



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CONKAL**

**PRODUCCIÓN DE VINCA (*Catharanthus roseus* (L.) G.
DON) CON NUTRICIÓN MINERAL Y MICORRIZAS spp.
BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS**

TESIS

Que presenta:

Joanny Mariel Reyes Ek

Como requisito parcial para obtener el grado de:

Ingeniera en agronomía

Director de tesis:

Dr. Eduardo Villanueva Couoh

Conkal, Yucatán, México

Noviembre, 2024



TecNM

DIRECCIÓN DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

Conkal, Yucatán, México. Noviembre de 2024.

La presente tesis fue realizada por Joanny Mariel Reyes Ek de la carrera de Ingeniería en Agronomía, con orientación en Horticultura Protegida Sustentable y con número de control 16800154, con el título Producción de vincas (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don) con nutrición mineral y micorrizas en condiciones protegidas la cual fue dirigida y revisada por el jurado que fue asignado en su oportuno tiempo y cuyos integrantes conformado por el director el Dr. Eduardo Villanueva Couoh, el asesor el Dr. Luis Leonardo Pinzón López y revisor el Ing. Geovanny Ayora Ricalde firman su consentimiento para que este trabajo sea presentado como requisito parcial para la titulación de acuerdo al proceso de Titulación Integral y al Manual de Lineamientos Académicos-Administrativos del Tecnológico Nacional de México.

CONFORMACIÓN DEL JURADO DEL ACTO PROTOCOLARIO

DIRECTOR



DR. EDUARDO VILLANUEVA COUOH

ASESOR



DR. LUIS LEONARDO PINZÓN LÓPEZ

REVISOR



ING. GEOVANNY AYORA RICALDE

DEDICATORIA

A mis padres Martha Yolanda Ek Caamal y Felipe Reyes Morales, que han sido el ejemplo en mi vida de perseverancia, esfuerzo, humildad y amabilidad. Sin su apoyo y cariño todo este proceso pudo haber sido difícil de lograr. Gracias infinitas por darme la oportunidad de tener este logro de mucha importancia para mí.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, que me permitió tener la capacidad y persistencia durante todos estos años de mi carrera profesional. A mi familia y en especial a mi madre y padre Martha Yolanda Ek Caamal y Felipe Reyes Morales, quienes me apoyaron tanto económica como moral y mentalmente, me alentaron a seguir, prepararme, y lograr esta meta importante en mi vida, de igual manera a mi hermano Felipe Arturo Reyes Ek, quien estuvo animándome y recordándome lo importante que es terminar la carrera. A Batuel Escandón Limón, que más que mi novio, ha sido mi amigo y compañero, que estuvo conmigo alegrando, animando y haciendo más llevadera mi vida a lo largo de estos últimos cuatro años. A mis amigos Ricardo Pacheco Moreno, Rosa Elena Tun Narváez, Alexia Michel Rivero Madera, Jorge Alejandro Ruiz Medina, Jordi Daniel Mis Dzul, quienes son personas con las que agradezco mucho el haber coincidido, que en presencia y a la distancia estuvieron para mí he hicieron interesante y divertido toso este proceso. De igual manera quiero agradecer a mis maestros, principalmente Al Dr. Eduardo Villanueva Couoh, que me ha apoyado con sus conocimientos durante mi preparación académica, en los experimentos de investigación desde mi actividad complementaria, servicio social, residencia profesional y tesis de titulación. Al maestro Geovanny Ayora Ricalde y Dr. Luis Pinzón López quienes fungieron como mis asesores de tesis, que con sus conocimientos me ayudaron a mejorar. De igual manera al maestro M.C. San German Bautista Parra, quien durante los últimos dos años me ayudo a desarrollar mis conocimientos permitiéndome llevarlos a la práctica y enseñándome muchas más cosas que son de importancia para mi carrera profesional.

RESUMEN

La inoculación con hongos micorrízicos arbusculares y las soluciones nutritivas ha permitido el crecimiento y desarrollo de la producción de algunas especies ornamentales; sin embargo, no se ha evaluado su efecto del todo en cultivos ornamentales. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la nutrición mineral de Steiner y uso de micorrizas en la producción como ornato Vinca (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don) bajo sistema protegido. Los tratamientos fueron el tratamiento testigo; Uso de solución Steiner al 100%; inoculación micorrízica; Solución Steiner al 100% más inoculación micorrízica al 10%; y solución Steiner al efecto 100% más inoculación micorrízica al 100%. Las plantas fueron inoculadas al trasplante tras aplicar una solución con los tratamientos de micorrizas. La solución Steiner se utilizó como fuente de elementos minerales aplicado dos veces por semana. Las variables de estudio fueron altura de planta, diámetro del tallo, área foliar, peso fresco y seco de las plantas y volumen de raíz. Los resultados mostraron incrementos en todas las variables exhibiendo posibles efectos de interacción entre la solución Steiner al 100% y el uso de micorrizas a una determinada concentración.

Palabras clave: *Catharanthus roseus*, micorriza, solución nutritiva.

ABSTRAC

Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and nutrient solutions has allowed the growth and development of the production of some ornamental species; However, its effect on ornamental crops has not been fully evaluated. The objective of the research was to evaluate the Steiner solution and micorrizal inoculation effect in the production of Vinca (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don) as ornament under a protected system. The treatments were the control treatment; Use of 100% Steiner solution; mycorrhizal inoculation; 100% Steiner solution plus 10% mycorrhizal inoculation; and Steiner solution to the effect 100% plus 100% mycorrhizal inoculation. The plants were inoculated upon transplant after applying a solution with the mycorrhizal treatments. The Steiner solution was used as a source of mineral elements applied twice a week. The study variables were plant height, stem diameter, leaf area, fresh and dry weight of the plants and root volume. The results showed increases in all variables, exhibiting possible interaction effects between the 100% Steiner solution and the use of mycorrhizae at a certain concentration.

Keywords: *Catharanthus roseus*, mycorrhiza, nutrient solution

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
DIRECCIÓN DEL PROYECTO DE TITULACIÓN	ii
CONFORMACIÓN DEL JURADO DEL ACTO PROTOCOLARIO	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Justificación	3
II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	4
2.1. Objetivo general	4
2.2. Objetivos específicos	4
2.3. Hipótesis	4
III. FUNDAMENTO TEÓRICO	5

	Pág.
3.1. Vinca (<i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don).	5
3.2. Taxonomía	5
3.3. Botánica	5
3.3.1. <i>Hojas</i>	6
3.3.2. <i>Tallo y raíz</i>	6
3.3.3. <i>Flores</i>	6
3.3.4. <i>Frutos y semillas</i>	7
3.4. Requerimientos edafoclimáticos	7
3.5. Requerimientos nutricionales	8
3.6. Principales plagas y enfermedades	8
3.7. Hongos benéficos para las plantas	9
3.8. Las micorrizas	10
3.9. La nutrición en las plantas con solución Steiner	12
IV. DESARROLLO DEL PROYECTO	14
4.1. Localización del sitio experimental	14
4.2. Tratamientos y diseño experimental	14
4.3. Material vegetal y siembra	15
4.4. Establecimiento del experimento	16
4.5. Trasplante	17

	Pág.
4.6. Variables de estudio	18
4.6.1. <i>Altura de planta</i>	19
4.6.2. <i>Diámetro del tallo</i>	19
4.6.3. <i>Peso fresco, número de hojas y área foliar</i>	19
4.6.4. <i>Volumen de raíz</i>	20
4.6.5. <i>Peso seco</i>	21
4.7. Análisis de la información	21
4.7.1. <i>Análisis de varianza</i>	21
4.7.2. <i>Comparación de medias de tratamientos</i>	22
V. RESULTADOS Y DISCUSIONES	23
5.1. Altura de planta	23
5.2. Diámetro del tallo	26
5.3. Número de hojas	27
5.4. Área foliar	28
5.5. Peso fresco y peso seco de la planta	29
5.5.1. <i>Peso fresco</i>	30
5.5.2. <i>Peso seco</i>	31
5.6. Volumen de raíz	32
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	35

VII. LITERATURA CITADA

36

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Figura 1. Diseño de tratamientos utilizado en la investigación con <i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don.	15
2. Figura 2. Emergencia de las plantas de vinca en las charolas de poliestireno a los 7, 14, 21 y 30 días después de la siembra.	16
3. Figura 3. Selección y trasplante de plantas de vinca (<i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don).	18
4. Figura 4. Disección y conteo de hojas de vinca (<i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don) en laboratorio.	20
5. Figura 5. Integrador del área foliar utilizado para la determinación del área foliar de las plantas de vinca (<i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don).	20
6. Figura 6. Dinámica del crecimiento de la altura de las plantas de vinca (<i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don).	24
7. Figura 7. Comparación de medias de tratamientos para la altura promedio final (mm) de la planta vinca (<i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don), (tukey, $\alpha=0.05$). T ₀ (Agua), T ₁ (Solución Steiner 100%), T ₂ (Micorriza 100% (2 g L ⁻¹)), T ₃ (Solución Steiner 100% + Micorriza 50% (1 g L ⁻¹)) y T ₄ (Solución Steiner 100% + Micorriza 100% (2 g L ⁻¹)).	25
8. Figura 8. Comparación de medias de tratamientos para diámetro promedio final del tallo (mm) de la planta vinca (<i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don), (Tukey, $\alpha=0.05$). T ₀ (Agua), T ₁ (Solución Steiner 100%), T ₂ (Micorriza 100% (2 g L ⁻¹)), T ₃ (Solución Steiner 100% + micorriza 50% (1 g L ⁻¹)) y T ₄ (solución Steiner	

	Pág.
100% + micorriza 100% (2 g L ⁻¹)).	26
9. Figura 9. Comparación de medias de tratamientos para el numero de hojas promedio final de la planta vinca (<i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don), (Tukey, $\alpha=0.05$). T ₀ (Agua), T ₁ (Solución Steiner 100%), T ₂ (Micorriza 100% (2 g L ⁻¹)), T ₃ (Solución Steiner 100% + Micorriza 50% (1 g L ⁻¹)) y T ₄ (Solución Steiner 100% + Micorriza 100% (2 g L ⁻¹)).	27
10. Figura 10. Comparación de medias por tratamiento para el área foliar promedio final (cm ²) de la planta de vinca (<i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don), (tukey, $\alpha=0.05$). T ₀ (Agua), T ₁ (Solución Steiner 100%), T ₂ (Micorriza 100% (2 g L ⁻¹)), T ₃ (Solución Steiner 100% + Micorriza 50% (1 g L ⁻¹)) y T ₄ (Solución Steiner 100% + Micorriza 100% (2 g L ⁻¹)).	29
11. Figura 11. Comparación de medias de tratamientos para el peso fresco promedio final (g) de la planta vinca (<i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don), (tukey, $\alpha=0.05$). T ₀ (Agua), T ₁ (Solución Steiner 100%), T ₂ (Micorriza 100% (2 g L ⁻¹)), T ₃ (Solución Steiner 100% + Micorriza 50% (1 g L ⁻¹)) y T ₄ (Solución Steiner 100% + Micorriza 100% (2 g L ⁻¹)).	30
12. Figura 12. Comparación de medias de tratamientos para el peso seco promedio final (g) de la planta vinca (<i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don), (Tukey, $\alpha=0.05$). T ₀ (Agua), T ₁ (Solución Steiner 100%), T ₂ (Micorriza 100% (2 g L ⁻¹)), T ₃ (Solución Steiner 100% + Micorriza 50% (1 g L ⁻¹)) y T ₄ (Solución Steiner 100% + Micorriza 100% (2 g L ⁻¹)).	31
13. Figura 13. Comparación de medias de tratamientos para el volumen de raíz promedio	

dio final (cm³) de la planta vinca (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don), (Tukey, $\alpha=0.05$). T₀ (Agua), T₁ (Solución Steiner 100%), T₂ (Micorriza 100% (2 g L⁻¹)), T₃ (Solución Steiner 100% + Micorriza 50% (1 g L⁻¹)) y T₄ (Solución Steiner 100% + Micorriza 100% (2 g L⁻¹)).

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El ser humano desde tiempos antiguos ha tenido un interés por el cultivo de plantas de tipo ornamental, debido principalmente por la belleza que estas plantas poseen.

En los últimos años, la producción mundial de plantas ornamentales ha aumentado extendiéndose mundialmente, creándose numerosos centros de producción localizados en países en desarrollo, los cuales abastecen de forma regular a los grandes consumidores.

En México, a pesar de no ser las plantas de ornato un producto básico, como en el caso de las frutas, hortalizas y oleaginosas, la producción de plantas ornamentales reviste una gran importancia cultural, ambiental, social y económica (Gámez *et al.*, 2017).

La vinca (***Catharanthus roseus***), es una planta cultivada frecuentemente en Cuba en patios y jardines como decorativa y medicinal. En Madagascar se comercializan sus hojas por los alcaloides presentes en ellas, principalmente vinblastina y vincristina con acción antineoplásica y también por sus raíces utilizadas como materia prima en la extracción de los alcaloides serpentina y ajmalicina. La principal demanda de hojas de esta planta es de parte de los Estados Unidos. De igual manera Reino Unido y Alemania muestran interés por estas plantas principalmente por las raíces (Acosta *et al.*, 2002).

1.2. Planteamiento del problema

La introducción de plantas a lugares lejanos de su lugar de origen ha sido una práctica común en la historia de la humanidad. Generalmente, los grandes movimientos colonizadores o de comercio han acarreado consigo el movimiento de plantas útiles para el ser humano (Espinosa, 2002).

En México y muchos países vinca (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don), es considerada una planta invasora. Es una maleza introducida en México, reportada en los estados de Baja California Sur, Campeche, Chiapas, Morelos, Quintana Roo, Sinaloa, Tabasco, Veracruz y Yucatán (Villaseñor *et al.*, 1998).

La vinca es una planta tóxica, sin embargo, esta posee químicos importantes como lo son la Vinblastina y la Vincristina, que en los últimos años han sido aislados y estudiados, los cuales se han utilizado para el tratamiento de diversas patologías como la leucemia infantil y otros tipos de cáncer.

Debido a todas las propiedades que la Vinca posee, y por su llamativa presentación de colores variados, reviste una especial importancia e interés para muchas personas; sin embargo, y a pesar de que su propagación es rápida en las regiones donde esta se encuentra, aún existen temas por evaluar, con la finalidad de obtener mejores rendimientos y su presentación para su comercialización como plantas ornamentales.

1.3. Justificación

La vinca es una planta ornamental, la cual, si no encuentra en las condiciones requeridas para su crecimiento y desarrollo, afectará la posibilidad de que esta se pueda cultivar en gran cantidad en condiciones protegidas.

Como es bien sabido, el cultivo de plantas en condiciones protegidas como es el caso de las casas sombras, invernaderos, macro y micro túneles, entre otros, ayudan a tener un mayor control de todo lo que se encuentre dentro de estos, propiciando así un mejor rendimiento de producción de los cultivos.

Uno de los principales estados productores de plantas ornamentales, es el Estado de México, donde se siembran especies ornamentales principalmente en agricultura protegida, destacando por el valor de la producción los cultivos de crisantemo, rosa, clavel, gerbera y nochebuena en maceta, donde la producción florícola se destina principalmente al mercado nacional de manera continua durante todo el año (SADER, 2020).

El estado de Yucatán no es considerado como productor de especies ornamentales ya que son pocos los que están dedicados a la producción dentro de este sector. Sin embargo, centrándonos con la producción de las plantas ornamentales, específicamente en las vincas, el estado de Yucatán posee condiciones para la propagación y el cultivo de la Vinca, únicamente es necesario contar con el paquete tecnológico para su producción a mayor escala para todo tipo de objetivos, principalmente comerciales.

II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la solución Steiner y la inoculación con micorrizas en la producción de Vinca (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don) en condiciones protegidas.

2.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la fertilización de Steiner (1961) al 100% en la producción de Vincas (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don) bajo condiciones protegidas
- Determinar el efecto de la aplicación de micorrizas en el crecimiento de *Catharanthus roseus* (L.) G. Don.
- Definir el efecto del uso combinado de la solución Steiner y la inoculación micorrízica en la precocidad de la floración de *Catharanthus roseus* (L.) G. Don.

2.3. Hipótesis

El uso de la solución nutritiva Steiner al 100% y la inoculación micorrízica tienen efecto en el crecimiento y desarrollo de Vinca (*Catharanthus roseus*) (L.) G. Don).

III. FUNDAMENTO TEÓRICO

3.1. Vinca (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don).

Catharanthus roseus (L.) G. Don, vicaria, es una planta cultivada en Cuba frecuentemente en patios y jardines como decorativa y medicinal. (Acosta *et al.*, 2002). Esta planta es muy llamativa debido a los colores que presentan, por ejemplo, el color rojo, fucsia, blanco, morado, lila, vino, rosado, colores combinados, entre otros, y a pesar de ser considerada como maleza, ha adquirido un valor comercial y una apreciación en muchos lugares.

3.2. Taxonomía

Reino:	Plantae
Subreino:	Traqueobionta (plantas vasculares)
División:	Magnoliophyta (plantas con flor)
Superdivisión:	Spermatophyta (plantas con semillas)
Clase:	Magnoliopsida (dicotiledóneas)
Subclase:	Asteridae
Orden:	Gentianales
Familia:	Apocynaceae
Género:	<i>Catharanthus</i>
Especie:	<i>roseus</i> (L.) G. Don, 1837

(Vibrans, 2009).

3.3. Botánica

El género *Catharanthus* tiene ocho especies, 7 especies son originarias de Madagascar, excepto *pusillus* que se encuentra en la india y Sri Lanka, la diferencia entre las especies es la composición de los alcaloides y las diferentes coloraciones en su corola. Es una planta perenne, con floración en todo el año y es usualmente cultivada como planta de ornato o planta de jardín

por su fácil mantenimiento (Cruz *et al.*, 2016).

3.3.1. Hojas

Es una hierba, leñosa en su base y muy ramificada, que puede alcanzar hasta 80 cm de altura, presenta hojas opuestas, oblongas, simples, enteras, de color verde oscuro, brillantes en el haz y cortamente pecioladas. Sus ramas pueden ser erectas o decumbentes (Acosta *et al.*, 2002). Hojas opuestas, oblongo-elípticas a obovado-elípticas, de 2 a 7 cm de largo y de 1 a 4 cm de ancho, ápice ligeramente apiculado, base obtusa a cuneada (Hanan *et al.* 2009).

3.3.2. Tallo y raíz

Hierba perenne, hasta 1 m de altura. Tallos pubérulos cuando jóvenes, luego glabrescentes (Degen *et al.*, 2017). Es un arbusto bajo y compacto, los tallos miden unos cuatro milímetros de diámetro y hasta sesenta centímetros de altura, contiene látex blanco y lechosos, son tallos hirsútulos a glabros, de los extremos de los tallos nacen las características flores. Tanto los tallos como las hojas son de color verde cuya claridad depende de la cantidad de luz que reciban (Hernández, 2011). El sistema radicular de las Vincas es muy complejo, consistiendo en múltiples raicillas que nacen de una raíz principal corta y rígida que se encuentra bajo el tronco principal de la planta. Debido a que en su hábitat natural el suelo siempre contiene abundante agua las raíces no son muy largas, y están poco protegidas contra la sequedad, lo que las hace muy frágiles (pecesornamentalesmarinodulce, 2013).

3.3.3. Flores

Sus flores relativamente grandes son axilares, solitarias, de corto pedúnculo. Existen varias formas diferenciadas por la coloración de las flores que van desde el blanco, blanco con centro

rojo, blanco con centro disperso hasta el rosa violeta. (Acosta *et al.*, 2002), aunque Alor *et al.*, (2012) las describe como flores blancas, con un tubo básico de 2.5 a 3 cm de largo y una corola de 2 a 5 cm de diámetro con cinco pétalos como los lóbulos.

Cáliz sin glándulas en la base, con sépalos de $2-6 \times 1-1.5$ mm, ovado-angostos, largamente acuminados. Corola hipocrateriforme, blanca, lila, rosada o rojiza, a veces con franjas de estos colores o con la garganta de la corola rojiza, tubo de 2-2.6 cm longitud, aproximadamente 2 mm de diámetro en la base, sin apéndices, lóbulos de $1.4-2.5 \times 1.3-2.3$ cm, levocontortos, obovados y asimétricos cuando extendidos. Estambres con anteras de 2-2.5 mm longitud, subsésiles. Ovario de 2-3 mm longitud, rodeado por dos nectarios de igual altura que alternan con los dos carpelos libres, estilo angosto, y cabeza estigmática con ala anular breve en la base y cortamente bilobulada en el ápice (Degen *et al.*, 2017).

3.3.4. Fruto y semilla

El fruto es un folículo dehiscente que contiene numerosas semillas (más de 20) de color negro (Acosta *et al.*, 2002). Este se encuentra conformado por un par de folículos de 2 a 4 cm de largo y 3 mm de ancho (Acosta y Rodríguez, 2002). Por su parte Hernández, (2011) describe al fruto de *Catharanthus roseus* como un fruto trilobular, pubescente, conteniendo de 20 a 30 semillas de color negro de aproximadamente 0.5 cm de diámetro. Sus semillas miden 2.0 mm de largo, 1.0 mm de ancho, son ovadas a elípticas, rugosas y de color negro.

3.4. Requerimientos edafoclimáticos

Para el desarrollo y crecimiento correcto o adecuado de las plantas de Vinca es necesario

contar con ciertos factores como la fertilidad, la humedad, la luz, la textura del suelo, el pH del suelo, el agua, temperatura, entre otros.

La planta de **Vinca** se aprecia por su resistencia en condiciones de falta de agua y deficiencia de nutriente; es popular en los jardines de zonas subtropicales donde las temperaturas nunca bajan de 5° a 7° C, y como planta de lecho floral en jardines de países de clima templado durante la estación más cálida. Se seleccionan por su período de floración más prolongado, a través del año en condiciones tropicales, y a partir de la primavera a finales de otoño en climas templados cálidos, prefieren pleno sol y suelo bien drenado. Se multiplica por semilla en enero y febrero, germina entre 10 a 20 días de 18° a 24° C (Alor *et al.*, 2012).

3.5. Requerimientos nutricionales

Los procesos fundamentales en la nutrición de las plantas comprenden la absorción de los nutrientes, el intercambio de gases, el transporte de nutrientes en toda la planta, el catabolismo entendido como la degradación de las moléculas. Así mismo, para asegurar la nutrición y crecimiento de plantas es indispensable la fertilidad, la textura y el pH del suelo, así como agua, temperatura, energía luminosa, entre otros factores. (Waizel, 2008). Evaluaciones con *Vicaria* en etapa de vivero cultivadas en maceta revelaron que la adición de vermicomposta al sustrato mejoró los indicadores nutricionales en más de un 50% así como el incremento de biomasa (Alor *et al.*, 2012).

3.6. Principales plagas y enfermedades

Las enfermedades de la Vicaria son infecciones principalmente causadas por el hongo oídio, caracterizado por tener un micelio de polvo blanco, el cual se controla con azufre; puede aparecer podredumbre en las raíces cuando hay exceso de agua. En los semilleros las mayores afectaciones son las ocasionadas por el hongo *Rhizoctonia solani*. También se han detectado, pero sin constituir una enfermedad *Puccinia vincae*, *Curvularia sp.*, *Alternaria sp.*, *Corynespora sp.*, *Phyllosticta sp.* Respecto a las plagas, principalmente los pulgones y hormigas negras locas pueden parasitar a la Vinca, estos se eliminan con bioinsecticidas como hojas de neem o virutas de cigarrillos (Alor *et al.*, 2012).

Otras plagas que afectan a las plantas de vinca son: *Hypothenemus minutus*, coleóptero que perfora las ramas provocando la muerte de las más jóvenes; *Cerosipha gossypii*, pulgón vector de enfermedades virales; *Atta insularis*, bibijagua que defolia las plantaciones y *Acheta assimidis*, grillo que incide mayormente en los semilleros (Acosta *et al.*, 2002).

3.7. Hongos benéficos para las plantas

El uso de hongos en la agricultura es una práctica cada vez más utilizada y constituye uno de los avances más significativos en la búsqueda de soluciones para el mejoramiento del suelo y control efectivo de patógenos. Existen variados hongos que son utilizados en la agricultura, pero los que más se han destacado por sus beneficios son trichodermas y hongos micorrízicos, los que son beneficiosos para la absorción de nutrientes, desarrollo radicular y combatiendo patógenos (Brown, 2018).

Las plantas han desarrollado numerosas estrategias desde que colonizaron los ecosistemas terrestres, para hacer frente a los diversos retos bióticos y abióticos. Una de las más eficaces es

la capacidad de los sistemas de raíces, para establecer relaciones simbióticas mutualistas benéficas con los microorganismos (Camarena, 2012).

Existe una amplia gama de interrelaciones entre especies de microorganismos en los ecosistemas, en la rizósfera, uno de los principales sitios donde se presentan microorganismos, específicamente funcionales, como fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fosfatos, promotores del crecimiento vegetal, biocontroladores y especies patogénicas, normalmente, compiten por espacio y por nutrientes. Estas interrelaciones entre microorganismos inciden en la interacción suelo-planta-microorganismos-ambiente y repercuten, de forma directa, en el crecimiento y en el desarrollo de las especies vegetales (Cano, 2011).

3.8. Las micorrizas

Las micorrizas son asociaciones simbióticas entre los hongos micorrízicos y las raíces de las plantas. La planta intercambia fotosintetados por nutrientes, que el hongo obtiene del suelo, como nitrógeno y fósforo. Las plantas micorrizadas son más resistentes a la infección por patógenos, toleran mejor el estrés, y además promueven la conservación del suelo (Carrillo *et al.*, 2022).

La función principal de esta asociación simbiótica es el intercambio de nutrientes. Por un lado, la planta le da al hongo carbono adquirido vía fotosintética y por otro, el hongo ofrece principalmente nitrógeno y fósforo (Smith *et al.*, 2010).

No obstante, la importancia del uso de micorrizas en la producción agrícola es principalmente por su asociación con la planta lo que facilita la absorción de nutrientes y otros aspectos que

maximizan dicha producción. En México no existen estudios dirigidos a determinar la diversidad y abundancia de hongos micorrízicos arbusculares en cultivos ornamentales. Existen algunas evidencias de efectos de las micorrizas en plantas ornamentales citados por varios autores como Maronek *et al.*, (1980) quienes encontraron que la inoculación con *Glomus fasciculatum* promovió el crecimiento de plantas de magnolia. Bernard y Linderman (1983) reportaron una reducción del tiempo a floración de plantas de geranio (*Pelargonium x hortorum* Bailey) inoculadas con *Glomus fasciculatum*.

En sus evaluaciones con plantas de Dalia (*Dahlia* x *hybrida* var. Fresco) inoculadas con el hongo micorrízico arbuscular (*Funneliformis mosseae*) García *et al.*, (2021) observaron que la aplicación del hongo micorrízico incrementó la altura de las plantas, el número de flores y el índice de cosecha, en comparación a las plantas en las cuales se realizó la fertilización química, y se registró una colonización del 68% en las plantas micorrizadas. Los resultados indican que la inoculación con el hongo micorrízico incrementó el crecimiento de las plantas de Dalia.

Arriaga *et al.*, (2009) trabajando con *Lilium* sp. cv *Orange Pixie* encontraron que *lilium* es susceptible a la colonización por *G. fasciculatum* y que a su vez incrementó el diámetro del tallo, la longitud y el diámetro del botón, el peso seco y la vida de la flor. Con la inoculación de *G. fasciculatum* y 22 µg mL⁻¹ de P. se obtuvo la mayor calidad comercial de flor y se adelantó la floración. La inoculación podría reducir el uso de fertilizantes químicos en 50%. En contraste, Cárdenas-Hidalgo *et al.*, (2022) estableció en su trabajo con *Lilium hybrida* que no encontró efecto positivo de la inoculación micorrízica con *Glomus clarum*, *G. etunicatum*, *G. intraradices* sobre el crecimiento de la planta.

3.9. La nutrición en las plantas con solución Steiner

La solución Steiner es una solución nutritiva, donde se encuentran disueltos los nutrientes esenciales para el adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas. La solución universal Steiner es un fertilizante, y se compone de macronutrientes: nitrógeno, fósforo y potasio, que son los elementos más demandados para el desarrollo de los cultivos, y de micronutrientes como: cloro, calcio, magnesio, azufre, boro, fierro, manganeso, zinc y molibdeno, elementos que se requieren en menor proporción.

En 1961 Steiner en Holanda, propuso el concepto de la solución nutritiva universal. Esta solución nutritiva clasifica a los nutrimentos según su carga eléctrica. Steiner propuso que debe existir una relación entre estos, aniones y cationes para que las plantas puedan aprovecharlos al máximo. Determinó que la relación entre los aniones debe de oscilar entre; 50-70% de NO_3^- , 3-20% de H_2PO_4^- y 24-40% de $\text{SO}_4^{=}$. Para el caso de los cationes 30-40% de K^+ , 35-55% de Ca^{++} y 15-30% de Mg^{++} . Finalmente sugirió que la solución nutritiva universal debía contener las proporciones entre aniones y cationes (Castellanos, 2009).

En sus evaluaciones con orquídeas (*Laelia autumnalis* y *Paphiopedilum insigne*) Jiménez *et al.*, (2019) hallaron que el uso de la solución de Steiner incrementó el número de hojas (100%), pseudobulbos (133%), área foliar (80%), peso fresco total (78%) y peso seco total (125%), en comparación con las plantas tratadas sólo con agua (testigo).

En biznaga ‘barril azul’ (*Ferocactus glaucescens* (DC.) Britton y Rose) se evaluaron 12 tratamientos considerando diversas concentraciones nutritivas, hallándose la solución nutritiva Steiner al 50% y la solución elaborada con 800 mg L⁻¹ con el balance de 100-50-100 de NPK a los 153 días después del trasplante plantas con mayor biomasa y tamaño comercial con altura y

diámetro de tallo superior a 6 cm (Villavicencio *et al.*, 2019).

Rojas *et al.*, 2013 determinó respecto al uso de las soluciones nutritivas en la producción de flores perrito (*Antirrhinum majus L.*), que su efecto estará en función de la estación de crecimiento, en verano menos concentradas y en invierno más concentradas respecto a su potencial osmótico.

En evaluaciones con Freesia (*Freesia x hybrida*) para flor de corte se determinó que al inicio de la floración, con la solución Steiner a 100% se obtuvieron plantas con menores valores de altura de planta (49 cm), longitud del tallo floral (37 cm), área foliar por planta (170 cm²), lecturas SPAD (62), longitud de la espiga (8.5 cm), número de flores por espiga (8), grosor del tallo (3.6 mm), biomasa seca de tallo, hoja y total, mientras que con la concentración de 25% se obtuvieron los mayores valores de altura de planta (59.4 cm), lecturas SPAD (71.7), longitud del tallo floral (61 cm), longitud de la espiga (11 cm), número de flores por espiga (12), grosor del tallo (5.0 mm) y de vida de florero (12 d).

IV. DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1. Localización del sitio experimental

El trabajo experimental de investigación se realizó en el periodo de mayo a noviembre del año 2023 bajo condiciones protegidas, en las instalaciones del Tecnológico Nacional de México Campus Conkal en el estado de Yucatán, ubicado en el kilómetro 16.3 de la antigua carretera Mérida-Motul en un invernadero perteneciente al área de Ornamentales Tropicales, perteneciente al DEPI. Sus coordenadas geográficas son: 21° 08' latitud norte y 89°35' longitud oeste del meridiano de Greenwich, con una altitud de 10 msnm. Predomina el clima cálido subhúmedo con lluvias regulares en verano (mayo - julio). Tiene una temperatura media anual de 26. 6° C y precipitación pluvial media anual de 469 milímetros. Humedad relativa promedio anual: marzo 66%- diciembre 89%.

4.2. Tratamientos y diseño experimental

Se evaluaron cinco tratamientos T₀ el tratamiento testigo; T₁ Nutrición Steiner; T₂ inoculación de micorriza al 100% (2 g L⁻¹ de agua); T₃ Nutrición Steiner + inoculación micorrízica al 50% (1 g L⁻¹ de agua); T₄ Nutrición Steiner + inoculación micorrízica al 100% (2 g L⁻¹ de agua). El diseño experimental empleado fue el de bloques al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental estuvo conformada por 6 macetas con planta. Los tratamientos fueron asignados aleatoriamente en cada bloque.

BLO 4	T3	T2	T4	T1	T0
BLO3	T3	T2	T1	T0	T3
BLO2	T2	T4	T0	T1	T3
BLO 1	T2	T0	T1	T3	T4

Figura 1. Diseño de tratamientos utilizado en la investigación con *Catharanthus roseus* (L.) G. Don.

4.3. Material vegetal y siembra

Las semillas de se obtuvieron de plantas de vinca que se cultivan en una casa sombra perteneciente al Laboratorio de Biotecnología y Fisiología Vegetal del Tecnológico de México Campus Conkal. Las semillas fueron sembradas en charolas de poliestireno de 200 cavidades, utilizando como sustrato Peat moos el cual previamente fue humedecido con agua y después colocado en las charolas. A cada una de las cavidades se le hizo un pequeño agujero donde fueron depositadas las semillas, tapándolas con una capa fina de sustrato previamente humedecido. Posteriormente, las charolas fueron envueltas con plástico negro y colocadas en un lugar sombreado para promover el proceso de germinación uniforme. La emergencia inicio a partir de los 5 días y continuo hasta los 8 días después de la siembra (DDS), por lo que, a partir del primer día de emergencia de estas plántulas, se retiró el plástico negro con el que las charolas estaban cubiertas.

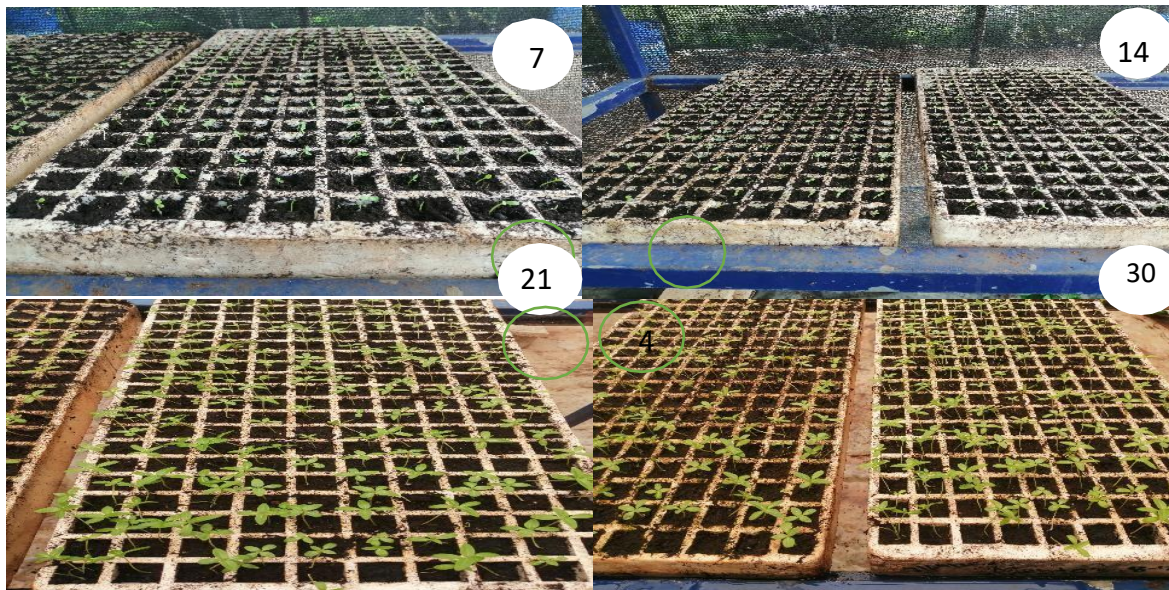


Figura 2. Emergencia de las plantas de vinca en las charolas de poliestireno a los 7, 14, 21 y 30 días después de la siembra.

4.4. Establecimiento del experimento

El experimento se estableció en condiciones protegidas con plástico de 25% de sombra.

Se instaló un Datalogger (LogTag HAXO-8, Karlsruhe, Alemania) con el cual se determinó la temperatura promedio en el invernadero ($30.6\text{ }^{\circ}\text{C}$), la intensidad de luz ($2,120\text{ }\mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$) y humedad relativa durante el ciclo de cultivo (64.3%).

Se evaluaron 2 concentraciones de solución de Micorrizas 100% (2 g L^{-1}) y una de 50% (1 g L^{-1}) mientras que la solución nutritiva fue una sola (100%). Para la realización del experimento se adquirió el producto de una marca comercial de micorriza M-300 *Glomus intraradices*, el cual es un inoculante de uso agrícola con una composición porcentual de 30% de *Glomus intraradices*, equivalente a 300 propágulos (esporas, hifas y raíces colonizadas) y el 70% es de

Tierra de Diatomeas.

Para la preparación de las dosis se realizó una investigación bibliográfica y con ello se establecieron las dosis de micorriza a utilizar en los tratamientos.

Elegidos los tratamientos y las dosis se inició la preparación mediante el pesado del producto comercial para su posterior dilución en un litro de agua, se utilizó un agitador para la correcta dilución del polvo humectante y esto se agitó durante 5 minutos aproximadamente. las dosis diluidas fueron de 1 g L^{-1} y 2 g L^{-1} . Las dosis de la solución micorrízica se aplicaron a los respectivos tratamientos, preparando dos litros para cubrir cada tratamiento repartiendo por planta 50 mL de solución de Micorriza. La aplicación de las dosis fueron una sola vez y directamente al sustrato lo más cerca posible al cuello de la planta.

Antes de la preparación de la solución de Steiner para la aplicación en los tratamientos seleccionados, se ajustó el pH del agua a 6.

La fertilización se realizó junto con el riego. Se utilizó como fuente de fertilizante el Nitrato de Calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, Nitrato de Potasio KNO_3 , Sulfato de Potasio K_2SO_4 , Sulfato de Magnesio MgSO_4 , y Ácido fosfórico H_3PO_4 en sus respectivas cantidades.

El riego se realizó de forma manual utilizando una probeta con el que se medía la cantidad de agua que era necesaria para regar cada planta dependiendo el tratamiento al que estas estarían sometidas. Este riego se daba 3 veces a la semana, los días lunes, miércoles y viernes. Normalmente se trataba de dar el riego por las mañanas.

4.5. Trasplante

Las plantas fueron trasplantadas en macetas de plástico de seis pulgadas, las cuales fueron tratadas con agua y cloro a razón de 1 mL L⁻¹. El sustrato de las macetas estuvo compuesto 50% de Peat moss + 10% de tepezil + 20% de agrolita + 20% de tezontle. El trasplante se realizó a los 30 días después de la siembra una vez que las plántulas alcanzaron una altura de 3 a 5 cm y presentaron de tres a cuatro pares de hojas. Se seleccionaron plantas con buen aspecto visual. El método de elección de plántulas para el trasplante se realizó descartando aquellas que tienen lesiones o no han alcanzado la altura, diámetro y el desarrollo de raíz suficiente para ser utilizadas. Una vez seleccionadas, se trasplanto una planta por maceta teniendo cuidado de dejar afuera el cuello de la planta.



Figura 3. Selección y trasplante de plantas de vinca (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don).

4.6. Variables de estudio

Las variables para evaluar fueron el diámetro del tallo, la altura de la planta, el peso fresco y el peso seco de la planta, el volumen de raíz y área foliar de las plantas muestreadas. Para todos los muestreos fueron consideradas cuatro plantas por tratamiento.

4.6.1. Altura de planta

La medición de la altura de la planta se llevó a cabo mediante el uso de un flexómetro, considerando desde la base de la planta hasta la parte terminal de la misma. Estas mediciones fueron tomadas al trasplante, 14 DDT, 35 DDT y 49 DDT. Entre el periodo de la medición dos y tres se realizó el pinchado de todas las plantas.

4.6.2. Diámetro del tallo

El diámetro del tallo fue medido con un vernier digital considerando 5 cm arriba de nivel del sustrato. Se realizaron tres mediciones al momento del trasplante, 7 DDT y la última a la cosecha de las plantas (floración, 36 DDT).

4.6.3. Peso fresco, número de hojas y área foliar

La medición del peso fresco de las plantas de Vinca fue tomado al finalizar el experimento (36 DDT). Las plantas muestreadas fueron lavadas para retirar el sustrato adherido a las raíces. Las mediciones fueron realizadas por bloque para evitar posibles efectos en el peso por deshidratación de las plantas por el manejo de las mismas. Para tomar el peso fresco de las plantas, éstas fueron llevadas al Laboratorio de Biotecnología y Fisiología Vegetal del Tecnológico de Conkal, y fueron pesadas en una báscula de .01 g de precisión. Cada planta fue seccionada por partes, raíz y parte aérea (tallo + hojas + flores). La obtención del peso fue

mediante una báscula de precisión marca OAUS.

Las hojas de cada planta de cada tratamiento se cortaron, contando el número de hojas por planta. Luego fueron pasadas a través del integrados de área foliar marca Liquor para determinar el área foliar por planta por cada tratamiento.



Figura 4. Disección y conteo de hojas de vinca (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don) en el laboratorio.

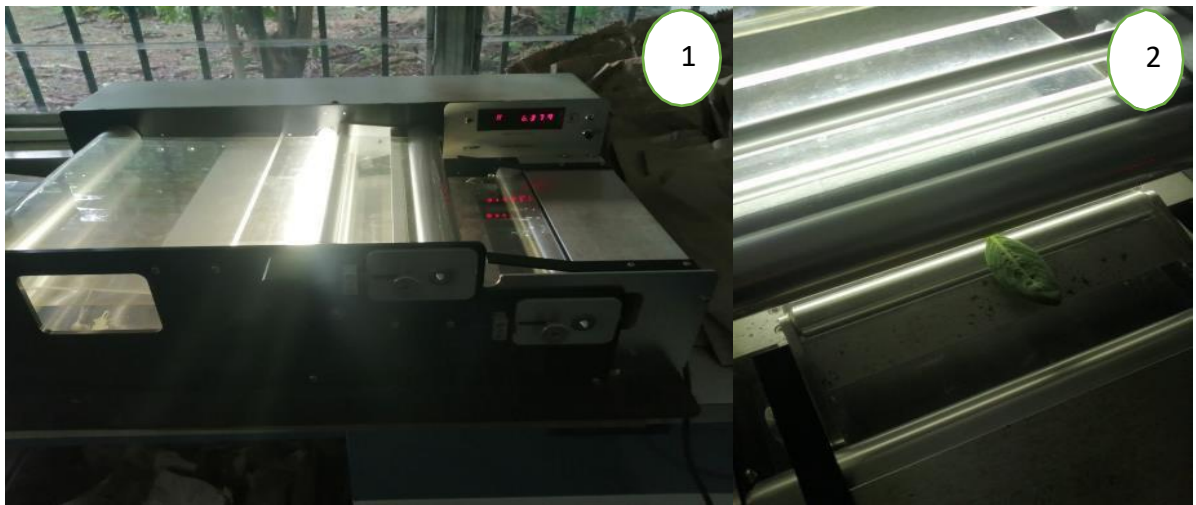


Figura 5. Integrador del área foliar utilizado para la determinación del área foliar de las plantas de vinca (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don).

4.6.4. Volumen de raíz

Para la obtención del valor del volumen de raíz de cada planta se utilizaron las raíces de éstas obtenidas en la disección para la toma de peso fresco. Con el uso de una probeta con capacidad 500 mL, esta se llenó hasta 300 mL de agua y las raíces de cada planta fueron introducidas una a una y por diferencia entre el volumen conocido y el volumen de agua incrementado por la introducción de la raíz se determinó el volumen de raíz de las mismas.

4.6.5. Peso seco

Al finalizar todas las mediciones de peso fresco propuestas, las plantas se colocaron en bolsas de papel etiquetadas previamente y fueron puestas dentro de una estufa Isotempoven model 655 Fisher Scientific a una temperatura de 75°C por tres días para llevarlas al peso seco. Se estuvieron monitoreando para evitar algún tipo de daño. Terminado el proceso de secado de las plantas, estas fueron pesadas nuevamente, en una balanza analítica marca OAUS para obtener el peso seco por planta por cada tratamiento.

4.7. Análisis de la información

4.7.1. Análisis de varianza

Los datos obtenidos en las variables de estudio fueron ordenados y sometidos a su análisis de varianza utilizando el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System Institute). El modelo estadístico considerado en dicho análisis fue el de bloques completos al azar.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor observado del tratamiento ij-ésimo

μ = Media general

τ_i = Efecto del tratamiento i-ésimo

β_j = Efecto del bloque 1 al bloque j-ésimo.

E_{ij} = Error aleatorio asociado a la observación Y_{ij}

4.7.2. Comparación de medias de tratamientos

La determinación de los mejores tratamientos se llevó a cabo mediante la prueba de comparación múltiple de medias propuesta por Tukey, con un nivel de significancia del 5%.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Es indudable que el efecto de la inoculación con hongos micorrízicos en diversas especies tiene efectos positivos en su crecimiento y desarrollo. Sin embargo, en muchas ocasiones la asociación planta – hongo – suelo es específica, por lo que al inocular los resultados no son los esperados. Quizá por ello, en el caso de plantas ornamentales son pocos los trabajos que reportan resultados por efecto del uso de micorrizas.

5.1. Altura de planta

La dinámica del crecimiento de las plantas de vinca (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don) de los tratamientos evaluados (Figura 6) muestra un crecimiento muy similar en su tendencia, pero con diferencias en la magnitud en la altura de la planta sobre todo a partir del muestreo dos (14 días después del trasplante).

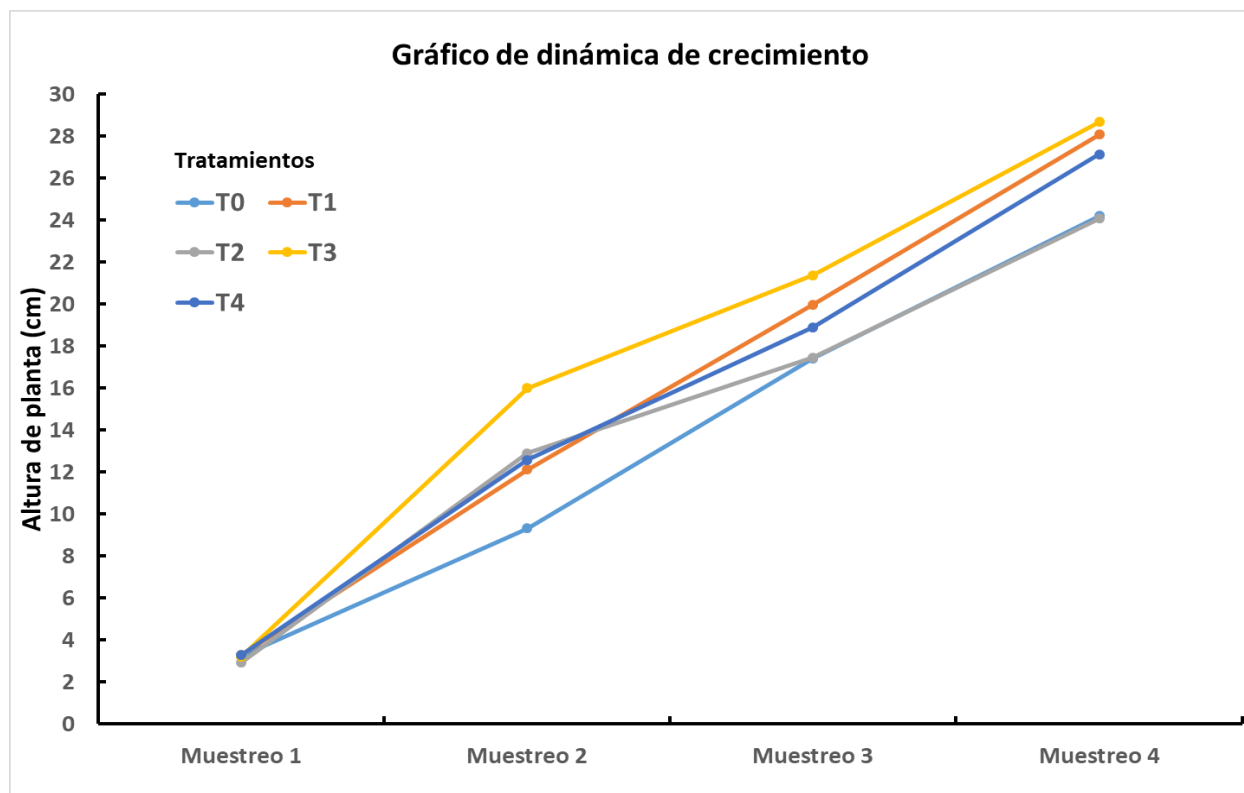


Figura 6. Dinámica del crecimiento de la altura de las plantas de vinca (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don). T₀ (agua), T₁ (solución Steiner 100%), T₂ (micorriza 100% (2 g L⁻¹)), T₃ (solución Steiner + micorriza 50% (1 g L⁻¹)), T₄ (solución Steiner + micorriza 100% (2 g L⁻¹)).

El tratamiento que estadísticamente promovió una mayor altura de planta fue el T₃ consistente en el uso de la solución Steiner + inoculación micorrízica al 50%, con una altura final promedio de la planta de 28.67 cm. (Tukey, $\alpha=0.05$). Dicho tratamiento resultó estadísticamente igual al crecimiento de las plantas de Vinca con solamente la solución Steiner al 100% (T₁) el cual indujo una altura promedio de las plantas de 28.06 cm. (Figura 7).

Los resultados hallados ponen de manifiesto el efecto de la inoculación micorrízica en la producción de plantas de ornato, como la planta de Vinca. Resultados similares se han observado con la inoculación de HMA en Caléndula en donde se estudió una relación entre la colonización de las raíces y el efecto del crecimiento (Vaingankar *et al.*, 2015).

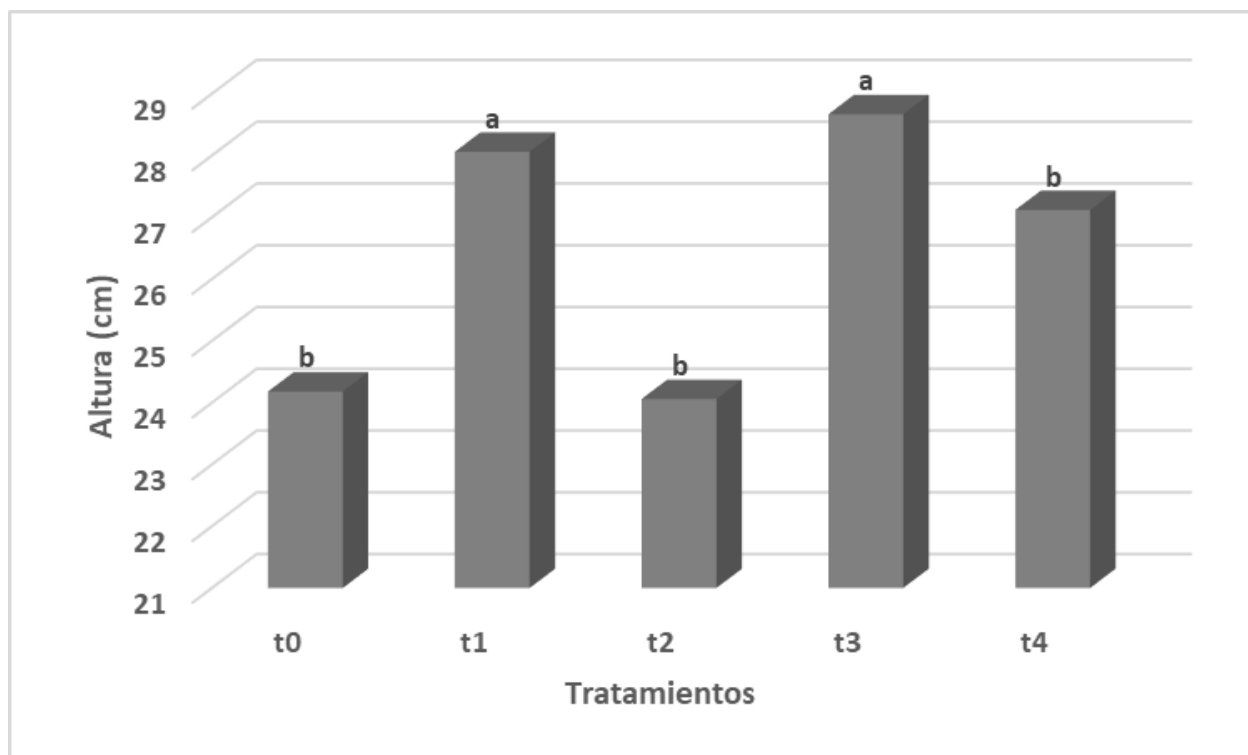


Figura 7. Comparación de medias de tratamientos para la altura promedio final (mm) de la planta vinca (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don), (Tukey, $\alpha=0.05$). T₀ (Agua), T₁ (Solución Steiner 100%), T₂ (Micorriza 100% (2 g L⁻¹)), T₃ (Solución Steiner 100% + Micorriza 50% (1 g L⁻¹)) y T₄ (Solución Steiner 100% + Micorriza 100% (2 g L⁻¹)).

De forma similar en trabajos de investigación, como el realizado por Uk *et al.*, (2019) en *Heliconia stricta*, donde encontraron que *Rhizophagus intraradices*, Zac-19 promovió una mayor altura de planta. De acuerdo con Ricardez (2020), las micorrizas establecen relaciones simbióticas con las plantas, específicamente en las raíces, lo que ayuda con una mejor absorción de los nutrientes proporcionados a las plantas, favoreciendo al desarrollo y crecimiento de estas. La aplicación de micorrizas arbusculares bajo estructuras protegidas favorece en la altura que estas plantas adquieren.

5.2. Diámetro del tallo

Para el diámetro de tallo todos los tratamientos con solución Steiner y micorrizas evaluados mostraron superioridad sobre el tratamiento testigo (Tukey, $\alpha=0.05$) (Figura 8). En el mismo cuadro puede apreciarse que los tratamientos T₃ (solución Steiner 100% + micorriza 50% (1 g L⁻¹)) y T₄ (solución Steiner 100% + micorriza 100% (2 g L⁻¹)) resultaron sobresalientes por su influencia el diámetro del tallo de la planta de Vinca.

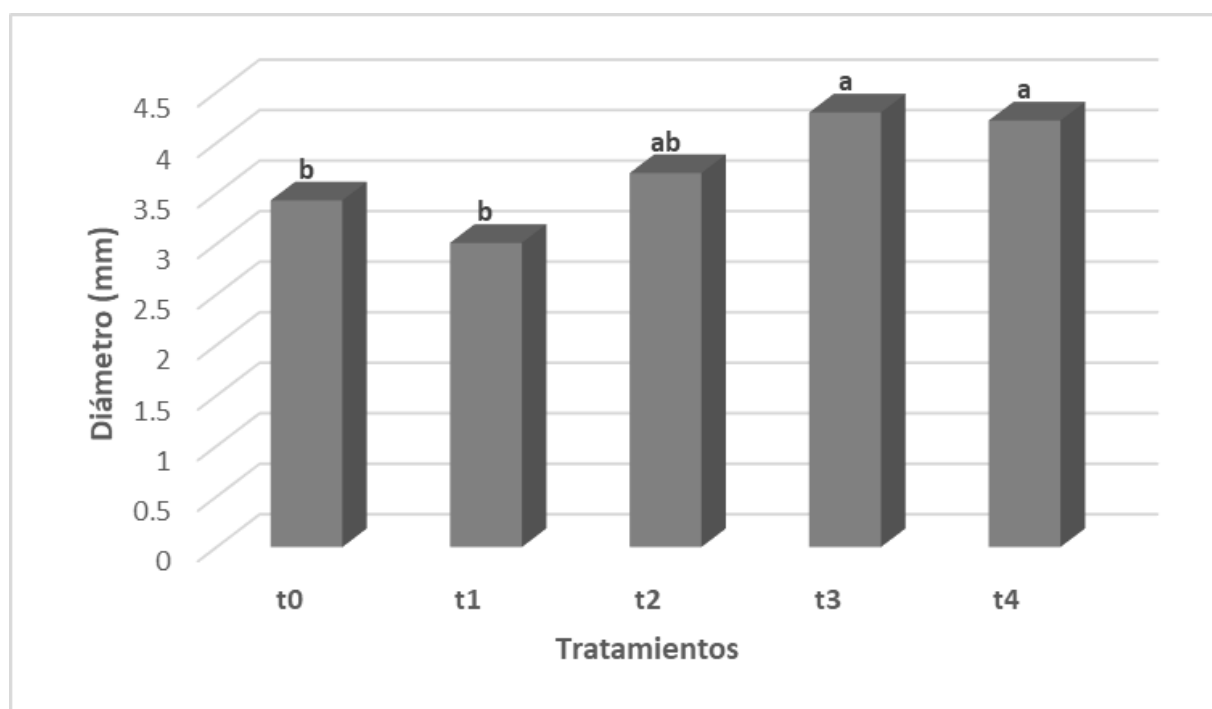


Figura 8. Comparación de medias de tratamientos para diámetro promedio final del tallo (mm) de la planta de vinca (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don), (Tukey, $\alpha=0.05$). T₀ (Agua), T₁ (Solución Steiner 100%), T₂ (Micorriza 100% (2 g L⁻¹)), T₃ (Solución Steiner 100% + Micorriza 50% (1 g L⁻¹)) y T₄ (Solución Steiner 100% + Micorriza 100% (2 g L⁻¹)).

Estos resultados muestran una posible interacción entre la concentración de la solución Steiner y la inoculación micorrízica, debido a que, a mayor contenido de nutrientes en la fertilización, mayor puede ser el efecto micorrizico para facilitar la captación de nutrimentos, facilitando la

absorción de éstos y por consecuencia un mayor efecto en el crecimiento. El efecto micorrizico coincide con lo hallado por Arriaga *et al.*, (2009) quienes observaron plantas de *Lillium* sp. con diámetro de tallo más grandes por la inoculación con *Glomus fasciculatum*.

5.3. Numero de hojas

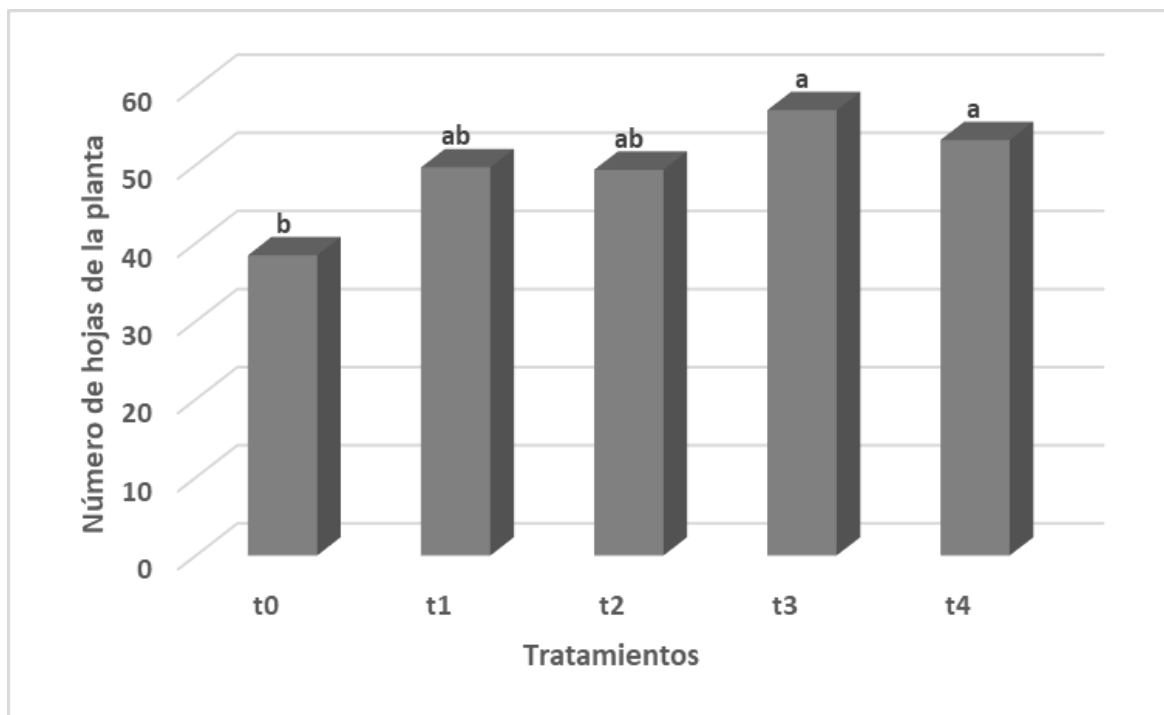


Figura 9. Comparación de medias de tratamientos para el numero de hojas promedio final de la planta vinca (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don), (Tukey, $\alpha=0.05$). T₀ (Agua), T₁ (Solución Steiner 100%), T₂ (Micorriza 100% (2 g L⁻¹)), T₃ (Solución Steiner 100% + Micorriza 50% (1 g L⁻¹)) y T₄ (Solución Steiner 100% + Micorriza 100% (2 g L⁻¹)).

Respecto al número de hojas de los tratamientos evaluados, los resultados mostraron al tratamiento T₃ (solución Steiner + micorriza 50%) con mayor número de hojas promedio por planta (57.00), tratamiento estadísticamente igual al tratamiento T₄ (solución Steiner + micorriza 100%) con un valor promedio de 53.18 (Figura 9).

De acuerdo a Pérez (2017), la nutrición mineral en plantas es importante ya que toda planta necesita de ciertos elementos químicos que adquieren del suelo a través de las raíces. La insuficiencia de un elemento presente en el suelo, reduce el crecimiento de los cultivos. Sin embargo, el aporte de nutrientes puede favorecer a dichos cultivos, pero un exceso de estos aportes nutricionales no asegura la eficacia. Microorganismos como hongos micorrizicos o bacterias fijadoras mejoran la absorción de los nutrientes aportados a las plantas.

Con los resultados obtenidos en este experimento, se comprueba que un adecuado nivel nutricional con el uso mínimo de hongos micorrizicos, beneficia el crecimiento y desarrollo de plantas de vincas en macetas, ya que presentan un mayor número de hojas las cuales son la fuente principal para realizar la fotosíntesis.

5.4. Área foliar

En el análisis del área foliar de *Catharanthus roseus* hubo diferencia significativa (Tukey, $\alpha=0.05$), el tratamiento que presentó mayores valores fue el tratamiento T₃ (nutrición Steiner + micorriza 50% (1 g L⁻¹)), sin embargo, los tratamientos T₁ (Nutrición Steiner al 100%) y T₄ (nutrición Steiner + micorriza 100% (2 g L⁻¹)) presentaron valores muy cercanos al tratamiento sobresaliente (Figura 10).

Es importante considerar que plantas con un dosel suficiente tienen una capacidad fotosintética adecuada, lo cual puede ser promovida por la presencia de hongos micorrizicos arbusculares en la planta quienes pueden modificar a menudo el intercambio gaseoso de la planta (Augé *et al.*, 2016).

La velocidad de fotosíntesis, la conductancia estomática (gs) y la transpiración (E) son a menudo

más altas en las plantas con hongos micorrízicos arbusculares. La inoculación de HMA puede mejorar la tasa fotosintética, el crecimiento y el desarrollo de las plantas (Uc *et al.*, 2019).

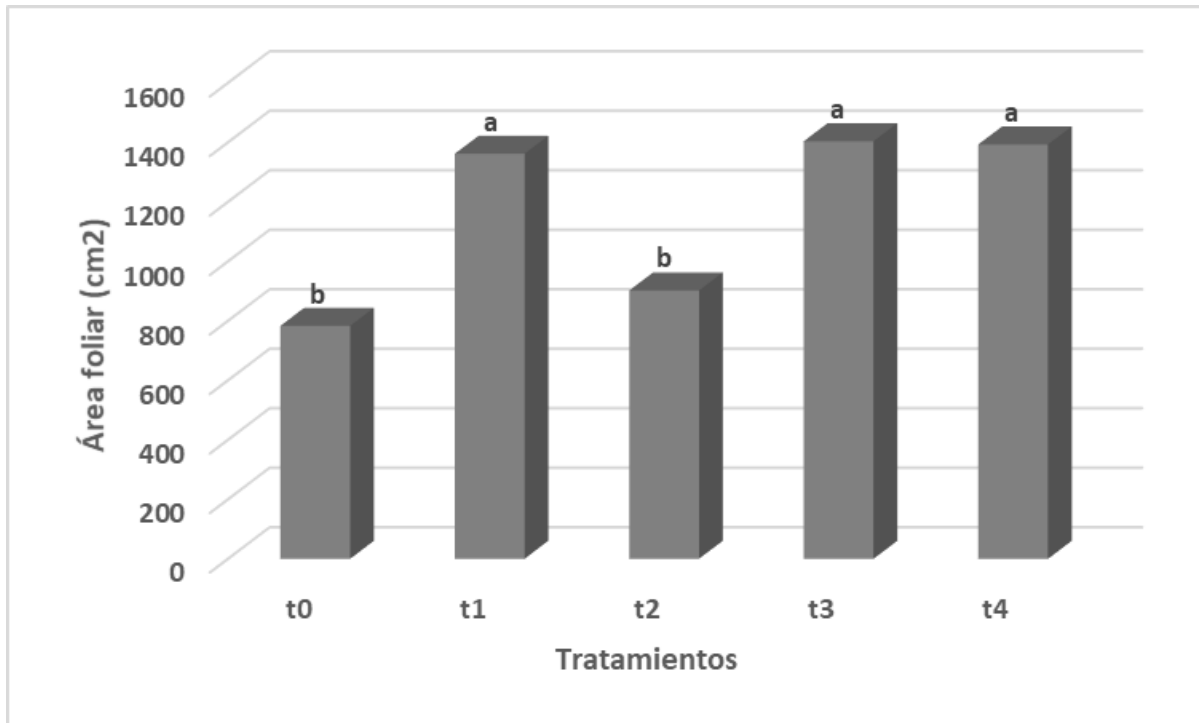


Figura 10. Comparación de medias por tratamiento para el área foliar promedio final (cm²) de la planta de vinca (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don), (Tukey, $\alpha=0.05$). T₀ (Agua), T₁ (Solución Steiner 100%), T₂ (Micorriza 100% (2 g L⁻¹)), T₃ (Solución Steiner 100% + Micorriza 50% (1 g L⁻¹)) y T₄ (Solución Steiner 100% + Micorriza 100% (2 g L⁻¹)).

De acuerdo a Dell'Amico (2002), las plantas de tomate inoculadas con micorrizas y bien regadas aumentan el área foliar, sin embargo, las plantas no inoculadas y estresadas redujeron su área foliar en un 49.7%. Por otra parte, en vincas una dosis regular de 1 g L⁻¹ de micorrizas más una nutrición mineral adecuada, benefician aún más en el área foliar de estas plantas a comparación de una dosis de 2 g L⁻¹ de micorrizas con el mismo nivel nutricional. Entonces se puede decir que con esta dosis se maximiza el uso de este microorganismo.

5.5. Peso fresco y peso seco de la planta

5.5.1. *Peso fresco*

Según los resultados obtenidos del peso fresco de las plantas evaluadas indican que el tratamiento que obtuvo el mayor peso fresco del total de plantas fue el T₃ (nutrición al 100% + micorriza 50% (1 g L⁻¹)), tratamiento estadísticamente igual aplicado en el tratamiento T₄ (solución Steiner 100% + micorriza 100% (2 g L⁻¹)). El tratamiento que obtuvo un menor peso fue el tratamiento T₀ (agua), sin embargo, el tratamiento T₂ de micorriza al 100% (2 g L⁻¹) dio valores muy cercanos al tratamiento T₀ o testigo (Figura 11).

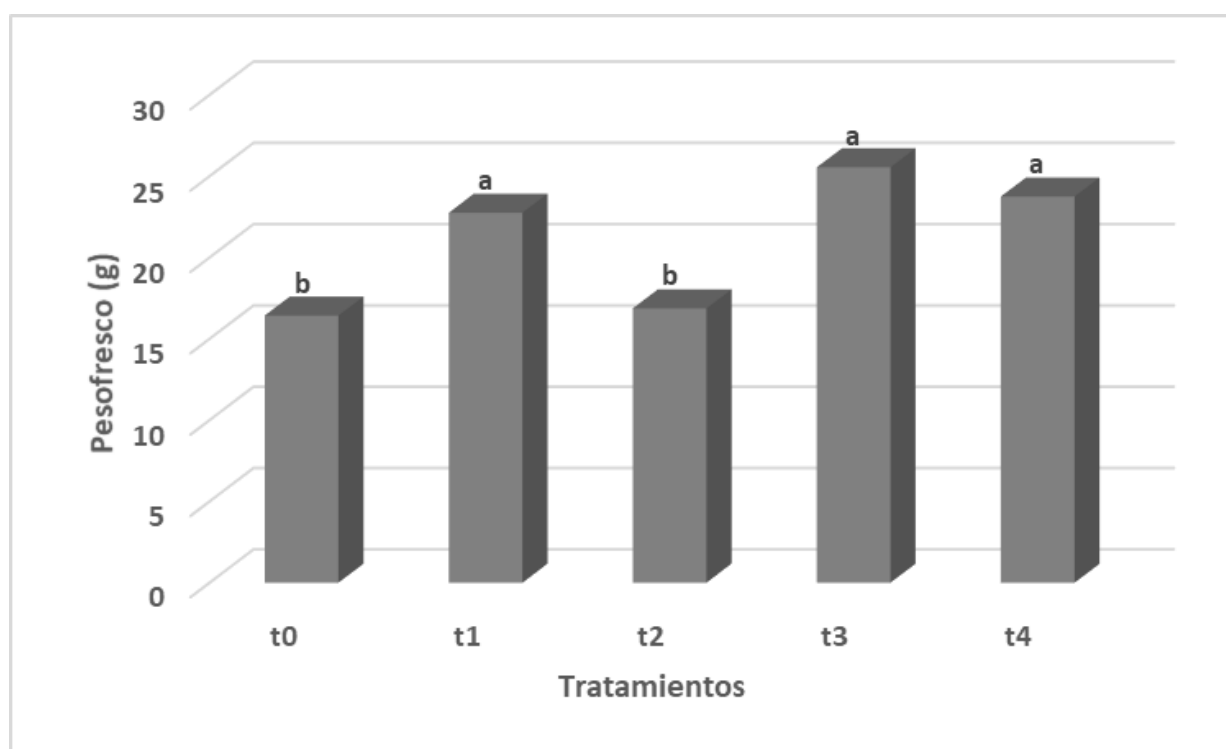


Figura 11. Comparación de medias de tratamientos para el peso fresco promedio final (g) de la planta vinca (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don), (Tukey, $\alpha=0.05$). T₀ (Agua), T₁ (Solución Steiner 100%), T₂ (Micorriza 100% (2 g L⁻¹)), T₃ (Solución Steiner 100% + Micorriza 50% (1 g L⁻¹)) y T₄ (Solución Steiner 100% + Micorriza 100% (2 g L⁻¹)).

En la figura anterior puede apreciarse que todos los tratamientos con la solución Steiner o micorrizas, superaron al tratamiento testigo, resultado esperado, ya que sin elementos nutritivos la

planta tiene un crecimiento más lento, debido a una menor fotosíntesis y con menos acumulación de peso fresco, partiendo del hecho de la no influencia en el contenido de agua en las plantas, situación que fue controlada en el desarrollo del experimento.

5.5.2. *Peso seco*

El peso seco de la planta de Vinca se incrementó por la inoculación micorrízica en presencia de la solución Steiner como fuente de elementos minerales. Los tratamientos que presentaron valores mayores de peso seco fueron el tratamiento T₃ (Steiner al 100 + micorriza al 50% (1 g L⁻¹)), y el tratamiento T₄ (nutrición Steiner + micorriza al 100% (2 g L⁻¹)), tratamientos estadísticamente iguales al tratamiento T₁ (Nutrición Steiner al 100%), con 2.07 g por planta (Figura 12).

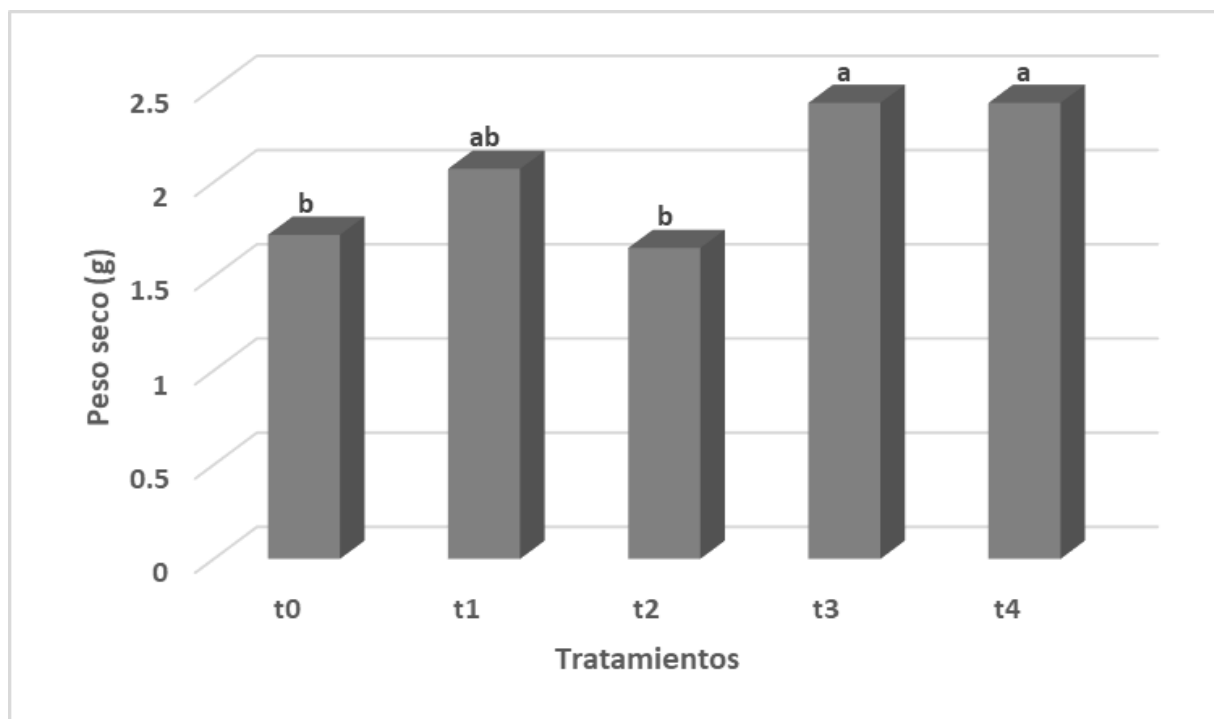


Figura 12. Comparación de medias de tratamientos para el peso seco promedio final (g) de la planta de vinca (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don), (Tukey, $\alpha=0.05$). T₀ (Agua), T₁ (Solución Steiner 100%), T₂ (Micorriza 100% (2 g L⁻¹)), T₃ (Solución Steiner 100% + Micorriza 50% (1 g L⁻¹)) y T₄ (Solución Steiner 100% + Micorriza 100% (2 g L⁻¹)).

Los resultados encontrados están de acuerdo a Arriaga *et al.*, (2009), las plantas de *Lillium sp.* crecidas en presencia de *Glomus fasciculatum* micorrizas, mostraron mayor acumulación de materia seca. En el caso de *Catharanthus roseus* el efecto la aplicación de micorrizas fue mayor con la adición de la solución Steiner al 100% como fuente de fertilizante, lo cual puede ser explicado por el incremento de elementos minerales propiciado por las micorrizas. Dicha solución como fuente de elementos ha obtenido excelentes resultados en la producción de barril azul' (*Ferocactus glaucescens* (DC.) Britton y Rose) en minerales, incrementando el peso seco de la planta.

5.6. Volumen de raíz

De acuerdo al análisis estadístico, los valores obtenidos para el volumen de raíz de las plantas de Vinca, éstos no presentaron diferencias entre los tratamientos evaluados; sin embargo, los tratamientos T₃ y T₄ con solución Steiner más micorriza al 50% (1 g L⁻¹) y solución Steiner más micorriza al 100% (2 g L⁻¹) respectivamente, presentaron numéricamente mayor volumen de raíz (Figura 13).

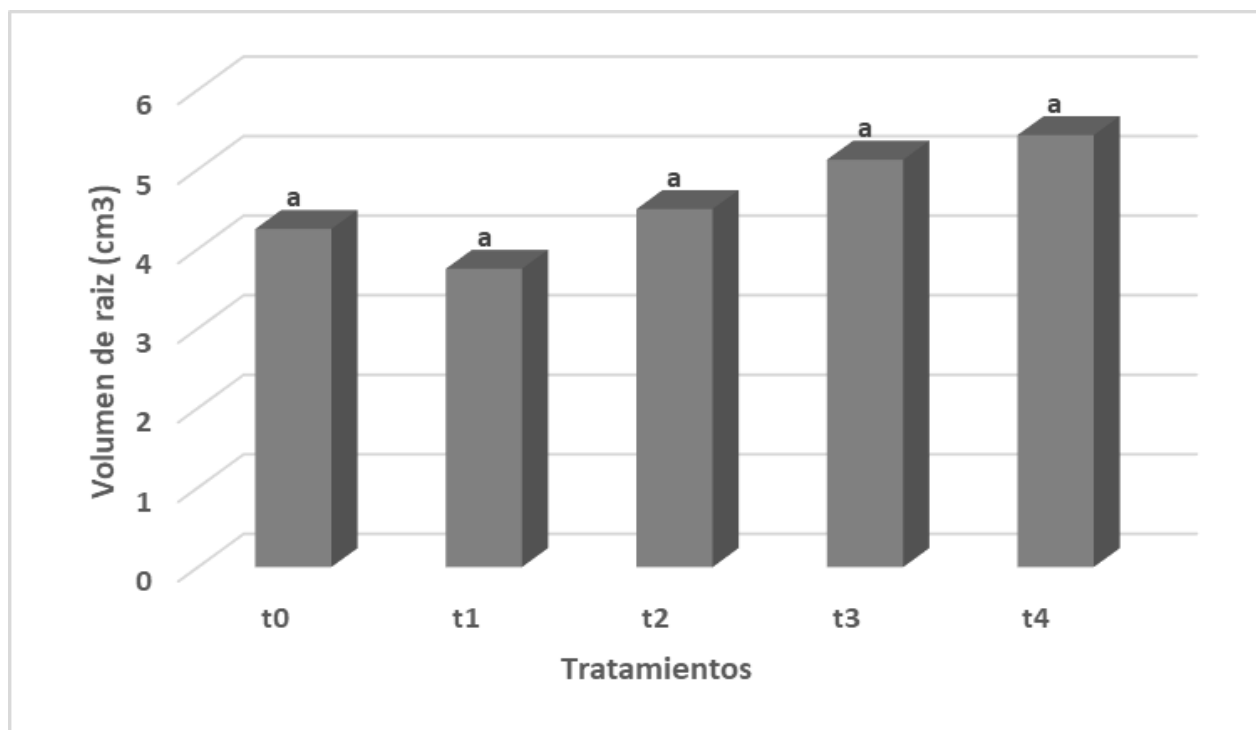


Figura 13. Comparación de medias de tratamientos para el volumen de raíz promedio final (cm³) de la planta de vinca (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don), (Tukey, $\alpha=0.05$). T₀ (Agua), T₁ (Solución Steiner 100%), T₂ (Micorriza 100% (2 g L⁻¹)), T₃ (Solución Steiner 100% + Micorriza 50% (1 g L⁻¹)) y T₄ (Solución Steiner 100% + Micorriza 100% (2 g L⁻¹)).

Aunque autores como Dell'Amico (2002) menciona que las plantas inoculadas con hongos micorrizos incrementan la longitud radical, en el presente trabajo no fue así desde el punto de vista estadístico. La inoculación con hongos micorrizicos plantas diversas provoca un marcado incremento en los procesos de absorción y translocación de nutrientes, ya sea por interceptación, flujo de masa o difusión y aunque los resultados hallados muestran efectos positivos en la altura de planta, diámetro y peso fresco y seco de las plantas de vinca, el tiempo de crecimiento de estas no fue lo suficientemente largo para propiciar un mayor volumen de raíz que pudiera separar los efectos estadísticos de los tratamientos. Además de considerar que el crecimiento de las raíces inoculadas de las plantas es mayor bajo condiciones de suelo. Donde existen diferentes concentraciones de elementos minerales, sobre todo de fósforo.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El T₃ (Steiner 100% + micorriza 50% (1 g L⁻¹)) es el tratamiento que incrementó de un 16% a un 40% las unidades de las variables evaluadas con excepción de algunas, por lo que este tratamiento es el ideal para la producción de *Catharanthus roseus* en condiciones protegidas.

VII. LITERATURA CITADA

- Acosta de la Luz Lérica, Rodríguez Ferradá Carlos. (2002). Instructivo técnico para el cultivo de *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. Vicaria. Rev. Cub. Plant. Med. 7(2):96-9.
- Alarcón, Alejandro; Ferrera Cerrato, Ronald. (2003). Aplicación de fósforo e inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en el crecimiento y estado nutricional de *Citrus volkameriana* Tan & Pasq Terra Latinoamericana, vol. 21, núm. 1, pp. 91-99.
- Alor Chávez, Maricela de Jesús; Gómez Álvarez, Regino; Huerta Lwanga, Eseranza; Pat Fernández, Juan Manuel; González Cortázar, Manasés; De La Cruz González, Carlos. (2012). Nutrición y crecimiento en fase de vivero de *Catharanthus roseus* (L.) G. Don, *Momordica charantia* L. y *Azadirachta indica* A. Juss, en el Municipio Centro, Tabasco-México. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas. 11 (2). pp. 440-448.
- Arriaga, M. R., Portugal, V. O., Reyes, B. G. R., Huerta, A. G., & Gómez, L. I. A. (2009). Influencia de *Glomus fasciculatum* en el crecimiento y desarrollo de *Lilium* sp. cv Orange Pixie. *Agricultura técnica en México*, 35(2), 201-210.
- Arriaga, M. R., Portugal, V. O., Reyes, B. G. R., Huerta, A. G., & Gómez, L. I. A. (2009). Respuesta de *Lilium* al fósforo y su relación con *Glomus fasciculatum* y *Bacillus subtilis*. *Phyton International Journal of Experimental Botany* 78: 91-100.
- Brown Bravo Natalie. (2018). Hongos benéficos para la agricultura orgánica y convencional. REVISTA FRUTÍCOLA COPEFRUT S.A. vol. 40, N°1. Pp 29-31.

Caravello, G., Conard, S., Farina, A., Ferchichi, A. y Taïqui, L. (2008). Mediterranea Serie de estudios Biológicos. Época II, No. 19. Universidad de Alicante, Departamento de Ecología. Facultad de Ciencias. España. 255 p. Disponible en línea: <https://www.researchgate.net/publication/>.

Carrillo-Saucedo Silvia Margarit, Puente Rivera Jonathan, Montes Recinas Saraí, Cruz Ortega Rocío. (2022). Las micorrizas como una herramienta para la restauración ecológica. Act. Bot. Mex no.129.

Carrillo Saucedo, S. M., Puente Rivera, J., Montes Recinas, S., & Cruz Ortega, R. (2022). Las micorrizas como una herramienta para la restauración ecológica. *Acta botánica mexicana*, (129).

Castellanos, J. Z. (2009). Manual de producción de tomate en invernadero. Editorial INTAGRI. México.132-133.

Cruz López Lorena Faustina, Gonzalez Romero Mariela Nathaly. (2016). Evaluación fitoquímica, analítica y biológica del extracto obtenido de vinca de madagascar (*Catharanthus roseus*).

Degen Naumann Rosa, Mereles María F., Ezcurra Cecilia. (2017). Addenda a la Flora del Paraguay: *Catharanthus roseus* (Apocynaceae). Bonplandia, 26(2), 115-118.

Del Carmen, G. C. M., & Ronald, F. C. (1994). Los hongos endomicorrizicos en la producción de cultivos de interés ornamental. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 1.

Dell'Amico J., Rodríguez P., Torrecillas A., Morte Asun., Sánchez Blanco María de J. (2002).

Influencia de la micorrización en el crecimiento y las relaciones hídricas de plantas de tomate sometidas a un ciclo de sequía y recuperación Cultivos Tropicales. vol. 23, núm. 1, pp. 29-34.

Espinosa, G. (2000). Malezas introducidas en México. Universidad Nacional Autónoma de México. Centro de Investigaciones en Ecosistemas. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. U024. México D. F. 25p.

Faggioli Valeria S., Cabello Marta, Melchiorre N. Mariana, Covacevich Fernanda (2020). Contribución de hongos micorrícicos nativos a la nutrición fosforada y su impacto en la partición de fotoasimilados de soja. *Ciencia del suelo*, 38(1), 81-94

Gámez-Montiel O., E. Villavicencio Gutiérrez, M. A. Serrato Cruz, J. M. Mejía Muñoz, M. G. Treviño de Castro, H. L. Martínez González, M. Rodríguez Olvera, L. Granada Carreto, M. Flores Cruz, J. Reyes Santiago, M. Á. Islas Luna, E. Salomé Castañeda, R. A. Menchaca García, C. M. Espadas Manrique, L. Hernández Sandoval, L. M. Vázquez García, M. T. B. Colinas León, F. Martínez Martínez, O. Vargas Ponce & E. Ríos Santos. (2017). Conservación y aprovechamiento sostenible de especies ornamentales nativas de México. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas y Universidad Autónoma Chapingo. México. 152 pp.

García Sánchez, C., Gaytán Acuña, E. A., Jaén Contreras, D., Becerril Román, A. E., & López Morales, F. (2021). Plantas de Dahlia x hybrida var. Fresco inoculadas con un hongo micorrizico arbuscular. *Contribuciones tecnológicas para el futuro forestal y agropecuario Veracruzano*.

Garmendia, I., Oltra, M. & Mangas, M. (2008). Aplicabilidad de las micorrizas arbusculares en la producción de rosa para corte. Pp 9-26.

Hanan Alipi Ana María, Mondragón Pichardo Juana, Vibrans Heike, Tenorio Lezama Pedro. (2009). Malezas de México. Recuperado el 23 de Mayo de 2023. En: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/apocynaceae/catharanthus->

Hernández Ramírez Leonor. (2011). Efecto del sustrato en el desarrollo de vinca en maceta. (UAAAN) Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Jiménez Peña, N., Sandoval Villa, M., Volke-Haller, V. H., Pedraza-Santos, M., & Colinas-León, M. T. (2019). La solución nutritiva modifica el crecimiento de dos especies de orquídeas. *Revista fitotecnica mexicana*, 42(4), 419-427.

Molina Abadía Guillermo Salomón. (2008). Uso y aplicación de biofertilizantes y bacterias promotoras del crecimiento de las plantas con agroplasticultura. Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA).

Ocampo Nava, J. G. (2022). Micorriza arbuscular en rosa hybrida cultivada en coatepec harinas y tenancingo, estado de México.

Pérez Leal Fernando. (2017). Fisiología vegetal: parte III nutrición mineral de las plantas. Primera edición.

Ricárdez Pérez, Juan David, Gómez-Álvarez, Regino, Álvarez Solís, José David, Pat Fernández, Juan Manuel, Jarquín Sánchez, Aarón, & Ramos Reyes, Rodimiro. (2020). Vermicomposta y micorriza arbuscular, su efecto en la nutrición del cacao en fase de

invernadero. Ecosistemas y recursos agropecuarios, 7(3).

Rojas Velázquez, Á. N., Valdez Aguilar, L. A., Ruiz Posadas, L. D. M., Sandoval Villa, M., & Bertolini, V. (2013). Respuestas de *Antirrhinum majus* (L.) para flor de corte al potencial osmótico de la solución nutritiva en dos estaciones de crecimiento. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(8), 1151-1160.

SADER. (2020). Ornamentales: Una opción para Celebrar el día del Amor y la Amistad.

Recuperado en septiembre de 2022 En

<https://www.gob.mx/agricultura/edomex/articulos/produccion-de-ornamentales-en-el-estado-de-mexico-celebrando-el-dia-del-amor-y-la-amistad>.

SAS Institute Inc. (2004). SAS/STAT User's guide, Version 9.1. SAS Institute. Cary, NC.

Smith, S. y D. Read. (2008). Growth and carbon economy of arbuscular mycorrhizal symbionts. In: Mycorrhiza l Symbiosis. 3rd ed. Elsevier. London, UK. 117 pp.

Uc Ku, A. G., Arreola Enríquez, J., Carrillo Avila, E., Osnaya González, M. M., Alarcón, A., Ferrera Cerrato, R., & Landeros Sánchez, C. (2019). Inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en el cultivo de *Heliconia stricta*. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(5), 1057-1069.

Vaingankar, J. D. and Rodríguez, B. F. (2015). Effect of arbuscular mycorrhizal (AM) inoculation on growth and flowering in *Crossandra infundibuliformis* (L.) Nees. *J. Plant Nutr.* 38(10):1478-1488.

Vibrans, H. (Eds.). (2009). *Catharanthus roseus*. Malezas de México. Consultado en septiembre

2022.

Villaseñor, R. J. L. & Espinosa, G. F. J. (1998). Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México, D. F.

Villavicencio Gutiérrez, E. E., Trejo Téllez, L. I., Bañuelos Herrera, L., López López, M. Á., & Arellano Ostoia, G. (2019). Nutrición mineral con nitrógeno, fósforo y potasio en la producción del barril azul en invernadero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10 (SPE23), 313-323.