



# **UNIVERSIDAD DE CHILE**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS ESCUELA DE  
PREGRADO**

**MEMORIA DE TÍTULO**

**EFFECTIVIDAD DE AGENTES QUÍMICOS PROMOTORES DE LA BROTAÇÃO  
APLICADOS EN DOS ÉPOCAS DURANTE LA LATENCIA INVERNAL DE  
CEREZOS**

**SANDRA VALENTINA FLORES CANELO**

**Santiago, Chile  
2025**



# **UNIVERSIDAD DE CHILE**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS ESCUELA DE  
PREGRADO**

**MEMORIA DE TÍTULO**

**EFFECTIVIDAD DE AGENTES QUÍMICOS PROMOTORES DE LA  
BROTACIÓN APLICADOS EN DOS ÉPOCAS DURANTE LA LATENCIA  
INVERNAL DE CEREZOS**

**EFFECTIVENESS OF BUD BREAK PROMOTER CHEMICALS APPLIED  
AT TWO TIMES DURING WINTER DORMANCY ON CHERRY TREES**

**SANDRA VALENTINA FLORES CANELO**

**Santiago, Chile  
2025**



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**Memoria de Título**

**EFFECTIVIDAD DE AGENTES QUÍMICOS PROMOTORES DE LA  
BROTACIÓN APLICADOS EN DOS ÉPOCAS DURANTE LA LATENCIA  
INVERNAL DE CEREZOS**

Memoria para optar al título  
Profesional de Ingeniera Agrónoma

**SANDRA VALENTINA FLORES CANELO**

	<b>Calificaciones</b>
<b>PROFESORES GUÍA</b>	
Sra. Karen Sagredo U. Ingeniera Agrónoma, Ph.D.	7,0
Sr. Gabino Reginato M. Ingeniero Agrónomo, Mg.Cs.	6,0
<b>PROFESORES EVALUADORES</b>	
Sr. Reinaldo Campos V. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.	6,8
Sr. Rodrigo Callejas R. Ingeniero Agrónomo, Dr. sc. agr.	6,4

**Santiago, Chile**  
**2025**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres y hermano, quienes me han entregado amor incondicional a lo largo de mi vida, y fueron pilares fundamentales para mí durante todo este proceso. Agradezco también a una persona muy especial, Jorge, por estar conmigo a lo largo de toda la carrera, primero como compañero de estudios, y luego como un amigo fiel que se transformó en mi compañero de vida, gracias por estar codo a codo sin importar la hora y el cansancio tras largas jornadas.

También quiero agradecer a mis amigos, Fabi, Dani, Ema y Jorge (nuevamente) quienes, además de ser mi grupo favorito de estudio, se convirtieron en personas importantes en mi vida. Gracias por las risas, la confianza y el apoyo incondicional.

Finalmente, pero no menos importante, quiero dar gracias al equipo del Laboratorio de Hoja Caduca, y a mis profesores guías Karen Sagredo y Gabino Reginato, por ser parte de este proceso y generar grandes aprendizajes en mi desarrollo profesional.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>2</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>Hipótesis</b> .....	<b>5</b>
<b>Objetivo</b> .....	<b>5</b>
<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>6</b>
<b>Lugar de estudio</b> .....	<b>6</b>
<b>Material vegetal y agentes químicos</b> .....	<b>6</b>
<b>Tratamientos y diseño experimental</b> .....	<b>6</b>
<b>Evaluaciones</b> .....	<b>7</b>
<b>Análisis estadístico</b> .....	<b>8</b>
<b>PRESENTACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>9</b>
<b>Evaluación fenológica</b> .....	<b>9</b>
<b>Brotación en campo</b> .....	<b>9</b>
<b>Floración en campo</b> .....	<b>12</b>
<b>Dinámica de la brotación en cámara</b> .....	<b>14</b>
<b>Evolución del peso fresco de yemas reproductivas</b> .....	<b>17</b>
<b>Cuaje de frutos en dardo</b> .....	<b>19</b>
<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>20</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>24</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>25</b>
<b>APÉNDICE</b> .....	<b>30</b>

## RESUMEN

El cerezo como especie caducifolia, requiere cumplir exigencias de frío invernal para una brotación, floración y cuaje óptimos. El cambio climático amenaza esta disponibilidad de frío, generando preocupación en zonas productoras. Como medida de mitigación, se han utilizado productos químicos para manipular la brotación de las yemas florales, tales como la cianamida hidrogenada (CH), que puede activar la brotación incluso si las yemas no han completado sus requerimientos de frío, promoviendo una brotación más temprana y uniforme. No obstante, puede generar problemas de fitotoxicidad en estados más avanzados. Investigaciones han explorado alternativas, como hormonas vegetales (citoquininas) y biorreguladores naturales, como Erger®, que también pueden promover la brotación, señalando que el momento de aplicación de estos agentes es crucial para lograr una brotación efectiva.

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de agentes químicos promotores de la brotación, y de la época de aplicación, sobre el adelanto de la brotación y posterior cuaje de frutos de cerezos ‘Santina’. Para ello, en un huerto de la Región del Maule, Chile, durante la temporada 2023, se realizaron aplicaciones de CH, sola y en combinación con aceite mineral; tidiazurón con aceite mineral; Erger® con nitrato de calcio; y nitrato de potasio, en dos épocas, 45 (temprana) y 30 (tardía) días antes de brotación estimada, más un control sin aplicación. Se evaluó la dinámica de la brotación en campo y en cámara de brotación y, posteriormente, el cuaje de frutos en dardos. La aplicación temprana de CH sola y en combinación con aceite mineral adelanta la brotación, alcanzando el 50% en 12 días, mientras que la aplicación tardía de CH sola concentra la brotación en 8 días. El TDZ uniformiza la brotación en la copa en ambas épocas de aplicación, y su aplicación tardía aumenta el cuaje de frutos, alcanzando un 66% a los 45 días después de plena floración. Por lo tanto, la época de aplicación modifica el efecto de los agentes químicos promotores, no obstante, depende del producto.

Palabras clave: *Prunus avium* (L.) L., tratamientos para forzar la brotación, dinámica de la brotación.

## ABSTRACT

Cherry, as a deciduous tree species, needs to meet winter cold requirements for optimal budbreak, flowering, and fruit set. Climate change threatens this cold availability, generating concern in producing areas. As a mitigation measure, different chemicals have been used to manipulate budbreak, such as hydrogen cyanamide (HC), which can activate budbreak even when buds have not fully satisfied their chilling requirements, promoting earlier and more uniform budbreak. However, it can generate phytotoxicity problems in more advanced stages. Research has also explored alternatives, such as plant hormones (cytokinins) and natural bioregulators, such as Erger®, which can also promote budbreak, pointing out that the timing of application of these agents is crucial to achieve effective budbreak.

The objective of the present study was to determine the effect of chemical agents that promote budbreak, and spray time, on budbreak and subsequent fruit set in ‘Santina’ cherry trees. For this purpose, in an orchard located in the Maule Region, Chile, during the 2023 season, sprays were applied using HC alone and in combination with mineral oil; thidiazuron with mineral oil; Erger® with calcium nitrate; and potassium nitrate, at two timings, 45 (early) and 30 (late) days before the estimated budbreak, plus an untreated control. Budbreak dynamics were evaluated both in the field and under controlled conditions in a budbreak chamber, and subsequently, fruit set was determined in spur shoots. Early spray of HC, both alone and with mineral oil, advanced budbreak, reaching 50% in 12 days, while late spray of HC alone concentrated budbreak in 8 days. TDZ uniformizes budbreak along the canopy at both application times, and its late application increases fruit set, reaching 66% at 45 days after full bloom. Therefore, spray time modifies the effect of the budbreak promoter agents, depending on the product used.

Key words: *Prunus avium* (L.) L., treatments to force budbreak, budbreak dynamics.

## INTRODUCCIÓN

Chile es uno de los países que lideran en la producción de cerezas (*Prunus avium* (L.) L.), convirtiéndose en el principal productor del hemisferio sur, gracias a la cosecha en contraestación y a la superficie plantada. Según datos publicados por la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA, 2023), la superficie aumentó de 7.082 ha en 2004 a más de 62.000 ha en 2023, estimándose que para la temporada 2025–2026 esta cifra ascienda a 80.000 ha (United States Department of Agriculture [USDA], 2025).

Al igual que toda especie caducifolia, la época de la brotación y floración es controlada por la exposición al frío durante el invierno y por el clima cálido de la primavera, al desencadenar la transición de la latencia profunda (endodormancia) a ecodormancia, y posterior crecimiento de las yemas (Saure, 1985). Se entiende como endodormancia a la pérdida de respuesta frente a señales promotoras del crecimiento, y como ecodormancia la recuperación de la respuesta, siempre y cuando las condiciones ambientales restrictivas desaparezcan (Lang, 1987). Esta necesidad de temperaturas frías durante el invierno se conoce como requerimientos de frío, el cual corresponde a la cantidad de frío que una especie o variedad necesita para alcanzar la brotación (Luedeling, 2012). Debido a estas exigencias climáticas, el establecimiento de un huerto frutal está limitado a determinadas zonas agroclimáticas (Rumayor-Rodríguez, 1995) por lo que en la planificación de los huertos es común seleccionar especies y variedades, en función de sus requerimientos de frío y la disponibilidad térmica del lugar (Luedeling, 2012).

Con la proyección del cambio climático y su impacto en la disponibilidad del frío invernal, existe una creciente preocupación en las regiones productoras de frutales por la posibilidad de que se vuelvan marginales o enfrenten problemas de acumulación de frío (Luedeling et al., 2011). De hecho, en un estudio realizado por Luedeling y Brown (2011), se estimó una disminución del 25% en Sudamérica, incluyendo el valle central de Chile, entre 1975 y 2000. Bajo este panorama, se proyecta que para fines del siglo XXI la región tenga una reducción de al menos el 50% en la disponibilidad de frío (Luedeling et al., 2011), situación que actualmente se refleja en una mayor variabilidad térmica y en otoños e inviernos progresivamente más cálidos (Universidad de Talca, 2023). Se ha demostrado, además, que niveles de frío invernal insuficientes y/o variables afectan negativamente la fenología y el cuaje, y, por consiguiente, el rendimiento (Erez, 2000).

Frente a esta situación, se ha recurrido al uso de productos químicos para manipular la brotación de las yemas florales, y su uso se está volviendo cada vez más común en la producción de cerezos (Bound et al., 2022). Estos productos, denominados promotores de la brotación, no solo incrementan el número de yemas que efectivamente brotan, sino que también pueden adelantar, concentrar y uniformizar la brotación (Erez, 2000). Existen fuertes evidencias de que las hormonas vegetales desempeñan un papel clave en el mantenimiento de la latencia y en la inducción de la brotación en frutales de hoja caduca (Beauvieux et al., 2018). Entre los productos químicos utilizados, la cianamida hidrogenada (CH) es la más

común para compensar la falta de frío (Rademacher, 2015), ya que promueve una brotación más temprana y uniforme, lo que es particularmente útil para mejorar y sincronizar la floración con el polinizante (Erez, 1987). No obstante, existe una limitante dada por la toxicidad que presenta (Ardiles y Ayala, 2013), la cual influye en el porcentaje de brotación y fitotoxicidad, dependiendo del momento o etapa fisiológica en la que se encuentre la yema (Fuchigami y Nee, 1987). También se ha demostrado que los compuestos emulsionados de aceite vegetal son eficaces en la brotación de cerezos (Bound y Miller, 2016).

En cerezos, varias hormonas se consideran como reguladores potencialmente importantes en la brotación de las yemas florales. Entre ellas, el ácido abscísico contribuye a que las yemas permanezcan en endodormancia (Chmielewski *et al.*, 2017), mientras que la brotación inducida por CH se asocia a niveles elevados de citoquinina en las ramillas y yemas florales (Ionescu *et al.*, 2017). En cuanto a la giberelina, su rol no es claro, ya que, dependiendo de la especie y el momento de aplicación, puede suprimir o promover la brotación (Cai *et al.*, 2019), no obstante, estudios realizados por Rinne *et al.* (2018), muestran que la giberelina puede inducir la expresión del gen GH17, facilitando la reapertura de los plasmodesmos y así reiniciar la señalización simplástica de célula a célula.

Existen también biorreguladores de origen natural, como Erger®, que, además de contener productos patentados, contiene nitrógeno inorgánico, mono y disacáridos, proteínas, enzimas y radicales de ácido cítrico, y comúnmente se utiliza a una concentración del 5% en combinación con nitrato de calcio (Petri *et al.*, 2014). Este ha demostrado mejorar la ruptura de la dormancia de yemas axilares y terminales, mejorando la uniformidad, tanto en apertura de yemas como en floración, en manzanos, kiwis y otras especies, debido a su efecto bioestimulante, ya que promueve genes relacionados con el metabolismo de reservas carbonadas, síntesis de fitohormonas, estímulo de la respiración, entre otros procesos. En kiwi, se ha reportado un aumento en el metabolismo de carbohidratos, del nitrógeno y de la pared celular tras la aplicación de este bioestimulante, observándose que a nivel de carbohidratos se registró un incremento en la actividad del gen SUS que codifica para la enzima sacarosa sintasa; mientras que, para el nitrógeno, se observó un aumento en la expresión del gen NiR, que codifica para la enzima nitrato reductasa (Hoeberichts *et al.*, 2017).

En un estudio realizado por Sheard *et al.* (2009), se observó que el momento de aplicación de los agentes químicos promotores de la brotación es el factor determinante para promoverla de manera efectiva, es decir, que esta suceda de manera uniforme y con un óptimo cuaje, mejorando así los rendimientos en cerezos. En una investigación más reciente, realizada en Chile, también se determinó que la efectividad del bioestimulante Erger® depende de la época de aplicación, ya que con aplicaciones realizadas 42 y 35 días antes de brotación, se promueve el desarrollo de estructuras reproductivas, como el ovario y posteriormente el cuaje de frutos, mientras que las aplicaciones de 49 y 21 días adelantan y retrasan el período de floración, respectivamente (Espinosa, 2021). Asimismo, la fitotoxicidad que puede provocar la cianamida hidrogenada también va a depender del momento de aplicación, ya que, en la medida que las yemas florales se encuentren en una etapa más avanzada de su desarrollo fisiológico, serán más sensibles a esta (Sheard, 2009).

Por otro lado, el principal mercado objetivo es China, que genera una gran demanda de cerezas durante su importante festividad – el año nuevo chino – que fluctúa entre el 21 de enero y el 18 de febrero, por lo que, debido a la contraestación, son solo los productores del hemisferio sur los que pueden responder a esta demanda (Azcárate *et al.*, 2019). Según ODEPA (2024), el 92% de las exportaciones de cereza chilena se envían a este país. Sin embargo, la variabilidad de la fecha de esta festividad provoca cambios en el momento de mayor demanda, generando incertidumbre sobre si la oferta de cerezas chilenas llegará a tiempo al mercado internacional (Mundoagro, 2022).

Ante lo expuesto, surgió la posibilidad de estudiar el efecto de distintos agentes químicos promotores de la brotación, con el fin de adelantar la salida del receso de estos frutales y, a la vez, mejorar el cuaje.

### **Hipótesis**

La efectividad de algunos agentes químicos promotores de la brotación, sobre el desarrollo fenológico y cuaje de cerezos, está determinada por la época en la que estos son aplicados.

### **Objetivo**

Evaluar el efecto de agentes químicos promotores de la brotación, y la época de aplicación de estos, sobre el adelanto de la fenología y cuaje de cerezos ‘Santina’.

## METODOLOGÍA

### Lugar de estudio

El proyecto se llevó a cabo durante la temporada 2023, en un huerto comercial perteneciente a la Agrícola El Laurel Ltda., ubicado en la comuna de Teno (34° 53' S, 71° 13' O), provincia de Curicó, Región del Maule.

El clima en la localidad es de tipo templado cálido con lluvias invernales (Csb); con temperatura promedio anual de 14,7 °C, una máxima media de 21,9 °C y una mínima media de 8 °C. El régimen hídrico presenta una precipitación media anual de 739 mm, siendo los meses más secos diciembre, enero y febrero (CLIMATE-DATA, 2024). La pluviometría en el año 2023 fue de 416,7 mm, con una máxima media de 29 °C en el mes de enero y una mínima media de 4 °C en el mes de julio (Weather Spark, 2024).

### Material vegetal y agentes químicos

Se utilizaron árboles de cuatro años de cerezo (*Prunus avium* (L.) L.) 'Santina' injertados sobre Maxma 14, plantados en un marco de 3,6 x 1,6 m; fueron seleccionados en un mismo cuartel, homogéneos en tamaño, vigor y condición fitosanitaria. Esta variedad tiene requisitos de frío invernal entre 600 y 800 horas frío (HF) (Centro de Información de Recursos Naturales [CIREN], 2016).

Los agentes químicos utilizados fueron cianamida hidrogenada (p.c. Dormex®, 520 g·L<sup>-1</sup> i.a.), tidiazurón (p.c. Dropper®, 50 g·L<sup>-1</sup> i.a.), Erger®, nitrato de calcio (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), nitrato de potasio (KNO<sub>3</sub>) y aceite mineral (Pure Spray E22®, 798,9 g·L<sup>-1</sup> i.a.).

### Tratamientos y diseño experimental

Para el ensayo se utilizó un diseño en bloques completos al azar (DBCA) con 10 tratamientos, que se generaron de la combinación de 5 tratamientos químicos aplicados en dos épocas, 45 y 30 días antes de la brotación estimada en el huerto (18 de septiembre del 2023), más un control sin aplicación, dando un total de 11 tratamientos. Los bloques se ubicaron a lo largo de la hilera de plantación de oriente a poniente. Se contó con 5 repeticiones por tratamiento, dando un total de 55 unidades experimentales (UE). La unidad experimental correspondió a dos árboles, y se dejó un árbol de borde.

Con los datos entregados por la estación meteorológica ‘Aeródromo General Freire’, ubicada en la ciudad de Curicó, Región del Maule, Chile (Instituto de Investigaciones Agropecuarias [INIA], 2024) se calculó la acumulación de frío desde el 50% de caída de hojas (15 de mayo del 2023), utilizando los modelos de Richardson *et al.* (1974) y Weinberger (1950). La disponibilidad de frío correspondió a 867,5 y 1135,5 unidades de frío (UF), y a 445 y 571 horas-frío (HF), para los 45 y 30 días antes de brotación estimada (DABE), respectivamente, lo que permitió establecer que la aplicación de los tratamientos se realizó con un 63% del frío cumplido en la primera aplicación y con un 81% en la segunda. Asimismo, al analizar la disponibilidad de frío por temporada, registrada por la misma estación entre los meses de mayo y agosto durante los cinco años previos al experimento (2018-2022), se estimó una variación del 10% respecto al promedio y una disminución del 15%.

La aplicación de los tratamientos (Cuadro 1), se realizó con mochila moto pulverizadora de espalda (marca Cifarelli modelo L3DA), asperjando el árbol completo hasta punto de goteo, utilizando aproximadamente 1,2 L por UE.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos.

Tratamiento	Agente promotor de la brotación	Época de aplicación <sup>1</sup>	Código
T0	Sin aplicación	-	Control
T1	Cianamida hidrogenada 15,6 g·L <sup>-1</sup>	30	30-CH
T2	Cianamida hidrogenada 15,6 g·L <sup>-1</sup>	45	45-CH
T3	Cianamida hidrogenada 10,4 g·L <sup>-1</sup> + aceite mineral 2%	30	30-CH+AM
T4	Cianamida hidrogenada 10,4 g L <sup>-1</sup> + aceite mineral 2%	45	45-CH+AM
T5	Tidiazurón 0,1 g·L <sup>-1</sup> + aceite mineral 2%	30	30-TDZ+AM
T6	Tidiazurón 0,1 g·L <sup>-1</sup> + aceite mineral 2%	45	45-TDZ+AM
T7	Erger 50 mL·L <sup>-1</sup> + nitrato de calcio 6%	30	30-E+Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
T8	Erger 50 mL·L <sup>-1</sup> + nitrato de calcio 6%	45	45-E+Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
T9	Nitrato de potasio 7%	30	30-KNO <sub>3</sub>
T10	Nitrato de potasio 7%	45	45-KNO <sub>3</sub>

<sup>1</sup>/En días antes de la brotación estimada (DABE) en campo.

## Evaluaciones

Se realizaron evaluaciones de la fenología y dinámica de la brotación en plantas completas y en ramas.

**Seguimiento de la brotación en campo.** Se realizaron inspecciones visuales cada 7 días aproximadamente, sobre la UE completa, diferenciando la parte media-alta y la parte media-baja de la copa de los árboles, y se estimó el porcentaje de cada estado fenológico presente en cada sección, según la escala de BBCH para cerezo dulce (Bound *et al.*, 2022).

**Seguimiento de la brotación de ramas en condiciones controladas.** Se colectaron 2 ramas por UE, de aproximadamente 30 cm de largo, con madera de 2 a 3 años de la zona media del árbol. Las ramas fueron recolectadas una semana después de la aplicación de los tratamientos: las correspondientes a los 45 días antes de brotación estimada (DABE) y las de 30 DABE, respectivamente, y se colocaron en condiciones controladas, en cámara de brotación, en recipientes con una solución de agua con hipoclorito de sodio al 0,025% y sacarosa al 5%. Para forzar la brotación de las yemas, se utilizó una cámara de brotación con temperatura de  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,1$  (con fluctuaciones debido a la operatividad de la cámara y la mecánica de esta misma), con ciclos de 16/8 h de luz día/noche, y una intensidad lumínica  $215\text{ }\mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  de PAR, proporcionados por tubos fluorescentes de luz fría, y una humedad de aproximadamente 70%. Se registró la temperatura cada 15 minutos mediante termógrafos HOBO Pro v2 (Onset Computer Co., Massachusetts, EE.UU.).

Se realizaron 3 evaluaciones visuales, a los 10; 15 y 20 días, para determinar el número de yemas vegetativas y reproductivas que se encontraban en cada estado fenológico, según la escala BBCH para cerezo dulce (Bound *et al.*, 2022). Para calcular los requisitos de calor en horas grado de crecimiento (HGC $^{\circ}$ ) en cada evaluación, se restó a la temperatura media horaria la temperatura umbral de la especie ( $4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

**Peso fresco y seco de yemas reproductivas.** Se colectaron 3 dardos por unidad experimental (UE) antes de la aplicación de los tratamientos y, posteriormente, cada siete días durante aproximadamente seis semanas, hasta que los dardos alcanzaron un estado fenológico entre *tight cluster* y *open cluster*, BBCH 55 y 56, respectivamente (Bound *et al.*, 2022). Se determinó el peso fresco de las yemas reproductivas y, luego, el peso seco de las mismas tras deshidratarlas a  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  en una estufa de secado (GmbH Memmert), durante aproximadamente una semana, hasta que alcanzaron peso constante.

**Cuaje en dardos.** Se seleccionaron 5 dardos por UE en la parte media y periférica de la copa. Se realizó un conteo del número de flores en estado fenológico *open cluster* (BBCH 56) y luego el conteo de frutos 30 y 45 días después de plena floración (DDPF).

### Análisis estadístico

Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA), con verificación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de las varianzas; cuando se presentaron diferencias estadísticamente significativas  $p \leq 0,05$  entre tratamientos, se realizó la prueba de rango múltiple de LSD Fisher ( $p = 0,05$ ) para separarlos. Por otro lado, en caso de no cumplirse con los supuestos de normalidad y homogeneidad de las varianzas, se realizó la prueba de comparaciones de medias en modelos lineales generales y mixtos con LSD Fisher ( $p = 0,05$ ) para separarlos.

## PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### Evaluación fenológica

#### Brotación en campo

Respecto a la brotación en campo, se observó que los tratamientos de cianamida hidrogenada (CH), tanto sola (3%) como en combinación con aceite mineral (CH 2%; AM 2%), aplicados 45 días antes de la brotación estimada (DABE) adelantan la brotación. Desde la aplicación realizada 30 DABE, luego de 11,8 y 12,0 días, alcanzaron el 50% de la brotación y, posteriormente, llegaron a la brotación máxima tras 20,0 y 19,6 días, presentando diferencias estadísticamente significativas respecto al control, el cual alcanzó el 50% de la brotación y, posteriormente, el máximo de esta tras 28,8 días y 34,4 días, respectivamente (Cuadro 2). Esto se tradujo en un avance de la fenología, mostrando un adelanto del estado fenológico BBCH 53 *bud burst* (figuras 1 y 2), así como del resto de los estados fenológicos, logrando alcanzar entre 51 y 62% entre los estados fenológicos de punta blanca y flor abierta, tras 26 días desde la aplicación realizada 30 DABE (Figura 2; Apéndice, figuras 1; 2 y 3). Por su parte, los tratamientos de TDZ con aceite mineral (AM) aplicado 45 DABE y de nitrato de potasio (KNO<sub>3</sub>) aplicado 30 DABE, alcanzaron el 50% a los 27 y 27,4 días, respectivamente, para luego alcanzar el porcentaje máximo de brotación a los 34 días desde la aplicación realizada 30 DABE, sin diferenciarse estadísticamente del control (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características de la brotación en campo alcanzada por los tratamientos.

Tratamiento	50% de la brotación <sup>1</sup> (días)	Duración de la brotación (10 a 90%) (días)	Alcance de brotación máxima <sup>1</sup> (días)
45-CH	11,8 e <sup>2</sup>	12,4 bc <sup>2</sup>	20,0 d <sup>2</sup>
45-CH+AM	12,0 e	12,6 b	19,6 d
45-E+Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	19,6 d	17,2 a	31,8 ab
45-KNO <sub>3</sub>	26,0 abc	15,8 ab	33,2 ab
45-TDZ+AM	27,0 a	15,4 ab	34,0 a
30-CH	22,6 cd	8,2 c	25,8 c
30-CH+AM	23,2 bcd	13,6 ab	29,6 bc
30-E+Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	26,4 ab	13,4 ab	33,2 ab
30-KNO <sub>3</sub>	27,4 a	12,6 b	34,0 a
30-TDZ+AM	25,8 abc	13,4 ab	33,2 ab
Control	28,8 a	12,2 bc	34,4 a
p-valor	<0,0001	0,0205	<0,0001

<sup>1</sup>/Días transcurridos desde la última aplicación, realizada 30 días antes de brotación estimada (DABE), correspondiente al 18/08/2023. Los valores fueron obtenidos por la interpolación de inspecciones visuales realizadas cada 7 días.

<sup>2</sup>/ Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (p-valor ≤ 0,05).

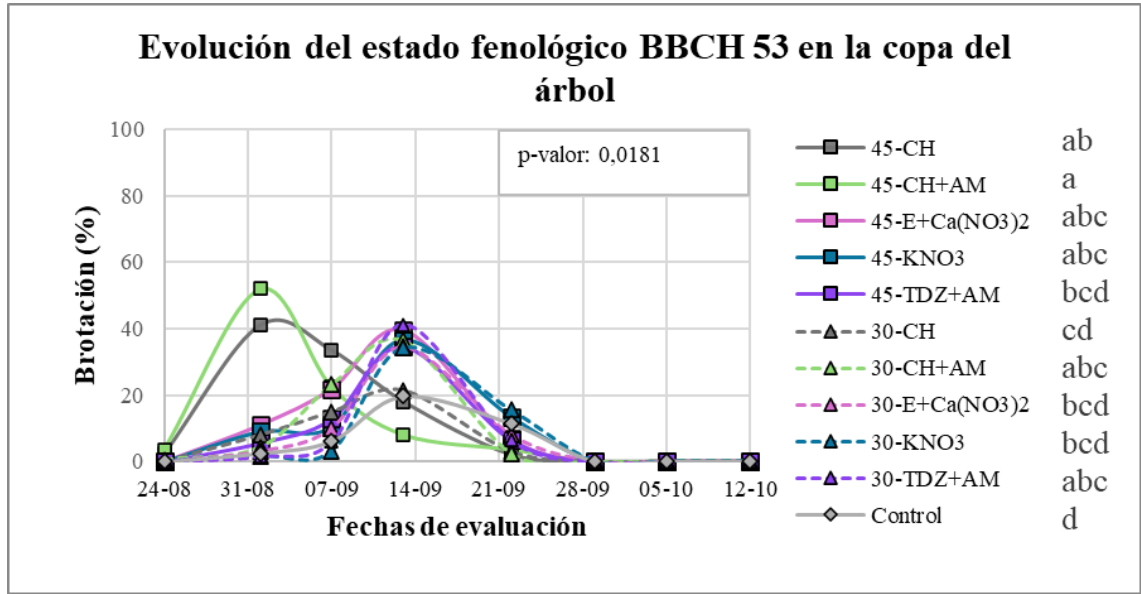


Figura 1. Evolución del estado fenológico *bud burst* BBCH 53 en la copa, observado en campo a partir de una semana después de la última aplicación (18/08/2023; 30 días antes de brotación estimada). Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ( $p$ -valor  $\leq 0,05$ ) para el porcentaje máximo promedio de yemas que alcanzaron el estado de brotación BBCH 53.

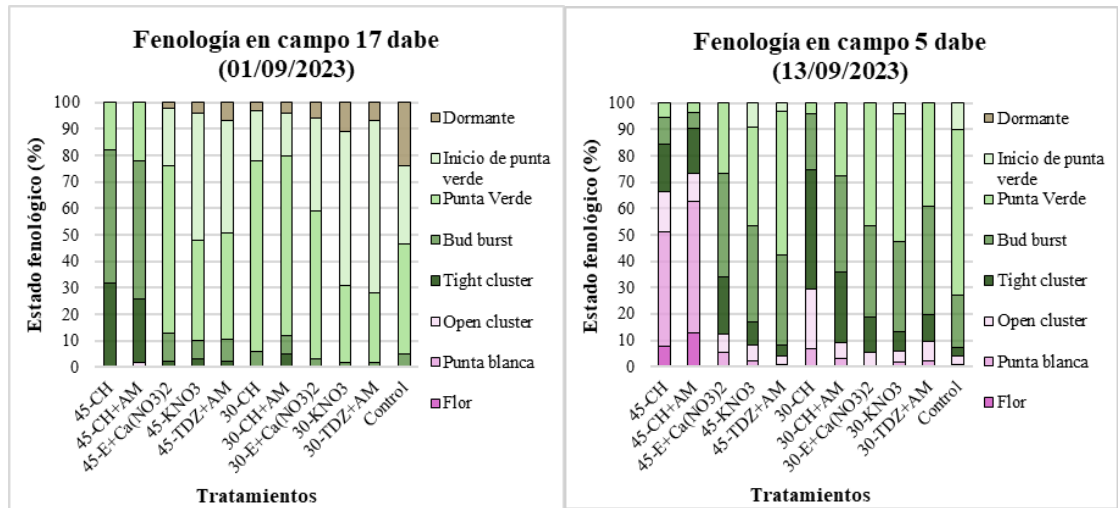


Figura 2. Proporción de estados fenológicos en campo en los tratamientos, para los días 17 (01/09/2023) y 5 (13/09/2023) antes de la brotación estimada (DABE), correspondiente al 18/09/2023.

En cuanto a la duración de la brotación (10 a 90%), se observó que la CH sola aplicada 30 DABE la concentró en 8,2 días, diferenciándose estadísticamente del resto de los tratamientos, incluyendo el control (Cuadro 2; Apéndice, Figura 1). Asimismo, se puede destacar que el tratamiento de Erger® con  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  aplicados 45 DABE presentó una

brotación más prolongada de 17,2 días, diferenciándose estadísticamente del control (Cuadro 2; Apéndice, Figura 1).

En relación con la intensidad de brotación, entendiendo intensidad como el grado o abundancia en la planta de un estado fenológico, y considerando como brotación el estado fenológico BBCH 53 *bud burst*, se puede observar en la Figura 1 que los tratamientos aplicados 45 DABE de CH sola y en combinación con AM, Erger® con  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  y nitrato de potasio ( $\text{KNO}_3$ ), así como los tratamientos aplicados 30 DABE de TDZ con AM y CH sola, presentaron diferencias estadísticamente significativas respecto del control, alcanzando un máximo de brotación promedio entre 40,7 y 54%, mientras que el control alcanzó un 22,7% (Figura 1).

Respecto a la uniformidad en la copa, es decir, entre la parte media–alta y media–baja, se observa que los tratamientos de TDZ con AM aplicados 45 y 30 DABE, así como de Erger® con  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  aplicado 30 DABE, tendieron a una mayor uniformidad en la brotación en comparación con el resto de los tratamientos incluyendo al control (Figura 3; Apéndice, figuras 4 y 5).

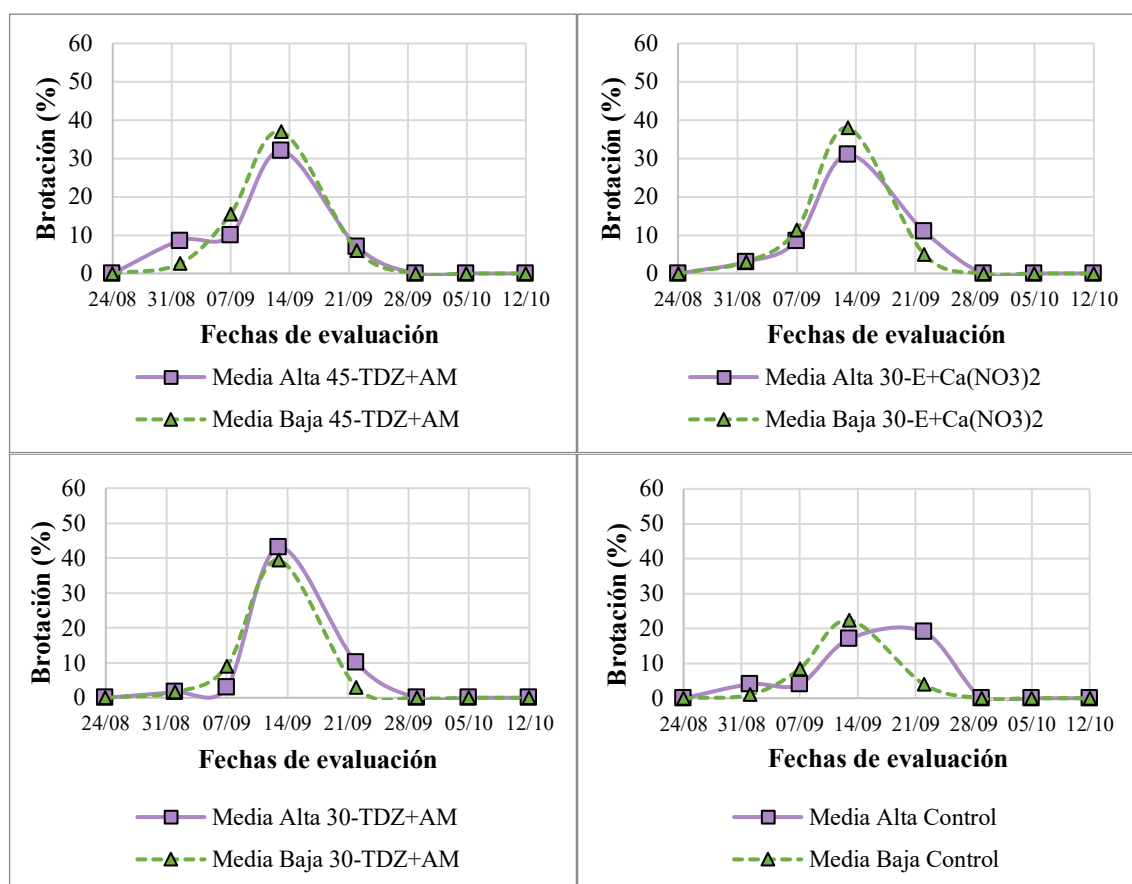


Figura 3. Tratamientos con tendencia a mayor uniformidad entre la parte media–alta y media–baja del árbol respecto del control, para el estado fenológico BBCH 53 *bud burst*. Evaluación iniciada tras una semana desde la aplicación realizada a los 30 DABE.

### Floración en campo

Respecto a la floración en campo, los tratamientos de CH sola y en combinación con AM, aplicados 45 y 30 DABE, adelantaron la floración en comparación con el control. Desde la última aplicación realizada en campo (30 DABE), los tratamientos aplicados a los 45 DABE de CH sola y en combinación con AM alcanzaron el 50% de floración luego de 39,6 y 38,6 días, respectivamente, mientras que las aplicaciones a los 30 DABE de CH sola y en combinación con AM lo hicieron a los 39,2 y 39,4 días, respectivamente. En contraste, el control alcanzó el 50% de floración tras 42 días (Cuadro 3; Figura 4). Posteriormente, la plena floración (90%) se registró a los 42,8 y 43,2 días en los tratamientos aplicados a los 45 DABE de CH sola y en combinación con AM, respectivamente, y a los 44,0 y 42,0 días en las aplicaciones a los 30 DABE de CH sola y en combinación con AM, respectivamente, mientras que el control alcanzó el 90% tras 48,2 días (Cuadro 3). Por otro lado, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la duración de la floración (10 a 90%) entre los tratamientos, incluido el control (Cuadro 3).

Cuadro 3. Características de la floración en campo para los tratamientos.

Tratamiento	50% de la floración <sup>1</sup> (días)	Duración de la floración (10 a 90%) (días)	Plena floración (90%) <sup>1</sup> (días)
45-CH	39,6 bcd <sup>2</sup>	8,2	44,0 b <sup>2</sup>
45-CH+AM	38,6 d	9,4	42,0 b
45-E+Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	41,2 abc	11,0	47,6 a
45-KNO <sub>3</sub>	41,8 ab	11,0	47,8 a
45-TDZ+AM	42,0 a	10,0	46,6 a
30-CH	39,2 cd	6,8	42,8 b
30-CH+AM	39,4 bcd	7,2	43,2 b
30-E+Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	41,4 abc	9,8	46,2 a
30-KNO <sub>3</sub>	41,8 ab	10,8	48,0 a
30-TDZ+AM	42,0 a	10,6	47,8 a
Control	42,0 a	11,0	48,2 a
p-valor	0,0443	0,0845	<0,0001

<sup>1/</sup> Días transcurridos desde la última aplicación, realizada 30 días antes de brotación estimada (DABE), correspondiente al 18/08/2023. Los valores corresponden a la interpolación de inspecciones visuales realizadas cada 7 días.

<sup>2/</sup> Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (p-valor  $\leq$  0,05).

En cuanto a la intensidad de floración, los tratamientos de CH sola y en combinación con AM, aplicados 30 DABE alcanzaron un 80,5 y 81,0% de flores, respectivamente, mostrando diferencias estadísticamente significativas en comparación con el control, que alcanzó un 61,9% (Figura 4). Respecto a la uniformidad de la floración en la copa del árbol, es decir, entre la parte media-alta y la parte media-baja, los tratamientos de CH sola, así como en combinación con AM, aplicados 30 DABE, tendieron a presentar mayor uniformidad,

evidenciada por la similar evolución de la curva de floración entre ambas zonas de la copa (Apéndice, figuras 6 y 7).

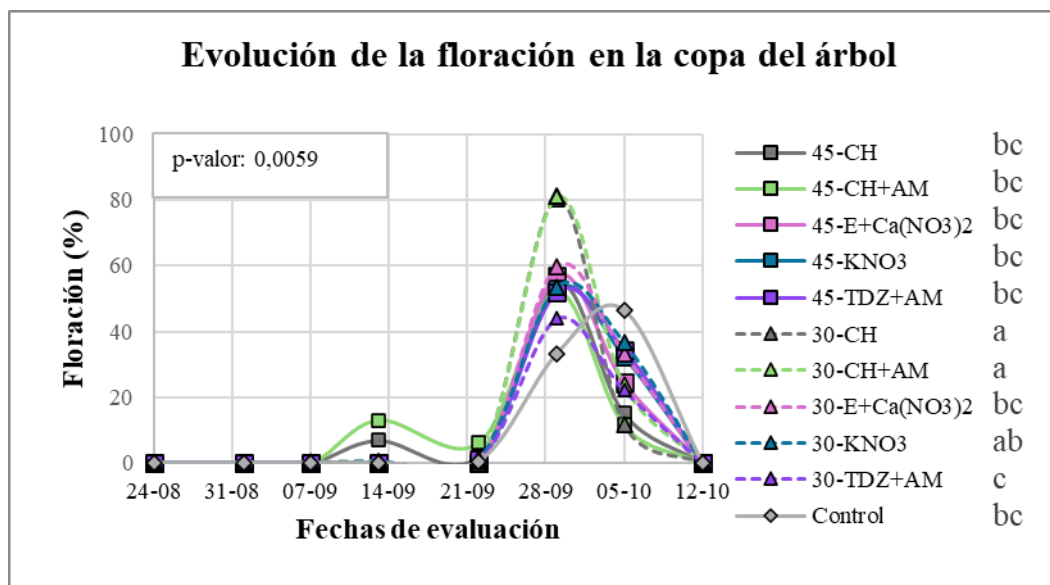


Figura 4. Evolución de la floración en la copa, en campo, a partir de una semana después de la última aplicación (18/08/2023), correspondiente a 30 días antes de brotación estimada (DABE). Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ( $p\text{-valor} \leq 0,05$ ) para el porcentaje máximo de floración alcanzado.

### **Dinámica de la brotación en cámara**

En las evaluaciones fenológicas realizadas 10; 15 y 20 días tras la recolección de las ramas de 2 a 3 años, se observó que ningún tratamiento adelantó la brotación de las yemas reproductivas respecto del control (Figura 5.a; Apéndice, Cuadro 1). Mientras que, para el caso de las yemas vegetativas, los tratamientos de CH sola y en combinación con AM aplicados 30 DABE, en conjunto con CH en combinación con AM aplicado 45 DABE presentaron un adelanto, con diferencias estadísticamente significativas respecto al control, colectado en igual fecha, alcanzando entre 69,1 y 78,8% de brotación al día 10 de evaluación, mientras que el control colectado en el mismo momento que los tratamientos realizados 45 y 30 DABE alcanzaron 43,4 y 32,7%, respectivamente (Figura 5.b; Apéndice, Cuadro 2).

Respecto al porcentaje de brotación máximo de las yemas reproductivas alcanzado al día 20 de evaluación, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, no obstante, se puede observar que el tratamiento con la mayor brotación es el tratamiento de TDZ con AM aplicado al día 30 DABE, obteniendo un 68,6% en comparación con el control colectado para los tratamientos de 45 y 30 DABE, que alcanzaron 46,6 y 48,0%, respectivamente (Figura 5.a; Apéndice, Cuadro 1). Por otro lado, para el caso de las yemas vegetativas, se observó que los tratamientos aplicados 30 DABE y el tratamiento de CH en combinación con AM aplicado 45 DABE, no presentan diferencias estadísticamente significativas respecto del control colectado para tratamientos realizados 30 DABE, sin embargo, sí del control para tratamientos 45 DABE, alcanzando entre 80,4 y 89,1% de brotación (Figura 5.b; Apéndice, Cuadro 2).

Cabe destacar que durante los días de evaluación (10; 15 y 20) se registraron fluctuaciones térmicas en la cámara de brotación, lo que generó diferencias en la acumulación de calor entre tratamientos aplicados 30 y 45 DABE. Por esta razón, la comparación de resultados se realizó en función del día de evaluación y no de las horas grado calor acumuladas (Apéndice, Cuadro 3).

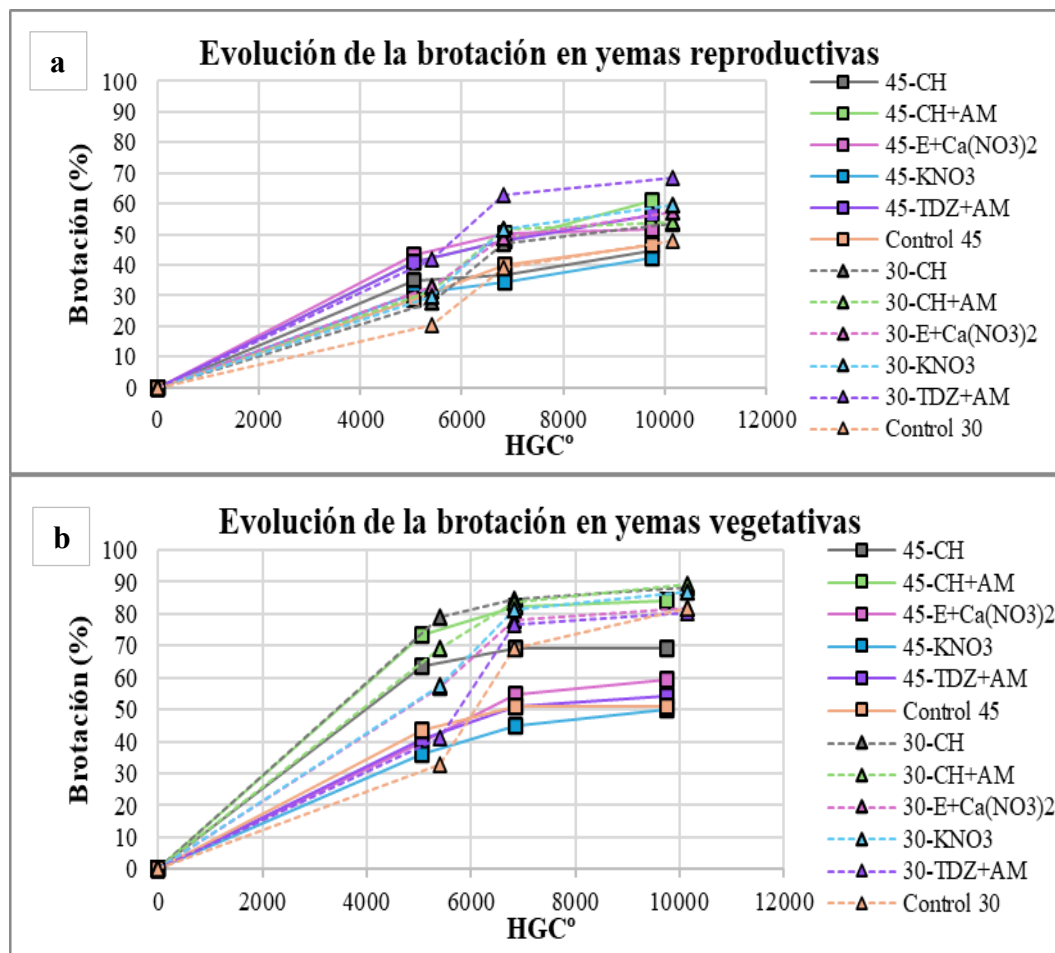


Figura 5. Evolución de la brotación de yemas reproductivas (a) y vegetativas (b) en cámara de brotación durante 20 días, a partir de una semana de la aplicación de los tratamientos; realizados ya sea 30 o 45 DABE.

Por su parte, con los porcentajes de brotación registrados en cada unidad experimental a los días 10 y 20 de evaluación, se calcularon las pendientes de la evolución de la brotación para dos periodos: el primero correspondiente al intervalo entre el día 0 y 10, y el segundo entre el día 10 y 20 de evaluación. La resta de la pendiente entre las dos fases, primer periodo menos el segundo, indica una concentración de la brotación si el resultado es positivo, o una brotación más prolongada, si es negativo o cero. Para el caso de las yemas reproductivas, se observa que el tratamiento de Erger® con Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> aplicado 45 DABE presentó un diferencial mayor entre las tasas, indicando una aceleración y concentración de la brotación respecto a los controles, presentando diferencias estadísticamente significativas. No obstante, este tratamiento no presenta diferencias estadísticamente significativas respecto del resto de los tratamientos aplicados 45 DABE. Asimismo, se observa que los tratamientos aplicados 30 DABE no presentaron diferencias estadísticamente significativas respecto al control colectado para ambos grupos de tratamientos (Figura 6; Apéndice, Figura 8).

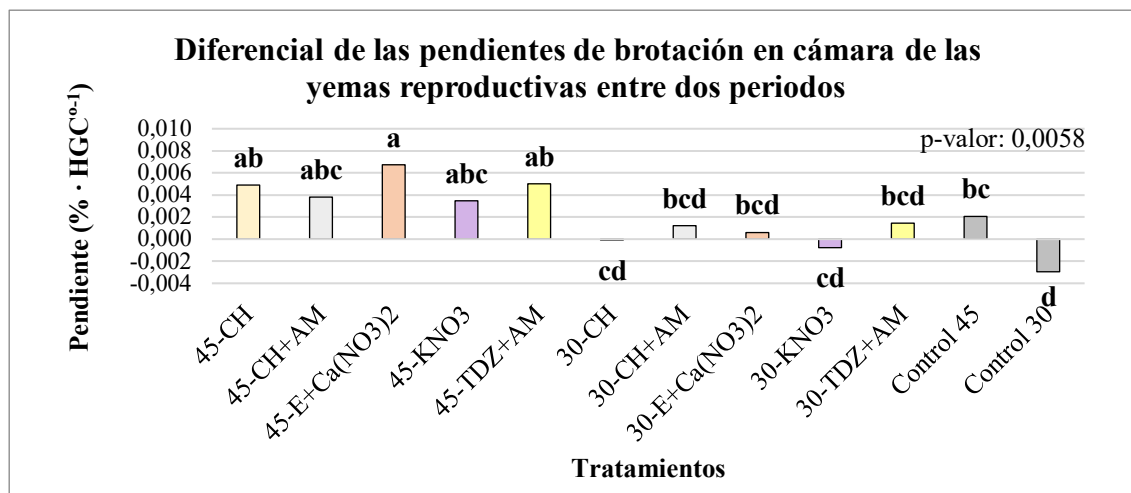


Figura 6. Diferencial entre las pendientes de dos periodos durante la brotación, entre los días 0 y 10 y 10 y 20, de evaluación en cámara, para el caso de yemas reproductivas. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, significancia ( $p$ -valor  $\leq 0,05$ ).

En el caso de las yemas vegetativas, se observa que, respecto a este diferencial entre las pendientes de brotación, los tratamientos aplicados 45 y 30 DABE, a excepción del tratamiento TDZ con AM aplicado 30 DABE, presentan diferencias estadísticamente significativas solo respecto del control colectado para los tratamientos 30 DABE, pero no con el control colectado para los tratamientos 45 DABE. Esto sugiere que, en general, los tratamientos presentan una tendencia a concentrar y, por ende, adelantar la brotación de las yemas vegetativas, a excepción del tratamiento TDZ con AM aplicado 30 DABE, el cual tiende a presentar una brotación más prolongada al igual que el control 30 (Figura 7; Apéndice, Figura 9).

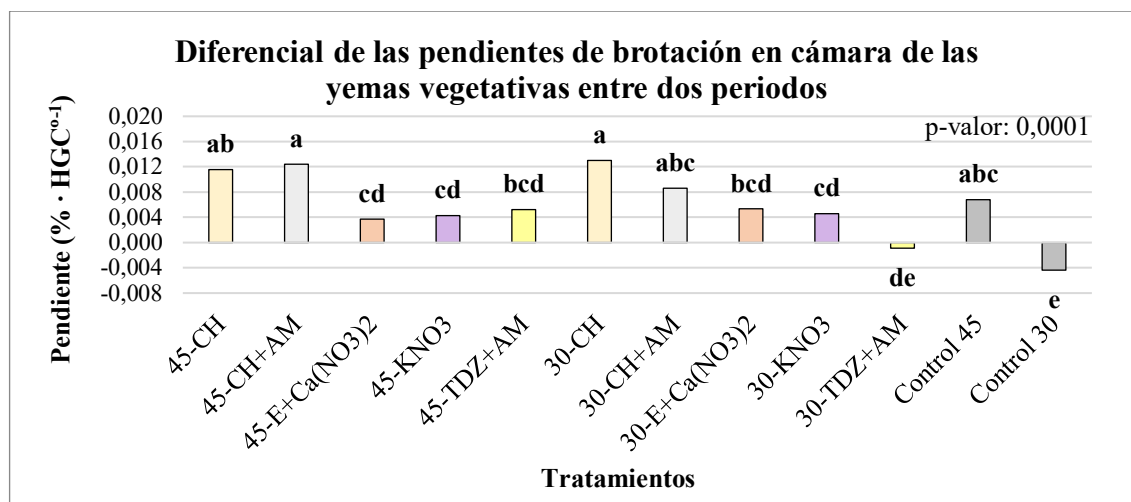


Figura 7. Diferencial entre las pendientes de la brotación, entre los días 0 y 10 y 10 y 20, de evaluación en cámara, para yemas vegetativas. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, significancia ( $p$ -valor  $\leq 0,05$ ).

### Evolución del peso fresco de yemas reproductivas

Los tratamientos aplicados 45 DABE de CH sola y en combinación con AM presentaron el mayor incremento en peso fresco, alcanzando valores de 76,7 y 79,8% respectivamente, diferenciándose estadísticamente de los otros tratamientos, incluido el control, que alcanzó un 67,0% (Figura 8). De igual forma, estos tratamientos presentaron el mayor peso fresco por yema, alcanzando valores de 0,06 y 0,07 gramos para la CH sola y en combinación con AM, aplicados 45 DABE, respectivamente, diferenciándose estadísticamente del resto de los tratamientos, incluido el control, el cual alcanzó 0,03 gramos (Figura 9; Apéndice, Figura 10).

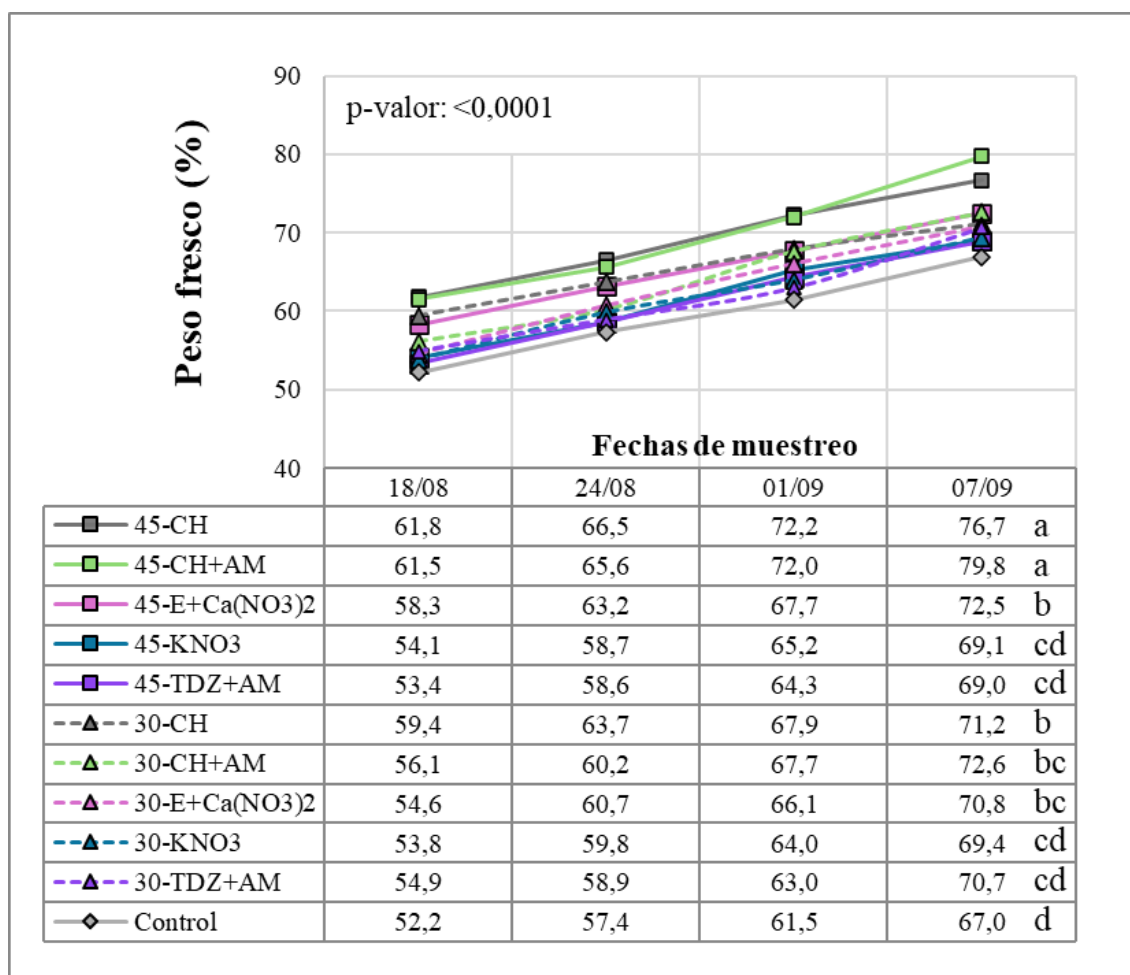


Figura 8. Evolución del peso fresco, en %, de yemas reproductivas, a partir de la última aplicación realizada, 30 días antes de brotación estimada (DABE). Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, significancia ( $p$ -valor  $\leq 0,05$ ).

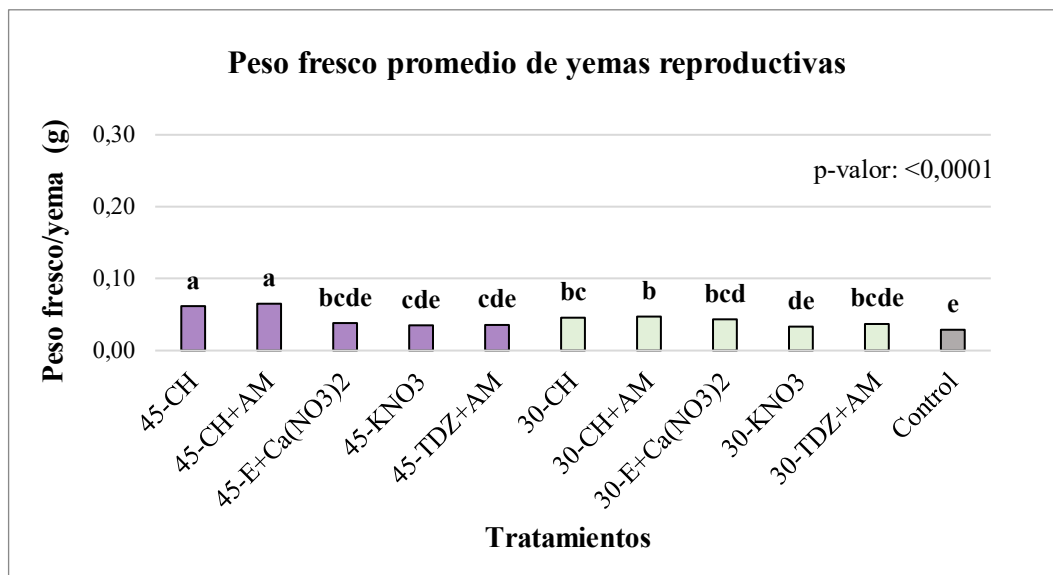


Figura 9. Peso fresco por yema reproductiva para los tratamientos, alcanzado a los 20 días (07/09/2023), desde la última aplicación realizada, 30 días antes de brotación estimada (DABE). Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, significancia ( $p$ -valor  $\leq 0,05$ ).

### Cuaje de frutos en dardo

Con respecto al cuaje, hubo efecto por parte de los tratamientos, evaluado tanto a los 30 como a los 45 días después de plena floración (DDPF). El tratamiento de TDZ con AM aplicado 30 DABE alcanzó el cuaje más alto, con 70,9% a los 30 DDPF y de 66,4% a los 45 DDPF, diferenciándose estadísticamente del control, que alcanzó 52,4 y 42,7% a los 30 y 45 DDPF, respectivamente. Asimismo, los tratamientos de CH sola aplicado 30 DABE y de CH en combinación con AM aplicado 45 DABE, presentaron valores más bajos de cuaje, 35,9 y 35,8% a los 45 DDPF, respectivamente, sin diferenciarse estadísticamente del control (Figura 10).

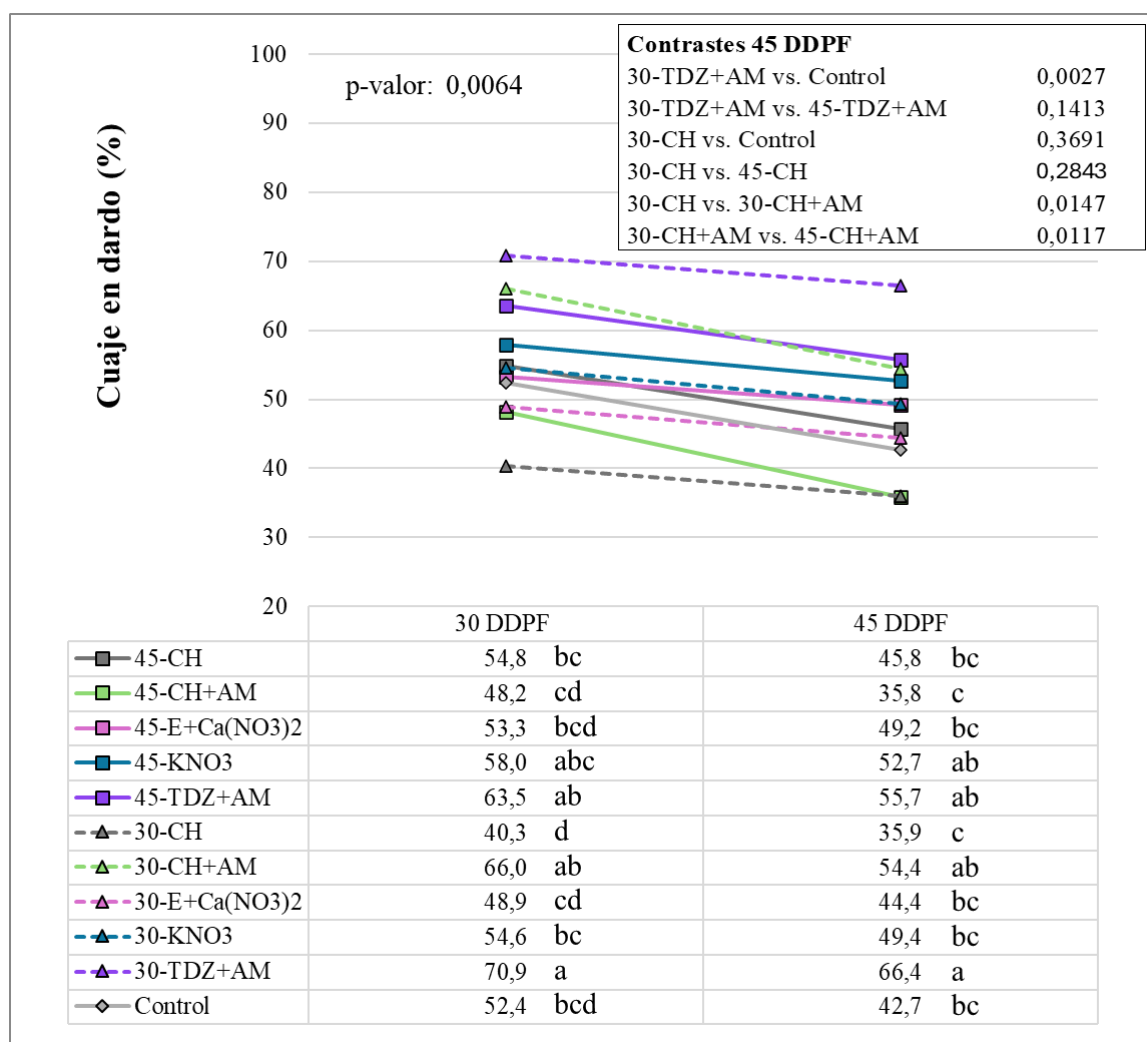


Figura 10. Cuaje de frutos en dardos. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, significancia ( $p$ -valor  $\leq 0,05$ ).

## DISCUSIÓN

Cumplir con los requerimientos de horas frío es crucial para asegurar una adecuada salida del receso y así lograr una brotación, floración y posterior cuaje óptimo (Guillamón *et al.*, 2022). Debido a los cambios en el clima, que no permiten cumplir con una adecuada acumulación de frío, se ha hecho uso de agentes químicos promotores de la brotación (Bound *et al.*, 2022), en una búsqueda constante de qué agentes, a qué concentración y cuál es el momento adecuado para aplicarlos. Diversos estudios han llegado a la conclusión de que tanto el momento como el producto que se utilice (y su concentración) influyen en el efecto que puede llegar a provocar sobre las yemas vegetativas y reproductivas, afectando directamente en su fenología (Rademacher, 2015; Erez, 1987; Bound y Miller, 2016; Chmielewski *et al.*, 2017; Petri *et al.*, 2014; Sheard *et al.*, 2009; Espinosa, 2021).

Los agentes químicos promotores pueden adelantar y/o concentrar, así como aumentar la intensidad de la brotación y de la floración. En el presente estudio, los resultados para la brotación, tanto en campo como en cámara, floración, cuaje de frutos y peso fresco de las yemas reproductivas, demostraron que la época de aplicación modifica el efecto de los agentes químicos promotores de la brotación. No obstante, esto no ocurre para todos los agentes, lo que sugiere que el efecto también depende del tipo de agente y la concentración a la cual se utiliza. En cuanto al adelanto de la brotación en campo, se puede observar que la aplicación temprana (45 DABE) de CH sola y en combinación con aceite mineral (AM) provoca un adelanto en la brotación, alcanzando el 50% en un promedio de 12 días (Cuadro 2), contados desde la aplicación realizada 30 DABE. Por otro lado, el tratamiento de CH sola con la aplicación tardía (30 DABE) no adelantó, sin embargo, concentró la brotación (10 a 90%) en 8 días (Cuadro 2). A este respecto, Erez (2000) señala que la cianamida hidrogenada adelanta y/o concentra la brotación dependiendo del momento de aplicación; aplicaciones tempranas permiten obtener una brotación anticipada, mientras que aplicaciones tardías permiten obtener una brotación más concentrada, producto de una mayor acumulación de frío. No obstante, señala que la aplicación debe realizarse antes de que se observen cambios visuales evidentes en la fenología, para así evitar daño en yemas que ya se han liberado de la endodormancia, por lo que sugiere no aplicar demasiado cerca de los 30 días antes de brotación estimada. En referencia a esto, cabe señalar que el cálculo de la fecha de brotación estimada fue certero, ya que el 50% de la brotación del control se alcanzó en 29 días (Cuadro 2), contados desde la última aplicación realizada (30 DABE), lo que indica que los tratamientos efectivamente fueron aplicados 45 y 30 DABE.

Respecto a la uniformidad en la copa, el TDZ ha demostrado su capacidad para mejorar la uniformidad en la brotación y floración de diversas especies, gracias a su actividad como citoquinina, que afecta la división, alargamiento y diferenciación celular (Van Staden y Cook, 1986); también altera la permeabilidad de la membrana (Wang *et al.*, 1994), lo que, a su vez, ocasiona un incremento en la relación agua libre-agua estructural en el interior de las células de la yema (Faust *et al.*, 1991). Asimismo, el bioestimulante Erger® también ha demostrado mejorar la uniformidad en la apertura de yemas y la floración, ya que promueve genes

relacionados con el metabolismo de reservas carbonadas, síntesis de fitohormonas, estímulo de la respiración, entre otros procesos, lo que al combinarlo con  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  se potencia aún más la actividad enzimática (Hoerberichts *et al.*, 2017; Petri *et al.*, 2014). En el presente estudio, la aplicación temprana (45 DABE) y tardía (30 DABE) de TDZ con AM tendieron a presentar mayor uniformidad de la brotación entre la parte media–alta y media–baja de la planta, mientras que solo la aplicación tardía (30 DABE) de Erger® con  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  generó el mismo efecto (Figura 3). En cuanto a los resultados observados del TDZ, esto se condice con un estudio realizado por Alvarado *et al.* (2000) en ciruelo japonés (*Prunus salicina* L.), en donde se demuestra que el TDZ puede sincronizar y mejorar la uniformidad de la brotación y floración.

Los tratamientos de aplicación temprana (45 DABE) de CH sola y en combinación con AM, afectan la brotación y la floración de la misma forma, ya que también provocan un adelanto en la floración, alcanzando el 50% en un promedio de 39 días desde la última aplicación, realizada 30 DABE (Cuadro 3; Figura 4). No obstante, la aplicación tardía (30 DABE) de los tratamientos de CH sola y en combinación con AM también provoca un adelanto de la floración, alcanzando el 50% en un promedio de 39 días (Cuadro 3; Figura 4), además de presentar una tendencia similar en la evolución de la floración entre la parte media–alta y media–baja de la copa, lo que puede ser un indicador de mayor uniformidad. (Apéndice, figuras 6 y 7). Asimismo, estos tratamientos de CH sola y en combinación con AM, con aplicación temprana (45 DABE) y tardía (30 DABE) alcanzan la plena floración (90%) en 43 días, en promedio (Cuadro 3). Este comportamiento sugiere que existe un efecto clima, principalmente por la presencia de temperaturas favorables, que, para el cerezo, el rango ideal es entre 18 y 24 °C (Lemus, 2005); esto permitió que estos tratamientos lograran el mismo efecto en la floración, adelantándola, a pesar de no ser así para el caso de la brotación, ya que solo los tratamientos de aplicación temprana (45 DABE) de CH sola y en combinación con AM provocaron su adelanto (Cuadro 2). Esto también puede explicar la duración de la floración (10 a 90%), puesto que los tratamientos, incluyendo el control, no presentaron diferencias entre sí, aun cuando sí hubo diferencia en sus efectos al comienzo de la fenología (Cuadro 3). Por otro lado, en cuanto a la intensidad de la floración, la aplicación tardía (30 DABE) de CH sola y en combinación con AM presentaron mayor intensidad de la floración, alcanzando en promedio 81% de yemas en plena flor (Figura 4). Esta intensidad en la floración puede interpretarse como un indicador de una mayor concentración de la floración, aunque este efecto no se pudo observar con el criterio empleado para estimar su duración (10% a 90%). Esto sugiere que, al modificar el criterio de estimación, podría ser determinado.

Es conocido que existe una competencia por asimilados entre las yemas vegetativas y reproductivas, y se sabe que las yemas vegetativas tienen menores requerimientos de asimilados que las yemas reproductivas (Lambers *et al.*, 2008), lo que puede provocar que las yemas vegetativas alcancen mayor porcentaje de brotación y se adelanten respecto de las yemas reproductivas. Esto puede deberse, en primera instancia, al uso de promotores de la brotación, ya que, aunque se ha demostrado en varias especies que las yemas vegetativas presentan mayores requerimientos de frío (Naor *et al.*, 2003; Erez, 2000), el uso de estos productos compensa estos requerimientos, logrando que estas broten casi al mismo tiempo o incluso antes que las yemas reproductivas (Erez, 2000).

Respecto a la dinámica de brotación en cámara, esto toma sentido, puesto que los resultados no se conciden con lo observado en campo, ya que, para el caso de las yemas reproductivas, no existió un adelanto en la brotación, mientras que para las yemas vegetativas sí. Esta diferencia entre campo y cámara evidencia que el efecto de los promotores depende tanto del ambiente como del momento de aplicación. De hecho, la aplicación temprana (45 DABE) de CH en combinación con AM, y la aplicación tardía (30 DABE) de CH sola y en combinación con AM, generaron un adelanto de las yemas vegetativas, alcanzando 74% de yemas brotadas al día 10 de evaluación, en promedio (Figura 5; Apéndice, cuadros 1 y 2). Asimismo, en cuanto al porcentaje máximo de brotación alcanzado al día 20 de evaluación, las yemas reproductivas no presentaron diferencias entre tratamientos, mientras que para las yemas vegetativas sí; todos los tratamientos con aplicación tardía (30 DABE) junto con la aplicación temprana (45 DABE) de CH en combinación con AM alcanzaron 85% de brotación, en promedio (Figura 5; Apéndice, cuadros 1 y 2). Esto sugiere un mayor efecto del momento de aplicación que por la acción del agente promotor, lo que se explica, a razón de que las ramas que tuvieron una aplicación tardía (30 DABE) estuvieron más tiempo expuestas, permitiendo una mayor acumulación de frío y, frente a una condición de temperaturas cálidas y humedad adecuada, un mayor efecto sobre la fenología de las yemas (Cifuentes-Carvajal *et al.*, 2023). Por otro lado, al hablar de concentración y posible adelanto, el diferencial de las pendientes de las yemas reproductivas permite ver que los tratamientos de aplicación temprana (45 DABE) presentaron una tendencia a concentrar la brotación y, en consecuencia, un adelanto, destacando el agente químico Erger® con  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , mientras que los tratamientos de aplicación tardía (30 DABE) no (Figura 6).

La evolución del peso fresco de yemas reproductivas, evaluada como una medida de desarrollo, concuerda con los resultados observados en la brotación en campo, puesto que los mismos tratamientos que generaron un adelanto en la brotación, es decir, CH sola y en combinación con AM con aplicación temprana (45 DABE), alcanzaron los valores más altos de peso fresco en las yemas reproductivas, tanto en porcentaje de aumento como en gramos por yema, con promedios de 78% y 0,07 g, respectivamente (figuras 8 y 9). Esto sugiere que la mayor acumulación de peso fresco en las yemas se debe a que estas se encontraban en un estado fenológico más avanzado, producto del adelanto en la brotación y, por ende, en su fenología respecto al resto de los tratamientos. Esto concuerda con lo observado por Kaufmann y Blanke (2017), quienes también encontraron correlación entre el aumento en el peso fresco de las yemas y el adelanto de la brotación para la aplicación de CH.

Finalmente, se sabe que el cuaje en cerezos es un factor clave que afecta directamente el rendimiento y la calidad de la fruta, y que de esto depende alcanzar el éxito productivo (Choi y Andersen, 2001). También se sabe que con una inadecuada acumulación de frío el cuaje disminuye, y que la aplicación oportuna de promotores de la brotación o rompedores de la dormancia puede aumentar el cuaje (Salama *et al.*, 2021). Un porcentaje adecuado de cuaje está en un rango entre 20 y 30% de las flores iniciales, dependiendo de la variedad (Centro Fruticultura Sur, 2021). Siguiendo esta misma línea, se sabe que las hormonas exógenas y los reguladores del crecimiento aumentan el cuajado de frutos en especies de plantas leñosas (Crane *et al.*, 1961). Esto concuerda con los resultados de cuaje de frutos en dardos observados en el presente estudio, ya que la aplicación tardía (30 DABE) de TDZ con AM

provoca un aumento en el cuaje respecto al control, alcanzando valores de 67% a los 45 DDPF (Figura 10). Sin embargo, en un estudio realizado por Sabir *et al.* (2021), en donde se hicieron aplicaciones foliares en plena floración de citoquininas, giberelinas, auxinas y poliaminas, sobre 'Bing', 'Tieton', 'Regina' y 'PC 8011-3', los tratamientos con TDZ (citoquinina) no tuvieron efecto sobre el cuaje de frutos. Contrariamente, en el presente estudio, el cuaje estuvo por sobre los valores que se buscan en la producción de cereza, por lo que al hacer uso de este promotor de la brotación (TDZ) se debe tener en consideración que puede llegar a ser necesario combinar otros manejos que permitan alcanzar el cuaje óptimo, tales como raleo químico o manual.

En contraste, los tratamientos de CH sola con aplicación tardía (30 DABE) y de CH en combinación con AM con aplicación temprana (45 DABE), alcanzaron un cuaje de 36% a los 45 DDPF, sin diferenciarse estadísticamente del control, que alcanzó un cuaje de 43% a los 45 DDPF (Figura 10). Aunque estos valores se encuentran cercanos al cuaje que se busca en cerezo, es fundamental considerar el uso de estos productos en variedades de cerezos susceptibles a bajo cuaje, ya que podrían impactar negativamente en la producción, al reducir el margen para ajustar la producción en caso de eventos climáticos adversos que induzcan la disminución del cuaje, llevándolo por debajo de los valores ideales previamente mencionados. Así, para el caso de estas variedades susceptibles, la mejor opción sería optar por promotores de la brotación distintos a la CH.

## CONCLUSIONES

Bajo las condiciones de este estudio fue posible identificar que la época de aplicación modifica el efecto de los agentes químicos sobre el adelanto, concentración y uniformización de la brotación y/o floración, y cuaje de frutos, dependiendo del tipo de producto utilizado.

La aplicación temprana de CH sola (3%) y en combinación con aceite mineral (CH 2%; AM 2%) provoca un adelanto en la brotación y en la floración, mientras que la aplicación tardía de CH sola (3%) y en combinación con aceite mineral (CH 2%; AM 2%) adelanta solo la floración.

La aplicación tardía de CH sola (3%) concentra la brotación.

La aplicación de TDZ, así como la aplicación tardía de Erger®, mejoran la uniformidad de la brotación en la copa.

El aumento en el peso fresco de las yemas reproductivas es indicativo del adelanto de la brotación.

TDZ aplicado 30 días antes de la brotación estimada aumenta el cuaje de frutos.

El comportamiento de la brotación bajo condiciones controladas y uniformes de temperatura y humedad no reproduce los efectos observados en campo.

## BIBLIOGRAFÍA

Alvarado-Raya, H., Rodríguez-Alcázar, J., Calderón-Zavala, G., y Cárdenas-Soriano, E. (2000). El thidiazurón, la brotación floral y las dimensiones del ovario en ciruelo japonés (*Prunus salicina* L.) 'Shiro'. *Agrociencia*, 34(3), 321-327. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/302/30234308.pdf>

Ardiles, M. y Ayala M. (2013). Un agente rompedor de latencia alternativo a la cianamida de hidrógeno para cereza dulce (*Prunus avium* L.) bajo condiciones de baja acumulación de frío en el valle central de Chile. *Acta Horticulturae*, 1161, 423-430. 10.17660/ActaHortic.2017.1161.68.

Azcárate, T. G., Valenciano, J. P., y Giacinti, M. A. (2019). Competitividad internacional de la cereza. *Revista de la Fruticultura*, 70, 108-125. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/337562046\\_Competitividad\\_internacional\\_de\\_la\\_cereza](https://www.researchgate.net/publication/337562046_Competitividad_internacional_de_la_cereza).

Beauvieux, R., Wenden, B., and Dirlwanger, E. (2018). Bud dormancy in perennial fruit tree species: a pivotal role for oxidative cues. *Frontiers in Plant Science*, 9, 657. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00657>

Bound, S. A., Foo, E., Gelinas-Marion, A., Nichols, D. S., and Nissen, R. (2022). The impact of dormancy breakers on hormone profiles, fruit growth and quality in sweet cherry. *Agriculture-Basel*, 12(2), 270. <https://doi.org/10.3390/agriculture12020270>

Bound, S. A. and Miller, P. (2016). Manipulation of bud break, flowering and crop development of sweet cherry with the dormancy breaker Waiken. *Acta Horticulturae*, 1130, 285-292. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1130.42>

Cai, B. H., Wang, H. X., Liu, T. Y., Zhuang, W. B., Wang, Z., Qu, S. C., and Qin, Y. L. (2019). Effects of gibberellins A4 on budbreak, antioxidant enzymes' activity and proline content of flower buds in sweet cherry (*Prunus avium*). *Acta Physiologiae Plantarum*, 41(6). 10.1007/s11738-019-2876-z

Centro Fruticultura Sur. (2021). *Recomendaciones: polinización y cuaja en cerezos*. Recuperado de <https://centrofruticulturasur.cl/web/recomendaciones-polinizacion-y-cuaja-en-cerezos/>

Cifuentes-Carvajal, A., Chaves-Córdoba, B., Vinson, E., Coneva, E. D., Chavez, D., and Salazar-Gutiérrez, M. (2023). Modeling the budbreak in peaches: a basic approach using chill and heat accumulation. *Agronomy*, 13(9), 2422. <https://doi.org/10.3390/agronomy13092422>

Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN). (2016). *Manual técnico productivo y económico Cerezos* (Publicación N°188). Recuperado de <https://bibliotecadigital.ciren.cl/items/e3197698-b3cf-43d4-a0d5-b15dac04b9bb>

Choi, C., and Andersen, R. L. (2001). Variable fruit set in self-fertile sweet cherry. *Canadian Journal of Plant Science*, 81, 753-760. <https://doi.org/10.4141/P00-161>

Chmielewski, F. M., Gotz, K., Homann, T., Huschek, G., and Rawel, H. (2017). Identification of endodormancy release for cherries (*Prunus Avium* L.) by abscisic acid and sugars. *Journal of Horticulture*, 4(3), 210. <https://doi.org/10.4172/2376-0354.1000210>

CLIMATE-DATA. (2024, noviembre). Clima Curicó. <https://en.climate-data.org/south-america/chile/vii-region-del-maule/teno-47340/>

Crane, J. C., Rebeiz, C. A., and Campbell, R. C. (1961). Gibberellin-induced parthenocarpy in the J.H. Hale peach and the probable cause of 'button' production. *American society for horticultural science*, 78, 111-118.

Erez, A. (1987). Chemical control of budbreak. *HortScience*, 22(6), 1240-1243. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.22.6.1240>

Erez, A. (2000). Temperate Fruit Crops in Warm Climates. 10.1007/978-94-017-3215-4

Espinosa, A. (2021). Variables morfológicas, fenológicas y productivas en yemas de cerezo (*Prunus avium* (L.) L.) en respuesta a la aplicación de un bioestimulante promotor de la brotación (Tesis magister sin publicar). Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Faust, M., Liu, D., Millard, M. M., and Stutte, G. W. (1991). Bound versus free water in dormant apple buds—A theory for endo-dormancy. *HortScience*, 26(7), 887-890. <http://doi.org/10.21273/HORTSCI.26.7.887>

Fuchigami, L. H., and Nee, C. C. (1987). Degree growth stage model and rest-breaking mechanisms in temperate woody perennials. *HortScience*, 22(5), 836-845. <http://doi.org/10.21273/hortsci.22.5.836>

United States Department of Agriculture (USDA). (2025, 19 de Agosto). *Stone Fruit Annual (Informe N° CI2025-0017)*. Recuperado de <https://www.fas.usda.gov/data/chile-stone-fruit-annual-10>

Guillamón, J., Dicenta, F., y Sánchez-Pérez, R. (2022). Advancing endodormancy release in temperate fruit trees using agrochemical treatments. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.812621>

Hoeberichts, F. A., Povero, G., Ibañez, M., Strijker, A., Pezzolato, D., Mills, R., and Piaggese, A. (2017). Next generation sequencing to characterise the breaking of bud dormancy using a natural biostimulant in kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Scientia Horticulturae*, 225, 252-263. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.07.011>

Instituto de investigaciones agropecuarias (INIA). (diciembre 2024). TENO-agrometeorología-15052023-31052023 [Archivo Excel]. Red agrometeorológica INIA. <https://agrometeorologia.cl/>

Ionescu, I. A., Lopez-Ortega, G., Burow, M., Bayo-Canha, A., Junge, A., Gericke, O., and Sanchez-Perez, R. (2017). Transcriptome and metabolite changes during hydrogen cyanamide-induced floral bud break in sweet cherry. *Frontiers in Plant Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01233>

Kaufmann, H., and Blanke, M. (2017). Changes in carbohydrate levels and relative water content (RWC) to distinguish dormancy phases in sweet Cherry. *Journal of plant physiology*, 218, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2017.07.004>

Lambers, H., Chapin III, F. S., and Pons, T. J. (2008). Plant Physiological Ecology. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-78341-3>

Lang, G. A. (1987). Dormancy: A new universal terminology. *HortScience*, 22(5), 817-820. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.22.5.817>.

Lemus, G. (2005). Cultivo del cerezo. *Instituto de investigaciones Agropecuarias, Chile, Boletín INIA (133)*, 256. Recuperado de <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/19d3004e-4811-4b20-8833-0800ce700a43/content>

Luedeling, E., and Brown, P. H. (2011). A global analysis of the comparability of winter chill models for fruit and nut trees. *International Journal of Biometeorology*, 55(3), 411-421. <https://doi.org/10.1007/s00484-010-0352-y>

Luedeling, E., Girvetz, E. H., Semenov, M. A., and Brown, P. H. (2011). Climate change affects winter chill for temperate fruit and nut trees. *Plos One*, 6(5), Article e20155. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0020155>

Luedeling, E. (2012). Climate change impacts on winter chill for temperate fruit and nut production: A review. *Scientia Horticulturae*, 144, 218-229. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.07.011>

Mundoagro. (2022). *Dormancia: aspectos clave a considerar para el uso de rompedores de cerezos*. Recuperado de: <https://mundoagro.cl/dormancia-aspectos-clave-a-considerar-para-el-uso-de-rompedores/>

Naor, A., Flaishman, M., Stern, R. A., and Moshe, A. (2003). Temperature effects on dormancy completion of vegetative buds in apple. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 128(5), 636-641. <https://doi.org/10.21273/JASHS.128.5.0636>

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). (2023, 29 de diciembre). *Boletín de fruta, diciembre 2023*. Recuperado de <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/boletines/boletin-de-fruta-diciembre-2023>

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). (2024, 20 de septiembre). *Boletín de fruta, septiembre 2024*. Recuperado de <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/boletines/boletin-de-fruta-septiembre-2024>

Petri, J.L., Berenhauser G., Couto, M., and Carneiro G. (2014). Chemical induction of budbreak: new generation products to replace hydrogen cyanamide. *Acta Horticulturae*, 1042, 157–166. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1042.19>

Rademacher, W. (2015). Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. *Journal of Plant Growth Regulation*, 34(4), 845-872. <https://doi.org/10.1007/s00344-015-9541-6>

Richardson, E. A., Seeley, S. D., and Walker, D. R. (1974). A model for estimating the completion of rest for ‘Redharven’ and ‘Elberta’ peach trees. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 9(4), 331-332. <http://doi.org/10.21273/HORTSCI.9.4.331>

Rinne, P. L., Welling, A., Vahala, J., Ripel, L., Ruonala, R., Kangasjarvi, J., and Van der Schoot, C. (2011). Chilling of dormant buds hyperinduces flowering locus t and recruits GA-inducible 1,3-betaglucanases to reopen signal conduits and release dormancy in *Populus*. *Plant cell* 23(1), 130-146. <https://doi.org/10.1105/tpc.110.081307>

Rumayor-Rodríguez, A. (1995). Multiple-regression models for the analysis of potential cultivation areas for japanese plums. *HortScience*, 30(3), 605-610. <https://doi.org/10.21273/hortsci.30.3.605>

Sabir, I. L., Xunju, L., Jiu., S., Whiting, M., and Zhang, C. (2021). Plant growth regulators modify fruit set, fruit quality, and return bloom in sweet cherry. *HortScience*, 56(8), 922-931. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15835-21>

Salama, A., Ezzat., A., El-Ramady., H., Alam-Eldein., S. M., Okba., S. K., Elmenofy, H. M.,...Holb, I. J. (2021). Temperate Fruit Trees under Climate Change: Challenges for Dormancy and chilling requirements in warm winter regions. *Horticulturae*, 7(4), 86. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7040086>

Sheard, A. G., Johnson, S. D., and Cook, N. C. (2009). Effect of timing and concentration of rest breaking agents on budburst in 'Bing' sweet cherry under conditions of inadequate winter chilling in South Africa. *South African Journal of Plant and Soil*, 26(2), 73-79. <https://doi.org/10.1080/02571862.2009.10639937>

Saure, M. C. (1985). Dormancy releases in deciduous fruit trees. *Hortic. Rev*, 7, 239-300. <https://doi.org/10.1002/9781118060735.ch6>

Van Staden, J., and Cook, E. (1986). Cytokinins and fruit production. *Acta Horticulturae*, 179, 73-81. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1986.179.4>

Wang, S. Y., Faust, M., and Line, M. J. (1994). Apical dominance in apple (*Malus domestica* Borkh): the possible role of indole-3-acetic acid (IAA). *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119(6), 1215-1221. <https://doi.org/10.21273/JASHS.119.6.1215>

Weather Spark. (2024, enero). El clima y el tiempo promedio en todo el año en Teno. <https://es.weatherspark.com/y/25802/Clima-promedio-en-Teno-Chile-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Temperature>

Weinberger, J. H. (1950). Chilling Requirements of Peach Varieties. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 56, 122–128.

APÉNDICE

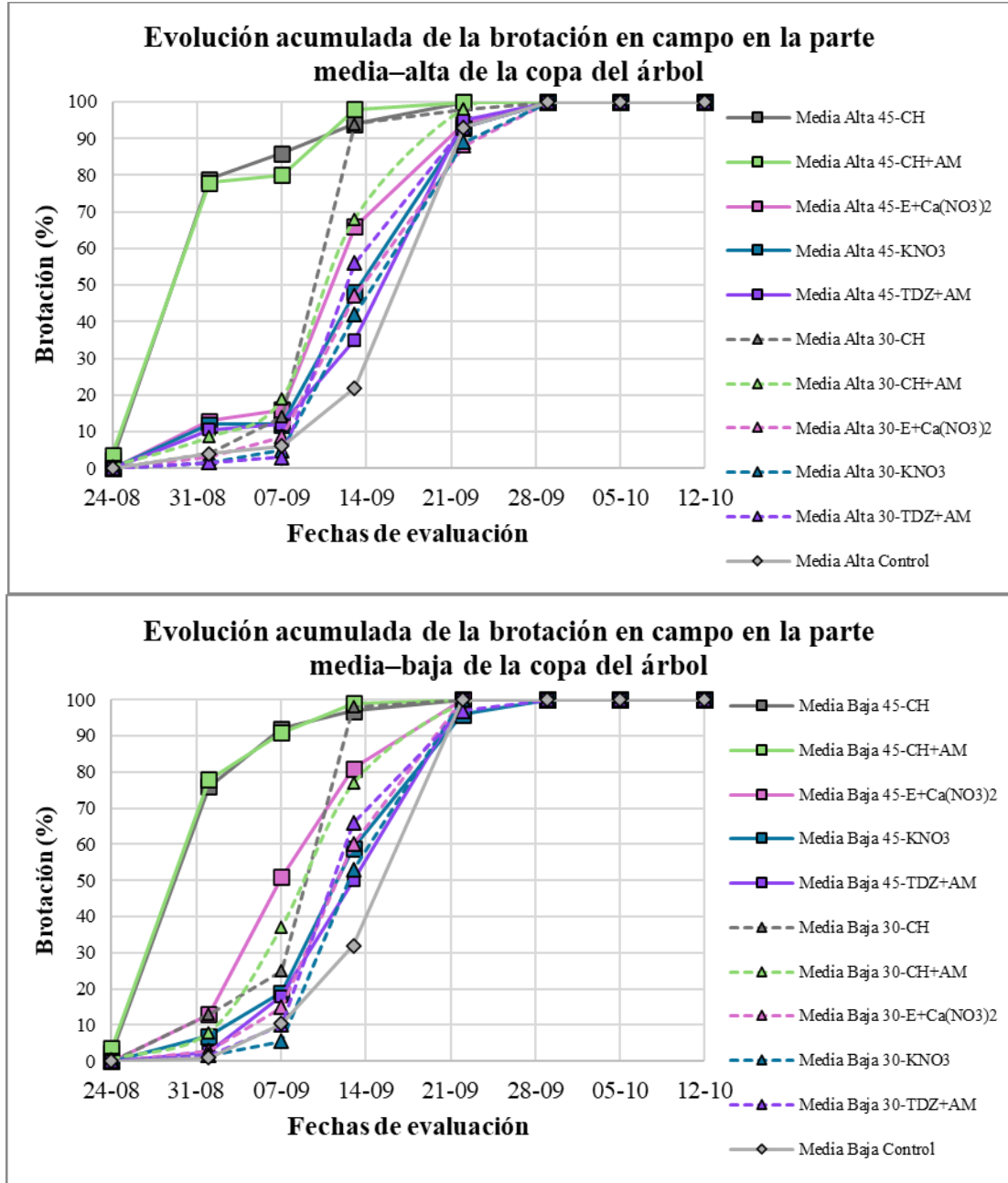


Figura 1. Porcentaje acumulado de brotación en campo en las partes media-alta y media-baja de la copa del árbol, considerando como inicio el estado fenológico BBCH 53.

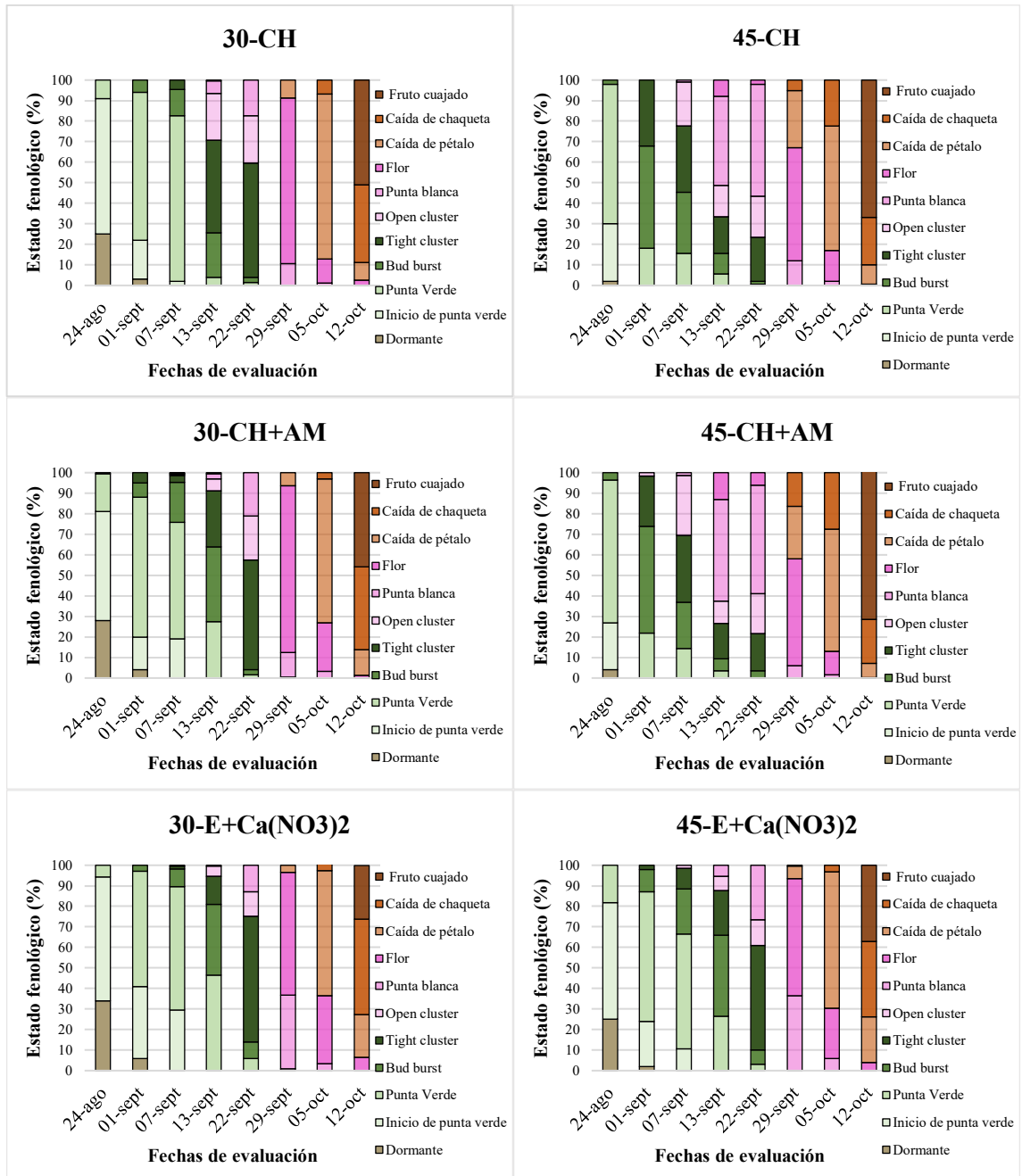


Figura 2. Proporción de estados fenológicos en diferentes fechas en el campo para los tratamientos de CH sola (3%) y en combinación con AM (CH 2%; AM 2%) y Erger® con Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> aplicado a los 45 y 30 días antes de brotación estimada (DABE).

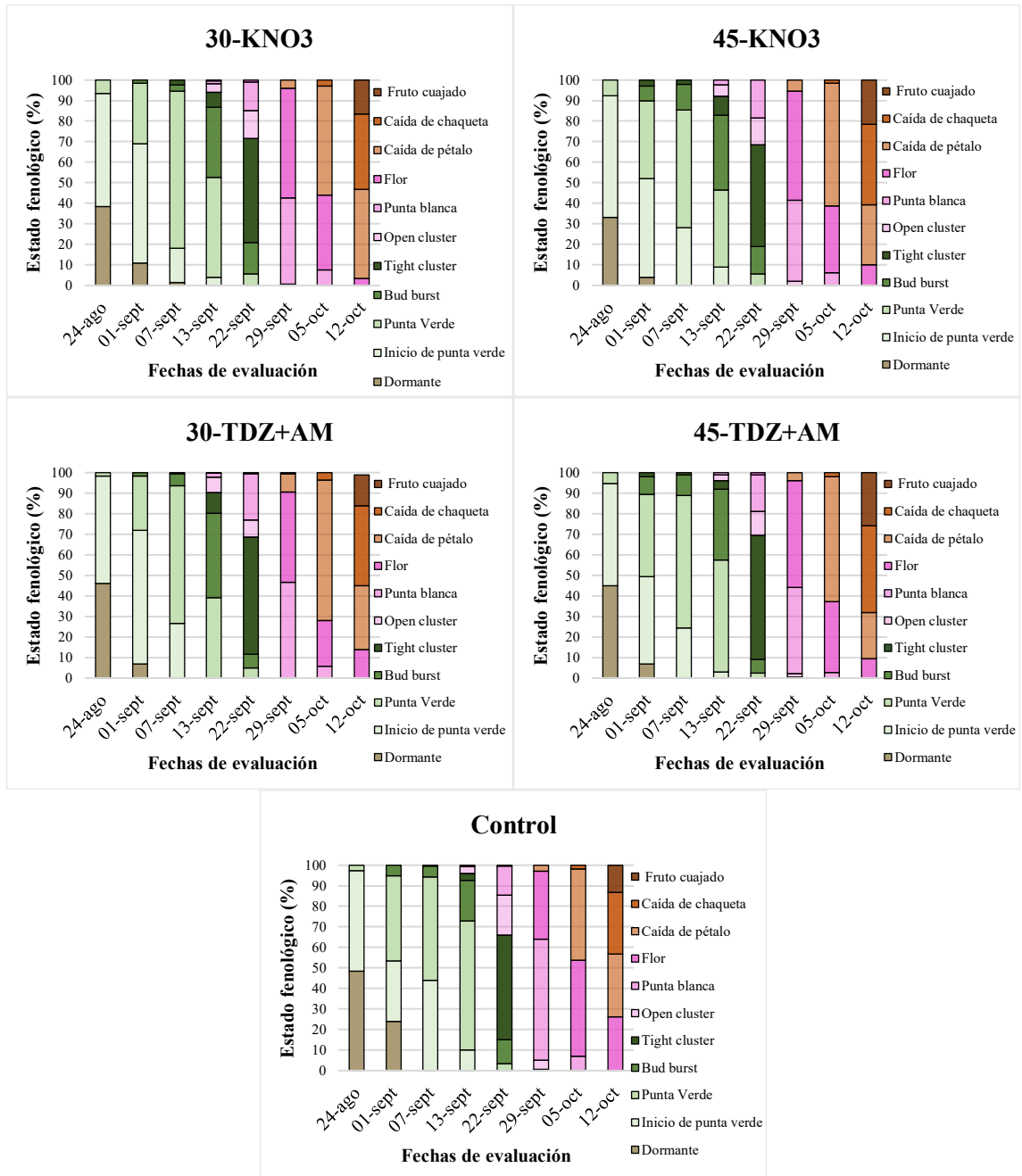


Figura 3. Proporción de estados fenológicos en diferentes fechas en el campo para los tratamientos de KNO<sub>3</sub> y TDZ con AM aplicados a los 45 y 30 días antes de brotación estimada (DABE), y del control.

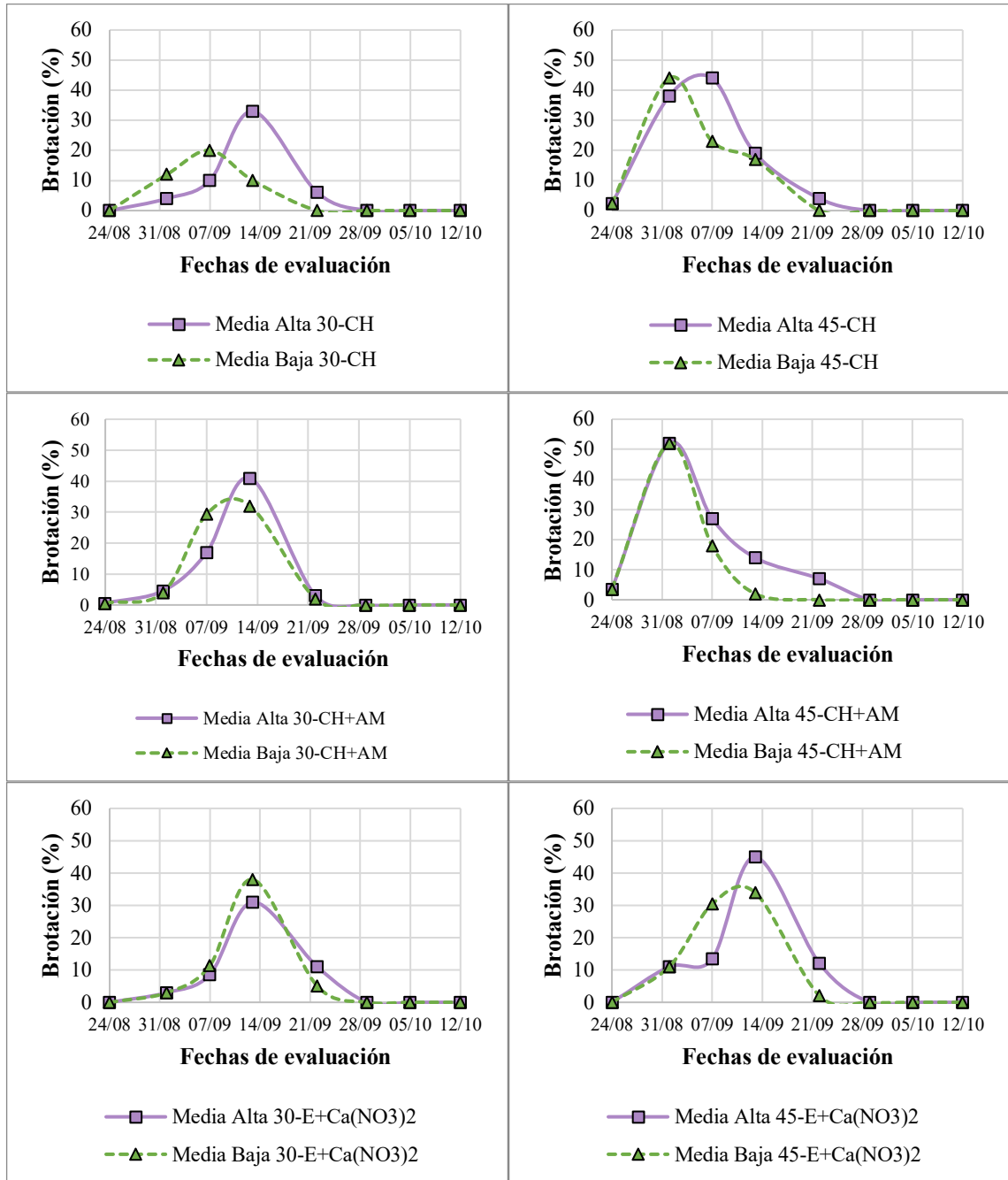


Figura 4. Evolución del estado fenológico BBCH 53 *bud burst* en la parte media – alta y media – baja del árbol, para los tratamientos de CH sola (3%) o en combinación con AM (CH 2%; AM 2%) y de Erger® con  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  aplicados a los 45 y 30 días antes de brotación estimada (DABE).

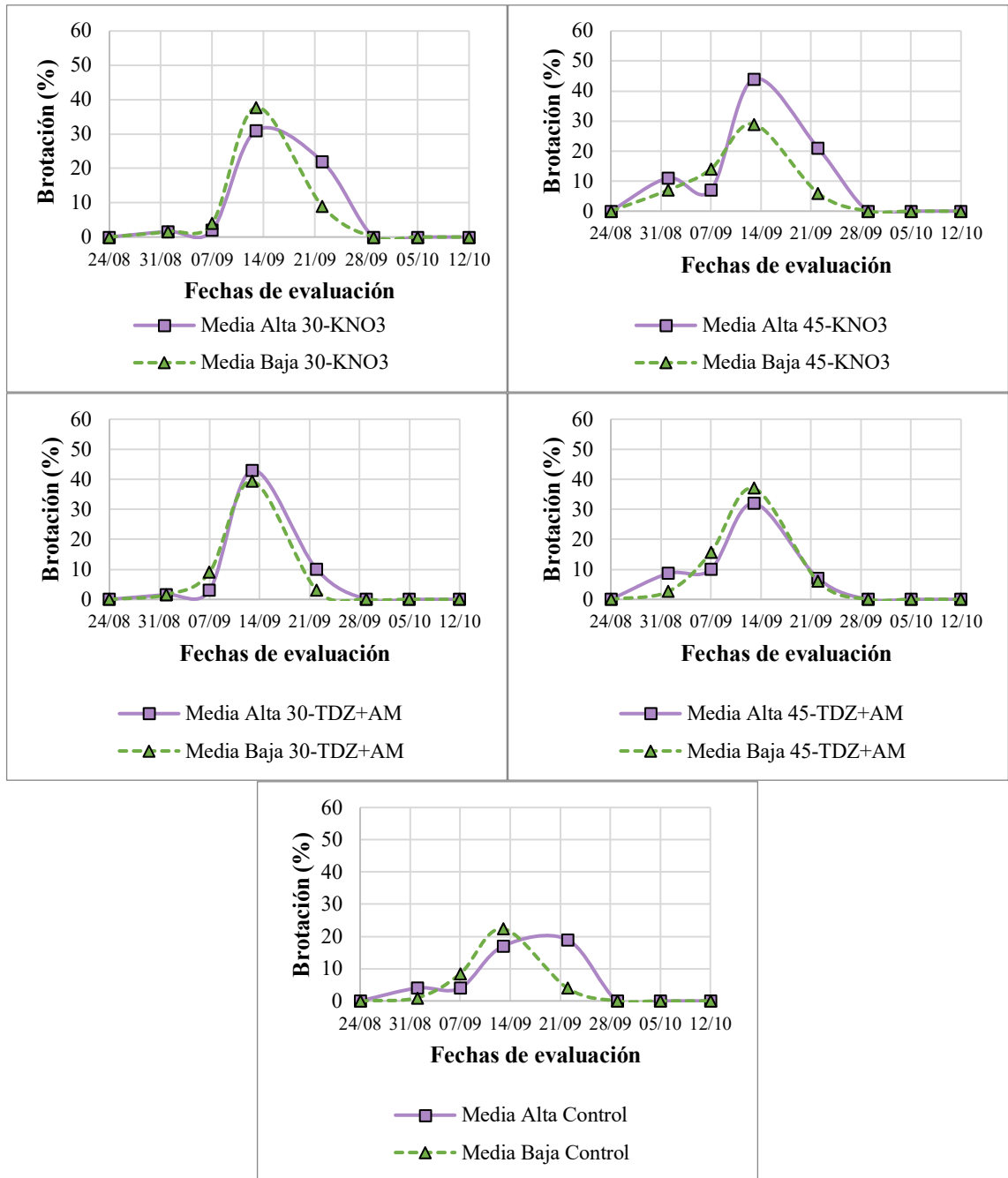


Figura 5. Evolución del estado fenológico BBCH 53 *bud burst* en la parte media – alta y media – baja del árbol, para los tratamientos de KNO<sub>3</sub> y TDZ con AM aplicados a los 45 y 30 días antes de brotación estimada (DABE), y el control.

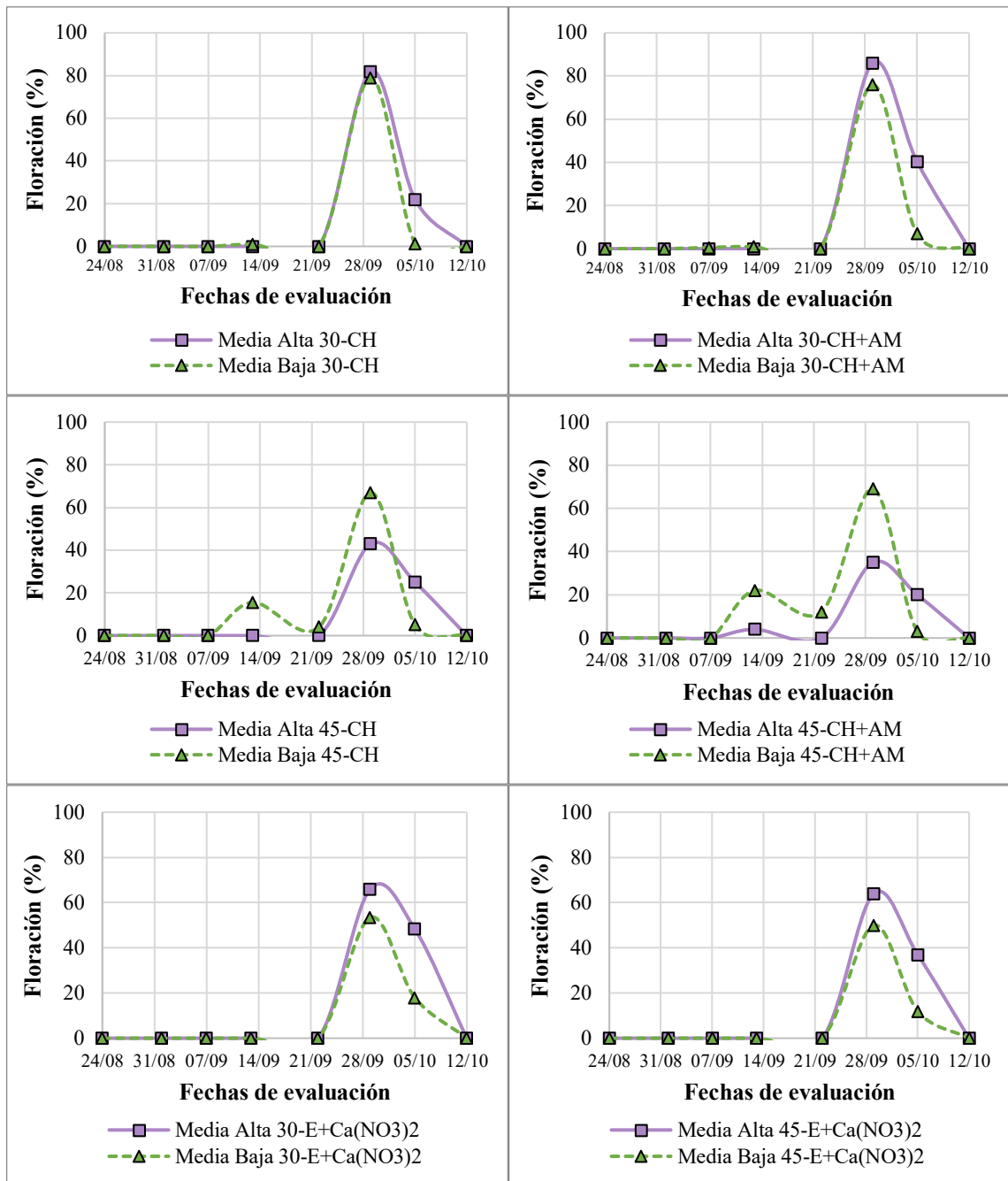


Figura 6. Evolución de la floración en la parte media – alta y media – baja del árbol, para los tratamientos de CH sola (3%) o en combinación con AM (CH 2%; AM 2%) y de Erger® con Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> aplicados a los 45 y 30 días antes de brotación estimada (DABE).

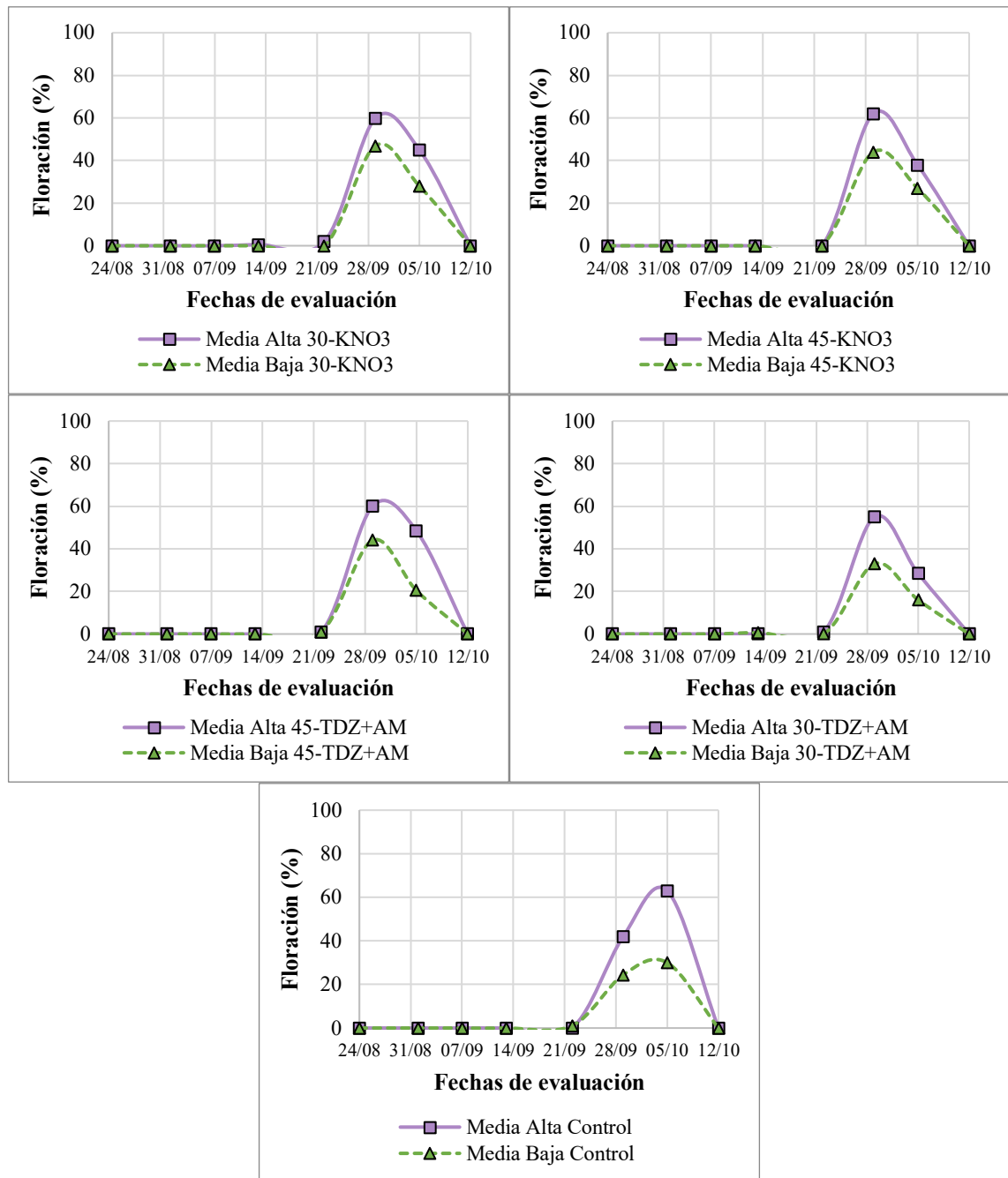


Figura 7. Evolución de la floración en la parte media – alta y media – baja del árbol, para los tratamientos de KNO<sub>3</sub> y TDZ con AM aplicados a los 45 y 30 días antes de brotación estimada (DABE), y el control.

Cuadro 1. Brotación de yemas reproductivas de los tratamientos en cámara de brotación, en diferentes tiempos.

Tratamiento	Brotación alcanzada al día 10 <sup>1</sup>	Brotación alcanzada al día 15 <sup>1</sup>	Brotación alcanzada al día 20 <sup>1</sup>
	(%)	(%)	(%)
45-CH	35,1	36,7 bc <sup>2</sup>	44,8
45-CH+AM	40,9	47,9 abc	61,2
45-E+Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	43,3	50,3 abc	51,9
45-KNO <sub>3</sub>	30,5	34,6 c	42,3
45-TDZ+AM	41	48,1 abc	56,2
Control 45	28,8	40 bc	46,6
30-CH	28,1	47,1 bc	53,4
30-CH+AM	31,8	51,6 ab	54,2
30-E+Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	33,2	48,8 abc	57,2
30-KNO <sub>3</sub>	29,9	51,9 ab	59,8
30-TDZ+AM	42	62,9 a	68,6
Control 30	20,4	39 c	48
p-valor	0,1752	0,0394	0,1044
Contrastes			
30 vs 45	0,1346	0,0241	0,0671
30 vs control 30	0,0290	0,0101	0,0755
45 vs control 45	0,1965	0,6571	0,5116

<sup>1</sup>/Días transcurridos desde su ingreso a cámara de brotación, después de una semana de la aplicación de los tratamientos

<sup>2</sup>/ Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (p-valor  $\leq$  0,05).

Cuadro 2. Brotación de yemas vegetativas de los tratamientos en cámara de brotación, en diferentes tiempos.

Tratamiento	Brotación alcanzada al día 10 <sup>1</sup>	Brotación alcanzada al día 15 <sup>1</sup>	Brotación alcanzada al día 20 <sup>1</sup>
	(%)	(%)	(%)
45-CH	63,5 ab <sup>2</sup>	69,2 ab <sup>2</sup>	69,2 ab <sup>2</sup>
45-CH+AM	73,2 a	82,1 a	83,9 a
45-E+Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	39,8 cd	54,6 bc	59,3 b
45-KNO <sub>3</sub>	36,2 cd	44,8 c	50 b
45-TDZ+AM	40,7 cd	50,8 bc	54,2 b
Control 45	43,4 bcd	50,9 bc	50,9 b
30-CH	78,8 a	84,6 a	88,5 a
30-CH+AM	69,1 a	83,6 a	89,1 a
30-E+Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	57,3 abc	78,2 a	81,8 a
30-KNO <sub>3</sub>	57,4 abc	81,5 a	87 a
30-TDZ+AM	41,2 cd	76,5 a	80,4 a
Control 30	32,7 d	69,4 abc	81,6 a
p-valor	0,0002	0,0014	0,0001
Contrastes			
30 vs 45	0,0446	0,0001	<0,0001
30 vs control 30	0,0012	0,1037	0,4712
45 vs control 45	0,3425	0,2791	0,1080

<sup>1</sup>/Días transcurridos desde su ingreso a cámara de brotación, después de una semana de la aplicación de los tratamientos

<sup>2</sup>/ Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (p-valor  $\leq$  0,05).

Cuadro 3. Calor acumulado en horas grado de crecimiento (HGC<sup>o</sup>) en cámara de brotación para las yemas reproductivas y vegetativas colectadas en diferente momento.

Ramas según en la época de aplicación <sup>1</sup>	Calor acumulado	
	Día de evaluación	Acumulación de calor <sup>2</sup>
	(días)	(HGC <sup>o</sup> )
Ramas 45 DABE	10	5066
Ramas 45 DABE	15	6857
Ramas 45 DABE	20	9757
Ramas 30 DABE	10	5410
Ramas 30 DABE	15	6833
Ramas 30 DABE	20	10160

<sup>1</sup>/ Ramas recolectadas después de una semana desde la aplicación de los tratamientos, ya sea 45 o 30 días antes de brotación estimada (DABE).

<sup>2</sup>/ Los requisitos de calor se estimaron para cada evaluación (días 10; 15 y 20) restando a la temperatura media horaria la temperatura umbral de la especie (4,5<sup>o</sup> para el cerezo).

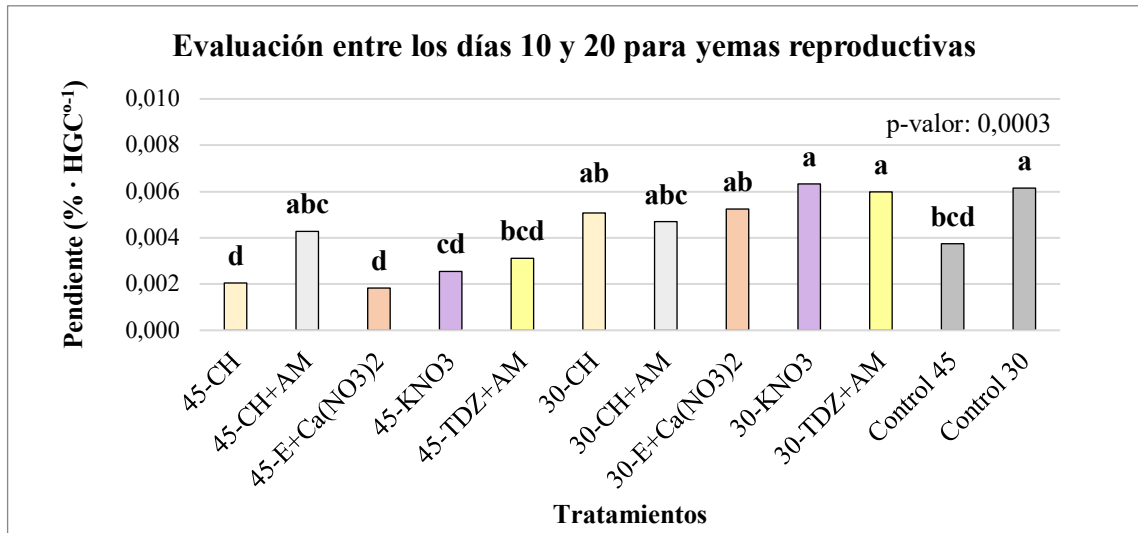


Figura 8. Velocidad de la brotación en el periodo 10 a 20 días de evaluación para yemas reproductivas. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, significancia ( $p$ -valor  $\leq 0,05$ ).

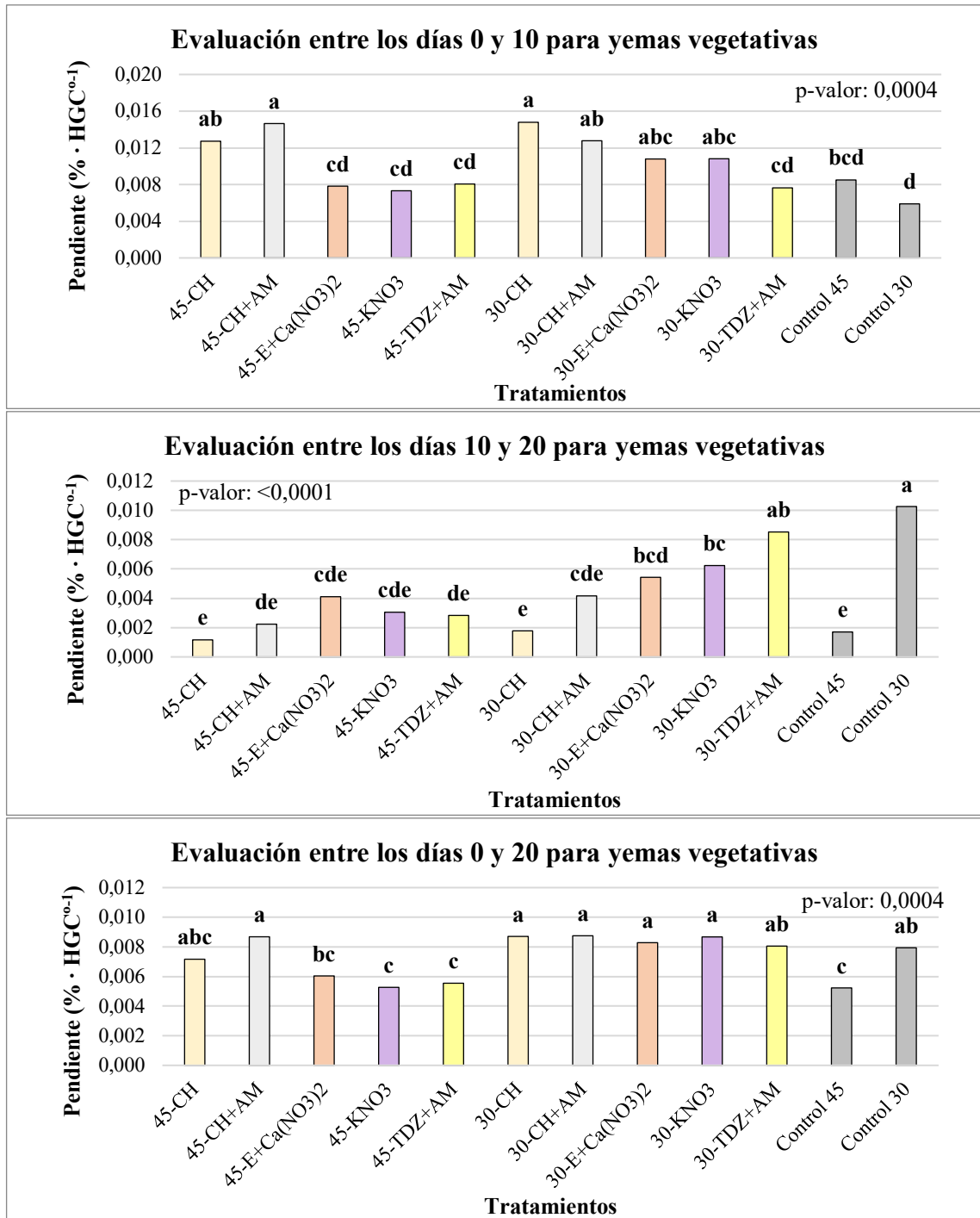


Figura 9. Velocidad de la brotación de yemas vegetativas para los periodos 0 a 10, 10 a 20 y, 0 a 20 días, respectivamente. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, significancia ( $p$ -valor  $\leq 0,05$ ).

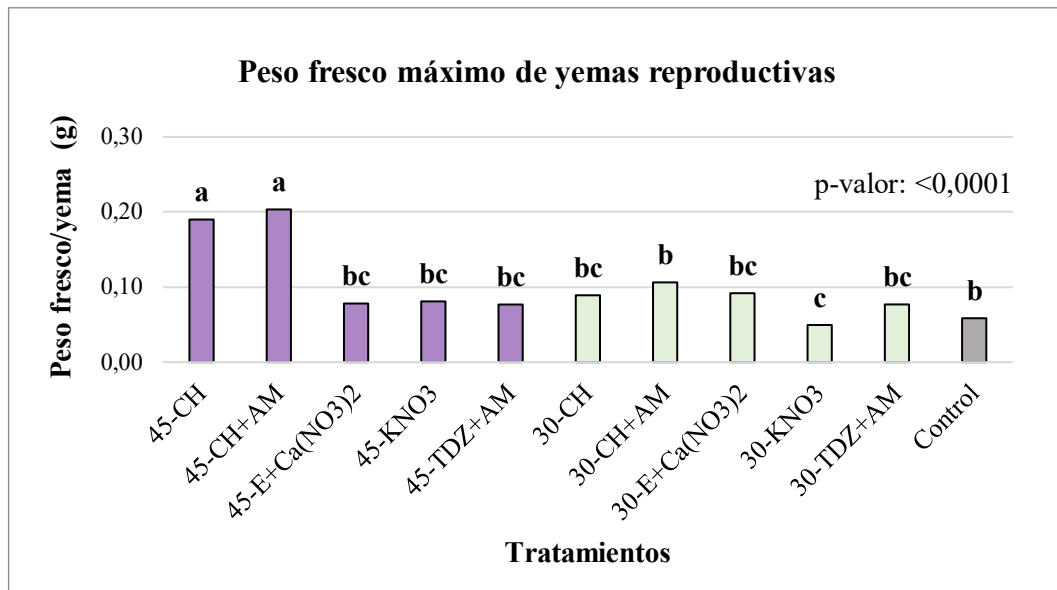


Figura 10. Peso fresco máximo por yema reproductiva, por tratamiento, alcanzado a los 20 días (07/09/2023), desde la última aplicación realizada, 30 días antes de brotación estimada (DABE). Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, significancia ( $p$ -valor  $\leq 0,05$ ).