

Efecto del ácido giberélico sobre las semillas de pitahaya silvestre (*Armatocereus laetus* (Kunth) Backeb) en etapa de germinación, Lluán – Calamarca – Julcán

Effect of gibberellic acid on seeds of wild pitahaya (Armatocereus laetus (Kunth) Backeb) at the germination stage, Lluán-Calamarca-Julcán

 Pedro O. Medrano-Rojas

 Armando E. Gil- Rivero

 Segundo E. López-Medina

 José Mostacero- León

 Anthony J. De La Cruz-Castillo

 Carmen L. Gonzales-Velásquez

arivero@unitru.edu.pe 

Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú

Recibido: 13/08/2025

Revisado: 28/09/2025

Aceptado: 04/12/2025

Publicado: 06/01/2026

RESUMEN

El género *Armatocereus*, se localiza principalmente en el norte del Perú y en áreas limítrofes con Ecuador. Esta cactácea arbórea, comúnmente denominada “pitahaya”, produce frutos de sabor dulce y notable valor nutricional. Debido a su condición silvestre, los estudios que aborden sus procesos de germinación son prácticamente inexistentes. Por ello, la presente investigación tuvo como finalidad analizar cómo el ácido giberélico influye en el comportamiento germinativo de *Armatocereus laetus* (Kunth) Backeb., conocida como “pitahaya silvestre”, recolectada en Lluán, Calamarca, Julcán-La Libertad. Las fases experimentales se realizaron en el Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo. Los frutos maduros fueron obtenidos bajo autorización del SERFOR, identificados botánicamente en el Herbarium Truxillense y procesados para extraer sus semillas. Estas fueron sometidas a escarificación mecánica y posteriormente se expusieron a tres concentraciones de ácido giberélico: 0, 100 y 200 ppm. Los parámetros analizados incluyeron el porcentaje de germinación, la velocidad de emergencia y la vitalidad de las plántulas. La información obtenida fue procesada estadísticamente mediante análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey, utilizando el software RStudio versión 4.3.2. Los resultados reflejaron diferencias significativas entre los tratamientos, estableciendo tres grupos homogéneos. La concentración de 200 mg x kg⁻¹ obtuvo el desempeño más favorable, seguida de 100 mg x kg⁻¹, mientras que el control (0 mg x kg⁻¹) presentó la respuesta más baja. De esta manera, se concluye que la aplicación de 200 mg x kg⁻¹ de ácido giberélico potencia de manera óptima la germinación y vitalidad de *Armatocereus laetus* “pitahaya silvestre”.

Palabras claves adicionales: *Armatocereus*, porcentaje de germinación, velocidad y vitalidad.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Rev. Investigaciones ULCB. Ene - Jul.13(1), 2026; ISSN: 2409 - 1537;112-125

ABSTRACT

The genus *Armatocereus* is found mainly in northern Peru and in areas bordering Ecuador. This tree cactus, commonly known as “pitahaya,” produces sweet-tasting fruits with notable nutritional value. Due to its wild nature, studies addressing its germination processes are practically nonexistent. Therefore, the present study aimed to analyze how gibberellic acid influences the germination behavior of *Armatocereus laetus* (Kunth) Backeb., known as “wild pitahaya,” collected in Lluán, Calamarca, Julcán, and La Libertad. The experimental phases were carried out in the Biotechnology Laboratory of the Faculty of Biological Sciences of the National University of Trujillo. The ripe fruits were obtained with authorization from SERFOR, botanically identified in the Herbarium Truxillense, and processed to extract their seeds. These plants were subjected to mechanical scarification and subsequently exposed to three concentrations of gibberellic acid: 0, 100, and 200 ppm. Parameters analyzed included germination percentage, emergence rate, and seedling vitality. The information obtained was statistically analyzed using analysis of variance (ANOVA) and the Tukey test, using RStudio version 4.3.2 software. The results showed significant differences between treatments, establishing three homogeneous groups. The 200 mg . kg⁻¹ concentration performed most favorably, followed by 100 mg . kg⁻¹, while the control (0 mg . kg⁻¹) showed the lowest response. Thus, it is concluded that the application of 200 mg . kg⁻¹ of gibberellic acid optimally enhances the germination and vitality of *Armatocereus laetus* “wild pitahaya”.

Keywords: *Armatocereus*, germination percentage, speed and vitality.

INTRODUCCIÓN

La pitahaya, también llamada “fruta dragón”, es una cactácea que puede pertenecer al género *Hylocereus*, *Selenicereus* o *Armatocereus*. Su centro de origen es América Central, posteriormente se domesticó y fue cultivada en diversos países tropicales y subtropicales (MIDAGRI, 2024; Wu, 2005). En Perú su origen se reporta en la selva y en la sierra, donde se desarrollaba de manera silvestre, donde pobladores nativos consumían sus frutos como parte de su dieta tradicional. Su cultivo a gran escala en Perú, es relativamente joven comparado con los países vecinos, quienes desde los 90 mantiene un flujo exportador considerable. El crecimiento de la demanda nacional e internacional contribuyó a que Perú pase de 34,2 a 419,2 hectáreas en el periodo entre 2019 al 2023, contando con un crecimiento del 87,1% (MINAGRI, 2024). Diversos es-

tudios reportan un óptimo comportamiento agronómico y una alta productividad de esta especie en suelos arenosos de la región costera peruana, en altitudes comprendidas entre los 0 y 1 200 metros sobre el nivel del mar (Abatal *et al.*, 2022; León, 2020 y Litardo *et al.*, 2020).

Esta creciente demanda corresponde a sus propiedades nutricionales y medicinales que cuenta este fruto. Destacando propiedades laxantes, antioxidantes y antiinflamatorias, debido a la presencia de fibra soluble, minerales como: el hierro, fósforo y calcio; complejo B, vitamina C, fenoles y ácido ascórbico. Sus semillas son ricas en omega 3 y antioxidantes, previniendo el desarrollo de enfermedades neoplásicas y autoinmunes. Todas estas características permiten catalogar a la pitahaya como un alimento nutraceutico, ya que aparte de nu-

trir, tiene la capacidad de prevenir y/o curar enfermedades (Bozkurt *et al.*, 2020; Rocha *et al.*, 2020 y Tang *et al.*, 2021).

El género *Armatocereus*, pertenece a la familia de las Cactaceae. Fue mencionado por primera vez por Backeberg en el libro KAKTUS ABC en 1935. Mas adelante fue Carlos Ostolaza quien lo identificó y describió como una especie de cactus endémica para Sudamérica. Morfológicamente es un cactus arbóreo, de color verde-gris, muy ramificado, tronco corto, ramas erectas, 4-6 metros de altura, y articuladas en 6-9 costillas. Su flor es tubular de 7-8 cm de largo, tépalos internos blancos. El fenómeno conocido como antesis es muy común en las cactáceas y se caracteriza por la apertura de las flores durante la noche (González, 2020; González, 2013). En este proceso, las mariposas nocturnas y los murciélagos desempeñan un papel crucial en la polinización, mientras que los pájaros frugívoros son responsables de la dispersión de las semillas (Ribeiro de Freitas *et al.*, 2021 y Velíz *et al.*, 2009).

El fruto de *Armatocereus* es de forma ovoide, de color verde, con un tamaño de 8-13 cm, muy espinoso, pulpa blanca y con abundantes semillas negras. Sus frutos son muy apreciados por los pobladores de la provincia de Julcán, debido a su exquisitez, quienes recolectan una vez al año durante el periodo de enero a marzo. Su denominación de "pitahaya", se debe al parecido en cuanto sabor y textura con los frutos del género *Hylocereus* y *Selenicereus* (Bozkurt *et al.*, 2020; Fontanetti *et al.*, 2021 y Trivellini *et al.*, 2020). Actualmente con el boom de la exportación de las variedades comerciales de pitahaya, surge la necesidad de conocer y caracterizar parentales silvestres con fines de mejoramiento. Por tanto, surge la necesidad de recabar información y au-

mentar el conocimiento estado de la especie *Armatocereus laetus* (Kunth) Backeb. "pitahaya silvestre", desde lo más básico que va desde los estudios morfológicos y de germinación, hasta lo más complejo que es el mejoramiento genético (Garbanzo *et al.*, 2021; Ostolaza, 2014 y Verona *et al.*, 2020).

La propagación de las variedades comerciales de pitahaya se realiza por la vía sexual y asexual. El uso de esquejes es la más empleada en el sector agroexportador ya que garantiza uniformidad del genotipo, prendimiento y crecimiento rápido, conservando el potencial del acervo genético de la planta madre. Por otro lado, la susceptibilidad a patógenos, plagas y al cambio climático conlleva a explorar el potencial de los parentales silvestres. Siendo la propagación por semilla botánica la mejor vía para estudiar y comprender todo el acervo genético de una especie en estudio, para seleccionar los mejores genotipos con características deseables, como alto aporte nutricional y rendimiento. Por tanto, los estudios de germinación son los iniciadores de toda especie vegetal con investigación potencial (Cevallos, 2012 y Montesinos *et al.*, 2015).

La germinación de las semillas es un proceso que implica una serie de cambios metabólicos y morfológicos, culminando en la transformación del embrión en una plántula autosuficiente, capaz de crecer y desarrollarse hasta convertirse en una planta adulta. Toda semilla consta de un embrión, endospermo y una envoltura o testa que protege toda su estructura. Condiciones favorables como la humedad y temperatura contribuyen con el alargamiento de los ejes embrionarios. Por tanto, las pruebas de germinación como: el porcentaje de germinación, velocidad de ger-

minación y vitalidad son esenciales para comprender el proceso germinativo y estimar la calidad de las semillas (Reyes *et al.*, 2013; Suárez *et al.*, 2021 y Rodríguez *et al.*, 2008).

El ácido giberélico es un regulador de crecimiento vegetal que desempeña roles importantes en la germinación de semillas, elongación de tallos, inducción de la floración, incremento del crecimiento de frutos y manejo del estrés abiótico. Las giberelinas están implicadas con en el control y promoción de la germinación de las semillas; el ácido giberélico puede romper la latencia de las semillas y remplazar la necesidad de estímulos ambientales, tales como luz y temperatura (González, 2013). Por ello, ante la necesidad de un mayor conocimiento sobre el comportamiento germinativo de *A. laetus* (Kunth) Backeb., se propuso como objetivo de investigación determinar el efecto del ácido giberélico sobre las semillas de *Armatocereus laetus* (Kunth) Backeb. “pitahaya silvestre” en etapa de germinación, Lluán – Calamarca – Julcán.

MATERIAL Y METODOS

Colecta y transporte de material biológico. Se colectó frutos y una rama florífera provenientes de Lluán, Calamarca, Julcán-La Libertad, entre los meses de diciembre a enero. A su vez se tomó datos sobre la latitud, localidad, temperatura y coordenadas empleando GPS. El material biológico fue colectado en bolsas de papel, se rotuló y transporto al Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo (Figura 3).

Identificación y registro de herbario. La rama florífera de *Armatocereus laetus* (Kunth) Backeb. “pitahaya silvestre” fue colocada en prensa botánica, para su co-

recta presentación al Herbarium Truxillense (HUT). Una vez que la muestra secó se procedió al herborizado. Al termino se procedió a su identificación y registro por parte del curador del HUT, asignándole el código: 65718.

Características germinativas. En laboratorio, una vez obtenidas las semillas estas fueron escarificadas mecánicamente con lija (N° 80), para posteriormente distribuir las en los diferentes tratamientos de ácido giberélico (00, 100 y 200 ppm). Posteriormente las semillas fueron distribuidas en frascos de vidrio donde fueron embebidas con agua y ácido giberélico según concentración por 12 horas. Cumplido este tiempo se procedió a distribuir por tratamiento. Considerándose 3 repeticiones por tratamiento, a su vez cada repetición constó de 100 semillas. El tiempo de duración del experimento fue de 25 días en condiciones de laboratorio. Las condiciones ambientales fueron de 25 ± 2 °C y una humedad relativa de 78 %.

Determinación del porcentaje de germinación. Para ello se contabilizó el número de semillas germinadas por un periodo de 20 días. Un parámetro que se tomó en cuenta es el tamaño de radícula, el cual fue de 0,5 cm de largo. El porcentaje de germinación (PG), se calculó utilizando la siguiente formula (Courtis, 2013):

$$PG = \left(\frac{N^{\circ} \text{ de semillas germinadas}}{N^{\circ} \text{ de semillas sembradas}} \right) \times 100$$

Determinación de la velocidad de germinación. Se aplicó la siguiente formula (Pece *et al.*, 2010)

$$G = \frac{N_1 \times G_1 + N_2 \times G_2 + \dots + N_n \times G_n}{G_1 + G_2 + \dots + G_n} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i G_i}{\sum_{i=1}^n G_i} \quad (1)$$

Donde:

Ni: Número de semillas germinadas el día inicial.

Gi: Tiempo de germinación transcurrido desde la siembra.

Determinación de la vitalidad de las semillas. Para este cálculo se empleó el índice de Czabator. Para ello se construyó un gráfico con los porcentajes acumulados de la germinación. De tal manera que se obtuvo la curva de germinación, en este gráfico se identificó el valor más alto de la curva de germinación (VA) y la germinación media diaria (GMD).

$$IC = \frac{VA}{GMD}$$

Donde:

IC: índice de Czabator

VA: valor más alto de la curva de germinación
GMD: germinación media diaria

Donde: “Va es el valor más alto obtenido del porcentaje de germinación dividido entre el tiempo de duración del ensayo y GMD es la germinación media diaria, que viene a ser el porcentaje final de germinación entre el número de días que duró el ensayo” (Hartmann y Kester, 1990).

Diseño Muestral y procesamiento de datos. Se empleó un diseño completamente al azar, conformado 3 tratamientos y 3 repeticiones, a su vez con un total de 100 unidades experimentales por cada repetición. Se contabilizó el número de semillas germinadas en base a los parámetros sugeridos en la metodología. Los datos obtenidos fueron ordenados en tablas y figuras para su correspondiente análisis estadístico e interpretación. El análisis de datos se realizó considerando la estadística descriptiva y la estadística inferencial. Para la estadística descriptiva, se calcularon las medidas de tendencia central (promedio) y de dispersión (desviación estándar, coeficiente de variación e intervalos de confianza al 95

%), así como los valores mínimos y máximos para cada variable evaluada. Además, se generaron gráficos de curvas de germinación acumulada que permitieron visualizar el comportamiento de la germinación a lo largo del tiempo para cada tratamiento y sus réplicas, así como diagramas de cajas y bigotes para representar la distribución de los datos en cada variable. Para la estadística inferencial, se aplicó la prueba de análisis de varianza (ANOVA) unifactorial para determinar diferencias significativas entre tratamientos, considerando un nivel de significancia de 0.05. Posteriormente, se realizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey para establecer los grupos homogéneos entre tratamientos. Todo el procesamiento estadístico y la generación de gráficos se realizaron utilizando el software libre RStudio versión 4.3.2. Los análisis revelaron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$) para todas las variables evaluadas, con una clara tendencia al incremento en los valores conforme aumentaba la concentración de ácido giberélico, siendo el tratamiento de 200 mg x kg⁻¹ el que mostró los mejores resultados en todas las características germinativas evaluadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cultivo de *Armatochereus laetus* (Kunth) Backeb. “pitahaya silvestre”, depende de condiciones específicas para iniciar el metabolismo necesario para su desarrollo (Esquivel y Araya, 2012 y Ortiz y Carrillo, 2012). Si bien la germinación es el inicio del desarrollo de una semilla hasta plántula, se requiere de una adecuada humedad, temperatura, disponibilidad de oxígeno y en algunos casos, luz (Bewley et al., 2013). El análisis estadístico del estudio sobre el efecto del ácido giberélico en *Armatochereus* revela tendencias consis-

tentes en todas las variables evaluadas. El porcentaje de germinación mostró valores mínimos y máximos que se incrementaron según la concentración del regulador, desde 41,0-45,0 % (0 mg x kg⁻¹), 53,0- 59,0 % (100 mg x kg⁻¹), hasta 75,0- 91,0 % (200 mg x kg⁻¹), con promedios e intervalos de confianza al 95,0 % de 43,0 % [38,0- 48,0], 56,0 % [48,5- 63,5] y 83,7 % [63,6-100], respectivamente. La velocidad germinativa siguió un patrón similar, con rangos que aumentaron desde 29,6- 33,0 (0 mg x kg⁻¹), 41,2- 46,2 días (100 mg x kg⁻¹), hasta 63,9- 76,3 días (200 mg x kg⁻¹), con promedios de 31,1 [26,8- 35,4], 43,7 [37,5- 49,9] y 71,4 [55,0-87,7] días, respectivamente. El índice de Czabator de vitalidad evidenció un incremento notable en sus rangos, desde 2,9- 3,5 (0 mg x kg⁻¹), 5,7- 7,0 (100 mg x kg⁻¹), hasta 12,7- 18,7 (200 mg x kg⁻¹), con promedios de 3,2 [2,5- 3,9], 6,3 [4,7- 7,9] y 16,2 [8,4- 23,9], respectivamente. La desviación estándar y el coeficiente de variación mostraron un incremento progresivo con la concentración del ácido giberélico, manteniendo una distribución muy homogénea (CV<10 %, según anexo 1) para el porcentaje y velocidad de germinación, mientras que el índice de Czabator presentó mayor variabilidad a concentraciones más altas. Los datos reflejan un efecto positivo del ácido giberélico en la germinación de *Armatocereus*, con una mayor respuesta a concentraciones más altas, aunque con una ligera pérdida de homogeneidad en los tratamientos más elevados. En la figura 1 se muestran las curvas de germinación acumulada de *Armatocereus* bajo tres concentraciones diferentes de ácido giberélico (0, 100 y 200 ppm) durante un período de evaluación de 25 días. Las curvas revelan un patrón de respuesta diferencial según la concentración aplicada. En el tratamiento control (0 ppm), se observa una germina-

ción máxima entre 41,0 % y 45,0 % que se estabiliza alrededor del día 20. Con 100 mg x kg⁻¹, la germinación se incrementa notablemente, alcanzando valores entre 53,0 % y 59,0 %, también con una estabilización cerca del día 20. El tratamiento con 200 ppm muestra el mejor desempeño germinativo, logrando porcentajes finales entre 75,0 % y 91,0 %, con una fase de germinación más intensa entre los días 5 y 15, seguida de una estabilización. La consistencia entre las tres réplicas (R1, R2, R3) para cada tratamiento sugiere una alta reproducibilidad del experimento, observándose una respuesta positiva y dosis-dependiente al ácido giberélico, donde mayor concentración resulta en mayor porcentaje y velocidad de germinación. El ANOVA unifactorial y la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, según la tabla 2 y figura 2, reveló diferencias altamente significativas (p<0.05) para todas las variables evaluadas en respuesta a las diferentes concentraciones de ácido giberélico en *Armatocereus*. Para el porcentaje de germinación (p=0.000186<0.05) y la velocidad germinativa (p=6.23E-05<0.05), los tres tratamientos mostraron diferencias significativas entre sí, formando tres grupos homogéneos distintos (a, b, c), donde el tratamiento de 200 mg x kg⁻¹ (grupo a) presentó el mejor desempeño, seguido por 100 ppm (grupo b) y finalmente 0 ppm (grupo c). El índice de vitalidad Czabator (p= 0.000328), mostró dos grupos homogéneos: el tratamiento de 200 mg x kg⁻¹ (grupo a) se diferenció significativamente de los tratamientos de 0 y 100 mg x kg⁻¹, los cuales conformaron un mismo grupo homogéneo (grupo b), indicando que solo la concentración más alta (200 mg x kg⁻¹) logró mejorar significativamente la vitalidad de las semillas en comparación con las concentraciones menores.

Tabla 1.

Efecto del ácido giberélico en las características germinativas de Armatoocereus laetus (Kunth) Backeb. ‘‘pitahaya silvestre’’, Lluán, Calamarca, Julcán – La Libertad, según características germinativas.

Variable	Tratamiento (mg x kg ⁻¹)	Min	Max	Promedio*	DE	CV(%)
Porcentaje de germinación (%)	0	41,0	45,0	43,0 [38,0-48,0]	2,0	4,7
	100	53,0	59,0	56,0 [48,5-63,5]	3,0	5,4
	200	75,0	91,0	83,7 [63,6-100,0]	8,1	9,7
Velocidad germinativa	0	29,6	33,0	31,1 [26,8-35,4]	1,7	5,5
	1000	41,2	46,2	43,7 [37,5-49,9]	2,5	5,7
	200	63,9	76,3	71,4 [55,0-87,7]	6,6	9,2
Índice de Czabator (Vitalidad)	0	2,9	3,5	3,2 [2,5-3,9]	0,3	9,4
	100	5,7	7,0	6,3 [4,7-7,9]	0,7	10,3
	200	12,7	18,7	16,2 [8,4-23,9]	3,1	19,2

DE: Desviación estándar

CV(%): Coeficiente de variación porcentual

* Promedio e intervalo de confianza al 95,0 %

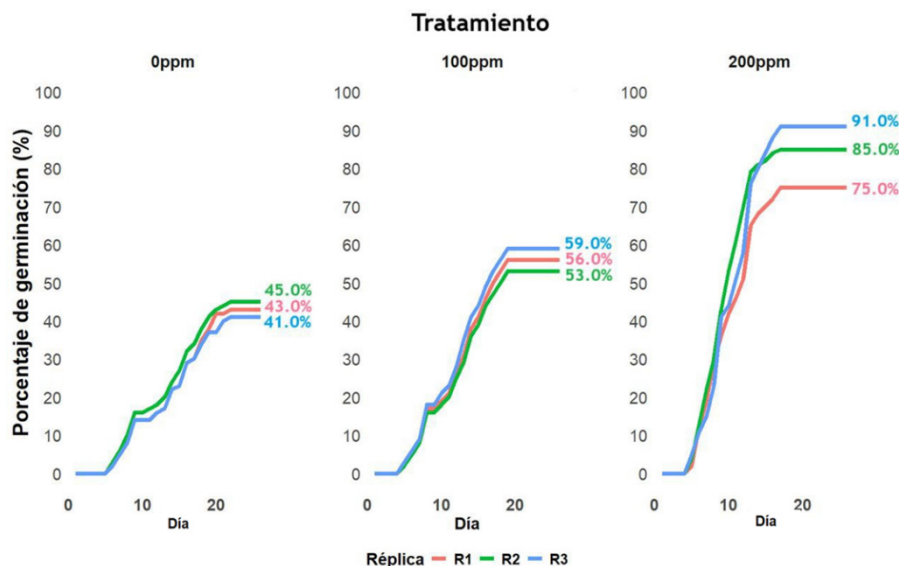


Figura 1: Curvas del porcentaje de germinación acumulada de *Armatoocereus laetus* (Kunth) Backeb. , empleando diferentes concentraciones de ácido giberélico (0, 100 y 200 mg x kg⁻¹ o ppm) durante 25 días.

Tabla 2.
Prueba de ANOVA y Tukey para el efecto del ácido giberélico en las características germinativas de Armatocereus laetus (Kunth) Backeb. “pitahaya silvestre”, Lluán, Calamarca, Julcán - La Libertad, según características germinativas

Variable	p-valor*	Tratamientos	Grupos homogéneos**
Porcentaje de germinación	0.000186	0 mg x kg ⁻¹	c
		100 mg x kg ⁻¹	b
		200 mg x kg ⁻¹	a
Velocidad germinativa	6.23E-05	0 mg x kg ⁻¹	c
		100 mg x kg ⁻¹	b
		200 mg x kg ⁻¹	a
Índice de Czabator vitalidad	0.000328	0 mg x kg ⁻¹	b
		100 mg x kg ⁻¹	b
		200 mg x kg ⁻¹	a

Nota: ppm = mg .kg-1

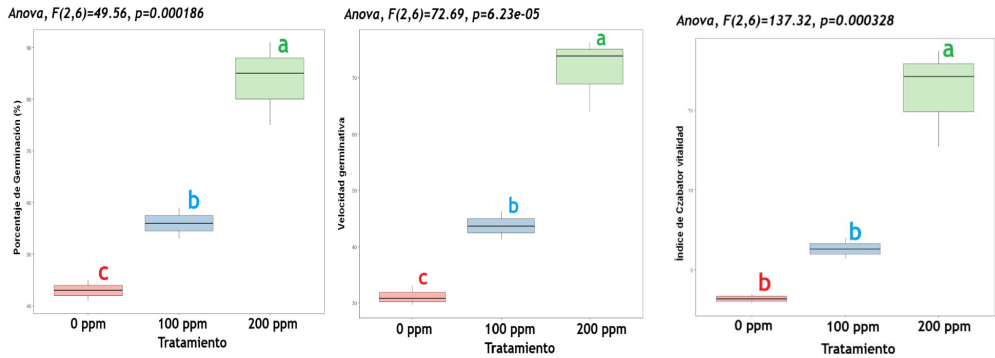


Figura 2: Diagramas de cajas y bigotes para el efecto del ácido giberélico en las características germinativas de *Armatocereus laetus* (Kunth) Backeb. “pitahaya silvestre”, Lluán, Calamarca, Julcán-La Libertad, según características germinativas.



Figura 3: Colecta de *Armatocereus laetus* (Kunth) Backeb. “pitahaya silvestre” en Lluán, Calamarca, Julcán-La Libertad.

Según la tabla 1, donde se resume los estadísticos descriptivos del estudio sobre el efecto del ácido giberélico en *Armatocereus laetus* (Kunth) Backeb., se evidencia que el porcentaje de germinación, velocidad germinativa y índice de Czabator demostraron valores mínimos y máximos que se incrementaron según la concentración del regulador. De todos estos factores, la humedad en la semilla es la responsable de activar los procesos metabólicos esenciales que promueven la expansión de las células. En este proceso, las enzimas como la amilasa y la proteasa descomponen las reservas almacenadas en el endospermo para nutrir al embrión en crecimiento. El desarrollo culmina con la aparición de la radícula, la estructura que marca el inicio de la germinación visible (Bewley *et al.*, 2013). Investigaciones realizadas por León (2020), en especies cercanas, como *Armatocereus mataranus*, indican que este género puede presentar fotoblastismo neutro, es decir, que la germinación de sus semillas no depende estrictamente de la presencia o ausencia de luz. Esta característica representa una ventaja adaptativa en hábitats donde el suelo suele estar cubierto por rocas o materia orgánica, lo que limita la penetración lumínica. Por otro lado, la temperatura óptima para la germinación de cactáceas columnares generalmente se encuentra en un rango de 25 a 30 °C, mientras que temperaturas por debajo de los 20 °C inhiben significativamente este proceso (Pérez *et al.*, 2011). Dado que *Armatocereus laetus* se desarrolla en regiones cálidas del Perú y Ecuador, es razonable suponer que sus requerimientos térmicos para germinación son similares. Adicionalmente, es común que las semillas de cactáceas presenten dormancia física o química, lo que hace necesario aplicar tratamientos pregermina-

tivos para romper dicha dormancia. Entre los métodos más utilizados se encuentran el lavado con agua tibia, la escarificación mecánica o química, o la aplicación de ácido giberélico (GA₃), que han demostrado aumentar considerablemente las tasas de germinación en otras especies de hábitats áridos (Rojas *et al.*, 2001). De todas estas técnicas la escarificación mecánica en combinación con aplicación de ácido giberélico resulta ser altamente favorable para la propagación ex situ de *A. laetus* (Figura 3). La escarificación consiste romper ligeramente la testa de una semilla empleando métodos mecánicos al usar una lija o navaja, métodos abrasivos cuando se usa ácidos capaces de disolver la testa o métodos térmicos cuando se usa altas temperaturas (80- 90 °C) durante unos segundos o minutos, luego dejarlas en remojo (Geovo *et al.*, 2021; Huamantupa *et al.* y 2022 y Pincay *et al.*, 2021).

El ácido giberélico es una fitohormona que pertenece al grupo de las gibberelinas, compuestos naturales que regulan el crecimiento y desarrollo de las plantas. Estas hormonas desempeñan un papel crucial en la germinación de semillas, la elongación celular, la floración y el desarrollo de frutos (Tang *et al.*, 2021). Su aplicación externa, en concentraciones específicas, puede estimular procesos fisiológicos que superen barreras impuestas por factores ambientales o estructurales en la semilla. De la Figura 1 y Tabla 2, se afirma que el ácido giberélico actúa principalmente al romper la dormancia de semillas y promover la movilización de reservas almacenadas en el endospermo. Esta fitohormona induce la síntesis de enzimas hidrolíticas como la amilasa, encargada de descomponer el almidón en azúcares simples que sirven como fuente de energía para el em-

brión en crecimiento (Bewley *et al.*, 2013). Además, el AG3 aumenta la capacidad de absorción de agua y facilita la expansión celular, promoviendo la emergencia de la radícula, conforme lo evidenciado en la tabla 2 y figura 2, donde se evidencia que el tratamiento a 200 mg x kg-1 de ácido giberélico es el mejor.

En el caso de variedades comerciales de pitahaya, el uso de ácido giberélico se ha estudiado como una estrategia para mejorar la germinación en semillas con dormancia fisiológica leve. Estudios indican que su aplicación en concentraciones entre 50 y 200 mg .kg-1 puede acelerar la germinación y aumentar el porcentaje de semillas germinadas (Ortiz y Carrillo, 2012). A su vez Sinchi (2024), sugiere el uso de una menor concentración (11 mg x kg-1) de ácido giberélico en combinación de luz roja (700 nm), permite obtener el 100 % de germinación y a su vez una mayor uniformidad en el desarrollo de la plántula.

Por otro lado, Saavedra (2025), sostiene que desinfectando las semillas de pitahaya (*Hylocereus* sp.), en una solución de etanol al 70 % por un minuto, seguida de una solución de hipoclorito de sodio al 2 % durante diez minutos, y tres enjuagues con agua destilada estéril, se puede obtener plántulas in vitro completamente libres de contaminación (0 %) y una germinación del 100 % (Bozkurt *et al.*, 2020).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abatal M., E., Lima, D. A. Giannakoudakis, J., Vargas, I., Anastopoulos, M. T. Olguin, y I. Alfonso. (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>
- Bewley, J. D., K. Bradford, H. Hilhorst, y H. Nonogaki, H. (2013). *Seeds: Physiology of development, germination and dormancy* (3rd ed.). Springer.

CONCLUSIONES

La concentración de 200 mg x kg-1 de ácido giberélico mejora las características germinativas de *Armatochereus laetus* (Kunth) Backeb. “pitahaya silvestre”, Lluán, Calamarca, Julcán-La Libertad. El mayor porcentaje de germinación promedio (83,7 %), se obtuvo empleando 200 ppm de ácido giberélico, por tanto, dicha concentración maximiza el proceso de germinación.

La velocidad de germinación promedio alcanzó el 71,4 %, empleando 200 mg x kg-1 de ácido giberélico, por tanto, dicha concentración acelera el proceso de germinación. La vitalidad promedio fue de 16,2 % (índice de Czabator), empleando 200 mg x kg-1 de ácido giberélico, demostrándose un efecto altamente estimulante.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la VI Convocatoria de Proyectos de Ciencia y Tecnología en la Universidad Nacional de Trujillo con Fondos Públicos provenientes del Canon, según se detalla en la Resolución Rectoral N° 0356-2023/UNT, Resolución de Consejo Universitario N° 001-2023/UNT y Resolución Vicerrectoral de Investigación N°137-2023-VIN-UNT.

- Bozkurt T., İnan, S., y İ. Dündar. (2020). Micropropagation of different pitaya varieties. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 13(1), 39-46. <https://orcid.org/0000-0003-2829-797X>
- Cevallos, M. K. (2012). Caracterización morfológica en el cultivo de pitahaya (*Hylocereus* spp) en el Ecuador. [Tesis pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Repositorio de la Universidad Técnica de Babahoyo. <https://dspace.utb.edu.ec/items/3d885d98-8302-4bb9-a7aa-4624a951d8e4>
- Courtis, A. C. (2013). Germinación de semillas. FaCENA. <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/GuiaDeEstudioGerminacion.pdf>
- Esquivel, P., y M. Araya. (2012). Chemical and nutritional characteristics of *Hylocereus* species (Cactaceae) fruits. *Food Research International*, 46(1), 234-245.
- Fontanetti M., A. Arruda, E. da Silva, M. dos Santos, L. Honorato y M. Eustáquio. (2021). Cladode size and collection time for pitahaya propagation. *Ciencia e Agrotecnologia*, 45, e004821. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202145004821>
- Garbanzo, G., Vega, E., Rodríguez, J., Urbina, C., Lázaro, W., Alvarado K., Barrientos, R., Duarte, K. Mora J., Trujillo, V., y Rojas, J. (2021). Evaluación de tamaño de cladodios y bio-estimulantes de enraizamiento para la propagación de pitahaya. *Agro-nomía Costarricense*, 45(2), 29-40. <https://dx.doi.org/10.15517/rac.v45i2.47765>
- Geovo, V. R., Tovar, L.C., Mosquera, P. L., Arroyo J. H. C., y Ramos, P. A. (2021). Métodos de escarificación química y sus efectos en la germinación de semillas de *Ochroma pyramidale* Cav. Ex Lam. Urb. *RIAA*, 12(1), 165-177. <https://doi.org/10.22490/21456453.3727>
- González, G. (2020). Micropropagación in vitro de Pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw) a partir de tallos seleccionados de siembra comerciales, Limoncito - Santa Elena. [Tesis pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio de la Universidad Agraria del Ecuador <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GONZALEZ%20BURGAS%20GUSTAVO%20ANDRES.pdf>
- González, H. O. (2013). Germinación y longevidad de semillas de genotipos de pitahaya (*Stenocereus* spp) y titaya (*Stenocereus* spp). [Tesis posgrado, Colegio de Postgraduados Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas Campus Montecillo]. <http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/2170>
- Hartmann, T., y D. Kester. (1990). Propagación de plantas. Principios y prácticas. México: CECSA.
- Huamantupa, I., Padrón, E., La Torre, M.D., Roncal, M., Choquecota, N., Collazos, L., y Marcelo, J.L. (2022). Los bosques estacionalmente secos del Perú: un reanálisis de sus patrones de diversidad y relaciones florísticas. *Revista Peruana de Biología*, 29(4), e21613. <https://doi.org/10.15381/rpb.v29i4.21613>

- León, J. (2020). En tres o cuatro años Perú exportaría pitahaya hasta por US\$ 15 millones. Agencia Agraria de Noticias. <https://agraria.pe/noticias/en-tres-o-cuatro-anos-pe-ru-exportaria-pitahaya-hasta-por-us22358#:~:text=As%C3%AD%20lo%20indic%C3%B3%20el%20gerente,millones%20y%20US%24%2015%20millones>.
- Litardo, C., Real, L., Cedeño, K., Rodríguez, A., Hidalgo, R., y Zambrano, R. (2020). Prevención de Riesgos Laborales en el cultivo de Pitahaya en Manabí, Ecuador. *Ingeniería Industrial*, 41(2), 1-14.
- MINAGRI. (2024). Dinámica productiva y comercial de la Pitahaya en el Perú durante el último quinquenio.
- Montesinos, C. J., Rodríguez, L., Ortiz, P. R., Fonseca, F. M., Ruíz, H. G., y Guevara, H. F. (2015). Revisión bibliográfica Pitahaya (*Hylocereus* spp.) un recurso fitogenético con historia y futuro para el trópico seco mexicano. *Cultivos Tropicales*, 36, 67-76. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v36s1/ctr07s115.pdf>
- Ostolaza, C. (2014). Todos los cactus del Perú. Lima. Perú. Editorial Franco EIRL. <https://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/document.pdf>
- Pece, M. G., Gaillard de Benítez, C., Acosta, M., Bruno, C., Saavedra, S., y Buvenas, O. (2010). Germinación de *Tipuana tipu* (Benth .) O. Kuntze (tipa blanca) en condiciones de laboratorio. *Quebracho*, 18(1), 5-15. <http://fcf.unse.edu.ar/archivos/quebracho/v18a02.pdf>
- Pérez, R., Ortega, P., y Rojas, M. (2011). Germination of cacti species from South America: Effects of temperature and light. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 13, 50-62.
- Pincay, R. A., Luna-Murillo, K.A., Espinosa, H. O., y Espinales, S. (2021). Escarificación química y biológica en la emergencia y crecimiento de *Clitoria ternatea*. *Centro Agrícola*, 48(3), 53-59. <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v48n3/0253-5785-cag-48-03-53.pdf>
- Ribeiro de Freitas F., Fontanela, A., Coriolano, M., Voltolini, J., Coelho, I., Camponogara, T., y 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>
- Reyes, P. J. J., Murillo, A.B., Nieto, G.A., Troyo, D. E., Reynaldo, E. I. M., y Rueda, E. O. (2013). Emergencia y crecimiento de plántulas de variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en condiciones salinas. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, 45(2), 257–268. <https://www.scielo.org.mx/pdf/era/v2n5/v2n5a3.pdf>
- Rocha, L., Godoy, R. L., y Cunha, C. P. (2020). Estudo de alguns compostos bioativos das pitayas de polpas branca e vermelha (*Cereus Undatus*, Sinonímia: *Hylocereus Guatemalensis*, H.Undatus). *Brazilian Journal of Development*, 6(9), 66217-66223. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-160>
- Rodríguez, Q. I., Gilles A., y Durán, J. M. (2008). Ensayos de germinación y análisis de viabilidad y vigor en semillas. *Agricultura*. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_agri/agri_2008_912_836_842.pdf

- Rojas, M., Mandujano, M. C., y Golubov, J. (2001). Some ecological factors influencing germination of *Stenocereus queretaroensis* (Cactaceae) in central Mexico. *Journal of Arid Environments*, 49(2), 279-287.
- Saavedra, J. M. (2025). Establecimiento y germinación in vitro de semillas de pitahaya naranja de Churuja (*Hylocereus* sp.). *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 5(1), e710. <https://doi.org/10.51252/raa.v5i1.710>
- Sinchi, E. (2024). Efecto de longitudes de onda de luz y ácido giberélico en la germinación de semillas de *Hylocereus* sp. (PITAHAYA) CV Amarilla. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio de la Universidad Nacional Agraria de la Selva <https://repositorio.unas.edu.pe/items/de15d322-a73b-478b-991c-0fcb6e6ae6a40>
- Suárez, M. R. P., Gilces, Z. M. F., Menéndez, V.A.M., y Morales, K.F. (2021). El proceso de producción y distribución de la pitahaya en Manabí para su exportación directa. *Brazilian Journal of Business*, 3(4),3330-3344. <https://doi.org/10.34140/bjbv3n4-037>
- Ortiz Y. D., y Carrillo-Salazar, J.A. (2012). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): A short review. *Fruits*, 67(2), 107-113. <https://doi.org/10.14295/cs.v3i4.334>
- Tang, W., Li, W., Yang, Y., Lin, X., Wang, L., Li, C., y 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., y Mensuali, A. (2020). Pitaya, an attractive alternative crop for Mediterranean Region. *Agronomy*, 10(8), 1-19. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081065>
- Velíz, P. M. E., Miller, J. S., y Campos, M. G. (2009). Especie nueva del género *Bourreria* (*Ehretiaceae*, Boraginales) de Mesoamérica. *Brittonia*, 61(3), 237–240. <https://doi.org/10.1007/s12228-009-9080-1>
- Verona, A., Urcia, J., y Paucar, L. (2020). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Culture, physico-chemical characteristics, nutritional composition, and bioactive compounds. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 1-15. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.16>
- Wu, J. (2005). Manual del cultivo de la Pitaya. In Mision de taiwán. MAGA. Litografía Zimtek. <https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Pitaya/ManualdelcultivodelaPitaya.pdf>

Declaración de roles de autores:

- Pedro Orlando Medrano Rojas: Conceptualización; metodología y administración del proyecto.
- Armando Efraín Gil Rivero: Conceptualización; metodología y revisión y edición.
- Segundo Eloy López Medina: Supervisión, revisión y edición final.

- José Mostacero León: Supervisión y validación de datos.
- Anthony J. De La Cruz Castillo: Análisis de datos y borrador original.
- Carmen Lizbeth Yurac Gonzales-Velásquez: Estadística