

Aspectos fisiológicos y productivos

El receso invernal en cerezos

Durante el otoño, los árboles caducifolios eliminan sus hojas y cesan su crecimiento, como parte de una estrategia para sobrevivir a las frías condiciones del invierno. En este periodo, las yemas entran en un estado de dormancia, conocida como receso invernal.

POR MIGUEL PALMA, ÁLVARO SEPÚLVEDA Y JOSÉ ANTONIO YURI.
UNIDAD DEL CEREZO, CENTRO DE POMÁCEAS, FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS, UNIVERSIDAD DE TALCA.

En los cerezos, la transición al receso es paulatina y comienzan a sentirla con el acortamiento de los días durante el verano. Luego, a medida que avanza el otoño y disminuye la temperatura (T°) ambiental, los árboles van acumulando inhibidores de crecimiento que inducen la caída de las hojas, momento que señala el inicio de la dormancia profunda o endodormancia. Durante esta etapa, las yemas experimentan cambios físicos y químicos internos que regulan la permanencia en esta condición y la resistencia a las bajas temperaturas (Figura 1).

Los procesos internos involucrados en la regulación del receso son el resultado de múltiples reacciones que ocurren en diferentes partes del árbol (yemas, ramillas, meristemas y tejidos vasculares) y desencadenan la inactivación temporal de la actividad meristemática.

PROCESOS FISIOLÓGICOS INVOLUCRADOS EN LA DORMANCIA

Al final del otoño e inicio del invierno, la síntesis de hidratos de carbono decae progresivamente hasta la caída de las hojas. Durante este período, el nitrógeno y otros elementos minerales se remobilizan desde las hojas hacia los brotes y tronco.

A nivel celular, las membranas celulares son las que principalmente perciben el descenso de la temperatura, mostrando una estructura más rígida y una ralentización del transporte de



Figura 1. Aspecto fenológico de los brotes del cerezo durante el receso invernal: (A): establecimiento de la dormancia; (B): endo y ecodormancia; (C) reactivación del crecimiento post eco-dormancia. Adaptado de Fadón *et al.*, 2020.

proteínas y lípidos. El citoesqueleto también participa en los procesos de percepción del frío, ya que la caída de la temperatura puede provocar despolimerización de los microfilamentos y la desintegración de su estructura. Por otro lado, las bajas T° disminuyen las actividades enzimáticas y, en consecuencia, las tasas catalíticas. También, en esta condición las proteínas pueden perder su funcionalidad estructural y enzimática, causando cambios en las reservas de metabolitos y el estado redox.

El establecimiento de la dormancia en los árboles es impulsado en gran medida por el depósito de callosidades en los plasmodesmos que bloquean la comunicación célula a célula en el meristema apical de los brotes. El transporte a través del xilema también se detiene, ya que la senescencia y la caída de las hojas provocan una reducción progresiva de la transpiración, lo que junto con los ciclos de congelación-descongelación (en climas templados fríos), puede generar

burbujas de aire en las traqueidas y su posterior cavitación.

A nivel hormonal, el ascenso de los niveles de ácido abscísico (ABA) y la disminución de las auxinas (ácido indol-3-acético, AIA), giberelinas (GA) y citoquininas (CK), juegan un rol regulador en la inducción de la dormancia. El ABA, además de ser un inhibidor del crecimiento, actúa interrumpiendo la comunicación intercelular e induce la suspensión del ciclo celular a través de la inhibición de la replicación del ADN. Por su parte, las CK estimulan la producción de callosa hacia el final de la temporada de crecimiento, cuando las concen-

traciones de AIA disminuyen.

Una vez transcurrido un periodo de exposición a condiciones propias del invierno, con bajas temperaturas, lluvias, y escasa luminosidad, las yemas alcanzan un estado denominado ecodormancia, en el que se encuentran aptas para brotar, lo que se producirá cuando haya pasado un tiempo con temperaturas más elevadas que fueren la reactivación meristemática.

SUPERACIÓN DE LA DORMANCIA

Las investigaciones acerca del comportamiento de los frutales durante el receso invernal han concluido que la temperatura

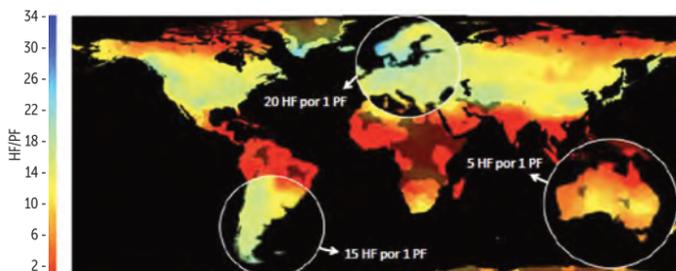


Figura 2. Comparación de la equivalencia entre modelos de frío (horas frío versus dinámico) en diferentes regiones del mundo. Adaptado de Fernández, 2021.

ambiental sería el factor más determinante en la extensión del periodo de dormancia de las yemas. En base a esto se ha propuesto que durante la fase de endodormancia, los árboles necesitan completar un Requerimiento de Frío (RF), definido como un tiempo de exposición dentro de un determinado rango de bajas T° . Posteriormente, en la fase de ecodormancia, los árboles deben completar un Requerimiento de Calor (RC), establecido como un tiempo de exposición sobre una T° umbral. Una vez que ambos requerimientos son satisfechos (RF y RC), las yemas reactivan su actividad meristemática, dando paso a la floración y brotación al final del invierno o principio de la primavera.

El no cumplimiento de los RF y RC puede causar alteraciones en las etapas fenológicas de los árboles (floración, maduración de la fruta y senescencia de las hojas), repercutiendo negativamente en el rendimiento de los huertos.

CUANTIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE FRÍO Y CALOR

Los Requisitos de Frío varían de acuerdo con el cultivar y tipo de yema -vegetativa o floral-, siendo estas últimas menos exigentes de frío. Para estimar el RF se han propuesto diferentes modelos, siendo los más utilizados en fruticultura los siguientes:

Horas Frío o Chilling Hours: Este modelo es el más extendido y simple en la forma de cálculo, el cual asume que todas las horas con T° entre 0 y 7 $^{\circ}\text{C}$ (suele utilizarse el valor 7,2 $^{\circ}\text{C}$, obediendo a la conversión de Fahrenheit a Centígrados), son igualmente efectivas para superar la endodormancia.

Utah o Richardson: Este modelo se basa en una función escalonada que pondera la acumulación de frío dependiendo de la T° . El modelo de Utah fue el pri-

mero en sugerir que T° elevadas anulan parte de las unidades de frío acumuladas.

Dinámico o Porciones de Frío: Este método utiliza una función continua para representar la acumulación de frío y sugiere que la máxima eficiencia ocurre alrededor de los 8 $^{\circ}\text{C}$.

Los cálculos realizados con los diferentes modelos de frío no son intercambiables, ya que las unidades no son equivalentes entre ellos, ni lo acumulado es semejante en las distintas zonas climáticas. Una comparación del cómputo de frío con los modelos de horas frío y dinámico en diferentes regiones alrededor del mundo observó una distinta cantidad de horas acumuladas por cada porción de frío entre las localidades analizadas (Figura 2). Esto demuestra la importancia de la elección del modelo de acuerdo con las condiciones climáticas de la zona de cultivo.

Respecto a la estimación del Requisito de Calor (RC), los investigadores coinciden en el uso del modelo Horas Grado de Crecimiento o *Growing Degree Hours* (GDH por su sigla en inglés). Este modelo asume que existe una temperatura basal sobre la cual la planta comienza a avanzar en su desarrollo; luego existe una T° óptima donde la planta muestra su máxima tasa de crecimiento. Con T° superiores, la respuesta disminuye hasta no presentar crecimiento sobre T° extremas.

Algunos RF y RC referenciales para el cerezo se muestran en el Cuadro 1.

Múltiples investigaciones han reportado que, ante una mayor cantidad de frío acumulado durante el receso, menor es el RC para que la yema alcance la floración. En base a esto, se han propuesto modelos de interacción entre la exposición a frío y calor (Figura 3).

La relación antes descrita explica por qué un frío insuficiente durante el invierno, retrasa la fe-

La digitalización como una herramienta para aumentar la productividad en el campo

Digitalizar las labores del campo y dejar atrás la medición manual es una de las soluciones que ofrece Agroprime. En ese sentido, anotar todo con papel y lápiz o en una planilla ha quedado en el pasado. Saber de forma precisa qué labor realiza cada trabajador, cuántas plantas se están podando o cuántos kilos de frutas se están cosechando es clave para obtener datos precisos que ayudarán a tomar decisiones más acertadas. Por ello, Agroprime busca a través de uno de sus módulos de su software automatizar y digitalizar el registro de labores y rendimientos para optimizar la productividad en los campos.

Vicente Silva, CEO de Agroprime explica: “Un campo de frutales de 100ha, puede tener en temporada alta 500 trabajadores o más. Esto equivale a más de 100.000 horas hombre por mes, que el productor requiere entender en qué se gastan, donde se gastan y cuál es su productividad, idealmente en tiempo real”.

Así, esta empresa con su plataforma beneficia a los responsables de la toma de decisiones en las empresas agrícolas, quienes pueden visualizar en la interfaz web todo lo que está ocurriendo en el campo en tiempo real, incluso saber dónde está cada cuadrilla o trabajador. La captura de toda la información es realizada en terreno a través de apps móviles, ya sea de las labores que se realizan en el campo o en packing.

“Los datos capturados viajan automáticamente a la nube y después se despliegan en la plataforma web donde se consolidan todos los registros. Buscamos generar un cambio positivo en la manera en que se realizan las cosas en el campo”, agrega Vicente Silva.



Estas aplicaciones simplifican los procesos administrativos en el campo. “Impactamos positivamente en los costos de nuestros clientes, desde el cambio del papel por el registro digital, hasta la visibilidad de la información en tiempo real. Por lo tanto, las empresas pueden tomar decisiones más acertadas. Nosotros encargamos de transformar la información en indicadores para que las empresas puedan tomar decisiones apropiadas”, cuenta María Victoria Maldonado Growth & Customer Director de Agroprime.

Desde que Agroprime inició el desarrollo de aplicaciones móviles en 2014, constantemente recibe comentarios positivos de sus clientes respecto a esta solución, “optimizamos la visibilidad y el procesamiento de información. Ahora, gracias a esta plataforma, todos los datos se obtienen inmediatamente” subraya Maldonado.

Agroprime está presente en Chile, Argentina, Perú y Etiopía cuenta con más 5.000 usuarios activos en las aplicaciones móviles, con un alcance total de más de 140.000 trabajadores agrícolas.

agroprime

Contacto
Vicente Silva

contacto@agroprime.com
<https://agroprime.com>

Cuadro 1. Requerimientos de Frío y Calor de diferentes cultivares de cerezos. Adaptado de Fadon *et al.*, 2020.

Cultivar	Requerimiento de Frío			Requerimiento de Calor	Método	Localidad
	Horas de Frío	Unidades de Frío	Porciones de Frío	GDH		
Bing	1.000 - 1.100	1.082±27	-	-	E	España
Kordia	700 - 750	150	-	14.000	E	Turquía
Lapins	400 - 500	94	-	15.500 - 16.000	E	Turquía
Napoleón	>1.100	-	-	-	E	Turquía
Regina	-	-	86	-	E	España
Skeena	-	1.559±63	-	-	E	España
Summit	650	125	-	15.000	E	Turquía
Van	1.000 - 1.100	-	-	-	E	España

nología de los árboles, pudiendo generar un desfase entre la floración de la variedad principal y el polinizante.

También, la falta de frío puede provocar una lenta apertura de las flores y una asincronía entre el desarrollo de las hojas y los frutos, limitando el abastecimiento de estos últimos en su primera etapa de crecimiento, lo que los hace más susceptibles al aborto o pasma.

MANEJOS AGRONÓMICOS RELACIONADOS CON EL RECESO

Frente a temporadas con frío invernal insuficiente, se han

evaluado una serie de intervenciones que se pueden aplicar en el huerto para reducir sus consecuencias negativas. Entre ellas se encuentran:

- Defoliación artificial, para anticipar la entrada en dormancia.
- Uso de productos químicos rompedores de receso. La efectividad de estas aplicaciones es mayor una vez acumulados dos tercios del requerimiento de frío, por lo que un acertado registro de éste es determinante para asegurar el resultado esperado.
- Modificación ambiental, em-

pleando mallas sombra en invierno para reducir la radiación solar incidente sobre los árboles y acelerar la acumulación de frío (Figura 4). Los efectos aún son discutidos, pues se ha visto que en días despejados la malla sombra puede retrasar el descenso de la T° de las yemas durante la noche, debido a una encapsulación del aire caliente (efecto invernadero). La forma de instalación de la cubierta sería decisiva en la modificación del ambiente.

Respecto a esta última práctica, durante la temporada 2020/2021, el Centro de Pomáceas (CP) evaluó en la localidad de Sagrada Familia, el uso de malla sombra para acelerar la salida del receso invernal en cerezos. Las mediciones notaron que la cubierta redujo en un 70% la radiación solar recibida a pleno sol. También, se constataron diferencias en la T° superficial de la madera de los árboles, observándose en días despejados 7 °C menos en los troncos de los árboles bajo la malla sombra, comparado con los que estaban al aire libre, mientras que en días nublados la diferencia se redujo a 2,5 °C. Estas variaciones generaron un aumento del frío acumulado, entre el 01 de mayo y el 30 de

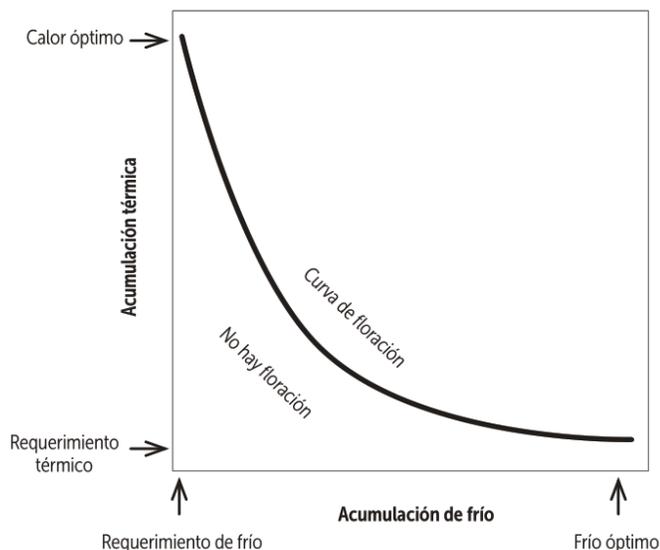
junio (Cuadro 2). Debe tenerse la precaución de retirar las mallas luego de cumplidos los RF, de lo contrario podrían producir el efecto opuesto, al reducir la acumulación térmica para activar la brotación.

Durante la temporada 2022/23, un nuevo estudio del CP constató el efecto de una malla sombra en la superación de la endodormancia de yemas de cerezos Santina/Colt. Periódicamente durante julio y agosto, se recolectaron ramillas anuales para forzar su brotación en una cámara de crecimiento, a 22 - 24 °C y fotoperiodo de 12 h de luz y 12 h de oscuridad. Con esta técnica, se evidenció que, a igual fecha de toma de la muestra, las yemas de los árboles bajo malla sombra mostraron una brotación más rápida que aquellas provenientes de árboles al aire libre, gracias a una mayor acumulación de frío (Figura 5). Además, se observó que las ramillas que crecieron al aire libre requirieron más calor (GDH) para alcanzar el 50% de brotación.

Contrariamente, cuando se desea retrasar la brotación de los árboles se pueden utilizar métodos físicos que ayudan a mantener baja la temperatura del huerto, y métodos químicos que extienden la dormancia o retrasan el desarrollo de las yemas. En cuanto a estos últimos, pocos han logrado resultados regulares, variando su eficiencia de acuerdo con las dosis y épocas de aplicación: verano u otoño previo, y algunos durante la brotación. El retraso de la salida del receso puede ayudar a evitar los daños por heladas tardías y programar secuencialmente las cosechas de una misma variedad.

CAMBIO CLIMÁTICO Y ESCENARIOS FUTUROS

En términos generales, se estima que la T° media ambiental

Figura 3. Representación de la interacción entre acumulación de frío en invierno y calor postreceso para alcanzar floración. Adaptado de Pope *et al.*, 2014.

Cuadro 2. Variación (Δ) ambiental por uso de malla sombra negra (80% de trama) entre el 01/may. y el 30/jun.

Temperatura (Δ en $^{\circ}\text{C}$)			Humedad relativa mínima (Δ en %)	Radiación solar al mediodía (Δ en %)
Media	Máxima	Mínima		
-0,3	-2,1	+0,6	+33,7	-70,5

Horas de frío ($<7^{\circ}\text{C}$) (Δ en %)	Utah o Richardson (Δ en %)	Porciones de frío (Δ en %) (01/abr – 30/jun)
-0,5	+16,5	+14,1

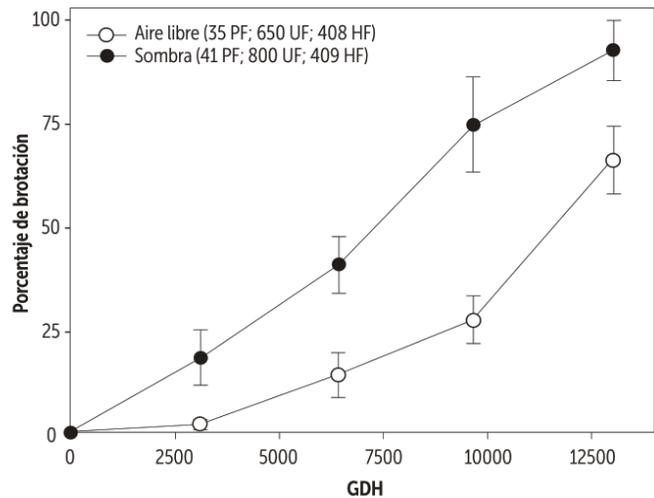
ha aumentado alrededor de 0,8 a 1,2 $^{\circ}\text{C}$, comparado con los registros del periodo preindustrial. Si esta tenencia continúa en el futuro, lo más probable es que disminuya la acumulación de frío invernal en muchos lugares donde las especies caducifolias son cultivadas.

Algunas proyecciones realizadas en base al modelo dinámico estiman un descenso del frío invernal en torno a 25 PF en Sudamérica (incluyendo el valle central de Chile). Otras estimaciones proyectan un descenso de 2 a 3 PF por década en Vallenar, Ovalle y Rengo, mientras que en Quillota el descenso podría llegar a 9 PF. Reducciones menores se esperan para Curicó, Talca, Chillan, Temuco y Osorno.

Este nuevo escenario climático pondría en riesgo el cultivo de varias especies de clima templado en Chile. Algunas proyecciones realizadas para 2050 estiman que, en localidades como Vallenar y Ovalle, la acumulación de frío no alcanzará a satisfacer las necesidades mínimas de algunas de las especies actualmente establecidas en la zona.

El nuevo escenario climático representa un gran desafío para mantener la sustentabilidad de la fruticultura chilena. El Centro de Pomáceas (CP) atiende esta problemática a través del Proyecto “Inteligencia artificial aplicada al monitoreo del comportamiento de nuevos cultivares de cerezos y manzanos en potenciales zonas productivas de la Región del Maule”, iniciativa apoyada por el Fondo de Innovación para la Competitividad del Gobierno Regional del Maule (Bip 40.047.262-0, 2023-2025). Este proyecto busca, entre otros objetivos, determinar los requisitos climáticos del nuevo material genético introducido al país, utilizando herramientas bioinformáticas y modelamiento asistido por inteligencia artificial para predecir la fenología de los árboles en

Figura 5. Brotación forzada en cámara de crecimiento de yemas de cerezos Santina/Colt provenientes de árboles al aire libre y bajo malla sombra, en función de la acumulación de GDH. Ramillas recolectadas el 15 de junio de 2022, en Sagrada Familia.



diferentes zonas agroclimáticas de la Región del Maule, enmarcado en los preceptos de la Agricultura 4.0. Junto con esto, el CP cuenta con la Plataforma

IKAROS, con la cual se monitorea la influencia del clima en el cultivo de manzanos y cerezos.

El receso invernal es un fenómeno multifactorial del cual falta mucho trabajo para comprender los procesos fisicoquímicos involucrados y cómo influir en su regulación, por lo que nuevos estudios son necesarios para lograr un adecuado establecimiento de las nuevas plantaciones frutales. **Ra**



Figura 4. Malla sombra dispuesta como techo durante el invierno en cerezos.

