



Miguel Palma



Mariana Moya



José Antonio Yuri

Unidad del Cerezo, Centro de Pomáceas, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Talca



DE FLOR A FRUTO EN CEREZOS

El establecimiento de los huertos debe considerar los requerimientos climáticos y la compatibilidad genética de las variedades para asegurar la fecundación de los frutos. El momento de floración puede ser adelantado o retrasado mediante tratamientos químicos o físicos, lo que ayuda a la mejor comercialización de la fruta y a la gestión del huerto.

En Japón, entre los meses de febrero y mayo se realiza el *Hanami*, una tradición que honra el *sakura* o floración de los cerezos. Durante este periodo, las familias y amigos asisten a los diferentes parques del país a compartir alimentos mientras contemplan la belleza del avance de la anthesis (Figura 1). Cada año, el *sakurazensen* o “frente de floración de los cerezos” es anunciado por la Agencia Meteorológica de Japón, cuya estimación se realiza en base al monitoreo de árboles referenciales y el comportamiento de las temperaturas. En los siglos pasados, el *sakura* indicaba el inicio de la primavera, por lo que ya era seguro iniciar las siembras de arroz. Actualmente, esta tradición constituye una instancia de reflexión sobre lo hermosa, frágil y efímera que es la vida y el inicio de un nuevo ciclo.

En Chile, el cerezo es la especie frutal de mayor importancia y rentabilidad del momento. El desarrollo tecnológico ha permitido influir en el momento de ocurrencia de la floración, pudiendo ser adelantada o retrasada, lo que afecta directamente la fecha de cosecha de la fruta. El desplazamiento de la floración se realiza en función del Año Nuevo en China, el cual se celebra la segunda luna nueva después del solsticio de invierno del hemisferio norte. Esto fuerza a programar la mayor oferta de cerezas en la antesala de esta festividad, cuando es el periodo de mayor demanda y valoración de este producto en aquel mercado.

A continuación, se analizarán algunos aspectos fisiológicos sobre la floración de los cerezos, incluyendo manejos agronómicos para influir en su desplazamiento fenológico. También, se revisará la transferencia de polen y cómo favorecer la fecundación de los frutos.

INDUCCIÓN Y DIFERENCIACIÓN FLORAL

La inducción floral en cerezos ocurre alrededor del periodo de cosecha de la fruta (noviembre y diciembre) y es influenciada por factores climáticos (largo del día y temperatura), fisiológicos (hormonas y disponibilidad de carbohidratos) y, en algunos casos, situaciones de estrés abiótico (por ejemplo, limitaciones de recursos) que hacen priorizar el crecimiento reproductivo de los árboles.

La diferenciación floral se inicia al final del verano y los meses de otoño, continúa lentamente durante el receso invernal, y culmina con la apertura de las flores



Figura 1: Hanami 2019 en honor al *Sakura* en el Parque Koganei de Tokio, Japón.

(antesis) en primavera (Figura 2).

En las primeras etapas de la diferenciación floral, el proceso puede ser alterado por situaciones de alto estrés térmico en las yemas, generando malformaciones que darán origen a frutos dobles o con suturas abiertas. Para prevenir esto, durante la postcosecha de los huertos, se debe continuar resguardando el estado hídrico, nutricional y sanitario de los árboles, lo que evita que tengan limitaciones fisiológicas frente a las olas de calor en verano. Además, se pueden utilizar estrategias de reducción de la temperatura del follaje, como el uso de mallas sombra, riego elevado y bloqueadores solares del tipo caolinita.

RECESO INVERNAL Y COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO

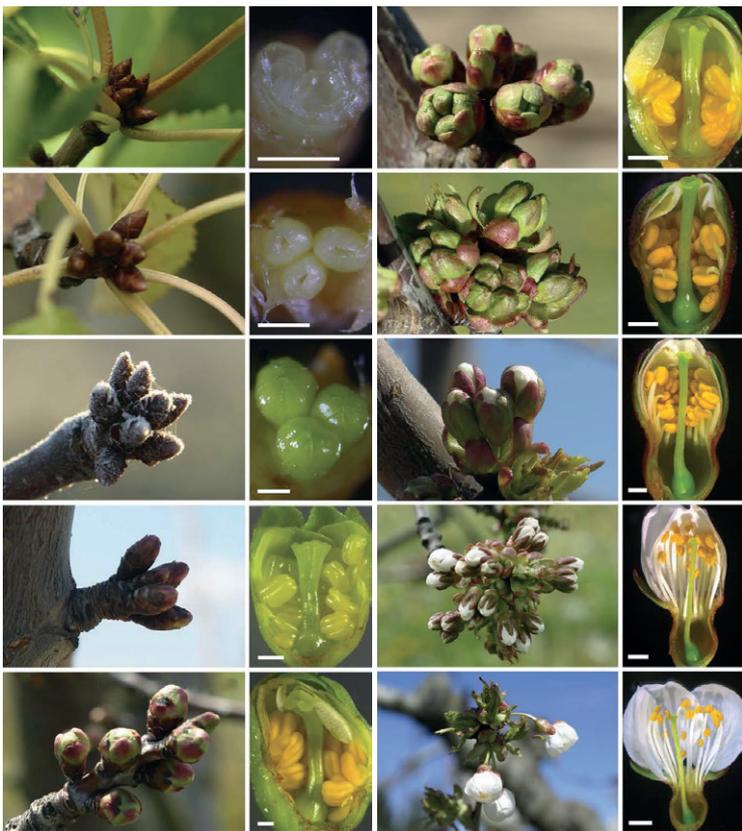
Durante el otoño y la primera mitad del invierno, las yemas florales se encuentran en un estado de endo-dormancia cuya superación es limitada por la necesidad de un tiempo de exposición a bajas temperaturas (frío invernal). Luego que este requerimiento es satisfe-

“ La inducción floral en cerezos ocurre alrededor del periodo de cosecha de la fruta”.

Figura 2:

Etapas de la diferenciación floral en cerezos.

Adaptado de Herreno et al., 2017.



cho, las yemas pasan a un estado de eco-dormancia, siendo la floración condicionada a la ocurrencia de un periodo prologado con temperaturas más elevadas (requerimiento de calor).

Los requerimientos de frío invernal y de calor son diferentes entre las variedades y pueden cambiar de acuerdo con el acondicionamiento de los árboles entre zonas agroclimáticas y el comportamiento de las condiciones ambientales durante la formación de las yemas. El Cuadro 1 muestra una recopilación de los requerimientos de frío y calor para la superación del receso invernal de los principales cultivares presentes en Chile, evaluados en diferentes temporadas y ubicaciones alrededor del mundo.

La amplia variabilidad de antecedentes climáticos disponibles para una misma variedad y la poca información desarrollada para el nuevo material genético introducido al país, dificulta orientar el establecimiento de nuevas plantaciones de cerezos en las diferentes zonas agroclimáticas de Chile. Por otro lado, la ocurrencia de condiciones ambientales cada vez más cálidas ha hecho incierta la representatividad de los modelos de superación del receso invernal, no consiguiéndose, en algunos casos, una predicción apropiada del comportamiento fenológico de los árboles.

En este contexto, el Centro de Pomáceas de la Universidad de Talca está ejecutando el proyecto “Inteligencia artificial aplicada al monitoreo del comportamiento de nuevos cultivares de cerezos y manzanos en potenciales zonas productivas de la Región del Maule” (Código Bip 40.047.262-0), iniciativa apoyada por el Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC) del Gobierno Regional del Maule, que busca realizar una clasificación del potencial productivo de estas dos especies en diferentes zonas del Maule y desarrollar indicadores de los requerimientos agroclimáticos para la superación de la dormancia y la predicción de los estados fenológicos. Los resultados del proyecto esperan brindar más información del comportamiento de cultivares de reciente introducción, colaborando con el buen éxito de nuevas plantaciones, maximizando su producción de fruta.

Cuadro 1: Requerimientos de frío y calor para la superación del receso invernal en variedades de cerezos

Variedad	Requerimientos de frío		Requerimiento de calor	
	Horas < 7 °C	Unidades de Frío	Porciones de Frío	Grados Hora de Crecimiento
Santina	– 508 – 674	600 – 800 666 – 1.070	42 35 – 47	– 6.723
Lapins	400 – 450 391 – 561	– 529 – 802	35 – 45 30 – 37	15.000 – 16.000 6.000
Regina	– –	1.000 – 1.400	86 47 – 86	6.294 –
Bing	1.000 – 1.100 –	1.082 ± 27 700 – 1.000	50 –	6.147 –
Sweet Heart	446 – 674	604 – 1.070	32 – 47	6.723
Kordia	700 – 750 –	150 –	– –	14.000 6.643 – 7.031
Skeena	– 511 – 674	1.559 ± 63 618 – 1.070	– 33 – 47	– –
Rainier	440 – 643	596 – 917	32 – 42	6.007
Van	1.350	1.150	–	–

Cuadro 2 : Grupos de incompatibilidad genética en variedades de cerezos.

Grupo de Incompatibilidad	Alelos S	Variedades
II	S ₁ S ₃	Van, Areko, Regina
III	S ₃ S ₄	Bing, Sweet Lorenz, Sweet Valina
IV	S ₂ S ₃	Nimba
VI	S ₃ S ₆	Kordia
IX	S ₁ S ₄	Rainier, Sylvia, Sweet Gabriel
X	S ₆ S ₉	Polka, Pisue 376
Autocompatibles	S ₁ S ₄	Frisco, Lapins, Santina, Skeena
	S ₃ S ₄	Stella, Sweet Aryana, Sweet Gabriel, Sweet Heart
	S ₄ S ₉	Pacific Red

FISIOLOGÍA FLORAL E INCOMPATIBILIDAD

En la Zona Central de Chile, la floración de los cerezos ocurre desde mediados de septiembre hasta principios de octubre, pudiendo durar entre 8 a 12 días en zonas con temperaturas entre 20 a 25°C.

La antesis se produce durante las primeras horas de la mañana, siendo este momento cuando el estigma presenta la mayor receptividad al polen, descendiendo paulatinamente

en los días sucesivos.

Las flores del cerezo son simples, hermafroditas, de color blanco, agrupadas en corimbos de 1 a 5. Las inflorescencias pueden formarse tanto en yemas florales ubicadas en la base de las maderas de 1 año (yemas aisladas) o en dardos sobre madera de dos o más años (yemas de dardos).

En la mayoría de las variedades, la fecundación de las flores requiere de polinizantes, dada la frecuente incompatibilidad genética, haciendo

a la planta autoestéril, como una forma de favorecer la supervivencia de la especie al aumentar la variabilidad en sus descendientes.

El gen S se ha identificado como el responsable de esta esterilidad, el cual incluye distintos alelos incompatibles entre ellos. A partir de los años 80, en la Estación Experimental de Summerland, Canadá, se desarrollaron algunas variedades autocompatibles que presentaban mutaciones en el gen S. Entre las de mayor éxito comercial se encuentran Lapins, Santina y Skeena.

La elección de las variedades para el establecimiento de un huerto debe considerar la compatibilidad para asegurar una óptima productividad frutal. Los análisis de secuenciación genómica han permitido identificar a las variedades que presentan los mismos alelos (incompatibles entre sí) y han sido reunidas en grupos de incompatibilidad, requiriendo ser polinizadas por cualquier variedad de otro grupo. El Cuadro 2 presenta los grupos de incompatibilidad de las principales variedades de cerezos cultivadas en Chile.

MANEJO DEL MOMENTO DE FLORACIÓN

Asumida la compatibilidad/incompatibilidad genética entre cultivares, el establecimiento de una plantación de cerezos debe tener en cuenta la sincronía de los momentos de floración de éstos, a fin de favorecer la disponibilidad de polen. El Cuadro 3 recopila los momentos de floración y cosecha de las principales variedades de cerezas en la zona central de Chile.

Actualmente, el manejo agronómico permite adelantar o retrasar el momento de floración de los cerezos. Esto puede realizarse para hacer coincidir la oferta de fruta con el periodo de mayor demanda en los mer-

Cuadro 3 : Momento de floración y cosecha de las principales variedades de cerezos en la zona central de Chile

Variedades	Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero	
	1°	2°	3°	4°	1°	2°	3°	4°	1°	2°	3°	4°	1°	2°	3°	4°	1°	2°
Nimba		🌸	🌸	🌸					🍒	🍒								
Pacific Red		🌸	🌸	🌸					🍒	🍒								
Sweet Aryana		🌸	🌸	🌸					🍒	🍒								
Frisco		🌸	🌸	🌸						🍒	🍒							
Polka		🌸	🌸	🌸						🍒	🍒							
Royal Dawn		🌸	🌸	🌸						🍒	🍒							
Sweet Gabriel		🌸	🌸	🌸						🍒	🍒							
Sweet Lorenz		🌸	🌸	🌸						🍒	🍒							
Sweet Valina		🌸	🌸	🌸							🍒	🍒						
Rainier		🌸	🌸	🌸							🍒	🍒						
Santina			🌸	🌸	🌸						🍒	🍒	🍒					
Pisue 376		🌸	🌸	🌸								🍒	🍒					
Bing			🌸	🌸	🌸								🍒	🍒				
Lapins		🌸	🌸	🌸									🍒	🍒	🍒			
Areko				🌸	🌸	🌸								🍒	🍒			
Kordia				🌸	🌸	🌸								🍒	🍒			
Sweet Heart			🌸	🌸	🌸									🍒	🍒			
Skeena				🌸	🌸	🌸									🍒	🍒		
Regina					🌸	🌸									🍒	🍒	🍒	

🌸 = Floración 🍒 = Cosecha Fuente: A.N.A. Chile.

cados de destino, segmentar las cosechas, sincronizar la floración de los polinizantes con la variedad comercial o para escapar del periodo de riesgo de heladas en zonas con alta frecuencia de estos eventos. En cualquier caso, la variación en la fecha de floración siempre será mayor al tiempo en que se desplazará la cosecha.

A continuación, se describen algunos métodos para adelantar y retrasar la floración utilizados en cerezos.

► **Métodos para adelantar la floración**

Tradicionalmente, la floración de los cerezos es adelantada mediante tratamientos químicos que compensan el requerimiento de frío invernal de las yemas. Entre los métodos más utilizados se encuentran:

- **Cianamida Hidrogenada:** aplicaciones en dosis de 1,5 a 3%, según la variedad, entre los 65 o 55 días antes de la plena flor (con un 60 a 70% del requerimiento de frío), tanto si el objetivo es adelantarla como si es uniformizarla.

- **Uniformadores de brotación:** además de concentrar la floración, estos productos logran adelantar la apertura de las yemas vegetativas, permitiendo al árbol disponer anticipadamente de hojas. El efecto en el adelanto es inferior al de la Cianamida, no obstante, cuando son aplicados en conjunto, el desplazamiento es mayor que el logrado por separado. En el mercado hay distintas alternativas con diferentes ingredientes activos, no obstante, pocos han sido evaluados en las condiciones chilenas.

- **Mezclas de huerto:** si no se dis-

pone de productos comerciales, pueden elaborarse mezclas en base a Nitratos o Polisulfuro de Calcio, cuyo efecto cáustico sobre las yemas ayuda a la terminación prematura de la dormancia.

Así mismo, la floración puede ser adelantada anticipando la salida del receso mediante técnicas físicas que reduzcan la temperatura de los árboles y aceleren la acumulación de frío invernal. Entre éstas destaca el uso de mallas sombreadoras negras, un procedimiento cuya primera experiencia fue documentada en 1968 para durazneros en Israel. Algunas evaluaciones realizadas por el Centro de Pomáceas en huertos de cerezos con mallas negras mostraron que, en días despejados, la temperatura del tronco de los árboles cubiertos fue 7 °C menor a la de aquellos al aire libre (Figura 3). En días nublados, la diferencia se redujo a 2,5 °C.

Sé parte del primer libro de Sebastián Ochoa

El principal asesor de arándanos a nivel mundial



Ya nos acompañan las siguientes empresas:



Agustina Martínez
+56 9 5228 4355
amartinez@mundoaagrocl



Main Sponsor



Por otro lado, algunos huertos han comenzado a realizar aspersión de agua sobre los árboles durante el invierno, lo cual además de reducir la temperatura de la madera, realizaría un lavado de los inhibidores de la brotación en las yemas. No obstante, hay escasos estudios que hayan cuantificado estos efectos.

En ambas situaciones descritas anteriormente, se debe tener la precaución de retirar o suspender los métodos de reducción de la temperatura luego de cumplidos los requerimientos de frío, pues de lo contrario podrían producir el efecto opuesto, al reducir la acumulación térmica para activar la brotación.

Luego del cumplimiento del requisito de frío, la floración puede ser adelantada modificando el ambiente con cubiertas plásticas para aumentar la temperatura de los árboles. De acuerdo con evaluaciones realizadas por el Centro de Pomáceas en cerezos cv. Santina con techo plástico y macrotúnel, la fecha de floración puede ocurrir 5 y 7 días más temprano, respectivamente, que en un cultivo al aire libre. Por otro lado, cuando el uso de cubiertas es complementado con rompedores de dormancia, el adelanto puede llegar a 17 y 38 días (Figura 4).

En los últimos años, algunos huertos han incorporado la instalación de cierres perimetrales en las plantaciones con techos plástico (Figura 5). Esto ayudaría a reducir la circulación del aire y aumentaría la temperatura de los árboles, siendo una alternativa muchísimo más económica que la instalación de macrotúneles. No obstante, aún no se ha cuantificado el efecto térmico de este diseño y su contribución al avance la floración.



Figura 3: Temperatura superficial de árboles al aire libre (izquierda) y bajo malla sombra (derecha) en día despejado. Temporada 2022/2023. Sagrada Familia, Región del Maule.

► **Métodos para retrasar la floración**

El retraso de la floración puede ser utilizado para postergar el crecimiento y madurez del fruto con el objetivo de escalonar la cosecha del huerto, así como para evitar daños en las estructuras florales en localidades con frecuente ocurrencia de heladas tardías.

El retraso de la floración se logra mediante la selección de variedades de alto requerimiento de frío; 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 al uso de productos químicos, pocos han logrado resultados regulares, variando su eficiencia de acuerdo con las dosis y épocas de aplicación (verano u otoño previo; durante la brotación). Entre los productos más exitosos destacan los liberadores de Etileno, Giberelinas, Auxinas, aceites y emulsificantes, Hidrazida Maleica, Daminozide, Chlormequat, Aminoetoxivinilglicina (AVG), Ácido Abscísico (ABA) y el bioestimulante Retard Cherry RC. En cuanto a este último, evalua-

ciones del Centro de Pomáceas han cuantificado retrasos en la floración de 6 a 8 días en cerezos cv. Regina y Sweet Heart, respectivamente.

TRANSFERENCIA DE POLEN Y GESTIÓN DE LA POLINIZACIÓN

La polinización es el proceso de transporte del polen desde las anteras hasta el estigma de una flor, antesala de la fecundación del óvulo. En los cerezos, este proceso es realizado por los insectos, principalmente abejas (*Apis mellifera*), utilizándose al menos 8 colmenas por hectárea.

Las flores del cerezo son muy seductoras para las abejas, debido a que son vistosas y aportan hasta 13 mg diarios de néctar con 55% de azúcar, lo cual las hace muy atractivas (Figura 6).

Las colmenas deben establecerse en el huerto a partir de botón blanco, distribuidos en grupos a una distancia no superior a 200 m entre ellos. La instalación debe ser en lugares secos y soleados, tienen que quedar alzadas, sobre estructuras que eviten el contacto con el suelo, con las piqueras mirando hacia la cara oriente, para aprovechar la salida del sol.

La mayor actividad de las abejas



Figura 4: Diferencias fenológicas de cerezos cv Santina con y sin macrotúnel. Temporada 2019/2020. Sagrada Familia, Región del Maule.



Figura 5: Instalación de cierres perimetrales en huertos de cerezos con techos plásticos.

ocurre cuando las temperaturas superan los 15 °C y la radiación solar sobrepasa los 300 W/m².

El trabajo de las abejas puede ser complementado con el suministro adicional de polen en la piquera de las colmenas, lo que favorece una mayor transferencia. El almacenamiento de este producto debe siempre resguardar la cadena de frío (-15 a -10 °C) y antes de ser aplicado, el alza de temperatura tiene que ser gradual para mantener su viabilidad.

En huertos con cubiertas plásticas, la actividad de las abejas es muy baja debido a la filtración de la radiación ultravioleta (UV) generada por los aditivos que tiene el material para aumentar su viabilidad. La luz UV es necesaria para que estos insectos puedan orientar su vuelo. En estas condiciones, el uso de abejorros (*Bombus sp.*) ha mostrado tener un buen comportamiento, alcanzado una alta actividad incluso con temperaturas elevadas.

Por otro lado, investigaciones han reportado que el establecimiento de corredores biológicos en la entre hilera de los huertos contribuye a la atracción de agentes polinizadores nativos, lo que aumenta la fecunda-



Figura 6: Abeja extrayendo néctar en flores de cerezo.

ción de la especie comercial, por una mayor población de vectores que realizan una más alta transferencia de polen.

Complementariamente, algunos huertos de cerezo han asistido la actividad de los insectos con la aplicación mecánica de polen a través de pulverizadores electrostáticos, los cuales generan una nube cargada con partículas de agua y polen, lo que posibilita que las gotas sean atraídas por las estructuras florales (Figura 7).

Una investigación realizada por

el Centro de Pomáceas en cerezos cv. Regina observó un aumento en la cuaja, retención y rendimiento de frutos de los árboles que recibieron una polinización con abejas y asistida, con aplicación mecánica de polen, respecto a una tradicional sólo con abejas, aunque sin diferencias significativas entre los tratamientos (Figura 8).

La eficiencia de una polinización asistida con pulverizadora electrostática depende de aspectos técnicos, morfológicos de la planta y climáticos.

Entre los aspectos técnicos se encuentran las características del equipo pulverizador, la forma de carga de la solución y cómo es implementada la aplicación en el campo. La carga con un voltaje muy elevado puede generar desestabilidad hidrodinámica de las gotas, rompiéndose en unidades más pequeñas sin carga. Por otro lado, mientras mayor es la distancia entre la boquilla y la flor, menor es la probabilidad de atracción, pues mientras más tiempo se demora el recorrido de la gota mayor es la pérdida de carga.

Respecto de las características morfológicas de las plantas es relevante la anatomía floral, ya que en



Figura 7: Aplicación mecánica de polen con pulverizadora electrostática en cerezos.

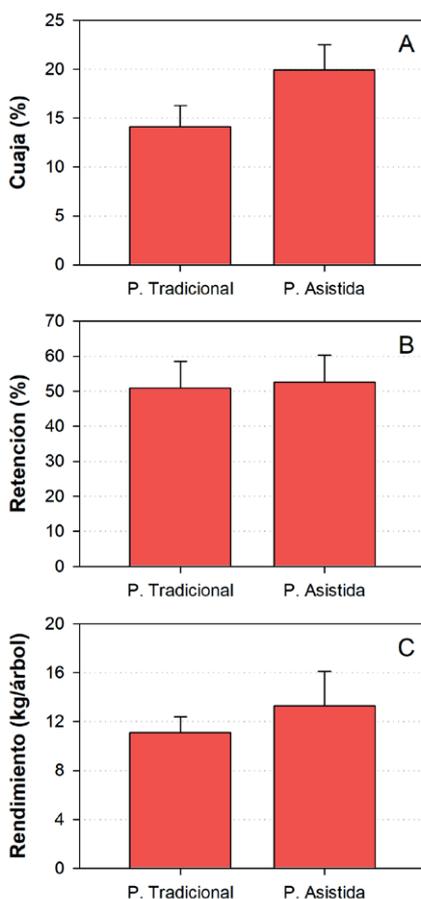


Figura 8: Cuaja (A), retención (B) y rendimiento (C) de fruta de cerezos cv. Regina con polinización (P.) tradicional y asistida con aplicación mecánica de polen. Temporada 2019/2020. San Clemente, Región del Maule.

flores donde el estigma sobresale, la transferencia de polen es más eficiente que en aquellas en las que no.

En cuanto a las variables climáticas, cuando las aplicaciones son realizadas con una velocidad del viento mayor a 10 m/s, la efectividad de la polinización es casi nula, debido a que las fuerzas electrostáticas no son capaces de captar el polen. Por otro lado, la temperatura al momento de la aplicación afecta las cargas superficiales de las plantas, siendo más negativas en días despejados, en cambio cuando hay baja temperatura y el cielo está cubierto o con lluvia, puede ocurrir una variación en el campo eléctrico y las cargas cambiarse a positivas.

La experiencia de la polinización asistida en Chile requiere más investigación a fin de aumentar su efectividad en los cultivos, pudiendo llegar a convertirse en un buen complemento para huertos con ambiente modificado que adelantan la floración a momentos en que las condiciones ambientales aún no son favorables para los agentes polinizantes.

COMENTARIOS FINALES

La floración de los cerezos, que marca el inicio de la temporada, expresa

el potencial productivo del huerto y constituye el principal indicador de cuándo será la cosecha de la fruta.

La formación y calidad de las flores deriva de la influencia de múltiples factores ambientales y de manejo ocurridos durante la temporada anterior.

El establecimiento de los huertos debe considerar los requerimientos climáticos y la compatibilidad genética de las variedades para asegurar la fecundación de los frutos.

El momento de floración puede ser adelantado o retrasado mediante tratamientos químicos o físicos, lo que ayuda a la mejor comercialización de la fruta y a la gestión del huerto.

Luego de la apertura de las flores, la transferencia de polen dependerá tanto de la actividad de los agentes polinizantes como de las condiciones ambientales y el manejo microclimático del huerto. En condiciones desfavorables para los insectos, la aplicación mecánica de polen puede ayudar a su transferencia y favorecer la cuaja de los frutos.

Durante siglos, el *sakura* ha cautivado la atención de múltiples personas, haciéndolos reflexionar sobre lo bella, frágil y efímera que es la vida y sobre el inicio de un nuevo ciclo. ☘

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC) del Gobierno Regional del Maule, por su apoyo al Proyecto "Inteligencia Artificial aplicada al monitoreo del comportamiento de nuevos cultivares de cerezos y manzanos en potenciales zonas productivas de la Región del Maule" (BIP 40.047.267-0).