

# Efecto de la fertilización y aplicación de fitohormonas sobre la floración y rendimiento de *Hylocereus megalanthus* (K.Schum. ex Vaupel)

Sánchez-Herrera, J.H.<sup>1</sup>; Oliva, M.<sup>1</sup>; Collazos, R.<sup>1</sup>; Meléndez-Mori, J.B.<sup>1</sup>

## RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de distintas dosis de fertilización y fitohormonas, sobre la floración y el rendimiento de *H. megalanthus* (K.Schum. ex Vaupel). Las evaluaciones se realizaron en unidades experimentales homogéneas, con plantación de pitahaya de 2,5 años de edad. Se estableció un diseño experimental de bloques completamente al azar con arreglo factorial compuesto por nueve tratamientos y tres repeticiones. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y comparación de medias (Tukey,  $p < 0,05$ ). Los resultados mostraron que la aplicación de fertilización, fitohormonas y su interacción influyeron significativamente en la floración, fructificación y rendimiento, logrando incrementar sus valores con la aplicación 136 g planta<sup>-1</sup> de NPK<sup>+</sup> 138 ppm de fitohormonas. Sin embargo, las características de los frutos (peso, longitud y diámetro) no fueron modificadas significativamente por los tratamientos.

**Palabras clave:** Inducción de flores, NPK, pitahaya, rendimiento.

## ABSTRAC

*The objective of the study was to evaluate the effect of the application of different doses of fertilization and phytohormones on the flowering and yield of *H. megalanthus* (K.Schum. ex Vaupel). The evaluations were carried in homogeneous experimental units, with 2.5-year-old pitahaya plantations. A completely randomized block experimental design with a factorial arrangement was established, consisting of nine treatments and three replications. The data obtained were subjected to an analysis of variance and a comparison of means (Tukey,  $p < 0.05$ ). The results showed that the application of fertilization, phytohormones, and their interaction significantly influenced flowering, fruiting, and yield, managing to increase their values with the application of 136 g plant<sup>-1</sup> of NPK + 138 ppm of phytohormones. However, fruit characteristics (weight, length, and diameter) were not significantly modified by the treatments.*

**Keywords:** Flower induction, NPK, pitahaya, yield.

<sup>1</sup>Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES), Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), Chachapoyas 01001, Perú. Correo electrónico: soliva@indes-ces.edu.pe

## INTRODUCCIÓN

La pitahaya (*Hylocereus* spp.) tiene origen en América Central y el Caribe (Montesinos *et al.*, 2015). En el género *Hylocereus*, las especies con mayor distribución comercial son *H. megalanthus* e *H. undatus* (Vargas y López, 2020).

El cultivo de pitahaya tiene gran potencial económico debido a su creciente demanda en el mercado internacional y al reconocimiento como una exquisita y exótica fruta tropical (Tran y Chung-Ruey, 2014). Esta planta tiene gran potencial productivo; además, sus adaptaciones morfológicas y fisiológicas le permiten desarrollarse en zonas con condiciones climáticas y edáficas inadecuadas para cultivos más exigentes (Castillo, 2006).

La nutrición del cultivo es trascendental para no afectar el potencial productivo. Sin embargo, por un lado, el manejo nutricional empleado en la mayoría de plantaciones de pitahaya se basa en experiencias locales sin considerar los requerimientos nutricionales de la planta (López y Guido, 1998), lo que supone un riesgo para los costos de producción y el rendimiento del cultivo (Chakma *et al.*, 2014). Por otro lado, el uso de fitohormonas se ha convertido en un recurso valioso en la agricultura (Tuan *et al.*, 2016), ya que la evidencia sugiere que pueden potenciar la producción (Paroussi *et al.*, 2002), además de permitir un mejor control de los ciclos de producción en el campo (Tuan y Chung-Ruey, 2013). En la actualidad, el cultivo de pitahaya en el Perú genera importantes ingresos económicos para numerosas familias del sector agrícola. Sin embargo, la información que describa la influencia de los fertilizantes y reguladores de crecimiento en los parámetros productivos aún es escasa. Bajo ese contexto, el presente estudio tuvo por objetivo evaluar el efecto de la aplicación de distintas dosis de fertilizantes y fitohormonas sobre la floración y el rendimiento de *H. megalanthus* (K.Schum. ex Vaupel).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el distrito de Churuja, ubicado en la provincia de Bongará, departamento de Amazonas (Perú); el cual se localiza entre las coordenadas geográficas 6° 1' 0" S y 77° 55' 0" O, a una altitud de 1458 m s. n. m. La figura 1 muestra las condiciones climáticas (temperatura y humedad relativa) bajo las cuales se llevó a cabo el experimento. La pre-

cipitación varió entre un mínimo de 13,4 mm en julio y agosto a un máximo de 192,8 mm en mayo (912,6 mm/año).

El estudio se desarrolló en un área útil de 1215 m<sup>2</sup> con plantas de pitahaya amarilla de 2,5 años de edad, sembradas bajo arreglo de tresbolillo a un distanciamiento de 3 x 3 m. La topografía del área es ligeramente inclinada (<8%), con características edafológicas de buena capacidad de drenaje, textura franco arenosa, pH 8,13, materia orgánica 4,31%, fósforo 6,20 ppm, potasio 152,82 ppm, conductividad eléctrica 0,30 ms/cm y capacidad de intercambio catiónico de 25,77 meq/100g.

Los tratamientos evaluados se obtuvieron de la combinación factorial de tres dosis de fertilización (0, 136 y 202 g planta<sup>-1</sup> de NPK) y tres de fitohormonas (0, 69 y 138 ppm de combinación de auxinas, giberelinas y citoquininas; equivalentes a 0, 25 y 50 mL de producto comercial en 20 L de solución) (tabla 1). La fertilización se aplicó en forma fraccionada: 50% en el desarrollo vegetativo (abril) y 50% en la floración (octubre), directamente al suelo en forma circular o en media luna (según pendiente del suelo) a 15 cm del tallo. Por su parte, las fitohormonas se aplicaron (aspersión foliar) tres veces: la primera en el desarrollo vegetativo (abril), la segunda en la emisión de botón floral (septiembre), y la tercera en el cuajado de fruto (noviembre).

Se evaluó el número de botones florales, de flores, de frutos cuajados, de frutos maduros y características del fruto: peso, diámetro, longitud y el rendimiento en kilogramos por planta durante un ciclo productivo.

El ensayo se realizó bajo un diseño de bloques completamente al azar con nueve tratamientos y tres repeticiones, cada tratamiento conformado por tres plantas. Los datos se sometieron a un análisis de varianza y a pruebas de comparaciones múltiples mediante test de Tukey ( $p < 0,05$ ). Los análisis se realizaron en el software MINITAB 15.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Emisión de botones florales y número de flores

Los resultados mostraron que los factores fertilización, fitohormonas y la interacción de ambos tuvieron efectos significativos ( $p < 0,05$ ) en la emisión de botones florales y el número de flores. La prueba comparaciones múltiples (Tukey,  $p < 0,05$ ) respalda la diferencia entre tratamientos encontrando que la

Tratamientos	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Fitohormonas (ppm)*			Fuente
	(g planta <sup>-1</sup> )			Auxinas	Citoquininas	Giberelinas	
T1	0	0	0	0	0	0	Urea: 46% N; Fosfatodiamónico: 18% N, 46% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; Cloruro de potasio: 60% K <sub>2</sub> O; *Big-Hor Plus® (1mL): 0,13 ppm auxinas, 2,5 ppm citoquininas, 0,13 ppm giberelinas
T2	0	0	0	3,25	62,5	3,25	
T3	0	0	0	6,5	125	6,5	
T4	78	28	30	0	0	0	
T5	78	28	30	3,25	62,5	3,25	
T6	78	28	30	6,5	125	6,5	
T7	106	38	58	0	0	0	
T8	106	38	58	3,25	62,5	3,25	
T9	106	38	58	6,5	125	6,5	

Tabla 1. Tratamientos de fertilización y fitohormonas en *H. megalanthus*.

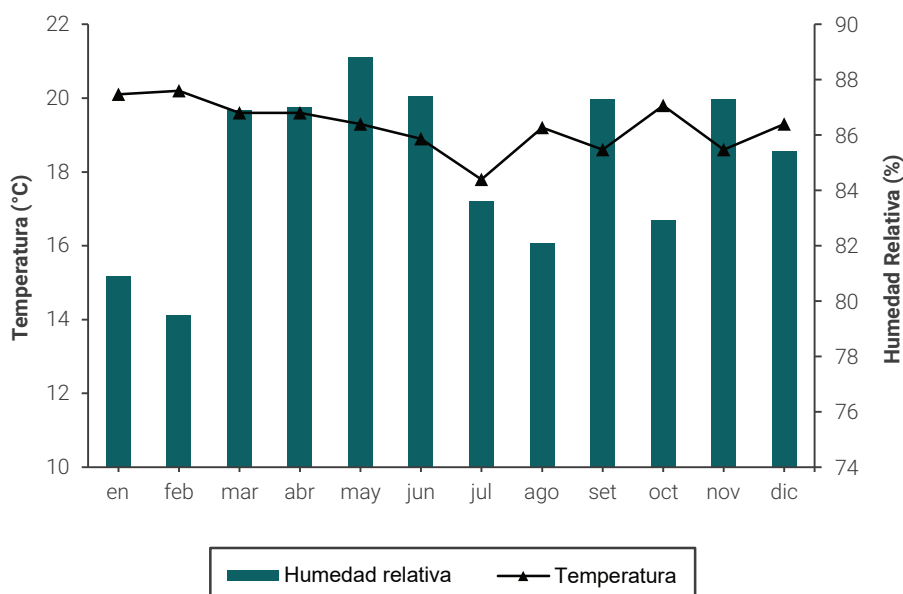


Figura 1. Temperatura y humedad relativa durante el periodo experimental (2017).

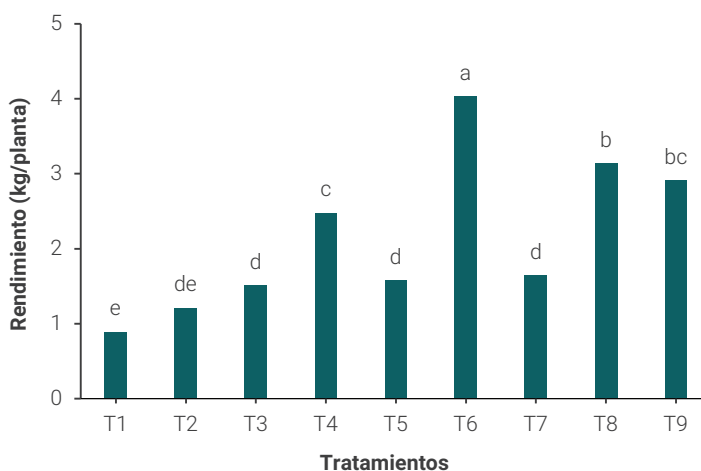


Figura 2. Efecto de la fertilización y de fitohormonas. A) Número de botones florales y flores; B) Número de frutos cuajados y cosechados y C) Rendimiento. Barras con letras diferentes en cada tratamiento indican diferencias significativas (Tukey,  $p < 0,05$ ).

emisión de botones florales y el número de flores logró mejores resultados con la aplicación de  $136 \text{ g planta}^{-1}$  de NPK<sup>+</sup> 138 ppm de fitohormonas (T6) mostrando medias ampliamente superiores al testigo (T1) (figura 2A).

En el proceso de floración pueden influir factores externos como la temperatura, la precipitación, la humedad relativa y la radiación (Osuna-Enciso *et al.*, 2016; Martínez-Ruiz *et al.*, 2017), así como internos, a ejemplo, las fitohormonas (Khaimov y Mizrahi, 2006; Khaimov-Armoza *et al.*, 2012). En este estudio, la temperatura se encontró dentro del rango óptimo

(18-25 °C) para el cultivo (Vargas y López, 2020). Pero se debe comprender que cada factor puede tener un papel específico sobre la floración, por lo que es importante estudiar los factores tanto ambientales como hormonales y sus interacciones sobre la fenología reproductiva, ya que este es el proceso que moldea el potencial productivo de la planta.

Resultados de estudios en *H. undatus* e *H. megalanthus* revelan que las fitohormonas (giberelina y citoquininas) pueden causar efectos opuestos durante la floración (Khaimov y Mizrahi, 2006). Por un lado, las citoquininas tienen un papel po-

sitivo (Khaimov-Armoza *et al.*, 2012), ya que pueden promover el desarrollo de meristemas florales (Carmona *et al.*, 2002), mientras que las giberelinas (como el ácido giberélico) pueden retrasar o disminuir la producción de flores (Khaimov y Mizrahi, 2006; Suekane *et al.*, 2016). Con base en los resultados de este estudio (excepto para T5) es posible presumir que la fertilización puede desempeñar un papel importante en los efectos positivos que tienen las fitohormonas durante la inducción floral y la floración.

### Parámetros productivos

Los resultados del análisis de varianza muestran que el cuajado de frutos y el número de frutos cosechados exhibieron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Para estas variables se observó que las plantas manejadas con 136 g planta<sup>-1</sup> de NPK<sup>+</sup> 138 ppm de fitohormonas (T6) produjeron resultados superiores a todos los demás tratamientos (figura 2B).

En la pitahaya, al igual que en otras especies, se registró un mayor número de flores en relación con los frutos cuajados y las que alcanzaron la madurez. Existen varios factores que influyen en la relación flor-fruto, entre ellos la efectividad de la polinización (Tran y Chung-Ruey, 2014) y la competencia por fotosintatos (Jiang *et al.*, 2011; Osuna-Enciso *et al.*, 2016); estos factores influyen en el desarrollo floral y, en consecuencia, en la cantidad final de frutos. En este estudio se observó que tanto el número de flores como el número de frutos aumentó hasta alcanzar cierto nivel de fertilización (136 g de NPK) y, a partir del cual su cantidad (flores y frutos) comenzaba a disminuir.

Respecto a las características del fruto, la longitud varió entre 8,49 y 9,38 cm, el diámetro entre 6,64 y 7,26 cm, y el peso entre los 202,48 y 265,26 g por fruto, sin presentar diferencias significativas entre tratamientos.

Los resultados indican que los tratamientos no tuvieron efecto significativo sobre las características del fruto. Sin embargo, por una parte, estudios previos mencionan que estas características pueden ser influenciadas por la disponibilidad de nutrientes y agua, factores importantes para la producción y distribución de los fotosintatos en la planta (Osuna-Enciso *et al.*, 2016; Tuan *et al.*, 2016). Por ello, es importante reducir la competencia entre frutos (raleo de frutos) para mejorar la cantidad de carbohidratos que puedan ser distribuidos a los tejidos comestibles (Jiang *et al.*, 2011). Por otra parte, otros estudios mencionan que las fitohormonas pueden ayudar a mejorar el tamaño del fruto ya que participan en la división celular (Suekane *et al.*, 2016; Tuan *et al.*, 2016). Sin embargo, existe otro factor que tiene un impacto aún mayor en los parámetros de calidad del fruto, que es el factor genético (López y Guido, 1998). Esto se observó en un estudio en el que el mayor peso, diámetro y longitud del fruto se obtuvo de un cruce entre *H. undatus* e *H. polyrhizus* (Subandi *et al.*, 2018). Sin embargo, en la región Amazonas las plantaciones comerciales provienen de semilla obtenida de poblaciones silvestres (Vargas y López, 2020), sin que aún existan estudios que describan su potencial.

El rendimiento de fruto (kg planta<sup>-1</sup>) muestra diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). La prueba de comparaciones múltiples muestra que el mayor rendimiento (4,03 kg planta<sup>-1</sup>) se alcanzó al aplicar 136 g planta<sup>-1</sup> de NPK<sup>+</sup> 138 ppm de fitohormonas (T6); rendimiento que fue 4,53 veces superior al obtenido en el testigo (0,89 kg planta<sup>-1</sup>) (figura 2C).

En este estudio, el rendimiento por planta fue variable; estas diferencias podrían atribuirse al número de frutos cosechados

debido a que el peso promedio de cada uno fue similar entre tratamientos. El rendimiento del cultivo de pitahaya depende de factores como la edad de la planta, las variaciones climáticas (Meráz *et al.*, 2003; Suekane *et al.*, 2016), la incompatibilidad sexual (Subandi *et al.*, 2018) y el uso de fertilizantes que pueden incrementar el rendimiento independientemente de su fuente (orgánico o sintético) (Huang *et al.*, 2019; Perween y Hasan, 2019). Sin embargo, es necesario determinar el nivel óptimo de fertilización debido a que dosis inadecuadas (exceso o deficiencia) pueden provocar bajos rendimientos (Chakma *et al.*, 2014; Perween y Hasan, 2019). En consecuencia, los niveles de fertilización y la juiciosa elección del insumo tienen un rol decisivo sobre el rendimiento y los ingresos netos (Huang *et al.*, 2019).

### CONCLUSIONES

En el presente estudio, por un lado, los resultados demuestran la influencia de los productos hormonales y la nutrición del cultivo, sobre la floración y el rendimiento. La aplicación de 136 g planta<sup>-1</sup> de NPK<sup>+</sup> 138 ppm de fitohormonas incrementó la producción de botones florales, de flores, de frutos cuajados, de frutos cosechados y el rendimiento por planta. Por otro lado, las características del fruto (longitud, diámetro y peso) no presentaron variaciones significativas para los tratamientos.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento realizado a través del proyecto SNIP (312252) / CUI (2252878) "Creación del Servicio de un Laboratorio de Fisiología y Biotecnología Vegetal de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas", ejecutado por el Instituto de Investigación para el Desarrollo Sostenible de Ceja de Selva.

### BIBLIOGRAFÍA

- CARMONA, M.; CUBAS, P.; MARTÍNEZ-ZAPATER, J. 2002. VFL, the grapevine FLORICAULA/ LEAFY ortholog, is expressed in meristematic regions independently of their fate. *Plant Physiology* 130, 68-77.
- CASTILLO, R. 2006. Aprovechamiento de la pitahaya: bondades y problemáticas. *Caos Conciencia* 1, 13-18.
- CHAKMA, S.; HARUNOR, A.; ROY, S.; ISLAM, M. 2014. Effect of NPK doses on the yield of dragon fruit (*Hylocereus costaricensis* [F.A.C. Weber] Britton & Rose) in Chittagong Hill Tracts. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 14 (6), 521-526.
- HUANG, X.; JIAO, J.; LI, Z.; JIHUA, D. 2019. Effects of biogas residue organic fertilizer on the yield and quality of dragon fruit. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 371, 032069.
- JIANG, Y.L.; LIN, T.S.; LEE, CH.L.; YEN, CH.R.; Yang, W.J. 2011. Phenology, canopy composition, and fruit quality of yellow pitaya in tropical Taiwan. *HortScience* 46 (11), 1497-1502.
- KHAIMOV, A.; MIZRAHI, Y. 2006. Effects of day-length, radiation, flower thinning and growth regulators on flowering of the vine cacti *Hylocereus undatus* and *Selenicereus megalanthus*. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 81 (3), 465-470.
- KHAIMOV-ARMOZA, A.; NOVÁK, O.; STRNAD, M.; MIZRAHI, Y. 2012. The role of endogenous cytokinins and environmental factors in flowering in the vine cactus *Hylocereus undatus*. *Israel Journal of Plant Sciences* 60 (3), 371-383.
- LÓPEZ, O.; GUIDO, A. 1998. Evaluación de dosis de nitrógeno y fósforo en el cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*). *Agronomía Mesoamericana* 9 (1), 66-71.
- MARTÍNEZ-RUIZ, E.R.; TIJERINA-CHÁVEZ, L.; BECERRIL-ROMÁN, A.E.; REBOLLEDO-MARTÍNEZ, A.; VELASCO-CRUZ, C.; DEL ÁNGEL-PÉREZ, A.L. 2017. Fenología y constante térmica de la pitahaya (*Hylocereus undatus* Haw. Britt. & Rose). *Agro productividad* 10(9), 3-8.

- MERÁZ, M.R.; GÓMEZ, M.A.; SCHWENTESIUS, R. 2003. Pitahaya de México-Producción y Comercialización en el Contexto Internacional. En: FLORES, C.A. (ed.). Pitayas y Pitahayas. CIESTAAM, Universidad Autónoma Chapingo. 99-116 pp.
- MONTESINOS, J.A.; RODRÍGUEZ-LARRAMENDI, L.; ORTIZ-PÉREZ, R.; FONSECA-FLORES, M.Á.; RUÍZ, G.; GUEVARA-HERNÁNDEZ, F. 2015. Pitahaya (*Hylocereus spp.*) un recurso fitogenético con historia y futuro para el trópico seco mexicano. *Cultivos Tropicales* 36 (Supl.1), 67-76.
- OSUNA-ENCISO, T.; VALDEZ-TORRES, J.B.; SAÑUDO-BARAJAS, J.A.; MUY-RANGEL, M.D.; HERNÁNDEZ-VERDUGO, S.; VILLARREAL-ROMERO, M.; OSUNA-RODRÍGUEZ, J.M. 2016. Fenología reproductiva, rendimiento y calidad del fruto de pitahaya (*Hylocereus undatus* (How.) Britton and Rose) en el valle de Culiacán, Sinaloa, México. *Agrociencia* 50 (1), 61-78.
- PAROUSSI, G.; VOYIATZIS, D.G.; PAROUSSI, E.; DROGOUR, P.D. 2002. Growth, flowering and yield responses to GA3 of strawberry grown under different environmental conditions. *Scientia Horticulture* 96 (1-4), 103-113.
- PERWEEN, T.; HASAN, A. 2019. Growth, yield and quality of dragon fruit as influenced by NPK fertilization. *Indian Journal of Horticulture* 76, 180.
- SUBANDI, M.; MUSTARI, E.; SETIAN, A. 2018. The crossing effect of dragon fruit plant cultivars [*Hylocereus Sp.*] on yield. *International Journal of Engineering & Technology* 7(2.29), 762.
- SUEKANE, W.H.; MARUKI, R.T.; NARITA, N.; ORIKA, E. 2016. Effects of season and GA3 concentrations on *Hylocereus undatus* flowering and production. *Journal of Agronomy* 15 (4), 179-183.
- TRAN, D.H.; CHUNG-RUEY, Y. 2014. Morphological characteristics and pollination requirement in red pitaya (*Hylocereus spp.*). *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering* 8 (3), 202-206.
- TUAN, N.; CHUNG-RUEY, Y. 2013. Effect of Gibberellic Acid and 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid on fruit development and fruit quality of wax apple. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 7 (5), 302-308.
- TUAN, N.; HUAN, N.; HUNG, N. 2016. Effect of GA3 plus yogen foliar fertilization on yield and fruit quality of red dragon fruit at lap Thanh district in Vietnam. *International Journal of Plant & Soil Science* 12 (2), 1-9.
- VARGAS, K. A.; LÓPEZ, R. N. 2020. Guía Técnica del cultivo de pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) en la región Amazonas. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/1052>