

Efecto del ácido indolbutírico en la propagación de *Hylocereus undatus* "pitahaya" bajo condiciones de invernadero

Effect of indole butyric acid on the propagation of *Hylocereus undatus* "pitahaya" under greenhouse conditions

Segundo Eloy López-Medina¹; José Mostacero-León^{1,*}; Carlos Alberto Vásquez-Boyer²;
Armando Efraín Gil-Rivero¹; Anthony J. De La Cruz-Castillo¹; Luigi Villena-Zapata³;
Roly Rafael-Amaya¹; Anthony Joel Gonzáles-Pacheco⁴

- 1 Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo. Ciudad Universitaria, Av. Juan Pablo Segundo S/N, Trujillo, Perú.
- 2 Facultad de Derecho, Universidad Nacional de Trujillo. Ciudad Universitaria, Av. Juan Pablo Segundo S/N, Trujillo, Perú.
- 3 Facultad de Ciencias Empresariales, Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, Perú.
- 4 Facultad de Educación y Ciencias de la Comunicación, Universidad Nacional de Trujillo. Ciudad Universitaria, Av. Juan Pablo Segundo S/N, Trujillo, Perú.

* Autor corresponsal: jmostacero@unitru.edu.pe (J. Mostacero-León).

ID ORCID de los autores:

S. E. López-Medina: <https://orcid.org/0000-0001-7719-8607>

C. A. Vásquez-Boyer: <https://orcid.org/0000-0001-5926-9248>

A. J. De La Cruz-Castillo: <https://orcid.org/0000-0002-54096146>

R. Rafael-Amaya: <https://orcid.org/0000-0001-6658-1467>

J. Mostacero-León: <https://orcid.org/0000-000325563013>

A. E. Gil-Rivero: <https://orcid.org/0000-0002-4521-5588>

L. Villena-Zapata: <https://orcid.org/0000-0001-9430-0028>

A. J. Gonzáles-Pacheco: <https://orcid.org/0000-0003-0319-750X>

RESUMEN

Hylocereus undatus "pitahaya", es una especie tropical de cactácea que se ha establecido en toda Latinoamérica. Su fruto es considerado un potencial alimento nutraceutico, debido a que brinda numerosas propiedades antioxidantes y probióticas beneficiosas para la salud. Motivo por el cual su cultivo se ha incrementado tanto para el mercado nacional e internacional, siendo una de las principales limitantes la propagación rápida y establecimiento de los esquejes. Ante ello se propuso como objetivo de investigación determinar efecto del ácido indolbutírico en la propagación de *Hylocereus undatus* "pitahaya", como promotor de crecimiento radicular. En invernadero se utilizaron tallos de plantas madre, los cuales fueron sometidos a diferentes dosis de AIB (0, 5000, 10000 mg/L). Se empleó un diseño completamente al azar, evaluándose la longitud de raíz mayor, número de raíces primarias, peso de masa radicular, peso seco de la raíz, peso del tallo y longitud del tallo. Los datos fueron analizados mediante el software R versión 4.1.2, evidenciándose la no existencia de diferencias significativas entre los tratamientos. Se concluye que el tratamiento 1, constituido por 0 mg/L de AIB es el mejor, ya que evidencio una mejor respuesta con relación a la longitud de raíz mayor, número de raíces primarias y peso de masa radicular, de la misma manera para el peso y longitud de tallo de *H. undatus* "pitahaya". Por tanto, para su propagación no es necesario el empleo del ácido indolbutírico.

Palabras clave: Hormonas; biotecnología; enraizamiento; cactácea; nutraceutico.

ABSTRACT

Hylocereus undatus "pitahaya", is a tropical species of cactus that has been established throughout Latin America. Its fruit is considered a potential nutraceutical food because it provides numerous beneficial antioxidant and probiotic properties for health. Reason for which its cultivation has increased both for the national and international market, one of the main limitations being the rapid propagation and establishment of the cuttings. Given this, it was proposed as a research objective to determine the effect of indole butyric acid on the propagation of *Hylocereus undatus* "pitahaya", as a promoter of root growth. In the greenhouse, stems of mother plants were used, which were subjected to different doses of IBA (0, 5000, 10000 mg/L). A completely randomized design was used, evaluating the longest root length, number of primary roots, root mass weight, root dry weight, stem weight and stem length. The data were analyzed using the software R version 4.1.2, showing the not existence of significant differences between the treatments. It is concluded that treatment 1, constituted by 0 mg/L of IBA, is the best, since a better response was evidenced in relation to the greater root length, number of primary roots and root mass weight, in the same way. for weight and stem length of *H. undatus* "pitahaya". Therefore, for its propagation the use of indole butyric acid is not essential.

Keywords: Hormones; biotechnology; rooting; cactus; nutraceutical.

Recibido: 11-07-2023.

Aceptado: 16-11-2023.



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

INTRODUCCIÓN

Hylocereus undatus "pitahaya", es una fruta exótica perteneciente a la familia de las Cactaceae, es nativa de las zonas tropicales de México, América del sur y América central, la cual luego fue introducida y cultivada en el Asia y Medio Oriente (Ortiz & Carrillo, 2012; PromPerú, 2017; Trivellini et al., 2020; Vite, 2014; Zamora, 2018).

Actualmente en el Perú se cuenta actualmente con 750 a 800 hectáreas de pitahaya, las cuales se duplican cada año debido a la demanda creciente, por otro lado es evidente su buen desarrollo y producción en suelos arenosos de la costa peruana desde los 0 msnm hasta los 1,200 msnm (Abatal et al., 2022; León, 2020; Litardo et al., 2020).

Existen más de 20 variedades de pitahaya que se diferencian por el color de la cáscara (roja, amarilla y verde) y por el color de la pulpa (roja, rosada y blanca) (Ministerio de Desarrollo y Riego, 2020; Ochoa et al., 2012). Siendo la variedad de pulpa roja la más preferida en el mercado, por brindar numerosos beneficios para la salud (Pohlan et al., 2007). En su composición nutricional de *H. undatus* "pitahaya", destaca la presencia de glucosa, betalaínas, vitaminas C, ácidos orgánicos, fibra soluble dietética, fitoalbúminas y minerales constituyentes. Además de antocianinas, flavonoides betacianinas y betaxantinas de los cuales se ha demostrado su efectividad como potentes antioxidantes de alto valor nutricional y de beneficio para la salud (Sotomayor et al., 2019; Tang et al., 2021; Verona et al., 2020; Wichienhot et al., 2010; Wu et al., 2006). A su vez diferentes estudios han demostrado los beneficios de la cascara y la pulpa de la pitahaya para la salud, como la quimio prevención del cáncer, efectos antiinflamatorios y antidiabéticos, y la reducción del riesgo de mortalidad por enfermedades cardiovasculares (Bauer et al., 2017; Cos et al., 2004; Kim et al., 2010; Ribeiro et al., 2021; Stintzing & Carle, 2007). Por otro lado el uso de la pulpa y cascara tiene un alto potencial para su uso en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética (Trivellini et al., 2020).

La propagación de *H. undatus* "pitahaya", se realiza empleando semilla botánica o esquejes. El empleo de semilla botánica, en este cultivo presenta una serie de inconvenientes ya que requiere cuidados constantes, su desarrollo es muy lento, la producción de frutos es tardía y con rendimientos muy variables. Por tanto, la propagación vegetativa por esquejes es la que se emplea con mayor frecuencia ya que las plantas propagadas crecen y producen en menor tiempo, garantizándose un mayor estabilidad genética, la cual se verá reflejada en una buena producción y rentabilidad del cultivo

(Colombo, 2019; Garbanzo et al., 2021; Zamora, 2018).

Un esqueje consiste en una porción de tallo, raíz u hoja, a partir del cual se puede formar una planta completa (Raven et al., 1992; Villar et al., 2018). Su longitud puede influir tanto en las reservas de carbohidratos como en el volumen de auxinas endógenas, que proporciona mayor supervivencia, precocidad en la emisión de raíces, el número y tamaño de los brotes (Braga et al., 2006; Lima, 2013). La siembra de esquejes debe realizarse en suelos que ofrezcan las mejores condiciones para el desarrollo de las plantas con pH entre 5,5 y 6,5, ricos en materia orgánica, buen drenaje y una textura suelta (Cabrera et al., 2018; Pollnow, 2018; Zamora, 2018). Las plantas de *H. undatus* "pitahaya", originadas por este método comienzan a florecer uno o dos años después de su plantación (Andrade et al., 2007; Cardoso et al., 2011; Marques et al., 2012).

La formación de raíces en la propagación asexual es un proceso complejo, tanto del punto de vista anatómico y fisiológico, la presencia de carbohidratos, proteínas, aminoácidos, vitaminas, compuestos fenólicos, otras sustancias y auxinas contribuyen a la inducción de raíces adventicia. Las auxinas, citoquininas y particularmente gibberelinas, influyen directamente sobre el inicio de la formación de raíces, ya que proporcionan mayor porcentaje, velocidad, calidad y uniformidad de enraizamiento, aunque la sensibilidad de las células varía entre especies, dependiendo de un conjunto de factores intrínsecos. Sin embargo, no todas las plantas tienen la capacidad de enraizar espontáneamente, motivo por el cual es necesario aplicar fitohormonas o fitorreguladores que estimulen la formación de raíces. Las auxinas son hormonas reguladoras del crecimiento vegetal por lo que, en dosis muy pequeñas, regulan los procesos fisiológicos de las plantas, entre las más empleadas destaca el ácido indolacético (AIA), el ácido indolbutírico (AIB) y el ácido naftalenacético (ANA) (Bertsouklis et al., 2022; Fontanetti et al., 2021; Maroto, 2008; Xu et al., 2022). La aplicación de auxina exógena en esquejes, es una práctica utilizada para promover y/o mejorar el proceso de rizogénesis. Logrando estimular la iniciación y uniformidad del enraizamiento (Garay et al., 2014; Kumari, 2023; McLeod et al., 2022).

Ante ello se propuso como objetivo de investigación determinar el efecto del ácido indolbutírico en la propagación de *H. undatus* "pitahaya" bajo condiciones de invernadero.

MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Laboratorio de Biotecnología del Instituto de la Papa y Cultivos Andinos de la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo. El material biológico (esquejes) se obtuvo de plantas madre (plantas de más de un año de edad) existentes en la

estación experimental. Las coordenadas de la ciudad universitaria son: 8°06'53" S 79°02'19" O, mientras que las condiciones ambientales en el predio fueron de una humedad relativa de 80 ± 5% y una temperatura de 19 ± 5 °C.

Selección y desinfección de los esquejes de *H. undatus* "pitahaya"

El sustrato utilizado estuvo compuesto por compost (marca cuatro estaciones) y arena fina (0,05 cm de diámetro) en una proporción de 1:1. Este fue solarizado (30 – 33 °C) por 4 semanas, con la finalidad de elevar la temperatura y destruir la mayoría de patógenos y semillas de malezas que se encuentren en los sustratos (INIA, 2018). Se utilizaron bolsas de 7x12 pulgadas, las cuales se llenaron con sustrato hasta cubrir las dos terceras partes. Se seleccionaron plantas madre sanas (libres de plagas y enfermedades) y vigorosas ubicadas en la estación experimental, de donde se obtuvieron esquejes. Para ello, se utilizó una tijera podadora, previamente desinfección con legía al 1%. Una vez obtenido los esquejes estos fueron desinfectados con fungicida Benzomil en una solución al 1%. Luego los esquejes fueron colocados en un ambiente fresco y ventilado por un periodo de 8 días, con la finalidad de dejar secar las heridas causadas por el corte (Figura 1).

Siembra de los esquejes de *H. undatus* "pitahaya"

Después de 8 días se procedió a la siembra, para ello se humedeció toda la zona basal del esqueje, para luego poner en contacto con el polvo compuesto por ácido indolbutírico (AIB), empleándose las concentraciones de 0, 5000, 10000 mg/L. Luego se procedió a sembrar los esquejes en las bolsas de 7x12 pulgadas. Considerándose como variables a evaluar el número, longitud y peso de raíces a los 45 días después de la siembra de los esquejes, además de evaluarse el peso y longitud del tallo (Figura 2).

Análisis estadístico

Se utilizó el diseño experimental completamente al azar, evaluándose la longitud de raíz mayor, número de raíces primarias, peso de masa radi-

cular, peso seco de la raíz, peso del tallo y longitud del tallo (Figura 2).



Figura 1. Enraizamiento de esquejes de *Hylocereus undatus* "pitahaya", a evaluar el efecto del ácido indolbutírico a la concentración de 0, 5000, 10000 mg/L, a los 45 días de siembra.



Figura 2. Esquejes de *Hylocereus undatus* "pitahaya", a evaluar el efecto del ácido indolbutírico a la concentración de 0, 5000, 10000 mg/L.

El diseño estuvo conformado por 3 tratamientos y 24 repeticiones, dando un total de 72 unidades experimentales. Los resultados fueron analizados con el software R versión 4.1.2; aplicándose la prueba de Anova de Welch y Post hoc Games-Howell. A su vez se empleó la prueba Post hoc Tukey's, para identificar el mejor tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según la Figura 3a, la prueba de Anova de Welch, presentó un p-valor menor mayor que 0,05 ($p = 0,117 > 0,05$), dando a conocer que no existió diferencia significancia entre los tratamientos para la variable longitud de raíz mayor, del mismo modo para las variables peso y la longitud de tallo.

El p-valor de significancia de la prueba de Anova de Welch, para la variable N° de raíces primarias, resultó ser menor que 0,05 ($p = 0,000 < 0,05$), demostrándose la existencia de diferencias significativa entre los tratamientos (Figura 3b). Mientras que para la variable peso de masa radicular, según la prueba Post Hoc Games-Howell, no se presentó diferencia significativa entre los tratamientos T1 y T2, siendo el tratamiento T2, quien presentó el mayor peso de masa radicular promedio (Figura 3c).

La generación de raíces abundantes y uniformes es indicador de la influencia del ácido indolbutírico debido a que la concentración endógena de auxinas de los cladodios se encuentra en un nivel inferior, por tanto, la aplicación exógena del ácido

indolbutírico (AIB), favorece considerablemente al enraizamiento (Bastos et al., 2006; Ringphawan & Pauline, 2019). Sin embargo, según lo observado en el análisis estadístico para evaluar el efecto del ácido indolbutírico en la propagación de *H. undatus* "pitahaya" bajo condiciones de invernadero, no se evidenció diferencia significativa en la prueba de Anova de Welch ($p = 0,000 < 0,05$), para la variable longitud de raíz mayor, peso y la longitud de tallo. Por otro lado, se evidenció la existencia de diferencia significativa para la variable n° de raíces primarias, mientras que para variable peso de masa radicular, no presentó diferencia significativa entre los tratamientos T1 y T2 (Figura 3d). De todo ello se infiere que las concentraciones de 5000, 10000 mg/L de ácido indolbutírico (AIB), no son representativos en generar un efecto significativo en la propagación de *H. undatus* "pitahaya" bajo condiciones de invernadero (HR: $80 \pm 5\%$ y T: $19 \pm 5\%$), por tanto, para su propagación no es imprescindible el empleo del ácido indolbutírico (Bozkurt et al., 2020).

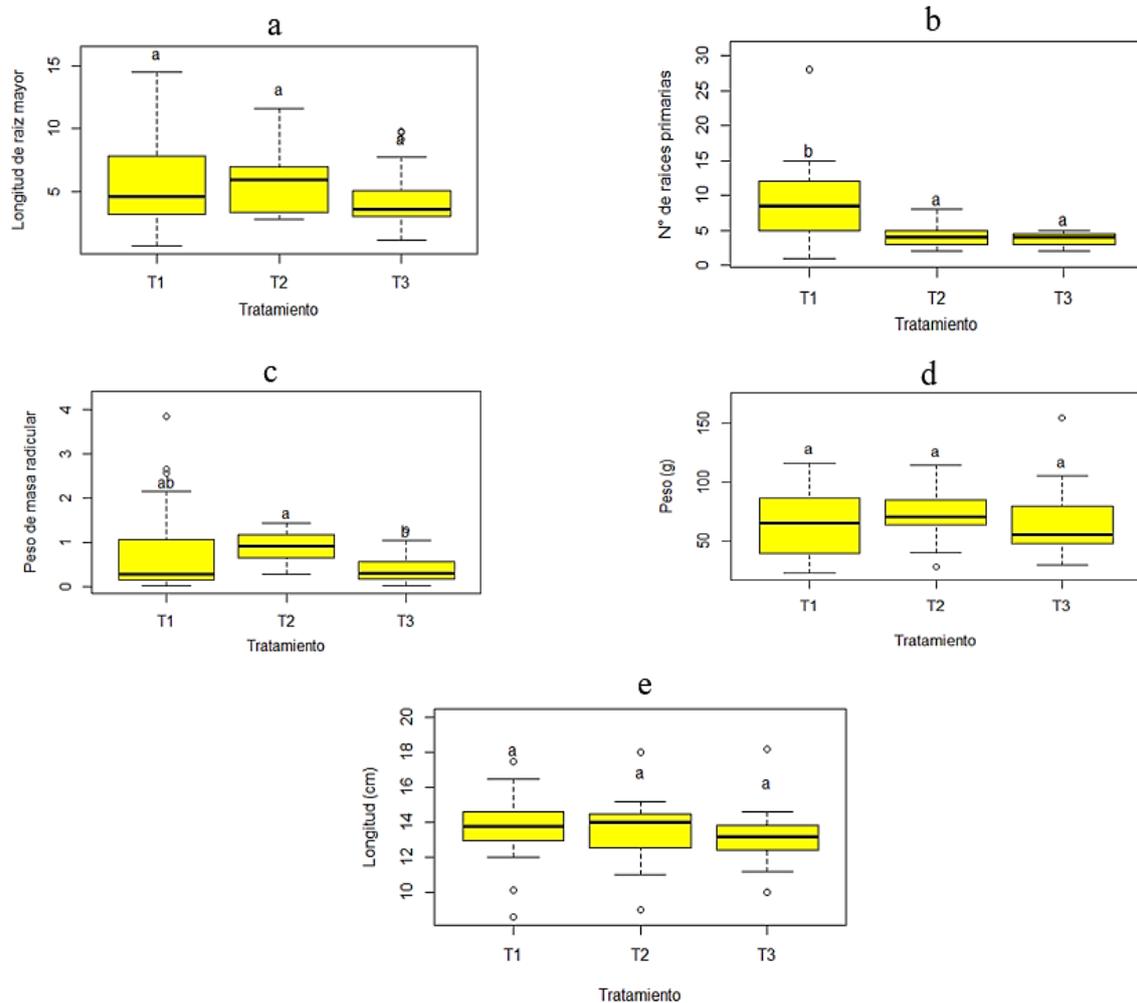


Figura 3. Análisis estadístico para evaluar el efecto del ácido indolbutírico en la propagación de *H. undatus* "pitahaya" bajo condiciones de invernadero. (a) Longitud de raíz mayor, Anova de Welch, $p=0,117$ y prueba Post hoc Games-Howell, (b) N° de raíces primarias, Anova de Welch, $p=0,000$ y prueba Post hoc Games-Howell, (c) Peso de masa radicular, Anova de Welch, $p=0,000$ y prueba Post hoc Games-Howell, (d) Peso de tallo (g), Anova, $p=0,290$ y prueba Post hoc Tukey's, (e) Longitud de tallo (cm), Anova, $p=0,656$ y prueba Post hoc Tukey's

Nota: Las letras iguales no presentan diferencia significativa entre los tratamientos.

Sin embargo, investigaciones de Balaguera et al. (2010), demostraron que la dosis de 4,500 mg/L resultó ser favorable para la longitud de raíz de los cladodios, existiendo una relación directamente proporcional con respecto al aumento del AIB. Dicho resultado concuerda con Rodríguez (2019), quién reportó un menor desarrollo radicular empleando menores dosis de AIB a 4000 mg/L, 3000mg/L. A su vez Balaguera et al. (2010), sostiene que al emplear menores concentraciones (0, 1,500, 3,000 mg/L) de AIB en la propagación pitahaya, no evidencian diferencias significativas para cada uno de los tratamientos. Por lo tanto, un buen balance hormonal entre la cantidad y disposición de AIB en el tejido vegetal, estimulan la elongación de células específicas e inhiben el crecimiento de otras Díaz, 2016; Pasqual et al., 2001).

Cabe mencionar que otros enraizaste naturales que han demostrado un efecto favorable en el enraizamiento de *H. undatus* "pitahaya" son el extracto de *Cyperus rotundus* L. y el extracto de algas (Binsfeld et al., 2019; Diéguez et al., 2020).

La composición del sustrato estuvo conformado por compost y arena fina en una proporción de 1:1. Investigaciones más recientes hacen hincapié en dejar de prescindir del ácido indolbutírico, ya que factores como el tipo de sustrato son aspectos determinantes en el proceso de enraizamiento como sugiere Malqui (2021), quien afirma que el empleo de Compost 50% + tierra de bosque 50%, y Tierra de bosque 100% es favorable para el desarrollo radicular de la pitahaya. De la misma manera Ortiz (2022), sostiene que el empleo de 3 Arena: 1 Turba: 1 Humus, permite obtener esquejes de pitahaya amarilla enraizados mucho más desarrollados, por tanto los resultados obtenidos se fundamentan en la empleabilidad del humus como agente inductor al enraizamiento, debido a la presencia de ácidos húmicos y fúlvicos (Guaita, 2018). Por otro lado Borini & Assari (2019), sostienen que factores ambientales como la temperatura ≤ 25 °C favorecen el porcentaje de enraizamiento, número de raíces y longitud promedio de raíces (Matías et al., 2019).

CONCLUSIONES

Se concluye que el tratamiento 1, constituido por 0 mg/L de AIB es el mejor, ya que evidencio una mejor respuesta con relación a la longitud de raíz mayor, n° de raíces primarias y peso de masa radicular, de la

misma manera para el peso y longitud de tallo de *H. undatus* "pitahaya". Por tanto, se recomienda que para su propagación no es necesario el empleo del ácido indolbutírico.

AGRADECIMIENTOS

Al laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Biológicas, de la Universidad Nacional de Trujillo, Perú; por el apoyo logístico y de ambientes

brindados, posibilitando de esta manera la realización de la presente investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abatal, M., Lima, E. C., Giannakoudakis, D. A., Vargas, J., Anastopoulos, I., Olguin, M. T., Alfonso, I. (2022). Pitahaya Fruit (*Hylocereus* spp.) Peels Evaluation for Removal of Pb(II), Cd(II), Co(II), and Ni(II) from the Waters. *Sustainability*, 14(3), 1685. <https://doi.org/10.3390/su14031685>
- Andrade, R., Oliveira I., & Martins A. (2007). Influência da fonte e do tempo de cura na propagação vegetativa da pitaya vermelha (*Hylocereus undatus* Haw.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29(1), 183-186. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452007000100039>
- Bauer, D., Bonfim de Castro, D., De Oliveira, F., Matos, E., Mota da Silva, M., & Junger, A. (2017). Pitaya Extracts Induce Growth Inhibition and Proapoptotic Effects on Human Cell Lines of Breast Cancer via Downregulation of Estrogen Receptor Gene Expression. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017, 1-14. <https://doi.org/10.1155/2017/7865073>
- Balaguera, H., Morales, E., Almanza, P., & Balaguera, W. (2010). El tamaño del cladodio y los niveles de auxina influyen en la propagación asexual de pitaya (*Selenicereus megalanthus* Haw.). *Revista Colombiana de ciencias hortícolas*, 4(1), 33-42. <https://doi.org/10.17584/rcch.2010v4i1.1222>
- Bertsouklis, K. F., Martini, A. N. & Papafotiou, M. (2022). Effect of cutting type and indole butyric acid on propagation of *Salvia fruticosa* with cuttings. *Acta Horticulturae*, 1345, 389-394 <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1345.52>
- Binsfeld, M., Teixeira, N., Both, V., Buffon, P., Führ, A., Catapan, J., & Dal Picio, M. (2019). Enraizadores alternativos na propagação vegetativa de pitaya. *Revista Magistra, Cruz das Almas*, 30(1), 251-258.
- Braga M., Dos Santos E., Junqueira N., De Sousa A., Faleiro F., Rezende L., & Junqueira K. (2006). Enraizamento de estacas de três espécies silvestres de Passiflora. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 28(2), 1-4. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452006000200029>
- Borini, A., & Assari, L. (2019). Enraizamento e brotação de estacas de pitaya em diferentes períodos do ano. *Revista Técnico-Científica do CREA-PR*, 22(1), 1-13.
- Bozkurt, T., İnan, S., & Dündar, İljal. (2020). Micropropagation of different pitaya varieties. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 13(1), 39-46.
- Cabrera, C., Cabrera, R., Morán, J., Terán, J., Molina, H., Meza, G., & Tamayo, C. (2018). Evaluación de dos abonos orgánicos líquidos en la producción del cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*) en el litoral ecuatoriano. *La técnica*, 20(2), 29-40.
- Cardoso, C., Yamamoto, L., Preti, E., Marino de Assis, A., Janeiro, C., & Ruffo, S. (2011). AIB e substratos no enraizamento de estacas de pessegueiro 'Okinawa' coletadas no outono. *Ciências Agrárias*, 32, 1-9. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n4p1307>
- Colombo, A. (2019). La reproducción por esquejes. Parkstone International. Parkstone International. Editorial De Vecchi S.A. USA.
- Cos, P., Bruyne, T., De Hermans, N., Apers, S., Vanden, D., & Vlietinck, & A. (2004). Proanthocyanidins in Health Care: Current and New Trends. *Current Medicinal Chemistry*, 11(10), 1345-59. <https://doi.org/10.2174/0929867043365288>
- Diéguez, K., Zabala, A., Villarroel, K., & Sarduy, L. (2020). Evaluación del impacto ambiental del cultivo de la pitahaya, Cantón Palora, Ecuador. *Tecnológicas*, 23(49), 113-128.
- Diaz, G. (2016). Evaluación de enraizadores en moringa (*Moringa oleifera*), con diferentes sustratos y grosores de material vegetativo; Retalhuleu. Tesis de grado. Universidad Rafael Landívar.
- Fontanetti, M., Arruda, A., da Silva, E., dos Santos, M., Honorato, L., & Eustáquio, M. (2021). Cladode size and collection time for pitahaya propagation. *Ciencia e Agrotecnologia*, 45, e004821.
- Garay, A., De la Paz, M., Garcia, B., Alvarez, E., & Gutierrez, C. (2014). La Homeostasis de las Auxinas y su importancia en el desarrollo de *Arabidopsis thaliana*. *Educación Bioquímica*, 33(1), 1-11.
- Garbanzo, G., Vega, E., Rodríguez J., Urbina, C., Lázaro W., Alvarado, K., Barrientos, R., Duarte, K., Mora, J., Trujillo, V., & Rojas, J. (2021). Evaluación de tamaño de cladodios y bio-estimulantes de enraizamiento para la propagación de pitahaya. *Agronomía Costarricense*, 45(2), 29-40. <https://dx.doi.org/10.15517/rac.v45i2.47765>
- Guaíta, D. (2018). Efectos de ácidos húmicos y fúlvicos en vitroplantas de banano cv Williams en condiciones de vivero. Tesis de grado. Universidad Técnica de Babahoyo.
- INIA. (2018). Solarización: una técnica de manejo integrado de malezas y plagas en horticultura. <http://www.inia.uy/publicaciones/documentos%20compartidos/st-245-2018.pdf>
- Kim, H., Choi, H., Moon, J., Kim, Y., Mosaddik, A., & Cho, S. (2010). Comparative Antioxidant and Antiproliferative Activities of Red and White Pitayas and Their Correlation with Flavonoid and Polyphenol Content. *Food Science*, 76(1), 1-8. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01908.x>
- Kumari, K. (2023). Gibberellic acid (ga3) alone and in combination with indole 3 butyric acid (iba) modulation during in vitro propagation of potato (*Solanum tuberosum* L.) microplants. *Plants Archives*, 23(1), 122-126.
- Leon, J. (2020). En tres o cuatro años Perú exportaría pitahaya hasta por US\$ 15 millones. Agencia Agraria de Noticias. Recuperado el 21 de enero 2022 de página principal de Agraria.pe.
- Lima, C. (2013). Caracterização, propagação e melhoramento genético de pitaya comercial e nativa do cerrado. Tesis de grado. Universidad de Brasilia, Brazil.
- Litardo, C., Real, G., Cedeño, L., Rodríguez, K., Hidalgo, A., & Zambrano, R. (2020). Prevención de Riesgos Laborales en el cultivo de Pitahaya en Manabí, Ecuador. *Ingeniería Industrial*, 41(2), 1-14.
- Malqui, R. (2021). Efecto de diferentes sustratos orgánicos en la aclimatación de plantas obtenidas in vitro de pitahaya amarilla *Selenicereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Moran. Tesis de grado. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.
- Maroto, J. V. (2008). Elementos de Horticultura General. Editorial Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Marques, V. (2012). Porções de cladódios e substratos na produção de mudas de pitaya vermelha. *Revista Agrarian*, 5(17), 193-197.

- Matías, A., Carmo, S., & Monteiro, R. (2019). Pitaya (*Hylocereus undatus*) initial growth in function to NPK fertilization. *Revista Agroambiental, Pouso Alegre*, 11(4), 1-8.
- McLeod, A., Vining, K., Hoskings, T., & Conteras, R. (2022). Impact of Indole-3-butyric Acid Concentration and Formulation and Propagation Environment on Rooting Success of '13' Hemp by Stem Cuttings. *HortTechnology*, 32(3), 321-324.
- Ministerio de Desarrollo y Riego. (2021). Análisis de Mercado de la Pitahaya. Recuperado el 21 de enero 2022 de página principal de Sierra Exportadora.
- Ochoa, C., García, V., Luna, J., Luna, M., Hernández, P., & Guerrero, J. (2012). Antioxidant, physicochemical and microbiological characteristics of fermented and unfermented drink of three varieties of dragon fruits (*Hylocereus* spp). *Scientia Agropecuaria*, 3(4), 1-11.
- Ortiz Y., & Carrillo, J. (2012). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a short review. *Comunicata Scientiae*, 3(4), 1-18. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5022075>
- Ortiz, L. (2020). Efecto de tres mezclas de sustrato en la propagación de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) por estacas bajo condiciones de invernadero en el distrito de Independencia - provincia de Huaraz - departamento de Ancash-2019. Tesis de grado. Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo".
- Pasqual, M., Chalfun, N., Ramos, J., Vale, R., Silva, C., Pasqual, M., Perez, J., Vale, S., & Silva, R. (2001). Fruticultura comercial: propagação de plantas frutíferas. Recuperado el 21 de enero 2022 de página principal de Scienceopen.
- Pohlan, H., Gamboa, W., Salazar, D., Marroquín, M., Leyva, A., Guzman, E., Toledo, E., & Gómez, R. (2007). Fruticultura orgánica en el trópico: Situación y ejemplos de Mesoamérica. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 108(2), 1-26.
- Pollnow, G. (2018). Pitaia, da propagação à colheita: uma revisão. *Agropecuária Catarinense*, 31(3), 1-6. <https://doi.org/g/10.22491/RAC.2018.v31n3.10>
- PromPerú. (2017). Perfil Producto Mercado: Paltas frescas en China. Recuperado el 21 de enero 2022 de página principal de Prom Perú.
- Ramos, R. (2021). Efecto de diferentes sustratos orgánicos en la aclimatación de plantas obtenidas in vitro de pitahaya amarilla *Selenicereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Moran. Tesis de grado. Universidad Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.
- Raven, P., Evert, R., & Eichhorn, S. (1992). *Biología de las plantas* (4ta ed.). Editorial Reverte, España.
- Ribeiro de Freitas, F., Fontanela, A., Coriolano, M., Voltolini, J., Coelho, I., Camponogara, T., & Borini, A. (2021). Efeito de extrato de algas no enraizamento de estaca de pitaia. *Agropecuária Catarinense*, 34, 1-3. <https://doi.org/10.52945/rac.v34i2.813>.
- Ringphawan, M., & Pauline, A. (2019). Effect of various levels of IBA and stem cutting sizes on propagation of dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*). *Current Horticulture*, 7(1), 64-68.
- Rodríguez, K. (2019). Efecto del ácido indolbutírico en la propagación vegetativa de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.) en diferentes sustratos bajo condiciones de vivero en Milpuc-Rodríguez de Mendoza. Tesis de grado. Universidad Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.
- Stintzing F., & Carle R. (2007). Betalains e emerging prospects for food scientists. *Trends in Food Science & Technology*, 18, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.04.012>
- Sotomayor, A., Pitzaca, S., Sánchez, M., Burbano, A., Díaz, A., Nicolalde, J., Viera, W., Caicedo, C., & Vargas, Y. (2019). Evaluación fisicoquímica de fruta de pitahaya *Selenicereus megalanthus* en diferentes estados de desarrollo. *Enfoque UTE*, 10(1), 89-96. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v10n1.386>
- Tang, W., Li, W., Yang, Y., Lin, X., Wang, L., Li, C., Yang, R. (2021). Phenolic Compounds Profile and Antioxidant Capacity of Pitahaya Fruit Peel from Two Red-Skinned Species (*Hylocereus polyrhizus* and *Hylocereus undatus*). *Foods*, 10(6), 1183. <https://doi.org/10.3390/foods10061183>
- Trivellini, A., Lucchesini, M., Ferrante, A., Massa, D., Orlando, M., Incrocci, L., & Mensuali, A. (2020). Pitaya, an attractive alternative crop for Mediterranean Region. *Agronomy*, 10(8), 1-19. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081065>
- Verona, A., Urcia, J., & Paucar, L. (2020). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Culture, physicochemical characteristics, nutritional composition, and bioactive compounds. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 1-15. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.16>
- Villar, M., Marcelo, F., & Baselly, J. (2018). Respuesta de la *Cinchona officinalis* L. al método de propagación asexual mediante estacas y esquejes. Recuperado el 21 de enero 2021 de página principal de Instituto Nacional de Innovación Agraria.
- Vite, A. (2014). Posibilidades de introducir el cultivo de pitaya en el distrito de Frias (Ayabaca-Piura). *Espacio y Desarrollo*, 26, 129-142.
- Wichienchot, S., Jatupornpipat, M., & Rastall, R. (2010). Oligosaccharides of pitaya (dragon fruit) flesh and their prebiotic properties. *Food Chemistry*, 120(3), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.11.026>
- Wu, L., Hsu, H., Chen, Y., Chiu, C., Lin, Y., & Ho, J. (2006). Food Chemistry Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. *Food Chemistry*, 95, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.01.002>
- Xu, L., Deng, Z., Wu, K., Kumar, M., Kumar, M., Verma, K., Pang, T., 'Li, Y., Yan, X., Kumar, B., Dessoky, E., Wang, W., Rong, H. (2022). Transcriptome Analysis Reveals a Gene Expression Pattern That Contributes to Sugarcane Bud Propagation Induced by Indole-3-Butyric Acid. *Frontiers in Plant Science*, 13(2022),166-462. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.852886>
- Zamora, J. (2018). La pitahaya, fruta con buen potencial. *Revista Del Servicio de Extensión Agrícola*, 4, 8-13.