



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CUENCA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ PELETIZADO,  
ENRIQUECIDO CON MICROORGANISMOS PROMOTORES  
DE CRECIMIENTO EN EL CULTIVO DE LA  
ORQUÍDEA “*STANHOPEA SP*”**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

**AUTOR: DAVID EDUARDO GUAMAN SIGUA**

**DIRECTOR: ING. JUAN CARLOS GONZALEZ ROJAS**

**CUENCA-ECUADOR**

**2026**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ PELETIZADO,  
ENRIQUECIDO CON MICROORGANISMOS PROMOTORES  
DE CRECIMIENTO EN EL CULTIVO DE LA  
ORQUÍDEA “*STANHOPEA SP*”**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

**AUTOR: DAVID EDUARDO GUAMAN SIGUA**

**DIRECTOR: ING. JUAN CARLOS GONZALEZ ROJAS**

**CUENCA-ECUADOR**

**2026**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**

**Declaratoria de Autoría y Responsabilidad**

Yo, **David Eduardo Guaman Sigua** portador de la cédula de ciudadanía N° **0107178873**. Declaro ser el autor de la obra: **“Evaluación de humus de lombriz peletizado, enriquecido con microorganismos promotores de crecimiento en el cultivo de la orquídea Stanhopea sp”**, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **07 de octubre de 2026**

F: 

**David Eduardo Guaman Sigua**

**C.I. 0107178873**

## CERTIFICACIÓN

Yo **Juan Carlos González Rojas**, con cédula de identidad N. 0301116075 en calidad de director del Trabajo de Titulación "*Evaluación de humus de lombriz peletizado, enriquecido con microorganismos promotores de crecimiento en el cultivo de la orquídea Stanhopea sp.*" certifico que el trabajo fue de autoría y desarrollado por **David Eduardo Guamán Sigua**

Atentamente,  
**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



Validar únicamente en FirmaEC.  
Firmado electrónicamente por:  
**JUAN CARLOS  
GONZALEZ ROJAS**

**Juan Carlos González Rojas**  
**DOCENTE TUTOR**

### **Agradecimiento**

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a la prestigiosa Universidad Católica de Cuenca, y de manera especial a las autoridades y docentes que integran la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias. A todos mis maestros, quienes han compartido su sabiduría y experiencia, manteniendo siempre la ética y las buenas prácticas, por ayudarme en mi crecimiento profesional como Ingeniero Agrónomo.

Un agradecimiento muy especial a mi docente tutor, el Ing. Juan Carlos Gonzales, por su valiosa guía y apoyo constante, así como a todos aquellos que contribuyeron científica y técnicamente en el desarrollo de esta investigación.

### **Dedicatoria**

A mis padres, por ser parte fundamental de mi vida y acompañarme durante este camino. Su presencia y apoyo representan una parte importante de esta etapa que hoy culmina con la finalización de mi carrera universitaria y la realización de esta tesis.

A mí mismo, por el esfuerzo, la perseverancia y la voluntad de seguir adelante a pesar de las dificultades. Por no dejar de avanzar y por reconocer que cada desafío forma parte del crecimiento personal y profesional. Dedico este logro a la persona en la que me he convertido y a todo lo que aún está por construir, con la convicción de que la culminación de mi carrera y esta tesis no representan un punto final, sino el inicio de nuevas oportunidades, aprendizajes y proyectos que me permitirán continuar creciendo, aportar a la sociedad y trabajar por un futuro mejor

## Indice

|                                                 |     |
|-------------------------------------------------|-----|
| Declaratoria de Autoría y Responsabilidad ..... | III |
| CERTIFICACIÓN .....                             | IV  |
| Agradecimiento.....                             | V   |
| Dedicatoria.....                                | VI  |
| Resumen.....                                    | 8   |
| Abstract.....                                   | 9   |
| Fundamento teórico .....                        | 11  |
| Materiales y métodos .....                      | 15  |
| Discusión.....                                  | 25  |
| Conclusiones .....                              | 27  |
| Bibliografía .....                              | 29  |
| Anexos .....                                    | 32  |

## Resumen

El humus de lombriz peletizado y los microorganismos promotores del crecimiento vegetal han sido documentados como insumos biotecnológicos con potencial para optimizar sustratos de cultivo; sin embargo, su aplicación combinada en protocolos de conservación *ex situ* de orquídeas del género “*Stanhopea sp.*” permanece poco explorada. El objetivo del estudio fue determinar el efecto de diferentes concentraciones de humus de lombriz peletizado (10 %, 30 % y 50 %) y de distintos niveles de inoculación con microorganismos promotores del crecimiento sobre variables morfológicas y reproductivas de “*Stanhopea sp.*” Metodológicamente, se implementó un Diseño de Bloques Completamente al Azar con arreglo factorial  $3 \times 3 + 1$ , utilizando 120 especímenes distribuidos en 10 tratamientos con cuatro repeticiones, evaluados semanalmente durante 8 meses. Los resultados evidenciaron que el tratamiento con 10 % de humus inoculado con una solución microbiana al 10 % generó el mayor número de brotes acumulados (99), la mayor longitud (45 cm) y la única floración registrada, mientras que el testigo absoluto presentó los valores más bajos. Las concentraciones de humus superiores al 30 % redujeron el desarrollo vegetativo, lo que sugiere un posible efecto de saturación del sustrato. Se concluyó que la combinación de humus de lombriz peletizado al 10 % con una solución de microorganismos promotores al 10 % mejoró significativamente el establecimiento y crecimiento vegetativo de “*Stanhopea sp.*” aportando evidencia útil para el diseño de protocolos de conservación *ex situ* y producción sostenible de orquídeas.

## Palabras clave.

“*Stanhopea sp.*” humus de lombriz peletizado; microorganismos promotores del crecimiento; conservación *ex situ*; sustrato orgánico.

**Abstract**

Pelletized vermicompost and plant growth-promoting microorganisms have been documented as biotechnological inputs with the potential to optimize growing substrates; however, their combined application in ex situ conservation protocols for orchids of the genus *Stanhopea* sp. remains underexplored. This study aimed to determine the effect of different concentrations of pelletized vermicompost (10%, 30%, and 50%) and various levels of inoculation with plant growth-promoting microorganisms on the morphological and reproductive variables of *Stanhopea* sp. Methodologically, a randomized complete block design with a  $3 \times 3 + 1$  factorial arrangement was implemented, using 120 specimens distributed among 10 treatments with four replicates, evaluated weekly over 8 months. The results showed that the treatment with 10% vermicompost inoculated with a 10% microbial solution generated the highest number of accumulated shoots (99), the greatest length (45 cm), and the only recorded flowering, while the absolute control presented the lowest values. Humus concentrations above 30% reduced vegetative development, suggesting a possible substrate saturation effect. It was concluded that the combination of 10% pelletized vermicompost with a 10% solution of plant growth-promoting microorganisms significantly improved the establishment and vegetative growth of *Stanhopea* sp. providing useful evidence for the design of ex situ conservation protocols and sustainable orchid production.

**Keywords**

*Stanhopea*; pelletized earthworm humus; plant growth-promoting microorganisms; ex situ conservation; organic substrate.

## Introducción

En especies del género “*Stanhopea sp.*” caracterizadas por su elevado valor ornamental y sus requerimientos fisiológicos particulares, la calidad del sustrato adquiere especial relevancia para incrementar la eficiencia de los programas de propagación y conservación, en este contexto, Yao et al. (2026) identificaron la calidad del sustrato como uno de los principales predictores del éxito reproductivo en programas de conservación ex situ de orquídeas.

Asimismo, diversos estudios han evidenciado que la incorporación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal incrementa la disponibilidad de nutrientes, estimula la producción de fitohormonas y mejora la tolerancia de las plantas frente a diferentes condiciones de estrés (Singh et al., 2022).

En este contexto, el objetivo del estudio fue determinar el efecto de diferentes concentraciones de humus de lombriz peletizado (10 %, 30 % y 50 %), combinadas con distintos niveles de inoculación de microorganismos promotores del crecimiento vegetal, sobre el desarrollo de “*Stanhopea sp.*” para ello se implementó un diseño factorial  $3 \times 3$  con un tratamiento testigo, evaluando variables morfológicas y reproductivas durante un período de 240 días. Los resultados de esta investigación contribuirán al desarrollo de protocolos de manejo más eficientes para la producción y conservación ex situ de orquídeas, promoviendo el uso de insumos orgánicos y estrategias biotecnológicas compatibles con los principios de la agricultura sostenible y la conservación de la biodiversidad.

## Fundamento teórico

### Conservación *ex situ* de orquídeas y relevancia del género *Stanhopea sp.*

La familia Orchidaceae constituye uno de los grupos de plantas con mayor diversidad taxonómica a nivel mundial y desempeña un papel fundamental en el mantenimiento de la biodiversidad de los ecosistemas tropicales y subtropicales. Sin embargo, numerosas especies enfrentan un acelerado proceso de disminución poblacional como consecuencia de la pérdida y fragmentación del hábitat, el cambio en el uso del suelo, la extracción ilegal de ejemplares con fines ornamentales y los efectos derivados del cambio climático (Fay, 2018).

Frente a este escenario, la conservación *ex situ* se ha consolidado como una herramienta complementaria a las estrategias de conservación *in situ*, resultado importante para aquellas especies cuyas poblaciones naturales presentan un elevado grado de vulnerabilidad; en este sentido, Vitt et al. (2023) sostienen que resguardar las especies prioritarias de Orchidaceae en colecciones *ex situ* resulta crítico para evitar que su extinción en estado silvestre se traduzca en una extinción definitiva, y advierten que solo el 25.9 % de las especies prioritarias está representado actualmente en dichas colecciones.

Por su parte, el sustrato actúa como soporte físico del sistema radical y regula procesos esenciales como la disponibilidad de agua, la aireación, la retención de nutrientes y la actividad microbiana de la rizósfera, además las características físicas, químicas y biológicas del sustrato influyen en la supervivencia, el establecimiento y el crecimiento de las plántulas de orquídeas cultivadas bajo condiciones controladas (Kinasih et al., 2025).

Dentro de la familia Orchidaceae, el género “*Stanhopea sp.*” pertenece a la subfamilia Epidendroideae y a la subtribu Stanhopeinae, agrupando especies neotropicales reconocidas por el gran tamaño, complejidad morfológica y fragancia de sus flores; estas características han incrementado su valor ornamental y, en consecuencia, la presión derivada de la extracción de ejemplares silvestres, además, muchas especies del género presentan poblaciones fragmentadas y una distribución restringida, factores que aumentan su vulnerabilidad frente a las alteraciones ambientales y dificultan su conservación a largo plazo (Hernández de la Cruz et al., 2022).

Una de las particularidades biológicas más importantes de las orquídeas del género es su estrecha “*Stanhopea sp.*” dependencia de microorganismos asociados al suelo y a la rizósfera. En condiciones naturales, las semillas poseen reservas nutritivas extremadamente limitadas, por lo que requieren el establecimiento de asociaciones simbióticas con hongos para iniciar la germinación y el desarrollo del protocormo (Dearnaley, 2007).

En este contexto, la optimización de los sustratos de cultivo representa una estrategia prometedora para incrementar la eficiencia de los programas de conservación ex situ. La incorporación de materiales orgánicos estabilizados y de microorganismos promotores del crecimiento vegetal puede mejorar simultáneamente las propiedades físicas, químicas y biológicas del medio de cultivo, favoreciendo la absorción de nutrientes, el desarrollo radicular y la adaptación fisiológica de las plantas durante la fase de establecimiento (Singh et al., 2022).

### **Humus de lombriz y humus de lombriz peletizado como sustrato para la producción vegetal**

El humus de lombriz constituye uno de los abonos orgánicos de mayor valor agronómico debido a sus propiedades físicas, químicas y biológicas, las cuales contribuyen al mejoramiento integral del suelo y de los sustratos empleados en la producción vegetal. Este material se obtiene mediante el proceso de vermicompostaje, en el cual lombrices epigeas, principalmente *Eisenia fetida*, transforman residuos orgánicos en un producto altamente estabilizado, rico en materia orgánica humificada, microorganismos benéficos y compuestos bioactivos (Rehman et al., 2023).

Desde el punto de vista agronómico, el humus de lombriz mejora simultáneamente las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del medio de cultivo. Entre sus principales beneficios destacan el incremento de la capacidad de retención de agua, la mejora de la aireación, el aumento de la estabilidad de los agregados, la reducción de la compactación y el favorecimiento del crecimiento radicular (Safadoust et al., 2025).

Uno de los componentes más importantes del humus de lombriz corresponde a los ácidos húmicos y fúlvicos, compuestos orgánicos que ejercen funciones bioestimulantes sobre las plantas. Estas sustancias favorecen la elongación y ramificación del sistema radical, incrementan la permeabilidad de las membranas celulares y estimulan la absorción de nutrientes minerales, mejorando el metabolismo vegetal y la eficiencia fisiológica de los cultivos. Diversos estudios han demostrado que estos compuestos presentan efectos semejantes a los reguladores naturales del crecimiento, promoviendo un desarrollo vegetal más vigoroso y una mayor tolerancia frente a condiciones de estrés ambiental (Canellas et al., 2015).

Además de sus propiedades químicas, el humus de lombriz alberga una microbiota diversa integrada por bacterias, hongos y otros microorganismos benéficos que continúan participando en los procesos de mineralización de la materia orgánica una vez incorporados al sustrato. Esta actividad biológica incrementa la disponibilidad de nutrientes, favorece la

dinámica microbiana de la rizósfera y contribuye al establecimiento de comunidades microbianas funcionales capaces de mejorar el crecimiento vegetal (Atiyeh et al., 2002).

En los últimos años, el desarrollo de tecnologías para la formulación de fertilizantes orgánicos ha dado lugar a la producción de humus de lombriz en formato peletizado, este proceso consiste en la compactación del material orgánico en gránulos de tamaño uniforme, facilitando su almacenamiento, transporte y aplicación, la peletización reduce las pérdidas por manipulación, mejora la homogeneidad en la distribución del fertilizante y favorece una liberación más gradual de los nutrientes (Sarlaki et al., 2021).

En el cultivo de especies ornamentales, diversos estudios han documentado que la incorporación de vermicompost incrementa la biomasa aérea y radical, el contenido de clorofila, la longitud de las raíces y el vigor general de las plantas. Estos efectos se atribuyen a la acción sinérgica entre la materia orgánica estabilizada, los compuestos húmicos y el microbiota benéfico presente en el humus, factores que actúan conjuntamente para optimizar el funcionamiento fisiológico de las plantas y mejorar su capacidad de adaptación a diferentes condiciones ambientales (Atiyeh et al., 2002).

### **Microorganismos promotores del crecimiento vegetal**

Los microorganismos promotores del crecimiento vegetal (Plant Growth-Promoting Microorganisms, PGPM) constituyen un grupo diverso de bacterias y hongos capaces de establecer asociaciones benéficas con las plantas, favoreciendo su crecimiento mediante mecanismos fisiológicos, bioquímicos y microbiológicos, estos microorganismos pueden colonizar la rizósfera, la superficie de las raíces o los tejidos internos de las plantas, estableciendo relaciones mutualistas que incrementan la eficiencia en la adquisición de nutrientes frente a condiciones de estrés biótico y abiótico (Lugtenberg & Kamilova, 2009).

Los mecanismos mediante los cuales los PGPM favorecen el crecimiento vegetal pueden clasificarse en efectos directos e indirectos. Entre los mecanismos directos destacan la fijación biológica de nitrógeno, la solubilización de fosfatos, la movilización de otros nutrientes minerales y la producción de fitohormonas, como auxinas, giberelinas y citoquininas, que regulan el desarrollo del sistema radical y la elongación celular, paralelamente, estos microorganismos pueden sintetizar sideróforos y otros metabolitos que incrementan la disponibilidad de hierro y otros elementos esenciales para el metabolismo vegetal (Lugtenberg & Kamilova, 2009).

Los mecanismos indirectos comprenden la supresión de microorganismos fitopatógenos mediante la producción de antibióticos, enzimas hidrolíticas y compuestos orgánicos volátiles, además de la inducción de respuestas sistémicas de defensa en las plantas. Como consecuencia, los cultivos inoculados con microorganismos promotores presentan una mayor capacidad para tolerar enfermedades y condiciones ambientales desfavorables, lo que incrementa su estabilidad productiva y reduce la dependencia de productos químicos de síntesis (Compant et al., 2010).

La capacidad colonizadora constituye una de las principales características de los PGPM. Diversas especies pueden establecer poblaciones estables tanto en la rizósfera como en la endósfera, formando asociaciones de larga duración con las raíces. Esta interacción favorece el intercambio continuo de metabolitos entre microorganismo y planta, optimizando la absorción de nutrientes y fortaleciendo los mecanismos fisiológicos relacionados con el crecimiento y la adaptación al estrés ambiental (Compant et al., 2010).

En los sistemas agrícolas actuales, la utilización de microorganismos promotores del crecimiento constituye una de las principales estrategias para el desarrollo de tecnologías sostenibles de producción vegetal. Su incorporación a fertilizantes orgánicos y bioinsumos permite potenciar la eficiencia del uso de nutrientes, reducir el empleo de fertilizantes minerales y favorecer la restauración de la actividad biológica del suelo. En este contexto, la combinación de humus de lombriz con microorganismos benéficos representa una alternativa de gran interés para incrementar la productividad agrícola y mejorar la calidad de los sustratos destinados a la propagación de especies ornamentales y de conservación (Singh et al., 2022).

### **Interacción entre microorganismos benéficos y orquídeas.**

Las orquídeas constituyen uno de los grupos vegetales con mayor dependencia de las interacciones microorganismo-planta durante las primeras etapas de su ciclo de vida. A diferencia de la mayoría de las angiospermas, sus semillas presentan un tamaño extremadamente reducido y carecen prácticamente de reservas nutricionales, por lo que requieren el establecimiento de asociaciones simbióticas con microorganismos del suelo para completar exitosamente la germinación y el desarrollo inicial del protocormo (Dearnaley, 2007).

Entre los microorganismos de mayor interés destacan los hongos endófitos y las bacterias promotoras del crecimiento vegetal, capaces de colonizar los tejidos radicales sin provocar síntomas de enfermedad. Estas asociaciones favorecen el intercambio de nutrientes y

metabolitos entre la planta y el microorganismo, incrementando la eficiencia fisiológica del hospedero y mejorando la utilización de los recursos disponibles en el sustrato. Diversos estudios han demostrado que estas interacciones incrementan la biomasa vegetal, estimulan el desarrollo radical y favorecen la absorción de nutrientes esenciales, particularmente fósforo y nitrógeno (Compant et al., 2010).

### **Antecedentes científicos y justificación del estudio**

El uso de materiales orgánicos enriquecidos con microorganismos benéficos constituye una de las principales tendencias en el desarrollo de tecnologías orientadas hacia una agricultura más sostenible. Diversas investigaciones han demostrado que la combinación de vermicompost con microorganismos promotores del crecimiento vegetal incrementa la disponibilidad de nutrientes, mejora las propiedades físicas del sustrato y favorece el desarrollo de comunidades microbianas capaces de estimular el crecimiento de las plantas (Atiyeh et al., 2002; Compant et al., 2010).

Con base en estos antecedentes, la presente investigación propone evaluar el efecto de diferentes concentraciones de humus de lombriz peletizado enriquecido con microorganismos promotores del crecimiento vegetal sobre el desarrollo de Se plantea que “*Stanhopea sp.*” la combinación de ambos componentes permitirá mejorar las condiciones físicas, químicas y microbiológicas del sustrato, favoreciendo el crecimiento y desarrollo de las plantas durante la fase de establecimiento. Los resultados obtenidos contribuirán al fortalecimiento del conocimiento sobre el uso de bioinsumos en especies ornamentales y proporcionarán información útil para el diseño de estrategias de conservación ex situ y producción sostenible de orquídeas.

### **Materiales y métodos**

#### **Ubicación del Experimento y Condiciones Ambientales**

#### **Figura 1**

*Ubicación del experimento*



*Nota.* Imagen obtenida de Google Maps

La investigación se desarrolló en la parroquia Baños, cantón Cuenca, provincia del Azuay, Ecuador. El área experimental consistió en una estructura de madera de 8 m de largo por 10 m de ancho y una altura de 2 m, provista de una cubierta plástica para invernadero. Adicionalmente, se instaló una malla sombra del 65% con el fin de regular la intensidad lumínica incidente, optimizar el microclima y adaptarlo a los requerimientos específicos de las orquídeas del género “*Stanhopea sp.*”

### **Material Vegetal y Soporte Físico del Experimento**

Se utilizaron 120 especímenes de orquídeas del género “*Stanhopea sp.*” adquiridos en un vivero comercial especializado en el cantón Paute, provincia del Azuay. Las plantas fueron seleccionadas bajo estrictos criterios de uniformidad fenotípica en cuanto a tamaño, vigor vegetativo, número de pseudobulbos iniciales y estado sanitario.

Para el soporte fitotécnico de las plantas, las 120 unidades experimentales se distribuyeron suspendidas en una estructura aérea de soporte instalada al inicio del experimento. Esta estructura estuvo constituida por postes de madera tratados para resistir la humedad. Las plantas se organizaron en 12 filas independientes, albergando 10 orquídeas por fila.

Para garantizar un espacio óptimo de desarrollo, evitar el efecto de borde y facilitar el libre tránsito para las evaluaciones semanales, los postes de la estructura guardaron una distancia equidistante de 90 cm entre sí. Asimismo, cada unidad experimental se fijó mediante contenedores elaborados manualmente con malla, diseñados con una capacidad volumétrica de 4 litros. Con el fin de optimizar la ergonomía durante la toma de datos y mejorar la aireación

del sistema radicular, estos contenedores de malla se suspendieron individualmente a una altura fija de 1.50 metros respecto al nivel del suelo mediante ganchos y alambres.

### Origen y Caracterización de Insumos

El sustrato base empleado consistió en una mezcla homogénea de fibra de coco y piedra pómez (pomina), seleccionada para asegurar una porosidad óptima y un drenaje adecuado.

El humus de lombriz en formato peletizado fue obtenido mediante autogestión en las instalaciones de la Universidad utilizando maquinaria especializada provista por la propia institución para la compactación y peletización del abono orgánico, asegurando la consistencia y uniformidad del diámetro de los pellets.

Los microorganismos promotores del crecimiento vegetal consistieron en el producto comercial SERENYSEG, facilitado por los laboratorios de la universidad. Es un bioinsumo agrícola formulado a base de *Serendipita indica*, con una concentración de  $1 \times 10^5$  UFC/mL, presentado como suspensión concentrada (SC) en un envase de 1 litro.

### Diseño Experimental y Distribución en Campo

Se implementó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con un arreglo factorial de dos factores  $3 \times 3 + 1$  (tres niveles de humus de lombriz peletizado, tres concentraciones de microorganismos promotores, más un testigo absoluto).

De la combinación de los factores resultaron 10 tratamientos en total, Cada tratamiento contó con 4 repeticiones y 3 plantas por unidad experimental, sumando un total de 120 especímenes en estudio, como se detalla en la tabla 1:

**Tabla 1**

*Dosificación del sustrato por maceta, según los niveles de humus establecidos en el diseño experimental*

| Nivel de Humus | Sustrato base (fibra de coco + pomina) | Humus peletizado | Volumen total por maceta |
|----------------|----------------------------------------|------------------|--------------------------|
| 0% (testigo)   | 4.0 L                                  | 0.0 L            | 4.0 L                    |
| 10%            | 3.6 L                                  | 0.4 L            | 4.0 L                    |
| 30%            | 2.8 L                                  | 1.2 L            | 4.0 L                    |
| 50%            | 2.0 L                                  | 2.0 L            | 4.0 L                    |

*Nota.* Elaboración propia

### Preparación de Soluciones Microbiológicas y Mezclas de Sustratos

La dosificación y formulación de los tratamientos se realizó mediante un estricto control volumétrico.

### **Inoculación Microbiológica del Humus**

La inoculación del humus peletizado se realizó de forma manual utilizando un pulverizador de presión previa para asegurar una distribución uniforme del bioproducto sobre los pellets orgánicos. Para las preparaciones microbiológicas se establecieron las siguientes relaciones de volumen

- **Para la concentración al 5% :** Se mezclaron 100 mL del bioproducto comercial SERENYSEG con 1900mL de agua.
- **Para la concentración al 10% :** Se mezclaron 200mL del bioproducto comercial SERENYSEG con 1800mL de agua.
- Una vez homogeneizadas las soluciones, se procedió a rociar uniformemente el humus peletizado correspondiente a cada tratamiento.

### **Dosificación del Sustrato por Maceta**

Las plantas se cultivaron en macetas de malla con una capacidad de 4L. Las mezclas volumétricas se dosificaron rigurosamente de la siguiente manera, explicadas a continuación en la tabla 2:

**Tabla 2**

*Dosificación del sustrato por maceta según los niveles de humus de lombriz peletizado establecidos en el diseño experimental*

| Nivel de Humus | Sustrato base (fibra de coco + pomina) | Humus peletizado | Volumen total por maceta |
|----------------|----------------------------------------|------------------|--------------------------|
| 0 % (testigo)  | 4.0 L                                  | 0.0 L            | 4.0 L                    |
| 10 %           | 3.6 L                                  | 0.4 L            | 4.0 L                    |
| 30 %           | 2.8 L                                  | 1.2 L            | 4.0 L                    |
| 50 %           | 2.0 L                                  | 2.0 L            | 4.0 L                    |

*Nota.* Elaboración propia

El ensayo se inició formalmente el 6 de noviembre de 2025 con el llenado de los contenedores y el trasplante de las plántulas de “*Stanhopea sp.*” Este proceso se completó en su totalidad al segundo día, finalizando el 7 de noviembre de 2025.

La primera evaluación y toma de datos en campo se efectuó el viernes 14 de noviembre de 2025, y se continuó de forma ininterrumpida cada viernes durante un período de 8 meses (hasta 03 de julio de 2026).

El régimen de riego se estandarizó de forma manual dos veces por semana, fijando rigurosamente los turnos los días lunes y jueves. En cada turno se aplicó un volumen exacto de 2L de agua por planta, logrando mantener la humedad relativa del sustrato en un rango del 65% al 70% de humedad.

A modo de síntesis, en la Tabla 3 se resume la estructura general del diseño experimental empleado en el presente estudio.

**Tabla 3**

*Estructura del diseño experimental*

| Elemento                        | Detalle                                        |
|---------------------------------|------------------------------------------------|
| Diseño experimental             | Bloques Completamente al Azar (DBCA)           |
| Arreglo factorial               | $3 \times 3 + 1$                               |
| Factor A                        | Humus de lombriz peletizado (3 niveles)        |
| Factor B                        | Microorganismos promotores (3 concentraciones) |
| Tratamiento adicional           | Testigo absoluto                               |
| N.º total de tratamientos       | 10                                             |
| Repeticiones por tratamiento    | 4                                              |
| Plantas por unidad experimental | 3                                              |
| N.º total de especímenes        | 120                                            |

*Nota.* Elaboración propia

### Variables Evaluadas

Las variables morfológicas y reproductivas analizadas durante los 8 meses de evaluación fueron:

1. **Días a la brotación:** Registra el número de días transcurridos desde el momento del trasplante (6 de noviembre de 2025) hasta la aparición visual del primer brote vegetativo nuevo.
2. **Número de brotes:** Conteo directo de tipo semanal del total de brotes nuevos emergidos por planta, clasificándolos estrictamente en brotes de tipo vegetativo y reproductivo.

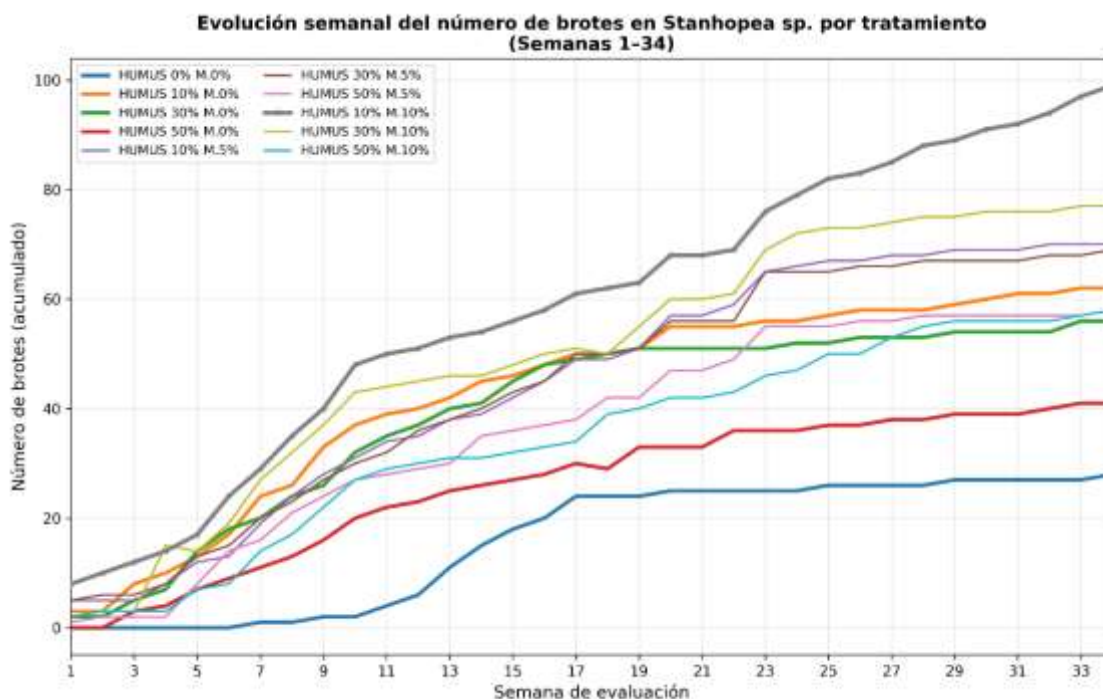
3. **Días a la floración:** Cantidad de días requeridos desde el inicio del ensayo hasta la apertura completa de la primera flor (antesis) en cada unidad experimental.
4. **Número de racimos florales:** Conteo acumulativo de las inflorescencias generadas por planta a lo largo del periodo de estudio.

Las determinaciones métricas y de longitud vegetativa se realizaron con una cinta métrica graduada en milímetros (1. mm de precisión).

### Análisis Estadístico

A continuación, en el Gráfico 1 se presenta la evolución semanal acumulada del número de brotes de “*Stanhopea sp.*” por tratamiento a lo largo del periodo de evaluación.

**Gráfico 1**



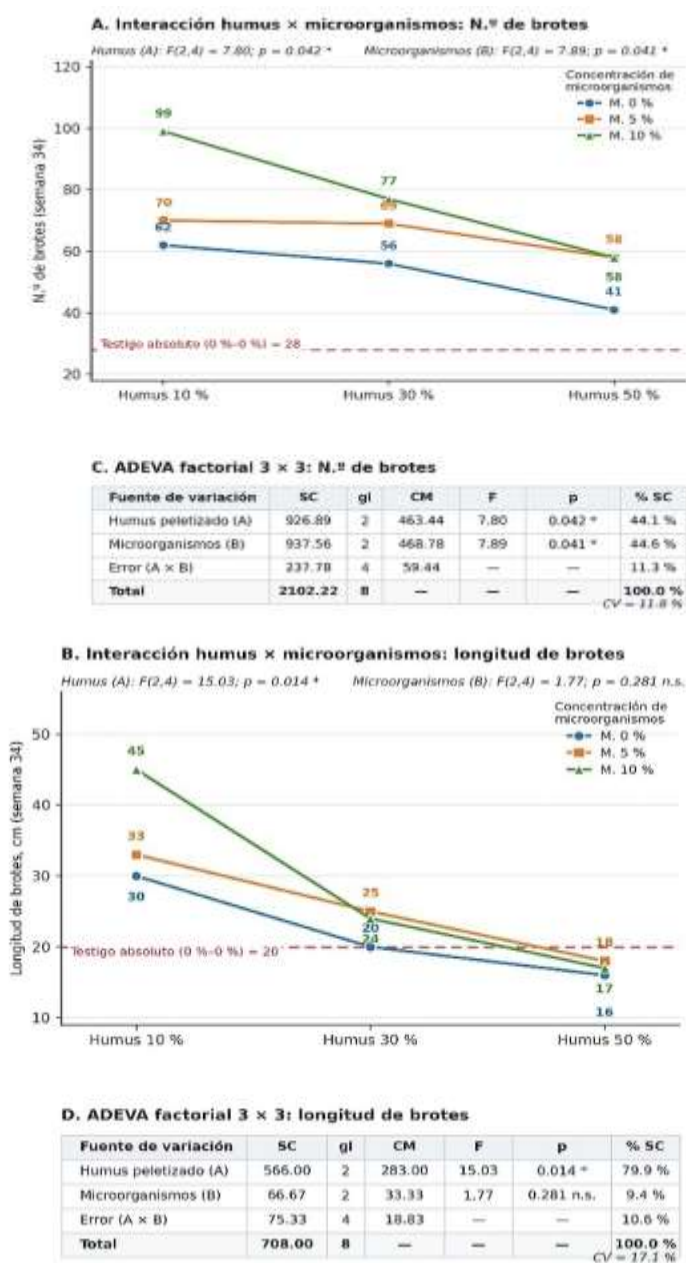
La curva evidencia que Humus 10%–M.10% conserva una tasa de emisión de brotes superior desde las primeras semanas y una brecha creciente respecto al resto de tratamientos, mientras que el testigo absoluto (0%–0%) exhibe el crecimiento más lento y tardío durante todo el periodo; destacar que los tratamientos con 50% de humus muestran trayectorias intermedias-bajas y curvas más planas hacia el final, coherente con el efecto de saturación del sustrato discutido en el texto.

Asimismo, en el Gráfico 2 se presentan los resultados del análisis de varianza (ADEVA) del arreglo factorial  $3 \times 3$ , correspondientes a la interacción entre el humus de lombriz peletizado y los microorganismos promotores sobre el número y la longitud de brotes en la semana 34.

## Gráfico 2

### Análisis de varianza (ADEVA) del arreglo factorial $3 \times 3$ en el desarrollo de (semana 34)

Humus de lombriz peletizado (10%- 30%- 50%) x concentraciones de la solución de microorganismos promotores (0%- 5%- 10%)



Nota: elaboración propia a partir de los valores registrados en la Tabla 4 del estudio (semana 34). ADEVA de dos factores aplicados a los 9 tratamientos del arreglo factorial 3x3, al disponerse de un valor x combinación, el termino de interacción A x B se empleó como estimar del error experimental ( $q=4$ ). El testigo absoluto (0%- 0%) se excluyó del modelo factorial y se presenta como línea de referencia.

El ADEVA factorial  $3 \times 3$  indicó que la variación entre tratamientos no fue aleatoria: en el número de brotes ambos factores resultaron relevantes, explicando el 88.7 % de la suma de cuadrados total, mientras que en la longitud de brotes únicamente el humus logró significancia ( $F = 15.03$ ;  $p = 0.014$ ), concentrando el 79.9 % de la variación frente a un 9.4 % atribuible al inóculo ( $p = 0.281$ ); destacar que el error experimental se mantuvo bajo (11.3 % y 10.6 %; CV de 11.8 % y 17.1 %), indicando la consistencia del modelo y sitúa el efecto máximo en el nivel de 10 % de humus, con un descenso sistemático hacia el 50 % compatible con saturación del sustrato.

## Resultados

**Tabla 4**

*Número de brotes, longitud de brotes y presencia de floración en “Stanhopea sp.” según los tratamientos de humus de lombriz peletizado y microorganismos promotores del crecimiento evaluados en la semana 34.*

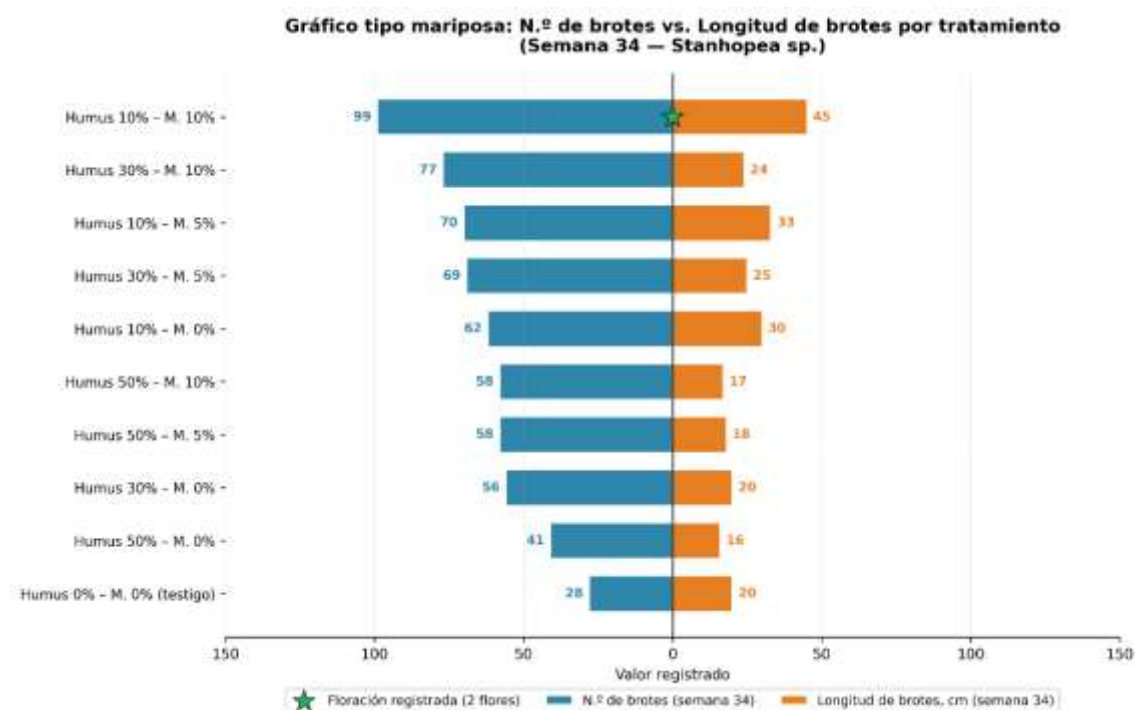
| Tratamiento                | N.º total acumulado de brotes por tratamiento (12 plantas) (semana 34) | Incremento o semanal promedio por brotes | Longitud máxima de brotes por planta, cm (semana 34) | Incremento semanal promedio de longitud | Floración observada durante el ensayo |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|
| Humus 0% – M. 0% (testigo) | 28                                                                     | 0,85                                     | 20                                                   | 0,58                                    | No                                    |
| Humus 10% – M. 0%          | 62                                                                     | 1,79                                     | 30                                                   | 0,88                                    | No                                    |
| Humus 30% – M. 0%          | 56                                                                     | 1,64                                     | 20                                                   | 0,58                                    | No                                    |
| Humus 50% – M. 0%          | 41                                                                     | 1,24                                     | 16                                                   | 0,45                                    | No                                    |
| Humus 10% – M. 5%          | 70                                                                     | 1,97                                     | 33                                                   | 0,97                                    | No                                    |
| Humus 30% – M. 5%          | 69                                                                     | 1,94                                     | 25                                                   | 0,73                                    | No                                    |
| Humus 50% – M. 5%          | 58                                                                     | 1,73                                     | 18                                                   | 0,52                                    | No                                    |
| Humus 10% – M. 10%         | 99                                                                     | 2,76                                     | 45                                                   | 1,33                                    | Sí (2 flores registradas)             |
| Humus 30% – M. 10%         | 77                                                                     | 2,27                                     | 24                                                   | 0,70                                    | No                                    |
| Humus 50% – M. 10%         | 58                                                                     | 1,70                                     | 17                                                   | 0,48                                    | No                                    |

Nota. Los valores de números de brote corresponden al total acumulado registrado en las 12 plantas de cada tratamiento, distribuidas en cuatro unidades experimentales de tres plantas cada una. Elaboración propia

Los resultados de la Tabla 4 comprueban que el tratamiento Humus 10% – M. 10% obtuvo el mejor desempeño, con el mayor número de brotes acumulado (99), la mayor longitud de brotes (45 cm), con un incremento semanal promedio de 2,76 brotes y aumento semanal promedio de longitud de 1,33 cm. Adicionalmente, en este tratamiento se observaron dos flores en el periodo de evaluación, no obstante, debido al bajo número de eventos registrados, este hallazgo se considera únicamente descriptivo. En contraste, el testigo absoluto presentó los valores más bajos (28 brotes acumulados; 20 cm), lo que denota el aporte positivo de la fertilización orgánica combinada.

Para complementar lo observado en la Tabla 4, en el Gráfico 3 se contrasta, por medio de un gráfico tipo mariposa, el número de brotes frente a la longitud de brotes registrados por tratamiento en la semana 34.

**Gráfico 3**

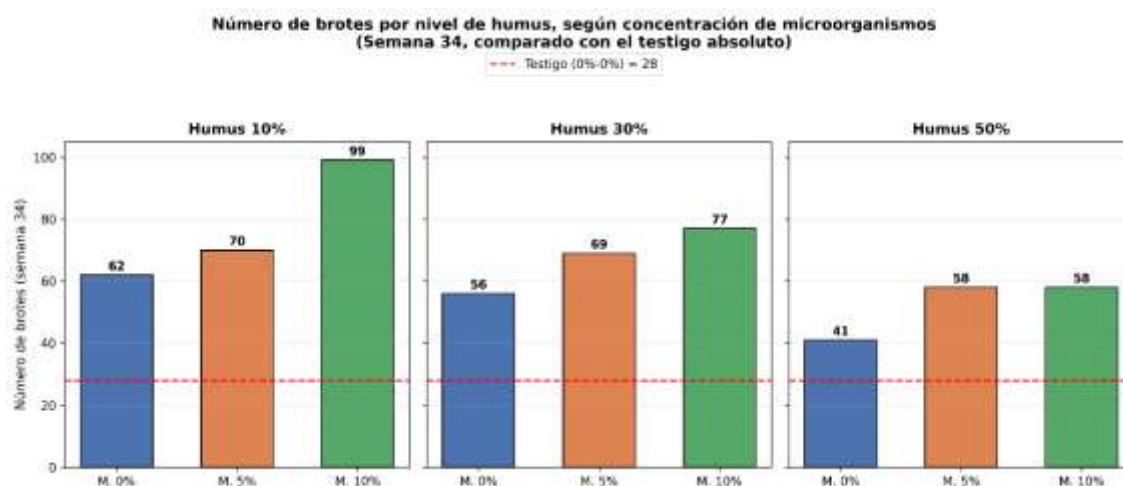


El tratamiento Humus 10% – M. 10% mostró el mayor número de brotes acumulados (99) y la mayor longitud de brotes (45 cm), siendo el único con floración registrada siendo este un dato descriptivo al ser un evento poco registrado y los microorganismos promotores en su nivel intermedio-alto, en comparación, el testigo absoluto (0%–0%) reveló los valores más bajos en ambas variables (28 brotes acumulados, 20 cm), reflejando el aporte favorable de la fertilización orgánica combinada frente a la ausencia de tratamiento; los niveles de humus al 50%, independientemente de la concentración microbiana, tendieron a mermer tanto el número

como la longitud de brotes respecto a las concentraciones de 10% y 30%. Este comportamiento denota una respuesta menos favorable del crecimiento vegetativo frente a una mayor concentración de humus evaluada. Sin embargo, las causas de esta reducción no se pueden establecer directamente, puesto que no se evaluaron las propiedades físicas.

De manera complementaria, el Gráfico 4 extrae el número de brotes registrados durante la semana 34 por nivel de humus, según la concentración de microorganismos promotores aplicada, en contraste con el testigo absoluto.

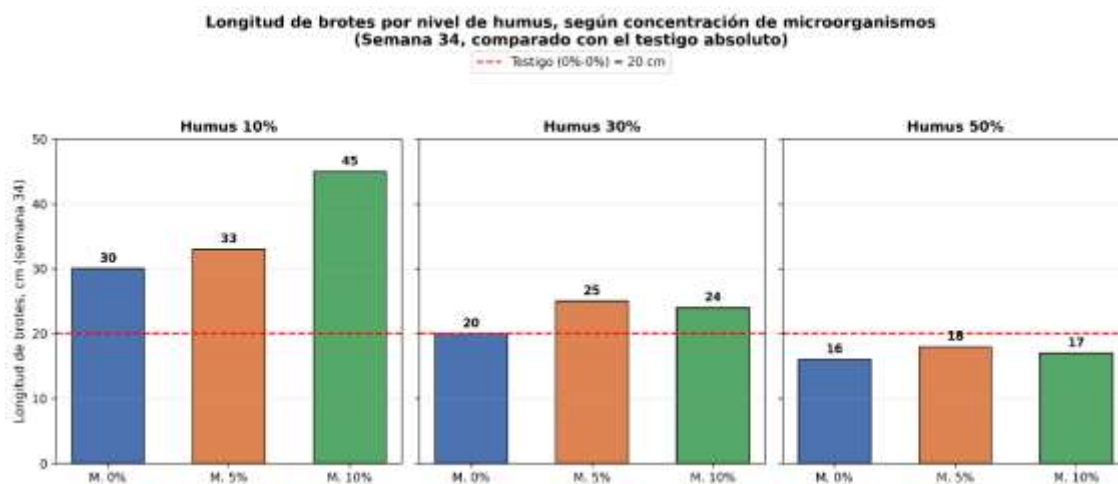
**Gráfico 4**



En los tres niveles de humus, la incorporación de microorganismos resaltó del testigo absoluto, aunque con 50% de humus las concentraciones de 5% y 10% de microorganismos arrojaron un resultado prácticamente idéntico (58 brotes acumulados), probando que a esa dosis de humus no estuvo acompañado de un incremento adicional del número de brotes, únicamente la combinación Humus 10%–M.10% se distanció claramente del resto, alcanzando el valor más alto (99 brotes acumulados).

De forma similar, el Gráfico 5 desglosa la longitud de brotes registrada en la semana 34 por nivel de humus, de acuerdo con la concentración de microorganismos promotores aplicada, en contraste con el testigo absoluto.

Gráfico 5



La longitud de brotes en Humus 30%–M.0% (20 cm) igualó exactamente al testigo absoluto, mostrando que ese nivel de humus sin inoculación no aportó ninguna ventaja sobre la ausencia total de tratamiento, de igual manera dentro del humus al 50%, las tres concentraciones de microorganismos (16, 18 y 17 cm) cercanas entre sí y por debajo del testigo, mientras que únicamente el humus al 10% mostró un incremento sostenido conforme aumentó la concentración microbiana, culminando en el valor máximo de 45 cm con M.10%.

## Discusión

Los resultados obtenidos confirman parcialmente la hipótesis planteada, comprobando que la combinación de humus de lombriz peletizado al 10% con microorganismos promotores al 10% generó el mayor número de brotes, la mayor longitud vegetativa y la única floración registrada.

Los resultados coinciden con lo descrito por Rehman et al. (2023), quienes señalan que el vermicompost enriquece el sustrato con hormonas vegetales y microbiota benéfica que potencian sinérgicamente el desarrollo cuando se combinan con inoculantes microbianos, de forma similar, Kumar et al. (2021) sostienen que las rizobacterias promotoras del crecimiento incrementan la producción de fitohormonas como auxinas y citoquininas, lo que explicaría el mayor vigor observado en el tratamiento óptimo.

En contraste, la reducción registrada en el número y longitud de brotes en las concentraciones de humus al 50% indica que el aumento de la concentración no produjo una respuesta vegetativa proporcionalmente mayor, es así que Duddigan et al. (2021) demostraron

que la respuesta de los cultivos hortícolas a las enmiendas orgánicas depende de la dosis, sin que un mayor volumen de materia orgánica implique necesariamente mejores resultados productivos.

En la misma línea, Sdao et al. (2025) evidenciaron que dosis crecientes de subproductos orgánicos en sustratos hortícolas alteran la porosidad y la retención hídrica, generando respuestas de crecimiento no lineales según el nivel de incorporación.

Respecto a la superioridad del tratamiento con 10% de microorganismos considerando que se aplicó una solución al sustrato frente a las demás concentraciones es similar con lo planteado por Chaudhary et al. (2022), quienes explican que los biofertilizantes microbianos mejoran la disponibilidad de nutrientes y la resiliencia fisiológica de las plantas cuando se aplican en niveles adecuados a las condiciones del sustrato.

De igual manera, Khan et al. (2023) destacan que la eficacia de las bioformulaciones microbianas depende de una combinación óptima entre la concentración del inóculo y las propiedades físico-químicas del medio de cultivo, respaldando la interacción sinérgica observada entre el humus al 10% y los microorganismos al 10%.

En referencia al escaso número de eventos de floración registrados en el conjunto del ensayo resulta estable con la elevada dependencia biológica que las orquídeas mantienen frente a factores bióticos y abióticos del sustrato. Es así que Kinasih et al. (2025) indican que la aclimatación y el desarrollo reproductivo de orquídeas tropicales dependen de la combinación precisa entre aireación radicular, disponibilidad de nutrientes e inoculación microbiana, factores que en este estudio solo confluyeron favorablemente en un tratamiento.

De modo complementario, Hossain (2022) subrayan que la propagación ex situ de orquídeas se condiciona por su estrecha dependencia fisiológica de asociaciones microbianas, lo que explicaría por qué únicamente la combinación con mayor enriquecimiento microbiano favoreció la antesis.

Finalmente, la evidencia de que la incorporación conjunta de humus peletizado y microorganismos promotores ayudó el establecimiento de "*Stanhopea sp.*" por encima del testigo absoluto, resultado que converge con lo reportado por Wu et al. (2022), quienes documentaron que la inoculación de hongos y bacterias asociados a la rizósfera mejora la viabilidad de plántulas de orquídeas bajo condiciones ex situ.

Estos hallazgos refuerzan la pertinencia de emplear bioinsumos orgánicos combinados como estrategia razonable para la conservación de géneros ornamentales de alto valor, en línea con los principios de la agricultura sostenible discutidos en el marco teórico del presente estudio.

Por otra parte, es importante mencionar que el presente estudio presentó limitaciones que conviene reconocer para contextualizar el alcance de los hallazgos; por ejemplo, el ensayo se desarrolló en una única localidad y bajo condiciones ambientales particulares de la parroquia Baños, lo que restringe la posibilidad de generalizar los resultados a otras zonas agroecológicas o a diferentes épocas del año.

Asimismo, el periodo de evaluación de 8 meses resultó limitado para capturar de manera robusta la respuesta reproductiva de la especie, dado que solo se registró un evento de floración en todo el experimento, además, no se evaluaron variables fisicoquímicas ni microbiológicas del sustrato a lo largo del tiempo, lo que impide precisar con exactitud los mecanismos responsables del efecto de saturación observado en los niveles más altos de humus.

## **Conclusiones**

Con respecto al primer objetivo específico, se estableció que los diferentes porcentajes de humus de lombriz peletizado incorporados al sustrato influyeron en el desarrollo de “*Stanhopea sp.*” observándose que las concentraciones intermedias (10% y 30%) aumentaron beneficiando un mayor número y longitud de brotes en comparación con el testigo y con la concentración más alta (50%), lo que sugiere posiblemente que niveles excesivos de humus no necesariamente se tradujeron en mejores respuestas vegetativas, lo que sugirió un posible efecto de saturación del sustrato.

En relación con el segundo objetivo específico, se testaron los niveles de enriquecimiento del humus peletizado con microorganismos promotores de crecimiento, señalando que la concentración del 10% mostró resultados positivos, sobre todo en combinación con el 10% de humus, tratamiento que además reconoció la única floración observada durante el ensayo, esta interacción demostró que la inoculación microbiana potenció los efectos del componente orgánico cuando se aplicó en niveles adecuados.

Finalmente, en cuanto al tercer objetivo específico, se determinó que la tasa de crecimiento y el desarrollo morfológico de “*Stanhopea sp.*” bajo condiciones controladas

variaron de manera importante entre tratamientos, alcanzando el mayor vigor vegetativo el tratamiento Humus 10% – M. 10%, con 99 brotes y 45 cm de longitud en la semana 34, permitiendo establecer que la combinación óptima de humus de lombriz peletizado y microorganismos promotores mejoró sustancialmente el desarrollo morfológico de la especie respecto al testigo absoluto.

Con ello, se cumplió el objetivo general del estudio, al demostrarse que la incorporación conjunta de ambos insumos favoreció el establecimiento y crecimiento de “*Stanhopea sp.*” bajo condiciones controladas de cultivo ex situ.

## Bibliografía

- Atiyeh, R. M., Lee, S., Edwards, C. A., Arancon, N. Q., & Metzger, J. D. (2002). The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology*, 84(1), 7–14. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00017-2](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00017-2)
- Canellas, L. P., Olivares, F. L., Aguiar, N. O., Jones, D. L., Nebbioso, A., Mazzei, P., & Piccolo, A. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 15–27. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013>
- Chaudhary, P., Singh, S., Chaudhary, A., Sharma, A., & Kumar, G. (2022). Overview of biofertilizers in crop production and stress management for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 13, 930340. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.930340>
- Compant, S., Clément, C., & Sessitsch, A. (2010). Plant growth-promoting bacteria in the rhizo- and endosphere of plants: Their role, colonization, mechanisms involved and prospects for utilization. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(5), 669–678. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.11.024>
- Dearnaley, J. D. W. (2007). Further advances in orchid mycorrhizal research. *Mycorrhiza*, 17(6), 475–486. <https://doi.org/10.1007/s00572-007-0138-1>
- Duddigan, S., Alexander, P. D., Shaw, L. J., & Collins, C. D. (2021). Effects of repeated application of organic soil amendments on horticultural soil physicochemical properties, nitrogen budget and yield. *Horticulturae*, 7(10), 371. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7100371>
- Fay, M. F. (2018). Orchid conservation: How can we meet the challenges in the twenty-first century? *Botanical Studies*, 59(1), 16. <https://doi.org/10.1186/s40529-018-0232-z>
- Hernández de la Cruz, M., Alanís-Méndez, J. L., Chagoya-Fuentes, J. L., & Enciso-Díaz, O. J. (2022). Potential distribution of six endemic species of *Stanhopea* (Orchidaceae) genus in Mexico. *Current Botany*, 13, 81–88. <https://doi.org/10.25081/cb.2022.v13.7772>
- Hossain, M. M. (2022). Orchid mycorrhiza: Isolation, culture, characterization and application. *South African Journal of Botany*, 151(Parte A), 365–384. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.10.003>

- Khan, A., Singh, A. V., Gautam, S. S., Agarwal, A., Punetha, A., Upadhyay, V. K., Kukreti, B., Bundela, V., Jugran, A. K., & Goel, R. (2023). Microbial bioformulation: A microbial assisted biostimulating fertilization technique for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1270039. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1270039>
- Kinasih, A., Rafli, M., Nugrahening, E. R., Oktaweni, F., Budiastuti, N. S., & Hidayah, N. (2025). Review: Perspective of biotic and abiotic factors for tropical orchid acclimatization and ex-situ conservation. *Jurnal Biologi Tropis*, 25(3), 4290–4302. <https://doi.org/10.29303/jbt.v25i3.9718>
- Kumar, M., Giri, V. P., Pandey, S., Gupta, A., Patel, M. K., Bajpai, A. B., Jenkins, S., & Siddique, K. H. M. (2021). Plant-growth-promoting rhizobacteria emerging as an effective bioinoculant to improve the growth, production, and stress tolerance of vegetable crops. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(22), 12245. <https://doi.org/10.3390/ijms222212245>
- Lugtenberg, B., & Kamilova, F. (2009). Plant-growth-promoting rhizobacteria. *Annual Review of Microbiology*, 63, 541–556. <https://doi.org/10.1146/annurev.micro.62.081307.162918>
- Rehman, S. U., De Castro, F., Aprile, A., Benedetti, M., & Fanizzi, F. P. (2023). Vermicompost: Enhancing plant growth and combating abiotic and biotic stress. *Agronomy*, 13(4), 1134. <https://doi.org/10.3390/agronomy13041134>
- Safadoust, A., Azimi, S. B., & Dehghan, M. B. (2025). Restoring soil functionality in drylands: Soil texture-specific impacts of vermicompost as an organic waste-based amendment. *Journal of Arid Environments*, 231, Artículo 105446. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2025.105446>
- Sarlaki, E., Kermani, A. M., Kianmehr, M. H., Asefpour Vakilian, K., Hosseinzadeh-Bandbafha, H., Ma, N. L., Aghbashlo, M., Tabatabaei, M., & Lam, S. S. (2021). Improving sustainability and mitigating environmental impacts of agro-biowaste compost fertilizer by pelletizing-drying. *Environmental Pollution*, 285, Artículo 117412. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117412>
- Sdao, A. E., Cacini, S., Loconsole, D., Conversa, G., Cristiano, G., Elia, A., & De Lucia, B. (2025). Partial replacement of peat: Effects on substrate physico-hydrological

properties and sage growth. *Plants*, 14(17), 2801.  
<https://doi.org/10.3390/plants14172801>

Singh, S. K., Wu, X., Shao, C., & Zhang, H. (2022). Microbial enhancement of plant nutrient acquisition. *Stress Biology*, 2(1), 3. <https://doi.org/10.1007/s44154-021-00027-w>

Vitt, P., Taylor, A., Rakosy, D., Kreft, H., Meyer, A., Weigelt, P., & Knight, T. M. (2023). Global conservation prioritization for the Orchidaceae. *Scientific Reports*, 13(1), Artículo 6718. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-30177-y>

Wu, Y.-H., Chen, D.-Y., Wang, X.-J., Li, N.-Q., & Gao, J.-Y. (2022). Using ex situ seedling baiting to capture seedling-associated mycorrhizal fungi in medicinal orchid *Dendrobium officinale*. *Journal of Fungi*, 8(10), 1036.  
<https://doi.org/10.3390/jof8101036>

Yao, J., Ke, X., Gu, X., Jiang, Z., Ying, Z., Lu, C., Sun, C., & Xu, P. (2026). Optimized substrate selection for enhanced orchid growth based on high-throughput lysimetric arrays. *Journal of Zhejiang University-SCIENCE B*, 27(5), 437–449.  
<https://doi.org/10.1631/jzus.B2500195>

## **Anexos**

### **Anexo 1: Floración de la orquídea Stanhopea registrada el 1 de mayo durante el desarrollo del experimento**



Yo, **David Eduardo Guaman Sigua** portador de la cédula de ciudadanía N° **0107178873**. En calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Evaluación de humus de lombriz peletizado, enriquecido con microorganismos promotores de crecimiento en el cultivo de la orquídea Stanhopea sp”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **07 de octubre de 2026**

F: 

**David Eduardo Guaman Sigua**

**C.I. 0107178873**