

Boletín Técnico

POMÁCEAS

Dormancia en frutales caducifolios

FOTOGRAFÍA: ALVARO SEPÚLVEDA | DISEÑO: JESSICA RODRIGUEZ

El Webinar organizado por el Centro de Pomáceas fue desarrollado en el marco de la 5° Reunión Técnica del 2021. El evento fue parte del Proyecto FIA “**Indicadores nutricionales y agroclimáticos para la producción de cerezas de alta calidad bajo cubiertas plásticas: una estrategia de adaptación microclimática**”.

El investigador chileno de la Universidad de Bonn - Alemania, Dr. Eduardo Fernández, realizó la presentación del tema “**Dormancia en frutales caducifolios, perspectivas para el cultivo en un clima cambiante**”.

J.A. Yuri, Director del Centro de Pomáceas, mostró las novedades y avances del CP en el último periodo y el Ing. Agr. M.Sc. Álvaro Sepúlveda, Jefe Laboratorio de Ecofisiología Frutal del Centro de Pomáceas expuso el reporte climático.

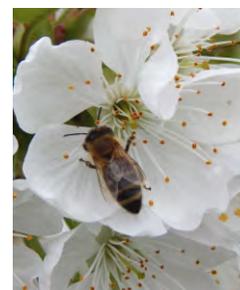
En esta oportunidad, vía *on-line*, asistieron productores frutícolas nacionales y extranjeros, así como asesores, académicos y estudiantes. Se constató una alta presencia de participantes de diversos países, tales como Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, España, México, Nueva Zelanda, Perú, Uruguay y USA.



Eduardo Fernández

El Ing. Agrónomo, Dr. de la Universidad de Bonn, expuso en el 5° Webinar del CP. 28 de Septiembre, 2021.

PÁGINA 2 | TEMA CENTRAL



Polinización en cerezos

La polinización asistida electrostática en cerezos aumentó la cuaja de la fruta, su retención y rendimiento, aunque no estadísticamente significativa.

PÁGINA 13 | INVESTIGACIÓN



Clima

Floración en fecha normal a tardía por ajustado frío invernal y calor post receso.

PÁGINA 14 | REPORTE CLIMÁTICO



Escanea el código QR y accede a todos los boletines.

Dormancia en frutales caducifolios. Perspectivas para el cultivo en un clima cambiante.

Dr. Agr. Eduardo Fernández | Universidad de Bonn | efernand@uni-bonn.de

Este artículo representa un resumen de los temas tratados en la reunión técnica del 28 de Septiembre de 2021. Principalmente, se presentan los resultados del PROYECTO PASIT (*Phenological And Social Impacts of Temperature increase*), cuyo objetivo fue la evaluación de los efectos fenológicos y sociales del incremento de temperatura en Tunisia, Chile y Alemania.

El proyecto PASIT se desarrolló entre instituciones de Alemania, Tunisia y Chile (Figura 1). Los principales colaboradores fueron la Universidad de Bonn y Universidad Ludwig-Maximilians en Alemania, el Instituto de Agronomía

INAT y el Instituto de Olivos en Tunisia y la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso en Chile.

El trabajo en la Universidad de Bonn se enfocó principalmente en el área fenológica del proyecto, con un estudio

adicional sobre la viabilidad económica del uso de cubiertas plásticas en huertos de cerezo.

El principal objetivo del proyecto fue estudiar el impacto actual y potencial del cambio climático en los frutales caducifolios, incluyendo cerezos, durazneros y almendros. Gran parte de las actividades se enfocaron en evaluar el rendimiento de estas especies en función del proceso de dormancia y cómo el incremento de temperatura podría afectar dicha etapa.

IMPORTANCIA DE LOS FRUTALES CADUCOS

En 2018, frutas originarias de clima templado contribuyeron con aproximadamente el 48% de la producción mundial de fruta (FAOSTAT 2020). Para Chile, es conocido que la producción de uva de mesa, cerezas y manzanas juega un rol fundamental en el desarrollo económico local, así como también en la seguridad alimentaria global.

En el hemisferio norte se presenta un claro ejemplo de producción de fruta en un clima templado, como lo es la producción de manzanas en el estado Washington en Estados Unidos. La producción de frutos secos como almendras y nueces (también caducifolios) es característica del estado de California en el mismo país.

Las especies caducas se diferencian debido a que en invierno presentan un periodo de receso (dormancia). En términos prácticos, se puede observar que a finales de otoño los árboles co-

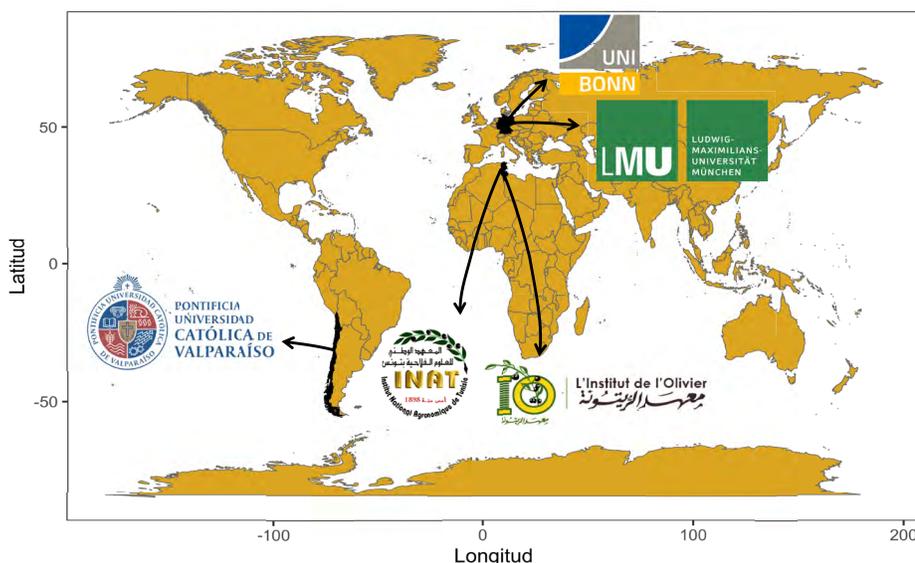


Figura 1. Ilustración geográfica de las instituciones participantes del proyecto PASIT.

mienzan a presentar hojas amarillas, las cuales caen, dejando al árbol completamente desnudo en el invierno. El estado de dormancia protege del frío invernal a los meristemas (unidades de crecimiento para la nueva temporada), que se encuentran al interior de las yemas (Figura 2).

Diversos autores han señalado que el estado de dormancia ocurre como respuesta a un declive en el largo del día hacia el final del verano y de temperatura hacia el final del otoño. Lo anterior sugiere que la planta podría responder a señales medioambientales que promueven la acumulación de reservas para protegerse del frío invernal.

REQUERIMIENTOS DE FRÍO Y CALOR

En general, se sugiere que existen 3 tipos de dormancia:

- ▶ **Para-dormancia:** definida como una incapacidad de la yema para desarrollarse debido a factores intrínsecos de la planta pero externos a la yema (por ejemplo, dominancia apical durante el verano).
- ▶ **Endo-dormancia:** asociada a la acumulación de frío (también señalada como requerimiento de frío – RF). En la dormancia invernal, generalmente se habla de este tipo. Puede ser endo-dormancia profunda o endo-dormancia facultativa, que corresponde a un estado en el que la planta puede romper el estado de endo-dormancia bajo condiciones adecuadas.
- ▶ **Eco-dormancia:** asociada con la acumulación de calor (también señalada como requerimiento de calor – RC). Este es el estado más cercano a la floración.

Durante el estado de endo-dormancia se ha establecido que los árboles requieren de la exposición a bajas temperaturas para continuar con su ciclo de desarrollo. Comúnmente, se dice que especies caducifolias pre-



Figura 2. Ramilla de cerezo en invierno con sus meristemas protegidos a través de escamas como parte estructural de las yemas (Lang et al. 1987).

sentan un requerimiento de frío (RF), después del cual pueden continuar hacia la etapa de eco-dormancia. Durante eco-dormancia, los árboles necesitarían de la acumulación de unidades de calor para dar inicio a la temporada de crecimiento. Una vez que ambos requerimientos son cumplidos (RF y RC), la planta puede mostrar señales de crecimiento (brotación y/o floración) al final del invierno y principio de primavera.

CUANTIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE FRÍO Y CALOR

Diversos autores han trabajado en este tema y han propuesto diferentes modelos. Para estimar el requerimiento de frío existen 3 modelos ampliamente utilizados en la agricultura:

- ▶ **Modelo de horas frío o Chilling Hours,** fue aparentemente desarrollado en 1932, pero el primer reporte oficial se publicó en 1950. Es un modelo simple en términos generales, que asume que todas las horas con temperaturas entre 0 y 7.2 °C son igualmente efectivas para superar el estado endo-dormante.

Es decir, si tenemos una planta expuesta, por un tiempo determinado, a 3 °C y otra a 6 °C, ambas acumulan la misma cantidad de frío de acuerdo a este modelo (Figura 3).

- ▶ **Modelo de Utah o Richardson,** es un sistema muy utilizado que fue desarrollado por Arlo Richardson y colaboradores en 1974. Este modelo introdujo una mayor complejidad en la cuantificación del frío comparado con el modelo de horas frío, dado que se basa en una función escalonada para ponderar la acumulación de frío dependiendo de la temperatura. En este modelo se puede ver que existe un rango de temperatura donde la planta puede acumular 0.5, 1.0 y volver a 0.5 unidades de frío. Adicionalmente, el modelo de Utah fue el primero en sugerir que la planta podría restar unidades de frío bajo temperaturas sobre 15 °C. Dicha característica limitaría el uso de este modelo a climas más bien templados, dado que en climas Mediterráneos (o de inviernos cálidos) la acumulación de frío en una temporada puede resultar negativa (Figura 3).

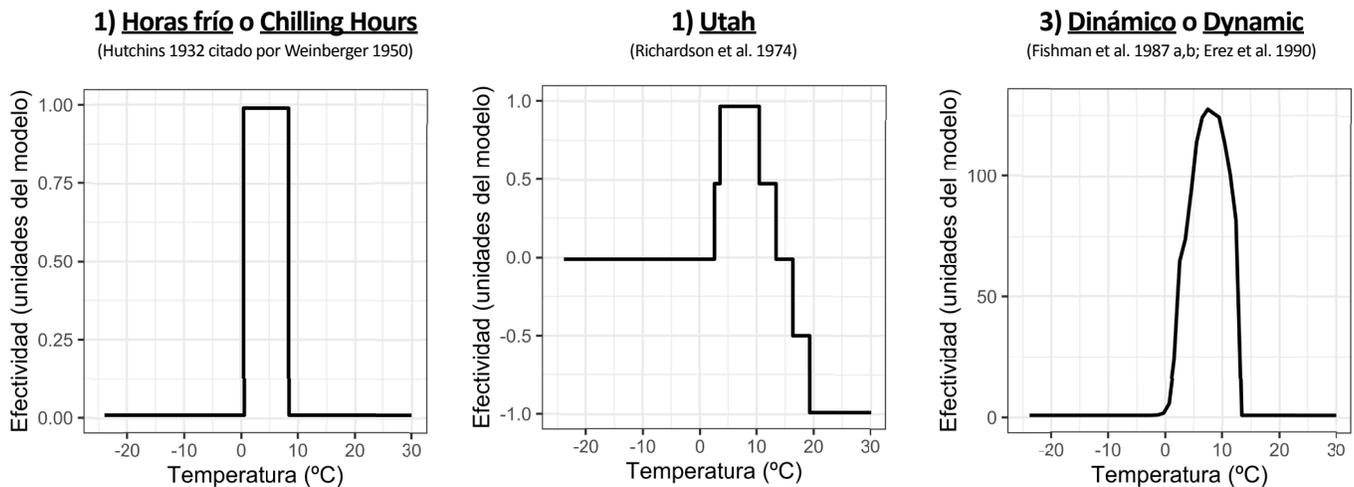


Figura 3. Modelos de frío más utilizados y su respuesta bajo diferentes temperaturas.

► **Modelo Dinámico** es, hasta ahora, el modelo más complejo dentro de las alternativas actualmente disponibles. El modelo dinámico fue desarrollado principalmente por Svetlana Fishman y Amnon Erez en 1987, usando como referencia el duraznero en Israel. Este modelo utiliza una función continua para representar la acumulación de frío y sugiere que la máxima eficiencia de frío ocurre alrededor de los 8 °C (Figura 3).

Al comparar el modelo dinámico con los anteriores, el primero se considera como el único modelo basado en un proceso biológico creíble (aunque hipotético). En términos simples, la estructura del modelo dinámico sugiere que bajas temperaturas estimulan la formación de un precursor de la acumulación de frío que es posteriormente transformado en un intermediario de frío, en un proceso que requiere de temperaturas moderadas (Figura 4). Para poder considerar el efecto de temperaturas cálidas durante el invierno, los autores dejaron que el modelo pudiera revertir el intermediario al precursor si las temperaturas son muy cálidas durante el día. Cuando una concentración específica de este intermediario se acumula, se puede formar una porción de frío, la cual es permanentemente acumulada por la planta, contribu-

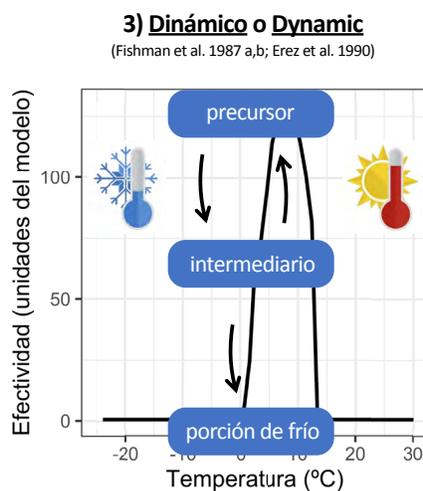


Figura 4. Simplificación gráfica de la estructura del modelo dinámico.

yendo así a la superación del proceso de endo-dormancia (Figura 4). Para estimar la acumulación de unidades de calor, los investigadores coinciden en el uso del modelo de horas grado:

► **Horas grado de crecimiento o Growing Degree Hours – GDH** (por sus siglas en inglés). Corresponde a uno de los modelos más usados para cuantificar el calor. El modelo GDH asume que existe una temperatura basal a la cual la planta empieza a responder y avanza en su desarrollo. Luego existe una temperatura óptima donde la planta muestra su máxi-

ma tasa de crecimiento. Sobre esa temperatura la planta responde con un declive hasta no presentar crecimiento bajo temperaturas extremas (Figura 5). Este es un modelo ampliamente usado en diversos ámbitos de estudio y por lo tanto, está bien establecido en el área de dormancia. Sin embargo, existe cierta preocupación por el uso de este modelo durante el proceso de dormancia, puesto que originalmente fue desarrollado utilizando estados fenológicos claros para determinar el desarrollo de la planta. Ello se basa en la imposibilidad de observar cambios aparentes en las yemas durante el invierno, por lo que no se podría asumir que la planta o células dentro de las ye-

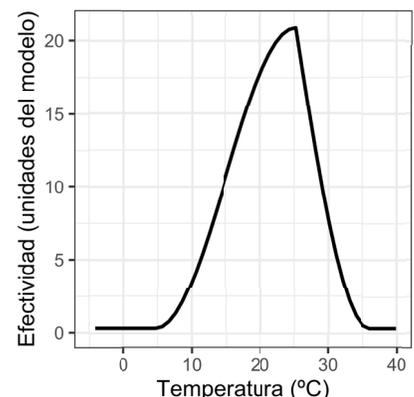


Figura 5. Modelo de horas grado de crecimiento o GDH por sus siglas en inglés.

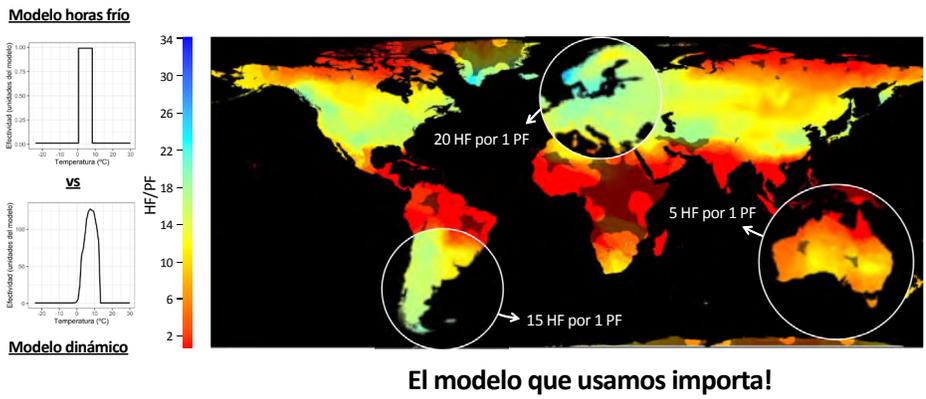


Figura 6. Comparación de la equivalencia entre modelos de frío (horas frío versus dinámico) en diferentes regiones del mundo.

mas, responden siguiendo la curva del modelo GDH. Pese a lo anterior, es un modelo que está ampliamente aceptado y no genera mayores problemas para estimar el requerimiento de calor.

PROBLEMAS DE LOS MODELOS DE FRÍO

Los modelos de frío presentan algunas limitaciones, incluyendo que no son intercambiables. Un estudio realizado por Luedeling y Brown (2011), demuestra los resultados de una comparación

entre el modelo de horas frío y el modelo dinámico (porciones de frío).

En la figura 6 se puede observar la relación entre horas de frío (HF) y porciones de frío (PF) en distintas regiones del mundo, es decir, cuántas horas de frío son equivalentes a una porción de frío.

Dentro de los principales resultados observados, se encontró que en zonas de Europa se pueden obtener 20 HF por 1 PF, en Sudamérica cerca de 15 HF por 1 PF y en zonas más cálidas como

el norte de Australia, 5 HF por cada PF. Lo anterior ratifica que el modelo que se decida utilizar para cuantificar el frío es realmente importante y puede agregar un error significativo cuando se utiliza para cuantificar el requerimiento de frío de diferentes especies y variedades.

COMPARACIÓN DE MODELOS DE FRÍO

Basado en lo anterior, diversos estudios han sugerido que el modelo dinámico es el que presenta mayor confiabilidad para la estimación de la acumulación de frío en diferentes regiones del planeta (Luedeling y Brown, 2011). Sin embargo, estudios recientes (publicados en 2017 y 2018) aún utilizan sólo el modelo de horas frío para cuantificar esta variable, a pesar de la sugerida falta de credibilidad biológica. Dicho modelo es ampliamente utilizado en agricultura puesto que es más amigable y simple para el usuario al compararlo con el modelo dinámico.

Para evaluar y demostrar el efecto del modelo de acumulación de frío en las estimaciones, se desarrolló un estudio denominado “La importancia de la selección del modelo de frío – un análisis de multi-sitios”. El objetivo del estudio fue presentar un análisis actualizado del comportamiento de diferentes modelos en escenarios históricos y futuros en tres países (colaboradores del proyecto PASIT), escogiendo tres regiones de interés agronómico (Figura 7). Para dicho análisis, se utilizaron datos climáticos entre los años 1973 y 2017.

Para el estudio (Figura 8), se utilizó un generador de datos de temperaturas probables para 100 temporadas hipotéticas. Dichas temporadas representaron las probables condiciones de 10 escenarios históricos y 60 futuros. Para estos últimos, se usó uno de calentamiento global moderado (RCP4.5) y uno más pesimista (RCP8.5). Para cada uno de estos

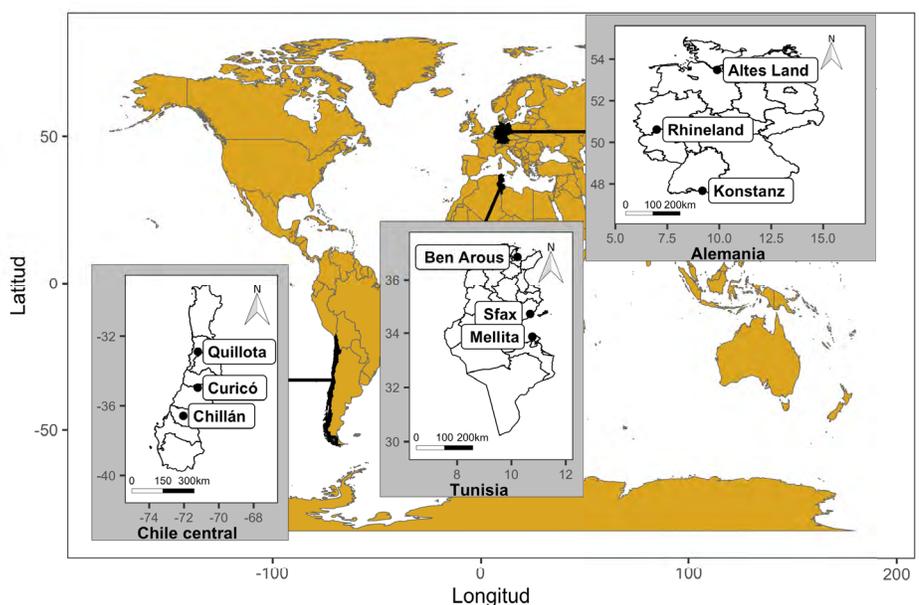


Figura 7. Selección de los sitios de interés para comparar los diferentes modelos de acumulación de frío.

escenarios de calentamiento global, se consideró un período de referencia cercano (2050) y uno más lejano (2085). Quince modelos climáticos se utilizaron para estimar las temperaturas del futuro. Una vez generadas las temperaturas futuras, se calculó la acumulación de frío para cada escenario de acuerdo a 13 modelos de frío disponibles en la literatura.

Dentro de los 13 modelos de frío disponibles en la literatura, se consideraron 10 modelos agrícolas o que se reportan en estudios relacionados con la agricultura. Entre ellos destacan el modelo dinámico, horas frío, Utah y algunas derivaciones del modelo Utah, como el Utah positivo (Figura 9). Además, se utilizaron dos modelos reportados en estudios forestales y un modelo que se utiliza en ambas áreas



Figura 8. Artículo científico publicado en referencia al estudio sobre la importancia de la selección del modelo de frío.

de estudio (Figura 9). Para poder visualizar los resultados del estudio (Figura 10), se debe considerar las columnas y filas, así como también cada rectángulo que muestra una combinación de valores (Figura 10). En la parte superior se observa el nombre de la región que se está evaluando,

mientras que en la parte derecha se encuentra el escenario de cambio climático y año de referencia. En la parte inferior de la figura se muestran los 15 modelos climáticos, mientras que en la parte izquierda se representan los modelos de frío (codificados a través de números).

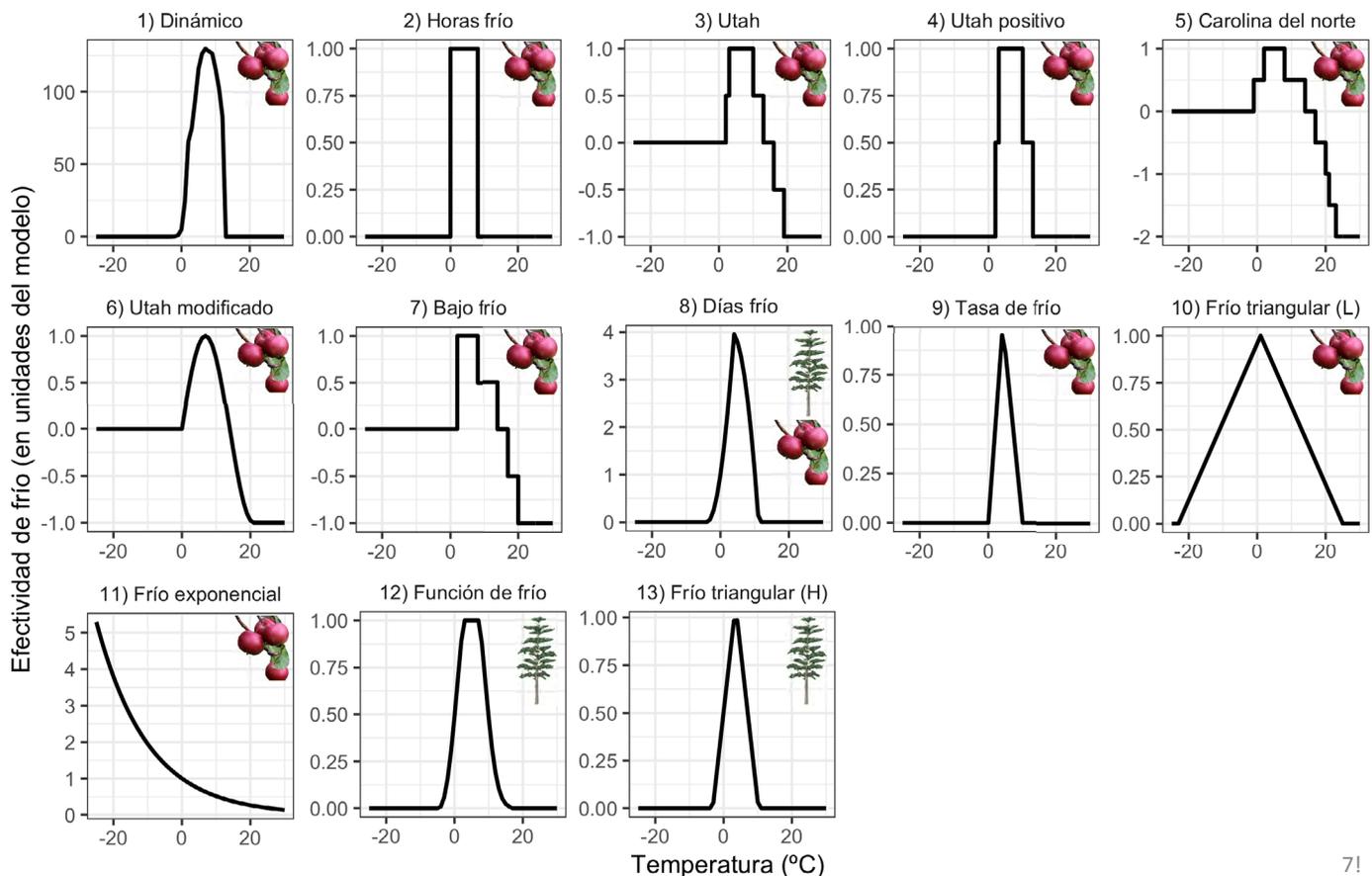


Figura 9. Modelos de frío usados en el estudio y su efectividad respecto de la acumulación de frío.

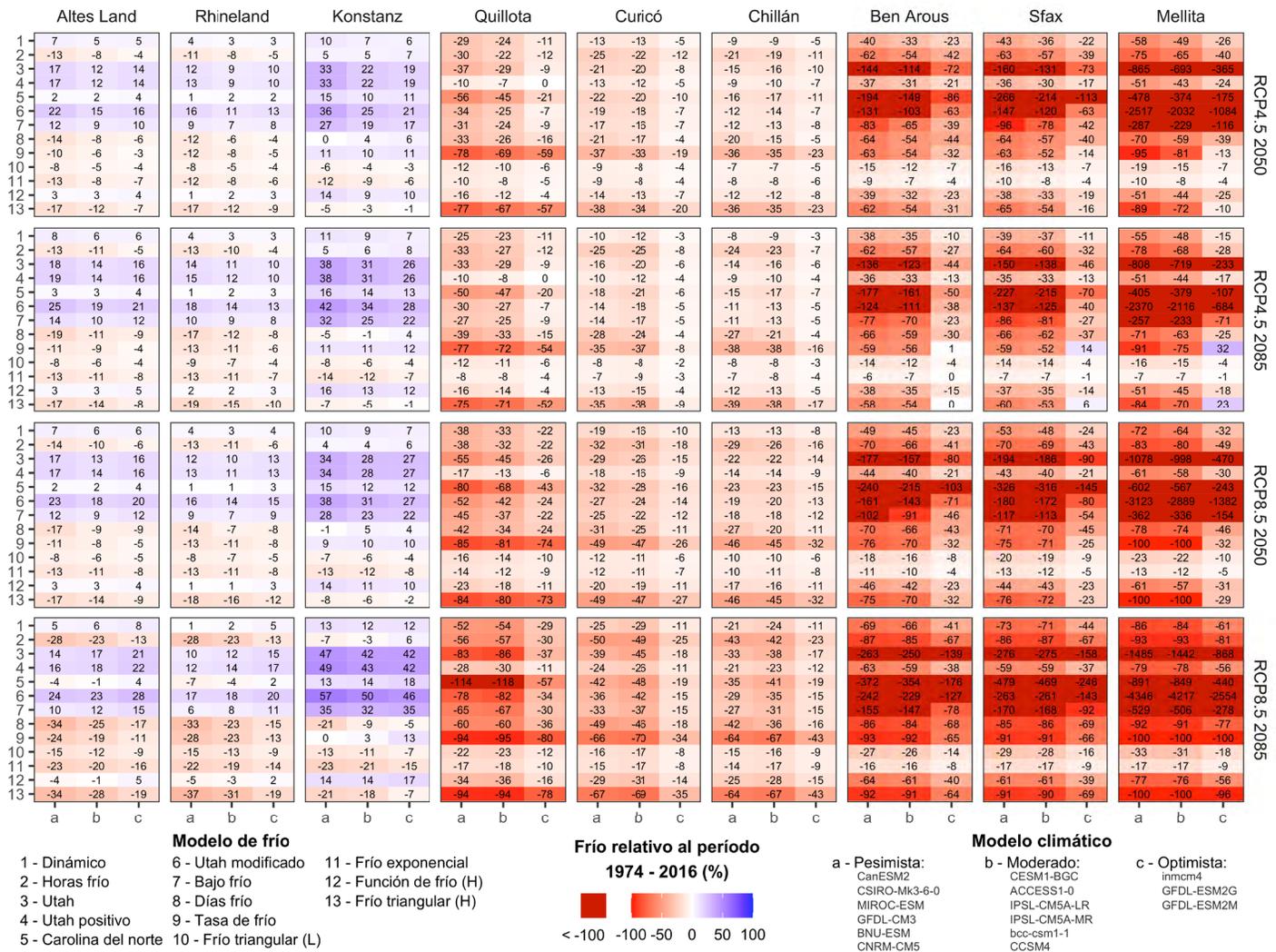


Figura 10. Resultados del estudio sobre la comparación de los modelos de frío en 9 regiones de importancia agrícola alrededor del mundo para diferentes combinaciones de escenarios de cambio climático y año de referencia.

Si todos los modelos se comportaran de la misma forma, se debería observar un patrón de colores homogéneo entre diferentes filas para una misma columna. Sin embargo, en los resultados obtenidos en el estudio (por ej.: Altes Land en Alemania) se observa que algunos modelos indican incrementos en la acumulación de frío, mientras que otros indican una disminución. Al analizar los datos con un modelo estadístico, se pudo observar que el factor

“modelo de frío” explica un 52,3% de la variabilidad, mientras que el factor “sitio” representa solo el 46,5% de la variación general.

En términos generales, este estudio produjo dos conclusiones importantes:

1. La mayor parte de la variación es explicada por el modelo de frío utilizado, más que otros factores, lo que confirmaría la inexactitud y heterogeneidad de los modelos

de frío. A modo de ejemplo, se observó una reducción en la acumulación de frío mayor al 100% en algunas regiones de Tunisia al utilizar el modelo Utah.

2. Los modelos dinámicos y Utah positivo muestran un comportamiento similar entre sitios y escenarios. Sin embargo, el modelo dinámico sería la mejor opción basado en su mayor enfoque biológico comparado con otras opciones.

Una segunda limitante de los modelos de frío es que las estimaciones de los requerimientos difieren ampliamente entre regiones incluso para la misma especie y variedad. Un ejemplo evidente de ello es el almendro cv. Ferragnes, donde se observaron requerimientos de 32, 14 y 36 PF en Chile, Tunisia y España, respectivamente. A pesar de que parte de estas diferencias se pueden explicar por diferentes metodologías para su cuantificación, la tesis más aceptada sería que dichas diferencias entre sitios radican en el hecho de que los modelos de frío disponibles no incluyen parámetros fisiológicos relacionados con la progresión de la dormancia. En efecto, todos los modelos disponibles actualmente utilizan sólo datos de temperatura como entrada. En el marco del proyecto PASIT, se condujo un estudio para estimar el requerimiento de frío y el momento de brotación en cerezos como una función de la dinámica de carbohidratos cuantificados durante endo-dormancia profunda y hasta la salida de la misma etapa.

Se utilizaron árboles de 8 variedades de cerezo (Bing, Kordia, Lapins, Rainier, Regina, Santana, Skeena y Sweetheart) expuestos a condiciones de frío en campo. Desde dichos árboles, se recolectaron ramillas en 10 momentos durante el invierno, una vez que los árboles habían acumulado entre 16 (principio de Mayo) y 70 PF. Una vez en el laboratorio, las ramillas fueron expuestas a condiciones de forzado (20 °C) en cámara de crecimiento hasta que presentasen signos de desarrollo (yemas en puntas verdes). Adicionalmente, en cada fecha de muestreo se colectó material leñoso para cuantificar la concentración de almidón y glucosa en las ramillas a través de una técnica enzimática. Con los datos colectados (momento de brotación y concentración de carbohidratos al momento del muestreo) se creó un modelo estadístico para

determinar la probabilidad de brotación en una ramilla dependiendo de la concentración de almidón y glucosa en el tejido leñoso.

LOS CARBOHIDRATOS COMO PREDICTORES DEL MOMENTO DE BROTACIÓN

Los resultados de la cuantificación de carbohidratos permitieron concluir que altos niveles de almidón se encontraban asociados al estado de dormancia profunda, mientras que altos niveles de hexosas (glucosa más fructosa) fueron relacionados con la salida de dormancia (Figura 11). Lo anterior fue ratificado al analizar los resultados del modelo probabilístico. Sin embargo, al momento de validar este último, se detectó una baja probabilidad de brotación en las variedades Bing, Kordia y Sweetheart (0.67, 0.64 y 0.49, respectivamente). Lo anterior se podría explicar porque la dormancia en árboles caducifolios es un proceso complejo regulado por un elevado número de factores incluyendo la expresión génica, la síntesis de proteínas y cambios estructurales en la célula y otras unidades. Los resultados del estudio sugieren que se debe considerar el desarrollo de modelos integrales basados en el proceso. Con dichos modelos, se podría mejorar sustan-

cialmente la estimación de la acumulación de frío, especialmente en un contexto de cambio climático.

CALENTAMIENTO GLOBAL

En términos generales, y debido a la actividad humana, se estima que la temperatura ha aumentado +1 °C comparado con niveles pre-industriales (rango probable entre 0.8 y 1.2 °C). Si la temperatura continúa incrementándose en el futuro, es probable que se observe un efecto negativo en la acumulación de frío en muchos lugares donde las especies caducifolias son cultivadas.

En un estudio realizado en el año 2011, Luedeling y Brown calcularon, en base al modelo dinámico, una disminución del frío invernal en torno a 25 PF en Sudamérica (incluyendo el valle central de Chile), 25 PF en Australia, 35 PF en el valle central de California y 40 PF en la cuenca del Mediterráneo.

Con tal disminución en la disponibilidad de frío, es probable que se observen efectos negativos en la fenología de la planta. En efecto, se ha demostrado que niveles insuficientes de frío invernal pueden afectar el proceso de brotación y posiblemente el rendimiento potencial de los cultivos.

Un estudio realizado en la Universidad de Bonn, Alemania, demostró que ár-

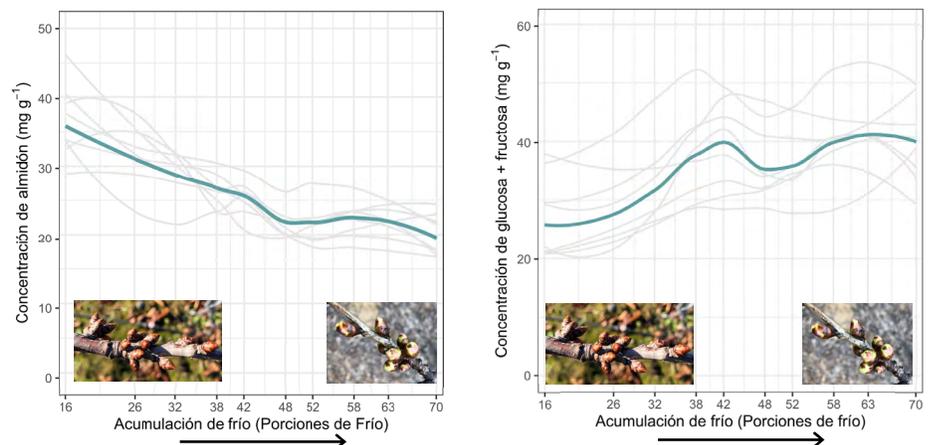


Figura 11. Evolución de la concentración de almidón y hexosas.

boles de manzano en maceta expuestos a condiciones de frío normales para la zona presentaron una brotación y floración regulares y homogéneas (Figura 11). Por el contrario, árboles del mismo tipo expuestos a condiciones de invierno cálido (alrededor de 35 PF) mostraron una brotación y floración irregulares, con algunos signos de aborto de yemas (Figura 12).



Figura 12. Ejemplo de los efectos de frío invernal insuficiente en árboles jóvenes de manzano en maceta.

Los resultados de dicho experimento permitieron concluir que: i) la falta de frío puede provocar una floración retrasada e irregular, una situación que comprometería el proceso de polinización en aquellas especies que requieren de polinización cruzada, y ii) que la falta de frío puede provocar la caída de yemas en casos extremos.

PROYECCIONES DE FRÍO ACTUALIZADAS

Dadas las implicancias negativas de los inviernos cálidos es que resulta muy importante conocer los probables niveles de frío para el futuro en relación con la planificación y el manejo de huertos de frutales de hoja caduca.

En base a lo anterior, parte de las actividades del proyecto PASIT se enfocaron en actualizar y entregar un análisis local para Chile sobre los posibles impactos del cambio climático en árboles frutales caducifolios y proyectar niveles de frío para el futuro.

En este estudio se seleccionaron 9 sitios de importancia agronómica en Chile (Figura 13), para los cuales se co-



Figura 13. Sitios seleccionados para el estudio.

lectaron datos climáticos entre 1967 y 2017. Se generaron datos para 100 temporadas hipotéticas que representan las condiciones ambientales más probables de 51 escenarios históricos (todos los años entre 1967 y 2017) y 60 escenarios futuros (combinación de dos escenarios de calentamiento global – RCP4.5 y RCP8.5 – para dos épocas de referencia – 2050 y 2085 –

utilizando 15 modelos climáticos). Se calculó la acumulación de frío para escenarios históricos y futuros utilizando el modelo dinámico. Para mostrar resultados que pueden ser fácilmente interpretables por agricultores, se utilizó el concepto de frío invernal de seguridad, que representa la cantidad mínima de frío que puede ser esperada en 9 de cada 10 años.

Los principales resultados mostraron que localidades en el área de Valdivia, Ovalle y Rengo presentaron una disminución en la acumulación de frío de entre 2 y 3 PF por década, mientras que Quillota presentó la más alta disminución con alrededor de 9 PF. Reducciones menores se observaron en Curicó, Talca, Chillán, Temuco y Osorno.

Una importante reducción de frío en el futuro podría poner en riesgo el cultivo de especies de clima temperado en Chile (Figura 14). Especies que actualmente son cultivadas en Ovalle, podrían requerir ser cultivadas en sectores de mayor latitud, donde la acumulación de frío pueda satisfacer las necesidades de los árboles para superar la dormancia. Bajo escenarios futuros es posible que en localidades del centro norte de Chile sólo se pueden cultivar algunas especies en micro-climas específicos.

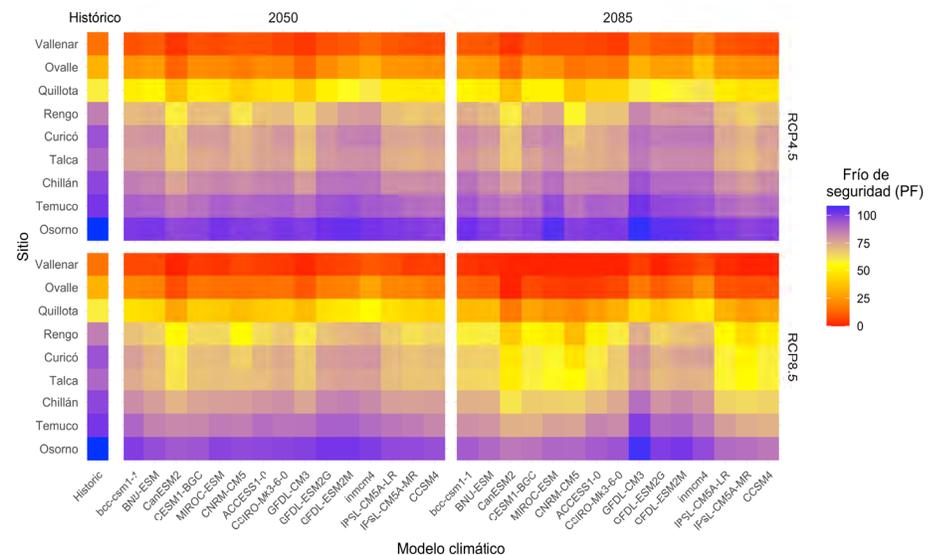


Figura 14. Proyecciones de frío invernal de seguridad para 9 zonas de Chile bajo escenarios de calentamiento global.

EL ÁMBITO SOCIO ECONÓMICO DEL PROYECTO PASIT

El cambio climático representa una serie de incertidumbres y riesgos para la producción de fruta de clima temperado en distintas regiones del planeta. En el marco del proyecto PASIT, se realizaron dos actividades llamadas focus group; una en la zona centro norte y otra en el centro sur de Chile. En ambas actividades, se buscaba determinar las principales preocupaciones de agricultores y actores relacionados con la producción de frutas de clima temperado respecto del cambio climático. Los resultados de las reuniones indicaron que eventos de sequía, heladas, variabilidad climática y lluvias de pre-cosecha representan una preocupación real para los productores. Para mitigar el impacto negativo de dichos eventos y proteger el rendimiento de sus cultivos, los agricultores mencionaron el uso de cubiertas plásticas. Sin embargo, dicha inversión a largo plazo genera diversas incertidumbres y riesgos que deben ser considerados al

momento de tomar la decisión. Es por ello que se realizó un estudio enfocado en apoyar la toma de decisiones de los agricultores, en donde diferentes actores relacionados con la implementación de estas cubiertas participaron de un proceso colaborativo para identificar las variables que determinan la decisión.

En un workshop realizado en la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, diversos especialistas en calidad de fruta, comercializadores, asesores técnicos, encargados de vivero, entre otros, generaron un modelo conceptual que representó las interacciones entre variables que afectan la decisión (Figura 15). Dicho modelo conceptual fue luego traducido en una función matemática programada para calcular el valor presente neto y el potencial flujo de caja de un huerto de cerezos que implementa cubiertas plásticas.

Dentro de los principales resultados (Figura 16), el estudio sugirió que existe un 62% de probabilidad de tener retornos positivos al final del proyecto en la

zona centro norte (38% para retornos negativos), mientras que en la zona centro sur se observó un 87% de probabilidad de tener retornos positivos al final del proyecto (13% para retornos negativos). Basado en lo anterior, se pudo concluir que la implementación de cubiertas plásticas en la zona centro sur de Chile puede ser un pre-requisito para el éxito económico del huerto. Por otra parte, la implementación de cubiertas en la zona centro norte del país podría ser innecesario si se cumplen las proyecciones para escenarios futuros.

La metodología utilizada además permitió identificar las variables más importantes en la determinación del valor presente neto. Los problemas relacionados con firmeza de pulpa, precio de mercado y rendimiento fueron las variables más importantes en ambas regiones (Figura 17). La efectividad de la cubierta para proteger el cultivo aparece como una variable clave en la zona centro sur, debido a la mayor probabilidad de lluvias primaverales y bajas temperaturas en la zona.

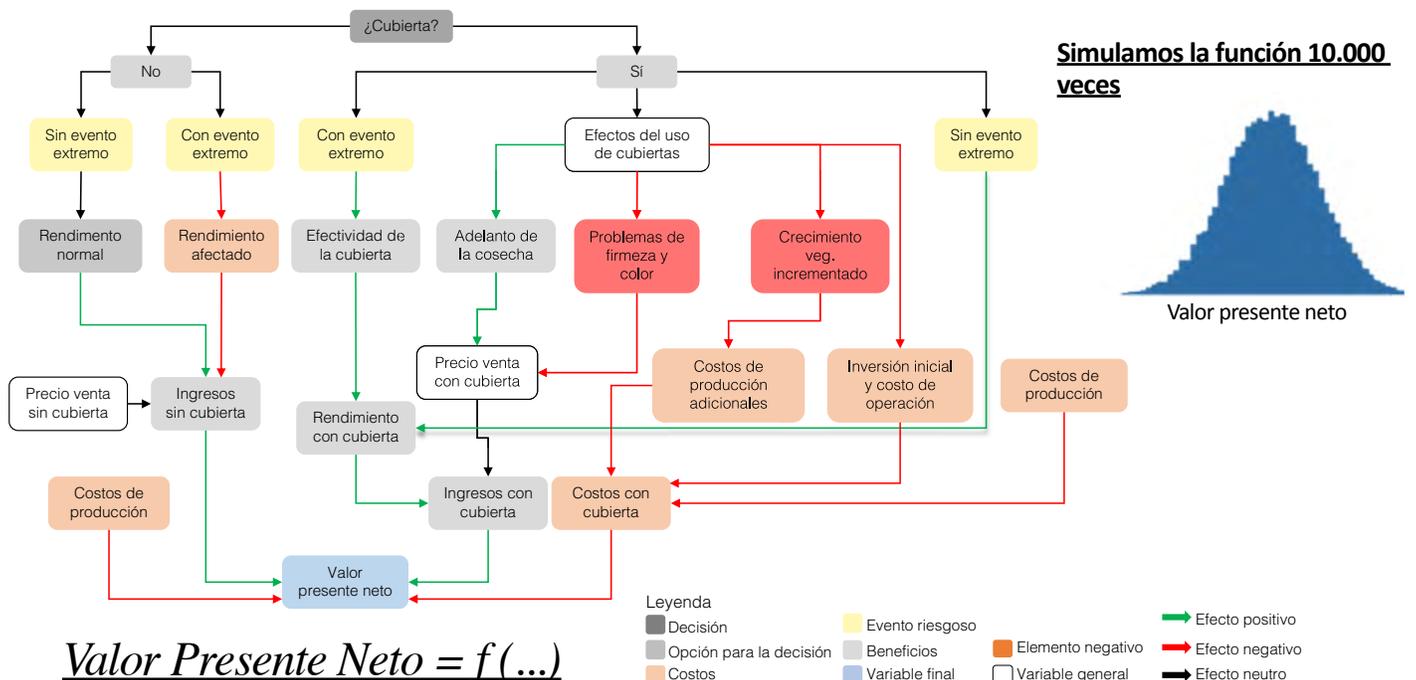


Figura 15. Modelo conceptual generado por los expertos en el workshop realizado en Quillota.

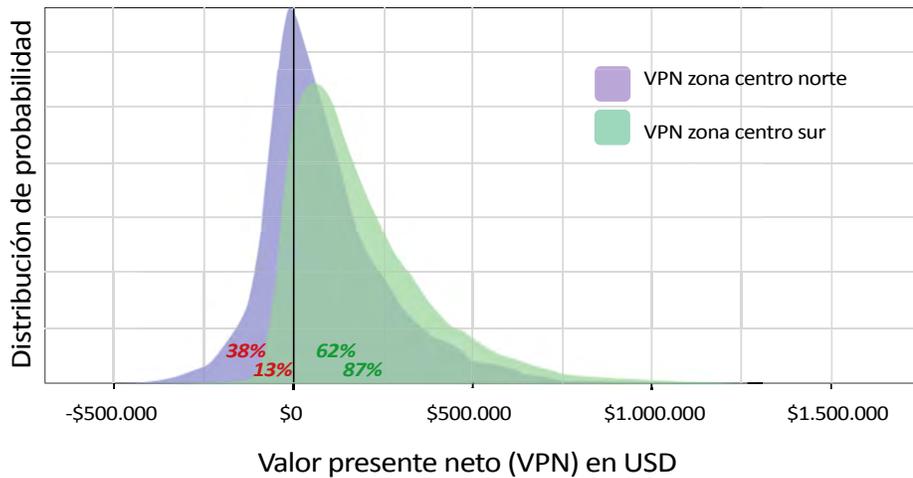


Figura 16. Distribución de probabilidad para el valor presente neto respecto de la implementación de cubiertas plásticas en huertos de cerezos en dos zonas geográficas de Chile central.

Principales conclusiones generales del proyecto PASIT

- ▶ Gracias a los resultados del proyecto, se observó una alta probabilidad de que áreas con clima Mediterráneo enfrenten problemas importantes en el futuro cercano para romper la dormancia en árboles frutales caducos.
- ▶ Los modelos de frío actualmente disponibles han demostrado ser inadecuados, especialmente en invierno con climas cálidos. El modelo dinámico, ha resultado ser el más efectivo para estimar la acumulación de frío, aunque con algunas limitaciones. Entre ellas, destacan la necesidad de generar un marco de aplicación ami-

gible con el agricultor (debido a que es un modelo altamente complejo) y la necesidad de implementar una re-parametrización específica para cada cultivar. Sin embargo, el objetivo a largo plazo debe ser el desarrollo de mejores modelos de frío.

- ▶ Un enfoque más integrativo podría entregar un modelo que ayude a mejorar las estimaciones de frío, así como también un conocimiento más acabado de la fase de dormancia.
- ▶ En general, los efectos del cambio climático involucran la toma de decisiones complejas bajo altos niveles de incertidumbre. En dichas situa-

ciones, métodos participativos que involucran diferentes actores relacionados con una decisión pueden ser una alternativa para apoyar el proceso de toma de decisiones.

Literatura citada

- ▶ FAOSTAT (2020) Food and agriculture data. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. Accessed 05-10-2020
- ▶ Fishman S, Erez A, Couvillon GA (1987a) The temperature-dependence of dormancy breaking in plants - Computer-simulation of processes studied under controlled temperatures. *J Theor Biol* 126 (3): 309- 321. doi:10.1016/s0022-5193(87)80237-0
- ▶ Fishman S, Erez A, Couvillon GA (1987b) The temperature-dependence of dormancy breaking in plants -Mathematical-analysis of a 2-step model involving a cooperative transition. *J Theor Biol* 124 (4):473- 483. doi:10.1016/s0022-5193(87)80221-7
- ▶ Lang GA, Early JD, Martin GC, Darnell RL (1987) Endo, para-, and ecodormancy: Physiological terminology and classification for dormancy research. *HortScience* 22:371-377
- ▶ Luedeling E, Brown PH (2011) A global analysis of the comparability of winter chill models for fruit and nut trees. *Int J Biometeorol* 55 (3):411-421. doi:10.1007/s00484-010-0352-y
- ▶ Richardson EA, Seeley SD, Walker DR (1974) A model for estimating the completion of rest for 'Redhaven' and 'Elberta' peach trees. *HortScience* 1:331-332

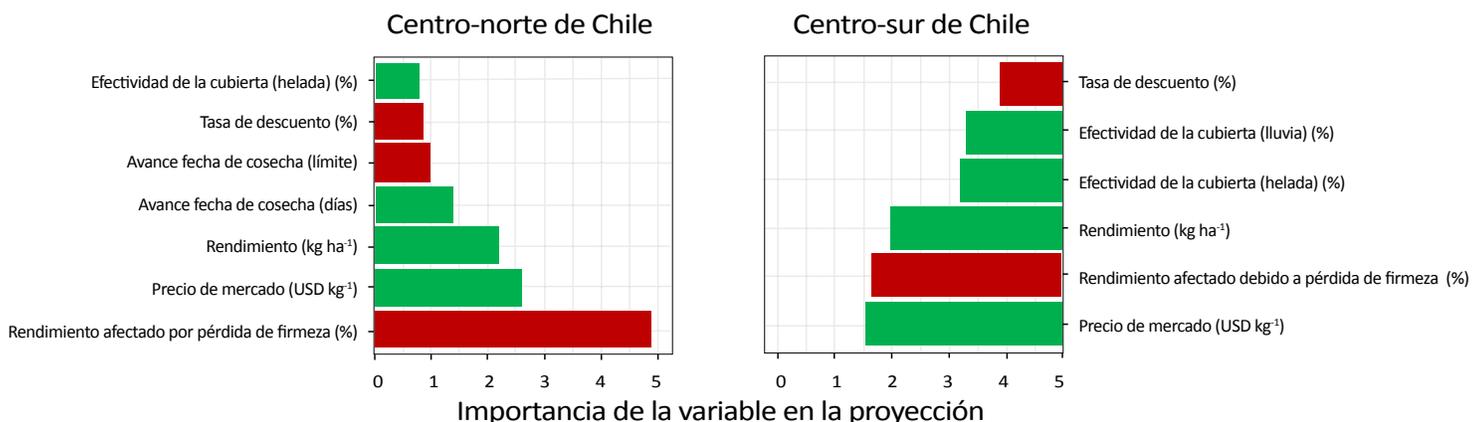


Figura 17. Importancia de las variables incluidas en el modelo conceptual en la proyección del valor presente neto.

Mejora en la docencia práctica en fisiología vegetal y fruticultura mediante la captura de imágenes

J.A. Yuri, Mauricio Fuentes, Miguel Palma y Pablo Garrido | ayuri@utalca.cl, maufuentes@utalca.cl, miguelpalma@utalca.cl y pgarrido18@alumnos.utalca.cl | Centro de Pomáceas, Universidad de Talca.

Como parte de su responsabilidad docente, el Centro de Pomáceas (CP) se encuentra ejecutando un Proyecto para mejorar la enseñanza de la Fisiología Vegetal y la Fruticultura a los alumnos de la Escuela de Agronomía de la Facultad de Ciencias Agrarias

Mediante modernas tecnologías de captura de imágenes (Foto 1), se elaborarán videos que sinteticen en pocos minutos procesos fenológicos que demoran semanas o meses en ocurrir en las plantas. Estas herramientas visuales ayudarán a los estudiantes a comprender cómo se expresan fenómenos ta-

les como la brotación, crecimiento y maduración de la fruta, expresión de síntomas causados por enfermedades y desórdenes fisiológicos, entre otros. Los registros se realizarán en los laboratorios del CP y en el Jardín Frutal Docente (JFD) que administra. La enseñanza de la Fruticultura se com-

plementará con la incorporación de la perspectiva aérea de huertos frutales, mediante cámaras de alta resolución montadas en un vehículo aéreo no tripulado, conocido comúnmente como dron (Foto 2). Estas imágenes permitirán analizar el diseño de las plantaciones, describir la variabilidad espacial de los cuarteles, observar el efecto de los tratamientos en diversos ensayos, así como sistemas de protección ambiental (techos y macrotúneles), entre otros.

Esta iniciativa es apoyada por la Vicerrectoría de Pregrado de la Universidad de Talca, mediante la convocatoria de Proyectos de Innovación Docente 2021.



Foto 1. Registro con cámaras TimeLapse Brinno TL200 en laboratorio y campo.



Foto 2. Dron DJI Marvin 2 PRO.

Reporte de Investigación

Evaluación de una polinización asistida en cerezos cv. Regina

Encina, Felipe. 2021. Memoria de Título U. de Talca. 31 p. Prof. Guía: Yuri, J.A.

ANTECEDENTES GENERALES

La polinización asistida es un complemento a la polinización tradicional con abejas. Un ejemplo es la aplicación de polen con pulverizadora electrostática, la cual favorece su depósito en el estigma floral. No obstante, la efectividad de esta tecnología en frutales aún es discutida.

OBJETIVO

El objetivo de este estudio fue determinar la eficiencia de una polinización asistida (tradicional más aplicación de polen cargado) vs una tradicional, sobre indicadores de productividad y calidad en cerezos cv. Regina (Foto 1).

MATERIALES Y MÉTODO

El ensayo fue realizado en el Fundo La Estrella de la empresa Sociedad Comercial Agrícola Julio Giddings Ltda, en la comuna de San Clemente, Región del Maule, Chile (35°32'17.4"S 71°27'31.4"W) durante la temporada 2019/2020. Las mediciones incluyeron cuaja (%), retención (%), rendimiento (kg/ha) e indicadores de madurez de la fruta a cosecha y luego de 30 días de almacenaje en atmósfera modificada.

RESULTADOS

Los resultados indicaron que la polinización asistida con aplicación electrostática tiende a aumentar la cuaja, retención y rendimiento de los árboles (Cuadros 1, 2 y 3); sin embargo, estas diferencias no logran ser estadísticamente significativas. Por otro lado, al momento de la cosecha, la madurez de la fruta tiende a estar más avanzada en los árboles que recibieron polinización asistida. No obstante, luego de la post-cosecha las diferencias son mínimas.



Figura 1. Polinización tradicional (izquierda) y asistida (derecha).

Cuadro 1. Cuaja (%) de cerezos cv. Regina bajo ambos tratamientos.

Tratamientos	Cuaja (%)
Polinización tradicional	14,1
Polinización asistida	18,2
Sign. (x)	n.s
Valor p	0,268

(x): n.s.: no significativo; *: significativo ($p < 0,05$); **: altamente significativo ($p < 0,01$).

Cuadro 2. Retención (%) de cerezos cv. Regina bajo ambos tratamientos.

Tratamientos	Cuaja (%)
Polinización tradicional	50,9
Polinización asistida	52,6
Sign. (x)	n.s.
Valor p	0,24

(x): n.s.: no significativo; *: significativo ($p < 0,05$); **: altamente significativo ($p < 0,01$).

Cuadro 3. Retención (%) de cerezos cv. Regina bajo ambos tratamientos.

Tratamientos	Peso fruto/árbol (kg)	Rendimiento (kg/ha)
Polinización tradicional	11,1	15.424
Polinización asistida	13,3	18.479
Sign. (x)	n.s.	n.s.
Valor p	0,52	0,24

(x): n.s.: no significativo; *: significativo ($p < 0,05$); **: altamente significativo ($p < 0,01$).

Reporte Climático

Álvaro Sepúlveda | asepulveda@utalca.cl
Laboratorio Ecofisiología Frutal | Centro de Pomáceas | Universidad de Talca.

RECESO INVERNAL Y BROTAÇÃO

Exposición a condiciones propias del invierno (bajas temperatura y radiación solar, y abundante lluvia), promueven los cambios necesarios en la yema para que continúe su ciclo de crecimiento en primavera.

Gran cantidad de frío invernal promueve una brotación, así como floración, abundante y concentrada; y junto al alza térmica de primavera, determinará el avance de la fenología hasta floración. Por el contrario, con una cantidad de frío limitada, la brotación resultará irregular, al igual que la floración, con diacronía entre el crecimiento de flores y hojas; asimismo entre cultivares. Por otra parte, poco frío en invierno genera flores de menor calidad, con reducido período

efectivo de polinización, y que conducirán a frutos regulares o incluso a problemas de cuaja. De este modo, insuficiente frío altera diversos procesos de los frutales.

El receso 2021 se caracterizó por una acumulación de frío, según el método Richardson, levemente inferior al registro de los años previos en la mayoría de las estaciones monitoreadas (Cuadro 1). De acuerdo al mismo método se cumplieron las necesidades de frío, incluso para los cultivares exigentes como Gala (≈ 1.150 unidades). Una vez cumplidas las necesidades de frío referenciales, según especie y cultivar, el avance fenológico de las yemas estará determinado por la exposición a mayores temperaturas en primavera. Para cuantificarla existen diversos métodos, siendo los más utilizados los Grados Día (GD; con temperatura base de $10\text{ }^{\circ}\text{C}$) y los Grados Hora de Crecimiento (GDH; con



temperatura base de $4.5\text{ }^{\circ}\text{C}$). Hay que tener en cuenta que las necesidades térmicas variarán de acuerdo a la cantidad de frío acumulado en receso. Así, con invierno poco frío aumenta la cantidad de calor necesaria para alcanzar brotación y floración.

La acumulación térmica desde el 1 de agosto al 30 de septiembre se incluye en el Cuadro 2. En términos generales, ésta ha mostrado la tendencia a ser mayor respecto al promedio de los últimos años. Sin embargo dado el limitado frío en receso, el avance de la fenología ha sido paulatino y la floración se estaría registrando en fechas normales

Cuadro 1. Frío acumulado en Horas bajo $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ y Unidades Richardson, entre 1 de mayo al 31 de julio en los últimos años.

Localidad	Horas bajo $7\text{ }^{\circ}\text{C}$					Unidades de frío Richardson				
	Promedio 2011-2020	2018	2019	2020	2021	Promedio 2011-2020	2018	2019	2020	2021
Graneros	857	821	862	706	704	998	991	1.057	1.125	900
Morza	911	838	924	714	825	1.198	1.150	1.263	1.191	1.409
Los Niches	894	821	838	751	903	1.259	1.141	1.356	1.280	1.249
Sagrada Familia	698	753	695	584	753	1.132	1.131	865	1.076	1.112
San Clemente	799	857	751	647	815	1.295	1.308	1.315	1.254	1.219
Linares	847	882	793	683	846	1.348	1.346	1.367	1.324	1.225
Chillán	744	788	720	636	820	1.252	1.219	1.288	1.318	1.136
Mulchén	730	764	716	690	744	1.308	1.317	1.398	1.419	1.281
Angol	657	726	558	619	789	1.314	1.382	1.328	1.276	1.275
Temuco	771	800	573	667	679	1.335	1.361	1.299	1.372	1.298

Cuadro 2. Acumulación térmica en Grados hora (GDH) y Grados día en base 10 (GD 10), desde el 1 de agosto al 30 de septiembre.

Localidad	GDH							
	Promedio 2015-2020	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Graneros	857	821	862	706	704	998	991	1.057
Morza	911	838	924	714	825	1.198	1.150	1.263
San Clemente	894	821	838	751	903	1.259	1.141	1.356
Renaico	698	753	695	584	753	1.132	1.131	865
GD								
Graneros	161	152	198	126	154	172	162	153
Morza	109	102	136	86	99	117	113	117
San Clemente	113	101	164	95	105	107	107	127
Renaico	103	96	152	74	96	105	92	116

o tardías. Además, en algunos huertos se ha evidenciado una marcada diferencia en el avance fenológico entre cultivares de opuesto requerimiento de frío (Foto 1).

La proyección de la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) para el trimestre septiembre-octubre-noviembre, da cuenta de temperaturas máximas sobre lo normal y mínimas bajo lo normal para el área de producción manzanera de O'Higgins a La Araucanía.

Floración en días con temperaturas erráticas y extremas podría resultar perjudicial para la cuaja de los frutos, sobre todo de registrarse eventos de heladas. Por otro lado, altas temperaturas reducirían la receptividad del estigma y viabilidad del óvulo en la flor, mientras que temperaturas bajas limitan el crecimiento del tubo polínico y la actividad de las abejas, principales agentes polinizadores.

**Foto 1.** Avance fenológico de cultivares de manzano de diferente requerimiento de frío.

Reporte de Actividades



CALIDAD Y CONDICIÓN DE CEREZAS CVS. SANTINA, LAPINS Y REGINA A COSECHA Y GUARDADAS EN FRÍO EN BOLSAS MAP

Memorista
María José Montecinos Arroyo
Profesor guía
José Antonio Yuri
Profesor informante
Mauricio Fuentes

► **Defensa de Memoria**

María José Montecinos en su defensa de memoria, junto a los académicos de la Facultad de Ciencias Agrarias. U. Talca. 29.07.21.



► **Ensayo**

Daniela Simeone y Mauricio Fuentes evaluando nuevas variedades de manzanos. Angol. 25.08.21.



► **Fenología**

Estado fenológico de manzanos en Angol 28.08.21.



► **Exposición**

José Antonio Yuri en el Seminario DAAD-U Talca. Perspectivas del cambio climático. 01.09.21.



► **Exposición**

Centro de Pomáceas en presentación de resultados "Proyecto Regina-Pomanova", 09.09.21.



► **Fenología**

Estado fenológico de perales en Yerbas Buenas. 21.09.21.



► **Fenología**

Estado fenológico de manzanos en Chillán. 23.09.21.



► **Fenología**

Estado fenológico de cerezos en Sagrada Familia. 24.09.21.



► **Fenología**

Estado fenológico de manzanos en Sagrada Familia. 24.09.21.



► **Publicaciones**

El Centro de Pomáceas, ha publicado en el último periodo una serie de artículos técnicos en revistas de circulación nacional, disponibles en la página web del Centro de Pomáceas. (<http://pomaceas.otalca.cl>).



POMÁCEAS
Boletín Técnico editado por el Centro de Pomáceas de la Universidad de Talca, de aparición periódica, gratuita.
© 2021-Derechos Reservados Universidad de Talca.
Representante Legal: Dr. Álvaro Rojas Marín, Rector

Director: Dr. José Antonio Yuri, Director Centro de Pomáceas
Editores: Mauricio Fuentes - José Antonio Yuri
Dirección: Avenida Lircay s/n Talca. Fono 71-2200366 | E-mail: pomaceas@otalca.cl
Sitio Web: <http://pomaceas.otalca.cl>