

En cerezos, como alternativa a la cianamida hidrogenada

Uso de promotores de brotación para la salida de dormancia

Tras la prohibición de la Unión Europea del uso de cianamida hidrogenada como rompedor de dormancia, se hace necesaria la búsqueda de alternativas que suplan su uso. Esta es la propuesta del siguiente artículo, en un trabajo del CER en el cultivo del cerezo.

Los frutales caducifolios, a diferencia de otras especies, eliminan sus hojas y reducen su actividad y crecimiento visible durante el invierno como parte de una estrategia para sobrevivir a las condiciones adversas de ese periodo, una fase conocida como latencia o dormancia. Esta es el cese del crecimiento visible de cualquier órgano vegetal (Melgarejo, 1996) y se divide en tres etapas, para-dormancia, endodormancia (que se divide en endodormancia profunda y superficial) y finalmente ecodormancia (Lang *et al.*, 1987). Durante la para-dormancia, el crecimiento es restringido por la inhibición correlativa de brotes en continuo crecimiento a fines de verano. A medida que se acorta el fotoperíodo y temperatura, las yemas entran en el estado de endodormancia profunda. Aquí ocurre un descenso de la respiración celular, del contenido de giberelinas y citoquininas, y aumenta el ácido abscísico, los carbohidratos estructurales y las yemas no brotan incluso removiendo la inhibición correlativa (Faust *et al.*, 1991).

A su vez, en el proceso de endodormancia profunda, las yemas serían sensibles al frío invernal necesario para brotar en primavera. Consecuentemente, a fines de invierno las yemas entran en endodormancia superficial, siendo susceptibles a rompedores de dormancia. Para asegurar una buena salida de receso, las especies caducas requieren acumular cierta cantidad de frío durante la endodormancia profunda, recuento que comienza usualmente a partir del 1 de mayo, con el inicio de la caída de hojas y posterior acumulación de calor a inicios de primavera.

Estudios realizados por el CER han validado el recuento de forma práctica desde el 1 de abril, en la zona central de Chile, lo cual ha mostrado una mayor correlación con la calidad del frío invernal.

ES IMPORTANTE CONOCER LA ACUMULACIÓN DE FRÍO DURANTE LA TEMPORADA

La cuantificación del tiempo bajo un cierto rango de temperaturas frías permitiría estimar el avance de la endodormancia hacia la ecodormancia. Existen diferentes modelos para calcular los requerimientos de frío de las diferentes especies. En Chile, el más usado es el de Weinberger u horas frío, base 7 (1950), que contabiliza una hora frío cuando las plantas han sido expuestas una hora a una temperatura inferior a 7°C, considerando igual de efectiva cualquier temperatura entre 0°C y 7°C y sin efecto frente a la exposición fuera de este rango.

Sin embargo, otros modelos como los de Utah y dinámico, continúan con su posicionamiento debido a la mayor precisión a la hora de contabilizar el frío. Específicamente en cerezos, se recomienda el uso del modelo dinámico debido a la gran expansión y distribución geográfica de esta especie en los últimos años, y a la mejor adaptabilidad del modelo a las diferentes localidades.

Este modelo plantea que el frío se acumula de forma diferenciada de acuerdo con el rango, intensidad y duración de la temperatura. Además, propone el cálculo de

frío en base a las porciones frío (PF), para lo cual se recomienda iniciar los recuentos desde abril como referencia al inicio de caída de hojas en cerezos. En concordancia a esto, en ensayos realizados por el CER durante la temporada recién pasada en cuatro localidades de las regiones de O'Higgins y el Maule, se observó una muy buena acumulación de frío temprana, alcanzando las 42 PF el 18 de junio para la localidad de Limahue, 25 de junio para Rengo y Sagrada Familia y el 2 de julio para Codegua (Figura 1).



POR POR MARJORIE MILLANAO, INVESTIGADORA DEL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DEL CER

MANEJOS PARA ADELANTAR Y HOMOGENEIZAR LA BROTAÇÃO EN CEREZOS

Cianamida hidrogenada: Debido al cambio climático se pronostican aumentos en las temperaturas y, por consiguiente, una disminución en el número de horas-frío útiles para los frutales caducifolios en gran parte del territorio nacional. Esta problemática se exacerbaba si se considera que la cianamida hidrogenada, el producto más utilizado como rompedor de dormancia, ha sido prohibido en Europa, por ser considerado una sustancia altamente tóxica para los operadores y el ecosistema. Esto abre las posibilidades de una inminente prohibición en Chile y la necesidad de buscar alternativas más inocuas pero con similar efectividad.

La cianamida hidrogenada presenta una relativamente alta efectividad en cuanto a su capacidad de hacer que

Figura 1. Acumulación de porciones de frío desde el 1 de abril al 31 de julio en cuatro zonas de la Región de O'Higgins y Maule durante la temporada 2022-2023.

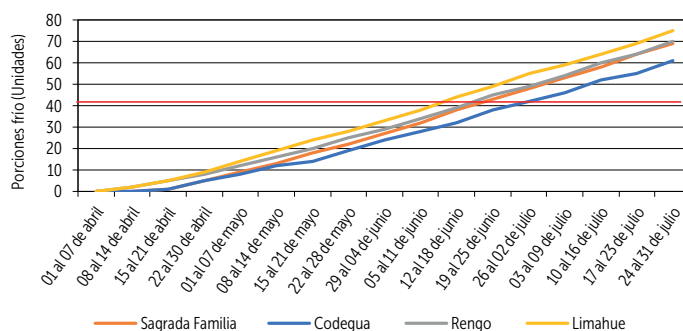
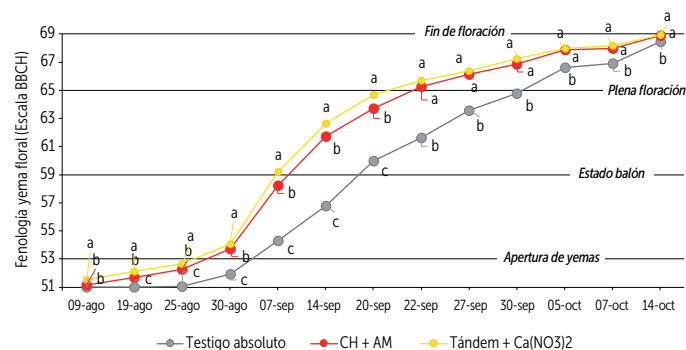


Figura 2. Gráfica del seguimiento fenológico de las yemas florales mediante escala BBCH para carozos en cerezos cv. Santina durante la temporada 2022-2023.



las yemas superen el estado de dormancia y broten (Viol *et al.*, 2021). Este hecho se debe principalmente a su efecto como agente inductor de una acumulación de Especies Reactivas al Oxígeno (ROS) dentro de las yemas, las cuales actúan en concentraciones normales como señalizadores celulares (Gholizadeh *et al.*, 2017), pero a medida que aumenta su acumulación producen daño oxidativo (Molina *et al.*, 2022) y, por consiguiente, obligan a las yemas a aumentar su metabolismo interno y salir de la endodormancia (Barba-Espín *et al.*, 2022). Según las recomendaciones técnicas en cerezos, la aplicación de cianamida hidrogenada podría realizarse cuando se ha cumplido aproximadamente un 75% del requerimiento de frío de la variedad, lo que corresponde a una acumulación dentro de las 42 a 45 PF, siempre y cuando no existan riesgos de heladas que puedan disminuir el porcentaje de fertilidad de las yemas y consecuente producción de la temporada.

Homogenizadores de la brotación: Por más de 30 años, distintos tratamientos químicos homogenizadores de la brotación han sido usados en la fruticultura, especialmente aquellas en base a análogos de citoquininas (thidiazuron), GAs, nitrato de potasio, aceites minerales y otras sustancias dinitro-o-cresoles. El mercado ofrece una amplia gama de estos productos, donde la mayoría de ellos están formulados en base a sustancias nitrogenadas. Un aumento de nitrógeno apli-

cado mediante homogenizadores de dormancia resultarían en un efecto similar a la cianamida hidrogenada aumentando la síntesis de ROS y así estimular la salida de dormancia. Recientemente, la aplicación de estos productos se recomienda bajo una estrategia ‘tándem’, la cual consiste en la aplicación de cianamida hidrogenada + aceite en un momento ‘A’, donde adicionalmente 6 a 10 días después (‘B’) se aplica un homogenizador de dormancia + $Ca(NO_3)_2$.

En cuanto a la efectividad tanto de la cianamida hidrogenada como de los diferentes homogenizadores sobre el adelanto en la brotación de las yemas, ensayos realizados en cerezos de la variedad Santina durante la temporada 2022/23, han evidenciado un

adelanto significativo en la brotación y desarrollo de las yemas florales, tanto en plantas tratadas con cianamida hidrogenada durante la segunda quincena de julio como en formato ‘tándem’ con los diferentes homogenizadores de la brotación, en relación con el testigo absoluto de acuerdo a la escala BBCH para frutales de carozo (Figura 2). Las diferencias detectadas entre los tratamientos sobre el adelanto en la fenología de las yemas florales, puede deberse a un efecto sinérgico de la aplicación de cianamida y homogenizadores de la brotación sobre el adelanto en la salida de dormancia, aun cuando los requerimientos de frío invernal hayan sido cubiertos durante el reposo de las yemas, ya que esta variedad es considerada de medio requerimiento de frío. En la Tabla 1 se presenta el registro fotográfico del estado predominante durante el seguimiento mediante escala BBCH para carozos (Meier, 1997).

En concordancia a lo observado en la yema floral, se observó un adelanto significativo sobre el desarrollo de las yemas vegetativas en relación con el testigo absoluto, donde las plantas tratadas en formato tándem con homoge-

nizadores mostraron un adelanto en la fenología, en la mayoría de las evaluaciones, seguido de las tratadas con cianamida hidrogenada. Estos resultados son muy interesantes, debido a que, si bien el uso de estos productos se recomienda bajo situaciones de una deficiente acumulación de frío, por su efecto se ve potenciado en temporadas con una muy buena acumulación de frío, permitiendo disponer de hojas funcionales y fotosintéticamente activas antes de que las reservas sean consumidas.

Por otra parte, si bien ambas estrategias utilizadas presentan un adelanto similar y significativo respecto a no aplicar cianamida o promotores de la brotación bajo una condición de buena acumulación de frío, en presencia de una temporada de mala acumulación el efecto de estas estrategias varía, dependiendo de la variedad y localidad.

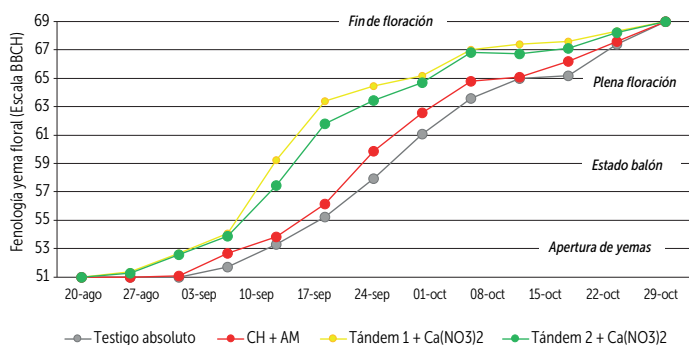
Referente a esto, la temporada 2018/19 se caracterizó por una mala y tardía acumulación, donde las 42 PF se alcanzaron el 16 de Julio en la localidad de Rengo, fecha habitual para la aplicación de cianamida hidrogenada en la zona central de Chile. Respecto a

Tabla 1. Estado general de las plantas desde el 9 de agosto al 14 de octubre de 2022.

Tratamiento	09-08-2022	30-08-2022	20-09-2022	27-09-2022	05-10-2022	14-10-2022
TESTIGO ABSOLUTO	51 ¹ 	52 	60 	63,6 	66,6 	68,4
CH + ACEITE	51,2 	53,7 	63,7 	66,1 	67,9 	68,9
TÁNDEM	51,6 	54 	64,7 	66,4 	68 	69

1/ Media ajustada según MLMix para el seguimiento fenológico de la yema floral.

Figura 3. Gráfica del seguimiento fenológico de las yemas florales mediante escala BBCH para carozos en cerezos cv. Regina durante la temporada 2018-2019.



esto, en un ensayo realizado por el CER durante esa temporada en la variedad Regina, se comparó el efecto de un testigo absoluto sin aplicación de estos productos (T0), una aplicación de cianamida + aceite (T1) y dos homogenizadores de la brotación disponibles en el mercado nacional bajo la estrategia tándem (T2 y T3).

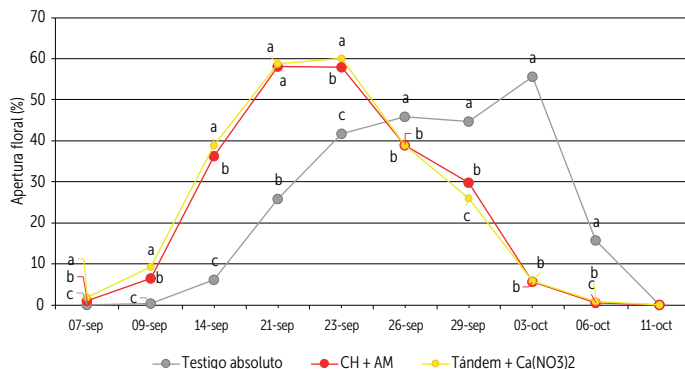
En la Figura 3 se puede observar que, si bien todos los tratamientos adelantaron la fenología respecto al testigo absoluto, destaca el efecto tándem de ambos productos promotores de la brotación versus la cianamida hidrogenada. Estos resultados son muy importantes al momento de hacer un análisis y proyección de la temporada 2023/24, debido a que, según los registros meteorológicos, al 30 de junio se han acumulado 39 PF, semejante a la acumulación de frío registrada la temporada 2018/19. Por lo anterior, resulta fundamental considerar estas herramientas de adelanto y homogenización de la brotación dada la baja acumulación de frío observada durante la presente temporada.

Adicionalmente al seguimiento de la fenología de la yema floral, se midió la duración de la floración, comprendida entre el estado balón (BBCH 59) y plena floración (BBCH 65) para cada uno de los tratamientos. De esta estimación, fue posible observar que las plantas tratadas en formato “tándem” con promotores de la brotación presentaron el estado balón 10 días antes que las plantas tratadas con cianamida y testigo absoluto, adelantando el desarrollo floral. Del mismo modo, la aplicación de los tratamientos tándem logró adelantar el estado de plena floración en 6 días en comparación a sólo aplicar cianamida hidrogenada; y 8 días en relación con el testigo absoluto sin aplicar (Tabla 2).

CONCENTRACIÓN DE LA FLORACIÓN EN CEREZOS

Otro efecto de la aplicación de cianamida y de los diferentes homogenizadores de la brotación es la duración y concentración de la floración, permitiendo a los productores garantizar la sincronía entre variedad – polinizante, mejorando la eficiencia del plan

Figura 4. Gráfica de la apertura floral en cerezos cv. Santana durante la temporada 2022-2023 (CH= Cianamida Hidrogenada; AM= aceite mineral).



de manejo de aplicaciones según estado fenológico. Ensayos realizados por el CER en la temporada 2022/23, evaluando la concentración a través de la apertura floral desde el 7 de septiembre al 11 de octubre, mostraron una mayor concentración y desplazamiento de las curvas de apertura hacia fechas tempranas en las plantas tratadas, respecto a las sin tratar, las cuales presentaron aperturas florales más tardías (Figura 4).

Esta concentración se mantuvo durante todo el seguimiento, siendo el 21 de septiembre el momento en donde se alcanzó la plena floración en las plantas más avanzadas (58% de flores abiertas) versus un 26% en el testigo absoluto, el cual alcanzó la plena floración 12 días después. A pesar de este agrupamiento entre tratamientos, se observó significativamente una mayor media en las plantas tratadas con los diferentes homogenizadores de brotación, respecto a la cianamida hidrogenada, resultados similares a los observados por Ardiiles y Ayala (2017) en cerezos Santana. Estos resultados son muy intere-

santes, debido a que temporadas con inviernos fríos promueven la formación de yemas de mayor calidad y la concentración de la floración aumenta el período efectivo de polinización en variedades autoestériles facilitando las labores que se realizan durante la floración.

Si bien la respuesta de la concentración de la floración entre ambas estrategias sea similar, se ha observado que aplicaciones en formato ‘tándem’ mejoran significativamente la cuaja de frutos en cerezos, con el consecuente aumento de la producción a cosecha. Ello se observó en estudios realizados en Regina en la temporada 2018/19, donde las plantas tratadas con ambos promotores de la brotación en formato ‘tándem’ mostraron significativamente mayores rendimientos a cosecha que el testigo absoluto (6 kg más por planta) y que la aplicación solo de cianamida (3 kg menos por planta).

EN LA BÚSQUEDA DE NUEVAS ALTERNATIVAS

Buscando alternativas a la inminente salida de cianamida hidrogenada a nivel nacional, en un ensayo realizado por el CER, se evaluaron cinco tratamientos descritos en el Cuadro 1, para evaluar el efecto sobre la fenología de las yemas reproductivas de acuerdo con las categorías de la escala BBCH (Figura 5).

En general, se observó un adelanto significativo de los tratamientos sobre el desarrollo de las yemas florales en relación con el

Tabla 2. Duración de la floración desde estado balón a plena floración en cerezos cv. Regina.

Trat	Días después de la aplicación de CH ₂ N ₂														Duración de floración				
	55	60	61	62	63	64	65	70	72	74	76	78	80	82		84	86	88	90
T0 ¹								🌸	🌸	🌸	🌸	🌸	🌸	🌸	🌸	🌸			17
T1								🌸	🌸	🌸	🌸	🌸	🌸	🌸	🌸				15
T2		🌸	🌸	🌸	🌸	🌸	🌸	🌸	🌸	🌸	🌸	🌸	🌸						18
T3		🌸	🌸	🌸	🌸	🌸	🌸	🌸	🌸	🌸	🌸	🌸	🌸						21

1/ T0=Testigo absoluto; T1=CH+ Aceite; T2=Tándem 1 + Ca(NO₃)₂; T3=Tándem 2 + Ca(NO₃)₂.

Cuadro 1. Tratamientos, concentración y momento de aplicación en cv. Regina.

Tratamiento	Producto	Número de aplicaciones	Momento de aplicaciones
Testigo absoluto	---	---	---
Cianamida hidrogenada tradicional	Cianamida + Aceite	1	A
Reemplazo de cianamida hidrogenada por Ca(NO ₃) ₂	Ca(NO ₃) ₂ + Aceite	2	A
	HD1 + Ca(NO ₃) ₂		B
Tándem tradicional	Cianamida + Aceite	2	A
	HD + Ca(NO ₃) ₂		B
Tándem tradicional + Sales alternativas a Ca(NO ₃) ₂	Cianamida + Aceite	2	A
	HD + Sales		B

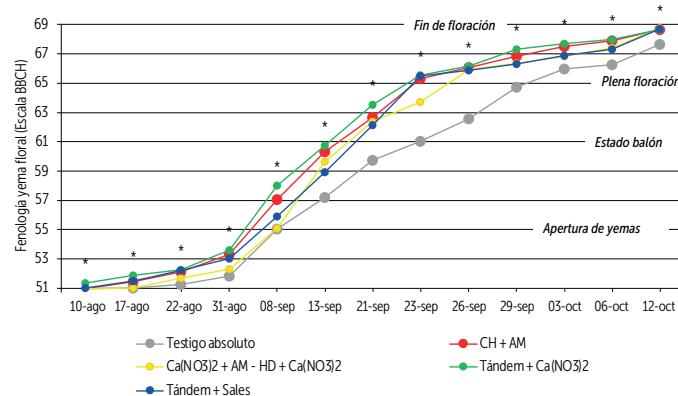
1/ HD= homogenizador de dormancia; A = 18/07/2022; B = 25/07/2022.

testigo absoluto. Sin embargo, y al igual que lo señalado antes, se observó que las estrategias tradicionales adelantan significativa y consistentemente el desarrollo de sus yemas. No obstante, es posible observar que en la mayoría de las evaluaciones las nuevas alternativas propuestas a la cianamida y Ca(NO₃)₂ se comportan de forma similar, lo que se podría traducir en nuevas estrategias en condiciones de baja acumulación de frío invernal. En la tabla cua-

dro 2 se presenta el registro fotográfico del estado predominante durante el seguimiento mediante escala BBCH para cerezos.

De igual forma, se evaluó el efecto sobre el desarrollo de las yemas vegetativas de acuerdo con las categorías de la escala BBCH. Al igual que lo observado en el seguimiento de las yemas reproductivas, las plantas aplicadas presentaron un adelanto significativo sobre el desarrollo de las yemas vegetativas con respecto

Figura 5. Gráfica del seguimiento fenológico de las yemas florales mediante escala BBCH en cerezos cv. Santina.



(CH= Cianamida Hidrogenada; Aceite= aceite mineral; HD= Homogenizador de dormancia).

al testigo absoluto. Sin embargo, la respuesta fue menos marcada que en la yema floral, destacando el efecto del reemplazo de la cianamida hidrogenada por Ca(NO₃)₂.

CONSIDERACIONES FINALES

- Conocer y llevar un recuento de la acumulación de frío, independiente del modelo utilizado, permite programar de forma más eficiente las aplicaciones de salida de dormancia

para aumentar y homogenizar la brotación en cerezos. Sin embargo, para la zona central de Chile se acomoda más el uso de las PF, debido a su mayor flexibilidad a las diferentes localidades.

- Las prácticas de manejo utilizadas actualmente para promover la brotación y concentrar la floración en cerezos, ya sea aplicación de cianamida hidrogenada solo o en formato ‘tándem’ con homogenizadores de dormancia, presentan efectos variables según la acumulación de frío de la temporada. En años con una buena acumulación de frío el efecto de estos productos se ve potenciado, presentando efectos similares, mientras que en años con una mala acumulación de frío el efecto de los promotores de la brotación destaca significativamente por sobre la aplicación solo de cianamida.

Existen otras fuentes alternativas a la aplicación de cianamida, como el reemplazo por Ca(NO₃)₂, con efecto similar en una temporada con buena acumulación de frío. Sin embargo, es imperiosa la necesidad de seguir investigando alternativas que ayuden a reemplazar el uso de la cianamida hidrogenada manteniendo su efectividad como quebrador de dormancia. **Ra**

Tabla 3. Estado general de las plantas desde el 10 de agosto al 12 de octubre de 2022.

Tratamiento	10-08-2022	31-08-2022	13-09-2022	26-09-2022	03-10-2022	12-10-2022
TESTIGO ABSOLUTO	51 	51,9 	57,5 	62,6 	66 	67,7
CH + ACEITE	51 	53,5 	60,6 	66,1 	67,5 	68,7
Ca(NO ₃) ₂ + CH - HD + Ca(NO ₃) ₂	51 	53,1 	61,5 	66,2 	67,5 	68,9
TÁNDEM + Ca(NO ₃) ₂	51,3 	53,5 	60,5 	66 	67,2 	68,7
TÁNDEM + SAL	51,1 	53,2 	59,4 	65,9 	67 	68,7

Toda la bibliografía está disponible en el artículo publicado en www.redagricola.com