

## Concentraciones de macronutrientes en tallos de pitahaya roja [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton y Rose] en Ecuador

## Macronutrient concentrations in stems of red pitahaya [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton and Rose] in Ecuador

Christian Palacios Sánchez <sup>1\*</sup>, Ramón Eduardo Jaimez Arellano <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Agrónomo, Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ingeniería Agronómica, Portoviejo, christianpalaciosanchez@gmail.com; <sup>2</sup>Doctor en Ecología Tropical, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, ramon.jaimez@utm.edu.ec.

### ARTÍCULO

Presentado: 19/05/2024  
Aceptado: 06/12/2024

*Palabras Clave:*  
Fruta del dragón  
Nutrición vegetal  
Cactaceae

### RESUMEN

La pitahaya roja de pulpa blanca (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton y Rose) es una cactácea perenne con relevancia en el comercio internacional de frutas, debido a sus características físicas y nutricionales. Esta investigación proporciona información sobre las concentraciones de macronutrientes en los tallos de pitahaya, basándose en muestras de tallos en seis sitios de producción con diferentes densidades de plantas (baja y alta). Se empleó un diseño completamente aleatorizado con cinco repeticiones en cada tratamiento. Los resultados revelaron diferencias significativas en las concentraciones de macronutrientes entre sitios de producción y las densidades de plantas. Los nutrientes más relevantes fueron: potasio, calcio y nitrógeno. La media de concentración de potasio entre los sitios de producción fue de 3,82% sobre materia seca, mientras que para el calcio fue de 2,91% y el nitrógeno de 1,12%. Las concentraciones máximas de potasio y nitrógeno se registraron en San Jacinto (6,58 y 1,72 %, respectivamente) y la de calcio en San Eloy (5,65%). Además, los resultados analizados entre las densidades mostraron que la mayor acumulación de nutrientes en los tallos se presentó en la zona de baja densidad de siembra. Estos resultados son los primeros reportados en Ecuador y establecen una referencia para el manejo del cultivo, particularmente en el diagnóstico nutricional para el uso eficiente de recursos y la preservación del suelo.

### ABSTRACT

The white-fleshed red pitahaya (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton and Rose) is a perennial cactus with relevance in the international fruit trade, due to its physical and nutritional characteristics. This research provides information on macronutrient concentrations in pitahaya stems, based on stem samples from six production sites with different plant densities (low and high). A completely randomized design with five replicates in each treatment was employed. The results revealed significant differences in macronutrient concentrations between production sites and plant densities. The most relevant nutrients were potassium, calcium and nitrogen. The mean potassium concentration among production sites was 3.82% on dry matter, while for calcium it was 2.91% and nitrogen 1.12%. The maximum concentrations of potassium and nitrogen were recorded in San Jacinto (6.58 and 1.72%, respectively) and that of calcium in San Eloy (5.65%). In addition, the results analyzed between densities showed that the highest accumulation of nutrients in the stems occurred in the low planting density zone. These results are the first reported in Ecuador and establish a reference for crop management, particularly in nutritional diagnosis for the efficient use of resources and soil preservation.

*Key words:*  
Dragon fruit  
Plant nutrition  
Cactaceae

### INTRODUCCIÓN

La pitahaya roja [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton y Rose] es una cactácea originaria de América Central y el sur de México, perenne y epífita (MERCADO-SILVA, 2018). Es tolerante al déficit de agua (NERD; NEUMANN, 2004). Sus frutos son ricos en antioxidantes (vitaminas y minerales), fibra, flavonoides y ácidos fenólicos (HERNÁNDEZ-RAMOS et

al., 2020), pero especialmente betacianinas (PAŠKO et al., 2021), pigmentos alimentarios naturales raramente encontrados en productos comestibles, con propiedades benéficas para la salud humana (MAT et al., 2019; FERRERES et al., 2017).

Debido a su novedoso sabor, color, aspecto y beneficios para la salud, la pitahaya roja es apetecida y cultivada en muchas partes del mundo. La producción de *H. undatus* se

concentra en Asia, concretamente Vietnam, China, Indonesia, Tailandia y Taiwán (MDARP, 2021) y también es cultivada en varios países de América tropical. En Ecuador, su producción ha incrementado significativamente y para 2020 se exportaron 18.000 toneladas de la fruta (MUENTES; GALLO, 2021). En este contexto, El cultivo ha aumentado significativamente en el país registrándose 2051 sitios de producción en 2021, ubicados en diferentes regiones climáticas (MUENTES; GALLO, 2021).

Los cladodios o tallos de la pitahaya (de ahora en adelante tallos) son las estructuras vegetativas desde las cuales se diferencian células para producir nuevas ramas o flores. Si bien la literatura disponible sobre los tallos de pitahaya roja es amplia en relación a la morfología de la planta (JAKOBINA et al., 2023; PAULS et al., 2023; CARMO et al., 2022; MORALES-AYALA et al., 2020). También se han realizado trabajo sobre fertilizaciones orgánicas y químicas (MARQUES et al., 2021), Sin embargo, son escasos los trabajos referentes al contenido nutricional de estos. Por este motivo, los requerimientos nutricionales específicos para este cultivo aún requieren mayor precisión, lo que deviene en planes de fertilización basados en experiencias propias de los productores (DE-LA-CRUZ-SANCHEZ et al., 2019), lo cual no es favorable desde los puntos de vista económico y ecológico.

La evaluación del comportamiento de un cultivo en diferentes condiciones ambientales es esencial para optimizar su rendimiento y adaptabilidad. Un estudio realizado en el estado de Toluca, México, analizó el potencial de cultivos alternativos como el amaranto y el nopal usando un enfoque de evaluación multicriterio que consideró factores como el clima, el tipo de suelo y la topografía. Este análisis subraya la importancia de entender cómo las variaciones en los factores ambientales influyen en la productividad agrícola, permitiendo a los agricultores tomar decisiones informadas sobre qué

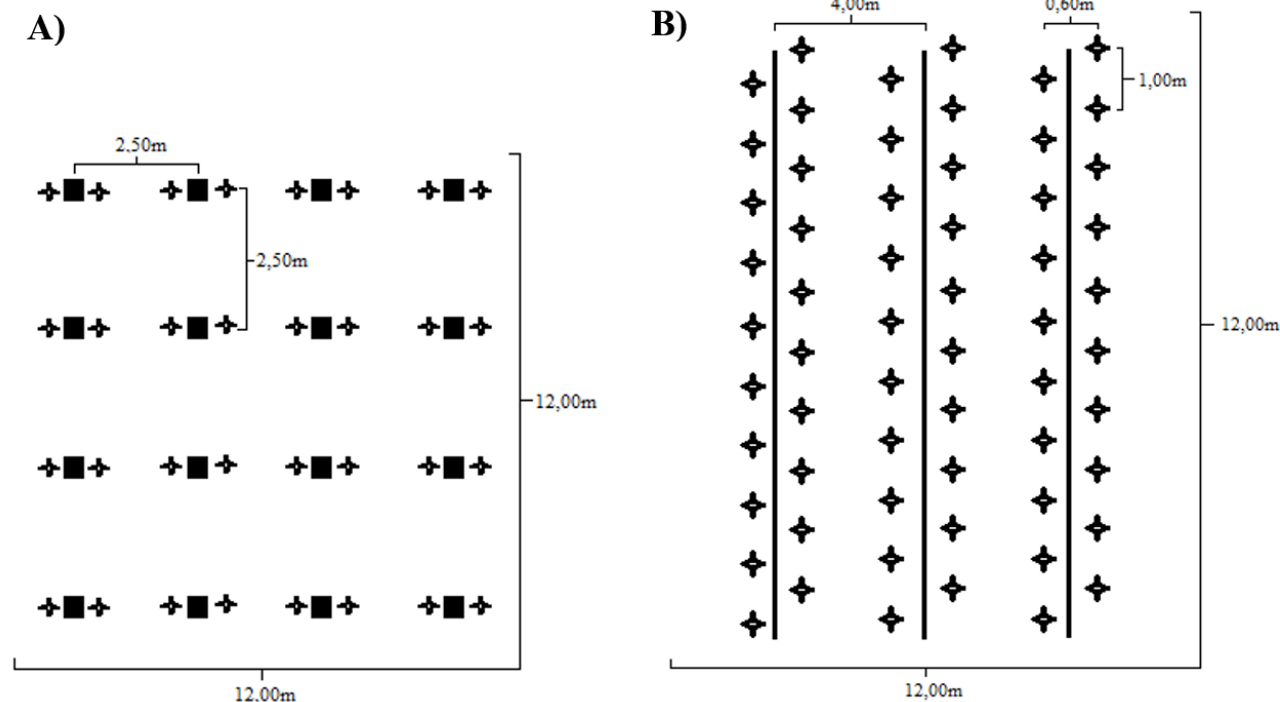
cultivos sembrar en función de las características específicas de sus suelos (CABRERA et al., 2002).

En este sentido, es importante evaluar la composición y concentración mineral de los tallos de pitahaya a través del análisis de tejidos (MANZANERO-ACEVEDO et al., 2014). La determinación de los contenidos minerales en órganos específicos de los cultivos, permite detectar deficiencias o excesos de ciertos elementos minerales (IKEWUCHI et al., 2019). Por ello, el objetivo del presente trabajo es proveer información sobre el perfil de macronutrientes en los tallos de *H. undatus* provenientes de seis sitios de producción en Ecuador.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Sitios de producción

El presente estudio se realizó en seis fincas de producción de *H. undatus*. Tres de estos lugares se encuentran en la provincia de Manabí, dos en la provincia de Guayas y uno en la provincia de Santa Elena, todos ellos en la región costera de Ecuador (Tabla 1). Los sitios de producción fueron agrupados de acuerdo con la clasificación zonal del país (SNP, 2012), quedando distribuidos tres en la zona 4 (Manabí y Santo Domingo de los Tsáchilas) y tres en la zona 5 (Santa Elena, Guayas, Bolívar y Los Ríos). Además, se agrupan por el marco de plantación y densidad de plantas entre las zonas de aquí en adelante las denominaremos alta densidad para la zona 5 y baja densidad para la zona 4. En las fincas de la zona 4, las plantas se establecieron en tutores de hormigón, distanciados 2,50 m entre sí, los cuales sostienen 2 plantas cada uno (2222 plantas por hectárea), mientras que en las fincas de la zona 5, las plantas se sembraron linealmente, tutoradas mediante cables distanciados 4 m; las líneas se distanciaron 0,60 m, mientras que las plantas se distanciaron 1 m (4167 plantas por hectárea) (Figura 1).



**Figura 1.** Distribución de las plantas en campo. A) Marco de plantación para la zona 4 baja densidad; B) Marco de plantación para la zona 5 alta densidad.

**Tabla 1.** Detalle de los sitios de producción de pitahaya en la región costera de Ecuador.

Sector	Provincia	Zona	Densidad de plantas	Coordenadas*
San Eloy	Manabí	4	2.222	561756 S, 9902299 O
San Jacinto	Manabí	4	2.222	557400 S, 9912360 O
Rocafuerte	Manabí	4	2.222	552978 S, 9897099 O
Daular	Guayas	5	4.167	591330 S, 9740995 O
Progreso	Guayas	5	4.167	569559 S, 9731950 O
Limoncito	Santa Elena	5	4.167	579563 S, 9754318 O

\*UTM WGS 84 zona 17 sur

En cada una de las fincas estudiadas se llevó un plan de fertilización diferenciado. La fertilización se realiza de manera mensual, se coloca una dosis para cada planta o para cada poste en el caso de las fincas ubicadas en la zona 4 en baja densidad. La dosis puede ir desde 25 g hasta 75 g por planta. Al final del ciclo anual se realiza un aporte de cada nutriente como se detalla en la tabla 2.

### Datos climáticos

En la Tabla 3, correspondiente a la zona 4 baja densidad de plantas se observa que la temperatura máxima varía entre 32,1 °C y 34,8 °C, con un pico en marzo (34,8 °C). Las temperaturas mínimas fluctúan entre 17,6 °C y 21,8 °C, siendo enero el mes más fresco. La precipitación acumulada muestra una marcada variabilidad, alcanzando su máximo en febrero con 270,4 mm y disminuyendo drásticamente a solo 1,6 mm en agosto. Esta distribución sugiere una concentración de lluvias

en los primeros meses del año, lo que podría ser crítico para el ciclo agrícola.

Por otro lado, la Tabla 4 presenta los datos de la zona 5 alta densidad de plantas, donde las temperaturas máximas son consistentemente más altas, oscilando entre 34,0 °C y 35,8 °C. Las temperaturas mínimas también son más elevadas que en la zona 4, alcanzando hasta 22,7 °C en mayo. La precipitación acumulada es notablemente diferente; abril es el mes con mayor lluvia (445,5 mm), lo que contrasta con la zona 4 donde el máximo se registra en febrero. Esta diferencia en los patrones de precipitación puede influir en la disponibilidad de agua para riego y el crecimiento de cultivos. En resumen, las variaciones climáticas entre estas dos zonas indican que la planificación agrícola debe adaptarse a las condiciones específicas de cada área para optimizar el uso de recursos y maximizar el rendimiento de los cultivos.

**Tabla 2.** Aporte nutricional en cada sitio de producción en la región costera de Ecuador durante el año 2023.

Sitio de producción	Provincia	Aporte de nutrientes [g/planta/año]					
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	S
San Eloy	Manabí	120,00	56,00	242,00	187,00	75,00	86,00
San Jacinto	Manabí	94,00	44,00	310,00	79,00	43,00	32,00
Rocafuerte	Manabí	143,00	88,00	220,00	140,00	88,00	80,00
Daular	Guayas	60,00	48,00	110,00	72,00	18,00	70,00
Progreso	Guayas	42,00	24,00	135,00	20,00	10,00	7,00
Limoncito	Sta. Elena	84,00	56,00	210,00	60,00	38,00	86,00

**Tabla 3.** Datos climáticos registrados en la región costera de Ecuador en el 2023 en la zona 4 (Provincia de Manabí).

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Temperatura máxima (°C)	33,2	33,7	34,8	34,2	33,8	32,1	32,9	33,2	32,4	32,8	33,8	32,8
Temperatura mínima (°C)	19,6	21,7	20,8	21,8	21,7	19,8	18,1	18,8	17,7	17,6	17,8	20,7
Precipitación acumulada (mm)	68,0	270,4	286,0	148,6	36,8	12,0	10,4	1,6	6,0	0,4	5,6	56,0

Fuente: Estación meteorológica Davis Vantage Pro2

**Tabla 4.** Datos climáticos registrados en la región costera de Ecuador en el 2023 en la zona 5 (Provincia de Guayas y Provincia de Santa Elena).

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Temperatura máxima (°C)	34,8	34,1	34,3	34,8	34,4	34,2	34,0	35,6	35,8	35,1	35,1	35,8
Temperatura mínima (°C)	19,7	22,3	21,8	21,3	22,7	20,1	20,6	19,3	19,9	20,7	20,9	20,7
Precipitación acumulada (mm)	66,5	247,9	204,2	445,5	132,8	30,2	20,6	6,6	6,1	13,2	5,6	47,7

Fuente: Estación meteorológica Davis Vantage Pro2

### Datos climáticos

En la Tabla 3, correspondiente a la zona 4 baja densidad de plantas se observa que la temperatura máxima varía entre 32,1 °C y 34,8 °C, con un pico en marzo (34,8 °C). Las temperaturas mínimas fluctúan entre 17,6 °C y 21,8 °C, siendo enero el mes más fresco. La precipitación acumulada muestra una marcada variabilidad, alcanzando su máximo en febrero con 270,4 mm y disminuyendo drásticamente a solo 1,6 mm en agosto. Esta distribución sugiere una concentración de lluvias en los primeros meses del año, lo que podría ser crítico para el ciclo agrícola.

Por otro lado, la Tabla 4 presenta los datos de la zona 5 alta densidad de plantas, donde las temperaturas máximas son consistentemente más altas, oscilando entre 34,0 °C y 35,8 °C. Las temperaturas mínimas también son más elevadas que en la zona 4, alcanzando hasta 22,7 °C en mayo. La precipitación acumulada es notablemente diferente; abril es el mes con mayor lluvia (445,5 mm), lo que contrasta con la zona 4 donde el máximo se registra en febrero. Esta diferencia en los patrones de precipitación puede influir en la disponibilidad de agua para riego y el crecimiento de cultivos. En resumen, las variaciones climáticas entre estas dos zonas indican que la planificación agrícola debe adaptarse a las condiciones específicas de cada área para optimizar el uso de recursos y maximizar el rendimiento de los cultivos.

### Análisis nutricional del suelo

Se realizó un estudio nutricional del suelo en cada finca, las muestras se tomaron en el área total del ensayo, se realizó un muestreo aleatorio de 15 submuestras para componer la muestra final, en la cual se determinó la clase textural mediante el método de densitometría, el pH y la conductividad eléctrica (CE, dS/m) mediante potenciometría, el porcentaje de materia orgánica (M.O.) por el método de combustión. También se estimó la concentración de macronutrientes. Se utilizó el método desarrollado por Jean Baptiste DUMAS (1838) para la concentración de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) en el suelo, el método Olsen modificado (DÍAZ-ROMEU; HUNTER, 1978) para la concentración de fósforo (P) (ppm), y se usó acetato de amonio como extractante para las bases alcalinas: potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y sodio (Na).

### Análisis nutricional de los tallos

En cada finca se delimitaron 5 parcelas cuadradas de 12 m de lado (144 m<sup>2</sup>). Se muestrearon 10 tallos de 10 plantas diferentes por parcela de forma aleatoria, discriminando únicamente por su estado fenológico, de acuerdo con la escala BBCH, código 319 (KISHORE, 2016). Se recolectaron tallos de más de 45 cm de longitud. Para la extracción se realizó un

corte en la zona central, descartando la base y el ápice. Los tallos provenientes de una misma parcela fueron mezclados, obteniendo así una muestra compuesta. Las muestras fueron empaquetadas en bolsas plásticas y transportadas al laboratorio en refrigeración para el análisis de nutrientes.

En este estudio, se determinó el contenido nutricional de P, K, Ca, Mg, S y N total en una muestra de tejido vegetal. Se utilizó el proceso de mineralización húmeda para los primeros cinco elementos, empleando una mezcla de ácido nítrico y ácido perclórico en una proporción de 5:1. La medición se realizó por espectrofotometría de absorción atómica. El contenido de nitrógeno total se analizó mediante el método Kjeldahl, utilizando un digestor automático y una mezcla de ácido sulfúrico y sulfato de potasio, junto con un catalizador a base de cobre.

### Análisis estadístico

Debido a las diferencias en la ubicación geográfica, el manejo del cultivo y las dosis de fertilización se consideró a cada uno de los sitios de producción como un tratamiento. La clasificación por densidad de siembra también fue considerada en el análisis. Cada parcela dentro de las fincas fue considerada como una repetición. El análisis estadístico consistió en un análisis de varianza de un factor para las variables en estudio (concentración de macronutrientes). Además, se realizó un análisis de regresión lineal entre la concentración de macronutrientes en el tallo de pitahaya y el aporte nutricional en cada sitio de producción para establecer la influencia de la fertilización sobre la concentración de macronutrientes. Para el análisis comparativo de medias se aplicó la prueba de LSD Fisher con un 5% de significancia. Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el software MINITAB INC. (2021).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

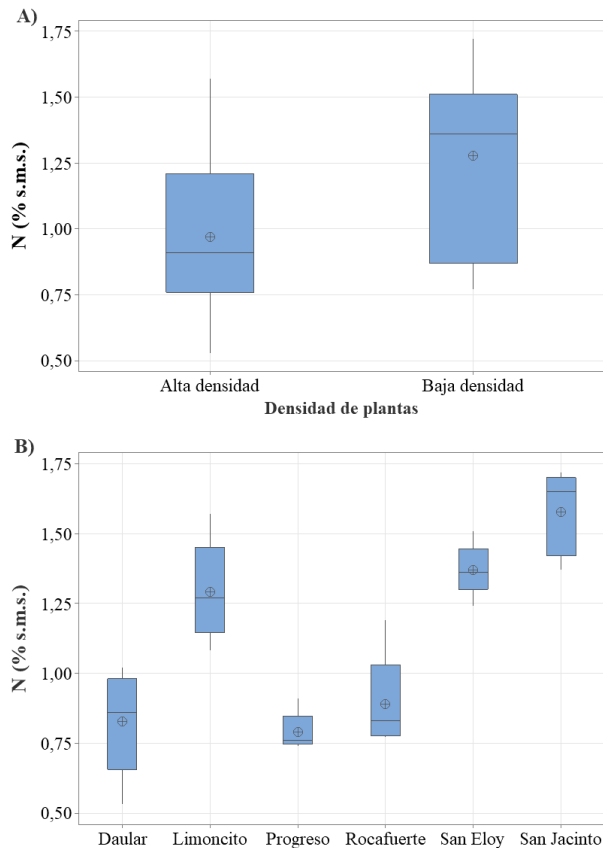
### Concentraciones de macronutrientes en el suelo

En la tabla 5 se presentan los resultados de los análisis de suelo con características físicas como la textura y nutrientes en el suelo de las fincas estudiadas. Se puede apreciar que en las fincas de la zona 4 con baja densidad de plantas, la conductividad eléctrica es superior, al igual que la concentración de M.O., potasio, calcio y sodio. Por otra parte, en las fincas de la zona 5 donde existe una alta densidad de plantas se puede apreciar mayor concentración de nitratos y magnesio. En cuanto a las características físicas en ambas zonas y sistemas de siembra existe influencia de arcillas, siendo suelos con buena fertilidad con una alta capacidad de retener nutrientes y agua.

**Tabla 5.** Análisis de suelo por cada sitio de producción de pitahaya roja de pulpa blanca en la región costera de Ecuador en el 2023.

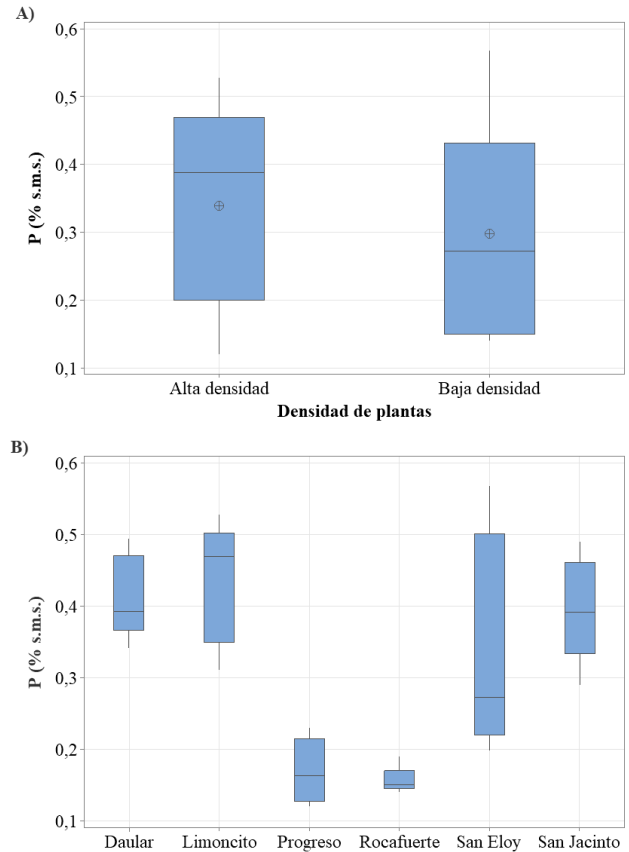
Sector	Densidad de plantas	Zona	Clase textural	C.E.	pH	M.O.	$\text{NO}_3^-$	P	K	Ca	Mg	Na
				dS/m	-	%	ppm	meq / 100 gr				
San Eloy	Baja	4	Arcillo limosa	2,31	6,80	1,60	29,30	10,00	2,52	44,60	1,88	0,91
San Jacinto	Baja	4	Franco arcillosa	2,00	7,26	2,67	11,00	49,20	3,09	24,10	1,35	1,22
Rocafuerte	Baja	4	Arcillo limosa	1,50	7,45	3,25	10,00	45,30	3,01	29,43	2,11	0,49
Daular	Alta	5	Arcillo arenosa	0,10	5,06	1,76	15,00	35,80	0,68	9,09	5,30	0,17
Progreso	Alta	5	Franco arcillosa	0,20	6,72	1,75	18,00	25,80	1,04	20,90	2,58	0,40
Limoncito	Alta	5	Arcillosa	0,61	7,10	2,82	29,10	62,30	2,24	30,30	4,82	0,48

Los resultados revelaron diferencias significativas en los niveles de nitrógeno tanto entre zonas como entre sitios de producción ( $p \leq 0,05$ ). En la zona 4 en donde la densidad de plantas es baja se registró una media de 1,28%, mientras que en la zona 5 donde la densidad de plantas es alta, la media fue de 0,97%. Con relación a los sitios de producción, se observó que San Jacinto obtuvo la mayor concentración de nitrógeno con una media de 1,58%, seguido por San Eloy con 1,37% y Limoncito con 1,29%. Por otro lado, el sitio de producción con la menor concentración de nitrógeno fue Progreso, con un 0,79% (Figura 2). Las concentraciones de nitrógeno están relacionadas con la disponibilidad del elemento en el suelo, vemos que la zona de mayor densidad de plantas pudo acumular menor concentración de nitrógeno que la zona de menor densidad de plantas, lo cual puede deberse a la competencia en espacio por la extracción de este elemento.



**Figura 2.** Concentraciones de nitrógeno en tallos de pitahaya roja de pulpa blanca en sitios de producción en la región costera del Ecuador: A) Concentración de N vs. densidad de plantas, B) Concentración de N vs. Sitios de producción.

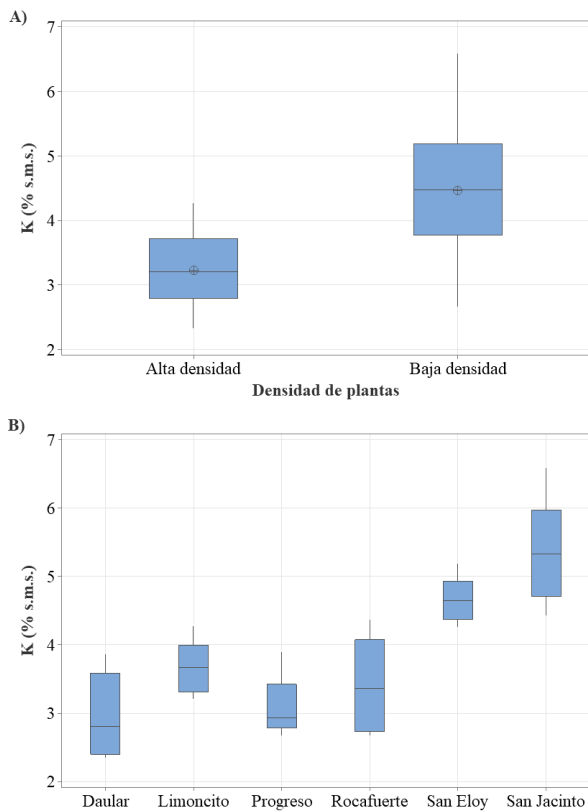
No se encontraron diferencias significativas en los niveles de fósforo entre zonas y densidades de siembra. Sin embargo, se observaron diferencias significativas entre sitios de producción, siendo Progreso y Rocafuerte los que presentaron resultados por debajo de los otros sitios analizados, con una concentración media de fósforo de 0,17% y 0,16%, respectivamente. Por otro lado, el sitio de producción con la concentración más elevada de fósforo fue Limoncito, con un valor medio de 0,43% (Figura 3).



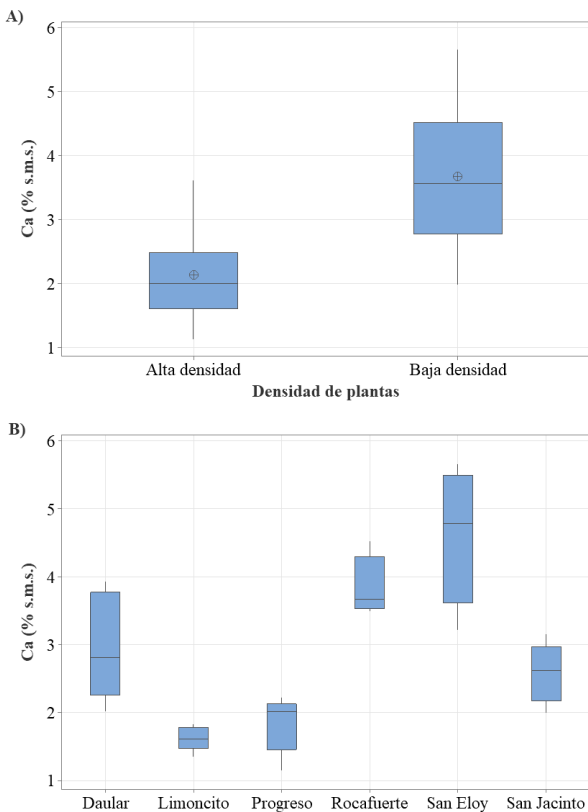
**Figura 3.** Concentraciones de fósforo en tallos de pitahaya roja de pulpa blanca en sitios de producción en la región costera del Ecuador: A) Concentración de P vs. densidad de plantas, B) Concentración de P vs. Sitios de producción.

Para el caso del potasio, este presentó diferencias significativas entre zonas y entre sitios de producción siendo uno de los elementos más variables encontrados en esta investigación. La zona 4 con una baja densidad de plantas obtuvo una concentración media de 4,46% mientras que la zona 5 con una alta densidad de plantas obtuvo 3,22%, existiendo una diferencia considerable de 1,24% entre ellas (figura 4). Lo cual puede responder a la competencia entre plantas para absorber este elemento en la zona radicular, al existir mayor cantidad de plantas se observa que la acumulación de este elemento en los tallos de pitahaya es menor. Mientras que el análisis entre los sitios de producción el que mayor concentración media de potasio obtuvo fue San Eloy con 5,33% seguido de San Jacinto con 4,64%, mientras que el sitio de producción con menor concentración media de potasio fue Daular con 2,95% siendo respectivamente a la densidad de plantas de cada sitio guardando relación con el análisis anterior.

Con respecto a la concentración de calcio, se encontraron diferencias significativas tanto entre zonas como entre sitios de producción. La zona 4 con una mayor densidad de plantas presentó la mayor concentración media de calcio con un 3,68% mientras que la zona 5 con una menor densidad de plantas obtuvo un 2,14%. En cuanto a los sitios de producción, San Eloy obtuvo la mayor concentración media con un 4,60%, seguido de Rocafuerte con un 3,86%, mientras que el sitio de producción con la menor concentración media de Ca fue Limoncito con 1,62% (Figura 5).



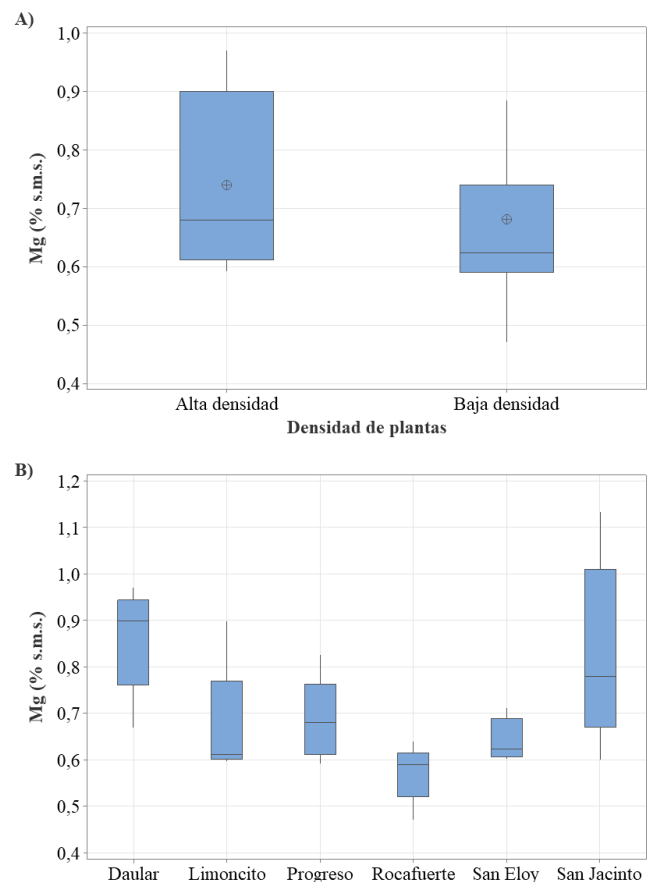
**Figura 4.** Concentraciones de potasio en tallos de pitahaya roja de pulpa blanca en sitios de producción en la región costera del Ecuador: A) Concentración de K vs. Zonas, B) Concentración de K vs. Sitios de producción.



**Figura 5.** Concentraciones de calcio en tallos de pitahaya roja de pulpa blanca en sitios de producción en la región costera del Ecuador: A) Concentración de Ca vs. densidad de plantas, B) Concentración de Ca vs. Sitios de producción.

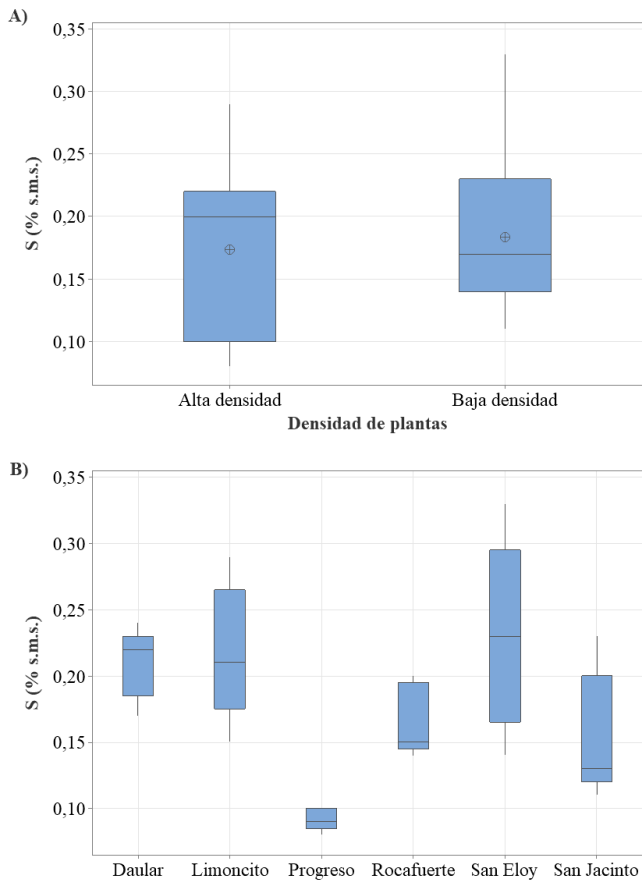
En el análisis del nutriente magnesio no se presentaron diferencias significativas entre las zonas con densidades de plantas diferenciadas, pero sí entre sitios de producción. La mayor concentración media de magnesio entre los sitios de producción se presentó en Daular con un 0,95%, que a su vez es el que mayor concentración de magnesio presentó en análisis de suelo (Tabla 5) mientras que el sitio de producción con menor concentración media fue en Rocafuerte con un 0,57% (Figura 6).

En el análisis de la concentración de azufre en los tallos de pitahaya, las diferencias entre sitios de producción fueron significativas, no así entre las diferentes densidades de plantas. La mayoría de estos resultaron estadísticamente semejantes, a excepción de Progreso, donde se obtuvo la concentración de azufre más baja (0,092%) (Figura 7).



**Figura 6.** Concentraciones de magnesio en tallos de pitahaya roja de pulpa blanca en sitios de producción en la región costera del Ecuador: A) Concentración de Mg vs. densidad de plantas, B) Concentración de Mg vs. Sitios de producción.

Los resultados demuestran que existen diferencias de concentraciones entre zonas y entre sitios de producción. En general, las concentraciones son mayores en la zona 4, en la que se tiene menor densidad de plantas. De todos los nutrientes estudiados, únicamente el magnesio y el fósforo fueron mayores en la zona 5 que tiene una densidad de plantas alta, aunque esta diferencia no es estadísticamente significativa. Por otra parte, el potasio y el calcio fueron significativamente superiores en las densidades baja (Figura 8).



**Figura 7.** Concentraciones de azufre en tallos de pitahaya roja de pulpa blanca en sitios de producción en la región costera del Ecuador: A) Concentración de S vs. densidad de plantas, B) Concentración de S vs. Sitios de producción.

En cuanto al análisis individual, los resultados evidencian que el elemento con mayor concentración media es el potasio con el 3,82%, seguido del calcio con el 2,91% y el nitrógeno con el 1,12%.

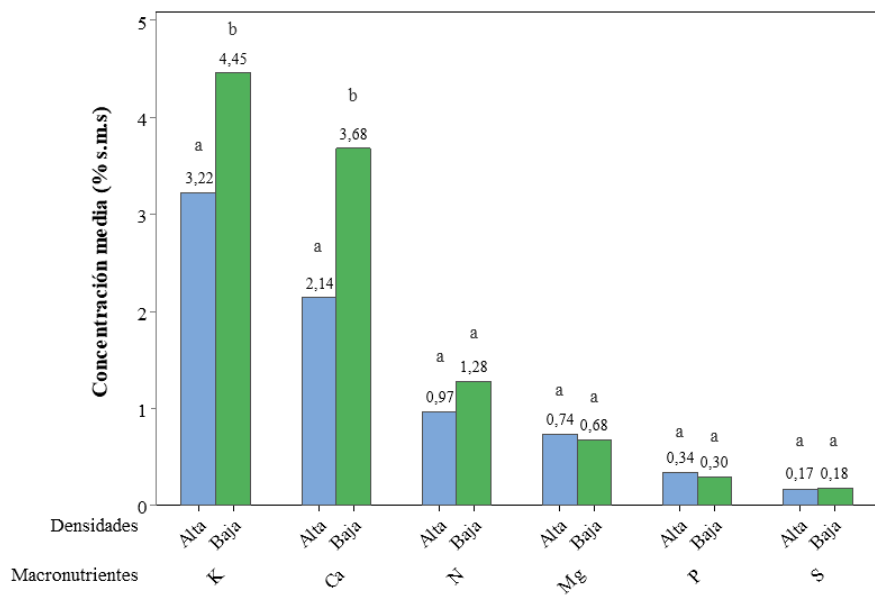
Se puede observar un patrón definido en las concentraciones de macronutrientes, especialmente en las altas concentraciones de potasio y calcio, que pueden estar relacionadas con la vía de fotosíntesis ácido-crasuláceo utilizada por las plantas de pitahaya (WANG et al., 2019). Según el estudio realizado por Arredondo (2002) en donde menciona que las cactáceas suelen requerir bajas concentraciones de nitrógeno y altas concentraciones de K y Ca, debido a que se desarrollan en suelos áridos con contenido elevado de estos elementos, para el caso de esta investigación se evidencian altas concentraciones de Ca y K en el análisis de suelo sugiriendo un comportamiento similar a lo descrito por el investigador. Son similares las tendencias reportadas por Marques et al. (2021). Las altas

concentraciones de K pueden estar relacionadas con su papel en la regulación del agua en la planta, al aumentar el potencial osmótico de las células vegetales y, por lo tanto, evitar la pérdida de agua (TISARUM et al., 2009). Sin embargo, las dosificaciones de estos dos elementos son altas en los programas de manejo que se realizan en todas las fincas.

Los elementos con menor variabilidad entre zonas y entre sitios de producción fueron el magnesio, el fósforo y el azufre, los cuales presentaron concentraciones más bajas en comparación con el nitrógeno, el potasio y el calcio. Además, la elevada concentración de azúcares en el fruto de la pitahaya también puede contribuir a las altas concentraciones de potasio, ya que existe una relación entre la concentración de azúcares y el suministro de potasio (VERONA–RUIZ et al., 2020). Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Villavicencio et al. (2019) en *Ferocactus glaucescens* (cactaceae), donde también se observaron concentraciones elevadas de potasio en relación con el nitrógeno y el fósforo en diferentes dosis de fertilización. Se encontró relación entre la concentración de potasio en el tallo de pitahaya y el aporte de potasio en el programa nutricional, asimismo, se encontró una relación entre la concentración de calcio en tallos de pitahaya y los aportes de calcio en el programa de fertilización como se puede observar en las figuras 9 y 10. No así para el resto de los elementos.

El análisis de regresión nos permite observar que el K y el Ca tienen relación directa al programa de fertilización utilizado, esto concuerda con la investigación realizada por Guerrero–Polanco et al. (2016), quienes concluyen que la fertilización con aportes importantes de K y Ca en frutales aumenta la disponibilidad de estos elementos en el suelo, teniendo como resultados un incremento en el rendimiento y la calidad de los frutos.

También se realizó un análisis de regresión entre la concentración de macronutrientes en los tallos de pitahaya y la concentración de macronutrientes en el análisis de suelo que

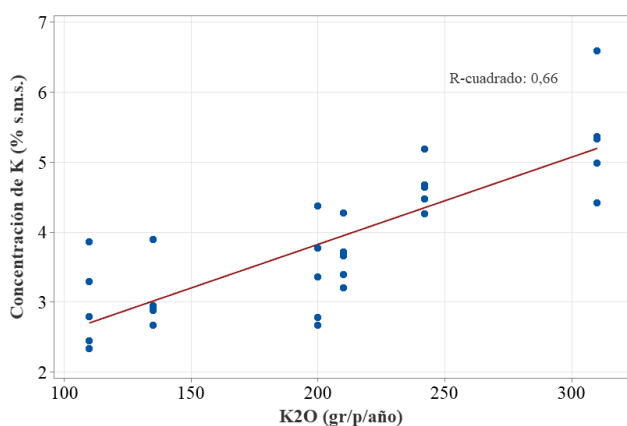


**Figura 8.** Concentraciones medias de macronutrientes comparadas entre densidades de plantas referentes de cada zona de producción de pitahaya roja de pulpa blanca en la región costera de Ecuador. Letras diferentes representan diferencias significativas al nivel de 5% de probabilidad según prueba LSD Fisher.

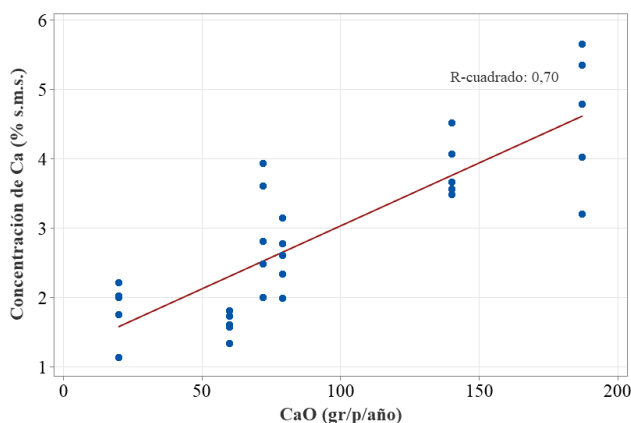
se reporta en la tabla 3. Como resultado se obtuvo que no existe una relación directa.

En el caso de la relación lineal entre la concentración de K y Ca en tallos de pitahaya y en el suelo, se aprecia que existe una relación débil en comparación al aporte nutricional, esto sugiere una relación con el complejo de cambio de cada suelo, ya que dependerá en la capacidad que tenga el suelo de retener y liberar estos dos cationes, de acuerdo con lo expuesto por Bugarín et. al. (2007), quienes estudiaron la capacidad amortiguadora de un suelo y la cinética de la liberación de los elementos, en especial el potasio, donde se determinó que este elemento aumentó considerablemente su disponibilidad en la solución de suelo.

Los resultados obtenidos en este estudio permiten inferir que las concentraciones de macronutrientes en los tallos de pitahaya están influenciadas por múltiples factores, entre ellos, las características del suelo, el programa de fertilización, las condiciones climáticas y la densidad de plantas.



**Figura 9.** Regresión lineal ajustada para la concentración de K vs. el aporte de K<sub>2</sub>O en el programa de fertilización en el cultivo de pitahaya roja de pulpa blanca.



**Figura 10.** Regresión lineal ajustada para la concentración de Ca vs. el aporte de CaO en el programa de fertilización en el cultivo de pitahaya roja de pulpa blanca.

## CONCLUSIONES

Las concentraciones de macronutrientes entre las densidades de plantas de *H. undatus*, mostraron diferencias significativas entre ellos. La densidad de siembra baja, que abarca la zona 4, presentó concentraciones medias más altas que la zona 5 de alta densidad de plantas. El potasio fue el

nutriente encontrado en mayor concentración en los tallos de pitahaya de manera general. La densidad de siembra baja mostró las mayores concentraciones de potasio, calcio y nitrógeno en comparación con la zona de alta densidad de siembra.

A pesar de las variaciones en las concentraciones de macronutrientes entre los sitios de producción y las densidades de plantas, se observa un patrón en los tallos de pitahaya que proporciona información relevante para el manejo del cultivo, como la importancia de nutrientes como el potasio calcio y nitrógeno para este cultivo y la utilización eficiente de los recursos naturales, incluyendo la conservación del suelo y el uso adecuado de fertilizantes.

## REFERENCIAS

ARREDONDO, A. Propagación y mantenimiento de cactáceas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(2): 235–242, 2002.

BUGARÍN, R.; GALVIS, A.; HERNÁNDEZ, T. M.; GARCÍA-PAREDES, D. Capacidad amortiguadora y cinética de liberación de potasio en suelos. *Agricultura Técnica en México*, 33(1): 73–81, 2007.

CABRERA, A.; GARCÍA, J.; HERNÁNDEZ, R.; MARTÍNEZ, L. Delimitación de áreas adecuadas para cultivos alternativos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2002.

CARMO, E. P.; ROCHA, I. T.; ANGELIM, C. N. T.; SILVA, J. R.; SIMÕES, A. N.; MENDONÇA, V.; OLIVEIRA, L. M. Influence of organic fertilization on the initial growth of red pitaya. *Acta Horticulturae*, 1343(1): 291–295, 2022. [10.17660/ActaHortic.2022.1343.37](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1343.37)

DE-LA-CRUZ-SÁNCHEZ, E.; MORÁN-MORÁN, J.; CABRERA-VERDEZOTO, R.; CABRERA-VERDESOTO, C.; ALCÍVAR-COBEÑA, J.; MEZA-BONE, F. Respuesta de la pitahaya roja (*Hylocereus undatus*) a la aplicación de dos abonos orgánicos sólidos en la zona de San Carlos, Los Ríos, Ecuador. *Idesia (Arica)*, 37(3): 99–105, 2019. [10.4067/S0718-34292019000300099](https://doi.org/10.4067/S0718-34292019000300099)

DÍAZ-ROMEY, R.; HUNTER, A. Metodología de muestreo de suelo, análisis químico de suelos y tejido vegetal y de investigación en invernadero. 1ed. Turrialba: CATIE, 1978, 70p.

DUMAS, J. B. Método de combustión para la determinación de nitrógeno en suelos. En: *Análisis de nitrógeno - El método de Jean Dumas*. 1838.

FERRERES, F.; GROSSO, C.; GIL-IZQUIERDO, A.; VALENTÃO, P.; MOTA, A. T.; ANDRADE, P. B. Optimization of the recovery of high-value compounds from pitaya fruit by-products using microwave-assisted extraction. *Food Chemistry*, 230(1): 463–474, 2017. [10.1016/j.foodchem.2017.03.061](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.061)

GUERRERO-POLANCO, F.; ALEJO-SANTIAGO, G.; LUNA-ESQUIVEL, G. Potassium fertilization in fruit tree.

- Revista Bio Ciencias, 4(3): 143–152, 2017. [10.15741/revbio.04.03.01](https://doi.org/10.15741/revbio.04.03.01)
- HERNÁNDEZ-RAMOS, L.; DEL ROSARIO, M.; CASTILLO-GONZÁLEZ, A. M.; YBARRA-MONCADA, C.; NIETO-ÁNGEL, R. Fruits of the pitahaya *Hylocereus undatus* and *H. Ocamponis*: Nutritional components and antioxidants. Journal of Applied Botany and Food Quality, 93(1): 197–203, 2020. [10.5073/JABFQ.2020.093.024](https://doi.org/10.5073/JABFQ.2020.093.024)
- IKEWUCHI, J. C.; IKEWUCHI, C. C.; IFEANACHO, M. O. Nutrient and bioactive compounds composition of the leaves and stems of *Pandiaka heudelotii*: A wild vegetable. Heliyon, 5(4): e01501, 2019. [10.1016/j.heliyon.2019.e01501](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01501)
- JAKOBINA, M.; ŁYCZKO, J.; ZYDOROWICZ, K.; GALEK, R.; SZUMNY, A. The potential use of plant growth regulators for modification of the industrially valuable volatile compounds synthesis in *Hylocereus undatus* stems. Molecules, 28(9): 3843, 2023. [10.3390/molecules28093843](https://doi.org/10.3390/molecules28093843)
- KISHORE, K. Phenological growth stages of dragon fruit (*Hylocereus undatus*) according to the extended BBCH-scale. Scientia Horticulturae, 213(1): 294–302, 2016. [10.1016/J.SCIENTA.2016.10.047](https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2016.10.047)
- MANZANERO-ACEVEDO, L. A.; ISAAC-MÁRQUEZ, R.; ZAMORA-CRESCENCIO, P.; RODRÍGUEZ-CANCHÉ, L. G.; ORTEGA-HAAS, J. J.; DZIB, B. B. Conservación de la pitahaya [*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose] en el estado de Campeche, México. Foresta Veracruzana, 16(1): 9–16, 2014.
- MARQUES, L.; ALVES, T. A.; RAMOS, M.; VIEIRA, A.; BATISTA, R.; MARTINS, J. C. Effect of mixed organic and inorganic fertilizers on growth, leaf macronutrient contents and yield of pitaya (*Hylocereus undatus*) under field conditions. Colloquium Agrariae, 17(6): 22–37, 2021. [10.5747/ca.2021.v17.n6.a466](https://doi.org/10.5747/ca.2021.v17.n6.a466)
- MAT, N.; NAZERI, M. A.; AZMAN, N. A. Assessment on bioactive compounds and the effect of microwave on pitaya peel. Jurnal Teknologi, 81(2): 11–19, 2019. [10.11113/jt.v81.12847](https://doi.org/10.11113/jt.v81.12847)
- MDARP, Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego de Perú. Análisis de mercado 2015–2020 Pitahaya. Sitio web oficial, 2021. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2055424/Perfil%20de%20Mercado%20de%20la%20Pitahaya.pdf> Accedido en: 15 diciembre 2023.
- MERCADO-SILVA, E. M. Pitaya-*Hylocereus undatus* (Haw.). En: RODRIGUES, S.; DE OLIVEIRA, E.; SOUSA, E. (eds.). Exotic Fruits. Londres: Academic Press, 2018, p. 339–349. [10.1016/B978-0-12-803138-4.00045-9](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803138-4.00045-9)
- MINITAB INC. Minitab® 21 [software]. State College, PA: Minitab Inc., 2021.
- MORALES-AYALA, Y.; CEJA-TORRES, L. F.; MÉNDEZ-INOCENCIO, C.; SILVA-GARCÍA, T.; VENÉGAS-GONZALEZ, J.; PINEDA-PINEDA, J. Vegetative response of pitahaya (*Hylocereus* spp.) to the application of vermicompost and fertigation. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 23(3): 90, 2020. [10.56369/tsaes.2923](https://doi.org/10.56369/tsaes.2923)
- TISARUM, R.; SAMPHUMPHUNG, T.; THEERAWITAYA, C.; CHA-UM, S. Free proline, total soluble sugar enrichment, photosynthetic abilities and growth performances in dragon fruit (*Hylocereus undatus* (Haw) Britt & Rose) grown under mannitol-induced water deficit stress. Acta Horticulturae, 1206(1): 113–119, 2018. [10.17660/ActaHortic.2018.1206.16](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1206.16)
- MUENTES, C.; GALLO, M. Boletín informativo – En el año 2021 se exportaron cerca de 18 mil toneladas de fruta fresca de de pitahaya ecuatoriana. Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario de Ecuador, 2021. Disponible en: <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2022/02/PitahayaEC.pdf> Accedido en: 5 diciembre 2023.
- NERD, A.; NEUMANN, P. M. Phloem water transport maintains stem growth in a drought stressed crop cactus (*Hylocereus undatus*). Journal of The American Society for Horticultural Science, 129(1): 486–490, 2004. [10.21273/JASHS.129.4.0486](https://doi.org/10.21273/JASHS.129.4.0486)
- PAŠKO, P.; GALANTY, A.; ZAGRODZKI, P.; GYU, Y.; LUKSIRIKUL, P.; WEISZ, M.; GORINSTEIN, S. Bioactivity and cytotoxicity of different species of pitaya fruits – A comparative study with advanced chemometric analysis. Food Bioscience, 40(1): 100888, 2021. [10.1016/j.fbio.2021.100888](https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.100888)
- PAULS, B.; LAUTENSCHLÄGER, T.; NEINHUIS, C. Anatomical and Biomechanical Properties of the Junction between Stem and Aerial Roots of *Selenicereus undatus*. Plants, 12(13): 2544, 2023. [10.3390/plants12132544](https://doi.org/10.3390/plants12132544)
- SNP, Secretaría Nacional de Planificación de Ecuador. Niveles Administrativos de Planificación. Zonas, Distritos y Circuitos, 2012. Disponible en: <https://www.planificacion.gob.ec/3-niveles-administrativos-de-planificacion/> Accedido en: 18 noviembre 2023.
- VERONA-RUIZ, A.; URCIA-CERNA, J.; PAUCAR-MENACHO, L. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos. Scientia Agropecuaria, 11(3): 439–453, 2020. [10.17268/sci.agropecu.2020.03.16](https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.16)
- VILLAVICENCIO, E. E.; TREJO, L. I.; BAÑUELOS, L.; LÓPEZ, M. A.; ARELLANO, G. Nutrición mineral con nitrógeno, fósforo y potasio en la producción del barril azul en invernadero. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 23(1): 313–323, 2019. [10.29312/remexca.v0i23.2030](https://doi.org/10.29312/remexca.v0i23.2030)
- WANG, L.; ZHANG, X.; MA, Y.; QING, Y.; WANG, H.; HUANG, X. The highly drought-tolerant pitaya (*Hylocereus undatus*) is a non-facultative CAM plant under both well-watered and drought conditions. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 94(5): 643–652, 2019. [10.1080/14620316.2019.1595747](https://doi.org/10.1080/14620316.2019.1595747)