario internacional "Berries y cambio climático: estrategias de manejo para afrontar las condiciones de estrés abiótico y la presión de plagas y enfermedades" realizado el 3 de junio de 2021, en el marco de las actividades del Programa de Extensión Berries Maule, iniciativa financiada por Gobierno Regional del Maule, con el apoyo de FIA y ejecutada por INIA Raihuén.

**Transcripción**

María Eugenia Romero R.  
Javier Chilian

**Edición de textos**

Hugo Rodríguez A.

**Diseño, diagramación e impresión:**

Marketing & Comunicación

Cantidad de ejemplares: 50

Villa Alegre, Chile, julio de 2021.

# Índice

|                                                                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Prólogo</b>                                                                                                              | <b>5</b>  |
| <b>Programa de actividades</b>                                                                                              | <b>7</b>  |
| <b>Capítulo 1</b><br>Producción de fresa (frutilla) en España y mejoramiento genético                                       | <b>11</b> |
| <b>Capítulo 2</b><br>Cuantificación del efecto del cambio climático en la producción de berries: antecedentes y alcances    | <b>25</b> |
| <b>Capítulo 3</b><br>Obtención de nuevas variedades de frambuesa resistentes a estrés biótico y abiótico                    | <b>35</b> |
| <b>Capítulo 4</b><br>Como se comportan las enfermedades en berries en un escenario de cambio climático                      | <b>47</b> |
| <b>Capítulo 5</b><br>Uso de coberturas en arándanos en un entorno de vulnerabilidad y riesgo climático en el sur de Chile   | <b>57</b> |
| <b>Capítulo 6</b><br>Producción de frutilla en macrotúneles como estrategia para minimizar el impacto de eventos climáticos | <b>67</b> |
| <b>Capítulo 7</b><br>Estrategias de manejo de huertos post eventos climáticos                                               | <b>77</b> |



## Prólogo

Los berries y específicamente la frambuesa, son un eje productivo relevante para un grupo significativo de pequeños y medianos productores de diferentes comunas de la Región del Maule. En ese contexto, todo aporte al desarrollo tecnológico, extensión e innovación, genera un impacto importante en las familias y en las actividades de campo de agricultoras y agricultores, así como en la rentabilidad, en la sustentabilidad de la cadena productiva, y en el crecimiento del sector, tanto regional como nacional.

Considerando que uno de los principales factores que afecta la producción agrícola es el clima, el nuevo escenario productivo instalado, como resultante del cambio climático, genera una mayor incertidumbre en el cultivo de los berries.

El incremento de la temperatura, la falta de agua, la disminución de las precipitaciones y, en especial, el aumento en la frecuencia y magnitud de eventos extremos como lluvias, heladas, granizo y exceso de radiación, tienen consecuencia en el establecimiento de las plantas, en su rendimiento y en la calidad de vida de postcosecha de la fruta.

Por otra parte, existe evidencia de que las temperaturas más cálidas aumentarían la sobrevivencia y expansión de algunos insectos, con una primera generación apareciendo más temprano en primavera y una última, más tarde en otoño. Las nuevas condiciones climáticas favorecerían también la proliferación de enfermedades provocadas por hongos y bacterias, lo cual estaría

asociado a temperaturas mínimas y máximas más elevadas y a primaveras lluviosas y veranos más húmedos. El cambio climático nos plantea entonces, una serie de desafíos y complicaciones para el desarrollo de las labores agrícolas. Por lo tanto, surge la necesidad del sector de los berries de adaptarse y mitigar los efectos en los huertos productivos.

Para ello, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA, con el apoyo de la Fundación Agraria, FIA, convinieron en la organización del seminario internacional “Berries y cambio climático: estrategias de manejo para afrontar las condiciones de estrés abiótico y la presión de plagas y enfermedades” que tuvo como objetivo poner a disposición de los diferentes actores del sector berries los conocimientos, innovaciones y/o avances tecnológicos sobre estrategias de mitigación y/o adaptación a los efectos del cambio climático en la producción de berries.

En el desarrollo de esta actividad, se logró la participación de siete expositores, cada uno representante de distintas temáticas de mitigación del cambio climático en la producción de berries, considerando desde el desarrollo y selección de variedades con una mayor resiliencia y adaptación a las nuevas condiciones, hasta la implementación de prácticas agronómicas más adecuadas.

En el primer capítulo de esta publicación que recoge las ponencias presentadas en el seminario del 3 de junio de 2021, se revisan los antecedentes del programa

de mejoramiento genético de frutilla del Instituto de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA), de la provincia de Huelva, España. Ese sector de España concentra la zona más importante de producción de berries de Europa y cuenta con la presencia de programas de mejoramiento genético y viveros de gran parte del mundo dedicados al mejoramiento de berries. Cada uno de ellos ha impulsado una nueva estrategia de mejora genética, cuyo objetivo es obtener variedades más resistentes al cambio climático y de mayor calidad, reduciendo al mismo tiempo el uso de agua y nutrientes.

El capítulo dos permite conocer estrategias que posibiliten la cuantificación del efecto del cambio climático en la producción de berries. A través del uso de herramientas geoespaciales, es posible determinar la situación edafoclimática actual y hacer predicciones sobre situaciones futuras, que apoyarán en la toma de decisiones para el establecimiento de huertos agrícolas.

En el tercer capítulo y con la finalidad de conocer la experiencia de nuestro país, se entrega información del programa de mejoramiento genético frambuesas de la Pontificia Universidad Católica de Chile y el desarrollo de nuevas variedades que no solo buscan mejorar la producción y calidad de esta fruta, sino que también la generación de variedades más resilientes a condiciones abióticas.

Siendo las enfermedades uno de los principales problemas a los que se enfrentan los productores de berries, el capítulo cuatro aborda temáticas relacionadas a las principales herramientas para prevenir el desarrollo de estas enfermedades, su monitoreo y manejo. Para afrontar algunas de las manifestaciones del cambio climático, como lluvias intensas, heladas y granizo, los capítulos cinco y seis nos introducen en el uso de tecnologías distintas al cultivo en condiciones abiertas, como coberturas y producción en macrotúneles.

Finalmente, y para tratar de recuperar los huertos afectados, el último capítulo permite conocer cuáles son las estrategias de manejo de huertos post eventos climáticos. Debe destacarse que tanto esta publicación, como el seminario que le dio origen, surgen en el marco del Programa de Extensión Berries Maule, iniciativa que desde 2018 financió el Gobierno Regional del Maule a través del Fondo Nacional de Desarrollo Regional – FNDP, con el apoyo de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) y que ejecutó INIA Raihuén.

Esperamos que la lectura de esta publicación, por el interés de las temáticas tratadas, sea un aporte al desarrollo de la agricultura regional, específicamente a los actores que conforman la cadena productiva del sector berries de esta región al proporcionarles perspectivas sobre posibles soluciones que pueden ser adaptadas a su contexto específico.

El Editor



Descubre el  
**Maule**  
La Región de Chile

# SEMINARIO INTERNACIONAL

## “Berries y Cambio Climático”

3 de junio

Desde  
8:45



**INSCRIPCIÓN GRATUITA**

Informaciones: [vvaldes@inia.cl](mailto:vvaldes@inia.cl)  
[www.inia.cl/berriesmaule](http://www.inia.cl/berriesmaule)

## SEMINARIO INTERNACIONAL

"Berries y Cambio Climático"



3 de junio

## Expositores

Cuantificación del efecto del cambio climático en la producción de berries: Antecedentes y alcances.



**Rodrigo Cazanga**  
Asesor gronómico,  
Chile

Producción de fresas en España y mejoramiento genético.



**Carmen Soria**  
Investigadora IFAPA,  
España

Obtención de nuevas variedades de frambuesa resistentes a estrés biótico y abiótico.



**Marina Gambardella**  
Investigadora y docente  
Universidad Católica de Chile  
Chile.

Herramientas para enfrentar el desarrollo de enfermedades en berries en un escenario de cambio climático.



**Paz Millas**  
Investigadora INIA Quilamapu,  
Chile

Uso de coberturas en arándanos en un entorno de vulnerabilidad y riesgo climático en el sur de Chile.



**Abel González**  
Investigador INIA Carillanca,  
Chile

Producción de frutilla en macrotúneles como estrategia para minimizar el impacto de eventos climáticos.



**Cristian Balbontín**  
Investigador INIA Quilamapu,  
Chile

Estrategias de manejo de huertos post eventos climáticos.



**Carmen Gloria Morales**  
Investigadora INIA Raihuén,  
Chile



Informaciones: [vvaldes@inia.cl](mailto:vvaldes@inia.cl)  
[www.inia.cl/berriesmaule](http://www.inia.cl/berriesmaule)



# Producción de fresa (frutilla) en España y mejoramiento genético

Capítulo

1



# Capítulo 1

## Producción de fresa (frutilla) en España y mejoramiento genético

Carmen Soria  
Bióloga, Dra.

Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA), Huelva, España.

### IFAPA

El IFAPA es el acrónimo de Instituto de Investigación y Formación Agraria Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica. Es un organismo público, localizado en la Comunidad Autónoma de Andalucía, en el sur de España, y tiene como objetivo contribuir a la modernización de los sectores agrario, pesquero y alimentario, asegurando la sostenibilidad de estos sectores productivos a través de la investigación, el desarrollo, la transferencia de tecnología y la formación de recursos humanos.

### Situación del sector frutillero en España

Con respecto al sistema de cultivos, este tiene un comportamiento dual. Por una parte, los campos de producción se localizan en el suroeste de España, en la localidad de Huelva, donde se produce alrededor del 97 % de la producción total del país, con unas 6.500 hectáreas. Por otra parte, está la zona de viveros, que se localiza en el norte-centro del país, donde se producen las plantas que van a abastecer la zona de producción, en el sur (Figura 1.1.). Se producen alrededor de mil millones de plantas al año, que no solo abastecen la zona de Huelva, sino también a países centro europeos y del norte de África.



**Figura 1.1.** Estrategias de producción de plantas en España.

La mayor cantidad de plantas que se producen en los viveros son plantas a raíz desnuda, aunque si se requieren plantas que entren rápidamente en producción, también se producen de tipo tray plant.

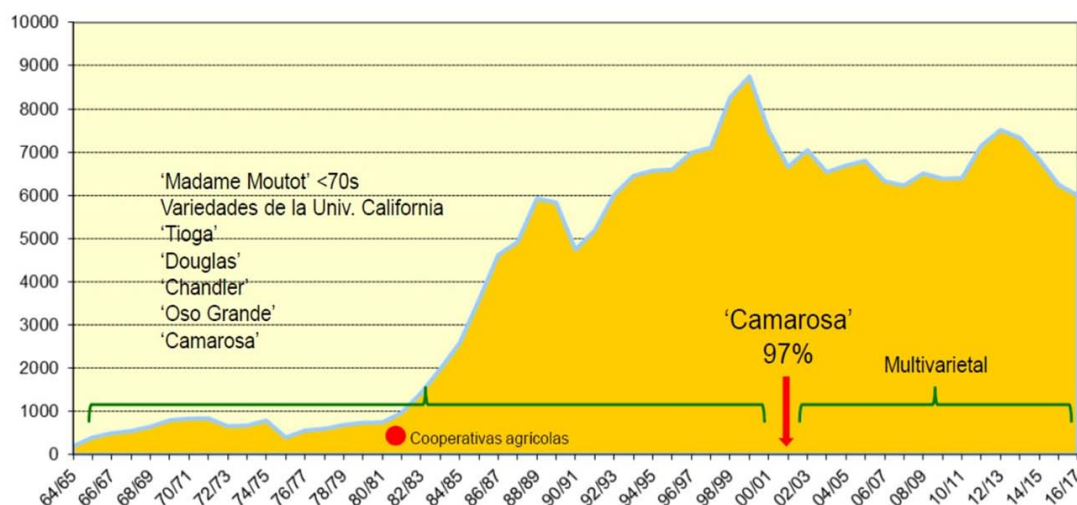
En el norte de España se pueden ver grandes extensiones de plantas madres establecidas sobre suelos arenosos y ácidos (Foto 1.1.) y, entre ellas, la producción de plantas hijas, que son las que se tomarán en otoño para llevarlas a la zona de Huelva, donde la plantación es otoñal.



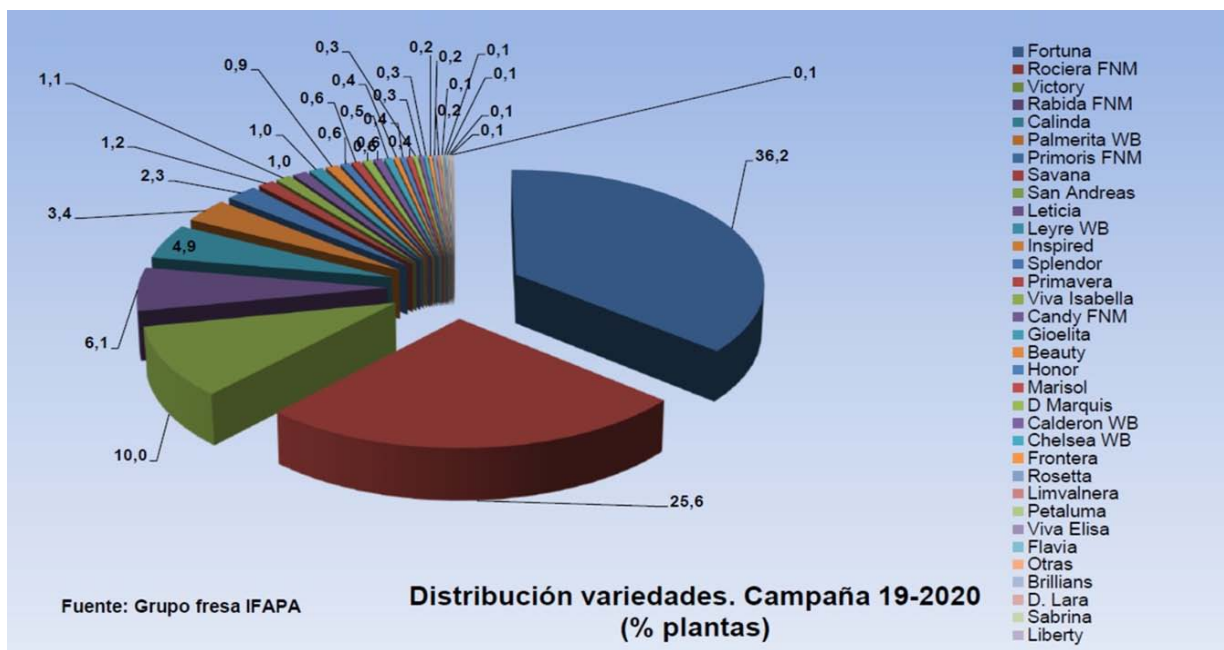
**Foto 1.1.** Plantas madre de frutilla en hilera principal y, entre hileras, las plantas hijas.

La evolución del cultivo de la frutilla en España empezó en los años 60, con variedades europeas de tipo “Madame Moutot”. Entre los años 1980–81, debido a varios factores, se produjo un despegue importante del cultivo de la frutilla (Figura 1.2.). Por un lado se incorporaron variedades de la Universidad de California y por otro lado nuevas tecnologías, como la introducción del acolchado o el uso de la fertirrigación. Además, fue muy importante la aparición de las primeras cooperativas agrícolas. Todo esto llevó a que actualmente se puedan disponer de las 6.500 hectáreas mencionadas anteriormente.

Con respecto al tema varietal, hasta el año 2001, aproximadamente, el cultivo era prácticamente monovarietal. De forma sucesiva se iban reemplazando las variedades que proveía la Universidad de California. Primero fue Tioga, después Douglas, y así sucesivamente, hasta que para el año 2001/2002, prácticamente todo lo que se cultivaba era la variedad Camarosa. A partir de esa fecha se comenzó a cambiar hacia un sistema multivarietal (Figura 1.2.), como consecuencia de que numerosas empresas iniciaron sus propios programas de mejoramiento genético para obtener nuevas variedades. Así, en la actualidad existen más de 30 variedades que se están cultivando en Huelva (Figura 1.3.).



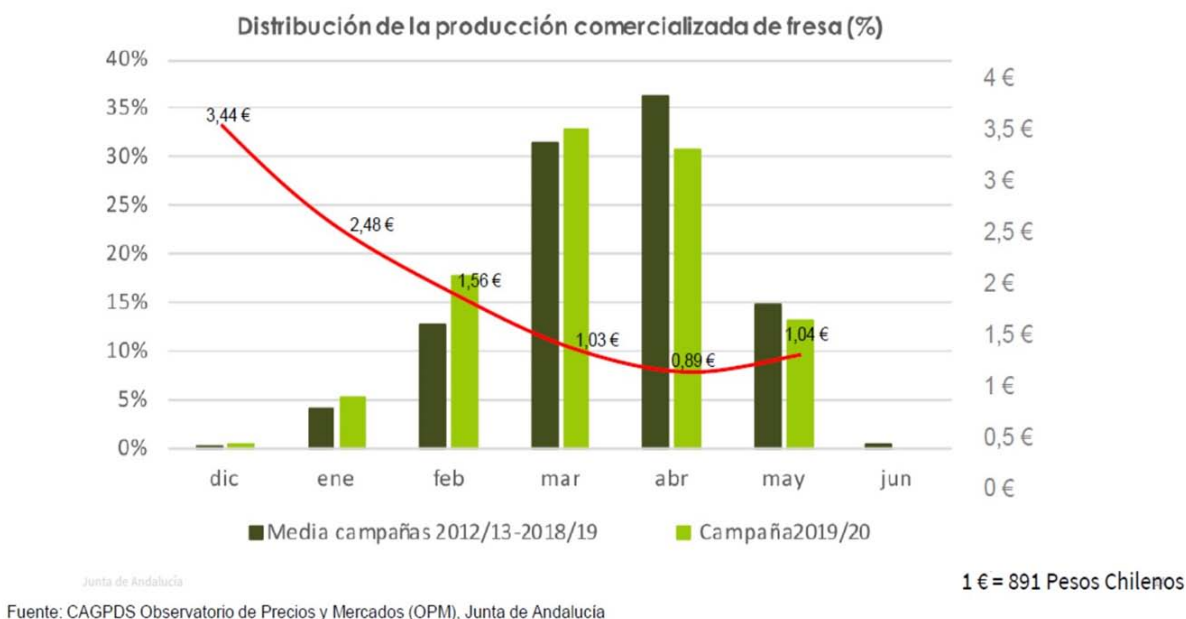
**Figura 1.2.** Evolución de la superficie cultivada de frutillas en España.



**Figura 1.3.** Variedades cultivadas en Huelva en la temporada 2019-2020.

En los últimos 5 años, la superficie plantada se ha mantenido alrededor de las 6.500 hectáreas, con una producción promedio que bordea las 350 mil toneladas. De estas, el 70 a 75 % se exporta para consumo en fresco a países de centro Europa, principalmente.

El cultivo de frutilla en España, es un cultivo estacional, empieza en el mes de diciembre (junio para Chile), alcanzando los mayores porcentajes de producción durante los meses de primavera, los que concentran alrededor del 63 % de la producción. La temporada termina a finales de mayo, junio. En cuanto a los precios, se alcanzan los mayores montos a principio de temporada, alrededor de los 3,4 euros por kilo (Figura 1.4.). Este va disminuyendo en la medida que avanza la temporada, por la mayor oferta de fruta.



**Figura 1.4.** Temporada 19-2020 vs la media de las últimas siete temporadas. Producción (%) y evolución de los precios medios (€/kg) en origen (Cat I) de 19/2020.

## Sistema de cultivo

En España se utiliza un sistema de cultivo anual, sin rotación con otros cultivos. Año tras año la fruta se produce sobre el mismo suelo. El cultivo se inicia en junio-julio con la retirada de los restos del cultivo del año anterior y se prepara el suelo para el establecimiento de un nuevo cultivo.

Es una plantación otoñal que se inicia con plantas frescas a raíz desnuda, procedente de los viveros mencionados anteriormente, en el centro-norte de España. Generalmente se trata de variedades de día corto, establecidas sobre lomos con dos filas de plantas, protegidos por láminas plásticas opacas como acolchado, con riego localizado y sistema de fertirrigación. Todo esto bajo cubierta plástica formada por macrotúneles (Foto 1.2.). El cultivo finaliza con las últimas cosechas de la temporada, que suele coincidir con la primera semana de junio. Después se levanta el cultivo, para iniciar una nueva temporada. El 65 % de la producción se produce con certificado de calidad de tipo "Producción integrada", de acuerdo a normas internacionales.



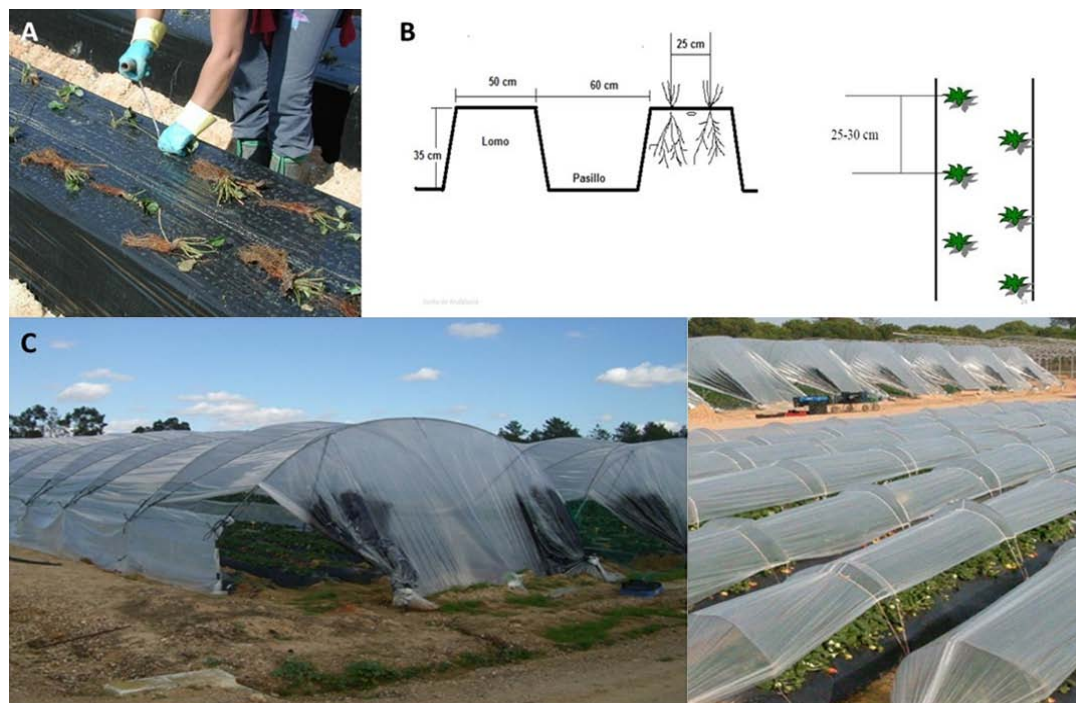
**Foto 1.2.** Producción de frutillas en macrotúneles.

A continuación se describen las diferentes etapas del cultivo:

1. **Preparación del terreno:** Estas labores se inician en los meses de junio a julio. Se realiza eliminando todas las plantas del cultivo anterior; los plásticos de acolchado se retiran manualmente para su reciclaje; se desmonta la estructura metálica de los macrotúneles y el plástico de cobertera, que se utiliza hasta por dos años. Posteriormente, se procede al nivelado del terreno y al laboreo del mismo. Se allana para proceder a la formación de los lomos de cultivo y al acolchado. En caso de que se realice una desinfección química, se añade el fumigante y se instalan las cintas de riego localizado. Para esto se utiliza una maquinaria especializada multifuncional que realiza estas actividades en una única pasada (Figura 1.5.).
2. **Plantación:** Se realiza en el mes de octubre, en otoño. Las plantas se colocan sobre los lomos recién formados con un pincho, de tal forma de romper lo menos posible el plástico y así evitar que emerjan las malezas. Los lomos son generalmente de 35 cm de alto por 50 cm de base, y se encuentran separados por un pasillo de 60 cm. Las plantas se colocan con una distancia de 25 x 25 cm o 25 x 30 cm, dependiendo de la densidad de plantación (Figura 1.6.). La densidad de plantación es entonces entre 60 y 70.000 plantas por hectárea.



**Figura 1.5.** Preparación de terreno para un nuevo cultivo. A) Retiro de los restos del cultivo anterior; B) nivelado del suelo y laboreo; C) maquinaria multifunción para laboreos; y D) formación de lomos y acolchado.

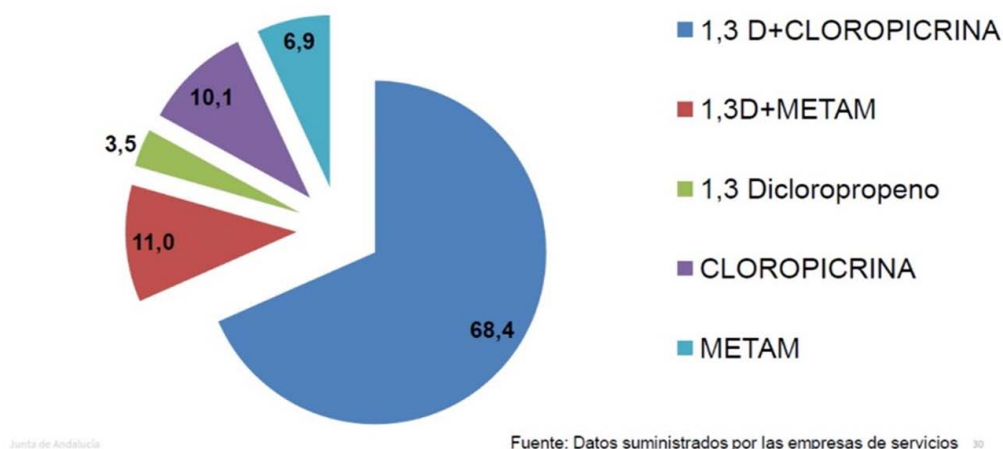


**Figura 1.6.** Labores de plantación: A) plantación sobre los lomos; B) esquema de lomos y distancia de plantación; y C) macro túneles y micro túneles.

En el mes de noviembre, después de que las plantas ya están sembradas en los lomos, se coloca la cobertura plástica (macrotúnel) que es un polietileno térmico de 600 galgas. Este tipo de estructura es la más común. Aproximadamente el 85 % de los cultivos en España se produce así, aunque existe un porcentaje de productores que aún cultivan bajo microtúneles (Figura 1.6.). Por macrotúnel se establecen normalmente 6 lomos y estos suelen tener entre 50 a 70 metros de largo.

3. **Desinfección del suelo previo a la plantación:** Cuando se evidencia la presencia de hongos entomopatógenos (*Macrophomina phaseolina*, *Phytophthora captorum*, *Verticillium dahliae*, *Rhizoctonia*, *Phytium*, *Fusarium*, *Cylindrocarpon*) y/o nematodos (*Pratylenchus penetrans*, *Meloidogyne* spp. y *Hemicycliophora*) que afectan el rendimiento del cultivo, se justifica la desinfección del suelo.

En España son muy pocas las moléculas que se pueden utilizar para la desinfección de los suelos. Los ingredientes activos que se están utilizando (aunque con algunas restricciones), estos son: el 1,3 Dicloropropeno (nematicida) y la Cloropicrina (fungicida), mediante autorizaciones excepcionales. El Metan sodio/potasio y el Dazomet, se pudo utilizar bajo ciertas condiciones en la temporada 2020, a la fecha de este informe su uso está cancelado en España por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. El Dimetil disulfuro aún no cuenta con autorización (Figura 1.7.). En la temporada 2019–2020 la mayor cantidad de superficie se desinfectó con una mezcla de 1,3 Dicloropropeno y Cloropicrina.



**Figura 1.7.** Desinfectantes utilizados (materia activa) y superficie de frutillas y frambuesas desinfectadas.

Una alternativa no química es la biosolarización (biofumigación + solarización), que utiliza gases y otros productos con actividad biocida, resultantes de la biodegradación de enmiendas orgánicas y residuos agroindustriales para el control de organismos patógenos del suelo. Puede utilizarse la incorporación de materia orgánica, como gallinaza fresca (estiércol de gallina), brásicas (*B. nigra*, *B. carinata*, *B. oleracea*, *B. rapa*, etc.), vinaza de remolacha, orujillo de olivo, etc. En la práctica, se lleva al campo, se incorpora al suelo y se sella con una lámina plástica durante los meses de verano, de 4 a 5 semanas, de forma que durante el proceso de descomposición se produzcan los gases con efecto biocida. A pesar de la eficacia en el control de patógenos, esta técnica produce una disminución en los rendimientos y no se está utilizando mayoritariamente; solo un 2 % de los agricultores lo hacen (Figura 1.8.).



**Figura 1.8.** Proceso de biosolarización (biofumigación + solarización).

## Mejoramiento genético para la obtención de nuevas variedades de frutilla

La obtención de nuevas variedades de frutillas responde a varias necesidades puntuales, como: mantener la importancia social y económica del cultivo para España y, específicamente, para la zona de Huelva, donde la frutilla es de gran importancia, ya que supone ingresos económicos para los productores y todas las empresas vinculadas al cultivo; evitar la dependencia de material foráneo y no depender de un único proveedor; dar respuesta a las necesidades de los agricultores y a los gustos de los consumidores y mantener unos buenos caracteres agronómicos, mediante la incorporación de variedades con una mayor calidad sensorial y funcional (valor añadido). Adicionalmente, mejorar la eficiencia en el uso del agua y que, por supuesto, puedan adaptarse a las posibles nuevas situaciones que se pudieran producir, como consecuencia del cambio climático, como mayores temperaturas y la aparición de nuevas plagas y enfermedades.

Los objetivos de los PMG en España son:

a) **Desarrollar variedades con una producción más eficiente:**

- Productividad/precocidad.
- Mayor tolerancia a plagas y enfermedades.
- Adaptabilidad a las condiciones locales de cultivo.
- Ampliación del periodo de producción.
- Hábito de la planta (facilidad de cosecha).

b) **Adecuarse a la demanda de los consumidores:**

- Alta calidad organoléptica (sabor, aroma).
- Forma uniforme.
- Firmeza del fruto.
- Incremento en compuestos saludables y biodisponibilidad.

### Bancos de Germoplasma

Uno de los temas más importantes para poder encarar un programa de mejoramiento genético, es disponer de variabilidad genética, sobre la cual poder hacer una selección de caracteres, los que posteriormente son utilizados en los programas de mejoramiento genético. Por eso, es fundamental el trabajo del Banco de Germoplasma del género *Fragaria* del IFAPA, que comenzó en el año 1992 como apoyo al Programa de Mejoramiento Genético y que, en la actualidad, cuenta con aproximadamente 400 accesiones de cultivares comerciales y unas 130 accesiones de especies silvestres. El banco tiene una colección activa, con plantas en invernadero que pueden ser utilizadas para trabajar con ellas y hacer colaboraciones y proyectos de investigación, y una copia en cultivo in vitro como forma de resguardo, en caso de que se pierda algún material (Figura 1.9.).



**Figura 1.9.** Banco de Germoplasma del género *Fragaria* del IFAPA. A) Colección activa con plantas en invernadero. B) Colección in vitro. C) Variabilidad en forma y color de fruto.

Programa de Mejoramiento Genético

Un programa de mejoramiento genético puede dividirse, principalmente, en dos fases: una fase inicial, que busca crear variabilidad, y a partir de la cual se sustenta la segunda fase, que es la selección de los genotipos que presenten los caracteres deseados, para llegar a un genotipo que sea de interés y se convierta en una nueva variedad. En el primer paso, para la creación de variabilidad, inicialmente se seleccionan aquellos parentales con los caracteres de interés que se quieren incorporar en la nueva variedad. Se realiza el cruzamiento y de la descendencia, que es altamente heterocigótica y muy variada, se pasa a la fase de selección (Figura 1. 10.).

|                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------|
| 1) Elección de parentales                                                 |
| 2) Crear un amplio espectro de variabilidad: cruzamientos                 |
| 3) Selección individual                                                   |
| 4) Micropropagación y multiplicación en vivero del material seleccionado  |
| 5) Selección familiar de 1er año                                          |
| 6) Multiplicación en vivero del material seleccionado y frigoconservación |
| 7) Selección familiar de 2º año                                           |
| 8) Multiplicación en vivero del material seleccionado y frigoconservación |
| 9) Selección familiar de 3er año                                          |
| 10) Multiplicación vivero del material seleccionado y frigoconservación.  |
| ....                                                                      |
| 11) Ensayos de desarrollo en campos de fructificación                     |
| 12) Protección.                                                           |
| 13) Producción de planta comercial certificada y test de pureza varietal. |

Figura 1.10. Metodología del Programa de Mejoramiento Genético de Frutillas del IFAPA.

Una vez elegidos los parentales en función de sus características, en otoño son plantados en macetas, y llevados a invernadero, en condiciones controladas, hasta que empieza la floración para poder realizar los cruzamientos (Figura 1.11.).



Figura 1.11. Parentales seleccionados: A) Parentales en macetas a principios de otoño. B) Parentales en floración en invernadero.

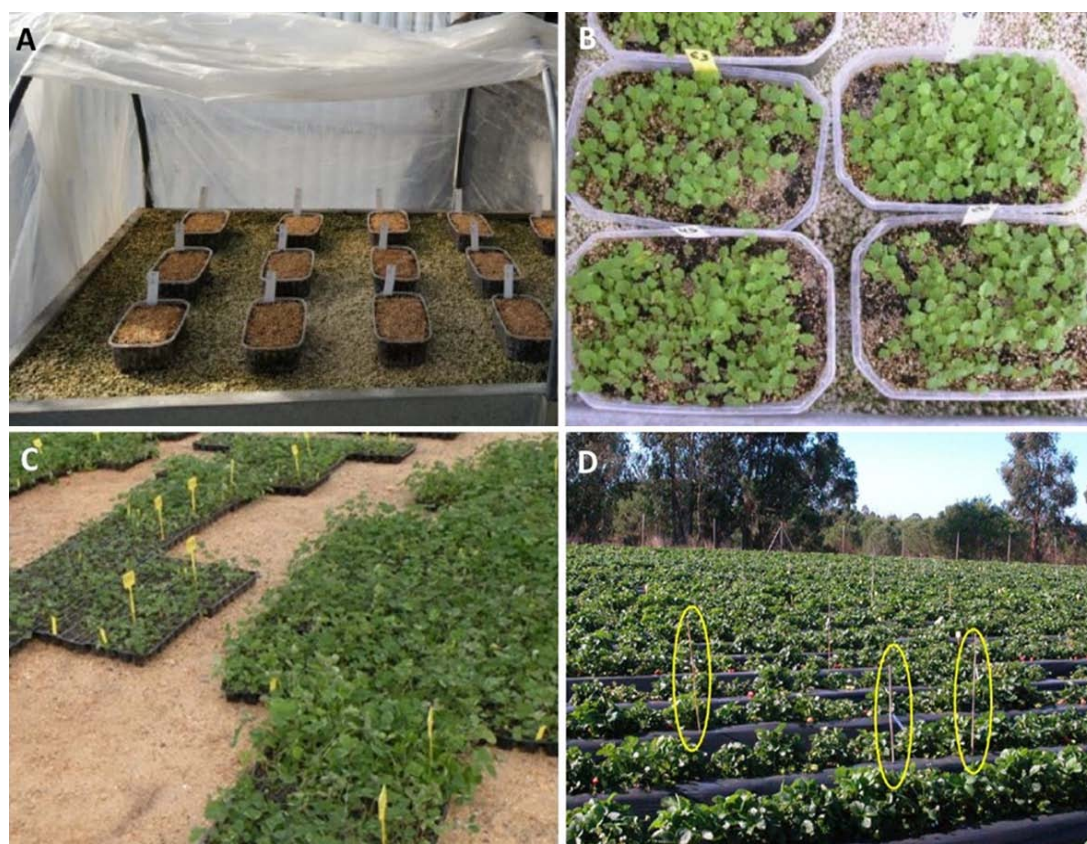
Los cruzamientos se realizan colectando el polen del parental “padre” y eliminando los estambres del parental “madre”, para evitar que se autopolinice, y colocarle el polen del parental que elegimos como padre. Posteriormente es necesario proteger la flor, para evitar que llegue polen extraño que puede haber en el ambiente, lo que se puede hacer con bolsa de papel, de tela o algodón (Figura 1.12.). Etiquetar, para saber siempre quiénes fueron los progenitores y así tener trazabilidad del cruzamiento. Posteriormente, una vez que se desarrolla el receptáculo y los aquenios están ya maduros, se extraen para su posterior siembra.



**Figura 1.12.** Proceso de cruzamiento y colecta de aquenios.

### Siembra de aquenios y crianza de plántulas.

Los aquenios se siembran y se obtienen los híbridos (plántulas), sobre los cuales se va a hacer la selección. Para ello, las plántulas se llevan al campo para dar inicio a la etapa de selección. En esta primera fase se colocan las plantas en una sola parcela, de forma que sea más fácil observarlas y caracterizarlas, eliminando todo aquello que no cumpla con las características mínimas de selección (Figura 1.13.). De esta forma, de los 5.000 a 10.000 plántulas iniciales, solo un 0,7 a un 1,4 % de lo que se plantó, pasa a la siguiente etapa.



**Figura 1.13.** Siembra de aquenios (A) y desarrollo de plántulas (B y C). Parcela de selección (D).

Aprovechando la posibilidad de la frutilla de reproducirse vegetativamente a través de los estolones para generar clones, de las plantas seleccionadas se obtienen 5-10 plantas clónicas que se llevan a viveros del norte-centro de España y se multiplican. Con este material, al año siguiente se establecen las parcelas de selección de 1er año (Figura 1.14.). Nuevamente se van evaluando y seleccionando a lo largo del ciclo de producción, y multiplicando de igual forma que el año anterior, para establecer campos de selección de 2º año, de 3er año, y así sucesivamente (Figura 1.14.). Al cabo de tres a cinco años de selección, de todo el material inicial, es posible obtener dos o incluso ningún genotipo que sea de interés. Si el material cumple con los criterios de selección establecidos, este material pasa a campos de desarrollo, para eventualmente, convertirse en nuevas variedades.

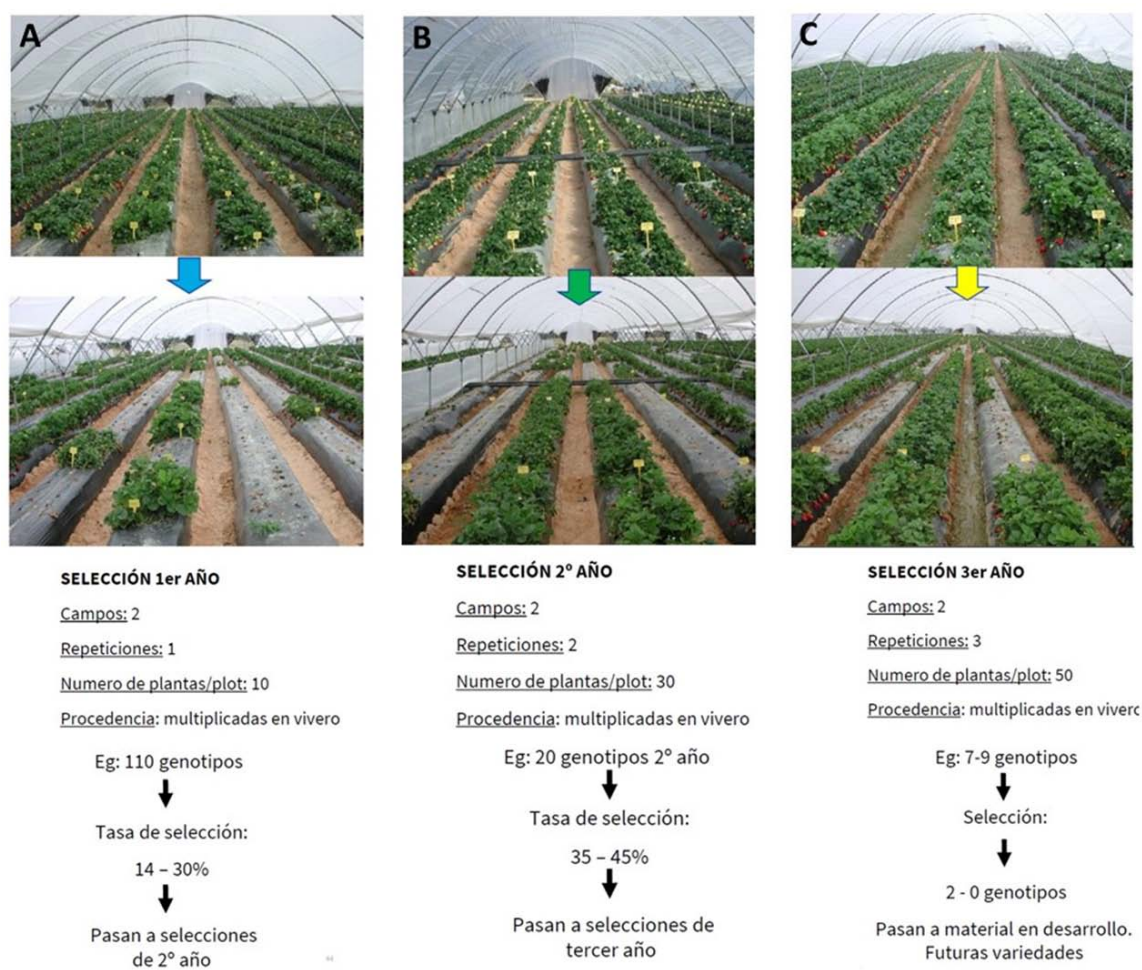


Figura 1.14. Parcelas de selección de A) primer año, B) segundo año, y C) tercer año.

Caracteres de selección

En las primeras fases de selección, el material se caracteriza en función de la supervivencia de las plantas, su precocidad, vigor y producción, así como su sensibilidad a plagas y enfermedades, separando fruta de primera y segunda categoría comercial. También se presta atención al peso de la fruta, la forma, color, cavidad interna, y a la firmeza de la fruta, que se determina al tacto en esta etapa.

En fases más avanzadas, como campos de 2º y 3er año, ya se evalúa para calidad de post cosecha y resistencia a enfermedades, pero ahora con inoculaciones controladas, caracteres relacionados con la calidad funcional y su biodisponibilidad, además de la eficiencia de los genotipos en el uso del agua (Figura 1.15.).

- Caracteres relacionados con la producción.



- Caracteres relacionados con la calidad post-cosecha:



- Caracteres relacionados con la calidad organoléptica:

Firmeza del fruto

Color

Cavidad interna

Forma de la fruta

Azúcares/ácidos



Código UPOV: Acorazonada, Cónica, Cónica alargada, Biconica, Cuneiforme larga, Cuneiforme corta

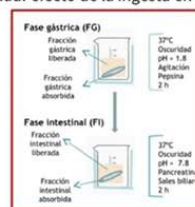
- Caracteres relacionados con la calidad funcional:

Contenido en Fenoles, Flavonoides, Antocianos

Contenido en Vitamina C

Capacidad antioxidante total

Biodisponibilidad: efecto de la ingesta en la salud



**Figura 1.15.** Caracteres de evaluación para seleccionar material vegetal.

El agua que consume una variedad se puede transformar en biomasa reproductiva o vegetativa. Por lo tanto, con la misma cantidad de agua, algunas variedades desarrollan más hojas, tallos y raíces, mientras que otras producen una mayor cantidad de fruta.

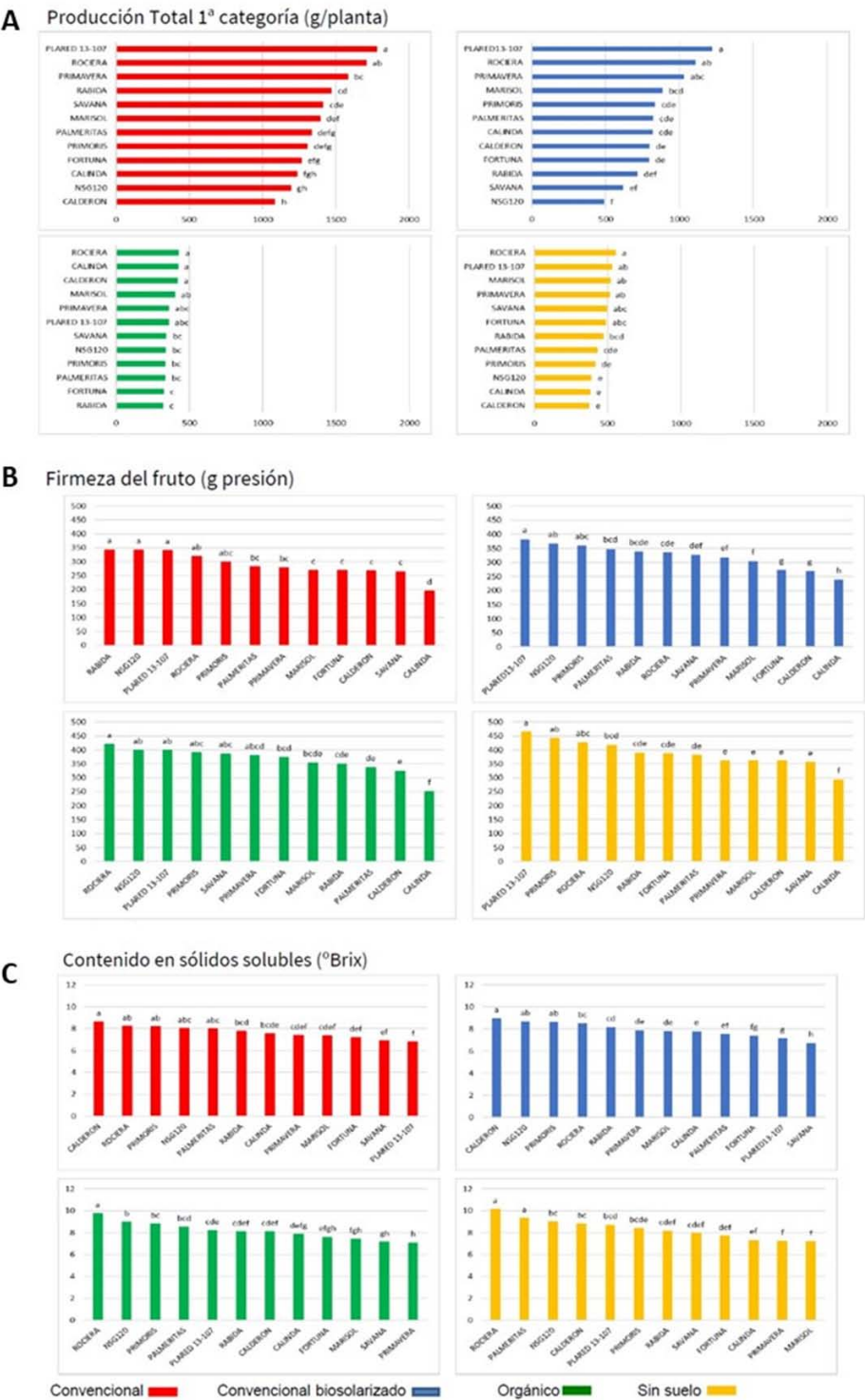
También se valora la adaptación de los genotipos a diferentes sistemas de cultivo, como por ejemplo en un cultivo sin suelo u orgánico.

Una vez que se obtiene un genotipo de interés, es necesario ensayarlo en condiciones de cultivo, totalmente convencional, con agricultores asociados para ver cómo se comportan estas nuevas futuras variedades. Si se decide que este genotipo es óptimo para ello, es necesario avanzar hacia la etapa de protección y, posteriormente, a la producción de plantas comerciales, certificadas para su comercialización. Para la protección del material es necesario iniciar el registro de la misma. Una vez iniciado este proceso, el material es sometido a evaluaciones, por instituciones independientes, para determinar si el material es distinto a todo lo que está protegido, si es homogéneo y estable en el tiempo. Una vez que se demuestra que este material cumple con estas características, se procede a la protección de la misma, se le da un nombre y queda registrada.

## Adaptación a distintos sistemas de cultivo

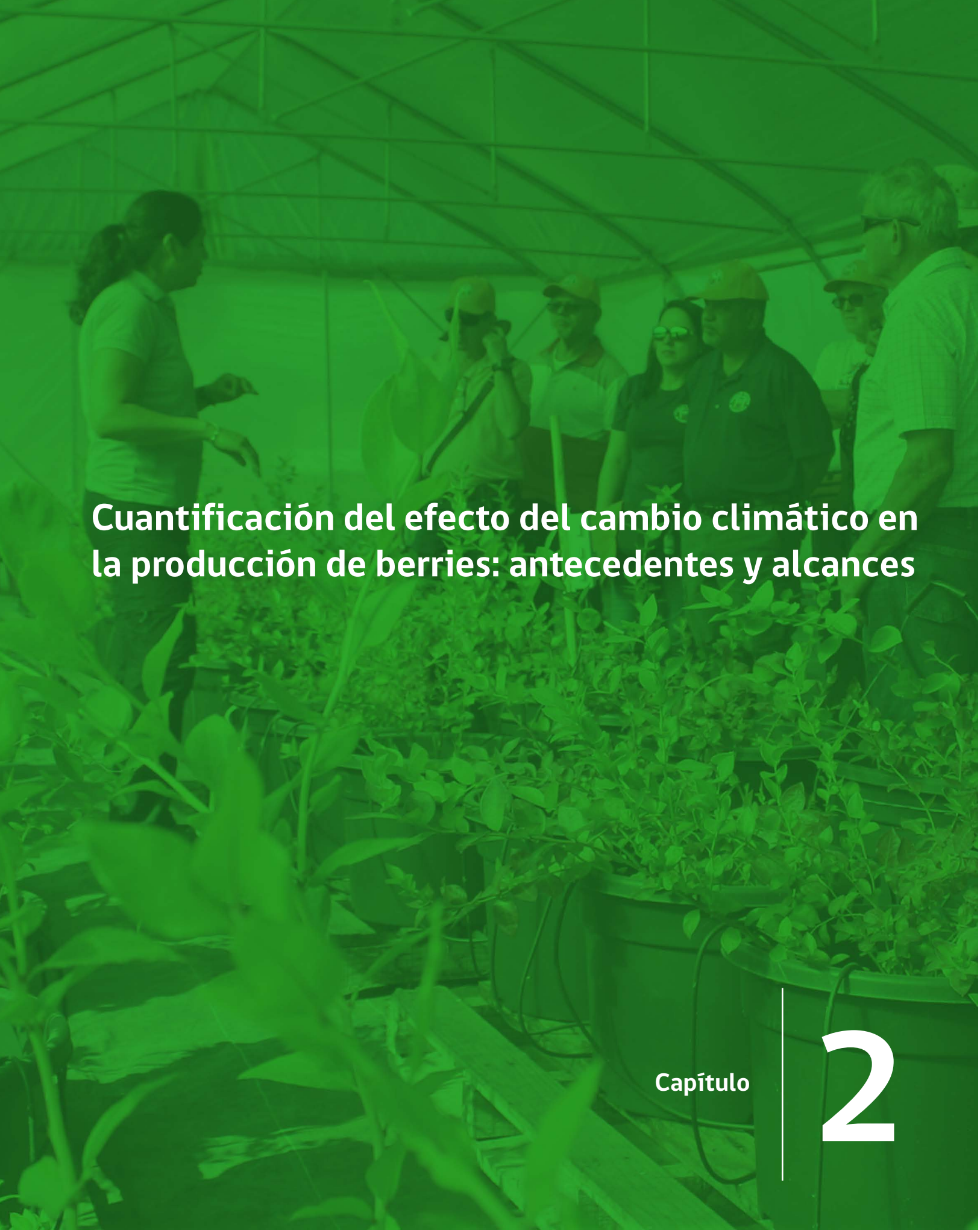
Desde hace más de 15 años el IFAPA forma parte de la Red Andaluza de Experimentación Agraria (RAEA). En este contexto, anualmente se realizan ensayos con las nuevas variedades que ingresan al mercado y se analiza su comportamiento frente a varios sistemas de cultivo, como el ecológico, el cultivo sin suelo, el convencional con desinfección química y convencional con biosolarización.

El objetivo de esta iniciativa es evaluar las nuevas variedades que van apareciendo en Huelva, y poder entregar a los agricultores y técnicos, una información objetiva de cómo se comportan las variedades en los distintos sistemas de cultivo, de forma que ellos puedan hacer una elección acorde a sus necesidades y acorde a sus campos (Figura 1.16.).



**Figura 1.16.** Parámetros de evaluación de nuevas variedades en distintos sistemas de cultivo. A) Producción, B) firmeza del fruto, y C) contenidos de sólidos solubles.

Toda la información generada por IFAPA está disponible en la web. Acceder a través del nombre SERVIFAPA.

A group of people, including a woman in a white shirt and several men in hard hats and safety glasses, are gathered in a greenhouse. They are looking at and touching berry plants growing in large black pots. The greenhouse has a high, arched metal frame with translucent panels. The entire image is overlaid with a semi-transparent green filter.

## Cuantificación del efecto del cambio climático en la producción de berries: antecedentes y alcances

Capítulo

2

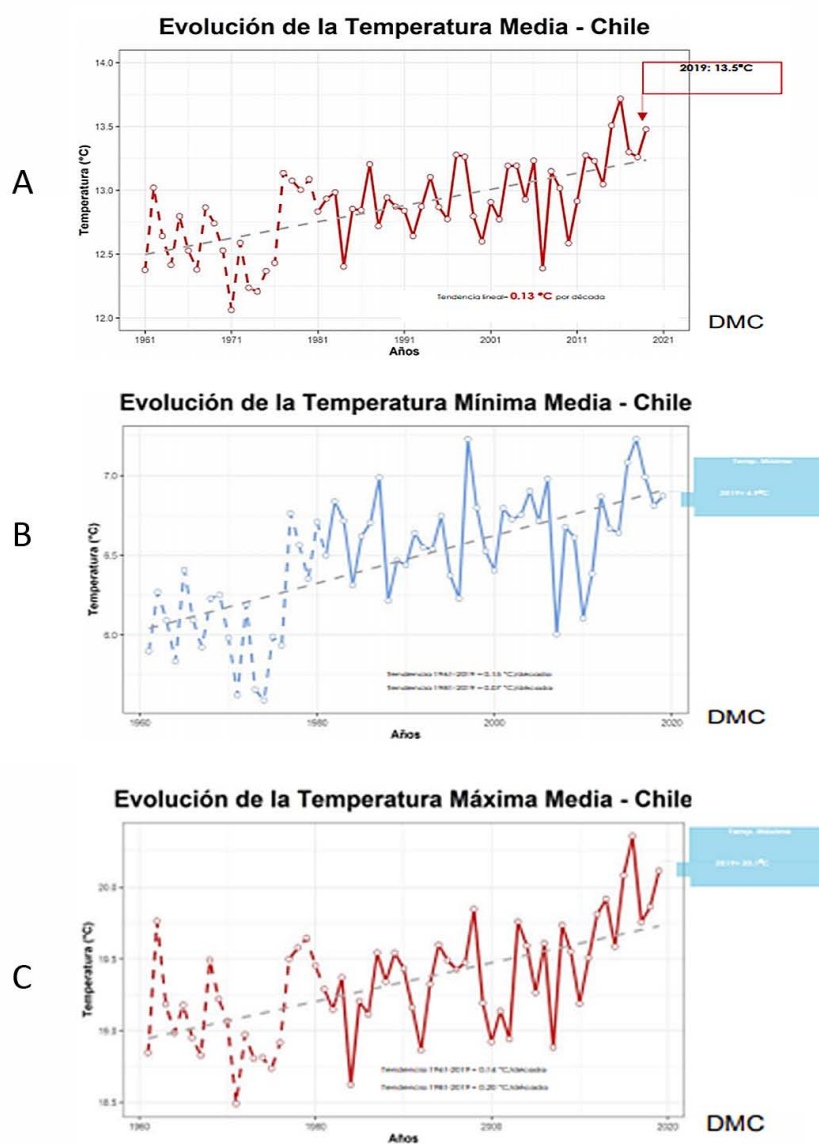


## Capítulo 2

### Cuantificación del efecto del cambio climático en la producción de berries: antecedentes y alcances

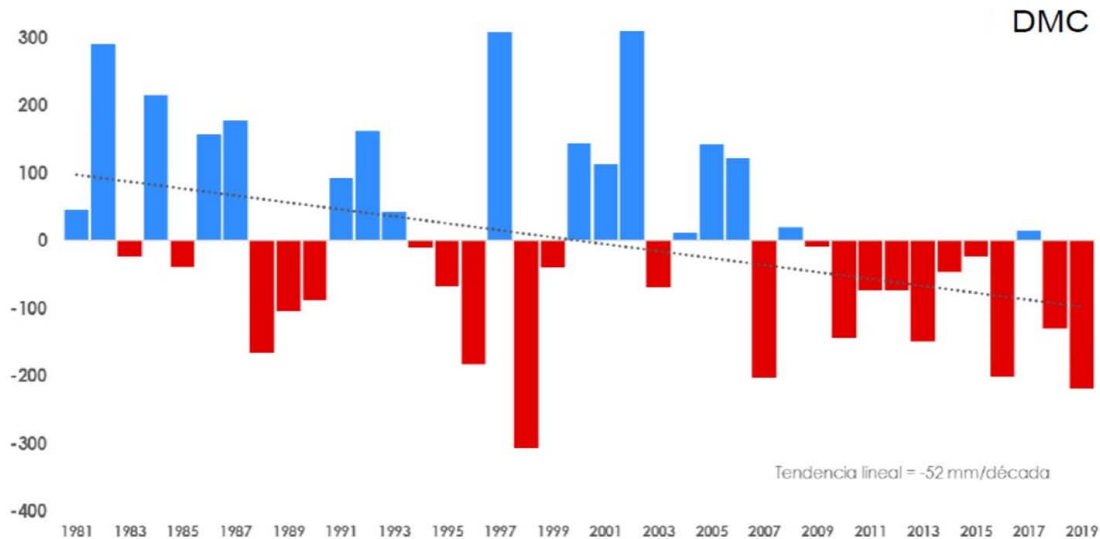
Rodrigo Cazanga  
Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Dr.  
Consultor

Bajo esta propuesta, se realiza un enfoque de la influencia del medio ambiente de lo general a lo particular. En el caso de la producción agronómica, se muestra la forma de cuantificar el cambio climático en la producción de arándanos. Al afirmar que evidentemente existe el fenómeno del cambio climático, se presenta un ejercicio de su posible efecto en la producción de este berry. Para ello se consideró la evolución de la temperatura media en Chile. Así, desde los años 60 ha habido un incremento de  $0,13\text{ }^{\circ}\text{C}$  por década (Figura 2.1.), similar a lo que sucede con las temperaturas máxima y mínima por efectos del cambio climático.



**Figura 2.1.** Evolución de la temperatura media, mínima y máxima en Chile durante los últimos 60 años. Fuente: Dirección Meteorológica de Chile.

En cuanto a las lluvias, en la Figura 2.2. se observa diferencia de precipitaciones en el periodo 1981 – 2010, donde la tendencia es a la baja en el monto anual, lo que respalda la idea de las sequías que afectan al país.



**Figura 2.2.** Diferencia de precipitación entre periodo 1981–2019. Fuente: Dirección Meteorológica de Chile.

Las sequías se muestran, en escala de décadas, tal como las lluvias extemporáneas (en verano). En Chile, para la zona del Maule con climas mediterráneos, las lluvias están concentradas en invierno; sin embargo, se aprecia desde hace algunos años, lluvias importantes en época de verano. Eso también es una demostración de que el clima está cambiando y existe una mayor variabilidad en cuanto a los patrones anteriores de ocurrencias de diferentes eventos. Aceptando estos cambios, se analiza cómo estos afectan la producción agrícola del cultivo de arándano. De manera adicional a los efectos del clima, es importante destacar lo que todo agricultor o empresa agrícola debe realizar a través de su actividad: la toma de decisiones, sabiendo que hay dos tipos de decisiones que marcarán el éxito o fracaso productivo de un productor o empresa.

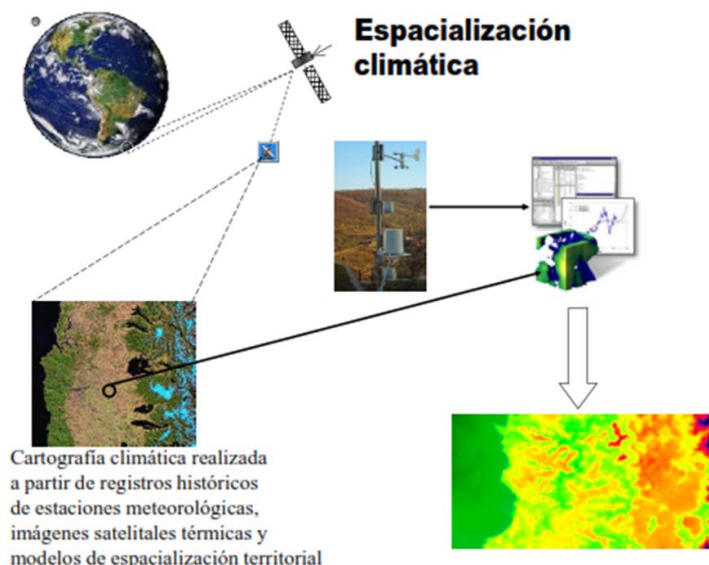
## Decisiones estratégicas

Dentro de este tipo de medidas se incluyen la selección de variedad, tipo y calidad de planta, densidad de plantación, portainjerto y sistema de conducción. Estas decisiones representan los trabajos a mediano y largo plazo de la empresa. Una vez tomadas, no hay vuelta atrás, ya que condicionarán el éxito o fracaso del negocio. Por ejemplo, en el caso de un cultivo es indispensable elegir bien la variedad. Si ahora estamos enfocados en el cambio climático, es importante definir qué variedad vamos a plantar en un proyecto agronómico productivo. Estas decisiones se deben tomar con conocimiento científico, técnico y económico.

## Decisiones operacionales

Las decisiones operacionales hacen referencia al sistema de poda, carga frutal, riego, fertilización y manejo fitosanitario. Estas representan la gestión temporal de la empresa, es decir, son las que se llevan a cabo a corto plazo (lo que se hará durante la temporada), lo que también es importante, porque está involucrado el éxito desde el punto de vista de la producción y rendimiento. Por ello, deben tener fundamentación científica, técnica y económica actualizada, para evitar pérdidas de tiempo y costos innecesarios que afecten el crecimiento del negocio. Para ejemplificar, se realiza una zonificación de la aptitud del territorio nacional respecto de la producción de arándanos variedad Brigitta, bajo diferentes escenarios climáticos, utilizando datos propuestos por el Panel Internacional de Cambio Climático (IPCC) para el escenario con los años 2030 y 2040, y se compara con el 2020 como línea base.

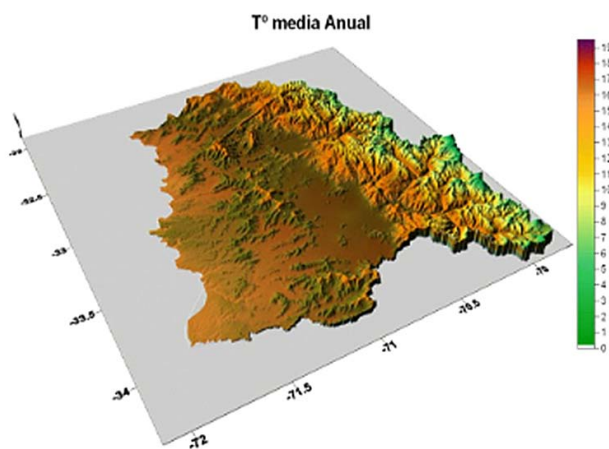
La “espacialización” climática se logra utilizando modelos climáticos, datos meteorológicos e imágenes satelitales (Figura 2.3.). Al trabajar con “espacialización climática territorial”, se considera el continuo de los parámetros a través del territorio, lo que constituye una herramienta poderosa para estimar el efecto del medio ambiente (en este caso, el clima). También se utilizan los requerimientos climáticos del arándano para la variedad Brigitta, publicados en diversos medios científicos y obtenidos mediante mediciones y observaciones propias. Finalmente, se evalúa o cuantifica el efecto del cambio climático, mediante un modelo eco fisiológico de cálculo de la aptitud productiva del territorio respecto del posible desarrollo y crecimiento de una determinada especie o variedad.



**Figura 2.3.** “Espacialización” climática. Fuente: elaboración propia.

El uso de la “espacialización” climática permite calcular un continuo a través del territorio, tal como se observa la temperatura anual media de la Región Metropolitana de Santiago (Figura 2.4.). La temperatura no se corta por un efecto de los límites políticos como se hacía antiguamente por distritos agroclimáticos, sino que se presenta de manera continua, ya que es como opera en la realidad. Así, los resultados son poderosos en cuanto a predecir o pronosticar el comportamiento de las plantas en estas condiciones del ambiente. En este caso no se ha considerado el efecto del suelo.

#### **Ejemplo de la espacialización climática territorial de la temperatura media anual (°C)**



**Figura 2.4.** “Espacialización” climática territorial respecto de la temperatura media anual en la Región Metropolitana de Santiago. Fuente: elaboración propia.

A continuación se presentan los parámetros climáticos para el arándano cv. Brigitta (Cuadro 2.1.). Estos datos son de información propia y el modelo climático es un modelo simple (Aptitud Productiva por Clima) que considera cuatro parámetros: suma térmica, horas de frío, heladas y temperatura con la fórmula que sigue:

$$APC=f(st)*f(hf)*f(hel)*f(t^o)$$

Se podría calcular agregando otros parámetros como radiación solar, evapotranspiración, etc. Los que se consideraron son muy gravitantes en el comportamiento del arándano y de otros frutales.

Cuadro 2.1. Parámetros climáticos óptimos para el arándano cv. Brigitta.

| Parámetro                       | Variedad Brigitta |
|---------------------------------|-------------------|
| Tª óptima (°C)                  | 18-21             |
| Tª umbral (°C)                  | 7                 |
| Suma Tª (° día)                 | 1.000             |
| Horas Frío (≤ 7 °C)             | 1.500             |
| Periodo libre de heladas (días) | 180-240           |

En la primera fase, como resultado se obtuvieron las cartas climáticas para las condiciones actuales y futuras de los meses de enero y julio, con respecto a las temperaturas máximas y mínimas, así como las precipitaciones, para determinar qué significa el cambio climático en estos aspectos.

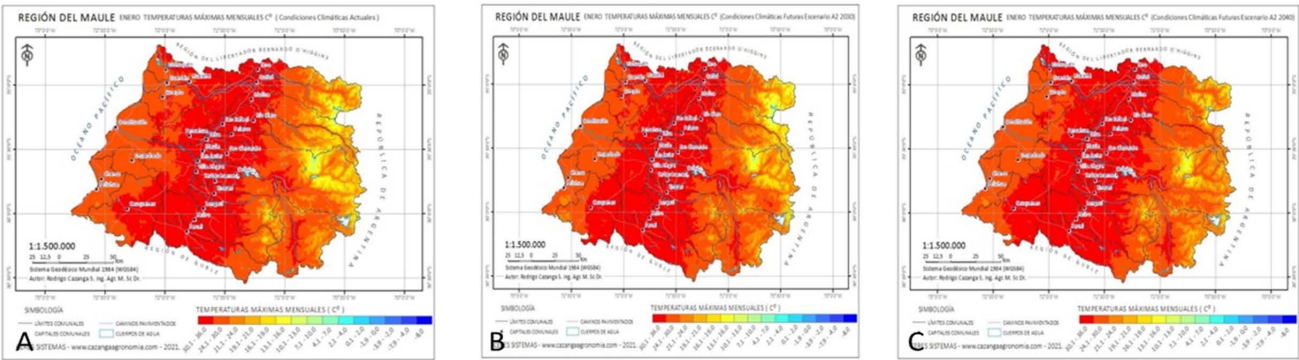
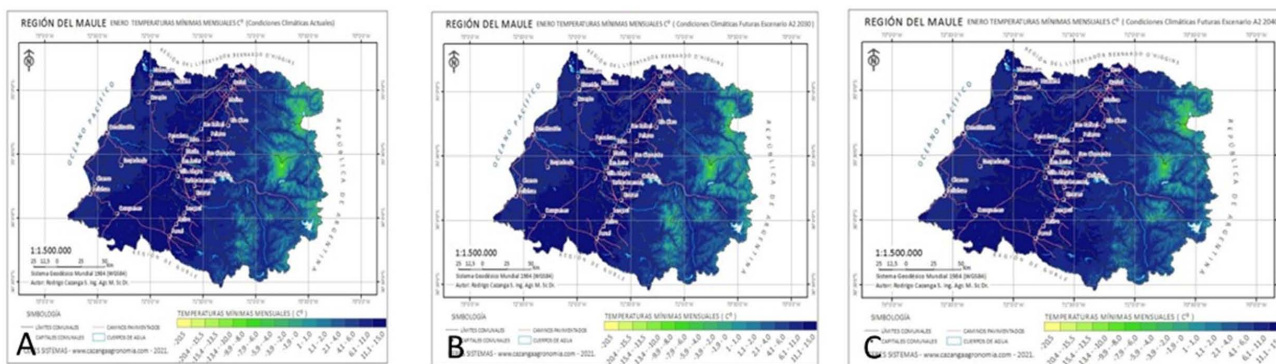


Figura 2.5. Temperatura máxima de enero. Escenarios: A) actual, B) año 2030, y C) año 2040. Fuente: elaboración propia.

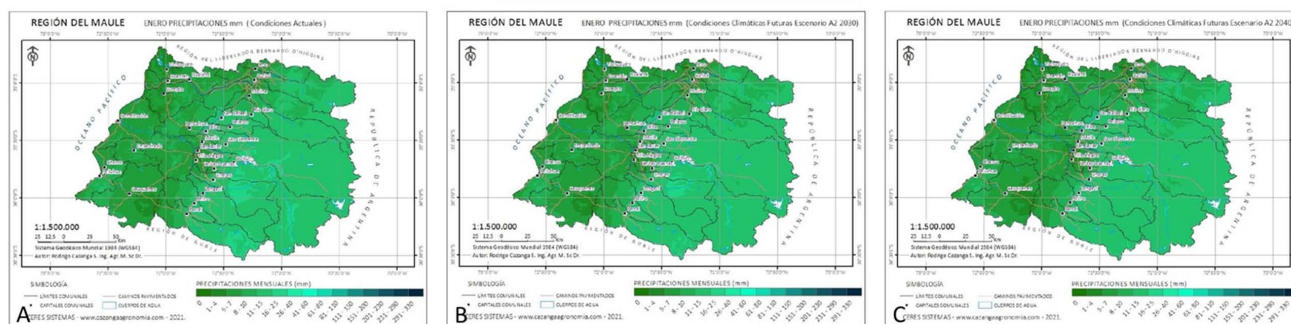
En la Figura 2.5. se puede observar que, para el año 2021, la temperatura máxima de enero, que se muestra con un color rojo más intenso, oscilaba entre los 30,1 y 36 °C, y que para los años 2030 y 2040 se espera un cambio respecto de las condiciones actuales. Las temperaturas máximas de enero están relacionadas con la suma térmica y con los efectos de estrés térmico, aspecto muy importante para la calidad de frutales como arándano y frutilla, ya que puede deteriorarlos incluso en la planta antes de la cosecha.

Haciendo el mismo ejercicio, es posible observar que para las temperaturas mínimas de enero también habrá un cambio (Figura 2.6.).

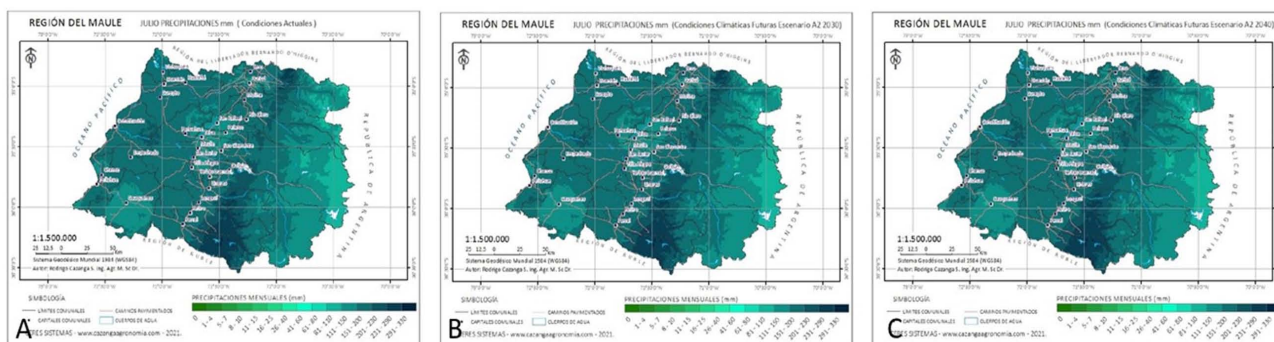


**Figura 2.6.** Temperatura mínima de enero. Escenarios: A) actual (2021), B) año 2030, y C) año 2040. Fuente: elaboración propia.

De forma similar, las temperaturas máximas y mínimas de julio también sufrirán alteraciones, lo que está relacionado directamente con la acumulación de grados/día y con el periodo libre de heladas. También es posible analizar el comportamiento de las precipitaciones, y al igual que en los casos anteriores, se pueden observar diferencias respecto del escenario actual y futuro en los meses de enero (Figura 2.7.) y julio (Figura 2.8.).



**Figura 2.7.** Precipitaciones durante enero. Escenarios: A) actual (2021), B) año 2030, y C) año 2040. Fuente: elaboración propia.



**Figura 2.8.** Precipitaciones durante julio. Escenarios: A) actual (2021), B) año 2030, y C) año 2040. Fuente: elaboración propia.

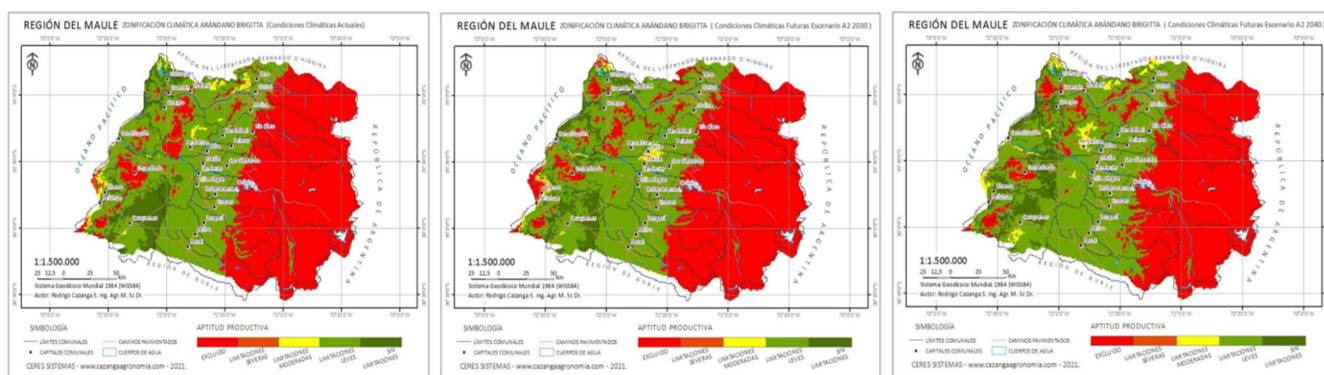
Con los resultados anteriores, es posible cuantificar de qué forma los parámetros climáticos estarían afectando, en cierta medida, el crecimiento y desarrollo del cultivo del arándano.

Para los resultados del comportamiento del cultivo, respecto de la aptitud productiva, se determinaron los requerimientos térmicos, temperatura óptima, periodo libre de heladas y horas de frío. Existen tres categorías de aptitud productiva respecto de la satisfacción de los requerimientos térmicos:

- Sin limitaciones (SL):  $\geq 90$  % de satisfacción de los requerimientos térmicos.
- Limitaciones Leves (LL):  $90 > \geq 80$  % de satisfacción de los requerimientos térmicos.
- Limitaciones moderadas (LM):  $80 > \geq 60$  % de satisfacción de los requerimientos térmicos.

Es decir, si en un lugar de la región las condiciones mencionadas se presentan en magnitudes de acuerdo a los óptimos de la planta, serían condiciones sin limitaciones, lo que significa que habría más de 90 % de satisfacción de tales requerimientos. Donde la satisfacción alcanza entre 80 y 90 %, las condiciones de limitación serían leves, y si la satisfacción oscila entre 70 y 80 %, las limitaciones se catalogan como moderadas. Desde el punto de vista de la producción, es ideal que nuestro huerto se sitúe en un lugar donde no existan limitaciones y la planta pueda satisfacer sobre el 90 % de sus requerimientos. No obstante, eso no significa que no pueda existir un huerto donde la satisfacción sea moderada. Lo que cambiaría es que los niveles de producción van a ser menores y los costos de producción mayores.

En la Figura 2.9. se observa la zonificación climática para arándanos. Los colores indican la categoría de la aptitud del lugar geográfico que se estudia, donde el verde oscuro indicaría que la satisfacción es mayor al 90 %, es decir, que se trata de un lugar sin limitación para el cultivo. Verde claro indica limitaciones leves, en tanto que el café indica limitaciones severas y el rojo indica lugares no aptos para el cultivo ( $< 30$  % de los requerimientos). Los colores en la zonificación para las condiciones actuales y los cambios al 2030 y 2040 (Figura 2.9.), indican los cambios en algunas de las zonas y como después de 10 y 20 años ya las condiciones no son óptimas en algunas de ellas.



**Figura 2.9.** Zonificación climática por décadas (2020, 2030 y 2040). Fuente: elaboración propia.

Comúnmente, como simplificación del efecto del cambio climático, se suele argumentar “hay que ir a producir paltas a Puerto Montt por los aumentos de temperatura”. Los cambios van a ser latitudinales, así, lo del norte va a ser lo que se produzca en el sur; sin embargo, por la orografía de Chile, los cambios no son lineales en sentido latitudinal. Por ende, no hay que simplificar demasiado como irse para el sur. Frente a esta situación, lo ideal es buscar algunas respuestas y estar preparados, porque, de hecho, esto ya está sucediendo. En el Cuadro 2.2. se muestra la cuantificación de la superficie (en miles de hectáreas).

**Cuadro 2.2.** Proyección de superficie sembrada de arándano, variedad Brigitta, según condiciones climáticas y aptitud productiva en la Región de Maule. Fuente: elaboración propia

| Producción de Arándano variedad Brigitta |                                                   |      |     |           |      |    |           |      |    |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------|------|-----|-----------|------|----|-----------|------|----|
| PROVINCIAS                               | APTITUD PRODUCTIVA Región del Maule (miles de ha) |      |     |           |      |    |           |      |    |
|                                          | CONDICIONES CLIMÁTICAS                            |      |     |           |      |    |           |      |    |
|                                          | ACTUALES                                          |      |     | 2030      |      |    | 2040      |      |    |
|                                          | SL                                                | LL   | LM  | SL        | LL   | LM | SL        | LL   | LM |
| Cauquenes                                | <u>113</u>                                        | 127  | 12  | <u>94</u> | 142  | 11 | <u>86</u> | 158  | 9  |
| Curicó                                   | <u>32</u>                                         | 228  | 20  | <u>22</u> | 237  | 4  | <u>10</u> | 256  | 13 |
| Linares                                  | <u>24</u>                                         | 457  | < 1 | <u>6</u>  | 468  | <1 | <u>27</u> | 516  | <1 |
| Talca                                    | <u>27</u>                                         | 416  | 6   | <u>52</u> | 412  | 20 | <u>78</u> | 431  | 20 |
| Total                                    | 196                                               | 1228 | 39  | 174       | 1259 | 36 | 201       | 1361 | 43 |

Estos datos confirman que los cambios no son longitudinales. Por ende, es importante conocer en qué lugar la especie y/o variedad que se escoja para cultivar, va a tener disponibilidad de recursos en función de sus requerimientos, para contar con mayor probabilidad de éxito.

Con los datos térmicos considerados en este análisis y considerando que se dispone de suficiente agua predial es posible concluir que:

La superficie con mejores condiciones para la producción de arándano variedad Brigitta varía a través de la región.

En las provincias de Cauquenes y Curicó la superficie de aptitud productiva sin limitaciones disminuirá en los próximos 20 años, mientras que en la provincia de Talca aumentará. En tanto, en Linares habría una disminución en los primeros 10 años, lo cual se revertiría en los 10 años siguientes.

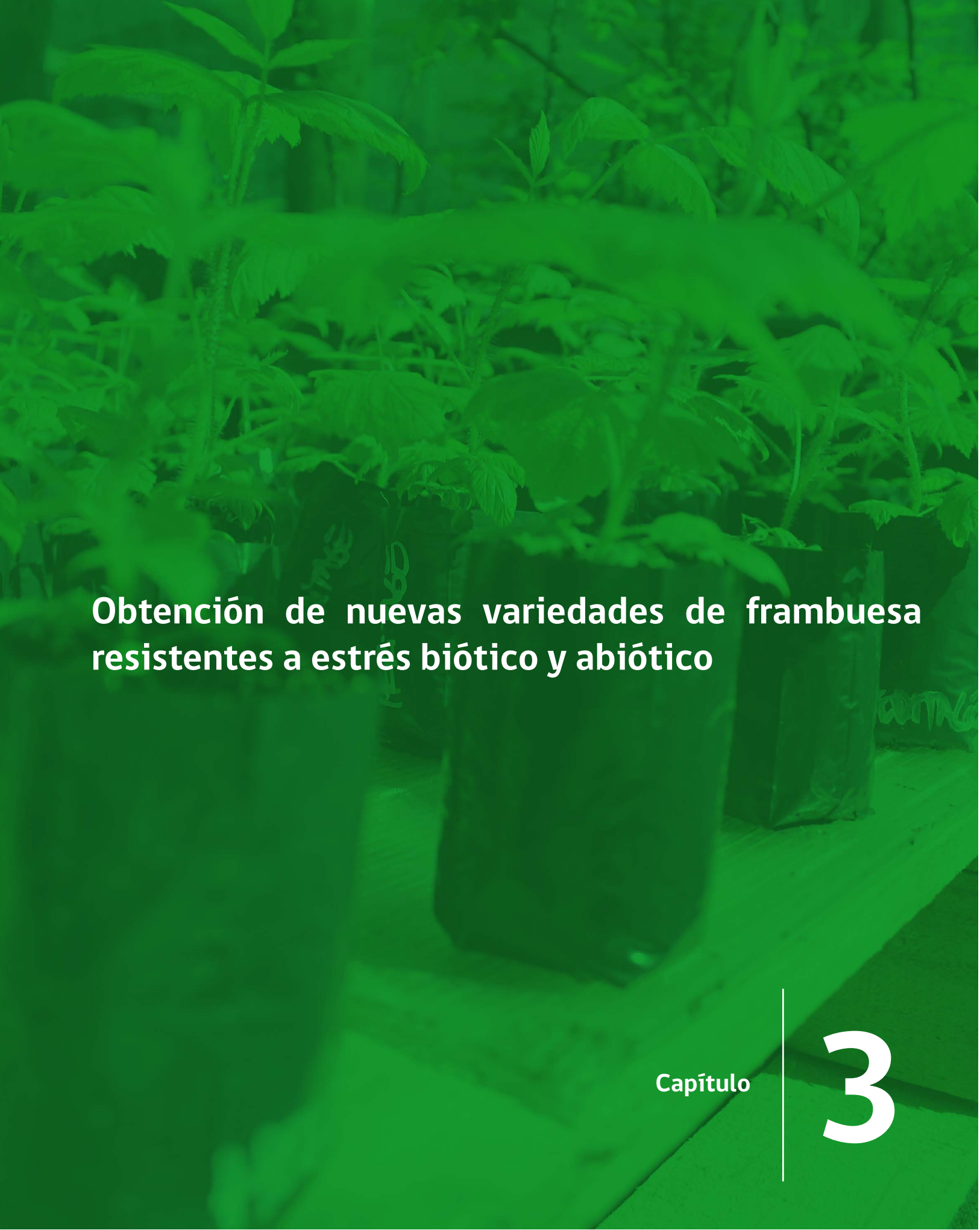
Estas condiciones están en función de la variedad Brigitta. En variedades con comportamientos fisiológicos y fenológicos diferentes a los de Brigitta, el efecto del cambio climático será también diferente a los resultados obtenidos. Esta metodología se puede aplicar en cualquier especie y variedad.

Es importante considerar que el comportamiento de una especie está directamente relacionado con sus variedades y que no se puede generalizar, ya que las variedades suelen ser liberadas según las distintas zonas y sus requerimientos de sol, temperatura, humedad, etc.

Aparte del cambio geográfico (mejores condiciones para el cultivo de arándano), habrá un problema de falta de firmeza, aumento del colapso y disminución de vida útil post cosecha, para los huertos existentes en la región.

Finalmente, a nivel de productor, tanto la decisión estratégica como las operacionales deberán ser revisadas para hacer frente al cambio climático de forma adecuada. Esto se basa en que los productores suelen escoger una variedad solo porque el mercado lo requiere por precio o demanda. No obstante, el buen precio no asegura que la calidad de esa variedad en campo pueda ser la ideal, si no se consideran los requerimientos del cultivo. El comportamiento de la variedad va a definir la programación de las labores que tenga que hacer en el cultivo como, por ejemplo, el riego para cubrir las necesidades fenológicas en etapas críticas como la floración y el crecimiento del fruto.



A photograph of several raspberry plants growing in black plastic pots, arranged on a wooden surface. The plants have green, serrated leaves and some small white flowers. The image is overlaid with a semi-transparent green filter.

## **Obtención de nuevas variedades de frambuesa resistentes a estrés biótico y abiótico**

Capítulo

**3**



## Capítulo 3

### Obtención de nuevas variedades de frambuesa resistentes a estrés biótico y abiótico

Marina Gambardella  
Ingeniera Agrónoma, Dra.  
Investigadora y docente Universidad Católica de Chile

#### Programa de Mejoramiento Genético de Frambuesas

Este es un programa que desarrolla la Pontificia Universidad Católica de Chile en colaboración con el Consorcio Tecnológico de la Fruta. El programa surge por la necesidad de cambiar y poder entregar otras opciones varietales. Históricamente, en Chile teníamos una situación mono varietal, con Heritage (Figura 3.1.) como la variedad más cultivada en el país. Se trata de una planta rústica y de comportamiento erecto. Tiene característica remontante, con fruta de buen sabor, aunque es un fruto pequeño de 1,8 a 2,0 g/fruto, lo que dificulta la cosecha (la encarece). En términos generales se trata de una muy buena variedad, y por eso es difícil que los agricultores acepten dejarla de lado.



**Figura 3.1.** Planta de frambuesa de la variedad Heritage.

Si bien la rusticidad es una característica interesante que le permite adaptarse bien a distintas condiciones, tiene un costo para la planta, ya que, en términos productivos, mientras más rusticidad tenga la planta, menor es su rendimiento.

El programa de mejoramiento genético se inició como tal en el año 2009 y desde entonces se ha podido desarrollar gracias el financiamiento y la colaboración de distintas instituciones como CORFO, FONDEF, FIA y el Consorcio Tecnológico.

El esquema de mejoramiento genético es el tradicional, con una primera etapa relacionada a la selección de los parentales, seguida por los cruzamientos, primera selección de seedlings y las selecciones avanzadas del primer y segundo año, hasta llegar a las mejores plantas o plantas elite, que si cumplen con las características deseadas, y después de los ensayos de campo y manejo adecuado, pueden llegar a inscribirse como nuevas variedades. Posteriormente al desarrollo de la variedad, que puede tomar alrededor de 10 a 12 años, se inicia toda una etapa de desarrollo comercial de la misma.

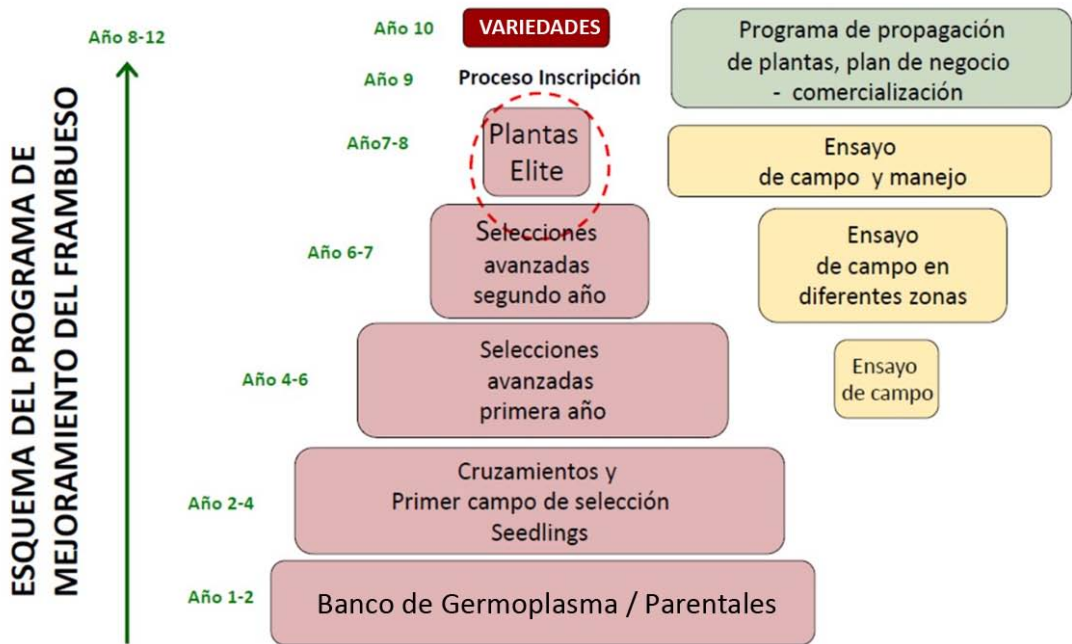


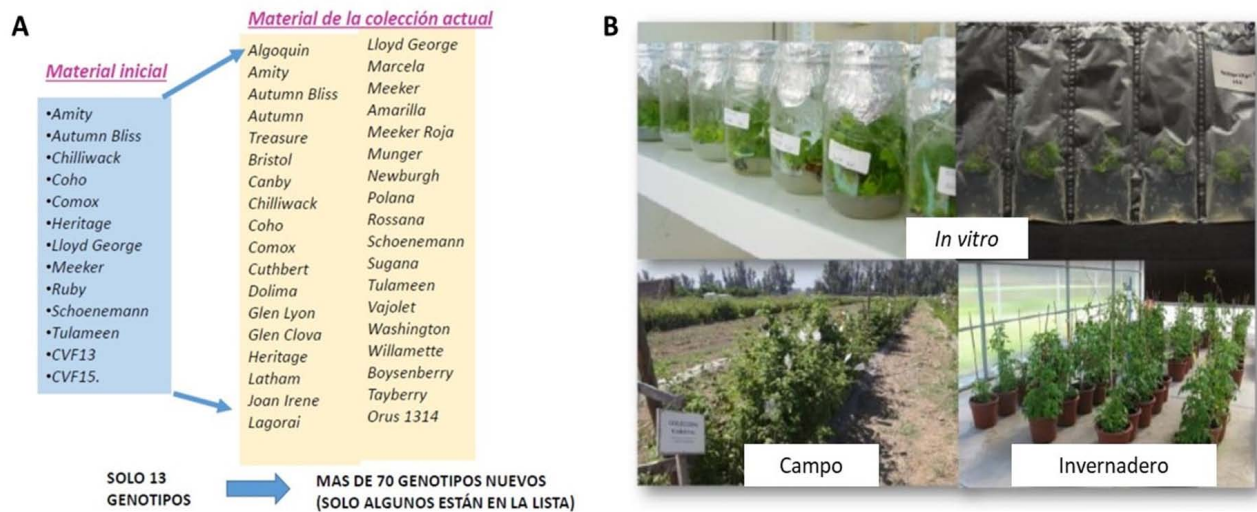
Figura 3.2. Esquema de un Programa de Mejoramiento Genético de Frambueso.

Etapas de un programa de mejoramiento genético

La variabilidad genética es el punto de partida para cualquier programa de mejoramiento genético. Así, cuanto mayor sea la variabilidad disponible, mayor será la posibilidad de poder seleccionar germoplasma en base a los caracteres que nos interesen.

Banco de Germoplasma/Parentales

Cuando el Programa de Mejoramiento Genético de Frambueso partió, en Chile había solo 14 variedades disponibles para ser utilizadas como parentales. Posteriormente, para ampliar la disponibilidad de material genético, se introdujeron más de 70 variedades de diferentes partes del mundo (Figura 3.3.). Este material se mantiene en forma activa, lo que implica un jardín de variedades, puesta en el campo sobre el cual se puede trabajar, una copia en invernadero y otra copia introducida en cultivo in vitro para garantizar su disponibilidad a futuro.

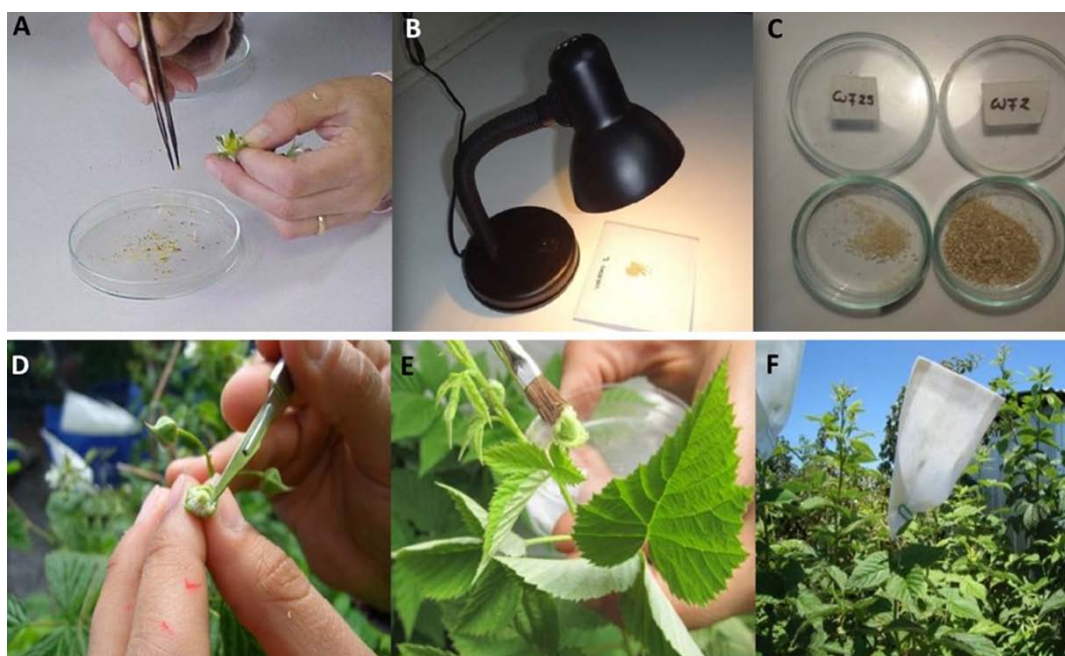


**Figura 3.3.** Banco de germoplasma: A) parentales introducidos, B) estrategias de resguardo del material genético.

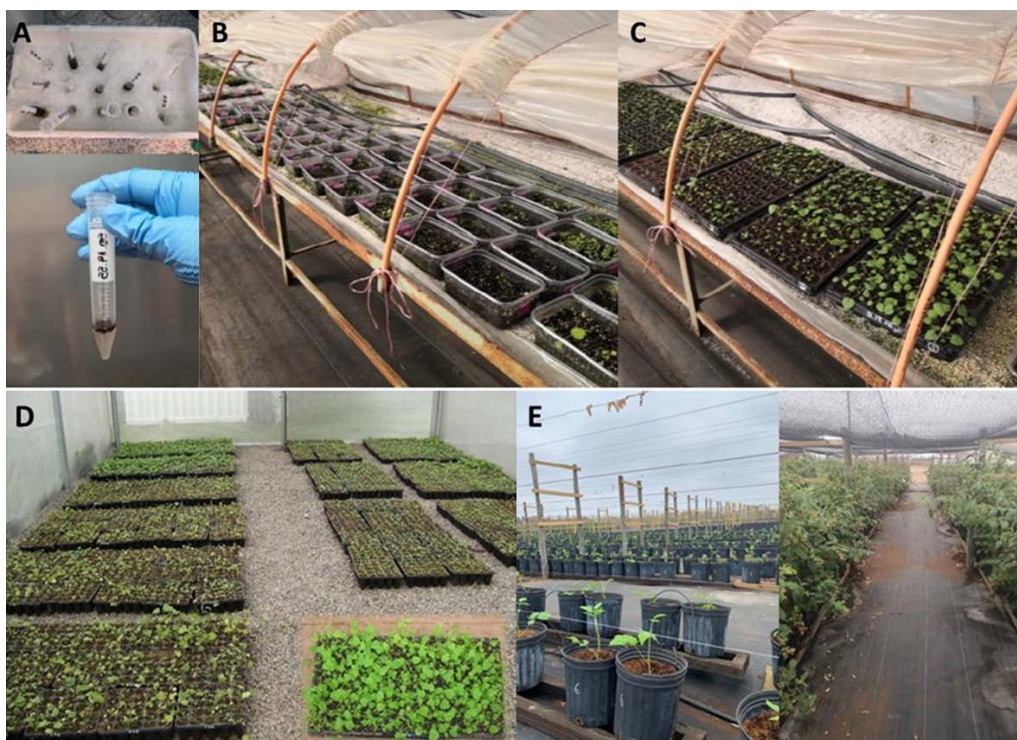
## Cruzamiento

Fundamentalmente, la idea es juntar en un individuo las características de una variedad con las de otra. Para lograr esto, se hacen cruzamientos dirigidos y se seleccionan los parentales. De uno de ellos se obtiene el polen y al otro se le eliminan los estambres. Posteriormente se deposita el polen colectado en estas flores emasculadas y se la protege, normalmente con bolsas de papel, para evitar que llegue polen extraño (Figura 3.4.).

Una vez que se desarrollan las semillas de estos cruzamientos, se ponen a germinar en condiciones controladas. Cada una de ellas dará origen a una planta con características únicas. Después de germinar, estas plantas son mantenidas en condiciones controladas, hasta que alcancen el desarrollo suficiente para ser llevadas al campo para su evaluación y posterior selección (Figura 3.5.).



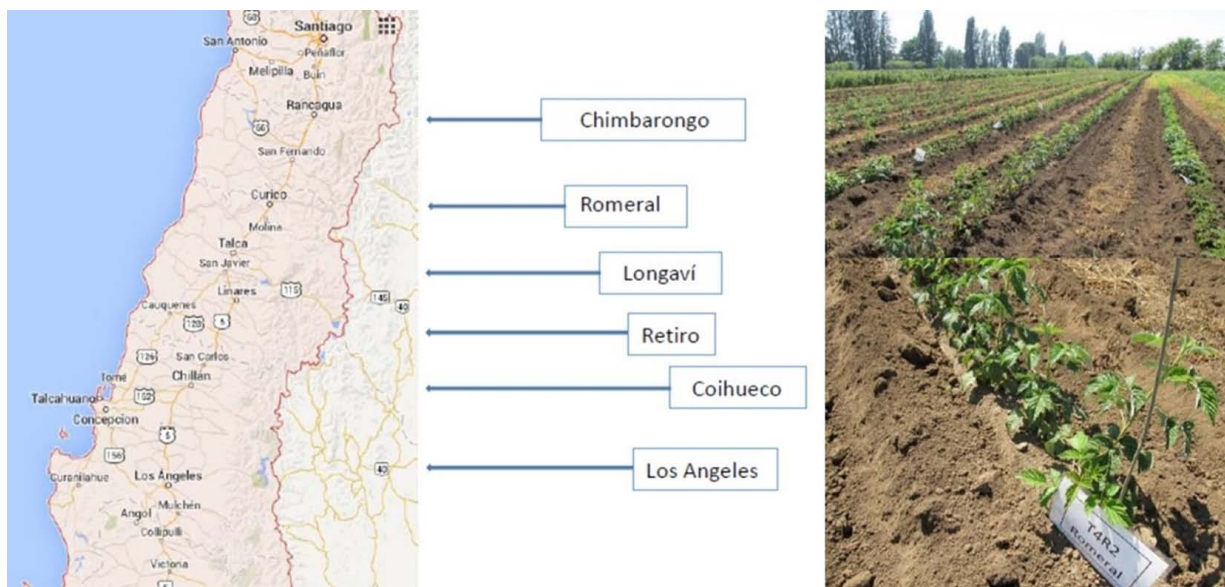
**Figura 3.4.** Proceso de cruzamiento. A) Colecta de polen, B) preparación del polen, C) almacenamiento, D) emasculación, E) polinización, y F) aislamiento de la flor polinizada.



**Figura 3.5.** Primera selección de seedlings. A) Escarificación de semillas para aumentar la eficiencia de germinación, B) siembra de semillas, C y D) crecimiento de seedlings, y E) plantas en campo para primera selección.

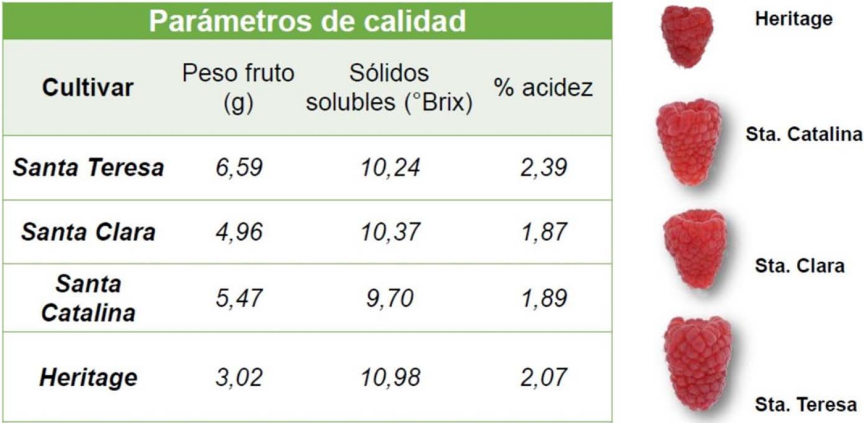
En promedio, el Programa de Mejoramiento Genético lleva al campo, para una primera selección, unos 5.000 seedlings al año.

Una vez que la planta crece y muestra todo su potencial, se hacen las selecciones en función de las características que son de interés para el programa. En términos generales, estas están relacionadas con el tamaño, sabor, firmeza y facilidad de desprendimiento del fruto, y con características vegetativas de la plantas, como remontancia, vigor, altura y producción de laterales. Las plantas que cumplen con estas características, pasan a la etapa siguiente de evaluación, que considera la evaluación en terreno, a lo largo de toda la zona productora de frambuesas del país (Figura 3.6.).



**Figura 3.6.** Ensayos comparativos en diferentes localidades.

Como resultado de esta primera etapa del Programa fue posible obtener tres nuevas variedades de frambuesa: Santa Teresa, Santa Catalina y Santa Clara. Estas tienen un fruto de mayor tamaño comparada con Heritage que es el control, y son muy remontantes, característica que permite tener una planta muy productiva (Figura 3.7.). Con respecto al mayor tamaño de la fruta, y para descartar el imaginario popular de que una fruta más grande no conserva el sabor, se realizaron numerosos estudios desde el punto de vista sensorial, donde la fruta fue calificada como de alta calidad organoléptica.



**Figura 3.7.** Parámetros de calidad de la fruta obtenida por el Programa de Mejoramiento.

Del mismo modo, y considerando que la mayor producción de frambuesas en el país es para el mercado del congelado, se tuvo que evaluar que la fruta no se desgranara en el proceso de congelado. Desde este punto de vista, las variedades Santa Catalina y Santa Clara tienen buenos resultados en IQF, mientras que Santa Teresa puede sufrir un mayor desgrane, lo que puede explicarse por el mayor tamaño de sus drupéolos (Figura 3.7.). Un aspecto que se trabajó también desde el Programa de Mejoramiento fue la forma de la fruta. Si bien el tamaño de fruto está directamente relacionado con facilitar la cosecha, se tuvo que ir evaluando de forma constante la forma del receptáculo, para facilitar el desprendimiento de la fruta (Figura 3.8.).



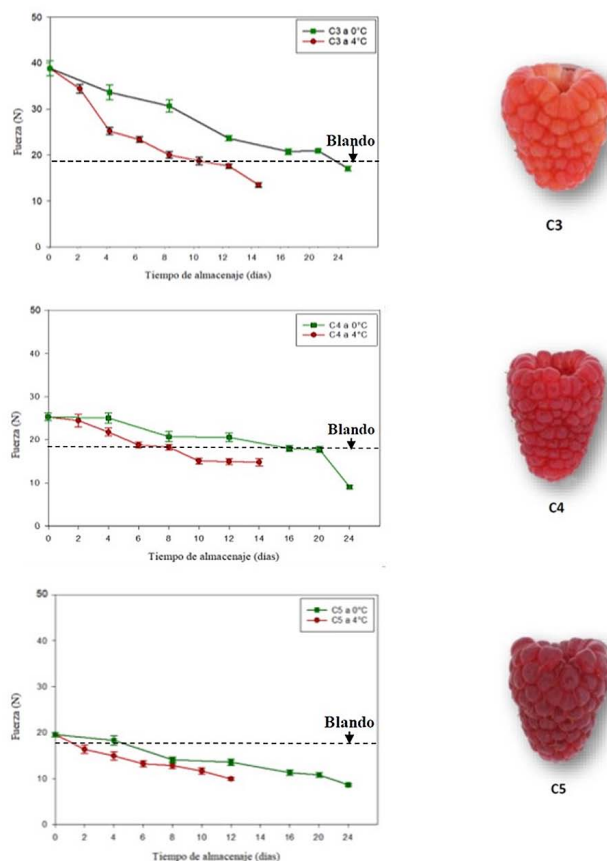
**Figura 3.8.** Receptáculo que permite un fácil desprendimiento de la fruta.

La remontancia es otro de los factores en los que se ha puesto mayor cuidado. Las tres variedades Santas tienen un alto grado de remontancia. Esto está en relación con el hecho de que en las variedades remontantes, la floración se produce en un alto porcentaje de las yemas del brote de temporada, independiente del frío que reciban durante la temporada de crecimiento. La inducción a flor se produce a lo largo de toda la ramilla, y no solo en la parte superior de la rama (Figura 3.9.). Esta característica hace que las variedades Santas sean muy productivas.



**Figura 3.9.** Variedad remontante con inducción de flores a lo largo de toda la rama.

Otro aspecto que se ha tenido en cuenta es la evaluación de los frutos en post cosecha. Primero, el Programa de Mejoramiento determina el momento oportuno de cosecha, mediante un índice de cosecha de color. Fruta que se cosecha en el estado C5 resulta una fruta sobre madura que tiene un mal comportamiento en post cosecha. Por el contrario, una fruta que se cosecha en el estado C3 tiene un mejor comportamiento. Además, la temperatura de conservación después de la cosecha también se muestra como un factor importante. Al bajar la temperatura de almacenamiento se logró llegar con fruta de buena calidad, hasta 14 días después de la cosecha (Figura 3.10.).



**Figura 3.10.** Evaluación del potencial de almacenaje en frambuesa (Sta. Catalina) en tres estados de madurez.

Nuevo proyecto

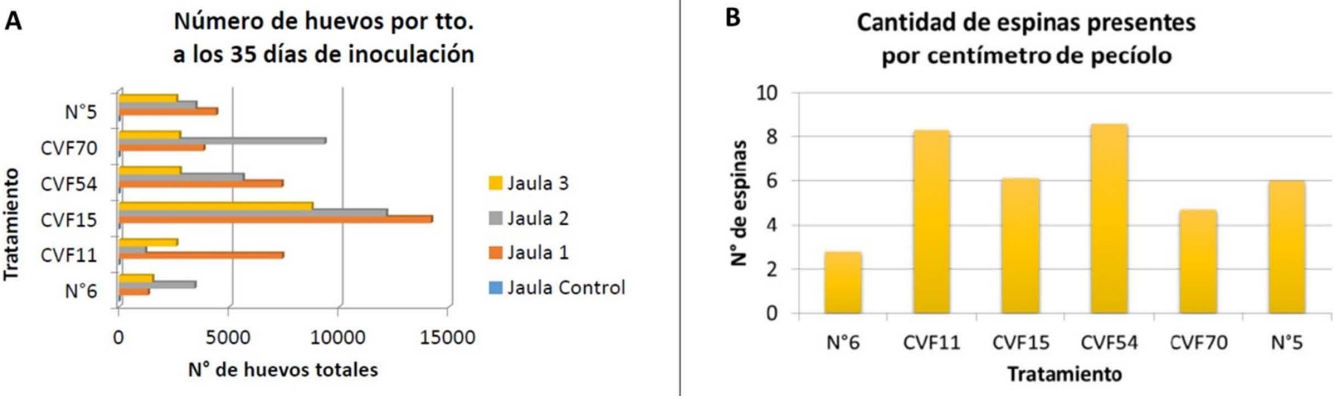
El desarrollo de variedades es un proceso continuo. Al margen de las variedades que ya se están comercializando, se sigue trabajando en variedades con nuevas y mejores características. Considerando las condiciones climáticas cambiantes y la necesidad de contar con variedades que estén mejor adaptadas, se está desarrollando un nuevo proyecto denominado “Nuevas variedades de frambuesa tolerantes a principales plagas y enfermedades, y mejor adaptadas a condiciones de estrés hídrico”.

El énfasis en esta nueva etapa está puesto en obtener variedades más tolerantes a las principales plagas y enfermedades que afectan al cultivo y más tolerantes al déficit hídrico. Y ya existen resultados promisorios; es decir, 15 materiales seleccionados que, además de cumplir con las características de calidad de fruta, se están evaluando en base a su tolerancia a araña bimaculada (*Tetranychus urticae*), problema muy importante para el cultivo (Figura 3.11.).



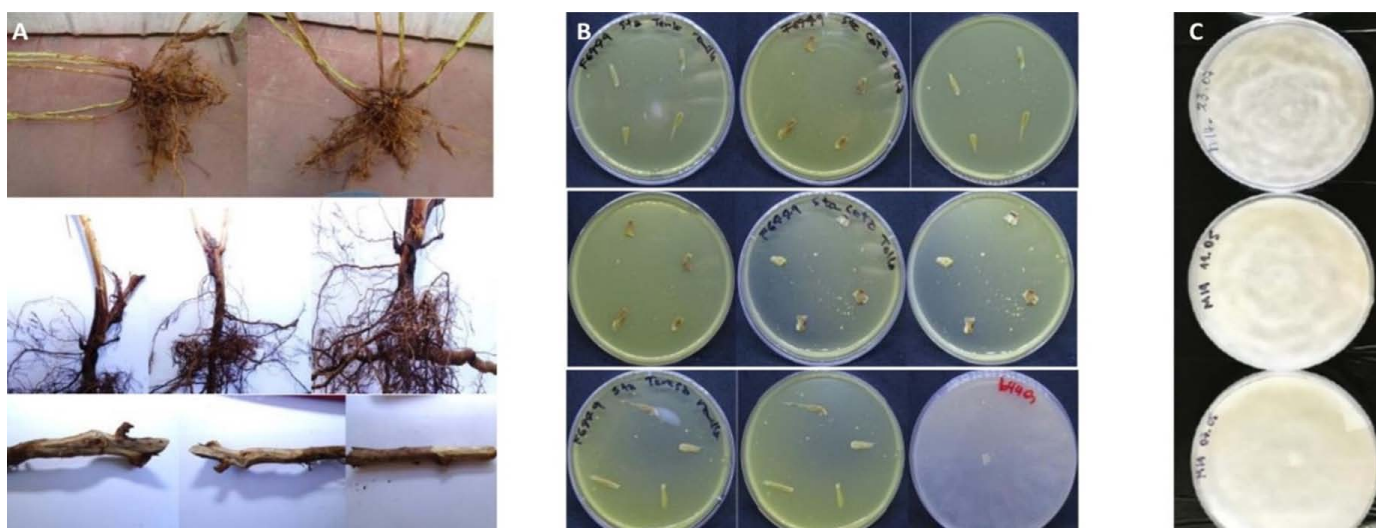
**Figura 3.11.** Nuevo proyecto de variedades de frambuesa tolerantes a principales plagas y enfermedades. A) Selecciones avanzadas y B) evaluaciones para tolerancia a araña bimaculada.

La evaluación para tolerancia a araña se hace mediante inoculación de esta plaga. Como resultado se pudo observar que existen variedades que muestran una mayor tolerancia o menor infestación que otras, por lo cual son seleccionadas como parentales. Se han podido asociar algunas características morfológicas a este tipo de tolerancia; por ejemplo, la cantidad de espinas por centímetro de peciolo o la textura de las hojas.



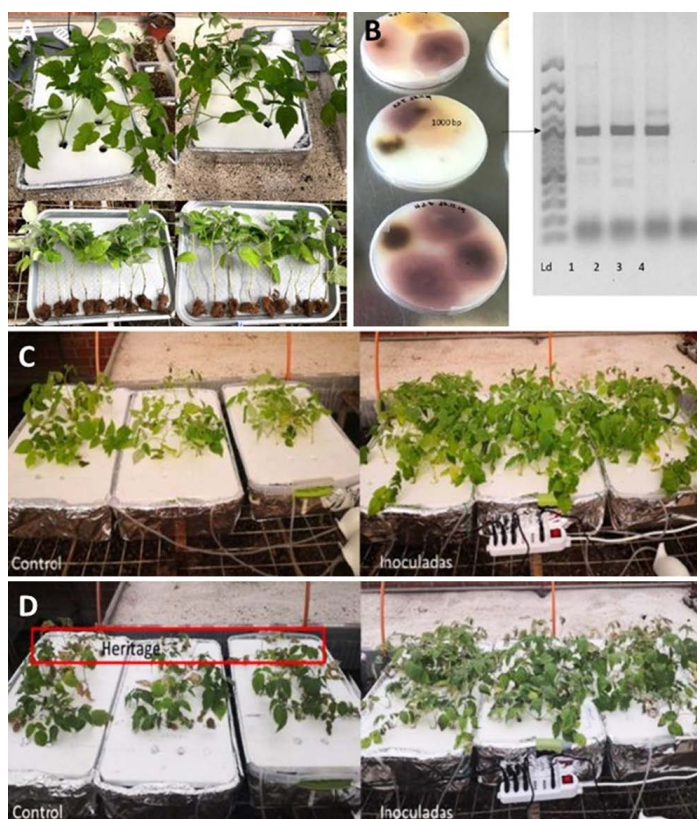
**Figura 3.12.** Evaluación de resistencia a araña bimaculada. A) Variedades con diferente nivel de postura de huevos y B) cantidad de espinas presentes en variedades resistentes a araña.

Otro de los problemas importantes que se está abordando es la resistencia a hongos del suelo que afectan las raíces. Para ello, la primera medida es aislar estos hongos de las plantas de frambuesa enfermas y después caracterizarlos (Figura 3.13.).



**Figura 3.13.** Resistencia a hongos de raíces. A) Identificación de material enfermo, B) aislamiento de hongos desde trozos de raíces, y C) caracterización del material aislado.

El material caracterizado se utiliza para inocular plantas de frambuesa, en busca de material resistente (Figura 3.14.). Por conveniencia práctica, esta inoculación se realiza en sistemas hidropónicos. De forma paralela se utilizan marcadores moleculares, para poder acelerar el proceso de selección en esta fase.



**Figura 3.14.** Inoculación de plantas de frambuesas. A) Sistema de inoculación hidropónico, B) marcadores moleculares asociados a resistencia, C) plantas de un día desde la inoculación, y D) plantas de ocho días desde la inoculación. En ambos casos los controles corresponden a plantas de la variedad Heritage.

Otro aspecto en evaluación es la resistencia a déficit hídrico. Estas plantas tienen una alta demanda hídrica y en situaciones en las que los agricultores no tienen asegurado el abastecimiento de agua, este es un factor limitante. En este sentido, se establecieron ensayos con distinta reposición de agua (Figura 3.15.) y se evaluaron diferentes parámetros fisiológicos, los que podrían ser utilizados como indicadores de cómo el recuso agua afecta a las plantas y, en función de ello, seleccionar los genotipos que mejor se adapten a esta condición de déficit hídrico. Estos parámetros fueron: la conductividad estomática, medida a través de porómetro, la relación de fluorescencia de la clorofila variable y máxima ( $F_v/F_m$ ) por medio de un fluorómetro, y el potencial hídrico xilemático (bar), medido con la cámara de Scholander.



**Figura 3.15.** Evaluación de resistencia a déficit hídrico en seis genotipos distintos.

En función de estas evaluaciones, se han seleccionado algunos genotipos que están siendo utilizados como parentales. Paralelamente se evalúan parámetros morfológicos que puedan estar relacionados con esta tolerancia y que permitan ser utilizados como marcadores, para facilitar la selección de los híbridos obtenidos. Todo el esfuerzo que implica desarrollar un Programa de Mejoramiento Genético debe estar sustentado en un buen material de partida. Por ello, es importante que las plantas madre tengan una sanidad y una identidad genética controlada.

Para asegurar esto, el Programa de Mejoramiento es el encargado de producir las plantas madre elite, que después son distribuidas a los viveros para su escalamiento comercial (Figura 3.16.). En el caso de la frambuesa, y por experiencias del programa, no es recomendable salir directamente a campo con plantas producidas in vitro, ya que pueden generarse plantas fuera de tipo, que recién se evidencian cuando la temporada en el campo ya está muy avanzada. Es por eso que para la multiplicación de frambuesas, es recomendable la multiplicación por brote etiolado.



**Figura 3.16.** Producción de plantas elite para su comercialización.

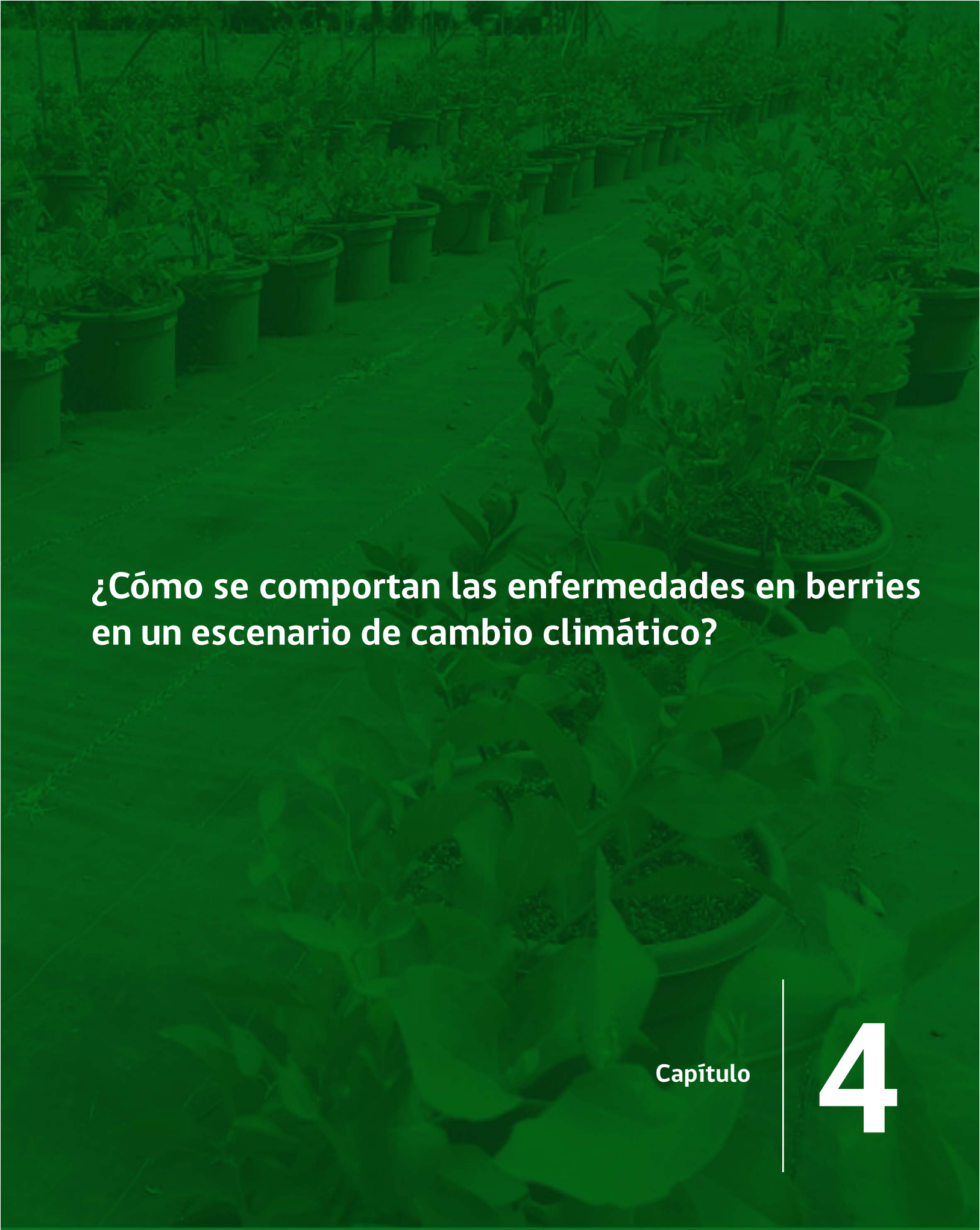
## **Consideraciones finales**

El mejoramiento genético es un proceso continuo y dinámico, donde es necesario estar atento a los problemas que van surgiendo día a día.

No existe una variedad perfecta. Es necesario ir desarrollando toda una metodología asociada a ella para poder sacar su máximo potencial.

Una vez que se crea una nueva variedad, se requiere de un proceso de desarrollo y adaptación de las técnicas de cultivo.

El desarrollo de variedades resistentes a estrés biótico y abiótico implica un esfuerzo mayor que debe ser abordado.



## ¿Cómo se comportan las enfermedades en berries en un escenario de cambio climático?

Capítulo

4



## Capítulo 4

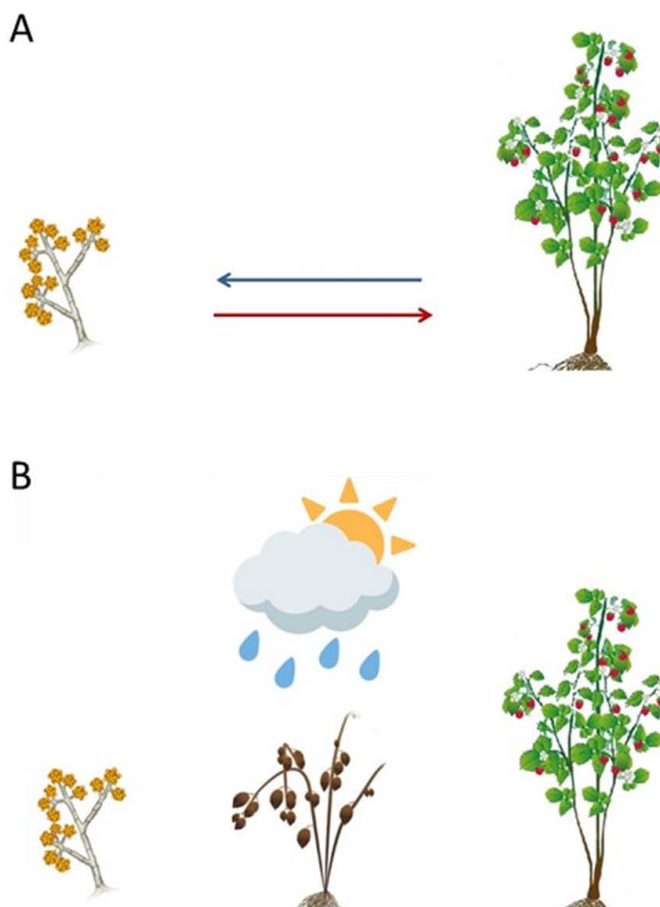
### ¿Cómo se comportan las enfermedades en berries en un escenario de cambio climático?

Paz Millas O.  
Ingeniera Agrónoma, Dra.  
INIA Quilamapu

#### 4.1. ¿Cómo afecta el cambio climático al desarrollo de las enfermedades?

Los patógenos se alimentan de las plantas y constantemente están tratando de infectarlas, mientras que ellas se defienden por diferentes mecanismos. En esta relación planta-patógeno, no siempre se produce la enfermedad, sino solo cuando este último tiene la capacidad infectiva o patogénica, o cuando la planta tiene la susceptibilidad para desarrollar la enfermedad (Figura 4.1.).

La susceptibilidad de la planta y la patogenicidad cambian de acuerdo a las condiciones climáticas. Si el ambiente favorece al patógeno, este tendrá mayor capacidad patogénica y si las condiciones son óptimas para la planta, esta podrá defenderse de mejor forma. En base a lo anterior, para que una enfermedad se desarrolle es necesario que exista la interacción entre un patógeno virulento, una planta susceptible y las condiciones ambientales adecuadas para que la enfermedad se desarrolle (Figura 4.1.). Por lo tanto, si las condiciones climáticas cambian según las predicciones realizadas, va a existir un mayor desarrollo de enfermedades.



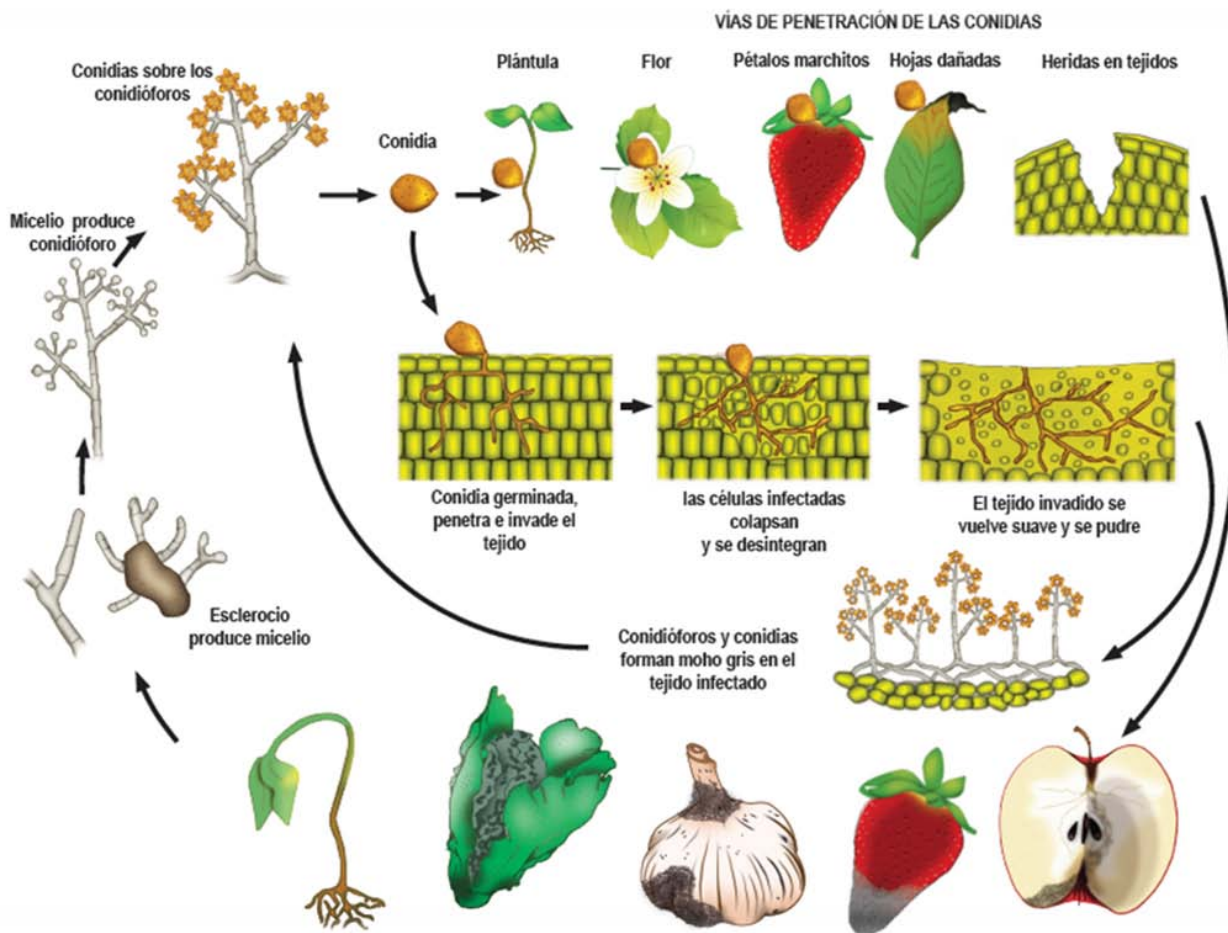
**Figura 4.1.** Para el desarrollo de una enfermedad es necesario: A) Interacción planta patógeno, B) Condiciones ambientales óptimas para el desarrollo de una enfermedad.

## 4.2. Aspectos del desarrollo de enfermedades en los que afecta el cambio climático

Desde el punto de vista del patógeno, el desarrollo de las diferentes etapas de una enfermedad, durante una temporada, también pueden verse afectadas por las condiciones climáticas.

Dentro de las etapas de la enfermedad está la inoculación, que se produce normalmente en la etapa de primavera, cuando las temperaturas son óptimas para la producción de esporas (sexuales o asexuales). Posteriormente para que el patógeno entre en contacto con la planta sobreviene la dispersión de conidias (Figura 4.2.). Esta dispersión está beneficiada por la lluvia, el viento y la temperatura. Finalmente, ocurre la germinación del patógeno y la producción de enzimas que le permiten entrar a la planta, lo que se favorece con la humedad y temperatura.

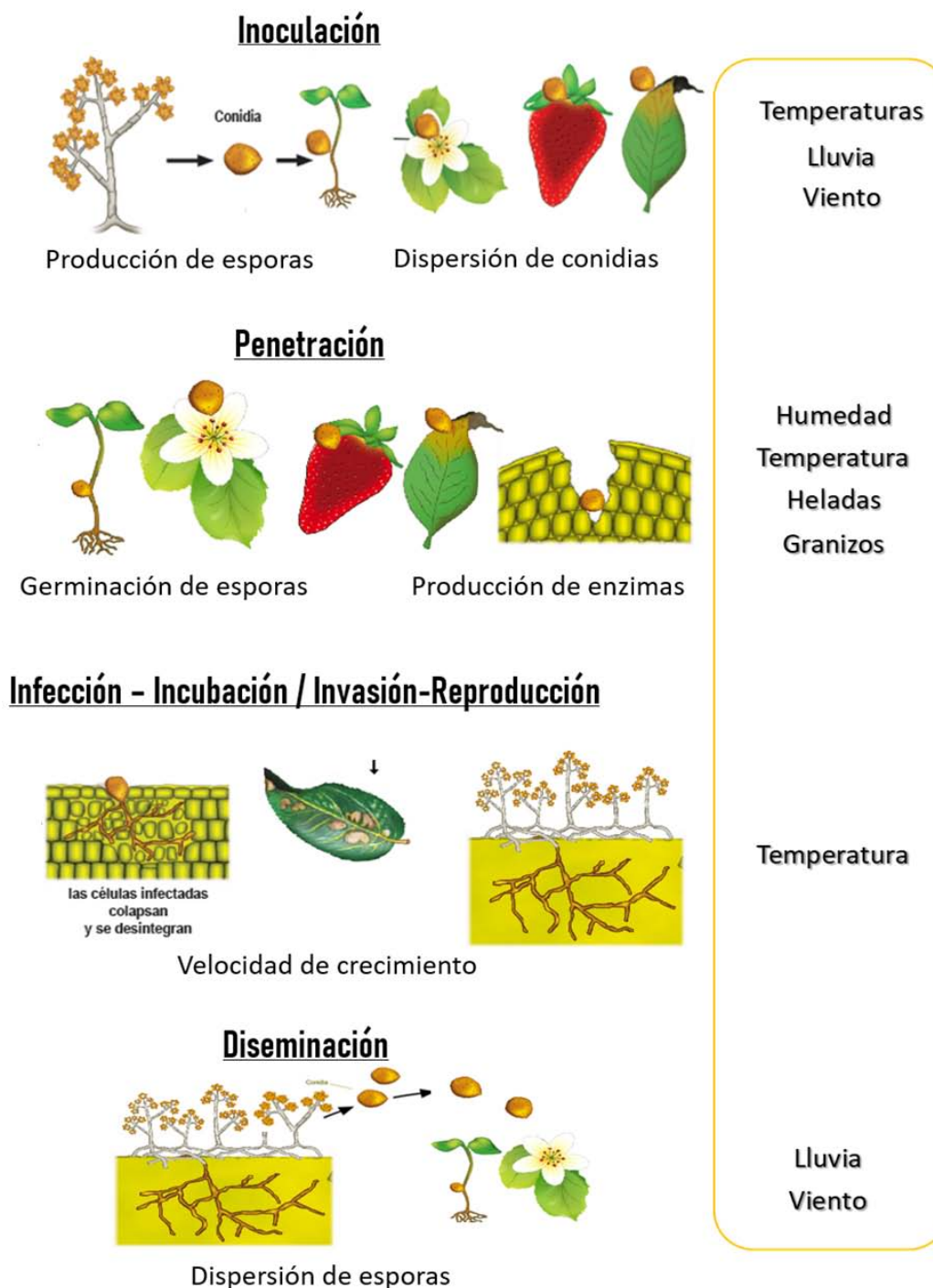
El siguiente esquema muestra el ciclo de la enfermedad denominada “Pudrición Gris”.



**Figura 4.2.** Etapas del ciclo de Pudrición Gris causada por *Botrytis cinerea*.

Los hongos tienen la capacidad de entrar a la planta, aunque esta no tenga heridas. Solo basta que haya agua libre sobre los tejidos vegetales y temperatura óptima. Por ejemplo, *Botrytis* (Figura 4.2.) con 15 horas de agua libre sobre la planta y 15 °C germina, produce esporas e ingresa a la frutilla. Si hubiera heridas, el hongo ingresa solo con temperatura. Los eventos climáticos extremos pueden ayudar el ingreso de patógenos en la planta. Así, en presencia de granizo se producen rupturas o heridas en el tejido y en las horas subsiguientes a la herida, cuando la temperatura sube, el patógeno infecta la planta.

En la etapa de infección, el patógeno ingresa a los tejidos. Existen varias vías de penetración (Figura 4.3.). Posteriormente, se desintegran los tejidos, se produce la sintomatología entre la incubación y luego la invasión y reproducción (vuelve a producir estructuras reproductivas). Estas últimas fases también son dependientes de la temperatura, que será más rápidas cuando la temperatura sea más alta. Finalmente, ocurre la invernación caracterizada por estructuras que se mantienen en latencia, como por ejemplo los esclerocios, porque son resistentes a las condiciones ambientales (baja temperatura y humedad).



**Figura 4.3.** Ciclo de la enfermedad, etapas de la misma y factores ambientales que benefician el desarrollo del patógeno según cada una de las etapas de avance de la enfermedad.

4.3. Efectos de los cambios climáticos en enfermedades de berries y herramientas para afrontarlos

4.3.1. Alza de temperaturas promedio

La temperatura general influye en la tasa de crecimiento de los patógenos. Si las tasas de temperatura promedio aumentan, habrán mayores tasas de crecimiento y más ciclos de la enfermedad en una misma temporada, lo que favorece a que haya una mayor presión de inóculo secundario y obligue a hacer periodos más exhaustivos de monitoreo (desde los primeros indicios para hacer aplicaciones oportunas, porque se pueden presentar ataques repentinos del patógeno). Otra estrategia es eliminar los tejidos infectados, que son los que aportan inóculo secundario, y dan paso a un círculo vicioso: temperatura alta, más número de ciclos, más presión de inóculo y así muchos ciclos dentro de la temporada.

Otra consecuencia es la antelación en la aparición del inóculo primario del patógeno. Antes los patógenos salían de la latencia al llegar la primavera (septiembre). Normalmente la temperatura de activación de los patógenos es de 5 °C. Si las temperaturas suben, probablemente la activación de patógenos se presente antes. Así, algunos daños asociados con los patógenos se adelantarían, ya que si la temperatura aumenta, podría prácticamente no haber periodo de latencia y la tasa de crecimiento sería más alta (Figura 4.4.). Ante esta situación, una herramienta que se podría utilizar es la presencia de alertas tempranas, donde se hacen modelos predictivos para hacer la prevención de enfermedades; por ejemplo, la alerta para Tizón temprano de la papa desarrollado por INIA, que permite calcular en qué momento de la temporada aparecerá la enfermedad.

Otro efecto del incremento de la temperatura promedio es el aumento de ciertas enfermedades y el desplazamiento de las mismas hacia zonas donde antes no existían. Por citar aquellas que tienen óptimos de temperatura más bajos (hongos entre 20 y 25 °C y sobre esas temperaturas no crecen), estas enfermedades se van a ver beneficiadas en la medida que las temperaturas promedio vayan subiendo.

| Patógeno     | Temperaturas óptimas °C |
|--------------|-------------------------|
| Botrytis     | 15 - 25                 |
| Venturia     | 18 - 24                 |
| Mildiu       | 20                      |
| Oidio        | 20 - 27                 |
| Macrophomina | 30 - 35                 |
| Bacterias    | 28 - 30                 |



Figura 4.4. Temperaturas óptimas para el desarrollo de algunas enfermedades de importancia agronómica.

*Macrophomina* en arándano y frutilla es un patógeno muy agresivo que no responde a la aplicación de fungicidas químicos (Figura 4.5.). Su temperatura óptima de crecimiento está entre los 30 y 35 °C. Para esta enfermedad, una de las principales medidas está enfocada al manejo preventivo, para lo cual se realizan riegos frecuentes para tratar de disminuir la temperatura en el suelo. También se recurre a la fumigación, solarización o biofumigación del suelo, para eliminar las estructuras de resistencia del hongo. Para las enfermedades que producen esclerocios o micro esclerocios, se recomienda el uso de biocontroladores como *Trichoderma* (se alimenta de hongos fitoparásitos), que permiten bajar la fuente de inóculo en el suelo. Otro manejo paliativo consiste en evitar que la temperatura del suelo incremente, por lo que debe reducir el uso de mulch o plásticos en suelos arenosos o pedregosos.



**Figura 4.5.** Pudrición carbonosa (*Macrophomina phaseolina*).

Otras enfermedades que van adquiriendo importancia son las causadas por bacterias, ya que su óptimo desarrollo está beneficiado por las temperaturas altas. El tratamiento preventivo para ellas es la aplicación de productos cúpricos o antibióticos en épocas susceptibles. Las bacterias necesitan de heridas para poder ingresar a la planta, por ende, las etapas de brotación, así como la presencia de heladas o granizo que pueden generar heridas, son cruciales para poder manejar las enfermedades bacterianas y fúngicas. Se recomienda la poda de brotes enfermos y la aplicación de cobre posterior a la poda.

Finalmente, el patógeno *Lasioidiplodia theobromae* es un hongo que produce la cancrrosis en arándano en Perú, y podría afectar los huertos de Chile en un futuro. Es importante estar preparados y hacer monitoreos constantes para que, en el caso de que aparezca, iniciar actividades inmediatas para su erradicación.

#### 4.3.2. Lluvias fuera de estación

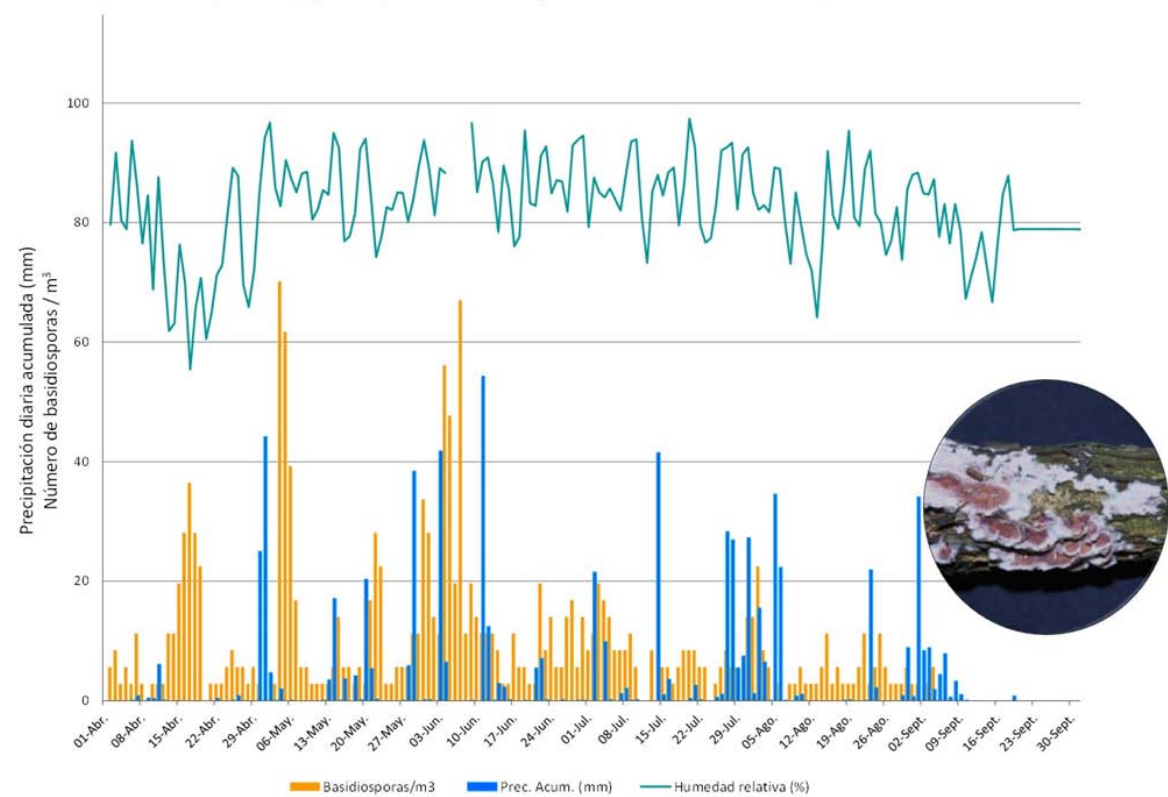
Esta condición implica una mayor incidencia y mayor severidad de enfermedades, porque las lluvias hacen que los cuerpos frutales de los patógenos empiecen a producir esporas. Al llegar el verano, estos cuerpos frutales se inactivan, al menos por un tiempo, debido a que no tienen la humedad suficiente (Figura 4.6.). Pero cuando se presentan eventos de lluvia en verano, se genera un rebrote de inóculo. Esto ha sido recurrente en las últimas primaveras, con altas temperaturas y eventos lluviosos tardíos, con rebrotes de enfermedades en berries, debido a la gran cantidad de inóculo presente.



**Figura 4.6.** Estructuras microscópicas de dispersión de patógenos, con una mayor incidencia y severidad por eventos de lluvia en primavera-verano.

Un trabajo realizado por INIA Quilamapu en la enfermedad del Plateado, permitió establecer una correlación entre las condiciones ambientales (precipitaciones) y la cantidad de inóculo liberado (basidiosporas o cuerpos frutales del hongo) (Figura 4.7.).

Vuelo basidiosporas, precipitaciones y humedad relativa, Chillán 2014



**Figura 4.7.** Liberación de basidiosporas (barras amarillas) por efecto de altas precipitaciones (barras azules) y alta humedad relativa.

4.3.3. Granizo y temporales de viento

Mientras que las lluvias incrementan la liberación de esporas en el ambiente, los granizos y temporales de viento producen heridas y micro heridas en las plantas, lo que facilita la entrada de los patógenos, aumentando la severidad de las enfermedades. Frente a situaciones como esta, es necesario considerar la aplicación de fungicidas o bactericidas post evento, o el uso de techos como en el caso de los cerezos, donde la *Pseudomona syringae*, agente causal del cáncer bacteriano, es un problema incontrolable.

En los últimos cinco años, en el centro y centro sur de Chile se presentaron tres eventos de granizo., Teniendo en cuenta que hace 20 años estos eventos no se presentaban, quizás la cobertura o techos en los huertos podría ser una estrategia de manejo a considerar.

#### 4.3.4. Aumento de temperaturas máximas

Temperaturas sobre los 35 °C durante más de dos días seguidos generan daños por radiación alta, daño por sol y estrés por temperatura (Figura 4.8.). Se recomienda separar estos dos eventos: daño por sol y estrés por alta temperatura. En general, la mayoría de las plantas sobre los 30 °C ya están estresadas. Sobre los 35 °C el estrés es mayor y la planta cierra las estomas para mantener el equilibrio osmótico. Sumado a esto, su metabolismo deja de producir fitoalexinas, que le sirven para defenderse de los patógenos, ya que empiezan a producir otros compuestos para hacer frente al estrés osmótico.

La principal estrategia para afrontar este tipo de problemas es evitar el estrés hídrico con riegos frecuentes. Otras herramientas son la aplicación de protectores solares (productos en base a caolinita), el uso de mallas o cubiertas, y las aplicaciones de algas y aminoácidos para ayudar a la recuperación de la planta.

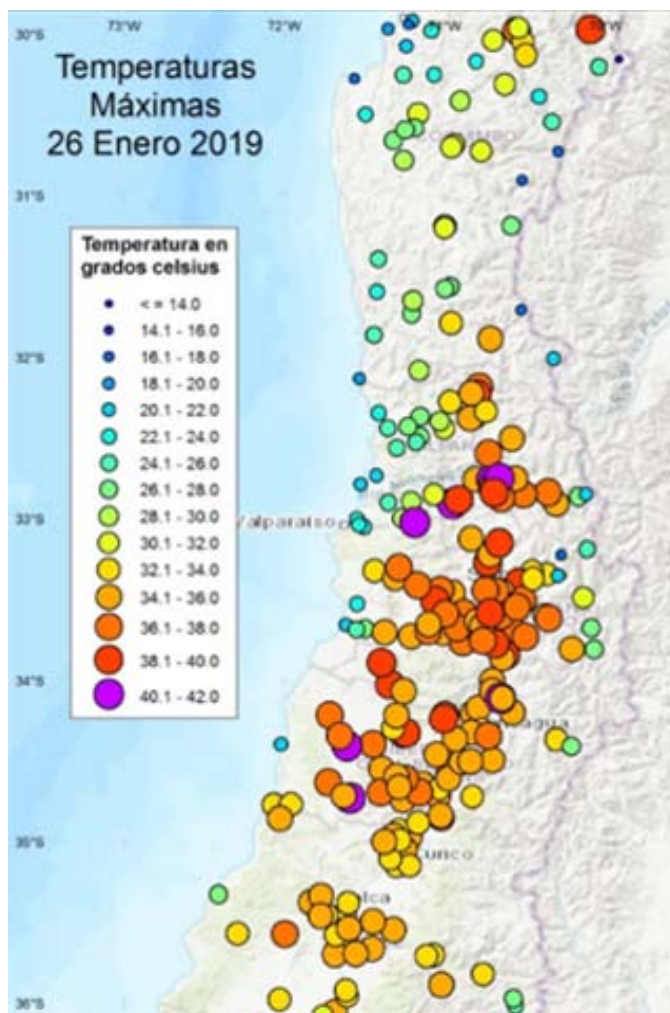


Figura 4.8. Aumento de temperaturas máximas en Chile.

#### 4.4. Cambio climático y uso de controladores biológicos

Desde el punto de vista del cambio climático, al igual que con los microorganismos patógenos, con la temperatura habrá un recambio en el tipo de biocontroladores que se utilicen, porque si las temperaturas medias incrementan, probablemente tendremos una mayor incidencia de enfermedades bacterianas que fungosas y los biocontroladores bacterianos puedan ser más eficientes en esta situación. Los hongos no se reproducen bien a altas temperaturas, pero Bacillus, que es un género de bacterias, funciona mejor a altas temperaturas.

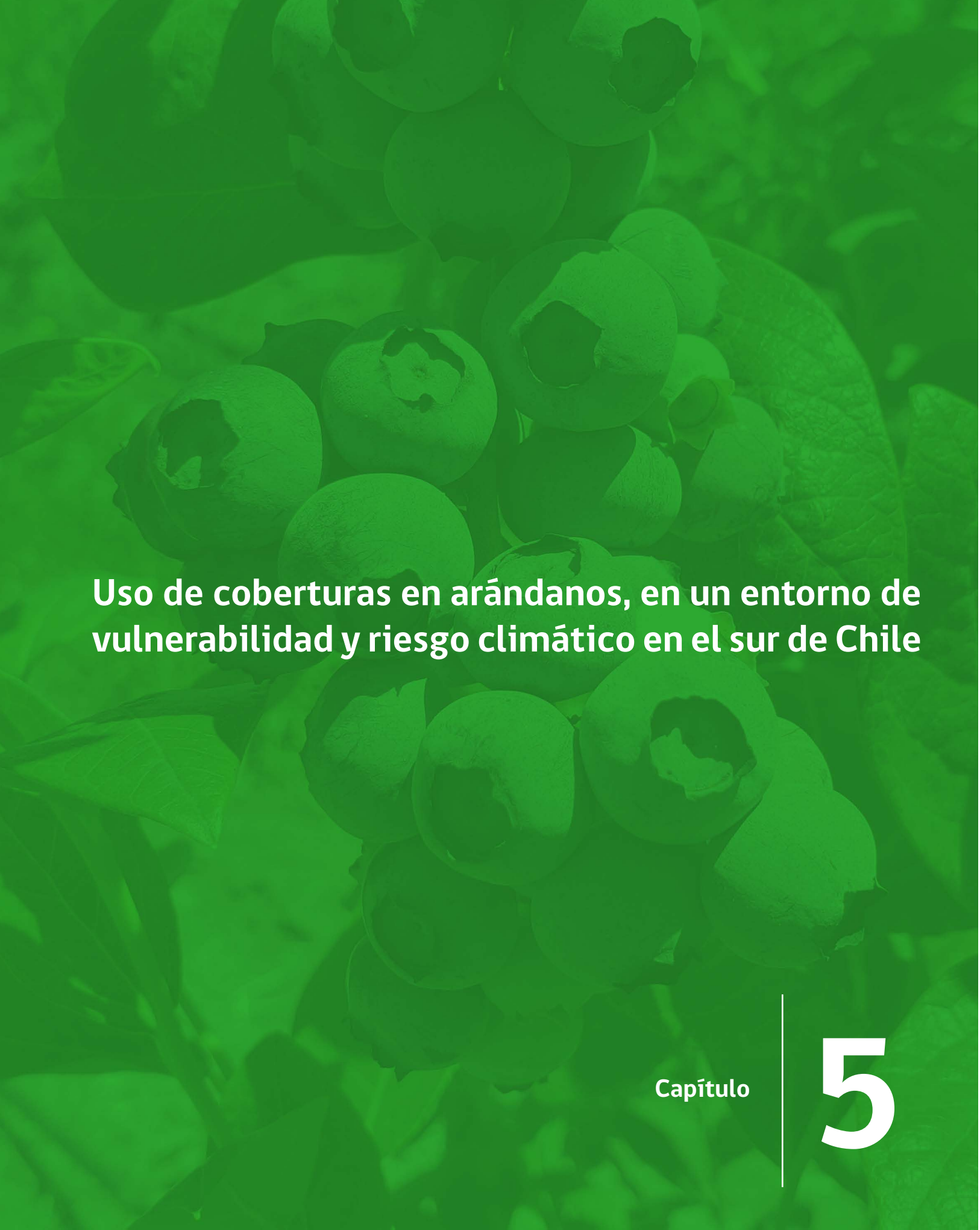
## Consideraciones finales

Respecto a las condiciones fitosanitarias que nos impone el cambio climático, la mejor herramienta es tener un diagnóstico oportuno y certero de las enfermedades que afectan a los huertos.

Si bien el monitoreo sirve para detectar nuevas enfermedades o hacer aplicaciones a tiempo (considerando los ciclos de las enfermedades) frente a la presencia de mayor cantidad de inóculo, existen otros factores, como los eventos repentinos de lluvias o heladas, que al ser más recurrentes, obligan a que el manejo de los frutales sea distinto y a utilizar, por ejemplo, techos de malla, para que las temperaturas máximas en verano no generen daño en la fruta (Figura 4.9.). Es importante considerar que dichas modificaciones tecnológicas pueden significar aumentos en los costos. Por lo tanto, debe hacerse un estudio muy claro respecto a la relación costo-beneficio.



**Figura 4.9.** Daño causado por granizos en frutos de arándano y uso de techos para evitar estos daños.



## Uso de coberturas en arándanos, en un entorno de vulnerabilidad y riesgo climático en el sur de Chile

Capítulo

5



## Capítulo 5

### Uso de coberturas en arándanos, en un entorno de vulnerabilidad y riesgo climático en el sur de Chile

Abel González  
Ingeniero Agrónomo, M.Sc.  
INIA Carillanca

Considerando que los costos de instalación de las coberturas o techos son altos, no es fácil para un agricultor tomar la decisión de cubrir una superficie o un huerto de arándano. Existen muchos factores a los cuales prestar atención, como el efecto real del cambio climático, la gestión del riesgo (análisis de vulnerabilidad y sensibilidad) frente a las amenazas del clima en arándanos, y casos de éxito.

#### 5.1. Efectos del cambio climático

Existen numerosos estudios que indican que en los próximos años tendremos incrementos de la temperatura, entre 1,5 a 2 °C, lo que indefectiblemente se traduce en un incremento de la demanda hídrica por parte de las plantas, disminución de precipitaciones y aumento en la frecuencia de los eventos climáticos extremos (lluvias, heladas, granizos) que generan daños catastróficos para la agricultura.

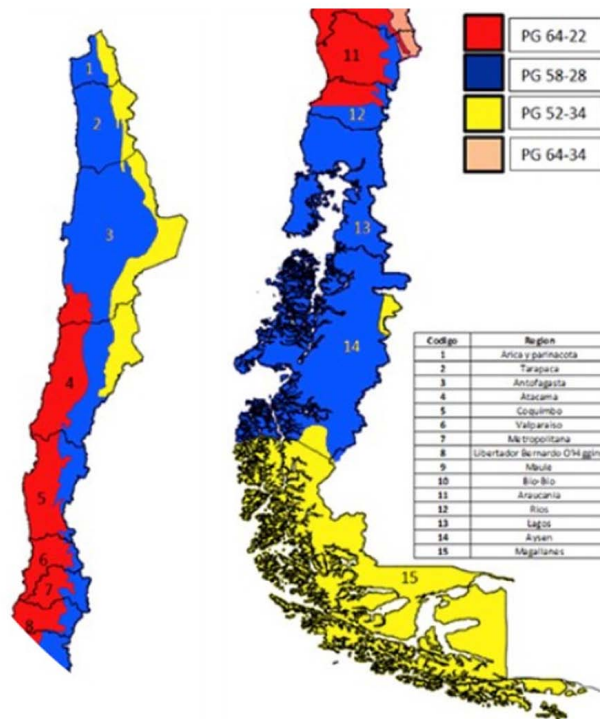
#### Riesgo climático

El riesgo climático está relacionado con los conceptos de amenaza y vulnerabilidad. Así, cuando se desarrolla un evento climático, este se transforma en una amenaza que puede generar pérdidas económicas importantes para el agricultor. La exposición del cultivo, su sensibilidad y capacidad adaptativa son determinantes para su vulnerabilidad.

#### 5.2. Gestión de riesgo climático y capacidad adaptativa

La primera está dada por el valor de los elementos que están en riesgo y la probabilidad de ocurrencia de la amenaza o peligro. Para esto es importante saber identificar de forma clara cuál es el valor de los elementos que están en riesgo y cuál es la probabilidad de que ocurra algún evento climático extremo. Por ejemplo, un huerto que tenga una mayor superficie expuesta, va a tener una mayor exposición a heladas y, por lo tanto, tiene un mayor riesgo climático que aquel que tiene menos superficie. Por otro lado, un huerto con menor superficie, pero más productivo, muestra un mayor valor de elemento en riesgo, versus uno que es menos productivo. Este tipo de análisis apoya la toma de decisiones como en cuál superficie es más conveniente colocar un techo y qué zona de mayor valor es conveniente proteger.

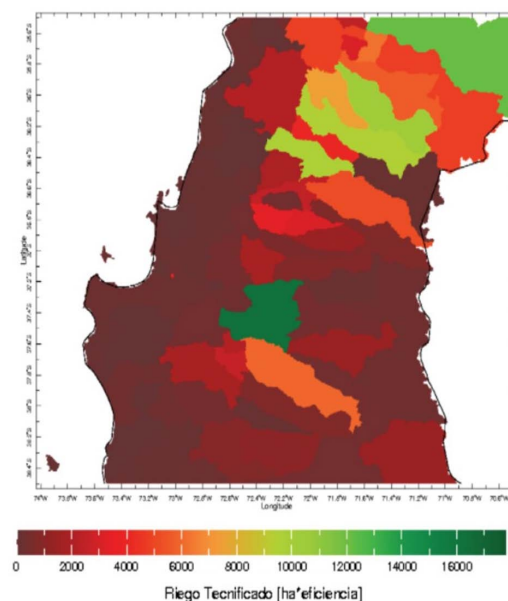
Otro factor importante de considerar antes de colocar un techo, es conocer, de forma certera, las condiciones meteorológicas y/o agroclimáticas que existen en la zona agrícola que queremos intervenir. Muchos de estos datos están disponibles en diferentes plataformas o en otros servidores y sitios web. Por ejemplo, a través de [www.climatedatalibrary.cl](http://www.climatedatalibrary.cl) (Figura 5.1.) se pueden rescatar datos de vulnerabilidad y de precipitaciones que pueden ayudar en la toma de decisiones.



**Figura 5.1.** Biblioteca de datos climáticos y vulnerabilidad ([www.climatedatalibrary.cl](http://www.climatedatalibrary.cl)).

Diferentes plataformas como [www.minagri.gob.cl](http://www.minagri.gob.cl), monitor agroclimático (información trimestral), [www.agromet.cl](http://www.agromet.cl), [www.riesgoclimatico.inia.cl](http://www.riesgoclimatico.inia.cl), permiten ubicar un huerto geoespacialmente y analizar los parámetros climáticos que lo afectan, así como pronosticar lo que pudiera suceder en los próximos años.

Otra información importante es determinar la cantidad de hectáreas en las que hay riego disponible. Por ejemplo, en la Región del Biobío, en el valle central, el valor del indicador es de unas 16.000 hectáreas rehabilitadas y con un uso eficiente del agua. En la misma imagen, los colores tendientes hacia el rojo oscuro indican zonas con menos riego (Figura 5.2.).



**Figura 5.2.** Indicador por colores de zonas rehabilitadas con riego en la Región del Bio-Bio.

Teniendo toda esta información disponible, y antes de pensar en instalar una cobertura o hacer inversiones de entre 20 y 50 mil dólares por hectárea, es necesario hacer un análisis sobre amenaza y vulnerabilidad. Muchas veces, este tipo de análisis puede indicar que los huertos son más vulnerables a la disponibilidad y uso eficiente del agua, por lo tanto, antes de dar el salto tecnológico hacia la instalación de techos, es importante cubrir las necesidades de riego y hacer un uso eficiente del agua. Con respecto a este punto, diferentes observaciones permitieron demostrar que las instalaciones de riego no están cubriendo las necesidades en función de la fenología de las variedades. Muchas veces los sistemas poseen una sola frecuencia de riego; a pesar de que en los huertos coinciden tres o cuatro variedades en distintos estados fenológicos, desaprovechándose el recurso agua.

Riesgo climático en arándanos

Al analizar simultáneamente diferentes huertos de arándano, ubicados entre las regiones de la Araucanía y Los Lagos, se determinó que uno de los factores que más afecta el rendimiento y que genera una variabilidad altamente significativa, son las precipitaciones. Pero esta consideración no apunta a la cantidad de lluvia caída, ya que durante el tiempo que duró el estudio no se observaron diferencias en cuanto a la cantidad de precipitaciones registradas, sino al momento fenológico en que estas ocurrieron.

Cuando se analizó un huerto del secano costero de la Región de la Araucanía, se vio un incremento del 11 % en la productividad, a pesar de que durante el periodo de inicio de floración se registraron 142 mm de lluvia (Figura 5.3.). Por otra parte, las bajas en el rendimiento fueron significativas cuando las precipitaciones se presentaron en el momento en el que cultivo llevaba entre el 30 y el 60 % de floración (Figura 5.3.).

|                     | Secano Costero | Secano Interior | Valle central | Itropulli    | Remehue      | Osorno       |
|---------------------|----------------|-----------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| Inicio de Floración | 105,6          | 1,1             | 88,4          | 88,9         | 70,7         | 103,6        |
| 30 % Floración      | 3,3            | 16,1            | 30,4          | 43,9         | 42,7         | 11,7         |
| 60 % Floración      | 26,4           | 9,2             | 52,4          | 83           | 36,4         | 76,6         |
| 90 % Floración      | 7,3            | 28,2            | 6,4           | 67,5         | 11,4         | 62,7         |
| Total general       | 142,6 (+11%)   | 54,6 (+9%)      | 177,6 (-22%)  | 283,3 (-15%) | 161,2 (-44%) | 254,6 (-24%) |

Figura 5.3. Precipitaciones en floración y su impacto en el rendimiento (%).

Con respecto a la floración, este es un carácter muy variable entre las variedades. A modo de ejemplo, en la Figura 5.4., se observa el porcentaje de floración de la variedad Legacy, mostrado por barras de color rojo, y está distribuido en el tiempo a lo largo de cuatro semanas. Asimismo, existen variedades que concentran su período de floración solo en dos semanas y, por lo tanto, si ocurre un evento extremo en ese periodo, las posibilidades de perder toda la producción son muy altas, caso contrario si ocurre uno de estos eventos en la semana 45 del desarrollo de la variedad Legacy, la que solo perdería el 25 % de las flores.

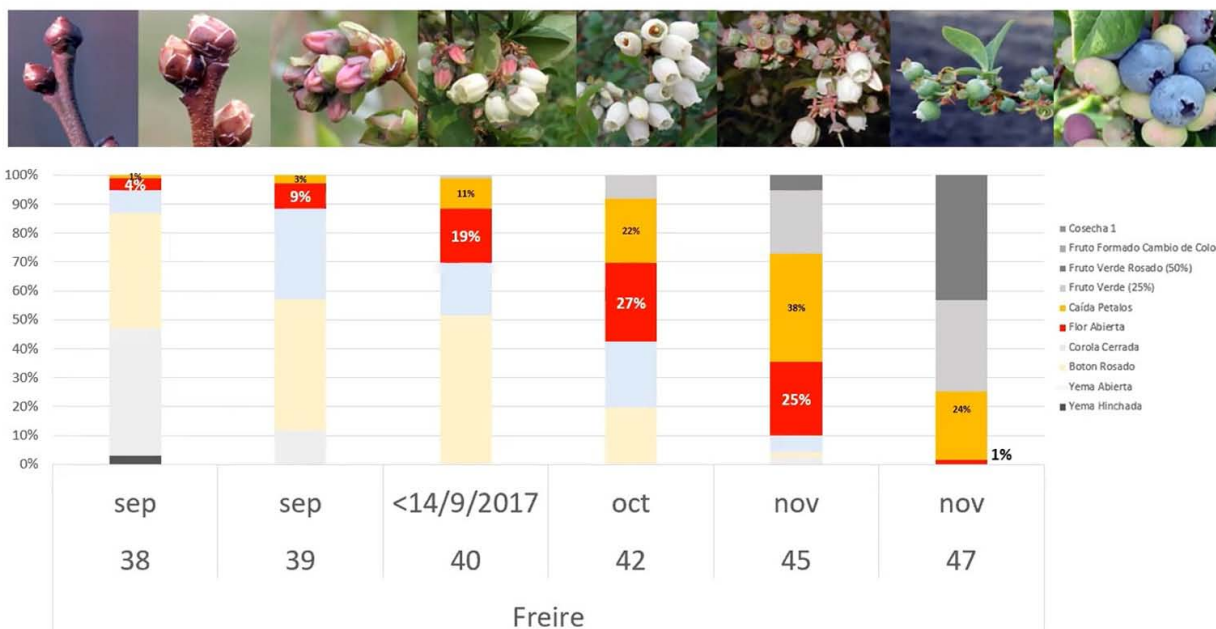


Figura 5.4. Calendario de floración de arándano, variedad Legacy, en la comuna de Freire.

En general, los pronósticos mencionan que las disminuciones de precipitación en los próximos años van a ser continuas, pero lo que no se puede predecir es la variabilidad interanual que se pueda dar. Cuando se analiza la información de estaciones meteorológicas de la Región del Biobío (Humán), Araucanía (Carillanca) y Los Ríos (Las Lomas) se puede corroborar una alta variabilidad interanual, lo que genera una enorme incertidumbre en los productores agrícolas. Probablemente, producto del cambio climático, se van a aumentar las frecuencias de los eventos climáticos extremos, pero también su magnitud. Si esto ocurre en épocas muy vulnerables del cultivo, las pérdidas económicas serían muy altas, por lo que se debería analizar la posibilidad de recurrir al uso de coberturas.

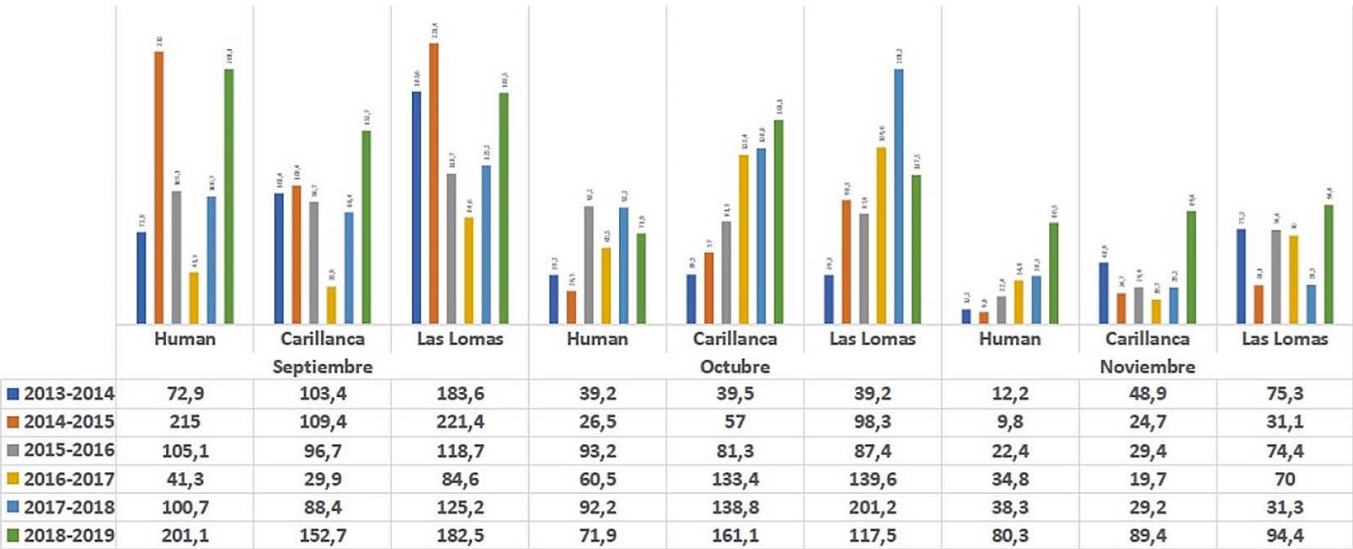


Figura 5.5. Variabilidad interanual en la precipitación durante la etapa de floración de la variedad Legacy en tres regiones de Chile.

Por otra parte, en el caso de la ocurrencia de heladas en floración (Figura 5.5.) también fue posible observar que la variabilidad interanual es muy alta y, por ende, es muy difícil predecir si se tendrá o no un exceso de evento de helada en una determinada temporada.

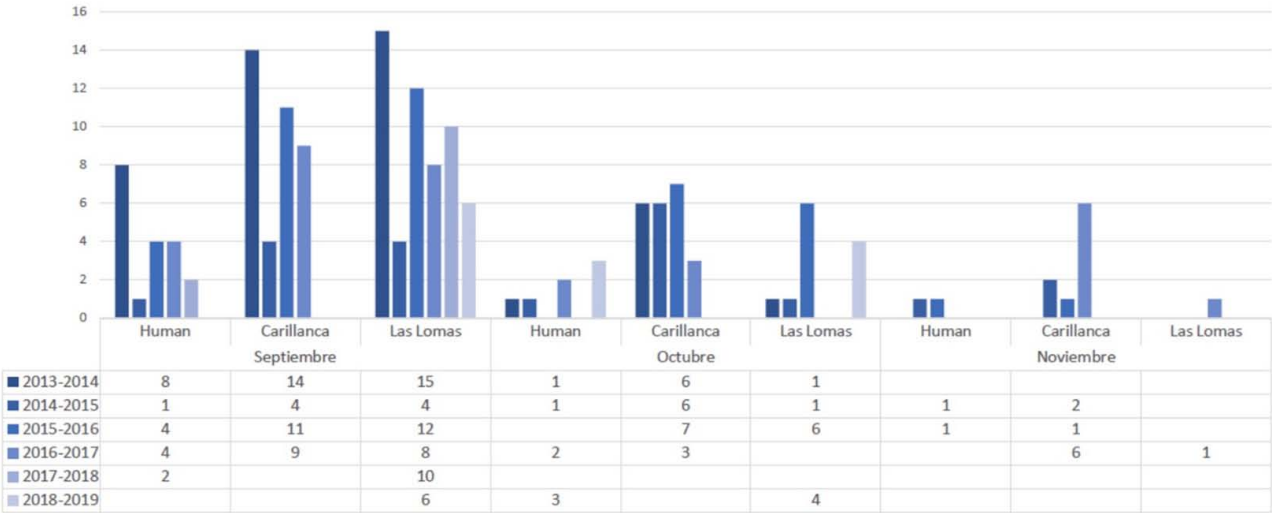


Figura 5.6. Heladas en floración.

Otro periodo vulnerable a las precipitaciones es la cosecha. Cuando en los meses de noviembre, diciembre y enero se producen estos eventos, se puede afectar enormemente la calidad de exportación de la fruta. En la temporada 2013-2014 hubo 6 eventos de precipitación en la zona productora de arándanos de la Región de los Ríos, y solo un 48 % de la fruta pudo exportarse. La diferencia fue evidente cuando, para la misma zona, al año siguiente solo hubo un evento de lluvia y el 64 % de la fruta se pudo embalar y enviar a destino (Figura 5.7.).

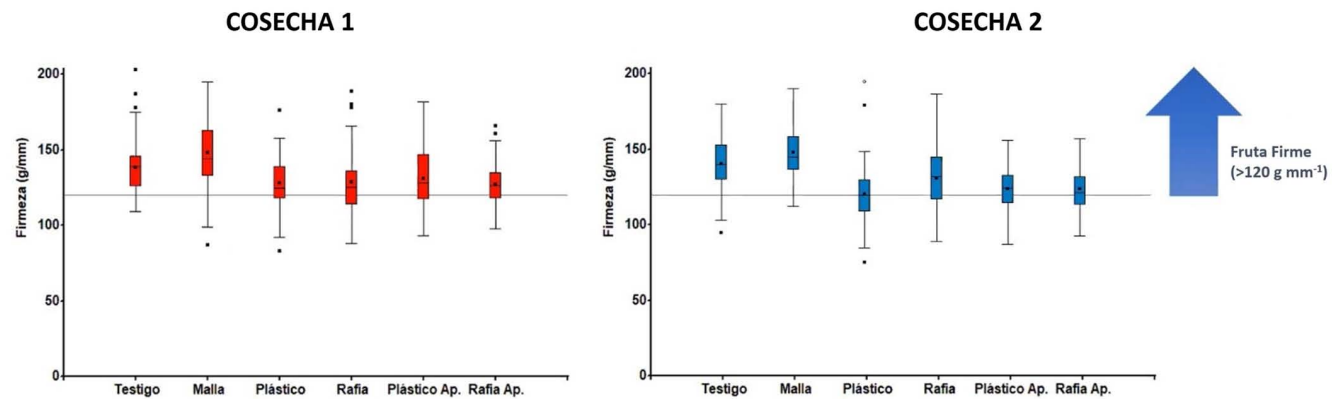
|                 | PROMEDIO DE FRESCO/IQF<br>U. CROPCHECK 2013-2014 (%) | RELACIÓN DE FRESCO/IQF<br>U. CROPCHECK 2014-2015 (%) |
|-----------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Araucanía       | 75%                                                  | 87%                                                  |
| Secano Costero  | 68%                                                  | 69%                                                  |
| Secano Interior | 80%                                                  | 86%                                                  |
| Valle central   | 75%                                                  | 90%                                                  |
| Los Ríos        | 48%                                                  | 64%                                                  |
| Huichaco        | 25%                                                  | 62%                                                  |
| Itropulli       | 58%                                                  | 83%                                                  |
| Remehue         | 60%                                                  | 46%                                                  |
| Los Lagos       | 57%                                                  | 66%                                                  |
| Remehue         | 57%                                                  | 66%                                                  |
| Total general   | 69%                                                  | 81%                                                  |

Relación Fresco-IQF (%)  
2013-14 v/s 2014-15

Figura 5.7. Porcentaje de fruta de exportación en dos temporadas Legacy con distintos registros de precipitaciones.

**Radiación neta acumulada en cosecha (Mj/m²)**

En años muy calurosos y con exceso de radiación, es común que los productores encuentren que la fruta de sus huertos se ablanda. Para poder evaluar el impacto de la radiación neta acumulada y la relación que tenía con la latitud, se hizo un estudio en 42 huertos desde Linares hasta Osorno, con análisis de calidad y condición de fruta. Producto de este estudio se pudo demostrar que los datos de firmeza se correlacionaban con la latitud. Se visualizó que, en la zona norte, donde hay mayor índice de radiación, la fruta es mucho más propensa al ablandamiento. Con estos antecedentes se evaluaron distintas estructuras para cubrir los huertos y minimizar el impacto de la elevada radiación (Figura 5.8.).



**Figura 5.8.** Evaluación de cubiertas y su impacto en la firmeza de frutos de arándano de la variedad Legacy de dos cosechas.

Tomando como referencia el límite de firmeza comercial (>120 g / mm) se puede observar que el uso de mallas tiene un efecto positivo en cuanto a la firmeza del fruto, frente al plástico o rafia que tiende a ablandar la fruta (Figura 5.8.). Combinar esta información con el riego y la nutrición (manejo agronómico) podría diferenciar en rendimientos y productividad el cultivo de arándano bajo cubierta, versus una condición abierta. En base a las evaluaciones realizadas, es posible recomendar uno u otro tipo de coberturas. En las zonas con mayor efecto de radiación se recomienda el uso de mallas, mientras que en la zona sur, donde la mayor vulnerabilidad está relacionada con las precipitaciones, es más recomendable el uso de los plásticos.

**Objetivos del uso de cobertores en arándano**

Considerando que el principal objetivo del uso de cobertores en arándano es la protección física (frente a radiación, granizo y precipitaciones) para evitar pérdidas en variedades altamente productivas, es importante mencionar que no se justifica instalar un sistema de protección de cultivo, si no se cuenta con variedades que sean capaces de tener un incremento significativo en la productividad, combinando una buena genética con un manejo agronómico adecuado a la condición micro climática que se genera bajo la cubierta.

Dos tipos de coberturas son las más utilizadas para el cultivo de los berries: un film plástico impermeable, y un film rafia de plástico tejido (Figura 5.9.), cada uno de ellos con diferentes características en cuanto a la trasmitancia de radiación y a la temperatura.

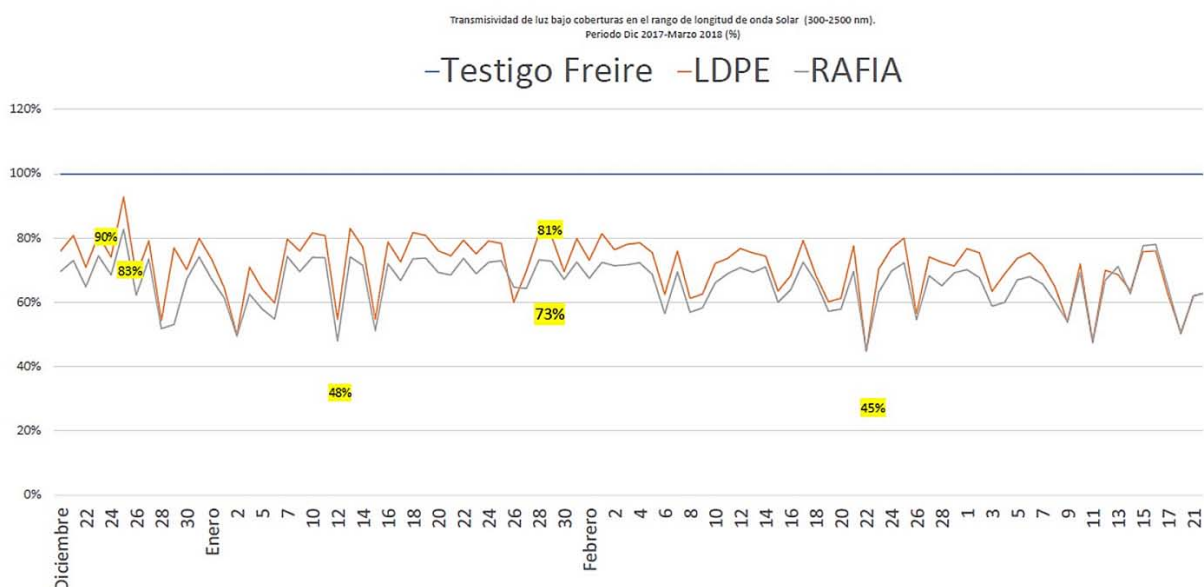


**Figura 5.9.** Tipos de cobertura usadas para cultivos de berries.

Una de las principales variables que va cambiando bajo la cubierta, es la transmisión de luz en la medida que avanza el verano y de acuerdo a la condición de días despejados y/o nublados, donde el coeficiente de transmisibilidad va cambiando. Si se considera que en un cultivo abierto, la fracción de radiación que se trasmite representa un 100 % (Figura 5.9.), las cubiertas tienen una trasmisividad del 80 % como máximo, lo que va a depender de si se tienen días despejados o nublados, en los cuales puede haber una reducción de hasta 45 %.

Esto puede bajar el rendimiento del número de yemas reproductivas y, por ende, el número de frutos por unidad de planta, disminuye entre un 15 y un 25 %.

Este parámetro también puede verse influenciado por “cuándo” y “cuántas veces” se hace el manejo de apertura de los techos, para no tener este tipo de inconvenientes.



**Figura 5.10.** Fracción de radiación solar que pasa a través de la cobertura. Transmisividad (%).

Por lo tanto, cuando se diseña un sistema de cobertura, se debe considerar que bajo las cubiertas hay una disminución de la transmitancia. Por ende, es importante utilizar cubiertas que sean móviles para poder tener la disponibilidad de luz, en la medida que el estado fenológico de la planta lo requiera.

Otro de los factores que se muestra alterado producto del uso de coberturas, es la temperatura.

Así, por ejemplo, en una condición de capilla versus una condición abierta, se pudo observar que, a pesar de que hay mucha ventilación, se tienen más horas de alta temperatura entre los 18 y 30 °C, al inicio de la primavera, lo que resulta óptimo para el proceso de fotosíntesis y, así, poder sostener una mayor cantidad de frutos (Figura 5.10.).

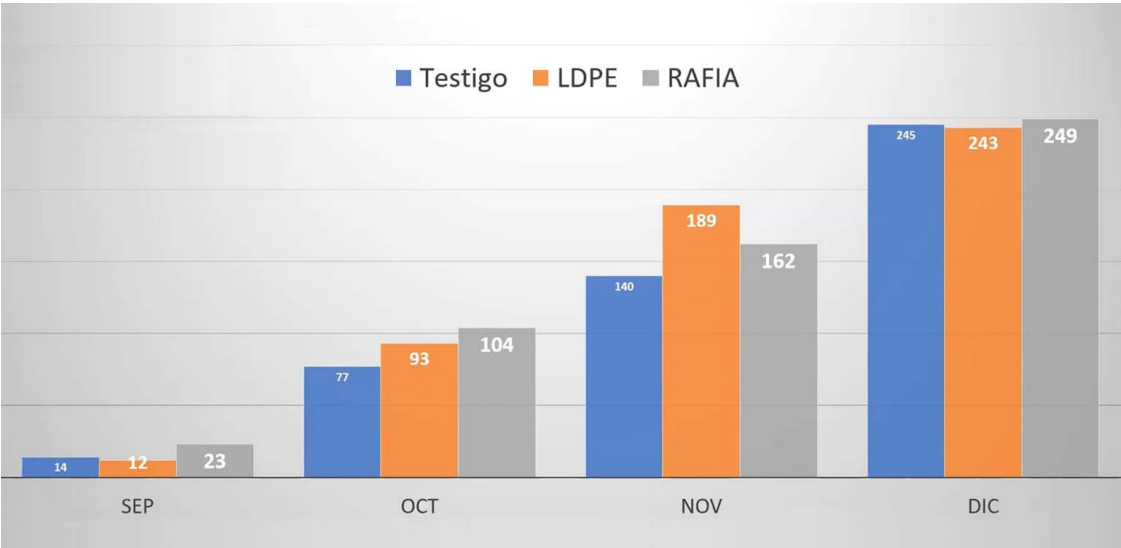


Figura 5.10. Ensayo con cubiertas LDPE y RAFIA. Suma de horas con temperatura ≥ 18, ≤30 °C.

Respecto de la distribución de la producción, cuando se usa coberturas, es posible apreciar que durante la cuarta cosecha se levantó el 90 % de la fruta del testigo y de los huertos bajo cubiertas con plástico (Figura 5.11.). Por su parte, la rafia tuvo un efecto por el sombreadamiento de la planta y solo se cosechó el 80 % a la misma fecha.

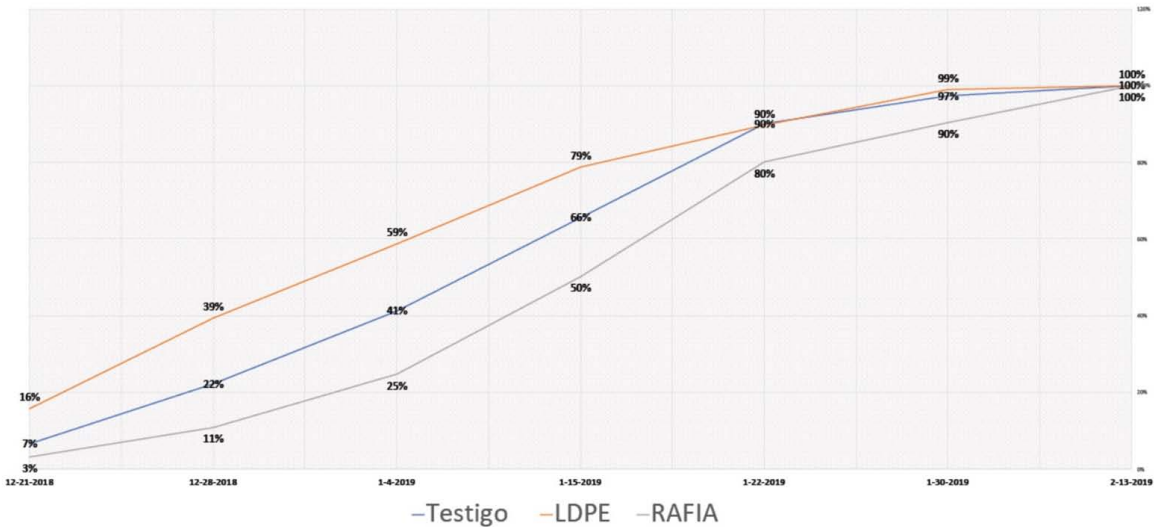
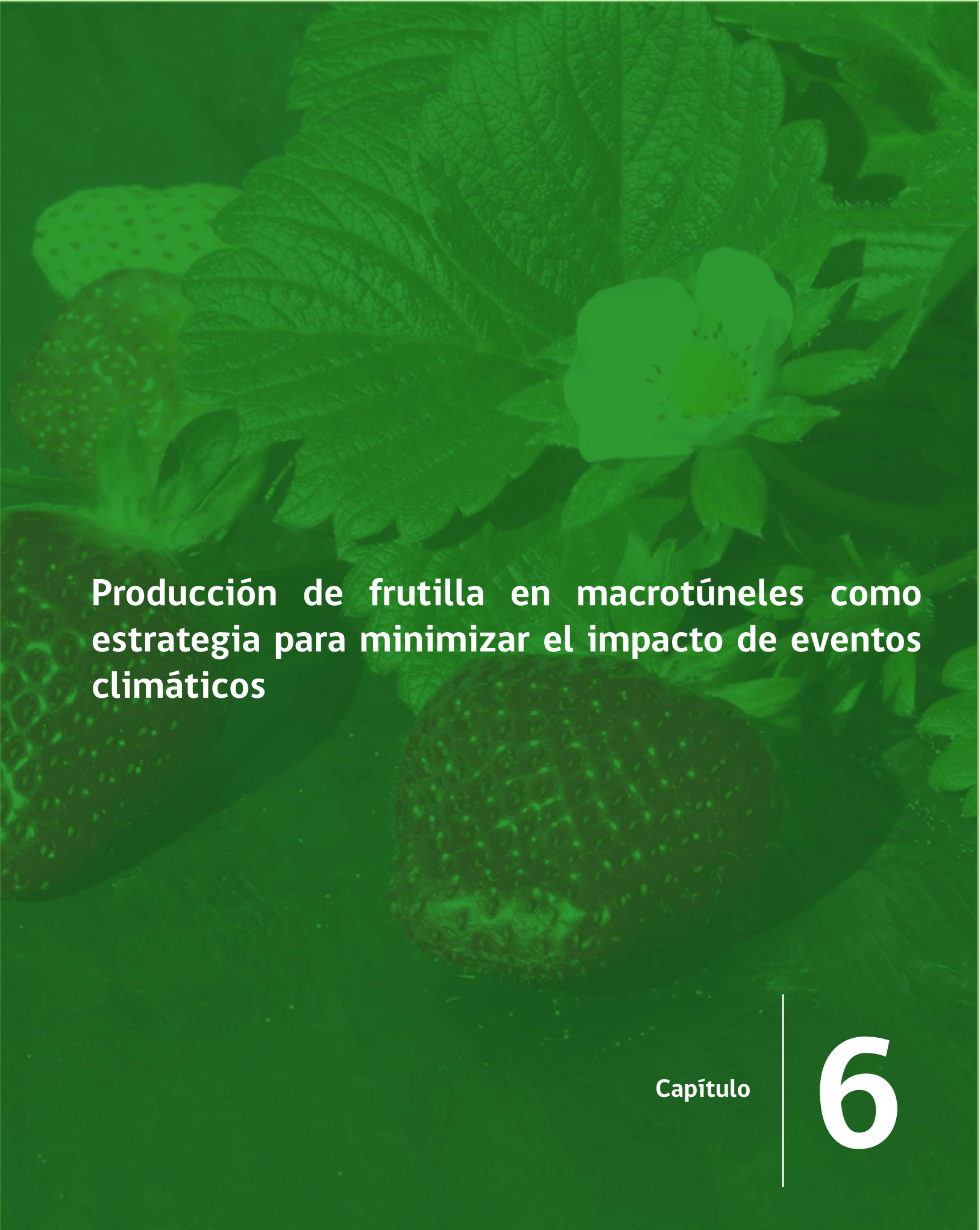


Figura 5.11. Distribución de la producción con y sin cobertura.



## Producción de frutilla en macrotúneles como estrategia para minimizar el impacto de eventos climáticos

Capítulo

6



# Producción de frutilla en macrotúneles como estrategia para minimizar el impacto de eventos climáticos

Cristian Balbontín S.  
Ingeniero Agrónomo, Dr.  
INIA Quilamapu

El cambio climático es un escenario muy difícil para el cultivo de los berries, puesto que estos frutos son muy delicados y susceptibles a sufrir daños por eventos climáticos extremos. Las lluvias y heladas provocan daños en la fruta, como pudriciones y ataques de insectos, que malogran la producción. Pero no solo estos eventos, sino también las altas temperaturas, durante la temporada de crecimiento de la fruta y la cosecha, y el déficit hídrico, tienen un impacto negativo en la producción de los berries. El problema es que existen indicaciones de que estos eventos se van a hacer más recurrentes. De hecho, se estima que en California, con un par de días de lluvia durante la cosecha, se pueden perder hasta 5 toneladas de fruta por hectárea.

Tradicionalmente, la zona de cultivo de la frutilla ha estado circunscrita a la zona costera de la zona central del país, pero debido a la rentabilidad que ha demostrado el cultivo, se ha extendido hacia los valles del interior.

El cultivo de la frutilla en Chile se realiza, principalmente, a nivel de suelo. A pesar de haberse implementado como una práctica recurrente, en el uso de coberturas plásticas para cubrir los camellones y evitar la infestación de malezas, existe aún muchos problemas, además de los derivados del cambio climático, que pueden crear condiciones óptimas para el desarrollo de hongos y otros patógenos que afectan el desarrollo de flores y perjudican la calidad del fruto.

La frutilla es un cultivo que requiere de una alta utilización de mano de obra, en condiciones muy poco ergonómicas para los trabajadores, ya que se realiza a nivel de suelo (Foto 6.1), además de requerir continuas rotaciones para evitar la incidencia de plagas y enfermedades. Las plagas son habitantes comunes del suelo, como gusanos que atacan las raíces, trips que deforman los frutos, tijeretas, pulgones y arañas que atacan las hojas, e incluso moluscos que eventualmente se alimentan de los frutos (Foto 6.2.).



**Foto 6.1.** Cultivo de frutilla en sistema abierto.



**Foto 6.2.** Plagas que afectan al cultivo de frutilla.

También es importante la presión de *Drosophyla suzukii* en este último tiempo, que daña los frutos al colocar sus huevos en ellos. Otros problemas derivados de cultivar en el suelo, dicen relación con la presencia de enfermedades que afectan principalmente la raíz, hongos que atacan el follaje y los frutos, como oídio y botritis (Figura 6.3.).



**Foto 6.3.** Síntomas en raíz, hojas y frutos causados por plagas y enfermedades que afectan el cultivo de frutilla.

Todo lo anterior obliga al uso recurrente de pesticidas que dañan el medio ambiente y encarecen los costos de producción, sin ser en muchos casos una solución efectiva.

Frente a esta situación, se trabajó en la implementación de un sistema protegido (Figura 6.1.) que permitiera, por una parte, subsanar los problemas antes mencionados y, por otra, adelantar la producción y permitir mayores ingresos. Durante los meses de verano, hay una gran cantidad de fruta en el mercado, incidiendo en que los precios sean bajos. Durante los meses de mayo a septiembre, cuando la oferta es mucho menor, se obtienen precios más altos, lo que demuestra la conveniencia de producir en épocas de baja oferta.



**Figura 6.1.** Modelo de estructura macrotúnel y sus ventajas.

Además, estos sistemas protegidos ayudan a reducir la incidencia de daños por eventos climáticos y a no exponer las frutas ni las flores a heladas y lluvias. Por cultivarse, también, fuera del suelo en bolsas con sustrato, se utiliza una menor cantidad de fertilizantes, se hace un uso más eficiente del agua y se utiliza una menor cantidad de productos químicos para controlar enfermedades. De todos modos, es necesario hacer un monitoreo constante acerca del estado sanitario del cultivo, porque al ser un ambiente con mayor temperatura que el exterior y tener una mayor humedad relativa, es posible tener problemas con plagas y enfermedades que encuentran, aquí, un nicho donde desarrollarse.

También se logra una alta eficiencia en el uso del recurso hídrico. Mientras que para producir un kilo de frutilla, en un sistema abierto, se requieren aproximadamente 400 litros de agua, en un sistema de sustrato en macrotúneles se requieren 100 litros, lo que representa, aproximadamente, un ahorro de un 75 % de agua (Figura 6.2.).



**Figura 6.2.** Comparación del uso del recurso agua bajo sistema tradicional y macrotúneles.

Además de asegurar la inocuidad del fruto producido, existe una mayor comodidad para todas las labores de monitoreo, poda y cosecha; por lo tanto, hay una mayor eficiencia en el uso de mano de obra. Más allá de lo eficiente que resulte el sistema, con respecto a un sistema abierto, antes de embarcarse en esta inversión es necesario entender que este es un sistema diferente, y que antes es necesario determinar diferentes aspectos, como el comportamiento varietal. Una variedad no se va comportar, necesariamente, igual en el suelo que en un sistema con sustrato, como el de los macrotúneles. También es necesario identificar el sustrato más conveniente, la densidad de plantación, el potencial productivo y, por supuesto, las inversiones requeridas para montar toda la estructura (Cuadro 6.1.).

**Cuadro 6.1.** Estudio comparativo entre sistema de cultivo al aire libre y en macrotúneles, respecto a densidad de plantas y producción.

| Sistema aire libre               |         |        |             |       |
|----------------------------------|---------|--------|-------------|-------|
|                                  | Plantas | m2     | kg o pl /m2 |       |
| Densidad                         | 55,000  | 10,000 | 5.5         | Pl/m2 |
| Producción                       | 44,000  | 10,000 | 4.4         | kg/m2 |
| kg/ planta                       | 0.80    |        |             |       |
| Sistema de macrotunel            |         |        |             |       |
|                                  | Plantas | m2     | kg o pl /m2 |       |
| Densidad                         | 3000    | 270    | 11.1        | Pl/m2 |
| Producción                       | 3000    | 270    | 11.1        | kg/m2 |
| kg/ planta                       | 1       |        |             |       |
| Aumento de densidad              |         |        |             | 2.0   |
| Aumento de producción por planta |         |        |             | 1.3   |
| Aumento total                    |         |        |             | 2.5   |

### Dinámica del cultivo en sustrato y en macrotúneles

En la etapa de plantación, como soporte de las plantas se evaluaron bolsas individuales para cada planta y bolsas de hilera continua (Foto 6.4.). La que finalmente resultó ser más eficiente, la línea de riego corre por el interior de las bolsas, que son capaces de soportar de 6 a 7 plantas por metro lineal, lo que da una muy buena densidad de plantación.



**Foto 6.4.** Bolsas de hilera continua con sustrato y plantas.

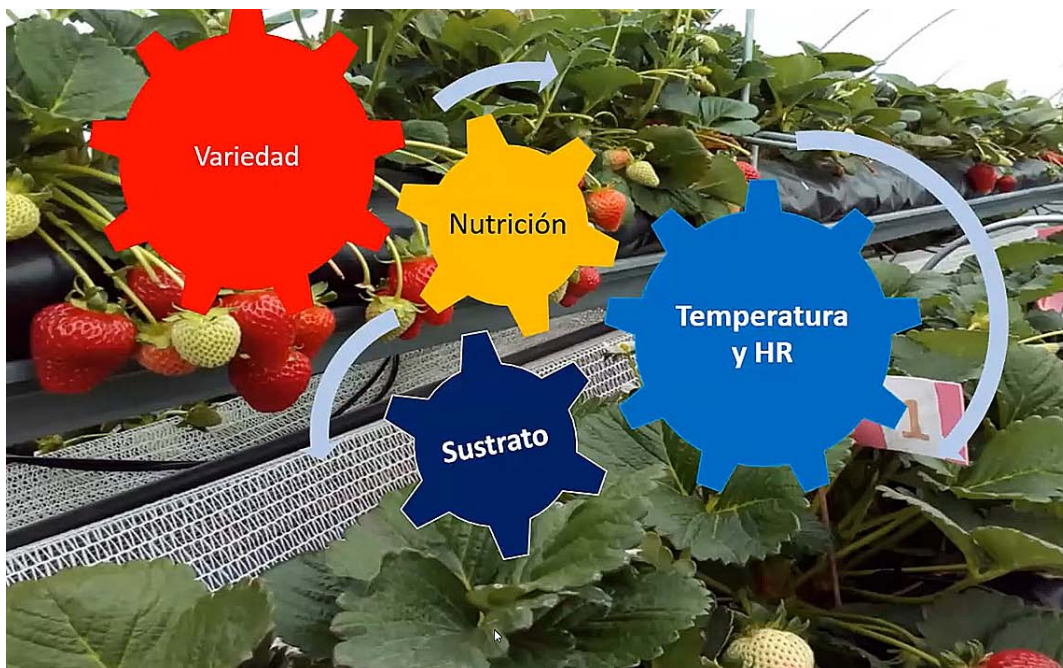
Las bolsas se hacen a partir de mangas de riego, de 1 metro de largo, 20 cm de ancho y 15 cm de alto. Se llenan con un volumen de 5 litros de sustrato por planta, lo que garantiza el desarrollo de las raíces.

Con respecto al tema varietal, se recomienda el uso de variedades de día neutro, sanas, y provenientes de un vivero certificado. Si se utilizan sustratos y plantas libres de enfermedades, se tiene un 80 % del éxito asegurado. En estas condiciones se observan una buena cuaja y floración (Foto 6.5.), las que van a producir una fruta de muy buena calidad, empezando la producción en junio y continuando hasta octubre.



**Foto 6.5.** Floración, fructificación, sistema de riego y variedades sembradas bajo cubierta.

Para lograr estos resultados se deben tener en cuenta: la variedad, nutrición, temperatura y humedad relativa, y el sustrato (Figura 7.7).



**Figura 6.3.** Factores importantes de considerar para una producción de frutillas bajo macrotúnel.

Con respecto a las variedades, cada una de ellas puede responder diferente a este sistema de cultivo, por lo que es necesario definir la variedad más adecuada (Figura 6.4.).



Figura 6.4. Variedades de frutillas evaluadas bajo macrotúnel.

La nutrición es muy importante desde las primeras etapas de la plantación. El calcio no puede faltar y muchas formulaciones no lo tienen. Del mismo modo, es indispensable el boro, muy importante para la polinización y el tamaño de los frutos. También son relevantes todos los minerales, como hierro, azufre, cobre, magnesio, zinc, y el potasio, con comportamientos diferentes en cada una de las variedades, por lo que es importante conocer cómo se están movilizand

Con respecto al sustrato, existen diferentes alternativas, como la fibra de coco, uno de los más utilizados, o mezclas con turba, cascarillas de arroz o de corteza de pino compostado. Sea cual sea el sustrato, es importante considerar la porosidad, ya que va a asegurar una buena aireación en la zona de las raíces, una adecuada retención de humedad, un buen drenaje, que sea homogéneo para evitar que se produzcan zonas de compactación al interior de la bolsa de cultivo, y finalmente su estabilidad, de forma que no se degrade fácilmente y que pueda ser reutilizado.

El manejo de la temperatura también es fundamental, considerando que la frutilla presenta su óptimo de producción entre los 10 y 25° C. En variedades de día neutro, como las recomendadas para este tipo de sistema, la temperatura es el principal regulador del desarrollo de la planta. El diferencial de temperatura observado en los macrotúneles, con respecto al exterior, es lo que permite adelantar la producción en este tipo de sistema (Cuadro 6.2).

Cuadro 6.2. Registro del promedio de temperaturas mensuales interiores y exteriores de la estructura del macrotúnel.

| Mes  | Temperatura °C |      |          |      |
|------|----------------|------|----------|------|
|      | Interior       |      | Exterior |      |
|      | Max            | Min  | Max      | Min  |
| Feb  | 34.2           | 13.3 | 33.5     | 12.2 |
| Mar  | 28.2           | 10.5 | 28.5     | 9.6  |
| Abr  | 25.3           | 6.8  | 24.5     | 5.4  |
| May  | 21.5           | 8.1  | 17.5     | 5.8  |
| Jun  | 17.7           | 5.9  | 13.9     | 3.9  |
| Jul  | 18.3           | 4.4  | 15.3     | 3.1  |
| Ago  | 20.7           | 4.9  | 18.0     | 3.3  |
| Sept | 22.8           | 5.3  | 19.2     | 3.6  |
| Oct  | 22.9           | 7.4  | 22.4     | 4.9  |
| Nov  | 28.2           | 9.5  | 28.6     | 8.4  |

Cada uno de estos aspectos, de forma más detallada, puede ser consultado a través de los diferentes Informativos INIA, disponibles en la biblioteca virtual en [www.inia.cl](http://www.inia.cl).

## **Consideraciones finales**

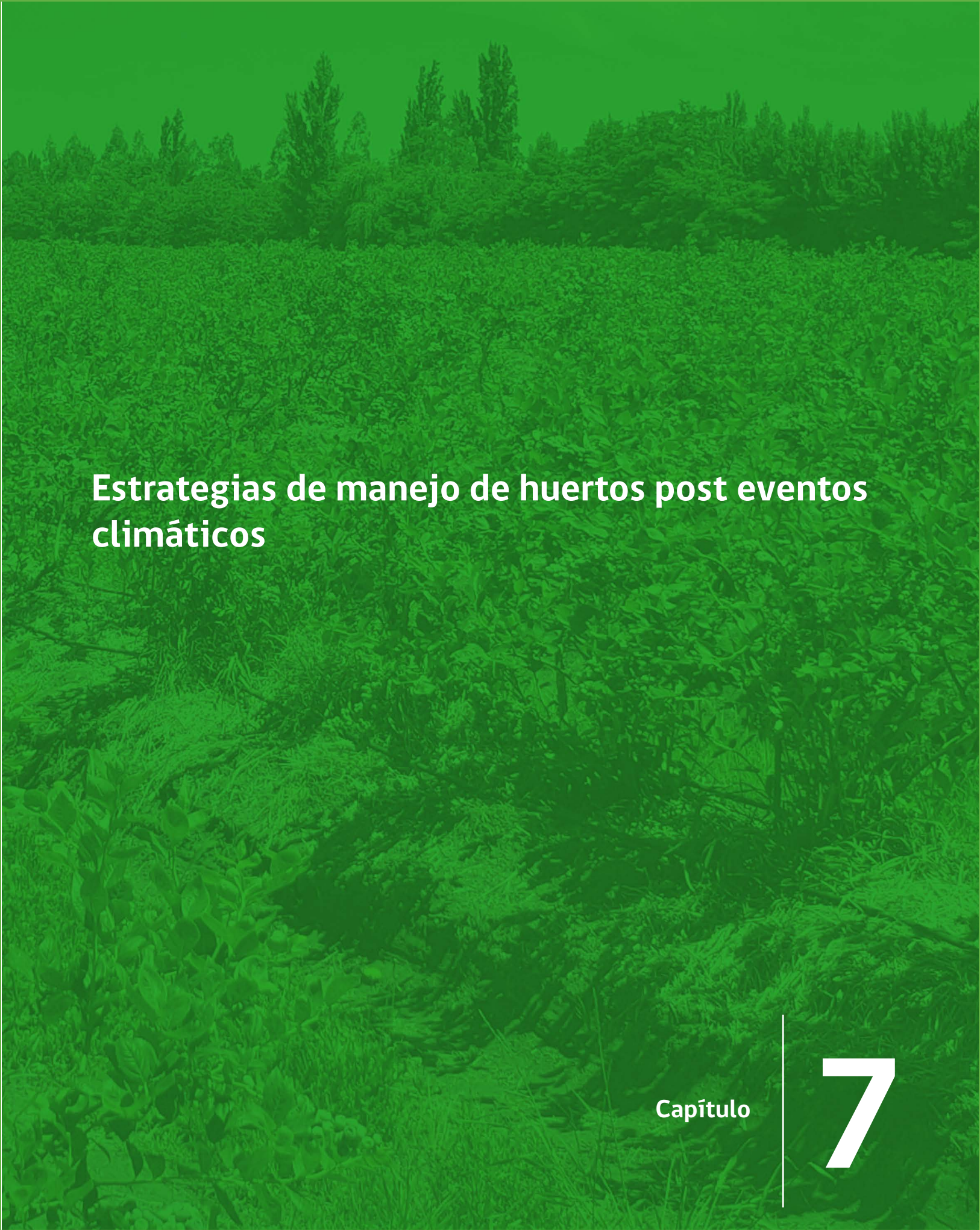
La producción de frutilla en sistema hidropónico en macrotúneles, permite reducir la incidencia de eventos climáticos, enfermedades y plagas, optimizando recursos de agua, nutrientes y mano de obra.

La calidad de la fruta en estos sistemas no se ve afectada, permitiendo obtener fruta de excelente calidad y de forma anticipada.

El comportamiento de cada variedad es dependiente del sustrato en que se cultiva, permitiendo, en la mayoría de los casos, optimizar y programar la fecha de cosecha en base a manejo de raleo y temperatura.

Es fundamental manejar conceptos de nutrición y reconocimiento de enfermedades y plagas que, eventualmente, puedan afectar el cultivo.





## Estrategias de manejo de huertos post eventos climáticos

Capítulo

7



# Capítulo 7

## Estrategias de manejo de huertos post eventos climáticos

Carmen Gloria Morales A.  
Ingeniera Agrónoma, M.Sc.  
INIA Raihuén

Desde 2018 el Programa de Extensión Berries Maule tuvo como objetivo principal entregar herramientas destinadas a mejorar el funcionamiento, rentabilidad y sustentabilidad de la cadena productiva de este sector en la región. Por ello, y frente al nuevo escenario productivo resultante de los eventos del cambio climático, se validaron algunas tecnologías e innovaciones que pueden ser una herramienta útil frente a esta situación.

### Antecedentes generales

En términos agronómicos los eventos climáticos (Figura 7.1.) que más requieren de nuestra atención son:

- Temperaturas.** Ya sean máximas o mínimas, y siendo cada vez más extremas, afectan al cultivo.
- Precipitaciones.** Estas se han tornado en eventos cada vez más intensos, con altos volúmenes de agua caída en poco tiempo, y más frecuentes en épocas del año como fines de primavera y verano.
- Granizo.** El último evento importante perjudicó la producción de muchos huertos en momentos en los que se estaba empezando a cosechar. Afectó no sólo la calidad de la fruta, sino también la estructura vegetativa de las plantas, dado el gran tamaño del granizo, su intensidad y duración.
- Sequía.** Por varios años viene siendo una gran preocupación, no sólo de los agricultores, sino también de las autoridades y de las distintas líneas de investigación que se levantaron tratando de identificar alguna solución.
- Radiación.** Cada vez es más intensa, por lo que ha motivado la implementación e investigación en el uso de mallas y distintas estrategias en manejo agronómico que permitan disminuir su impacto.
- La intensidad del viento.** Esta ha ido cobrando mayor relevancia en las últimas temporadas, lo que ha significado tomar medidas al respecto.

### Eventos climáticos

- Temperaturas extremas
- Precipitación
- Granizos
- Sequía
- Radiación
- Viento

#### ANTES

“Poco usuales”

“Acorde a la época”

“Intensidad aceptable”

“Duración breve”

HOY

PÉRDIDAS DE 60%  
Y MÁS

INCERTIDUMBRE



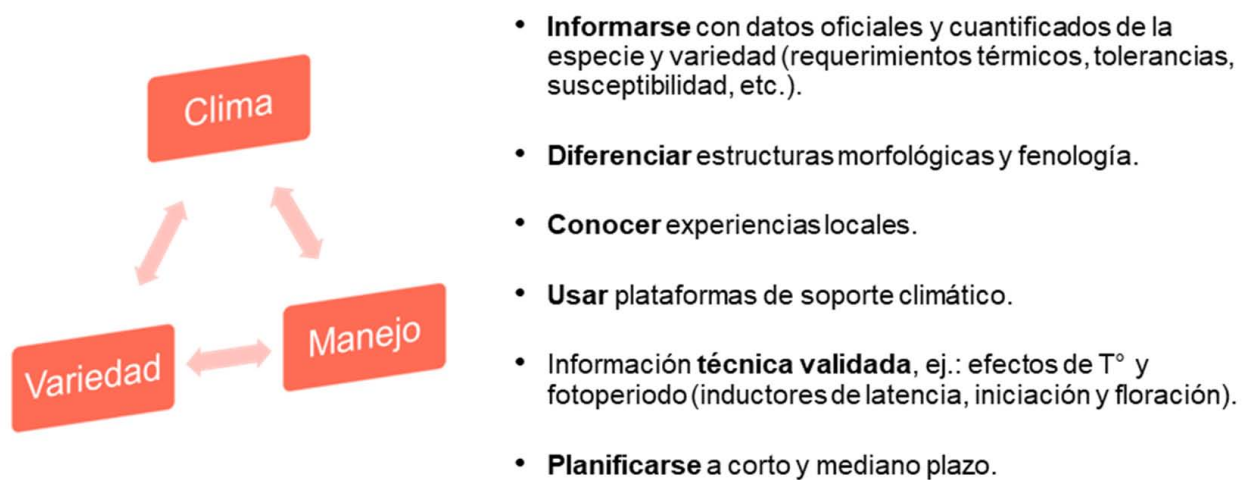
Desde mirada agronómica  
hay factores del entorno que  
mitigan el efecto

**Figura 7.1.** Resumen eventos climáticos que generan pérdidas a nivel agronómico.

Estos eventos, que antes eran poco usuales, se presentaban acordes a la época y de una intensidad aceptable, por ende, no generaban mayores problemas. Además, las plantas estaban en una etapa de su desarrollo fenológico en el cual podían soportar estos eventos. Pero en los últimos años esto ha sido más variable e impredecible y ha generado una mayor incertidumbre para el cultivo, registrándose, en algunas ocasiones, pérdidas de hasta el 60% de la producción.

Desde el punto de vista agronómico, existen acciones que pueden ayudar a mitigar el efecto de estos eventos climáticos, antes como medida preventiva o posterior durante la etapa de recuperación. Para ello, es importante considerar tres aspectos fundamentales: los eventos climáticos que pueden incidir en el huerto, la variedad y el manejo agronómico más adecuado para cada una de ellas. En este último aspecto, resulta ser muy heterogéneo, y no necesariamente el más adecuado para la variedad que está en el campo, ya que muchas de las prácticas se implementan sólo por imitación o por costumbre y no necesariamente por ser requerimiento exclusivo de la variedad.

Para lograr un adecuado manejo agronómico frente a este nuevo escenario productivo, resultado del cambio climático, es fundamental cumplir con una serie de acciones (Figura 7.2.).



**Figura 7.2.** Esquema de acciones a realizar para hacer frente al cambio climático.

Se recomienda informarse con datos oficiales y cuantificados de la especie y variedad con la que se va a trabajar, cuáles son sus requerimientos, tolerancias, susceptibilidades, etc.

Es importante, también, saber diferenciar las estructuras morfológicas, conocer las plantas y entender su fenología, conocer en qué momento ocurre cada cambio, sabiendo que no todas las variedades se comportan de la misma forma.

Así mismo, es necesario conocer las experiencias locales, las variedades adecuadas para la zona requerida, su adaptabilidad, sus requerimientos edafoclimáticos y utilizar plataformas de soporte climático (Figura 7.3.). Estas últimas permitirán conocer la oferta edafoclimática de la zona del cultivo para la temporada en la que se pretenda establecer el cultivo. Numerosas plataformas permiten tener acceso a información técnica validada; por ejemplo, temperaturas y fotoperiodo, con indicación del efecto que pueden tener en los cultivos. Debe recordarse que estos parámetros son los que finalmente podrían influenciar en la inducción de la latencia y del inicio de la floración, y que van a incidir directamente sobre la respuesta productiva del cultivo.



**Figura 7.3.** Herramientas agroclimáticas que pueden entregar información oficial para apoyar en la toma de decisiones.

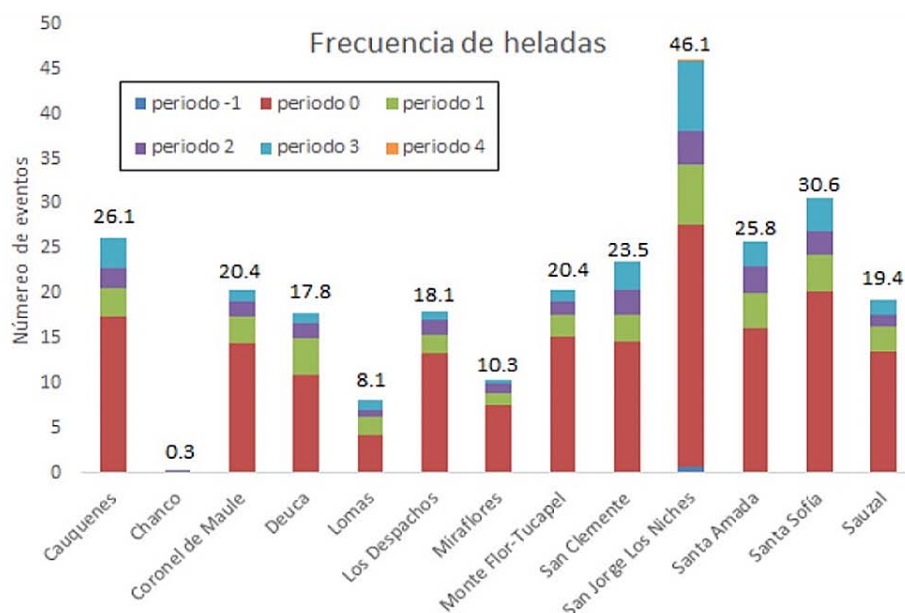
Es fundamental disponer de información y, en función de ella, planificarse a corto y mediano plazo. Por ejemplo, a través de la información que se puede rescatar de AGROMET ([www.agromet.cl](http://www.agromet.cl)), es posible hacer un análisis histórico respecto a las heladas, hacer un balance sobre el momento de su ocurrencia y asociarlo al desarrollo fenológico que tenía el cultivo en ese momento. Así se puede establecer el riesgo que implica tener heladas en los distintos estados fenológicos (Cuadro 7.1.). Haciendo este análisis para el cultivo de frambuesas, fue posible determinar que, si la helada ocurre en dormancia o al término de esta fase fisiológica, el daño ocasionado es relativamente bajo. Situación muy distinta si el evento ocurre cuando las cañas ya tienen hojas y brotes florales; el daño y el riesgo de pérdidas a nivel productivo y también de daño a nivel fisiológico de la planta es mucho mayor, siendo aún más severo cuando la planta ya tiene flores y frutos.

**Cuadro 7.1.** Fenología del frambueso y evaluación de riesgo de daño por eventos climáticos.

| Código | Inicio Periodo | Fin Periodo | Fenología aproximada          | Riesgo   | Duración (Días) |
|--------|----------------|-------------|-------------------------------|----------|-----------------|
| 0      | 01-abr         | 01-ago      | Dormancia                     | Muy Bajo | 122             |
| 1      | 01-ago         | 15-ago      | Salida de dormancia           | Bajo     | 14              |
| 2      | 15-ago         | 01-sept     | Brotes foliares               | Moderado | 17              |
| 3      | 01-sept        | 20-oct      | Hojas y brotes florales       | Alto     | 49              |
| 4      | 20-oct         | 01-mar      | Flores y frutos               | Muy alto | 132*            |
| -1     | 01-mar         | 31-mar      | Últimas variedades en cosecha | Bajo     | 30              |

Fuente: Morales, C. y Orrego, R. 2020.

A través de los datos históricos que se pueden rescatar de las distintas estaciones meteorológicas, también es posible analizar la ocurrencia de heladas por macrozonas y ver qué es lo que está pasando en las distintas zonas de cultivo (Figura 7.4.). Con estos datos es posible observar que las heladas se concentran en invierno y que es posible que ocurran incluso en las estaciones costeras, aunque con muy poca frecuencia. En casi toda la región ocurren heladas antes del 20 de octubre, siendo muy raras las que ocurren después de esta fecha, pero son las que causan los mayores problemas, porque afectan al cultivo en un estado fenológico que no estaba preparado para ello.



**Figura 7.4** Frecuencia de heladas elaborada con registros de diferentes estaciones meteorológicas.

Un evento de helada o de estrés hídrico va a tener un efecto diferente de acuerdo al momento fenológico en el que afecte al cultivo. Una helada va a afectar más en el periodo de floración, mientras que un estrés hídrico va a ser peor en el momento de la cuaja y del llenado del fruto. Es importante tener en consideración que el evento climático que nos afecte, va a producir un desplazamiento en el estado fenológico del cultivo y, por lo tanto, va a condicionar el tipo de acción que tendremos que implementar a nivel de campo.

## Efectos fisiológicos y productivos en respuesta a un estrés

### A nivel fisiológico es posible observar en las plantas:

- Ajustes osmóticos en los sólidos solubles totales y algunos aminoácidos que aumentan su concentración.
- Necrosis de los tejidos.
- Cierre estomático que impide a la planta generar el intercambio gaseoso suficiente para, a través de la fotosíntesis, producir los carbohidratos requeridos para una adecuada producción de frutas.
- Senescencia.

### Y en los frutos:

- Daños fisiológicos.
- Disminución en el calibre y calidad, debido a los mismos cambios ya mencionados en cuanto a disponibilidad de sólidos solubles y azúcares, y por cómo se reorganizan en respuesta al estrés.
- Alteración en la turgencia de las células. Ello asociado al comportamiento del agua dentro de la célula, como respuesta a las distintas condiciones de estrés, que finalmente se traduce en cambios en la firmeza del fruto.
- Desbalance a nivel bioquímico.
- Aumento de metabolitos osmoprotectores.
- Cambios en el comportamiento del etileno y ácido abscísico, afectándose el comportamiento de postcosecha de los frutos.
- Congelamiento.
- Cambio en la anatomía y fenología.

## **Con respecto a efectos sobre las variables productivas tenemos:**

Daños a nivel de las plantas. Normalmente los daños que podemos ver en el campo son daños en brotes, corteza, ramas y ramillas. Dependiendo del impacto del evento, una lluvia muy intensa o un viento muy extremo, dañará las ramillas que son más débiles. Estas estructuras, que a la larga deberían generar los ramilletes florales, y por lo tanto la fruta, corresponden a la zona más expuesta de la planta.

La defoliación también es un factor importante, al igual que el daño apical y en las yemas.

Daño a nivel de fruto. Eventos como granizo y lluvias pueden generar heridas en las frutas, que son fuente de entrada de diversos patógenos, y también golpes que afectan la calidad de la fruta.

Y finalmente pérdida de estructuras productivas, que van a afectar tanto el rendimiento como la calidad.

Cuando la planta está bajo estrés, se va a producir un desorden fisiológico, que puede desencadenar en un ajuste o cambio a nivel genético. Este último se traduce, eventualmente, en un cambio morfológico y en modificaciones a nivel fisiológico, los que van a tener un impacto, no sólo en la producción de la temporada que se está considerando, sino también en la temporada siguiente.

## **Manejo agronómico**

En un huerto que ha sido afectado, debe tener en cuenta si el objetivo es para recuperación de la producción de la temporada o bien es para recuperar el huerto para la temporada siguiente. En este sentido, se deben recuperar estructuras reproductivas y vegetativas con daño y con heridas expuestas, la primera medida es la poda sanitaria de ramas, ramillas y frutos. Esto nos va a permitir renovar estructuras vegetativas en una buena ubicación, la cual debe ser realizada inmediatamente después del evento climático adverso.

Pasado un mes del evento, es necesario realizar una poda complementaria, la que debe ir acompañada de un adecuado manejo nutricional, para apoyar al desarrollo vegetativo de la planta. Con estas podas, se logra tener una mayor iluminación, ventilación y estimulación

## **Manejo fitosanitario**

Es importante, además, evaluar el tipo y la intensidad del evento, ya que en función de esto van a estar dada la medida que se deba implementar. Si estos eventos ocurren en primavera, aumenta la probabilidad de que se desarrollen enfermedades en la madera como canchros, plateado y muerte regresiva. Es por ello la importancia de sellar las heridas provocadas por el evento mismo o por la poda sanitaria, con pasta poda, junto con aplicaciones de cobre u otro fungicida. Si el evento y daño ocurre en cosecha, el mayor problema podría estar dado por pudrición gris en fruto.

## **Nutrición**

A nivel nutricional es importante considerar el objetivo que se persigue. Por ejemplo, si el evento climático coincidió con la época de cosecha, es importante considerar si se quiere recuperar la producción de la temporada, o preparar el huerto para la próxima temporada.

Para el proceso de recuperación, si se busca recuperar el desarrollo vegetativo, después de eliminar toda la fruta y todas las estructuras dañadas, es importante promover la fertilización en base a nitrógeno, fósforo, magnesio y azufre. Así mismo, considerar que, sin fruta en la planta, es más bajo el consumo de potasio y, por lo tanto, se puede reducir hasta el 50 % de lo que se tenía programado en el calendario de fertilización. También, es relevante considerar el uso de bioestimulantes en base a algas y aminoácidos para promover el crecimiento.

Si el huerto está en plena producción y se decide dejar la fruta, se debería eliminar la fruta dañada por heridas o golpes, siendo necesario aumentar el plan nutricional una vez finalizada la cosecha. También es importante que se realicen aplicaciones foliares, para lograr una rápida asimilación de los nutrientes.

El manejo integrado y conservacionista del cultivo, pensando en tener un huerto sustentable, conlleva a considerar que lo que se haga en una labor va a incidir en otra (Figura 7.5.). Por ejemplo, cualquier labor que se haga en el suelo, va a incidir en el riego, en la presencia de malezas, enfermedades, mejor arraigamiento de la planta y positiva respuesta productiva.



**Figura 7.5.** Manejo integrado del cultivo de frambuesa.

## Ideas estratégicas

Es necesario contar con una planificación estratégica que permita reaccionar de forma preventiva frente a un problema, lo que va a permitir ser mucho más efectivos en lograr la recuperación de un huerto afectado.

Considerar que la recuperación del huerto afectado tiene que estar orientado a la demanda. Si el objetivo productivo del huerto es para la industria de jugo, la estrategia de manejo para congelado podría ser diferente.

Los ajustes, según el momento y la intensidad del evento o situación, se basarán en datos concretos, para lo cual es importante recurrir a información validada y cuantificable.

Respecto a las tecnologías de producción, es importante automatizar algunos procesos, sobre todo en cuanto al seguimiento y monitoreo que se deba hacer del huerto, utilizando sensores, básicos y/o avanzados. Es importante poder hacer uso de herramientas satelitales que permiten monitorear las condiciones generales del huerto.

El uso de cubiertas protectoras en altura ha demostrado ser efectiva en cuanto a asegurar la calidad de la fruta y el bienestar de los cosechadores.

## Sistemas intensivos y cultivos sin suelo

El cultivo se desarrolla en macetas y contendedores que, con un adecuado aislamiento térmico, puede abrir otras ventanas productivas, produciendo fruta en momentos en que la oferta en el mercado es baja y, por tanto, obtener mejores precios. Así, también iniciar cosechas anticipadamente, en decir, no requiere esperar tres temporadas para obtener plena producción.

## Conclusiones

Es importante integrar estrategias de manejo, considerando que no existe una estrategia única. Es necesario considerar los diferentes factores, a nivel predial y extra predial, así como el uso de herramientas complementarias. Resulta fundamental contar con una planificación, a corto y mediano plazo, que involucre un activo y correcto monitoreo.

También es importante conocer el cultivo, su fenología y su respuesta vegetativa y productiva, bajo las condiciones de producción local.

Finalmente, se debe conocer la oferta tecnológica disponible, desde las distintas variedades posibles de plantar, hasta las diferentes herramientas factibles de utilizar, analizando las alternativas de aplicabilidad y factibilidad técnica.



## ACTA N° 61

Publicación desarrollada en marco del proyecto “Programa de extensión, capacitación, investigación e innovación en berries para la región del Maule”, desarrollado entre los años 2017-2021 con el apoyo de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) y Gobierno Regional del Maule.

### INIA Raihuén

Avda. Esperanza s/n, km 284 ruta 5 sur, Estación Villa Alegre, Región del Maule  
Fono: (56) 73 238 23 66

[www.inia.cl](http://www.inia.cl)

