



EVALUATION OF HYDROGENATED CYANAMIDE ON BUDBREAK AND YIELD OF PISTACHIO †

[EVALUACIÓN DE CIANAMIDA HIDROGENADA EN LA BROTAÇÃO Y RENDIMIENTO DE PISTACHO]

Rafael Zuñiga-Valenzuela¹, Isaela Villalpando-de la Torre^{2*},
Urbano Nava-Camberos³, Elizabeth Zuñiga-Valenzuela⁴,
Pablo Preciado-Rangel⁵ and J. Guadalupe. Luna-Ortega⁶

¹ Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo Km 32, Venecia, Gómez Palacio, Durango 35000, México. Emails: rafazunva@hotmail.com.mx

² Centro de Investigación para los Recursos Naturales. Antigua Normal Rural de Salas, López, Chihuahua. México. Tel. 01 (62) 95346023, Email: isaela.villalpando@degetaycm.sems.gob.mx

³ Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo Km 32, Venecia, Gómez Palacio, Durango 35000, México. Email: navacu@hotmail.com

⁴ Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo Km 32, Venecia, Gómez Palacio, Durango 35000, México. Email: elizabeth.zunigaval@yahoo.com.mx

⁵ Instituto Tecnológico de Torreón: Carretera Torreón - San Pedro De las Colonias KM 7.5, CP. 27018. Ejido Ana, Torreón, Coahuila, México. Email: ppreciador@yahoo.com.mx

⁶ Universidad Politécnica de la Región Laguna, calle sin nombre. Sin número. Ejido Santa Teresa, municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila C.P. 27942, México. Email: lupe_lunao@yahoo.com.mx

*Corresponding author

SUMMARY

Background: Among dry fruits, Pistachio cultivar is the fourth most important in the world if considering its surface area. Pistachio is the fourth most important nut in the world considering its surface area. It has become an alternative to traditional crops with a growing interest in semi-arid areas of northern Mexico. The limitation for its production and exploitation is its effective chilling hour needs (hours below 7 °C) before budbreak, which vary between 700 and 1500 chilling hours depending on the cultivar planted. **Objective:** To evaluate hydrogenated cyanamide as a compensator of effective chilling hours in pistachio cultivar Kerman. **Methodology:** During the 2023 agricultural season, the following treatments were applied: 2.5, 5 and 7.5% of cyanamide compared to an untreated control (0% of cyanamide) evaluating budbreaking in different dates and fruit yield. **Results:** The application of hydrogen cyanamide, as a compensator for the lack of chilling, caused a significant advance and increase in pistachio bud break, which depended on the dose used. There were increases of 11 to 75% in the budbreak of cyanamide-treated trees compared to the control trees, from March 9 to 23 (22 to 36 days after application). An advance of 13 to 45 days of 50% budbreak and 12 to 40 days of 75% budbreak of cyanamide-treated trees was observed compared to the control trees. Only the 7.5% dose of cyanamide had a high pistachio yield (662 kg per hectare), which was significantly higher than the control yield. **Implications:** The study shows that hydrogen cyanamide can be used as a compensator for the lack of chilling in pistachio in regions with warm winter conditions with insufficient accumulation of effective chilling hours, such as the Comarca Lagunera, as well as in the next agricultural seasons in which an increase in temperature is forecast due to global warming. **Conclusions:** According to the results obtained, the application of hydrogen cyanamide as a chilling compensator increases the bud break and yield of pistachio, depending on the dose used. **Key words:** chilling hours compensator; effective chilling hours; pistachio yield.

† Submitted March 11, 2025 – Accepted March 25, 2025. <http://doi.org/10.56369/tsaes.6234>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISSN: 1870-0462.

ORCID = R. Zuñiga-Valenzuela: <https://orcid.org/0000-0002-7735-5083>; I. Villalpando-de la Torre: <https://orcid.org/0000-0003-3169-401X>; U. Nava-Camberos: <https://orcid.org/0000-0001-9192-6754>; E. Zuñiga-Valenzuela: <https://orcid.org/0000-0003-4259-2422>; P. Preciado-Rangel: <https://orcid.org/0000-0002-3450-4739>; J.G. Luna-Ortega: <https://orcid.org/0000-0001-7226-920X>.

RESUMEN

Antecedentes: El cultivo del pistacho es el cuarto fruto seco en importancia a nivel mundial considerando su superficie. Se ha convertido en una alternativa a los cultivos tradicionales con un creciente interés en zonas semiáridas del norte de México. La limitante para su producción y su explotación, son sus necesidades de horas frío efectivas (horas por debajo de 7 °C) antes de la brotación, las cuales varían entre 700 a 1500 horas frío dependiendo de la variedad cultivada. **Objetivo:** Evaluar la cianamida hidrogenada como compensador de horas frío efectivas en pistacho variedad Kerman. **Metodología:** Durante el ciclo agrícola 2024 se aplicaron los siguientes tratamientos: 2.5 y 7.5% de cianamida en comparación con un testigo sin tratar (0 % de cianamida) evaluando la brotación en diferentes fechas y el rendimiento de fruto. **Resultados:** La aplicación de cianamida hidrogenada, como compensador de la falta de frío, causó un adelanto e incremento significativo de la brotación del pistache, lo cual dependió de la dosis utilizada. Se tuvieron incrementos del 11 al 75% en el la brotación de los árboles tratados con cianamida con respecto a los árboles testigo, del 9 al 23 de marzo (22 a 36 días después de la aplicación). Se observó un adelanto de 13 a 45 días del 50% de brotación y de 12 a 40 días del 75% de brotación de los árboles tratados con cianamida en comparación con los árboles testigo. Sólo la dosis de 7.5% de cianamida tuvo un rendimiento de pistache alto (662 kg por hectárea), el cual fue significativamente mayor que el rendimiento del testigo. **Implicaciones:** El estudio muestra que la cianamida hidrogenada puede ser utilizada como compensador de la falta de frío en el cultivo del pistacho en regiones con condiciones de inviernos cálidos con insuficiente acumulación de horas frío efectivas, tales como la Comarca Lagunera, así como en los próximos ciclos agrícolas en los que se pronostica un incremento de la temperatura debido al calentamiento global. **Conclusiones:** De acuerdo a los resultados obtenidos la aplicación de cianamida como compensador de frío incrementa la brotación y el rendimiento de pistacho, dependiendo de la dosis utilizada. **Palabras clave:** Compensador de horas frío; horas frío efectivas; producción de pistache.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del pistache (*Pistacia vera* L) es el cuarto fruto seco más importante en superficie a nivel mundial, convirtiéndolo en una alternativa a los cultivos tradicionales con un creciente interés en zonas semiáridas del norte de México (FAO 2020).

El pistachero es una especie que se caracteriza por su rusticidad, manifestada por su resistencia a la sequía, se cultiva tanto en condiciones de secano como de regadío. En regiones áridas con inviernos moderados los árboles de pistache manifiestan un reposo prolongado y brotación incipiente, debido a que las necesidades de frío requeridas no son satisfechas (Arreola *et al.* 2011), ya que el frutal se caracteriza por tener anualmente una fase de crecimiento activo (primavera-verano) alternando con un periodo de descanso (otoño-invierno) (Balandier *et al.* 1993). Lo anterior se define como la suspensión temporal del crecimiento visible en cualquier estructura vegetal que contenga un letargo, y se divide en tres estados: paradormancia, endodormancia y ecodormancia (Lang *et al.* 1987), una vez concluido el estado de ecodormancia el crecimiento se reanuda siempre y cuando la planta cumpla con la cantidad de horas frío que varía para cada variedad. La variedad Kerman requiere 1000 horas frío efectivas antes de la brotación por lo que genera una limitante para su producción y su explotación (Arreola *et al.* 2011), no obstante se han realizado aplicaciones de compuestos químicos con resultados satisfactorios, tales como la cianamida hidrogenada (H_2CN_2), la cual ha tenido efectos sobre el adelanto e incremento de la brotación, entre otras respuestas, en diversos frutales caducifolios. La cianamida tiene un efecto localizado, es decir, sólo

induce brotación en el árbol si la aplicación se realiza directamente sobre la zona de interés (yemas), la dosificación puede variar y de esta depende la suma de horas de frío acumulado (Pérez y Lira 2005). La cianamida es el producto más utilizado para ayudar a interrumpir la dormancia en frutales (Souza *et al.*, 2021), se comercializa bajo el nombre de Dormex® (BASF). Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar tres dosis de cianamida hidrogenada, como compensador de horas frío efectivas en el cultivo de pistache de la variedad Kerman en la región sur del estado de Chihuahua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio

El estudio se realizó en el campo experimental del CIReNa, ubicado en el km 46 de la carretera Jiménez–Parral, Chihuahua México, las coordenadas geográficas se localizan a 25° 44' 55.16" de latitud norte y 103° 21' 17.31" de longitud oeste a una altitud sobre el nivel del mar de 1110 m. el clima se clasifica como cálido y seco, con una temperatura promedio de 18.5°C, y una precipitación anual de 300 mm (García 1973), durante el ciclo agrícola 2023 en una huerta de pistache representativa de la región.

Manejo agronómico del cultivo

El experimento se estableció en una huerta de pistache de la variedad Kerman, con una edad de 27 años, la cual se encontraba en condiciones de manejo deficiente. Durante el desarrollo del experimento se aplicaron cuatro riegos durante el ciclo del cultivo. La fertilización consistió en el uso de 200 kg de

lombricomposta por ha, además de biofertilizantes a base de biol de nopal y lixiviado de lombriz.

Tratamientos evaluados y diseño experimental

Los tratamientos evaluados fueron tres dosis de cianamida hidrogenada: 2.5, 5, y 7.5%, correspondiendo a 2.5, 5 y 7.5 L en 100 L de agua, respectivamente, y un testigo sin tratar (0%). Se agregaron 2 L de aceite vegetal por 100 L de agua como coadyuvante. La aplicación de los tratamientos se realizó el 16 de febrero del 2023 mediante aspersión foliar 2.5 litros de la mezcla por árbol. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con siete repeticiones por tratamiento. La unidad experimental (repeticición) fue un árbol de pistache, por lo que se utilizaron un total de 28 árboles en el experimento.

Variables evaluadas

Se seleccionaron dos ramas al azar de los puntos cardinales norte y sur por árbol para el conteo del número de yemas totales y brotadas para estimar el porcentaje de brotación en las siguientes ocho fechas de evaluación: 9, 16, 23 y 30 de marzo, 6, 13, 20 y 27 de abril, correspondiendo a los 68, 75, 82, 89, 96, 103, 110 y 117 días julianos respectivamente. La evaluación del rendimiento se llevó a cabo el día 22 de agosto del 2023, recolectando el fruto por árbol y se estimó la media de producción de los árboles tratados con los distintos tratamientos, para posteriormente multiplicar por el número de árboles hembra que abarcan en una hectárea, estimando la producción por hectárea

Análisis estadísticos

Los datos de las variables evaluadas fueron sometidos a análisis de varianza y comparación de medias de tratamientos utilizando la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), mediante el programa estadístico SPSS Statistics 23 (Rivadeneira *et al.*, 2020). Se efectuaron análisis de regresión lineal simple para determinar la relación entre las dosis de cianamida (x) y los porcentajes de brotación (y), cuyo modelo es $y = \beta_0 + \beta_1 x$. Adicionalmente se efectuaron regresiones cuadráticas para representar la dinámica de brotación del pistache, cuyo modelo es $y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2$ donde y es el porcentaje de brotación y x es el tiempo de evaluación expresado en días julianos (Rodríguez *et al.* 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dinámica de brotación del pistache

Se detectaron diferencias significativas ($P < 0.0001$) en el número y porcentaje de yemas brotadas durante las evaluaciones realizadas el 9, 16 y 23 de marzo, correspondiendo a 68, 75 y 82 días julianos. En los

árboles testigo (sin tratar con cianamida) se registraron 1.1, 4.1 y 5 yemas abiertas por brote, respectivamente, en las fechas mencionadas, lo que corresponde a 5.7, 19.1 y 21.5% de brotación; mientras que en los árboles tratados con 2.5% del compensador de frío la brotación se incrementó, registrando 2.6, 8.7 y 10.0 yemas activas por brote (17, 41.5 y 47.8% de brotación), respectivamente. De igual manera se observó un incremento en la brotación en la dosificación de 5% de cianamida, donde se registraron 13.7, 19.0 y 23.1 de yemas activas (41.2, 63.4 y 77.8% de brotación), respectivamente. El mayor incremento en la brotación del pistache ocurrió al aplicar 7.5% de cianamida, registrándose 28.1, 33.6 y 35.0 yemas activas (76.9, 92.4 y 96.9% de brotación), respectivamente. En la evaluación realizada el 30 de marzo (89 días julianos) también se detectaron diferencias significativas en el número de yemas brotadas y en el porcentaje de brotación entre los tratamientos de dosis de cianamida ($P = 0.002$), en esta fecha los árboles testigo presentaron un promedio de 10.4 yemas abiertas por brote (47.1% de brotación), en tanto que los árboles tratados con 2.5, 5.0 y 7.5% de cianamida, presentaron 15.6, 26.7 y 35.4 yemas activas por brote (75.8, 90.7 y 98.2% de brotación), respectivamente. Los árboles tratados con 5.0 y 7.5% de cianamida presentaron más del 90% de brotación a partir del 30 de marzo (89 días julianos) y 16 de marzo (75 días julianos), respectivamente (Figuras 1 y 2).

En las evaluaciones realizadas el 6, 13, 20 y 27 de abril (96, 103, 110 y 117 días julianos) se detectaron diferencias significativas en el número de yemas brotadas entre los tratamientos ($P = 0.004 - 0.020$). Al final del período de brotación (27 de abril) la aplicación de 2.5 y 5.0% de cianamida hidrogenada incrementaron en 15 y 56% el número de yemas brotadas, respectivamente; mientras que la dosis de 7.5% casi duplicó dicha variable, en comparación con los árboles testigo. En los árboles testigo sin tratar se registró una brotación superior al 50% de brotación el 6 de abril (96 días julianos) y más del 90% de brotación el 20 de abril (110 días julianos). La dosis de 2.5% de cianamida alcanzó cerca del 90% de brotación el 13 de abril (103 días julianos). Las dosis de 5.0 y 7.5% de cianamida causaron más del 91 y 99% de brotación, respectivamente, a partir del 6 de abril (96 días julianos). Estos resultados muestran que la aplicación de cianamida hidrogenada, como compensador de frío, provocó un adelanto e incremento significativo en la fecha de brotación y un mayor porcentaje de yemas brotadas del pistache, dependiendo de la dosis utilizada. Se obtuvieron incrementos del 11 al 75% en la brotación de los árboles tratados con cianamida con respecto a los árboles testigo, durante las tres primeras fechas de evaluación (9 al 23 de marzo), correspondiendo de los 22 a 36 días después de la aplicación (Figuras 1 y 2).

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Arreola *et al.* (2011) quienes encontraron que la aplicación de cianamida hidrogenada 2.5 y 5.0% causó un adelanto e incremento de la brotación del pistache, siendo la dosis del 5% la más efectiva como compensador de horas frío en este frutal bajo condiciones de inviernos benignos de la Comarca Lagunera. Similares resultados fueron observados al aplicar la cianamida de hidrógeno (Dormex®) al 4% previamente 30 a 45 días antes del inicio de la brotación del pistache por Pontikis (1989), Fernández *et al.* (2023) y Elloumi *et al.* (2013).

De la misma manera, similares efectos de la aplicación de cianamida se han observado en otras especies de frutales, como la vid, pera y kiwi, cultivados en Australia (George *et al.* 1988), así como en otros países como Chile, Australia e Israel con inviernos cálidos (Linsley-Noakes 1989; Williamson *et al.* 2002). Martínez (1995) observó que al aplicar la cianamida hidrogenada con citrolina a árboles de nogal, se obtuvo un adelanto e incremento en la brotación y un mayor número de nueces. Alvarez y Velázquez (1989) reportaron un incremento en el porcentaje de yemas brotadas en nogal cultivar Western con aplicaciones de cianamida en concentraciones del 3 al 6 %.

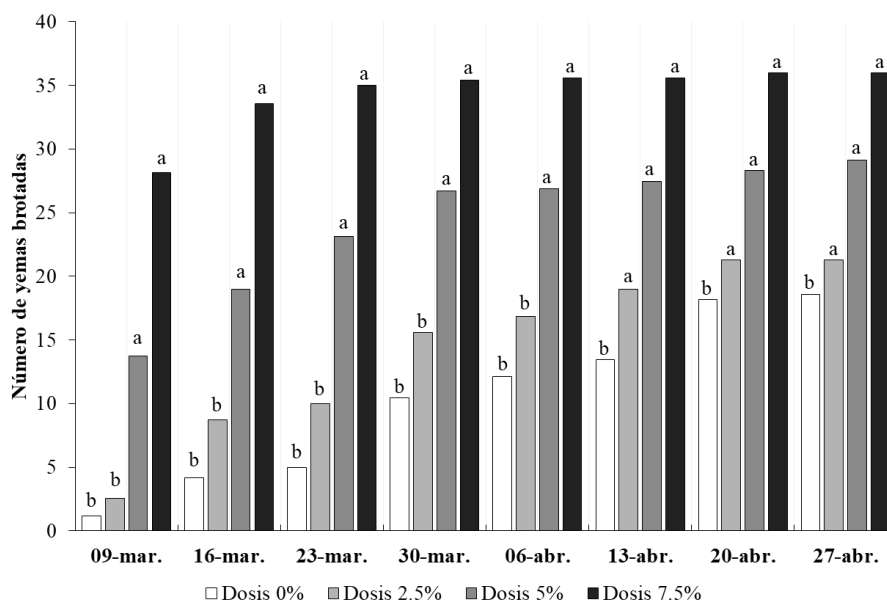


Figura 1. Dinámica de brotación del pistache con diferentes dosis de cianamida de hidrógeno.

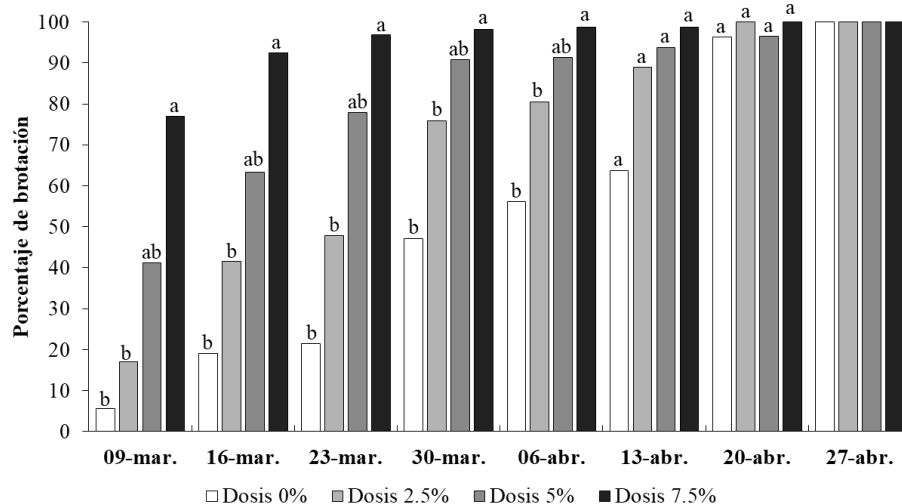


Figura 2. Porcentajes de brotación del pistache con diferentes dosis de cianamida de hidrógeno.

Se observó una relación lineal positiva entre la dosis de cianamida y el porcentaje de brotación de los árboles de pistacho en las evaluaciones realizadas el 9, 16, 23 y 30 de marzo, y 6 de abril, de tal manera que al incrementarse la dosis de cianamida se observó un incremento en el porcentaje de brotación (Figura 3). Las ecuaciones de regresión lineal simple que estiman el porcentaje de brotación en función de la dosis de cianamida para cada fecha de evaluación se presentan en la Tabla 1. Las relaciones entre dosis de cianamida y porcentajes de brotación son altamente significativas ($P = 0.0023 - 0.0382$), con excepción de la evaluación del 13 de abril ($P = 0.0893$) y la capacidad predictiva de las ecuaciones de regresión es alta ($R^2 = 0.93 - 0.99$) (Tabla 1).

Se observó una relación curvilínea positiva (ecuación cuadrática) entre la época de evaluación de la brotación, expresada en días julianos, y los porcentajes de yemas brotadas para cada dosis de cianamida, de tal manera que al incrementarse los días julianos y la dosis de cianamida se observó un incremento no lineal en el

porcentaje de brotación (Figura 4). Las ecuaciones de regresión cuadráticas que estiman el porcentaje de brotación en función de los días julianos para cada dosis de cianamida se presentan en la Tabla 2. Se observó que las relaciones entre días julianos y porcentajes de brotación fueron altamente significativas ($P = < 0.0001 - 0.0063$) y la capacidad predictiva de las ecuaciones de regresión cuadráticas fue alta ($R^2 = 0.87 - 0.98$) para todas las dosis. La Tabla 3 muestra los días julianos estimados para 0, 25, 50, 75 y 100% de brotación con las ecuaciones de regresión cuadráticas para cada dosis de cianamida. Se observó que al incrementar la dosis de cianamida, se registró un adelanto en la fecha de brotación, expresada en días julianos. En el caso del 50% de brotación del pistache que se presentó a los 94, 81, 71 y 49 días julianos (3 abril, 21 de marzo, 11 de marzo y 18 de febrero, respectivamente) en las dosis de 0, 2.5, 5.0 y 7.5% de cianamida, represento 13, 23 y 46 días de adelanto para los árboles tratados en comparación con los árboles no tratados (dosis de 0%).

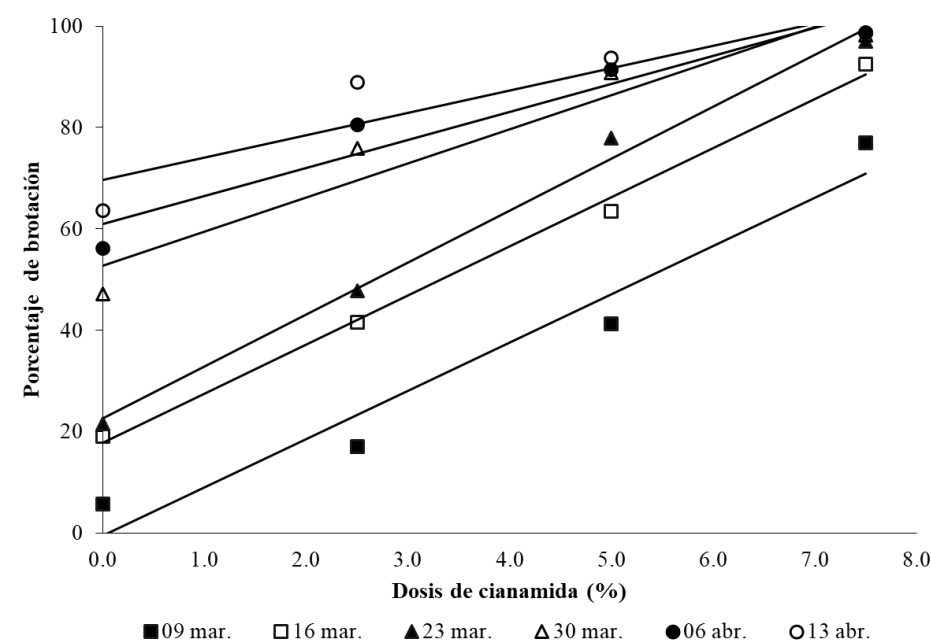


Figura 3. Relación entre la dosis de cianamida de hidrógeno y el porcentaje de brotación del pistache en diferentes fechas de evaluación.

Tabla 1. Regresiones lineales simples de la relación entre la dosis de cianamida de hidrógeno (X) y el porcentaje de brotación del pistache (Y) en diferentes fechas de evaluación.

Fecha de evaluación	Ecuación	Coefficiente de determinación (R^2)	$P > F$
9 marzo	$Y = -0.4700 + 9.51200x$	0.95	0.0253
16 marzo	$Y = 17.76 + 9.6890x$	0.99	0.0023
23 marzo	$Y = 22.5700 + 10.2480x$	0.99	0.0036
30 marzo	$Y = 52.7200 + 6.7280x$	0.93	0.0381
6 abril	$Y = 60.8700 + 5.5480x$	0.93	0.0382
13 abril	$Y = 69.7200 + 4.4080x$	0.93	0.0893

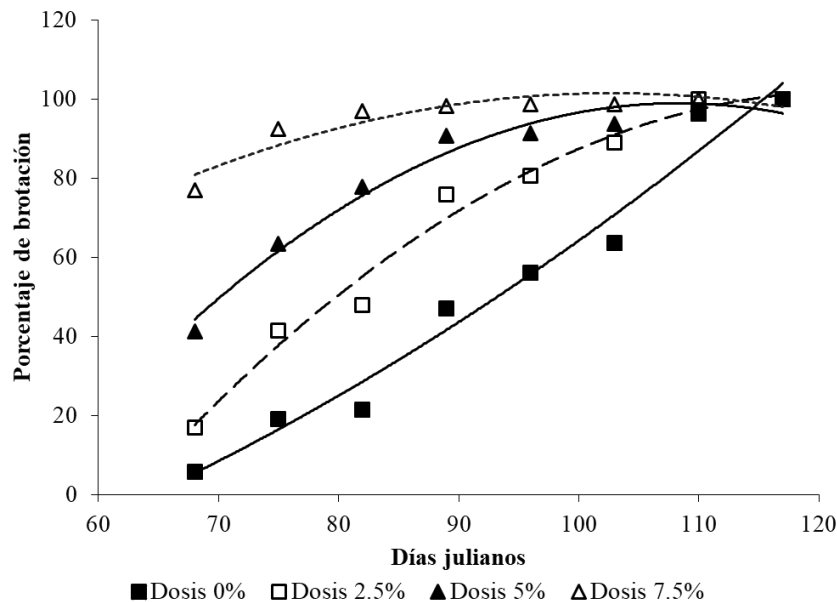


Figura 4. Relación entre días julianos y el porcentaje de brotación del pistache a diferentes dosis de cianamida de hidrógeno.

Tabla 2. Regresiones cuadráticas de la relación entre días julianos (X) y el porcentaje de brotación del pistache (Y) a diferentes dosis de cianamida de hidrógeno.

Dosis de cianamida (%)	Ecuación	Coefficiente de determinación (R^2)	P > F
0	$Y = -50.1828 + 0.1245x + 0.0102x^2$	0.97	< 0.0001
2.5	$Y = -321.5923 + 6.8968x - 0.0281x^2$	0.98	< 0.0001
5	$Y = -295.8856 + 7.2908x - 0.0337x^2$	0.97	< 0.0001
7.5	$Y = -78.8629 + 3.5094x - 0.0171x^2$	0.87	0.0063

Tabla 3. Días julianos estimados para diferentes porcentajes de brotación del pistache con las ecuaciones cuadráticas de cada dosis de cianamida de hidrógeno.

Brotación (%)	Dosis de cianamida (%)			
	0	2.5	5	7.5
0	64	63	55	26
25	80	71	63	37
50	94	81	71	49
75	105	93	83	65
100	115	115	109	96

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Arreola-Ávila *et al.* (2011), quienes indican que la aplicación de cianamida de hidrógeno al 2.5 y 5.0 % al pistache durante el invierno 2005-06 promovió el inicio de brotación el 12 de marzo, cuando habían transcurrido 71 días julianos, mientras que en el testigo este evento se observó el 23 de marzo, a los 82 días julianos, por lo que el inicio de brotación se adelantó 11 días. La máxima brotación de yemas ocurrió 11 y 14 días después de iniciada la brotación para cianamida al 2.5 y 5.0 %, respectivamente, mientras que para el testigo ésta se presentó a los 16 días.

Rendimiento

Se observaron diferencias estadísticamente significativas en la variable rendimiento de fruto de pistache ($P = 0.014$), la dosis de 7.5% obtuvo el mayor rendimiento (662.9 kg/ha) aumentando el 91% de la producción de los árboles sin tratar que produjeron 57 kg/ha, el 49% de la dosificación de 2.5% que obtuvo 339.6 kg/ha y un 27% de la dosis de 5% que produjo 486.3 kg/ha. Se observó una relación lineal positiva entre la dosis de cianamida y el rendimiento de pistache por hectárea, de tal manera que al incrementarse la dosis de cianamida se observó un

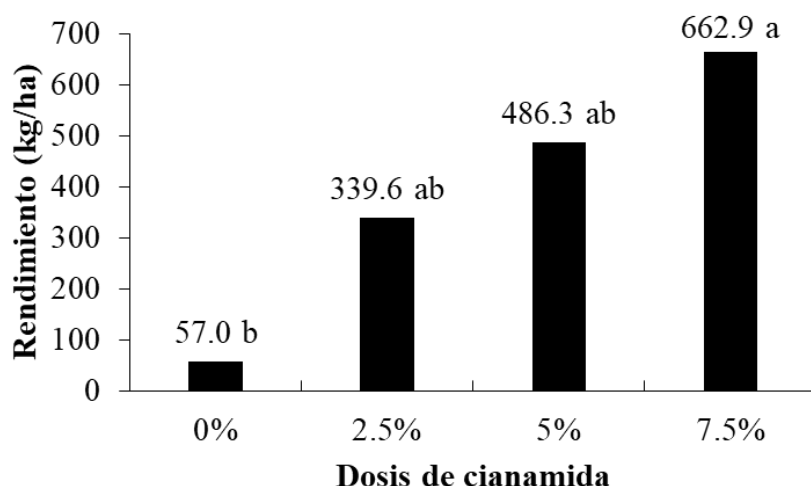


Figura 5. Rendimiento del pistache en diferentes dosis de cianamida de hidrógeno.

incremento en el rendimiento. La ecuación de regresión lineal simple que estima el rendimiento (Y) en función de la dosis de cianamida (X) fue $Y = 91.815 + 78.574X$ ($R^2 = 0.98$, $P = 0.0107$) (Figura 5). Delgado *et al.* (2020), reportan que la producción de pistache por hectárea varía desde los 160 kg/ha en huertos jóvenes, hasta los 3.200 kg/ha en huertos de 10 años, no obstante la variedad que evaluaron fue la Sfax. Couceiro *et al.*, López (2013), reportaron que en el país de origen del cultivo (Irán) la media para árboles de 25 años de la variedad Kerman es de 1050 kg/ha, mientras que en California (EE.UU) la producción oscila entre los 1472 kg/ha.

CONCLUSIONES

La aplicación de cianamida hidrogenada incrementó el número de yemas brotadas y el porcentaje de brotación, además adelantó la fecha de brotación del pistache, lo cual dependió de la dosis del compensador de frío. La aplicación de 2.5 y 5.0% de cianamida hidrogenada incrementaron (15 y 56%) el número de yemas brotadas; mientras que la dosis de 7.5% casi duplicó dicha variable al final del período de brotación. Se obtuvieron incrementos del 11 al 75% en la brotación de los árboles tratados con cianamida con respecto a los árboles testigo, durante las tres primeras fechas de evaluación (9 al 23 de marzo). Se observó un adelanto de 13 a 45 días del 50% de brotación y de 12 a 40 días del 75% de brotación de los árboles tratados con cianamida en comparación con los árboles testigo. Sólo la dosis de 7.5% de cianamida tuvo un rendimiento de pistache alto (662 kg por hectárea), el cual fue significativamente mayor que el rendimiento del testigo.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Centro de Investigación para los Recursos Naturales

Funding. Funded by Centro de Investigación para los Recursos Naturales, México.

Conflict of interest. Nothing to declare.

Data availability: Upon reasonable request to R. Zúñiga-Valenzuela and U. Nava-Camberos

Author contribution statement (CRediT). Pablo Preciado-Rangel - Conceptualization, writing – original draft; R. Zúñiga-Valenzuela – Resources, Supervision; U. Nava-Camberos- Resources, Supervision, formal analysis, investigation, software; I. Villalpando-de la Torre- Validation, Investigation, formal analysis, software; E. Zúñiga-Valenzuela- Funding Acquisition, formal analysis, Investigation, software, Writing – Review and editing; J.G. Luna-Ortega – Investigation.

REFERENCES

- Álvarez, A.A. and Velázquez Q.JO., 1989. Respuesta del nogal pecanero (*Carya illinoensis* Koch) en la brotación a la aplicación de reguladores químicos en la Costa de Hermosillo. In: Programa y Memoria de Resúmenes. III Congreso Nacional. Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. A. C. Oaxtepec, Morelos. México. p. 41.
- Arreola-Avila, J.G., Núñez-Barrios, A., Vargas-Piedra, G., Valdez-Cepeda, R., Borja-de la Rosa, A. and Trejo-Calzada, R., 2011. Cianamida de hidrógeno incrementa la

- brotación de pistache (*Pistacia vera* L.) En regiones áridas con frío insuficiente. *Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17(SPE), pp.259-265.
- Couceiro, L.J.F., Guerrero, V.J., Gijón, L.M.C., Moriana, E.A., Pérez, L.D. and Rodríguez, F.M., 2013. El cultivo del pistacho. Ediciones Mundi-Prensa, España.
- Balandier, P., Bonhomme, M., Rageau, R., Capitán, F. and Parisot, E., 1993. Liberación de endodormancia de yemas foliares en durazneros: Evaluación de modelos de temperatura en climas templados y tropicales. *Meteorología Agrícola y Forestal*, 67(1-2), pp.95-113. [https://doi.org/10.1016/0168-1923\(93\)90052-J](https://doi.org/10.1016/0168-1923(93)90052-J).
- Delgado, M.D.L., González, M.A.L., García, J.M.O., Morales, S.G. and Guerrero, M.B., 2020. Análisis financiero y económico del cultivo del pistache en el Municipio de López, Chihuahua. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 8(2), pp.14-22.
- Elloumi, O., Ghrab, M., Kessentini, H. and Mimoun, M.B., 2013. Chilling accumulation effects on performance of pistachio trees cv. Mateur in dry and warm area climate. *Scientia Horticulturae*, 159, pp. 80-87. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.05.004>
- Fernández, E., Mojahid, H., Fadón, E., Rodrigo, J., Ruiz, D., Egea, J.A. and Luedeling, E., 2023. Impactos del cambio climático en el frío invernal en huertos frutales de clima templado mediterráneo. *Cambio Ambiental Regional*, 23 (1), 7.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020. Base de datos de la FAO [En línea] (Actualizado al 5 de febrero de 2023). pág. 70 Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> [Último acceso el 5 de febrero del 2023].
- George A.P., Nissen, R.J. and Baker, J.A., 1988. Effects of hydrogen cyanamide in manipulating budburst and advancing fruit maturity of table grapes in south-eastern Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 28(4), pp. 533-538.
- Lang, G.A., Early, J.D., Martin, G.C. and Darnell, R.L., 1987. Endo-, para-, and eco-dormancy: Physiological terminology and classification for dormancy research. *HortScience* 22(3), pp.371-377. <http://dx.doi.org/10.21273/HORTSCI.22.5.701b>
- Linsley-Noakes, G.C., 1989. Improving flowering of kiwi fruit in climatically marginal areas using hydrogen cyanamide. *Scientia Horticulturae*. 38, pp. 247-259. <https://doi.org/10.1071/EA9880533>
- Martínez, R.O.A., 1995 Efecto de las aplicaciones de cianamida de hidrógeno y citrolina en nogal (*Carya illinoensis* Koch). En: Memorias 41 Reunión Anual Sociedad Interamericana para Horticultura Tropical. Universidad de Magdalena.
- Pérez, F.J. and Lira, W., 2005. Possible role of catalase in post-dormancy bud break in grapevines. *Journal of Plant Physiology*, 162(3), pp. 301-308.
- Pontikis, C.A., 1989. Effects of hydrogen cyanamide on bloom advancement in female pistachio (*P. vera* L.). *Fruit Varieties Journal*. 43(3), pp.125-128
- Rivadeneida, P.J.L., Barrera-Argüello, M.V. and De La Hoz-Suárez, A.I., 2020. Análisis general del spss y su utilidad en la estadística. *E-IDEA Journal of Business Sciences*, 2(4), pp. 17-25. <https://revista.estudioidea.org/ojs/index.php/eidea/article/view/19>
- Rodríguez, A., Sánchez, E. and De la Casa, A., 2011. Contributions of early season temperatures to *Pyrus communis* 'Bartlett' fruit growth. *Acta Horticulturae*, 909(2), pp. 657-664. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.909.80>
- Souza, J.M.A., de Sousa-Silva, M., Ferraz, R.A., Modesto, J.H., Ferreira, R.B., Batista-Bolfarini, A.C. and Leonel, S., 2021. The use of hydrogen cyanamide or nitrogen fertilizer increases vegetative and productive performance of fig cv. Roxo de Valinhos. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 43, p.e50519. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v43i1.50519>
- Williamson, J.G., Krewer, G., Maust, B.E., Miller, E.P., 2002. Hydrogen cyanamide accelerates vegetative budbreak and shortens fruit development period of blueberry. *HortScience*, 37(3), pp. 539-542. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.37.3.539>