

22

DINÁMICA DEL DESARROLLO
VEGETATIVO DEL CULTIVO DE BANANO MEDIANTE
ESTIMULACIÓN RADICAL BAJO RIEGO POR ASPERSIÓN

DINÁMICA DEL DESARROLLO

VEGETATIVO DEL CULTIVO DE BANANO MEDIANTE ESTIMULACIÓN RADICAL BAJO RIEGO POR ASPERSIÓN

DYNAMICS OF VEGETATIVE DEVELOPMENT OF BANANA CROPS THROUGH RADICAL STIMULATION UNDER SPRINKLER IRRIGATION

Evelyn Carolina Ávila-Campoverde¹

E-mail: avilacarolina1900@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6070-0450>

Diego Santiago Castillo-Paredes¹

E-mail: dicasg2790@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7414-9401>

Diego Villaseñor Ortiz¹

E-mail: dvillasenor@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5646-4451>

Rigoberto Miguel García-Batista¹

E-mail: rmgarcia@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2403-0135>

¹ Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Ávila-Campoverde, E. C., Castillo-Paredes, D. S., Villaseñor Ortiz, D., & García-Batista, R. M. (2024). Dinámica del desarrollo vegetativo del cultivo de banano mediante estimulación radical bajo riego por aspersión. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 7(1), 206-213.

RESUMEN

La producción de banano (*Musa spp.*) representa el rubro más importante para la economía de la Provincia de El Oro. La penetración del sistema radicular en este cultivo es débil, por lo que la distribución está relacionada con la textura y estructura del suelo. El propósito de este estudio fue evaluar el efecto de distintos programas de estimulación radical sobre el desarrollo vegetativo del cultivo de banano bajo un sistema de riego por aspersión. El trabajo de investigación se lo desarrolló en la finca "Adrianita" de la Provincia de El Oro - Ecuador que se encuentra ubicada en las localidades Sabalucal-Parroquia Barbones del Cantón el Guabo, se realizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), aplicando seis tratamientos, T1 (Testigo), T2 (Trinchado), T3 (Enraizador a base de algas marinas), T4 (Ácidos Húmicos), T5 (Enraizador + Ácidos húmicos), y T6 (Herculización), divididos en cuatro bloques, los datos fueron analizados estadísticamente mediante análisis de varianza (ANOVA), por medio del software Agrostat® (Barbosa y Maldonado, 2010). Los resultados obtenidos fueron altura de la planta 3,59 m en el T6, diámetro de pseudotallo 90,61 cm en el T6, número de hojas 8,07 en el T1, niveles de clorofila 52,85 (SPAD) en el T6, masa total de raíces 85,92 g en el T6.

Palabras clave:

Banano, raíz, rendimiento, orgánico.

ABSTRACT

The production of bananas (*Musa spp.*) represents the most important item for the economy of the Province of El Oro. The penetration of the root system in this crop is weak, so the distribution is related to the texture and structure of the soil. This study was to evaluate the effect of different root stimulation programs on the vegetative development of banana crops under a sprinkler irrigation system. The research work was developed in the "Adrianita" farm in the Province of El Oro - Ecuador, which is located in the localities of Sabalucal-Parish Barbones del Canton el Guabo, a completely randomized block design (DBCA) was carried out, applying six treatments, T1 (Control), T2 (Carving), T3 (Rooting based on seaweed), T4 (Humic Acids), T5 (Rooting + Humic Acids), and T6 (Herculization), divided into four blocks, the Data were statistically analyzed by analysis of variance (ANOVA), using the Agrostat® software (Barbosa and Maldonado, 2010). The results obtained were plant height 3.59 m in T6, pseudostem diameter 90.61 cm in T6, number of leaves 8.07 in T1, chlorophyll levels 52.85 (SPAD) in T6, total root mass 85.92 g in T6.

Keywords:

Banana, root, yield, organic.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de banano (*Mussa spp*) desempeña un papel fundamental en la economía y la agricultura de Ecuador, generando importantes ingresos y divisas para el país (Ecuador. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura, 2017). En el año 2020, la superficie dedicada al cultivo de banano abarcó un total de 160.6 miles de hectáreas, experimentando un crecimiento del 2.8% en comparación con el año anterior (INEC; Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2020). La producción de banano ecuatoriano se dirige principalmente a los mercados europeos, norteamericanos y asiáticos, donde Ecuador ocupa alrededor del 35% del mercado global de comercialización de esta fruta.

En este contexto, la fertilidad del suelo y el manejo eficiente de nutrientes se perfilan como factores de gran relevancia para asegurar la productividad y calidad de los cultivos (Nair, 2021). La evaluación de la fertilidad del suelo a través del análisis de sus propiedades físicas y químicas es esencial para comprender su capacidad para suministrar nutrientes esenciales a las plantas, lo que a su vez conduce a recomendaciones más precisas y eficaces en términos de fertilización (Bhatt & Sharma, 2014).

La nutrición adecuada es un aspecto crítico en el cultivo de banano, ya que desequilibrios en los nutrientes pueden impactar negativamente el crecimiento y el desarrollo de las plantas (Alcántaraz et al., 2011). Además, este cultivo se enfrenta a condiciones ambientales desafiantes, incluyendo estrés hídrico y cambios climáticos, que pueden afectar su desarrollo y funcionamiento (Moreno, 2009). Estas limitaciones ambientales, conocidas como estrés medioambiental, añaden complejidad al manejo de este cultivo. En este contexto, la provisión adecuada de nutrientes se vuelve aún más crucial, y esta provisión está influenciada por factores como las propiedades físico-químicas del suelo, las condiciones climáticas y el rendimiento esperado del cultivo (Bhatt & Sharma, 2014).

En busca de soluciones para optimizar el crecimiento vegetativo de los cultivos, la literatura científica ha explorado el uso de bioestimulantes que tienen el potencial de aumentar las reacciones metabólicas y fisiológicas de las plantas. Se ha demostrado que los compuestos húmicos, conocidos por sus efectos bioestimulantes, pueden mejorar el crecimiento y desarrollo de las plantas, incluyendo la longitud de los tallos, las raíces, las hojas, la masa fresca y seca, así como la calidad y el tamaño de los frutos. Además, se ha observado un aumento en los rendimientos de los cultivos bajo sistemas de riego por aspersión (Trevisan et al., 2010; Veobides et al., 2018). Estos bioestimulantes ofrecen una alternativa viable para mitigar los efectos adversos del cambio climático en la agricultura.

En este contexto, Rodríguez et al. (2016), destacaron que los productos bioestimulantes que contienen sustancias

húmicas, cuando se aplican a nivel foliar, pueden estimular el crecimiento de las raíces, lo que tiene un impacto positivo en el desarrollo general de las plantas. Además, la aplicación de vermicompost (humus de lombriz) ha demostrado inducir el crecimiento y el desarrollo óptimo de las plantas tratadas (Ordóñez, 2019).

Dentro de las estrategias para estimular el crecimiento radical y, por ende, el desarrollo vegetativo, se ha observado que la remoción del suelo mediante herramientas mecánicas puede tener un efecto significativo. Por ejemplo, Gia (2014), logró modificar la porosidad del suelo y aumentar la masa radical en el cultivo de banano bajo condiciones de riego por aspersión. Aunque esta práctica no generó cambios notables en la altura de la planta, el diámetro del pseudotallo, el área foliar ni el número de días antes de la floración, sí resultó en un incremento de la masa del racimo cosechado y, por ende, en una mejora de la productividad. Suárez (2012), por su parte, encontró que la remoción del suelo con tres pasadas de trinche en forma de media luna aumentó la porosidad y el porcentaje de raíces vivas.

En función de lo expuesto, el objetivo principal de este estudio fue evaluar el impacto de distintos programas de estimulación radical en el desarrollo vegetativo del cultivo de banano bajo un sistema de riego por aspersión. Las variables analizadas incluyeron la altura de la planta, la emisión foliar, el diámetro del pseudotallo, los niveles de clorofila, la masa de raíces funcionales y no funcionales, en condiciones de riego por aspersión en la provincia de El Oro, ubicada en la zona sur de Ecuador. La investigación busca proporcionar información valiosa para mejorar la gestión agrícola y la productividad de uno de los cultivos más importantes para la economía ecuatoriana.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en la prestigiosa finca “Adrianita,” ubicada en la Provincia de El Oro, Ecuador. Esta finca se encuentra en las pintorescas localidades de Sabalucal-Parroquia Barbones, en el Cantón El Guabo. Las coordenadas geográficas de la finca son 3°12'25.77” de latitud Sur y 79°50'59.9” de longitud Oeste, situándola a una altitud promedio de 1 metro sobre el nivel del mar (msnm). La región goza de un clima tropical megatérmico seco, clasificado como tipo AW según la clasificación de Kottek et al. (2006). La temperatura media anual en esta zona oscila entre los 22°C y 26°C, mientras que la humedad relativa supera regularmente el 75% (Pourrut, 1995). Los suelos de la zona, caracterizados por un relieve predominantemente plano con pendientes de 0 a 5%, pertenecen al orden de los entisoles y tienen un origen aluvial (United States Department of Agriculture, 2010).

La finca “Adrianita” cuenta con una precipitación anual que varía entre 250 y 750 mm, lo que la sitúa en un contexto climático que, aunque seco, permite la producción agrícola exitosa. Dadas sus condiciones climáticas y

edáficas, la zona es especialmente adecuada para el cultivo de banano (*Musa spp.*). Los resultados de la caracterización física y química del suelo de esta área experimental se presentan en la Tabla 1.

Esta tabla resalta las propiedades químicas del suelo, incluyendo el contenido de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico (CIC), la saturación de bases y la distribución de los diferentes cationes. Asimismo, se detallan las concentraciones de nutrientes esenciales y elementos como nitrato, amonio, fósforo, potasio, magnesio y calcio, entre otros. Estos datos proporcionan una visión completa de las condiciones edáficas en las que se llevó a cabo el estudio.

Tabla 1. Características químicas del suelo del área de estudio.

Parámetro	Unidades	Resultado
Materia Orgánica	%	5,4
% de Saturación de Bases	%	69 % (Calificación: rico en bases)
Distribución de las Bases en el % de Saturación	%	Ca: 56 % - Mg: 11 % - K: 1 % - Na: 1 %
**Capacidad de Intercambio Catiónico - CIC	meq/100g	29,1
Acidez Intercambiable	meq/100g	0,38
Aluminio Intercambiable	meq/100g	< 0,05
Conductividad (CE)	mS/cm	0,14
pH (en H ₂ O)	-	6,9
pH (en KCl)	-	5,8
Nitrato (NO ₃ -N)	mg/kg	7,2
Amonio (NH ₄ -N)	mg/kg	5,1
(NO ₃ +NH ₄)-N	mg/kg	12,3
Fósforo (P)	mg/kg	20,4
Potasio (K)	mg/kg	50,5
Magnesio (Mg)	mg/kg	167
Calcio (Ca)	mg/kg	1035
Azufre (SO ₄ -S)	mg/kg	11,8
Hierro (Fe)	mg/kg	120
Manganeso (Mn)	mg/kg	77,0
Cobre (Cu)	mg/kg	3,4
Zinc (Zn)	mg/kg	2,6
Boro (B)	mg/kg	0,29
Sodio (Na)	mg/kg	16,5
Cloruro (Cl ⁻)	mg/kg	5,6
Sales Totales	mg/kg	120

Se empleó como material vegetativo el clon Cavendish Gigante ("*Musa spp* triploide AAA"), el cual presenta atributos de elevado rendimiento productivo y destaca por su expansión foliar considerable, así como por la presencia de un pseudotallo subterráneo, producto de la sobreposición de los peciolos de sus hojas (Briggs, 2012).

El diseño experimental adoptado para este estudio se enmarcó en un diseño de bloques completos al azar (DBCA), distribuyendo seis tratamientos: T1 (Control), T2 (Trinchado), T3 (Enraizador a base de algas marinas), T4 (Ácidos Húmicos), T5 (Enraizador + Ácidos húmicos) y T6 (Herculización). Estos tratamientos fueron repartidos en cuatro bloques, cada uno con dimensiones de 15 metros de longitud y 15 metros de ancho. La evaluación de los datos se sometió a un análisis de varianza (ANOVA), realizado mediante el empleo del software Agrostat® (Barbosa y Maldonado, 2010). En casos en que se evidenciaron diferencias significativas en las medias de los tratamientos, se procedió a utilizar la prueba de diferencia mínima significativa («DMS») con un nivel de confianza del 5%, como técnica para la diferenciación de las medias.

La altura de la planta (expresada en centímetros) se determinó a través de la utilización de una cinta métrica, desde la base del suelo hasta el punto en el que se configura una figura en forma de "v", que se encuentra enlazada con la última hoja cigarro.

En lo que respecta al diámetro del pseudotallo (medido en centímetros), se llevó a cabo mediante la utilización de una cinta métrica, la cual se ajustó alrededor del pseudotallo y se registró su contorno.

El conteo del número de hojas se efectuó con una periodicidad de 7 días, a lo largo del período de estudio.

La medición del índice SPAD se realizó en el momento de la floración, tomando una muestra aproximada de 15 x 20 cm de la tercera hoja en orden descendente, desde el centro de la hoja. La muestra se preparó y luego se procedió a realizar la extracción con la ayuda del equipo SPAD (Soil Plant Analysis Development).

En relación a las raíces, el día de la floración, se trazó un cuadrado de 30 x 30 cm para recolectar las raíces presentes. Esta operación se realizó frente al hijo de la planta en floración. Posteriormente, las raíces fueron lavadas, clasificadas en funcionales y no funcionales, y luego pesadas. Para calcular el porcentaje de raíces funcionales y no funcionales, se aplicó la siguiente fórmula:

- MST: Masa total de raíces (suma de RF y RNF)
- RF: Raíces funcionales
- RNF: Raíces no funcionales

El proceso de trinchado se llevó a cabo efectuando cuatro perforaciones cada 15 cm utilizando el implemento "hércules".

En cuanto a la herculización, se ejecutaron cuatro perforaciones, mientras que simultáneamente se removía el suelo con la herramienta "hércules".

Respecto a la fertilización, los tratamientos fueron aplicados mensualmente, en un total de 4 aplicaciones. Cada una de estas aplicaciones fue precedida por la administración de una dosis de carbonato de calcio (75 kg) en todos los bloques, con un intervalo de 15 días. Cabe destacar que los tratamientos T2 (Trinchado) y T6 (Herculización) fueron aplicados en dos ocasiones a lo largo del desarrollo del experimento (Tabla 2).

Tabla 2. Dosis de tratamientos.

Tratamientos	Dosis
T1 (Testigo)	x
T2(Trinchado)	x
T3(Enraizador)	3,70 ml
T4(Ácidos Húmicos)	5 lb
T5(Enraizador+ÁcidosHúmicos)	5,07 lb+ 340 ml
T6(Herculización)	x

Todos los tratamientos estuvieron compuestos por un máximo de 45 plantas, de las cuales fueron seleccionadas 3 en cada unidad experimental, mismas que se les procedió a evaluar las siguientes variables: Altura de

planta, Diámetro Pseudotallo, Número de Hojas, Niveles de Clorofila, Masa total de raíces, Raíces Funcionales, Raíces no Funcionales).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos a partir del análisis de los datos experimentales se presentan en la Tabla 3, la cual exhibe información valiosa sobre las variables estudiadas y sus respectivas respuestas a los diferentes tratamientos evaluados en este estudio. En este contexto, se destaca que para las variables analizadas, como la Altura de Planta (AP) y los Niveles de Clorofila (NC), se realizó un análisis de varianza que reveló resultados significativos a un nivel de probabilidad del 5%. Este resultado sugiere con confianza superior al 95% que los tratamientos aplicados influyeron de manera significativa en la altura y en los niveles de clorofila de las plantas bajo evaluación.

En relación a la Altura de Planta (AP), los resultados indican que el tratamiento que generó un efecto más destacado en el crecimiento en altura de las plantas de banana fue el T6 (Herculización). No obstante, es importante mencionar que este tratamiento exhibió cierta similitud con el T2 (Trinchado), lo que sugiere que ambos enfoques de aireación del suelo podrían tener un impacto significativo en la altura de las plantas, al diferenciarse de manera significativa del T1 (Testigo). Por otro lado, en lo que respecta a los Niveles de Clorofila (NC), se observó que el tratamiento Testigo fue el único que presentó una diferencia notable en esta variable, mostrando semejanza con los demás tratamientos evaluados. En este sentido, los resultados obtenidos resaltan la influencia diferencial de los tratamientos sobre las respuestas de altura y clorofila de las plantas, evidenciando la importancia de las estrategias de manejo aplicadas.

En el caso de las variables Diámetro de Pseudotallo (DP) y Masa de Raíces (MR), el análisis de varianza también arrojó resultados significativos a un nivel de probabilidad del 1%. Este hallazgo implica una alta confianza, superior al 99%, en que los distintos tratamientos ejercieron efectos divergentes sobre el diámetro del pseudotallo y la masa de las raíces de las plantas evaluadas. En particular, el tratamiento que presentó un efecto más pronunciado en el aumento del diámetro del pseudotallo fue el T6 (Herculización), indicando su influencia positiva en este aspecto (Tabla 3).

Por otra parte, al analizar el número de hojas, la prueba de F no reveló significancia estadística a un nivel de probabilidad del 5%. Esto conduce a la conclusión de que los tratamientos aplicados no generaron diferencias notables en el número de hojas en ninguno de los grupos de tratamiento.

En el ámbito de los Niveles de Clorofila, nuevamente se observó una significancia estadística a un nivel de probabilidad del 5%. Esta constatación sugiere con confianza

superior al 95% que los tratamientos ensayados influyeron de manera diferencial en los niveles de clorofila de las plantas de banano. En esta línea, los tratamientos evaluados exhibieron similitudes notables, contrastando con el T (Testigo) que se diferenció de manera marcada. Dentro de este contexto, el tratamiento T6 (Herculización) sobresalió como el que tuvo el efecto más positivo en los niveles de clorofila en las plantas de banano, aunque nuevamente se observó cierta similitud con el T2 (Trinchado), lo que sugiere que ambas estrategias de aireación del suelo pueden generar respuestas similares, en contraposición al T1 (Testigo).

En el aspecto de las Raíces, la prueba de F no indicó significancia estadística a un nivel de probabilidad del 5%. Por lo tanto, se concluye que los tratamientos evaluados no generaron un aumento estadísticamente significativo en la cantidad de raíces funcionales en el contexto experimental.

En conjunto, los resultados obtenidos proporcionan una visión detallada y diferenciada de cómo los tratamientos evaluados impactaron en diversas variables de interés, desde la altura y el diámetro de pseudotallo hasta los niveles de clorofila. Estos resultados subrayan la influencia sustancial de las estrategias de manejo en el desarrollo y la salud de las plantas de banano, ofreciendo perspectivas valiosas para la optimización de prácticas agrícolas y el aumento de la productividad.

Tabla 3. Datos evaluados.

Tratamientos	Altura	Diámetro Pseudotallo	Hojas	Niveles de Clorofila	Masa total de raíces	Raíces Funcionales	Raíces no Funcionales
	(m)	(cm)	(Número)	(SPAD)	(g)	(%)	(%)
T1	3,30 bc	73,83 d	8,07 a	48,11 b	50,00 b	91,64 ab	8,36 ab
T2	3,49 ab	86,22 ab	7,82 a	52,21 a	39,07 b	89,33 ab	10,67 ab
T3	3,35 bc	79,37 c	8,18 a	51,14 a	43,60 b	90,06 ab	9,95 ab
T4	3,20 c	78,34 cd	7,42 a	51,32 a	34,92 b	88,75 b	11,25 a
T5	3,38 abc	85,09 b	7,90 a	52,41 a	46,07 b	90,72 ab	9,28 ab
T6	3,59 a	90,61 a	8,00 a	52,85 a	85,92 a	92,82 a	7,33 b
Prueba de F							
Tratamientos	3,32*	16,29**	0,98NS	3,26*	6,61**	1,40NS	1,35NS
Bloques	1,14NS	1,15NS	13,29**	3,44*	0,11NS	3,42*	3,51*
CV%	4,5	3,7	6,75	3,7	28,68	2,8	26,5

Los resultados presentados en la tabla anterior, se observa con mayor detalle el desempeño de cada tratamiento en relación a las variables medidas. Cada tratamiento fue evaluado en términos de Altura de Planta, Diámetro de Pseudotallo, Número de Hojas, Niveles de Clorofila, Masa Total de Raíces, Porcentaje de Raíces Funcionales y Porcentaje de Raíces No Funcionales.

El análisis de los datos revela que los tratamientos influyeron de manera significativa en las variables estudiadas. Al observar la Altura de Planta, se nota que el T6 (Herculización) obtuvo el valor más alto, lo que sugiere un efecto positivo en el crecimiento vertical de las plantas de banano. Los tratamientos T2 (Trinchado) y T5 (Enraizador + Ácidos Húmicos) también presentaron alturas notables. Por otro lado, el T1 (Testigo) exhibió una altura menor en comparación con los tratamientos de estimulación, indicando la influencia positiva de las técnicas implementadas en los demás grupos.

El diámetro de Pseudotallo, nuevamente el T6 (Herculización) sobresale con el valor más alto, indicando un mayor crecimiento en esta dimensión. El T2 (Trinchado) y el T5 (Enraizador + Ácidos Húmicos) también muestran incrementos en el diámetro del pseudotallo. Por su parte, el T4 (Ácidos Húmicos) presenta un diámetro menor en comparación con otros tratamientos, lo que sugiere un efecto limitado en este aspecto.

En la variable Número de Hojas, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, ya que la prueba de F no reveló significancia estadística. Esto implica que los tratamientos aplicados no generaron un impacto notable en la cantidad de hojas en cada uno de los grupos.

En los Niveles de Clorofila, se observa que todos los tratamientos tuvieron un efecto similar y positivo en comparación con el T1 (Testigo). Sin embargo, el T6 (Herculización) se destaca nuevamente al presentar los niveles más altos de clorofila, lo que sugiere un mayor vigor y salud de las plantas. El T2 (Trinchado) también exhibe niveles notables de clorofila, indicando una respuesta positiva al proceso de aireación del suelo.

El análisis de la Masa Total de Raíces revela que el T6 (Herculización) tuvo el valor más alto, lo que sugiere un mayor desarrollo de raíces en comparación con los demás tratamientos. El T4 (Ácidos Húmicos) presenta la masa de raíces más baja entre los tratamientos, lo que podría indicar una influencia menos pronunciada en este aspecto.

El Porcentaje de Raíces Funcionales y Porcentaje de Raíces No Funcionales, el T6 (Herculización) nuevamente muestra el porcentaje más alto de raíces funcionales, sugiriendo un efecto positivo en la funcionalidad radicular. En contraste, el T1 (Testigo) y el T6 (Herculización) presentan porcentajes más bajos de raíces no funcionales, lo que indica una influencia limitada en la salud radicular.

En los resultados del trabajo se pudo apreciar que las variables donde aplicamos el trinchado y herculización existieron diferencias significativas que coincide con la investigación de Gia (2014), que favoreció a cambios en porosidad en suelo e incremento de la masa total de raíces. En referencia a los resultados obtenidos de las variables altura, diámetro de pseudotallo, hojas y raíces funcionales no se generó efectos significantes como coincide (Cando, 2019). La investigación también concluyó que la aplicación de ácidos húmicos en referencia a la altura de planta difiere de Reyes et al. (2021). La aplicación de los bioestimulantes se consigue mejorar las características estructurales del suelo, para una mayor capacidad de retención de agua y nutrientes, un mejor desarrollo radicular, y una mayor capacidad productiva coincide con (Ganchozo, 2021).

Se observó que las variables en las cuales se implementaron técnicas de trinchado y herculización generaron diferencias significativas. Estos resultados coinciden con los hallazgos de Gia (2014), quien también encontró que la práctica de trinchado favoreció cambios en la porosidad del suelo y un aumento en la masa total de raíces. Esto respalda la idea de que la aireación del suelo a través de técnicas de manejo puede tener un impacto positivo en el sistema radicular de las plantas, lo que podría estar relacionado con el aumento de la masa de raíces funcional observado en este estudio.

En contraste a las variables de altura de planta, diámetro de pseudotallo, hojas y raíces funcionales, no se encontraron efectos significativos. Estos resultados son consistentes con la investigación de Cand (2019), lo que sugiere que en ciertas condiciones y contextos, las técnicas de manejo como el trinchado y la herculización podrían no tener un impacto sustancial en estas variables. Es importante tener en cuenta que los resultados pueden variar según las condiciones específicas del suelo, el clima y las prácticas agrícolas utilizadas en cada estudio.

La aplicación de ácidos húmicos y su efecto en la altura de la planta difiere de los resultados de Reyes et al. (2021), lo que destaca la complejidad de los efectos de los bioestimulantes en diferentes variedades de plantas y ambientes de cultivo. Esto sugiere que la respuesta de las plantas a los bioestimulantes puede ser altamente variable y está influenciada por una serie de factores, incluidos los componentes del suelo y las condiciones climáticas.

En relación a la mejora de las características estructurales del suelo a través de los bioestimulantes, los resultados concuerdan con la investigación de Ganchozo (2021), quien también encontró que la aplicación de bioestimulantes puede resultar en un suelo con mayor capacidad de retención de agua y nutrientes, un mejor desarrollo radicular y una mayor capacidad productiva. Esto resalta la importancia de considerar no solo los efectos directos en las plantas, sino también las mejoras en el entorno del suelo que pueden influir en su crecimiento y desarrollo.

Las variables de altura de planta y diámetro de pseudotallo, se observó que el tratamiento de herculización (T6) tuvo un efecto significativo en ambas variables. Estos resultados sugieren que la práctica de herculización, que implica la remoción y aireación del suelo, podría estar promoviendo un mayor crecimiento y desarrollo en estas áreas de la planta. Esto está respaldado por estudios previos que han demostrado que la mejora de la estructura del suelo y la aireación pueden tener un impacto positivo en el sistema radicular y, por ende, en la altura y el diámetro del pseudotallo.

Los niveles de clorofila también mostraron diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento de herculización nuevamente se destacó en este aspecto, indicando que podría estar contribuyendo a una mayor actividad fotosintética en las plantas de banano. La relación entre la estructura del suelo, la disponibilidad de nutrientes y la fotosíntesis es crucial para el rendimiento de los cultivos, y los resultados sugieren que la herculización podría estar mejorando estas interacciones.

Es interesante notar que la variable de número de hojas no mostró diferencias significativas entre los tratamientos. Esto podría deberse a que esta variable está influenciada por una serie de factores, como la genética de la variedad de banano y las condiciones climáticas, que podrían

haber mitigado los efectos de los tratamientos en esta variable específica.

En cuanto a las raíces, aunque no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en términos de incremento de raíces funcionales, es relevante considerar que la herculización generó un aumento considerable en la masa total de raíces. Aunque esto no se tradujo en un aumento proporcional en las raíces funcionales, podría tener implicaciones a largo plazo en la salud y la estabilidad de las plantas.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indican que los tratamientos de Herculización (T6) y Trinchado (T2) demostraron ser los más efectivos en el desarrollo vegetativo de las plantas de banano. Específicamente, el tratamiento de Herculización generó los mejores resultados en términos de altura, diámetro del pseudotallo, masa total de raíces, así como en la proporción de raíces funcionales y no funcionales. Estos hallazgos concuerdan con investigaciones previas, como la de Gia (2014), que destacan la influencia positiva de la aireación del suelo en la porosidad y la masa radicular.

El tratamiento de Trinchado (T2) se destacó al exhibir el mayor número de hojas en las plantas de banano. Sin embargo, es importante señalar que este aumento puede haber sido influenciado por factores externos, como el control insuficiente de malezas y la falta de un manejo adecuado en la bananera. Estos resultados se alinean con investigaciones anteriores, como las de Cand (2019), que indican que ciertas prácticas culturales pueden afectar significativamente la respuesta del número de hojas en las plantas.

La aplicación de ácidos húmicos y otros bioestimulantes pueden contribuir positivamente al desarrollo vegetativo de las plantas de banano. Aunque no se observaron diferencias significativas en todas las variables evaluadas, los resultados respaldan la idea de que estos compuestos pueden mejorar la estructura del suelo, promover un mejor desarrollo radicular y tener un impacto en la productividad. Estos hallazgos se alinean con investigaciones previas como las de Ganchozo (2021), que destacan los beneficios de los bioestimulantes en la mejora de las características del suelo y el rendimiento de los cultivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcántar González, G., & Trejo-Téllez, L. (2011). Nutrición Vegetal. *Revista fitotecnia mexicana*, 34(3).
- Bhatt, R., & Sharma, M. (2014). *Importance of soil testing and techniques of soil sampling*. Lap Lambert Academic publishing. _
- Briggs, D. E. (2012). *Barley*. Springer Science & Business Media.
- Cando Tuarez, G. (2019). Efectos del trinchado de raíces de banano (*Musa AAA*) sobre la masa radical y la densidad poblacional de nemátodos. (Trabajo Experimental). Universidad Técnica de Babahoyo.
- Ecuador. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura. (2017). Cultivo de banano en Ecuador. MAGAP. <https://www.agricultura.gob.ec/>
- Ganchozo Rodriguez, N. L. (2021). Respuesta agronómica del cultivo de banano (*Musa paradisiaca*) a la aplicación de ácidos húmicos. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Gia, E. O. (2014). *Formas de herculizado en el cultivo de banano*. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Machala.
- Moreno, L. P. (2009). Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una revisión. *Agronomía colombiana*, 27(2), 179-191. _
- Nair, A. (2018). Importance of soil fertility in vegetable crop production. *IOWA State University Extension and Outreach, January*. <https://www.extension.iastate.edu/smallfarms/importance-soil-fertility-vegetable-crop-production>
- Ordóñez Salinas, F. S. (2019). Evaluación de un bioestimulante comercial en el rendimiento y desarrollo del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) variedad Fortuna bajo condiciones de invernadero en la provincia del Azuay. (Tesis de Pregrado). Universidad de Cuenca.
- Pourrut, P. (1995). El agua en el Ecuador: Clima, precipitaciones, escorrentía. Corporación Editora Nacional.
- Reyes-Pérez, J. J., Rivero-Herrada, M., Solórzano-Cedeño, A. E., Carballo-Méndez, F., Lucero-Vega, G., & Ruiz-Espinoza, F. H. (2021). Application of humic acids, chitosan and mycorrhizal fungus influence pepper growth and development. *Terra Latinoamericana*, 39.
- Suárez, L. A. (2012). Efectos de la herculización frente a los aireadores en banano. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Machala.
- Trevisan, S., Francioso, O., Quaggiotti, S., & Nardi, S. (2010). Humic substances biological activity at the plant-soil interface: From environmental aspects to molecular factors. *Plant Signaling & Behavior*, 5(6), 635-643.
- United States Department of Agriculture. (2010). Keys to Soil Taxonomy. USDA-NRCS. <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/Keys-to-Soil-Taxonomy.pdf>
- Veobides-Amador, H., Guridi-Izquierdo, F., & Vázquez-Padrón, V. (2018). Las sustancias húmicas como bioestimulantes de plantas bajo condiciones de estrés ambiental. *Cultivos Tropicales*, 39(4), 102-109.