



# Efecto de dos fertilizantes sobre el crecimiento de *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews (Orchidaceae) durante la aclimatación.

Effect of two fertilizers on the growth of *Vanilla planifolia* Jacks. Ex-Andrews (Orchidaceae) during acclimatization.

Cardozo Débora Sabrina<sup>1</sup>, Küppers Guillermo<sup>1</sup>, García Daily Sofía<sup>1</sup>, Duarte Evelyn Raquel<sup>1\*</sup>

## Highlights

- Using pre-acclimatization with perlite allowed the plants to obtain 100% survival after 60 days.
- The application of 5 ml/L liquid fertilizer showed the highest plant height, although no significant differences were observed compared to the control

## Innovaciencia

ISSN: 2346-075X

E- ISSN: 2346-075X

Innovaciencia 2024; 12(1); e4295

<http://dx.doi.org/10.15649/2346075X.4295>

## COMUNICACIÓN CORTA

### Cómo citar este artículo:

Cardozo D. S., Küppers G., García D. S., Duarte E. R., Efecto de dos fertilizantes sobre el crecimiento de *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews (Orchidaceae) durante la aclimatación, Innovaciencia 2024; 12 (1);e4295.

<http://dx.doi.org/10.15649/2346075X.4295>

**Recibido:** 03 Agosto 2024

**Aceptado:** 12 Septiembre 2024

**Publicado:** 15 Octubre 2024

### Palabras clave:

Cultivo; *in vitro*; fertilización; invernáculo; orquídea.

### Key words:

Cultivation; *in vitro*; fertilization; greenhouse; orchid.

## RESUMEN

**Introducción.** La *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews es una orquídea originaria de México en peligro de extinción, que se cultiva en varios países tropicales y subtropicales con la finalidad de comercializar la vainillina, esencia que es utilizada en la industria alimenticia y cosmética. Aunque la biotecnología *in vitro* ha facilitado su propagación, aún existen desafíos para obtener mejores protocolos de esta técnica y optimizar los cultivos. **Objetivos.** Evaluar el efecto de dos dosis de un fertilizante líquido y otro de liberación controlada durante la aclimatación en invernáculo de vitroplantas de *V. planifolia*. **Materiales y métodos.** Se emplearon plantas provenientes del banco de germoplasma de la Facultad de Ciencias Forestales (Universidad Nacional de Misiones). Las cuales fueron sometidas a una fase de pre-aclimatación en perlita, seguida de una etapa de aclimatación en macetas. Durante esta última fase, se establecieron los tratamientos con un fertilizante líquido 7-3-7,5 (con ácido naftalenacético) en la dosis de 2,5 y 5 mL.L<sup>-1</sup>, y un fertilizante de liberación controlada (Plantacote® 6M 14-9-15+Mg+micros) en la dosis de 3 y 6 g/dm<sup>3</sup> de sustrato. **Resultados y Discusión.** El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo. Sin embargo, los fertilizantes no mejoraron los parámetros estudiados en las plantas en relación con el testigo. El fertilizante líquido en la dosis 5 mL.L<sup>-1</sup> mostró el mejor desempeño entre los tratamientos. **Conclusiones.** Los resultados obtenidos indicaron que, en este caso, los fertilizantes aplicados en los marbetes a la dosis recomendada o duplicada no proporcionaron un beneficio adicional en términos de crecimiento y desarrollo de la *V. planifolia*.

## ABSTRACT

**Introduction.** *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews, an endangered orchid native to Mexico, is cultivated worldwide for its valuable vanilla bean. Despite advances in *in vitro* propagation, optimizing cultivation protocols remains a challenge. **Objective.** This study evaluated the effects of two liquid and controlled-release fertilizer doses on the acclimatization of *V. planifolia* plantlets in a greenhouse. **Materials and Methods.** Plantlets from a germplasm bank were pre-acclimatized in perlite and then transferred to pots for acclimatization. Treatments included a liquid fertilizer (7-3-7.5 with naphthaleneacetic acid) at doses of 2.5 and 5 mL.L<sup>-1</sup>, and a controlled-release fertilizer (Plantacote® 6M 14-9-15+Mg+micros) at doses of 3 and 6 g/dm<sup>3</sup> of substrate. **Results and Discussion.** Statistical analysis revealed significant differences between treatments and the control. However, fertilizers did not enhance plant growth parameters compared to the control. The 5 mL.L<sup>-1</sup> liquid fertilizer showed the best performance among treatments. **Conclusion.** Results indicate that, under these conditions, the applied fertilizers, at recommended or doubled doses, did not provide additional benefits for the growth and development of *V. planifolia*.



<sup>1</sup> Facultad de ciencias Forestales-Universidad Nacional de Misiones, Argentina.

\* Autor de correspondencia: ✉ [evelyn.duarte@fcf.unam.edu.ar](mailto:evelyn.duarte@fcf.unam.edu.ar)



## INTRODUCCIÓN

*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews es una especie de la familia Orchidaceae en peligro de extinción que se cultiva en varios países tropicales, debido al alto valor comercial que posee como fuente natural de vainillina, un componente importante de la industria del sabor apreciada en todo el mundo por su utilidad en la gastronomía (confitería y chocolatería) y la cosmética. Se trata de una planta trepadora, originaria de Mesoamérica, región correspondiente en la actualidad con la ciudad de Veracruz, México. A pesar de tener su origen en México, Madagascar e Indonesia son los mayores productores mundiales de esta especie<sup>(1,2,3,4)</sup>.

El cultivo de vainilla (como se la conoce comúnmente), podría convertirse en una actividad agroindustrial importante en el sector rural y para pequeños productores de distintas regiones de mundo que cuenten con un clima cálido, tropical y húmedo con precipitaciones superiores a los 2500 mm anuales y temperaturas medias de 21 a 32°C, porque brinda un valor agregado al sector<sup>(5,6,7)</sup>.

La producción artesanal de *V. planifolia* genera un producto de exportación de gran valor, cuya demanda supera ampliamente la oferta. Dado que las esencias artificiales están prohibidas en muchos países, el aumento de los cultivos de vainilla es fundamental para satisfacer el mercado y proteger a esta especie en peligro de extinción<sup>(6)</sup>.

Para responder a la creciente demanda y optimizar la producción de *V. planifolia*, se implementó la biotecnología del cultivo *in vitro*. El uso de esta herramienta ha contribuido a mejorar calidad y obtención de plantas a partir de material élite para ser utilizadas con fines comerciales e industriales, dado que permite establecer procedimientos rápidos y sencillos en la producción de *V. planifolia*,<sup>(2,8)</sup>. A su vez, ha desempeñado un rol importante en la conservación de germoplasma de *V. planifolia*, así como en la ingeniería genética, en la multiplicación clonal y propagación de plantas libres de enfermedades con una producción de esencia de excelente calidad<sup>(9)</sup>.

El cultivo *in vitro* ha demostrado ser una estrategia invaluable para la multiplicación de la *Vanilla planifolia*. Sin embargo, la falta de conocimiento sobre los requerimientos fisiológicos y los factores ambientales que influyen en la aclimatación de las vitroplantas limita su aplicación a gran escala. Por lo tanto, cada vez se hace más necesario profundizar en la investigación para desarrollar protocolos de cultivo que permitan optimizar la transición de las vitroplantas al campo y asegurar su adaptación a las condiciones ambientales y lograr un cultivo de alto rendimiento<sup>(10)</sup>.

A su vez, para obtener la mayor cantidad de plantas de buena calidad con esta técnica y garantizar el éxito de su establecimiento en campo, es fundamental contar con un protocolo de aclimatación eficiente<sup>(11)</sup>. Para optimizar este proceso, se podrían implementar sistemas de fertilización que aceleren los cambios morfofisiológicos de las vitroplantas<sup>(12)</sup>. En este sentido, un manejo adecuado de los fertilizantes en las primeras etapas de producción de esta especie resulta crucial para mejorar su crecimiento y productividad<sup>(13)</sup>. Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de dos dosis de un fertilizante líquido y otro de liberación controlada durante la aclimatación en invernadero de vitroplantas de *V. planifolia* en macetas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio se utilizaron plantas provenientes del banco de germoplasma de la Facultad de Ciencias Forestales (UNaM). Estas plantas, obtenidas por propagación vegetativa a partir de tallos uninodales, fueron cultivadas en un medio de cultivo Murashige y Skoog (MS)<sup>(14)</sup> a media concentración, suplementado con 20 g.L<sup>-1</sup> de sacarosa y 8 g.L<sup>-1</sup> de agar-agar. Los explantes se mantuvieron en una cámara de cultivo con condiciones controladas: temperatura de 27 ± 2 °C y fotoperiodo de 16/8 horas (luz/oscuridad).

El cultivo continuó hasta que las plantas alcanzaron aproximadamente 7 cm de altura, con un buen desarrollo foliar y radicular. Una vez extraídas de los frascos, las plantas se lavaron exhaustivamente con agua corriente para eliminar el medio de cultivo. Posteriormente, se sometieron a una pre-aclimatación de 60 días en bandejas plásticas transparentes (17 cm x 23 cm x 5 cm), que permanecieron tapadas y tenían perlita como sustrato. Estas bandejas se ubicaron en un invernadero y se regaron según las necesidades del sustrato. Finalmente, se procedió a su trasplante en macetas de 250 cm<sup>3</sup> con una mezcla de corteza de pino compostada y perlita (3:1).

Durante los primeros 30 días, las plantas se mantuvieron en el invernadero bajo riego por microaspersión sin fertilizante. Luego, se aplicaron dos tipos de fertilizantes: el líquido [7-3-7,5 + ácido-naftalenacético a 2,5 y 5 mL.L<sup>-1</sup>], y el de liberación controlada [Plantacote® 6M 14-9-15+Mg+micros a 3 y 6 g/dm<sup>3</sup>]. El fertilizante líquido se aplicó cada 30 días a una dosis de 50 ml por maceta. Las plantas se mantuvieron en el invernadero durante 120 días, con riego manual diario y soporte de bambú. Cada 60 días se evaluaron los siguientes parámetros: altura, número de hojas y nudos, y diámetro del tallo. El diseño experimental fue completamente aleatorizado, con 5 tratamientos y 4 repeticiones, para un total de 100 plantas evaluadas durante el estudio (datos complementarios disponibles, en la **Tabla C1**). Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y una prueba de Tukey para comparar las medias. Se verificaron previamente los supuestos de normalidad (Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (Levene) usando el software InfoStat Versión 12<sup>(15)</sup>.

## RESULTADOS

La pre-aclimatación con perlita garantizó una supervivencia del 100% de las plantas. El tratamiento con fertilizante de liberación controlada a una dosis de 6 g/dm<sup>3</sup> presentó una supervivencia ligeramente menor (85%), sin diferencias significativas con otros tratamientos o el testigo. En cuanto al número de hojas, nudos y diámetro del tallo, se observaron diferencias significativas ( $p=0,0001$ ). Registrándose en el testigo los mayores valores y en la dosis de 6 g de fertilizante de liberación controlada un menor desempeño en estos parámetros (**Tabla 1, Figura 1 A-C**). El número promedio de hojas y nudos varió entre  $7,65\pm 3,12$  y  $12,7\pm 1,67$ , respectivamente, mientras que el diámetro del tallo osciló entre  $2,27\pm 0,70$  y  $3,43\pm 0,38$  mm.

Respecto a la altura de las plantas esta osciló en un rango de  $17,15\pm 8,71$  a  $33,98\pm 11,66$  cm ( $p=0,0004$ ). La mayor altura se obtuvo con la dosis de 5 mL.L<sup>-1</sup> de fertilizante líquido y la menor altura la exhibieron las plantas con el fertilizante de liberación controlada, siendo esta diferencia estadísticamente significativa (**Tabla 1, Figura 1 D, Figura 2 A**). El crecimiento inicial (0-60 días) fue más pronunciado en el testigo (176%) y con la dosis de 5 mL.L<sup>-1</sup> de fertilizante líquido (156%), en comparación con el fertilizante de liberación controlada (111%). En la segunda etapa (60-120 días), el crecimiento se redujo en un 69,23%, 83,64% y 57,09%, respectivamente. Posteriormente se observó una desaceleración sustancial del crecimiento (**Figura 1D**).

El tratamiento con 6 g/dm<sup>3</sup> de fertilizante de liberación controlada presentó los resultados menos favorables en todos los parámetros evaluados (**Tabla 1, Figura 1 A-D**). No obstante, las plantas mostraron un buen estado sanitario, caracterizado por una coloración verde intensa y una adecuada fijación a los soportes de bambú. Es importante mencionar que no se aplicaron fungicidas ni bactericidas durante el experimento (**Figura 2 A-B**).

Tabla 1. Efecto de los distintos tratamientos sobre las variables analizadas a los 120 días.

Tratamiento	Nº Hojas	Nº de Nudos	Diámetro a la altura del sustrato (mm)	Altura (cm)
Testigo	12,7±1,67 <sup>a</sup>	11,7±1,67 <sup>a</sup>	3,43±0,38 <sup>a</sup>	29,91±7,07 <sup>a</sup>
2,5 ml	11,7±2,63 <sup>a</sup>	10,7±2,63 <sup>a</sup>	2,89±0,30 <sup>b</sup>	28,55±10,64 <sup>a</sup>
5 ml	12,2±2,41 <sup>a</sup>	11,2±2,41 <sup>a</sup>	2,79±0,32 <sup>bc</sup>	33,98±11,66 <sup>a</sup>
3 g	11,15±2,58 <sup>a</sup>	10,15±2,58 <sup>a</sup>	2,91±0,46 <sup>a</sup>	27,025±11,59 <sup>ab</sup>
6 g	7,65±3,12 <sup>b</sup>	6,8±2,93 <sup>b</sup>	2,27±0,70 <sup>c</sup>	17,15±8,71 <sup>b</sup>

Valores medios ± desvío estándar. Letras distintas indican diferencia significativa con la prueba de Tukey ( $p < 0,005$ )

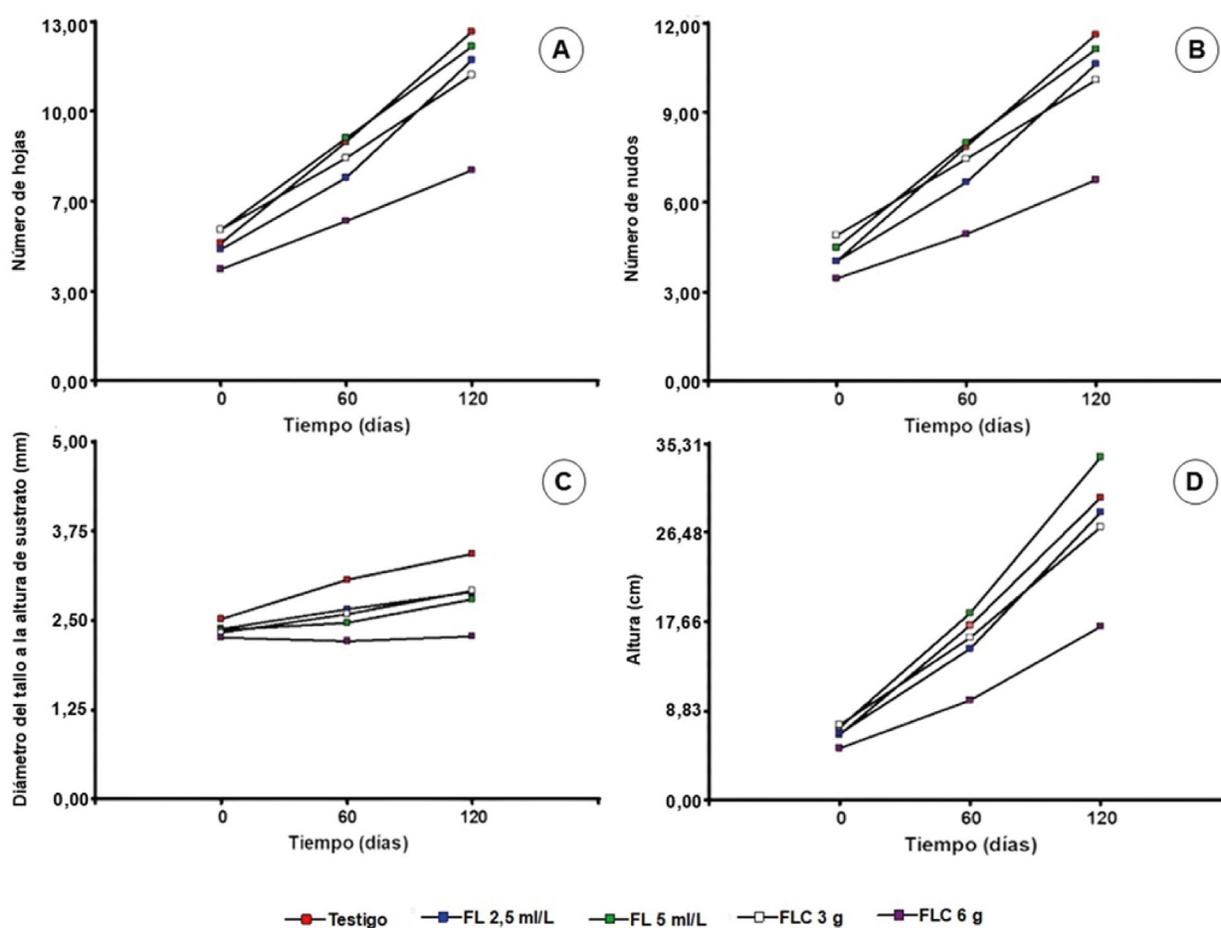


Figura 1. Análisis de las variables de crecimiento en los distintos tratamientos. Número de hojas (A), número de nudos (B), diámetro del tallo a la altura de sustrato en mm (C) y altura en cm (D).

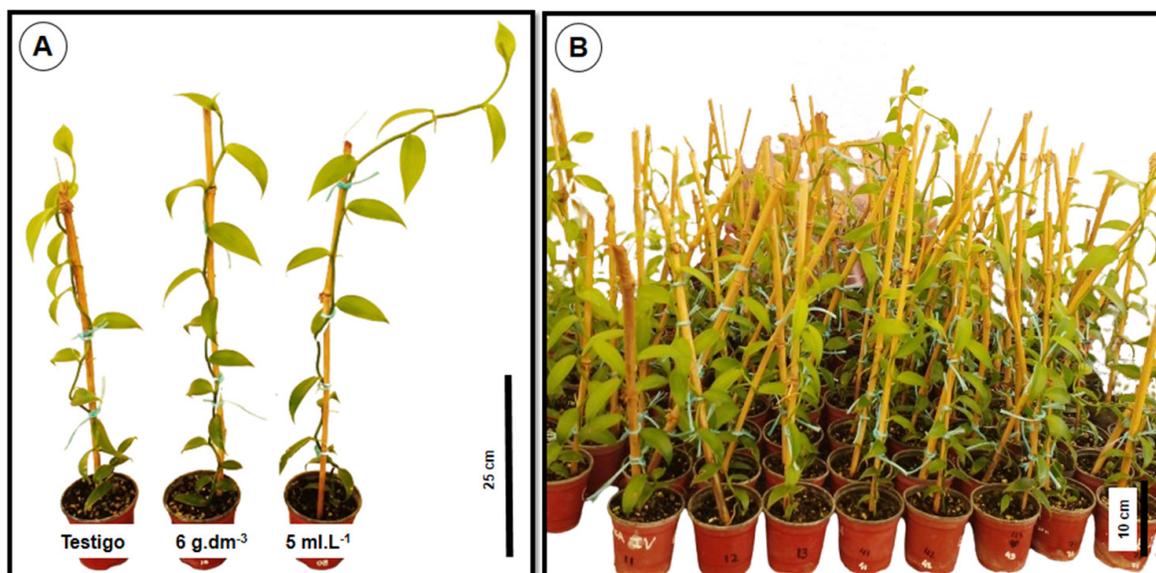


Figura 2. Vitroplantas de *V. planifolia* 120 días después de la adición de las dosis de fertilizantes. De izquierda a derecha: Testigo, 6 g.dm<sup>-3</sup> y 5 ml.L<sup>-1</sup> (A). Plantas con tutores de bambú de los distintos tratamientos (B).

## DISCUSIÓN

La biotecnología *in vitro* es una herramienta que ha demostrado ser eficiente en la producción de plantas con características élite y a su vez ha contribuido notablemente con la conservación de germoplasma y aprovechamiento sustentable de *V. planifolia*<sup>(16)</sup>. Pero uno de los principales inconvenientes de esta técnica es el proceso de aclimatación, ya que si no se cuenta con un adecuado protocolo se pueden perder una gran cantidad de plantas durante el proceso de adaptación morfofisiológico<sup>(12)</sup>. Los primeros días de las vitroplanta en el invernáculo son críticos, porque estas deben adaptarse a nuevas condiciones ambientales y por lo tanto es necesario realizar una pre-aclimatación donde se genere un microclima a través de bolsas nylon o bandejas plásticas transparentes, que permita que las plantas vayan adaptándose de manera gradual al intercambio de gases, temperatura, humedad relativa y obligando que sus estructuras anatómicas vayan cambiando sus funciones gradualmente<sup>(17)</sup>.

Al finalizar un proceso de pre-aclimatación, la supervivencia de *V. planifolia* podría alcanzar el 93,64%, mientras que después de la aclimatación esta estaría en el orden del 88,18 %<sup>(17)</sup>. En este estudio en cambio, posterior a los 60 días de pre-aclimatación la supervivencia fue del 100% y en la aclimatación en macetas fue entre el 85 y 100% el cual dependió del tratamiento de fertilizante que se utilizó.

Durante la etapa de aclimatación en invernadero resulta imprescindible fortalecer el vigor de las vitroplantas de *V. planifolia* empleando abonos orgánicos o fertilizantes químicos o naturales<sup>(10)</sup>. Sin embargo, ciertos estudios han demostrado que el uso de un sustrato orgánico altamente nutritivo puede ser más eficiente que un sistema de fertilización química, pero que frente a la presencia de un sustrato poroso y pobre en nutrientes la fertilización favorece notablemente el crecimiento de las plantas<sup>(18)</sup>.

Un óptimo manejo de fertilizantes durante la aclimatación de vitroplantas en invernadero promueven significativamente el crecimiento en plantas cultivadas en campo, a su vez desarrollan mayor cantidad de nudos y raíces en comparación con las plantas obtenidas por el método tradicional por esquejes<sup>(19,13)</sup>. En contraste con lo esperado, los resultados de este estudio indicaron que ninguno de los tratamientos con fertilizantes superó al testigo en cuanto al número de hojas, nudos o diámetro del tallo. La única variable que

mostró un desempeño superior fue la altura de la planta, donde la dosis de 5 ml.L<sup>-1</sup> alcanzó un promedio de 33,98 cm (**Tabla 1**), aunque esta diferencia no fue significativa en comparación con el testigo. En general, los resultados de los testigos en este estudio no difieren de los obtenidos por Azofeifa-Bolaños et al.,<sup>(19)</sup> quienes reportaron que, después de 180 días en invernadero y sin la aplicación de fertilizantes, las vitroplantas alcanzaron una altura promedio de 37 cm. Por otro lado, en un estudio donde se aplicó 20 g/planta/año de fertilizante químico (27-11-11) en sustratos de fibra de coco o fragmentos de madera, se observó un crecimiento mucho mayor, con alturas promedio de 229 cm después de 210 días en invernadero<sup>(18)</sup>, lo que excede ampliamente los resultados obtenidos en este trabajo.

Es importante considerar, que al igual que muchas orquídeas, *V. planifolia* posee un sistema radicular especializado para absorber eficientemente agua y nutrientes en ambientes epifíticos y de alta humedad<sup>(20)</sup>. Esto sugiere que la planta podría no haber requerido los nutrientes en las cantidades ni a la velocidad proporcionadas por los fertilizantes utilizados, lo que explicaría la falta de respuesta observada. Así mismo, es probable que este tipo de sistema radicular no esté adaptado para la liberación lenta de nutrientes, lo que causó una desincronización entre las demandas de la planta y la oferta gradual del fertilizante. El bajo desempeño de la dosis de 6 g/dm<sup>3</sup> de fertilizante de liberación controlada (**Tabla 1, Figura 1 A-D**) podría estar relacionado con alteraciones en el microambiente radicular<sup>(20,21)</sup>.

Una de las principales limitaciones identificadas en el presente estudio es, precisamente, la duración reducida de la fase de aclimatación de *V. planifolia*. Es posible que las diferencias en el efecto de los fertilizantes, especialmente los de liberación controlada, se manifiesten a largo plazo, lo cual no fue evaluado en este caso. Además, la información disponible sobre los factores críticos para el éxito en las plantaciones de *V. planifolia* sigue siendo escasa, particularmente en lo que respecta al tipo y dosis de fertilizantes necesarios para la producción y aclimatación de plantas *in vitro*, especialmente en Sudamérica, una región con alto potencial para su cultivo<sup>(19)</sup>, pero con escasa investigación en esta área. Tampoco se analizaron en este estudio las interacciones de la microbiota del sustrato con los fertilizantes, lo que podría proporcionar información clave para optimizar el manejo del cultivo. Para abordar estas limitaciones, es necesario realizar más estudios que profundicen en estos aspectos y permitan mejorar los resultados obtenidos.

Por último, quisiéramos destacar que las variables seleccionadas en este estudio son consideradas adecuadas para evaluar el crecimiento de *V. planifolia*, ya que pueden ser utilizadas por los productores como indicadores para medir la productividad de las plantas y tomar decisiones informadas sobre el tipo y la dosis de fertilizantes químicos a aplicar en campo<sup>(22,23)</sup>. Además, estos parámetros permiten evaluar la posibilidad de incorporar abonos orgánicos o biofertilizantes, con el fin de optimizar el cultivo y mejorar su rendimiento<sup>(23)</sup>.

## CONCLUSIONES

Entre los tratamientos evaluados, el fertilizante líquido aplicado a una dosis de 5 ml/L demostró ser el más efectivo durante la fase de aclimatación de *V. planifolia*, superando a los demás fertilizantes ensayados. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en comparación con el testigo. Se requieren estudios adicionales para determinar si dosis más altas de este fertilizante podrían proporcionar beneficios adicionales. Por otro lado, los fertilizantes de liberación controlada, incluso a dosis más elevadas, no mostraron un mejor desempeño que el testigo, con la dosis de 6 g/dm<sup>3</sup> de sustrato incluso resultando en un crecimiento inferior. Las dosis recomendadas de los fertilizantes estudiados en los marbetes y su duplicación no manifestaron ser superiores al testigo.

## AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Ciencias Forestales por brindar los recursos necesarios para llevar a cabo este proyecto.

## FINANCIACIÓN

Esta investigación fue financiada por el proyecto de investigación 16/F1977-TI: “Evaluación de sobrevivencia en invernáculo y campo de plantas de orquídeas con alto valor ecológico y comercial de interés global propagadas vía cultivo *in vitro*”. Entidad financiadora: Universidad Nacional de Misiones.

## REFERENCIAS

1. Divakaran M, Babu KN, Peter KV. Conservation of *Vanilla* species, *in vitro*. *Scientia horticulturae*. 2006;110(2):175-180. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.07.003>
2. Lee-Espinosa HE, Murguía-González J, García-Rosas B, Córdova-Contreras AL, Laguna-Cerda A, Mijangos-Cortés JO, et al. *In vitro* clonal propagation of vanilla (*Vanilla planifolia* ‘Andrews’). *HortScience*. 2008;43(2):454-458. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.2.454>
3. Quintana MD, Herrera JVA. Desarrollo de cultivos sostenibles de vainilla en Ecuador. *Revista de Investigación Talentos*. 2020;7(1):71-79. <https://doi.org/10.33789/talentos.7.1.123>
4. Rodríguez-Deméneghi MV, Aguilar-Rivera N, Gheno-Heredia YA, Armas-Silva AA. Vanilla cultivation in Mexico: Typology, characteristics, production, agroindustrial prospective and biotechnological innovations as a sustainability strategy. *Scientia Agropecuaria*. 2023;14(1):93-109. <https://doi.org/https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.009>
5. Cardona CS, Marín-Montoya M, Díez MC. Identificación del agente causal de la pudrición basal del tallo de vainilla en cultivos bajo cobertizos en Colombia. *Revista mexicana de micología*. 2012;35:23-34. <https://www.redalyc.org/pdf/883/88325120005.pdf>
6. Vásquez AP, Bolaños BA, García JAG. Cultivo de la vainilla orgánica en sistemas agroforestales. *Universidad En Diálogo: Revista de Extensión*. 2013;3(1 y 2):31-46. <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/dialogo/article/view/6434>
7. Hernández-Ruiz J, Herrera-Cabrera BE, Delgado-Alvarado A, Salazar-Rojas VM, Bustamante-Gonzalez Á, Campos-Contreras JE, et al. Distribución potencial y características geográficas de poblaciones. *Rev. Biol. Trop.* 2016;64(1):235-246. <https://doi.org/10.15517/rbt.v64i1.17854>
8. Cisneros-Marrero IV, Miceli-Méndez CL, Rocha-Loredo AG, Peralta-Meixueiro MÁ, López-Miceli MA. Conservación *in vitro* a mediano plazo de vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews; Orchidaceae). *Polibotánica*. 2024;(57):145-155. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.57.8>
9. Gantait S, Kundu S. *In vitro* biotechnological approaches on *Vanilla planifolia* Andrews: advancements and opportunities. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2017;39(9):196. <https://doi.org/10.1007/s11738-017-2462-1>
10. Baldí-Porras Y, Paniagua-Vásquez A, Azofeifa-Bolaños J, Mora-Salas J, Azofeifa-Bolaños M. Prueba de abonos foliares orgánicos en *Vanilla planifolia* producida *in vitro* durante las primeras etapas de crecimiento en invernadero. I Seminario Internacional de Vainilla. Promoviendo la investigación, extensión y producción de vainilla en Mesoamérica. 2013:167-176. [https://www.researchgate.net/publication/343749004\\_I\\_Seminario\\_Internacional\\_de\\_Vainilla\\_Promoviendo\\_la\\_investigacion\\_la\\_extension\\_y\\_la\\_produccion\\_de\\_vainilla\\_en\\_Mesoamerica](https://www.researchgate.net/publication/343749004_I_Seminario_Internacional_de_Vainilla_Promoviendo_la_investigacion_la_extension_y_la_produccion_de_vainilla_en_Mesoamerica)
11. Nuammee A, Pingyot T, Foowan S, Pumikong S, Rujichaiyimon W, Sornpood S, et al. Effect of substrates of transplantation of the rare epiphytic orchid *Dendrobium farmeri* for conservation. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 2024;25(2): 708-715. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d250230>
12. Hernández-Ramírez F, Dolce N, Flores-Castaños O, Rascón MP, Ángeles-Álvarez G, Folgado R, et al. Advances in cryopreservation of vanilla (*Vanilla planifolia* Jacks.) shoot-tips: assessment of new biotechnological and cryogenic factors. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*. 2020;56: 236-246. <https://doi.org/10.1007/s11627-020-10069-w>

13. Santillán-Fernández A, Trejo-Cabrera M, Martínez-Sánchez A, Martínez ÁL, Vásquez-Bautista N, Mejía SL. Production potential of *Vanilla planifolia* Jacks in Totonacapan, Mexico, using geographic techniques. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 2019;10(4), 789-802.  
<https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1661>
14. Murashige T, Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Copenhagen. Physiologia Plantarum*. 1962;15: 473-497.  
<https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>
15. Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, González L, Tablada M, Robledo CW. InfoStat, versión 2020, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.  
<https://www.infostat.com.ar/>
16. Méndez JLM, Villa AC, Ávila VMC. Estrategia de desarrollo regional sustentable en el cultivo *in vitro* de vainilla (*vanilla planifolia*) *in vitro*. *Universidad & ciencia*. 2021;10: 89-104.  
<https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/2018>
17. Hernández-Leal E, Castillo-Martínez CR, Reyes-López D, Corona-Torres T, Avendaño-Arrazate CH, García-Zavala OJJ, et al. Aclimatación de híbridos intraespecíficos de *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews, obtenidos *in vitro*. *AGROProductividad*. 2016;9(11):72-78.  
<https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/848>
18. Osorio AI, Vega NW, O, Díez MC, Moreno FH. Nutrient status and vegetative growth of *Vanilla planifolia* Jacks plants as affected by fertilization and organic substrate composition. *Acta Agronómica*. 2014;63(4):326-334. <https://doi.org/10.15446/acag.v63n4.40754>
19. Azofoifa-Bolaños JB, Rivera-Coto G, Paniagua-Vásquez A, Cordero-Solórzano, R. Respuestas morfogénicas de plantas *in vitro* y esquejes de *Vanilla planifolia* (Orchidaceae) durante el desarrollo inicial del cultivo en invernadero y en sistemas agroforestales. *Cuadernos de Investigación UNED*. 2018a;10(2):368-378. <http://dx.doi.org/10.22458/urj.v10i2.1995>
20. de Lima, J.F., de Oliveira, D.C., Kuster, V.C. et al. Aerial and terrestrial root habits influence the composition of the cell walls of *Vanilla phaeantha* (Orchidaceae). *Protoplasma* (2024).  
<https://doi.org/10.1007/s00709-024-01980-9>.
21. Mahadeo, K., Taïbi, A., Meile, J.C. et al. Exploring endophytic bacteria communities of *Vanilla planifolia*. *BMC Microbiol* **24**, 218 (2024). <https://doi.org/10.1186/s12866-024-03362-w>
22. Azofoifa-Bolaños JB, Rivera-Coto G, Paniagua-Vásquez A, Cordero-Solórzano R. Selección cualitativa del esqueje en la sobrevivencia y desarrollo morfogénico de *Vanilla planifolia* Andrews. *Agronomía Mesoamericana*. 2018b;29: 619–627. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i3.32213>
23. Martínez-Monter JP, García-López E, Castillo-Martínez A, Romero-Santos RD, Fajardo-Franco ML, Palemón-Alberto F. Sustratos orgánicos en el desarrollo de raíces en esquejes de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews). *Acta Agrícola y Pecuaria*. 2022;8(1): 1-9.  
<https://doi.org/10.30973/aap/2022.8.0081014>