

**UNIVERSIDAD NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR
ESCUELA DE CIENCIAS AGRARIAS**

Uso de auxinas y biocontroladores en la propagación de *Anthurium andreanum* por medio de esquejes de tallos en un sistema casa sombra

Trabajo Final de Graduación bajo la modalidad de Artículo Científico para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía con énfasis en Agronegocios.

Estudiante

Bach. Jean Carlos Araya Quesada

Tutor

Dr. Alejandro Zamora Meléndez

Campus Omar Dengo
Heredia, 2024

Tribunal Examinador

M. Sc. Arlette Orozco Muñoz
Representante de la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar

M. Sc. Andrés Alpízar Naranjo
Escuela de Ciencias Agrarias

Ph.D. Alejandro Zamora Meléndez
Director de Tesis

Bach. Jean Carlos Araya Quesada
Sustentante

Uso de auxinas y biocontroladores en la propagación de *Anthurium andrearum* por medio de esquejes de tallos en un sistema casa sombra.

Bach. Jean Carlos Araya Quesada

ÍNDICE GENERAL

Resumen		4
Introducción		5
Materiales y métodos		6
Ubicación		6
Material Vegetativo		7
Tratamientos y establecimiento		7
Variables evaluadas		8
Diseño experimental		9
Resultados y discusión		9
Conclusiones	Marcador	no
definido. Referencias		15

Uso de auxinas y biocontroladores en la propagación de *Anthurium andreanum* por medio de esquejes de tallos en un sistema casa sombra.

Jean Carlos Araya Quesada¹ Ramón Molina Bravo² y Alejandro Zamora Meléndez³

¹ Universidad Nacional de Costa Rica, Heredia, Costa Rica. Correo electrónico: jcarlos051192@gmail.com

² Universidad Nacional de Costa Rica, Heredia, Costa Rica. Correo electrónico: ramon.molina.bravo@una.ac.cr

³ Laboratorio de Fisiología Vegetal y Genómica Funcional. Escuela de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional, Costa Rica, Heredia, Costa Rica. Correo electrónico: alejandro.zamora.melendez@una.ac.cr

Palabras clave: *Anthurium*, esqueje, propagación asexual, *Trichoderma*, ácido indol-3-butírico, área foliar, estructura radicular.

Keywords: *Anthurium*, cutting, asexual propagation, *Trichoderma*, indole-3-butyric acid, leaf area, root structure.

Resumen

En los sistemas productivos de anturios (*Anthurium andreanum*) para flor de corta en la Región Central Occidental de Costa Rica, una de las técnicas más implementadas en la propagación asexual es el uso de esquejes de tallos, siendo una opción que reduce el costo y el tiempo de producción. Sin embargo, esta etapa de desarrollo inicial representa un lapso de tiempo de desarrollo vegetativo y maduración donde la producción es nula, afectando la rentabilidad de la plantación. Por lo tanto, con el objetivo de aumentar la eficiencia comercial en la propagación vegetativa, se requiere identificar procedimientos que generen un mayor número de raíces y aumento de tamaño en los propágulos. Para ello, se realizó un bioensayo utilizando ácido indolbutírico (AIB) en distintas concentraciones y además evaluando el efecto de un bioestimulante basado en *Trichoderma harzianum*. Este ensayo se aplicó a un total de 200 esquejes, divididos en 5 tratamientos sin bioestimulante, bajo las concentraciones de 0 ppm, 10 ppm, 100 ppm, 500 ppm y 1000 ppm; y otras 5 con bioestimulante (*Trichofecunda* a 1.5×10^9 ufc/ml), dosificando a 5 g/l de agua y se aplicó 200 ml por esqueje en los días 1, 30 y 60. La evaluación final del área foliar, número y longitud de raíces, longitud de los peciolos, número de brotes por esqueje vegetativo y peso total se realizó a los 90 días del inicio del ensayo. Se encontró un mayor desarrollo radicular (contemplando longitud y número de raíces) en el tratamiento testigo, en comparación con los 9 tratamientos restantes, lo que señala

que la combinación de las concentraciones utilizadas de AIB y su combinación con *T. harzianum* generan un efecto inhibitorio de las variables analizadas. Por otro lado, se produjo una mayor área foliar en el tratamiento que contenía AIB bajo la concentración 10 ppm sin utilizar *T. harzianum*, y se observó un efecto inhibitorio progresivo del desarrollo al aumentar la concentración de AIB, en particular en conjunto con el bioestimulante. Por lo tanto, se concluye que es necesario evaluar concentraciones menores de 10 ppm de AIB u otras auxinas para encontrar la combinación óptima que promueva el desarrollo radicular. En relación al tratamiento con *Trichoderma harzianum*, a diferencia de otros autores, encontramos que se produjo un efecto inhibitorio del desarrollo del propágulo, lo que sugiere que la promoción del crecimiento depende tanto del genotipo del microorganismo como el de la planta. Ambos tratamientos (con y sin *Th*) mostraron iguales condiciones fitosanitarias, con mínimos síntomas de enfermedad, por lo que no es posible estimar un efecto biocontrolador. Este resultado es probablemente derivado del programa fitosanitario ejecutado en el invernadero regularmente.

Introducción

La especie *Anthurium andreanum* Linden, nativa del neotrópico americano, comúnmente conocida como anturio, es una de las plantas ornamentales más conocidas. Según Pedro Beirute, gerente general de PROCOMER, el anturio es parte de los productos de exportación que han permitido surgir y posicionar en el exterior al sector agrícola como uno de los de mayor crecimiento en el año 2023 (PROCOMER, 2023). La Dirección de Inteligencia Comercial de PROCOMER estima que las ventas de ornamentales producidas en invernaderos aumenten con un dinamismo de 1,9% anual en promedio hasta el 2026, cuando se prevé que alcanzarán los USD 1,5 miles de millones (Godínez, 2021).

Uno de los mayores retos en la producción de anturios es su reproducción, ya que de manera sexual estas plantas en invernaderos es difícil y toma mucho tiempo, lo cual representa una desventaja para su producción masiva y comercialización (Mireles-Ordaz, Julieta et al, 2007), por tal razón tomo euge la reproducción asexual, llegando a ser la propagación por esqueje unas de las alternativas más prácticas y rápidas en dicho cultivo (Rodríguez *et all*, 2013), por lo cual promover su desarrollo en etapas iniciales es esencial en aspectos productivos.

Actualmente existen alternativas químicas y biológicas en el mercado orientadas a generar una bioestimulación para lograr reducir los tiempos críticos en el crecimiento de las plantas. En este sentido, uno de los primeros aspectos que se deben mejorar es la inducción del enraizamiento, debido a que cuando las plantas tienen un mejor desarrollo radical, esto favorece la absorción de agua y nutrientes, promoviendo a su vez el desarrollo de la plántula y en última instancia el rendimiento productivo (Rivera, Brenes, y Zuñiga, 2018). Las auxinas son fitohormonas endógenas de las plantas involucradas en una multitud de procesos del desarrollo, incluyendo el desarrollo radical (Taiz y Zeiger, 2010). La síntesis y el movimiento polar de las auxinas favorece el desarrollo de raíces, en donde la oscilación en la concentración de auxinas

producidas en las mismas raíces genera la producción de raíces secundarias (Azcon-Bieto y Talón, 2003).

Actualmente algunos estudios (Intercontinental Import Export, 2010) han mostrado que el AIB proporciona beneficios directos en el crecimiento de las plantas que se siembra por semilla: promueve la absorción de nutrientes, acelera el crecimiento, favorece la formación de la raíz y optimiza las funciones metabólicas.

De la misma manera, el hongo *Trichoderma harzianum*, típicamente usado como biocontrolador, ha mostrado en ocasiones un efecto bioestimulante al promover el desarrollo de raíces (Rivera, Brenes, y Zuñiga, 2018).

Un ejemplo de la aplicación conjunta de estos dos factores es el estudio realizado por Alvarado y Álvarez (2014), en donde identificaron que la combinación de ácido indol-3-butírico (**AIB**) con *Trichoderma harzianum* (**Th**) promovió el crecimiento del área foliar, radicular, materia seca y materia fresca en la uchuva, *Physalis peruviana* L (Solanaceae). Las plantas desarrolladas a partir de esquejes ganaron 2.19 g de materia seca, 12.89 cm de longitud radicular y 2.35 unidades SPAD (Spectrum Technologies, Aurora, IL) de clorofila, en comparación con el testigo, después de un tratamiento de AIB, a una concentración de 800 ppm y de 3×10^6 ufc/ml de *T. harzianum* (Alvarado y Álvarez, 2014).

El periodo inicial de desarrollo de las plantas de anturio al momento de propagación por esquejes es una etapa crítica, donde un buen manejo agronómico puede llevar a producir plantas sanas y flores de calidad comercial en un menor tiempo. Por este motivo, el objetivo principal de este trabajo fue el de analizar la combinación de factores que promueven el desarrollo radical como una estrategia integrada química y biológica que permita mejorar el crecimiento en etapas tempranas de los esquejes propagativos de *Anthurium andreanum*. Con este fin, se evaluó el efecto del AIB en distintas concentraciones, en combinación con el hongo biocontrolador y bioestimulante *Trichoderma harzianum* en el desarrollo de raíces y nuevos brotes en etapas iniciales de crecimiento de los esquejes de *Anthurium andreanum* en un sistema casa sombra.

Materiales y métodos

Ubicación

El estudio se realizó en un invernadero tipo casa sombra usado regularmente en la producción comercial de anturios, ubicado en Santiago de San Ramón, de Alajuela bajo las coordenadas GMS 10°03'55" norte y 84°28'52" oeste, a una altitud 1040 m.s.n.m., con una temperatura entre los 17 y 32 grados centígrados. La estructura del invernadero se encuentra ubicada de este a oeste, con 30 m de ancho por 90 m de largo, el material de cobertura fue malla tipo sarán con una sombra de un 65% y colocada a una altura de 3.5 m. Existe una pendiente del terreno de un 2% a lo largo del invernadero.

Material Vegetativo

En cuanto a la selección de esquejes, se utilizaron plantas del fenotipo blanco de *Anthurium andreanum*, obtenidas originalmente del productor comercial Anturios El Vergel. Previo al bioensayo, se realizó una preselección de plantas, las cuales se marcaron con cinta de color, para asegurar la homogeneidad de los tallos al momento de la corta, contemplando los aspectos de sanidad, grosor del tallo (2 a 2.5 cm de diámetro), longitud (15 cm) y edad de la planta (mayor a 2 años). Esto permitió seleccionar los mejores 200 esquejes. Además se realizaron aplicaciones semanales de benomil (1 g/l) y agrimycin (1.2 g/l) durante 3 semanas previas al bioensayo para la desinfección de las plantas.

Tratamientos y establecimientos

Este ensayo se basó en la metodología descrita por Alvarado y Álvarez (2014) con modificaciones. Se modificó el tipo de sustrato (utilizándose aserrín de madera laurel con un grosor promedio de 1.5 cm, esto debido a que es el material común utilizado en dicho en el modelo de producción), el tiempo de mezcla y la concentración de AIB, como se detalla a continuación. En el *Laboratorio de Fisiología Vegetal y Genómica Funcional de la Escuela de Ciencias Agrarias de la UNA*, se prepararon cinco soluciones de 1 L en agua destilada, con concentraciones a 0 ppm, 10 ppm, 100 ppm, 500 ppm y 1000 ppm de AIB (Phytotech Labs, Costa Rica), estas concentraciones se seleccionaron debido a que no hay literatura en cuanto al uso de AIB en anturio para la propagación por esqueje, por lo cuál se escogió trabajar con 2 órdenes de magnitud. Estas soluciones se trasladaron a envases previamente rotulados y se transportan al campo en una hielera. Se separaron los 200 esquejes en grupos de 40 unidades y luego se colocaron los 40 esquejes en un recipiente grande en el que se embebieron en cada solución, mezclando por rotación durante 25 min. Esto se realizó empezando con el control de agua destilada y luego con cada tratamiento de menor a mayor concentración. Se separaron diez grupos con 20 esquejes cada uno. En adelante a estos grupos se les llamó tratamiento T1 (control absoluto, 0 ppm AIB, sin *T. harzianum*), T2, T3, hasta llegar al T10 (1000 ppm AIB + *Th*). Se pesó cada uno de los 200 esquejes y se sembraron de manera horizontal a 2.5 cm de profundidad, en macetas previamente rotuladas, con las medidas de 21 cm de diámetro x 16.5 cm de alto. Las macetas del ensayo se colocaron como bloques completamente aleatorizados, sobre 10 camas de tierra distribuidas en todo el invernadero. Las camas del invernadero se construyeron a lo largo y ancho de todo el invernadero, a una altura de 10 cm sobre el nivel del suelo y el espacio entre ellas fue de 30 cm ancho por el largo de la cama. Importante destacar que lo que fueron los maceteros no se le aplicó ningún fertilizante ni producto adicional, y con respecto al riego se le aplicó 250 ml de agua a los maceteros cada 2 días.

Finalmente, se aplicó el biocontrolador *Trichoderma harzianum* a los tratamientos T6, T7, T8, T9 y T10, en una concentración de 1.5×10^9 ufc/ml y se utilizó 5 g/l de agua, aplicando 200 ml por esqueje los días 1, 30 y 60 posterior a la siembra. Se utilizó el producto comercial Trichofecunda y la dosificación se aplicó según las recomendaciones del fabricante (CoopeTarrazú R.L, 2022), razón por la cual solo se utilizó una única dosis. En la Tabla 1 se resumen los

detalles de cada tratamiento y las aplicaciones de AIB y el bioestimulante *Trichoderma harzianum*.

Tabla 1. Estructura de tratamientos de acuerdo a la concentración de ácido indol-3-butírico (AIB), la presencia de *T. harzianum* y el número de esquejes.

Tratamiento	Componentes	Concentración de AIB	Esquejes por tratamiento
<i>Sin Trichoderma harzianum</i>			
T1	Testigo	0 ppm	20
T2	AIB	10 ppm	20
T3	AIB	100 ppm	20
T4	AIB	500 ppm	20
T5	AIB	1000 ppm	20
<i>Con Trichoderma harzianum</i>			
T6	Testigo	0 ppm	20
T7	AIB	10 ppm	20
T8	AIB	100 ppm	20
T9	AIB	500 ppm	20
T10	AIB	1000 ppm	20
Total de unidades experimentales			200

VARIABLES EVALUADAS

A partir del día 45 posterior a la siembra de los esquejes, se cuantificó cada 15 días la cantidad de brotes obtenidos por esqueje, la longitud de las hojas y observaciones generales. Por último, después de 90 días se extrajeron los propágulos de las macetas y se midieron el peso total del material vegetativo, la longitud radicular, el número de raíces producidas por esqueje, la longitud del peciolo, la longitud foliar y el área foliar de cada planta. Para cuantificar el área foliar se utilizó la aplicación Easy Leaf Area (Easlon y Bloom, 2014).

Se contempló los 90 días como un tiempo óptimo, debido a que el objetivo se basó en la evaluación en etapas tempranas de desarrollo de la plántula.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Se realizó un diseño de bloques completamente aleatorizados donde los bloques se ubicaron a través de todo el espacio y hubo dos repeticiones de cada tratamiento por bloque. La distribución de los datos de cada variable se describió mediante el promedio y la varianza. Para las tablas de contingencia se utilizó la prueba exacta de Fisher. Se utilizó la regresión lineal y el coeficiente de correlación (r) de Pearson para describir la relación entre distintas variables. La significancia en las diferencias observadas entre los tratamientos para cada variable se puso a prueba aplicando el análisis de varianza (ANOVA). Las comparaciones múltiples se realizaron con la prueba Tukey, REML y Dunnet, con los programas R Studio (R Core Team, 2022) y Excel (complemento de análisis de datos). Para todas las pruebas se definió un $\alpha=0.05$ como nivel de significancia.

Resultados y discusión

Evaluación de la mortalidad y emergencia de los brotes

Solamente tres esquejes de los 200 sembrados murieron durante el experimento, los cuales fueron 3 unidades pertenecientes a los tratamientos 5, 7 y 10, uno de cada tratamiento. No encontramos una diferencia significativa en la mortalidad entre los tratamientos con y sin *Th*, ni tampoco observamos síntomas de patologías en los distintos tratamientos.

Evaluamos el número de esquejes que no emergieron al final de los 90 días. Dentro de las afectaciones se encontraron 16 esquejes, 8 en los tratamientos con *Th* y 8 en tratamientos sin *Th*. Mediante una tabla de contingencia se puso a prueba la significancia de la afectación de brotación en los tratamientos, para lo cual se realizó la prueba exacta de Fisher ($p = 0,4667$).

Desarrollo radical

Contrario a las expectativas teóricas y a los resultados experimentales de literatura revisada, no encontramos diferencias significativas en la longitud de las raíces primarias o el número de las raíces primarias. En cuanto al número y longitud de las raíces secundarias, en general encontramos un efecto inhibitorio tanto del AIB como de su combinación con *Th* (Tabla 2).

Tabla 2. Resumen de la significancia estadística para cada variable analizada y la comparación entre los tratamientos aplicados.

Variable	Mejor Tratamiento	Prueba utilizada
Longitud radicular total	No hubo diferencia significativa entre los tratamientos ^{0.0908}	Anova
Número de raíces	T1 con respecto a T8 ^{0.0334}	Tukey

Longitud radicular primaria	No hubo diferencia significativa entre los tratamientos ^{0.3256}	Anova
Número raíces primarias	No hubo diferencia significativa entre los tratamientos ^{0.351}	Anova
Longitud radicular secundaria	T1 con respecto a T.2.3.4.5.6.7.8 ^{0.0376}	Student Newman Keuls
Número raíces secundarias	T1 con respecto T.4.7.8.9 ^{0.0473}	Tukey
Peso Final de plántula	T1 ^{p<2e-16}	Tukey
Área foliar	T2 ^{0.0304}	REML

Desarrollo radicular

Con respecto al número total de raíces adventicias, se registraron diferencias significativas entre los tratamientos T1 y T8 ($p < 0.05$), siendo el primero el que representó un mayor desarrollo y el tratamiento T8 (con concentración a 100 ppm de AIB y *Th*) el que presentó el menor número de raíces adventicias.

Este efecto inhibitorio del AIB se observó para la mayoría de variables, en donde cuanto mayor era la concentración mayor fue el efecto inhibitorio. Esto es un fenómeno ampliamente conocido y esperado, tal es el caso de Álvarez, quien explica en su investigación realizada en frutales, que la acción de las auxinas se ejerce en dos etapas: en el primero se estimula el crecimiento ya que se acelera el metabolismo, en las bajas concentraciones, pero al aumentar las concentraciones el estímulo se acorta provocando inhibición y es lo que caracteriza a la segunda etapa (Alvarez, 1997). Tal es el caso de la auxina sintética 2,4 -D, la cual utiliza en concentraciones muy bajas en cultivo in vitro para generar la desdiferenciación celular e inducir la formación de callos, sin embargo, en el campo se utiliza en altas concentraciones como un herbicida de uso común.

A diferencia de Alvarado y Alvarez (2014), que mostraron que en *Physalis peruviana*, la concentración de 800 ppm fue la que mejor resultado dio en el aumento de las variables consideradas, en este experimento todas las concentraciones resultaron inhibitorias, excepto para el área foliar. Cada especie y genotipo reacciona de manera diferente a estímulos externos y en particular a los reguladores de crecimiento, razón por la cual todos en los trabajos experimentales de esta naturaleza se debe realizar un bioensayo inicial exploratorio con un rango amplio de concentraciones, que fue precisamente lo

realizado en este estudio. Pareciera ser entonces que es necesario hacer un experimento con un rango mucho menor de concentración, posiblemente entre 0.001 ppm y 10 ppm de AIB para determinar cuál es el rango apropiado en el que se encuentra la concentración que muestra un efecto positivo en el desarrollo radical y vegetativo en general del anturio blanco.

Durante el ensayo se obtuvo que, para la variable de longitud radical primaria, no presenta significancia entre los tratamientos (ANOVA, $F=0.0975$, $p=0.352$) (Figura 2). Sin embargo, para la longitud de raíces secundarias si se encontró una diferencia significativa, siendo el T1 el que presentó mayor desarrollo longitudinal en comparación a la mayoría de los tratamientos.

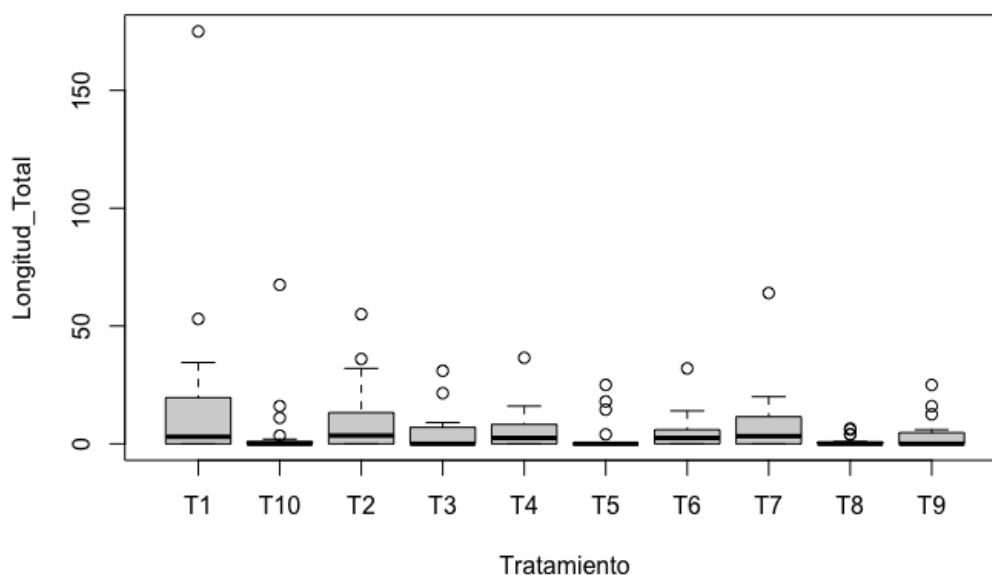


Figura 1. Longitud radical obtenida para los distintos tratamientos.

Es de interés analizar lo que se obtuvo con la aplicación del AIB en conjunto con *Trichoderma harzianum*, debido a que no se presentó un efecto bioestimulante sino que por el contrario se vio inhibido el desarrollo de tejido tanto foliar como radical. Esto es opuesto a lo descrito por Contreras et al. (2009), en su análisis sobre el efecto de *Trichoderma virens* en *Arabidopsis thaliana*, donde observaron que las plántulas de *Arabidopsis* de tipo silvestre inoculadas con *T. virens* o *T. atroviride* mostraron fenotipos característicos relacionados con las auxinas, incluida una mayor producción de biomasa y un desarrollo estimulado de las raíces laterales.

Se ha identificado que los metabolitos secundarios y/o las proteínas secretadas por *T. harzianum* actúan como moléculas promotoras del crecimiento en una diversidad de plantas. Keswani et al. (2014) hicieron una revisión donde mostraron el efecto promotor del crecimiento de *Trichoderma* en múltiples plantas. Sin embargo, Lorito y Woo (2015) sugirieron que la respuesta a *Trichoderma* no solo va ligada al crecimiento sino también a la activación y expresión de una serie

de defensas sistémicas o locales en las plantas, lo que podría explicar en parte la ralentización del crecimiento debido a un redireccionamiento de la energía hacia vías metabólicas relacionadas a la generación de mecanismos químicos y físicos de protección, en donde las plantas depositan ciosa y sintetizan polifenoles que inciden en el incremento de su respuesta sistémica a los patógenos (Lorito y Woo, 2015).

Es posible que la inhibición del crecimiento observada en este estudio se debe a que la presencia de *Trichoderma* induce mecanismos de resistencia que aumentan, al menos inicialmente, el gasto energético en defensa, pero que podría eventualmente conducir a un mejor desarrollo, especialmente en condiciones de mayor presión de patógenos. En este caso particular no observamos diferencias en la sanidad de las plantas en los tratamientos con y sin *Trichoderma*, lo que sugiere que el control fitosanitario químico usado previamente al bioensayo, y rutinariamente como parte de la producción de anturios en la casa sombra, minimizó el efecto de los patógenos fúngicos y bacterianos.

Respuestas foliares ante las bajas concentraciones de AIB

Lo anterior es importante porque para en caso del AIB, se logró observar un efecto en cuanto al área foliar bajo la dosificación 10 ppm, en donde esta fue mayor que el testigo, sin embargo se vio un patrón de inhibición al aplicar *T. harzianum*, el cual conforme aumenta la concentración de AIB se reduce el área foliar, posiblemente generando un efecto de toxicidad o estancamiento en el desarrollo, por lo cual contemplando lo mencionado por los autores anteriores Lorito y Woo (2015) podría ser que el efecto de los metabolitos se basaron en la respuesta a defensas sistémicas de la planta y no en crecimiento que se esperaba inicialmente (Figura 2).

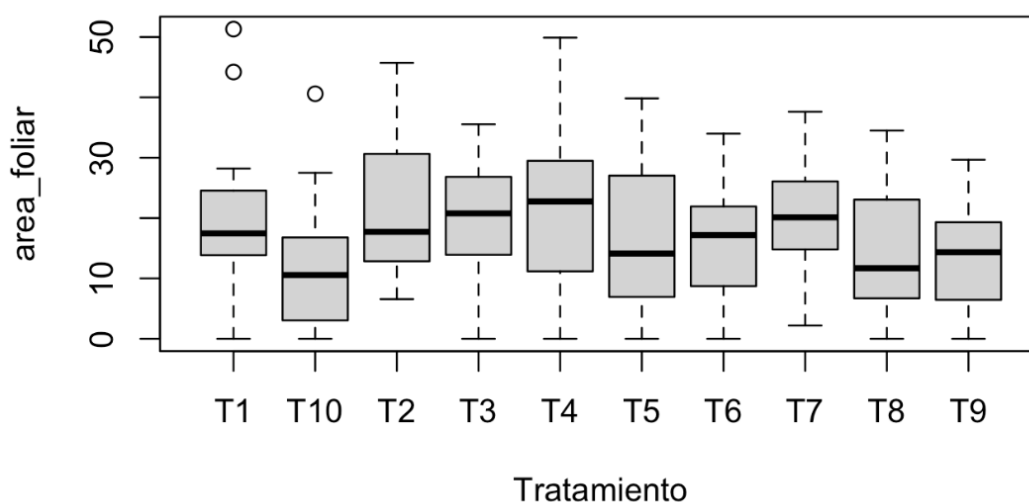


Figura 2. Área foliar obtenido por tratamientos

El tratamiento 2, resultó ser el de mayor desarrollo foliar (datos significativos según prueba REML), posiblemente ligados a factores como lo fue la dosificación de la auxina (10 ppm) o al peso inicial de los esquejes (Fig. 3).

Efecto del Peso inicial del esqueje en el desarrollo de la plántula

Obtuvimos evidencia de que ocurrió un aumento significativo en el peso de los propágulos, en caso del tratamiento 1 (testigo absoluto), a partir de esquejes sin AIB ni *Th* (Anova $p < 0.05$). Además, encontramos una correlación positiva entre el peso fresco de los esquejes en el día 1 y el de las plántulas en el día 90 (Tabla 2). Existe también una correlación positiva ($r = 0,2481$) entre el peso inicial de los esquejes y el desarrollo radicular, demostrando de tal modo que el peso inicial del esqueje, tiene una influencia directa en la respuesta a la longitud radicular de las plantas, sin embargo se importante contemplar la opción de realizar dicho ensayo pero sin ninguna aplicación para contemplar el efecto directo del peso ante el desarrollo de la planta.

Al ser un esqueje una porción de un tallo o rama, a medida que incrementa su tamaño garantiza una mayor acumulación y transporte de solutos en la planta. Así mismo, Ho, Grange y Shaw (1989) comentan que a mayor peso de esqueje este tendrá un mayor crecimiento, debido a que la alta concentración de fotoasimilados siempre se da en las partes terminales y está determinada específicamente por la concentración de sacarosa (Ho, Grange & Shaw; 1989). Sin embargo, hubo una excepción notable ante el testigo absoluto esto debido a que este se encontró entre los tratamientos con menor peso inicial (Figura 1) y aún así su número y longitud radicular fue mayor (Figura 2), lo que posiblemente se explica por el efecto inhibitorio de las auxinas en los distintos tratamientos.

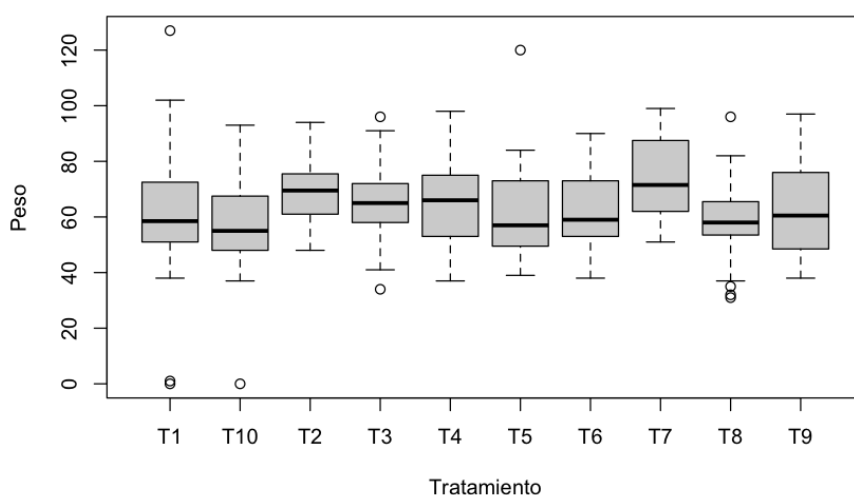


Figura 3. Peso de los esquejes de anturio por tratamiento al día 1 del ensayo. No hay diferencias significativas entre los tratamientos.

Conclusiones

En síntesis, se determinó que para la reproducción de *A. andreanum* por medio de esqueje, el efecto de ácido Indol-3-butírico y *Trichoderma harzianum*, se presenta un efecto negativo en el desarrollo radicular en la planta acorde a las variables analizadas y condiciones en que se desarrolló la investigación, sin embargo con lo que respecta al área foliar se identificó en efecto mayor al usar AIB bajo la concentración 10 ppm, observándose un efecto de desarrollo menor al aplicarse AIB en combinación con *T. harzianum*, por lo tanto cabe mencionar que el efecto del bioestimulante del microorganismo no se logró evidenciar para los 90 días que duró la investigación. Con lo que respecta el AIB se logró identificar un patrón de toxicidad conforme aumentaba la concentración.

Por lo tanto, contemplado aspectos productivos de la planta, se considera esencial hacer uso de esquejes de calidad, valorando su peso y tamaño, además de contemplar un manejo precavido de los productos químicos ya que un mal manejo puede afectar drásticamente el desarrollo, en donde apoyarse de alternativas biológicas es una alternativa para el establecimiento de plantaciones reduciendo este riesgo, para asegurar la vigorosidad y por lo tanto la productividad de la planta.

Es necesario ampliar el trabajo de investigación, evaluando el efecto de AIB y *T. harzianum* pero en etapas fisiológicas más desarrolladas a las ya analizadas, en plazos de tiempo mayores y a dosis entre las 0 y 10 ppm amplificando el conocimiento del efecto de la auxina a lo largo del desarrollo de las plantas, permitiendo de tal modo establecer propuestas de análisis a partir de una base inicial con la cual anteriormente no se contaba para el presente cultivo mediante la metodología de propagación realizada.

Referencias

- Alvarado-Sanabria, O. H., & Álvarez-Herrera, J. G. (2014). Effect of indole-3-butyrlic acid and *Trichoderma harzianum* Rifai on asexual cape gooseberry propagation (*Physalis peruviana* L.). *Agronomía Colombiana*, 32(3), 326-333.
- Alvarez Argudín, J. (1997). Propagación vegetativa de los árboles frutales. *Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur S.R.L*, 217 p. (Montevideo, Uruguay)
- Anjana Sisodia, A. K. S. (2015). Effects of farmyard manure, vermicompost and *Trichoderma* on flowering and corm attributes in gladiolus. *Bangladesh Journal of Botany*, 44(2), 309-314.

<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=54ff886fb5e59471cf931e6967f36408f76c2048>

Azcón-Bieto, J., & Talón, M. (2003). *Fundamentos de fisiología vegetal*. McGrawHill. *Universitat de Barcelona*.

Contreras-Cornejo, H. A., Macías-Rodríguez, L., Cortés-Penagos, C., & López-Bucio, J. (2009). *Trichoderma virens*, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in *Arabidopsis*. *Plant physiology*, 149(3), 1579-1592.

Coopetarrazu, R. L. (2022). Trichofecunda; bioestimulante en polvo para cultivos. *Tarrazú, San José*. <http://3.83.211.14/wp-content/uploads/2022/02/TRICHOFECONDA-EN-POLVO-Cedao-info.pdf>

Easlon, H. M., & Bloom, A. J. (2014). Easy Leaf Area: Automated digital image analysis for rapid and accurate measurement of leaf area. *Botanical Society of America Applications in plant sciences*, 2(7), 1400033. <https://bsapubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.3732/apps.1400033>

Hidalgo, J. G. (2021). Características del mercado de plantas ornamentales en Canadá. *Dirección de inteligencia comercial. PROCOMER*. <https://sistemas.procomer.go.cr/DocsSEM/D64DB80C-C24A-4467-85E0-E19B9BAAA5B4.pdf>

Ho, L., Grange, R., & Shaw, A. (1989). Source sink regulation. En: Baker, D. y J. Milburn. (eds.). *Transport of photoassimilates*. . *Longman Scientific and Technical, Harlow, Essex*.

Keswani, C., Mishra, S., Sarma, B. K., Singh, S. P., & Singh, H. B. (2014). Unraveling the efficient applications of secondary metabolites of various *Trichoderma spp*. *Applied microbiology and biotechnology*, 98, 533-544.

Lorito, M., & Woo, S. L. (2015). *Trichoderma*: a multi-purpose tool for integrated pest management. In *Principles of plant-microbe interactions*, *Lugtenberg B. (eds)*, Springer, Cham (pp. 345-353).

Mireles-Ordaz, J., Arellano-Perusquia, A., Espinal-Centeno, A., Sánchez-Segura, L., Estrada-Luna, A. A., & Cruz-Ramírez, A. (2007). Reprogramación celular de embriones de *Anthurium andraeanum* por fitohormonas para micropropagación masiva Hormonal cell reprogramming of *Anthurium andraeanum* embryos for massive micropropagation. Escuela de Agronomía, Universidad De La Salle Bajío, León, Guanajuato. https://www.researchgate.net/profile/Alfredo-Cruz-Ramirez/publication/285235376_Hormonal_cell_reprogramming_of_Anthurium_andraeanum_embryos_for_massive_micropropagation/links/565cb6cb08ae4988a7

bb7f4d/Hormonal-cell-reprogramming-of-Anthurium-andraeanum-embryos-for-massive-micropropagation.pdf

Mukherjee, M., Mukherjee, P. K., Horwitz, B. A., Zachow, C., Berg, G., & Zeilinger, S. (2012). *Trichoderma*–plant–pathogen interactions: advances in genetics of biological control. *Indian journal of microbiology*, 52, 522-529.

Prieto-Ruíz, J. Á., Pérez-Luna, A., Manríquez-Santillán, M. Á., Hernández-Díaz, J. C., Montiel-Antuna, E., & Soto-Cervantes, J. A. (2022). Supervivencia y crecimiento radicular en estaquillas tiernas y lignificadas de cedro limón con diferentes sustratos y enraizantes. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 13(73), 155-174.

PROCOMER. (2023). Exportaciones de bienes crecen 24% al primer semestre de 2023. Obtenido de <https://www.procomer.com/noticia/exportaciones-de-bienes-crecen-24-al-primer-semestre-de-2023/>

R Core Team. (2022). *R: A language and environment for statistical computing*. In Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

Ravishanker, N., Chi, Z., & Dey, D. K. (2021). *A first course in linear model theory*. Chapman and Hall/CRC.

Rivera-Méndez, W., Brenes-Madriz, J., & Zúñiga-Vega, C. (2018). Efectos de la aplicación de *Trichoderma asperellum* y su filtrado en el crecimiento de almácigos de cebolla (*Allium cepa*). *Revista Tecnología en Marcha*, 31(2), 98-105.

Rodríguez, S. G., García, J. T., Hernández, L. U. H., & Botello, M. A. E. (2013). El cultivo del anturio (*Anthurium andraeanum*). Universidad Juárez Autónoma de Tabasco División Académica de Ciencias Agropecuarias. Primera Edición. p 20. <https://ri.ujat.mx/bitstream/200.500.12107/3989/1/EI%2Bcultivo%2Bde%2Banturio.pdf>

Ruiz, P. (2022). Supervivencia y crecimiento radicular en estaquillas tiernas y lignificadas de cedro limón con diferentes sustratos y enraizantes. *Revista mexicana de ciencias forestales*, vol 13 no.73.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11322022000500155&script=sci_arttext

Sosa Mora C., M. S. F., Jiménez Alvarado L. . (2019). Efecto del ácido indolbutírico (AIB), piraclostrobina (F 500) e inoculante biológico sobre el enraizamiento y crecimiento inicial de mini-esquejes de café (*Coffea arabica*) híbridos F1. . *Agronomía Costarricense*, 43 n.2.

https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242019000200177 (San Pedro de Monte de Oca)

Taiz, L., & Zeiger, E. (2010). *Plant Physiology*. (Fifth Edition ed.). Massachusetts: Sinauer Associates, Inc.