

Efecto de la intensidad lumínica y fertilización sobre el crecimiento de *Billbergia pyramidalis* (Sims) Lindley en condiciones de vivero

Effect of light intensity and fertilization on growth of Billbergia pyramidalis (Sims) Lindley under nursery conditions

 Geine Alvarado

 Reinaldo Pire

geine.alvarado@ucla.edu.ve 

Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto, Venezuela

Recibido: 10/02/2026

Revisado: 05/03/2026

Aceptado: 20/05/2026

Publicado: 06/07/2026

RESUMEN

Billbergia pyramidalis es una planta ornamental de alto valor para uso en paisajismo y maceta, y en condiciones del trópico es necesario generar información sobre la irradiancia que puede tolerar; así como, su respuesta a la fertilización. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la intensidad lumínica y fertilización sobre el crecimiento de *Billbergia pyramidalis* (Sims) Lindley, en condiciones de vivero. Se empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial de cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Se evaluaron altura y alcance lateral de la planta, número y longitud de las hojas y contenido de clorofila foliar. La planta mostró un mayor crecimiento y nivel de clorofila en condiciones de sombra y fertilización. Los tratamientos aplicados no afectaron el número de hojas, ni su longitud.

Palabras clave: Altura de planta, irradiancia, largo de la hoja, plantas ornamentales, contenido de clorofila foliar, medidor SPAD.

ABSTRACT

Billbergia pyramidalis is a highly valued ornamental plant for landscaping and container use; under tropical conditions, it is necessary to generate information regarding the irradiance levels it can tolerate, as well as its response to fertilization. The aim of this study was to evaluate the effect of light intensity and fertilization on the growth of *Billbergia pyramidalis* (Sims) Lindley under nursery conditions. A completely randomized design with a factorial arrangement of four treatments and four replicates was used. Plant height and lateral spread, number and length of leaves, and leaf chlorophyll content were evaluated. The plants exhibited greater growth and higher chlorophyll levels under shaded and fertilized conditions. The treatments applied did not affect the number or length of the leaves.



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

Rev. Investigaciones ULCB. Jul - Dic.13(2), 2026; ISSN: 2409 - 1537;92-101

Keywords: Plant height, irradiance, leaf length, ornamental plants, leaf chlorophyll content; SPAD meters.

INTRODUCCIÓN

Billbergia pyramidalis, conocida comúnmente como antorcha llameante, es una especie de planta epífita de la familia de las bromeliáceas, originaria del norte de Sudamérica y partes del Caribe (Lapa Wanderley *et al.*, 2007). Se cultiva con frecuencia como planta ornamental en jardines tropicales y es una bromeliácea importante como planta para paisajismo y maceta. Este cultivo es importante en los mercados de la

industria ornamental por su follaje y vistosa inflorescencia en forma de espiga piramidal de color rojo-carmesí (Fig. 1) y tener bajos requerimientos de agua. El género *Billbergia* spp. tolera bien las altas temperaturas lo que la convierte en una opción ideal para jardines en climas donde no se producen heladas intensas con frecuencia (Booth, 2019).



Figura 1: Aspecto general de *Billbergia pyramidalis*

Nota. La inflorescencia en la parte superior de una espiga floral con forma de pirámide invertida, formada por sépalos rojos con puntas púrpuras y pétalos rojo-carmesí con puntas azul-violeta (fotografía de Timm Stolten).

La exposición a condiciones de alta o baja irradiancia (sombreamiento) es uno de los problemas a los que se enfrenta la producción hortícola, ya que no todas las especies pueden tolerar esas condiciones. La irradiancia, es definida como la energía lumínica que incide por unidad de área y tiempo, es referida en la literatura como tal o como intensidad de luz. El fenómeno del sombreamiento implica modificaciones, tanto en la calidad como en la cantidad de

la energía lumínica, resultando en niveles reducidos de radiación activa que contribuye a la fotosíntesis (PAR); además de, ocasionar una posible disminución en la relación entre la luz roja y la luz roja lejana (R/RL), dependiendo de la fuente de la sombra (Arboleda, 2011).

Estos dos aspectos relacionados con la luz pueden influir de manera directa en la morfogénesis de las plantas; pero en el caso de *B. pyramidalis* cultivadas en po-

tes se requieren mayores estudios dada la importancia de la producción de plantas ornamentales a nivel mundial, la cual ha cambiado drásticamente en las últimas décadas (Darras, 2020). En condiciones del trópico es necesario generar información sobre la irradiancia que puede tolerar la planta; así como, su respuesta a la fertilización, especialmente para su uso como paisajismo en exteriores e interiores.

Las bromelias están presentes desde el sur de Estados Unidos hasta el sudeste de América del Sur, y una especie específica es originaria de África occidental. Pueden encontrarse en una variedad de ecosistemas, que van desde desiertos hasta selvas tropicales, abarcando altitudes que van desde los 51 m s.n.m. hasta áreas montañosas que superan los 4000 m. No obstante, estas plantas tienden a ser más numerosas y diversas en entornos que cuentan con altas precipitaciones y niveles de humedad; así como, en elevaciones intermedias (Ladino *et al.*, 2019).

Con respecto a su nutrición, las bromelias absorben minerales que van desde la absorción radicular convencional en especies terrestres hasta la absorción foliar altamente especializada llevada a cabo por tricomas peltados multicelulares; así como, la asimilación de compuestos tanto inorgánicos como orgánicos disueltos en los reservorios de agua (tanques); además de, la utilización de la deposición atmosférica, tanto húmeda como seca (Vieira Pinto-Junior *et al.*, 2026). La aplicación de nitrógeno (N) reduce la senescencia foliar y posterga el cambio de color de la hoja. En contraste, la falta de este mineral acelera el proceso; por lo que, su evolución se encuentra íntimamente relacionada con el contenido de N en las hojas y presenta variaciones entre cultivares que difieren en su capacidad de

absorción y asimilación de N. Los valores obtenidos mediante el método SPAD en las hojas; así como, el área foliar verde relativa y el contenido de N, varían según las posiciones de las hojas (Xu *et al.*, 2025).

Debido a que el N representa un elemento fundamental en la composición de la mayoría de los fertilizantes, la producción de plantas en macetas ha sido evaluada como una posible fuente de lixiviación y/o escorrentía de este. Si esta producción se realiza en volúmenes significativos y de manera continua a lo largo del año, podría tener un impacto negativo en la calidad, tanto de las aguas superficiales como de las subterráneas. Además, las plantas que se cultivan en macetas muestran notables variaciones en términos de su crecimiento, desarrollo y requerimientos de N (Chen y Wei, 2018).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la intensidad lumínica y fertilización sobre el crecimiento de *Billbergia pyramidalis* (Sims) Lindley, en condiciones de vivero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y Material Vegetal

La fase experimental se ejecutó en las instalaciones del Posgrado de Agronomía de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, en Cabudare, Venezuela. Dicha ubicación se sitúa geográficamente en las coordenadas 10 ° 01' N y 69 ° O, a una altitud de 510 m.s.n.m. Para el ensayo se seleccionaron propágulos de *Billbergia pyramidalis* con una dimensión longitudinal promedio de 15 cm.

Las unidades vegetales se establecieron en contenedores plásticos de 17 cm de diámetro. Como medio de crecimiento se preparó una mezcla sustrato compuesta por aserrín de coco, arena, estiércol de

caballo y cáscara de arroz, combinados en una relación volumétrica de 1,5:1:2:1,5, respectivamente. Las características físicas determinadas para este sustrato mostraron un 61,74 % de porosidad total, 15,63 % de porosidad de aireación, 45,97 % de capacidad de retención hídrica y una densidad aparente de 0,50 mg/m³, considerándose propiedades estructurales idóneas para el manejo de cultivos en envases.

Diseño de la investigación

Se empleó un diseño experimental, completamente al azar estructurado bajo un arreglo factorial de 2x2 (dos regímenes de luz × dos condiciones de fertilización), lo que generó un total de 4 tratamientos con 4 repeticiones, definiendo a una planta individual como la unidad experimental.

Manejo de tratamientos y condiciones ambientales

El desarrollo del ensayo se llevó a cabo en una estructura de invernadero protegida con cubiertas de mallas plásticas. Con la finalidad de evaluar la respuesta de la especie a la radiación solar incidente, las plantas se sometieron a dos escenarios de

luminosidad controlada mediante sombreamiento artificial regulado: un lote expuesto a alta irradiancia (20 % de sombreamiento artificial) y otro bajo condiciones de baja irradiancia (80 % de sombreamiento artificial). cubierta con mallas de 20 y 80 % de sombra. La malla de 20 % (sol) permitió una irradiancia promedio diaria de 920 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ mientras que con la malla de 80 % (sombra) la irradiancia promedio fue de 280 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

El suministro hídrico se realizó a través de riegos manuales efectuados con una frecuencia de dos veces por semana durante todo el periodo de evaluación. Dentro de cada régimen de irradiancia establecido, las plantas se dividieron en dos grupos para evaluar el factor nutricional: a.- con fertilización: un lote de cuatro plantas recibió aplicaciones semanales de fertilizante foliar utilizando el producto comercial Solub (fórmula equilibrada 18-18-18 enriquecida con micronutrientes), diluido en una dosis de 0,5 g L⁻¹; b.-sin fertilización: un lote testigo de cuatro plantas que se mantuvo únicamente bajo riego hídrico, sin aporte de nutrientes exógenos (Tabla 1).

Tabla 1.

Identificación de los tratamientos del ensayo

Tratamiento	Con fertilizante	Sin fertilizante
Sol (20 % sombra)	T1	T2
Sombra (80 % sombra)	T3	T4

Las evaluaciones morfológicas se efectuaron de manera quincenal, registrando las variables altura de la planta (longitud medida verticalmente desde la base del sustrato hasta el ápice de la hoja más prominente), alcance lateral de la roseta, cuantificación total del número de hojas por planta

y longitud individual del órgano foliar. Por otra parte, la concentración relativa de clorofila se determinó mensualmente a los 30 y 60 días del ensayo utilizando un medidor electrónico portátil SPAD-502 Minolta; para esta variable se promedió la lectura obtenida en tres hojas por cada unidad experimental.

Análisis Estadístico

Los datos recolectados se procesaron mediante análisis de varianza (ANOVA). En el caso de las variables sujetas a mediciones cronológicas sucesivas sobre los mismos individuos, se aplicaron pruebas estadísticas de medidas repetidas. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey, ejecutando todos los procedimientos computacionales con el software estadístico Statistix en su versión 10.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al evaluar la densidad del follaje, el análisis no arrojó variaciones estadísticamente perceptibles en lo que respecta al número total de hojas. Dicho comportamiento sugiere que *Billbergia pyramidalis* cuenta con una plasticidad morfológica inherente, idónea para sobrellevar y adecuarse efi-

cientemente a entornos caracterizados por una reducida disponibilidad de radiación solar.

Contenido relativo de clorofila (Índice SPAD)

Las evaluaciones efectuadas a los 30 y 60 días mostraron que la concentración de pigmentos fotosintéticos en el follaje dependió de forma directa, y en primera instancia, del régimen de iluminación, manifestando además una respuesta modulada por el aporte nutricional (Fig. 2). Las plantas sometidas al escenario de baja irradiancia (80 % de sombreamiento artificial) que contaron con el suministro de nutrientes alcanzaron un valor promedio de 28 unidades SPAD, posicionándose estadísticamente por encima de las demás variantes evaluadas.

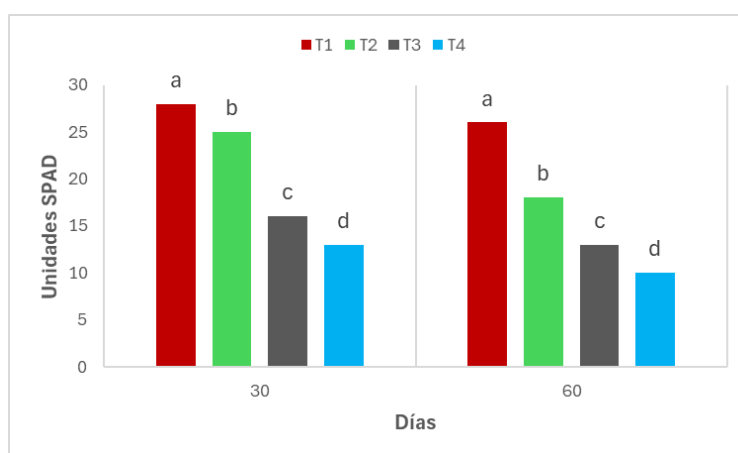


Figura 2: Contenido relativo de clorofila foliar (unidades SPAD) en plantas de *Billbergia pyramidalis* a los 30 y 60 días de edad.

Nota. T1: Plantas con sombra, fertilizadas. T2: Plantas con sombra, no fertilizadas. T3: Plantas con sol, fertilizadas. T4: Plantas con sol, no fertilizadas.

Fisiológicamente, este incremento en condiciones de sombra se fundamenta en lo expuesto por Taiz y Zeiger, (2010), quienes explican que las estructuras foliares desarrolladas bajo un dosel denso o baja luminosidad tienden a incrementar la cantidad de tilacoides por cloroplasto y a con-

centrar una mayor densidad de pigmentos con el propósito de optimizar la captación de los escasos fotones incidentes. No obstante, es oportuno señalar que el registro máximo de 28 unidades SPAD reportado en este ensayo se ubicó por debajo de las 50 unidades SPAD descritas por Ojeda et

al. (2010) al trabajar con ejemplares de esta misma especie pero con una edad cronológica superior (ocho meses).

A nivel comparativo, este patrón de acumulación clorofílica estimulado por el sombreado coincide plenamente con los reportes biológicos obtenidos en otras especies tropicales como *Crescentia cujete* (Piña y Arboleda, 2010). La cantidad de clorofila exhibió una reacción particular en cada especie cuando se expuso a LEDs de luz monocromática o a una combinación de luces roja y azul en la investigación de García-Caparrós *et al.* (2020) al cultivar plantas de *Tradescantia zebrina* y de *Chlorophytum comosum* en una cámara de cultivo durante dos meses, en contenedores plásticos, para evaluar los efectos de diferentes tratamientos lumínicos.

Altura de la planta y alcance lateral

El registro de las dimensiones tridimensionales del cultivo denotó una tasa de incremento vegetativo pausada pero constante a lo largo del tiempo, lo que permitió establecer diferencias con alta significancia estadística al cabo de los 60 días de evaluación (Fig. 3 y 4). El tratamiento

que combinó un entorno de baja irradiancia (80 % de sombreado artificial) con la dosificación del fertilizante foliar fue el que promovió el mayor desarrollo, alcanzando una altura máxima de 20,0 cm y una envergadura o alcance lateral de 24,81 cm.

Los presentes resultados corroboran que la restricción de luz directa actúa como un estímulo que potencia el alargamiento y la expansión vegetativa en diversos taxones de la familia Bromeliaceae (Arboleda, 2011). Respuestas adaptativas equivalentes han sido descritas en una amplia gama de especies de uso ornamental y aromático, cuyo pico de crecimiento vegetativo se concentra al ser establecidas bajo porcentajes de sombreado situados entre el 25 % y el 50 % (Leal *et al.*, 2015).

Aguilar-Luna y Hernández-Vargas en México, (2025) reportaron valores más altos de 32,98 cm para el crecimiento del brote terminal, 4,80 mm. día⁻¹ en la tasa de crecimiento al analizar el impacto de la radiación solar, la naturaleza del sustrato y las condiciones ambientales, en el crecimiento y la calidad ornamental de las plantas de *E. cotinifolia*, propagadas a partir de esquejes semileñosos.

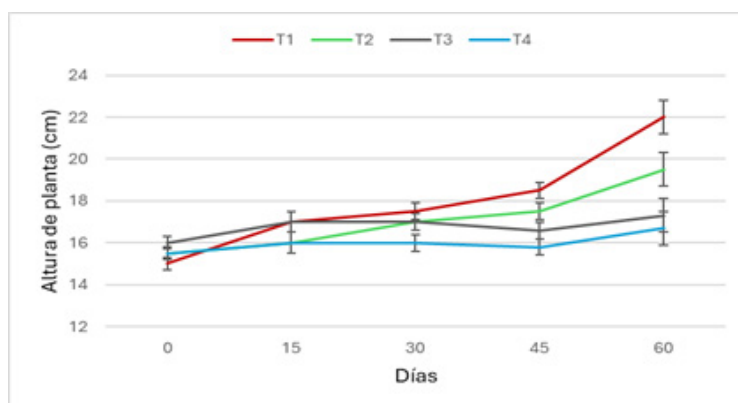


Figura 3: Altura de la planta en *Billbergia pyramidalis* a intervalos de 15 días.

Nota. T1: Plantas con sombra, fertilizadas. T2: Plantas con sombra, no fertilizadas. T3: Plantas con sol, fertilizadas. T4: Plantas con sol, no fertilizadas. Las barras en cada punto representan el error estándar de las mediciones.

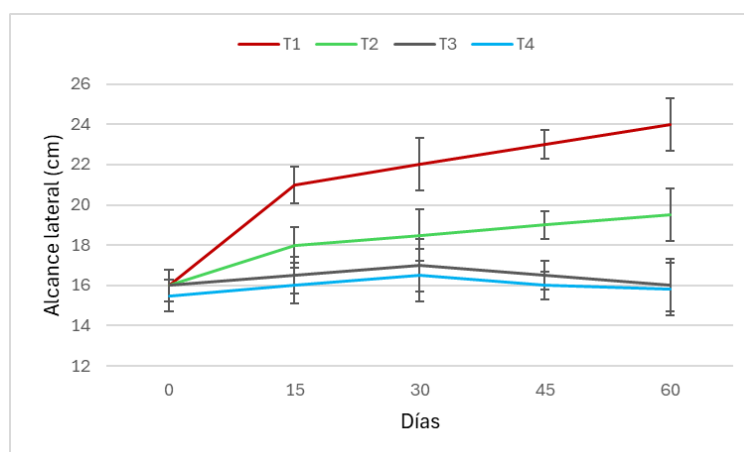


Figura 4: Alcance lateral en plantas de *Billbergia pyramidalis* a intervalos de 15 días.

Nota. T1: Plantas con sombra, fertilizadas. T2: Plantas con sombra, no fertilizadas. T3: Plantas con sol, fertilizadas. T4: Plantas con sol, no fertilizadas. Las barras en cada punto representan el error estándar de las mediciones.

Por otro lado, la notable asimilación del plan de fertilización química foliar se asocia directamente a las características del sustrato empleado, el cual estuvo conformado primordialmente por insumos de naturaleza inerte. Las bromeliáceas que poseen una morfología de tanque (como el género *Billbergia*) tienen la particularidad de absorber agua y minerales mediante un mecanismo sinérgico que involucra, tanto al sistema radicular como a los tricomas peltados especializados distribuidos en la superficie epidérmica de sus hojas (Leroy *et al.*, 2019). De este modo, el suministro quincenal de la dosis de $0,5 \text{ g L}^{-1}$ del producto equilibrado 18-18-18 dotó a la planta de los requerimientos necesarios sin generar fitotoxicidad; una tendencia benéfica que también se ha verificado en viveros al nutrir especies como *Dracocephalum moldavica* o cultivos en contenedores de *Vaccinium corymbosum* (Clark y Zheng, 2020 y Heydarzadeh *et al.*, 2023).

Número y longitud de las hojas

Al contrario a la dinámica observada en las variables de volumen, los factores evaluados no ejercieron una influencia estadísticamente significativa sobre la tasa de emisión de hojas ni sobre la longitud final de las mismas (Fig. 5 y 6). Al cumplir los dos meses de edad, el grupo de plantas presentó un total de 8,1 hojas por individuo. Al comparar este dato ontogénico con las 18,1 hojas registradas por Ojeda *et al.* (2010) en plantas de la misma especie, pero de ocho meses de edad, se evidencia una clara correspondencia en el ritmo de desarrollo cronológico. Esto demuestra que, ante variaciones en la oferta ambiental, *B. pyramidalis* prefiere regular su arquitectura espacial externa (altura y cobertura radial) mediante elongación celular, antes que alterar el número absoluto o la longitud de sus órganos foliares.

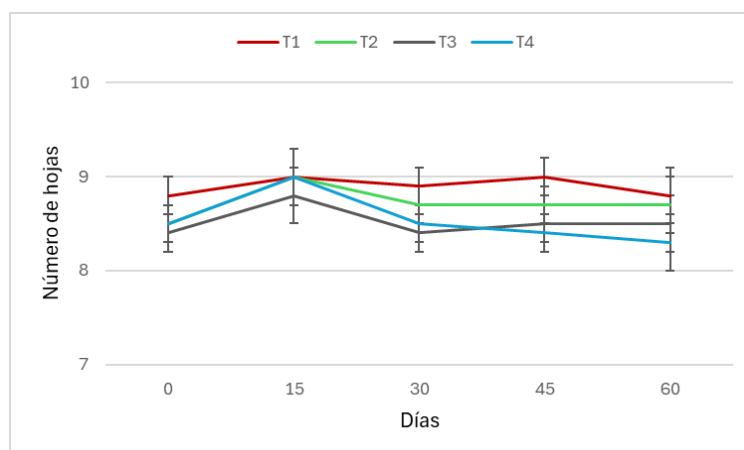


Figura 5: Número de hojas por planta en *Billbergia pyramidalis* a intervalos de 15 días.

Nota. T1: Plantas con sombra, fertilizadas. T2: Plantas con sombra, no fertilizadas. T3: Plantas con sol, fertilizadas. T4: Plantas con sol, no fertilizadas. Las barras en cada punto representan el error estándar de las mediciones.

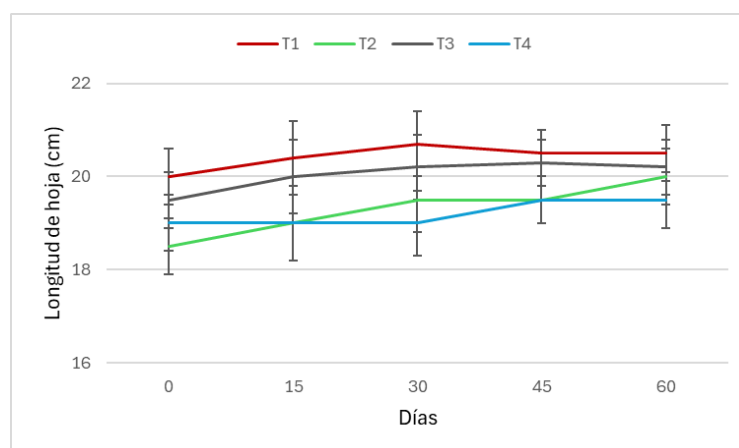


Figura 6: Longitud de la hoja en plantas de *Billbergia pyramidalis* a intervalos de 15 días.

Nota. T1: Plantas con sombra, fertilizadas. T2: Plantas con sombra, no fertilizadas. T3: Plantas con sol, fertilizadas. T4: Plantas con sol, no fertilizadas. Las barras en cada punto representan el error estándar de las mediciones.

CONCLUSIONES

Billbergia pyramidalis mostró una alta aclimatación y plasticidad fisiológica ante escenarios de baja irradiancia (80 % de sombra), evidenciado por un incremento significativo del índice SPAD y del crecimiento vegetativo expresado en la altura y el alcance lateral de la planta.

Los factores de luz y fertilización operan de manera independiente sobre las variables de desarrollo. La combinación de baja irradiancia con un plan de fertilización foliar

optimiza los atributos de calidad comercial del follaje, convirtiendo a esta especie en una opción ideal para condiciones de vivero e interiores.

La densidad foliar, medida a través del número y longitud de las hojas, no se ve afectada por los tratamientos de luz y fertilización aplicados durante los primeros dos meses de cultivo, lo que ratifica que la especie prioriza la expansión celular bajo sombra, antes que la generación de nuevos órganos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar- Luna, J. M., y Hernández- Vargas, L. (2025). Effect of solar irradiation, substrate type and environment on the growth and ornamental quality of *Euphorbia cotinifolia* plants. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, 42(3), e254234. DOI: [https://doi.org/10.47280/RevFacAgron\(LUZ\).v42.n3.V](https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v42.n3.V)
- Arboleda, M. E. (2011). Efecto de la irradiancia en el crecimiento y desarrollo de *Aptenia cordifolia* (L.f.) Schwantes como cobertura ornamental. *Bioagro*, 23(3), 175-184. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612011000300004
- Booth, C. (2019). *Billbergia: Inside and out*. *Bromeliads.info* <https://www.bromeliads.info/billbergia/>
- Chen, J., y Wei, X. (2018). Controlled-release fertilizers as a means to reduce nitrogen leaching and runoff in container-grown plant production. En Amanullah y Shah Fahad (Ed.), *Nitrogen in agriculture-updates*. IntechOpen.
- Clark, M. J., y Zheng, Y. (2020). Fertilization methods for organic and conventional potted blueberry plants. *HortScience*, 55(3), 304-309. DOI:10.21273/HORTSCI14416-19
- Darras, A. I. (2020). Implementation of sustainable practices to ornamental plant cultivation worldwide: A critical review. *Agronomy*, 10(10), 1570. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101570>
- García-Caparrós, P., Martínez-Ramírez, G., Almansa, E. M., Javier Barbero, F., Chica, R. M., y Teresa Lao, M. (2020). Growth, photosynthesis, and physiological responses of ornamental plants to complementation with monochromic or mixed red-blue LEDs for use in indoor environments. *Agronomy*, 10(2), 284. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020284>
- Heydarzadeh, S., Arena, C., Vitale, E., Rahimi, A., Mirzapour, M., Nasar, J., y Gitari, H. (2023). Impact of different fertilizer sources under supplemental irrigation and rainfed conditions on eco-physiological responses and yield characteristics of dragon's head (*Lallemantia iberica*). *Plants*, 12(8), 1693. <https://doi.org/10.3390/plants12081693>
- Ladino, G., Ospina-Bautista, F., Estévez Varón, J., Jerabkova, L., y Kratina, P. (2019). Ecosystem services provided by bromeliad plants: A systematic review. *Ecology and Evolution*, 9(12):7360-7372. doi: 10.1002/ece3.5296Leroy
- Lapa, M.G., Shepherd, G.J., Sant'Anna, T., y Giuliatti, A. (2007). *Flora Fanerogâmica del estado de São Paulo*, Instituto de Botânica, São Paulo.
- Leroy, C. L., Gril, E., Si Ouali, L., Coste, S., Gérard, B., Maillard, P., Mercier, H., y Stahl, C. (2019). Water and nutrient uptake capacity of leaf-absorbing trichomes vs. roots in epiphytic tank bromeliads. *Environmental and Experimental Botany*, 163, 112-123. 10.1016/j.envexpbot.2019.04.012

- Leal, C. C., Torres, S. B., Freitas, R. M. D., Nogueira, N. W., y Farias, R. M. D. (2015). Light intensity and type of container on producing *Cassia grandis* L. f. seedlings. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19(10), 939-945. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v19n10p939-945
- Ojeda, M., Mogollón, N., Pérez C, M. y Maciel, N. (2010). Efecto de la irradiancia sobre el crecimiento y la clorofila de *Billbergia pyramidalis* (Sims) Lindley. scar 7-26. <https://www.semanticscholar.org/paper/Efecto-de-la-irradiancia-sobre-el-crecimien-to-y-la-Ojeda-Mogoll%C3%B3n/425b387d74a27df862afb3321e6eaf7f237b726b>
- Piña, M., y Arboleda, M. E. (2010). Efecto de dos ambientes lumínicos en el crecimiento inicial y calidad de plantas de *Crescentia cujete*. *Bioagro*, 22(1), 61-66. <https://www.redalyc.org/pdf/857/85716706008.pdf>
- Taiz, L., y Zeiger, E. (Fifth Edition). (2010). *Plant Physiology*. Sinauer Associates. Sunderland.
- Vieira Pinto-Junior, H., Campanharo, F., Areal de Carvalho, L., Campostrini, R., Falqueto, A. R., y Menezes, L. F. T. (2026). Functional diversification and adaptive evolution in Bromeliaceae: An integrative synthesis of anatomy, physiology, and ecology. *Flora*, 343. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2026.153058>.
- Xu, Y., Tao, Y., Ye, C., Xiao, D., Chen, S., Chu, G., Xu, C., Huang, J., y Wang, D. (2025). Cultivar difference in rice leaf color change during the later reproductive stage and its relationship with grain filling and nitrogen level. *The Crop Journal*, 13 (6), 1866-1873. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2025.09.013>

Declaración de roles de autores:

- Geine Alvarado: Investigación, metodología y borrador original.
- Reinaldo Pire: Análisis formal, redacción, edición final.